



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC STS 19001

Examensarbete 30 hp
Januari 2019

Förutsättningar för utveckling av självkörande skyttelbussar i kollektivtrafiken

Felicia Hökars



UPPSALA
UNIVERSITET

**Teknisk- naturvetenskaplig fakultet
UTH-enheten**

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Hus 4, Plan 0

Postadress:
Box 536
751 21 Uppsala

Telefon:
018 – 471 30 03

Telefax:
018 – 471 30 00

Hemsida:
<http://www.teknat.uu.se/student>

Abstract

Conditions for the development of self-driving shuttle busses in public transport

Felicia Hökars

The most sustainable way to incorporate self-driving vehicles into our transportation system is to combine them with high capacity public transport. Unlike other forms of self-driving vehicles, in recent years self-driving shuttles have been tested to provide shorter transportation services. In a near future these shuttles could serve as feeders to and from stations, which will increase accessibility to public transport for more people. A first aim of this study was to examine the conditions for future development and use of self-driving shuttles as a complement to public transport in Sweden. The theoretical framework Technological Innovation Systems (TIS) was used in order to analyze the development. A second aim of this study was to examine whether TIS is appropriate for answering the first aim. Qualitative interviews were conducted with representatives from actor groups that were considered important for the development. The thesis suggest that the development is in a demonstration phase. The pilot tests with self-driving shuttles have played an important role in order to coordinate actors and create networks for knowledge diffusion. Identified blocking mechanism found are the complicated process of obtaining permission for conducting tests and uncertainties around technology development and use. In order to reach a niche market phase and commercialization the study suggest a continued support for more pilot tests and simplification of the permission process.

Handledare: Magnus Hjälmdal
Ämnesgranskare: Anders Arweström Jansson
Examinator: Elisabet Andrésdóttir
ISSN: 1650-8319, UPTec STS 19001

Sammanfattning

Behovet av persontransporter i samhället förväntas öka i framtiden samtidigt som ökade krav ställs på hållbara transportsätt, ökad tillgänglighet och jämställdhet i transportsystemet. Framtidens transportsystem kommer även formas av nya teknologier såsom självkörande fordon, digital väginfrastruktur och digitala mobilitetstjänster. Hur självkörande fordon förväntas påverka transportsystemet råder det delade meningar om och beror främst på vilken väg utvecklingen tar. Om den privatägda bilen fortsätter att vara normen i samhället finns risken att trafiken ökar och skapar mer trängsel, framförallt i våra städer. Den lösning som förespråkas för att skapa ett mer effektivt transportsystem är att självkörande fordon delas mellan privatpersoner och att de kombineras med kapacitetsstark kollektivtrafik. Kollektivtrafiken brister ofta i förmågan att leverera transporttjänst dörr-till-dörr som den privatägda bilen gör. Detta kallas inom kollektivtrafiken för ”first och last mile-problemet”. Men, eftersom ett självkörande fordon inte kräver förare finns möjligheten att utveckla nya tjänster som förut inte varit ekonomiskt motiverade. Exempelvis skulle självkörande fordon kunna utnyttjas som områdesbaserade taxis eller matare till viktiga kollektivtrafikknutpunkter. Till skillnad från annan utveckling av självkörande fordon har självkörande skyttelbussar redan börjat erbjuda riktiga transporttjänster på flera håll i världen. I Sverige har ett pilotprojekt genomförts: Autopiloten i Stockholm, och två tester är pågående: S3 i Göteborg och i Barkarbystaden i Stockholm. Syftet med dessa skyttlar är att erbjuda kortare transporttjänster som exempelvis första eller sista kilometern av en persons resa inom kollektivtrafiken. Dessa skyttlar skulle kunna vara en del i lösningen för ett mer effektivt och automatiserat transportsystem.

Den här studien har två syften. Det första syftet är att undersöka utvecklingen och användningen av självkörande skyttlar som komplement i kollektivtrafiken. Detta för att skapa en förståelse för hur långt utvecklingen kommit och hur den fortsatta utvecklingen kan stötts/styras. För att undersöka detta tillämpades det teoretiska ramverket teknologiska innovationssystem (TIS) där utveckling, spridning och användning av en teknologi betraktas utifrån ett systemperspektiv. Inom TIS görs en strukturell analys där relevanta aktörer, nätverk och institutioner identifieras. Sedan görs en funktionell analys där de aktiviteter som sker i systemet analyseras. Utifrån dessa analyser kan sedan drivkrafter och blockeringsmekanismer identifieras vilka kan ge stöd för att ta fram åtgärder för en fortsatt utveckling. Det andra syftet i den här studien är att undersöka om TIS är ett lämpligt ramverk för att besvara det första syftet. Frågan är hur den strukturella och funktionella analysen är ett hjälpmedel för slutsatserna? För att besvara syftena utfördes åtta kvalitativa intervjuer med respondenter som representerade olika aktörsgrupper. Vidare utfördes även en litteraturgenomgång inom ämnet samt att forskaren deltog i en konferens och en workshop som behandlade ämnet självkörande fordon.

De aktörsgrupper som identifierades som mest relevanta för utvecklingen av självkörande skyttlar i kollektivtrafiken var kollektivtrafikoperatörer, regionala kollektivtrafikmyndigheter, fordonstillverkare och teknikutvecklingsföretag, kommuner, andra offentliga aktörer och forskaraktorer. Inom dessa grupper fanns de tydligaste nätverken mellan de aktörer som haft en framträdande roll i pilotprojekten med självkörande skyttlar. De institutionella komponenterna som framförallt påverkar utvecklingen av självkörande fordon är de internationella vägkonventionerna som Sverige efterföljer. Dessa är ännu inte anpassade för självkörande fordon och behöver utvecklas. Utvecklingsmässigt bedömdes självkörande skyttlarna vara i en demonstrationsfas. Teknologin i fordonen fungerar väl men ännu finns ingen konkret lösning på hur skyttlarna kan drivas utan säkerhetsoperatör ombord. Än så länge är det ett lagmässigt krav att ha en säkerhetsoperatör ombord men operatören behövs också för att ingripa i situationer skytteln inte kan hantera själv.

Samtliga respondenter ansåg att med en implementering av självkörande skyttlar öppnas nya möjligheter att förbättra kollektivtrafiken samtidigt som driftkostnader kan reduceras, vilka båda verkar som drivande incitament för aktörer att vilja stötta utvecklingen. En annan drivande faktor för utveckling av självkörande skyttlar var dels de aktörer som tagit en ledarroll och genomfört pilotprojekten. Genom dessa tester har teknologin synliggjorts för samhället och på så sätt bidragit till ökad kunskapsspridning och legitimering av teknologin. En ytterligare viktig faktor för utvecklingen var den nya förordning som möjliggör test med självkörande fordon som fastslogs 2017. Med andra ord har en anpassning av lagar och regelverk påbörjats för introduktionen av självkörande fordon. Vidare har regeringens strategiska innovationsprogram och samverkansprogram utgjort en viktig stödfunktion, dels som finansiellt stöd men också för spridning av kunskap mellan aktörer. För en vidare utveckling av självkörande skyttlar inom kollektivtrafiken behöver ett fortsatt stöd finnas för test av ny teknik, både finansiellt och för samordning av aktörer för kunskapsutveckling. En förutsättning för kommersialisering är att lösningar tas fram som möjliggör att säkerhetsoperatören kan avlägsnas. En sådan lösning skulle kunna vara utbyggnad av separerade körfält eller fjärrstyrningssystem. Vidare behöver även de regionala kollektivtrafikmyndigheterna påbörja en anpassning av interna system och upphandlingsregler för självkörande fordon för att vara beredda på en introduktion.

Förord

I samarbete med Sweco AB har jag som slutgiltigt moment på civilingenjörsutbildningen System i Teknik och Samhälle på Uppsala universitet utfört detta examensarbete. Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Magnus Hjälmadal och alla andra på Sweco som tillsammans varit stöttande, svarat på frågor och hjälp till med värdefulla kontakter till intervjupersoner. Jag vill också tacka min ämnesgranskare Anders Arweström Jansson på Uppsala universitet för vägledning och stöd, särskilt i teori och metod.

Till sist vill jag även tacka alla intervjudeltagare som ställde upp och deltog i studien. Samtliga visade ett stort intresse och engagemang. Ytterligare tack till de intervjudeltagare som tog sig tid att läsa igenom min analys för att ge ytterligare kommentarer och synpunkter, dessa har varit mycket värdefulla.

Trevlig läsning!

Felicia Hökars

Innehållsförteckning

1. Inledning	6
1.1 Uppsatsens teoretiska perspektiv	7
1.2 Syfte och frågeställning	7
1.3 Avgränsning.....	8
2. Bakgrund.....	9
2.1 Begreppsförklaring	9
2.1.1 Självkörande fordon.....	9
2.1.2 Förare	10
2.1.3 Självkörande skyttelbuss	10
2.2 Framtidsscenarier och förväntade effekter i samhället	11
2.2.1 Delad mobilitet och mobilitet på begäran	13
2.2.2 Mobility as a Service (MaaS).....	13
2.2.3 Delad mobilitet med självkörande fordon	14
2.3 Självkörande skyttlar	15
2.3.1 Teknik	15
2.3.2 Applikationsområden	16
2.3.3 Implementeringsutmaningar	17
2.3.4 Pilotprojekt.....	18
2.4 Kollektivtrafik	19
2.4.1 Organisation och kollektivtrafikaktörers ansvarsområden.....	20
2.4.2 Finansiering	21
3. Teoretiskt ramverk - Teknologiska innovationssystem	22
3.1 Strukturell analys	23
3.1.1 Definiering av TIS:ets fokus	23
3.1.2 Strukturella komponenter	24
3.2 Utvecklingsfas och målsättning	24
3.3 Funktionell analys.....	25
3.3.1 Funktionella komponenter	26
3.3.2 Bedömning av systemets funktionalitet	28
3.3.3 Identifiering av drivkrafter och blockeringsmekanismer	28
3.3.4 Specificering av nyckelåtgärder	29
3.4 Kritik mot TIS som ramverk	29
4. Metod.....	32
4.1 Kvalitativ studie.....	32
4.1.1 Validitet.....	32
4.2 Datainsamling.....	33
4.2.1 Litteraturgenomgång	33

4.2.2	Intervjuer	34
4.2.3	Urval	34
4.2.4	Deltagande i workshop och konferens	35
4.3	Bearbetning och analys av data	36
5.	Resultat	37
5.1	Strukturell analys	37
5.1.1	Definition av TIS:et	37
5.1.2	Teknikens status	38
5.1.3	Aktörer och nätverk	38
5.1.4	Institutioner	42
5.2	Utvecklingsfas och målsättning	43
5.2.1	Formativ utvecklingsfas	43
5.2.2	Målsättning	44
5.3	Funktionella analys	48
5.3.1	Vägledning av aktörers sökprocesser	48
5.3.2	Marknadsformering	49
5.3.3	Entreprenöriellt experimenterande	50
5.3.4	Kunskapsutveckling och spridning	51
5.3.5	Legitimering	52
5.3.6	Resursmobilisering	54
6.	Diskussion	55
6.1	Diskussion av TIS:ets funktionalitet	55
6.1.1	Drivkrafter	56
6.1.2	Blockeringsmekanismer	57
6.1.3	Nyckelåtgärder	58
6.2	Diskussion om det teoretiska ramverket	60
7.	Slutsats och vidare forskning	61
	Referenser	62
	Litteratur	62
	Intervjuer	64
	Internetkällor	65
	Appendix A	68
	Appendix B	69

1. Inledning

Befolkningsökning, urbanisering och ekonomisk utveckling är alla faktorer som påverkar behovet av transporter i samhället. I Sverige ser vi en befolkningsökning och ett demografiskifte, i form av urbanisering, som förväntas bidra till ett ökat behov av persontransporter i framtiden. I samband med det ökade transportbehovet ställs allt högre krav på hållbara transportsätt, ökad tillgänglighet och jämställdhet i transportsystemet. Framtidens transportsystem kommer dessutom formas av nya teknologier såsom självkörande fordon¹, digital väginfrastruktur och digitala mobilitetstjänster (Hårskog et al., 2018). Flera forskare har försökt att förutsäga hur dessa teknologier förväntas påverka transportsystemet och för att uppnå ett hållbart transportsystem behöver detta utredas.

Att introduktionen av självkörande fordon i transportsystemet kommer innebära stora förändringar betvivlas inte men vilka effekterna kommer bli beror på vilken väg utvecklingen tar. En farhåga som finns med självkörande fordon är att trafiken kommer öka. När ett fordon är självkörande befrias resenären från köruppgiften vilket kan öka attraktiviteten att åka bil samtidigt som personer som idag inte kan köra bil också får tillgång till bilen. Bilar tar stor plats av en stads utrymme och en förflyttning av resenärer från kollektivtrafiken till privat bilåkande är därför inte önskvärt (SKL, 2018). Kapacitetsstark kollektivtrafik såsom tåg, tunnelbana och stombussar är det mest yteffektiva sättet att transportera människor i en stad. Dock kan kollektivtrafiken inte erbjuda den bekvämlighet med transport dörr-till-dörr som en privat bil erbjuder (UITP, 2017). Detta problem brukar kallas ”first och last mile-problemet” vilket betyder att resenärers destination eller startpunkt ligger på för långt gångavstånd från närmaste kollektivtrafikhållplats (Zhang D. et al., 2015). En tumregel inom kollektivtrafiken är att en person kan tänka sig promenera max 500 meter till en hållplats (Nielsen et al., 2005) vilket på många platser inte är uppfyllt. Med introduktionen av självkörande fordon finns däremot en unik möjlighet att på ett kostnadseffektivt sätt erbjuda denna tjänst även inom kollektivtrafiken. Med andra ord kan kollektivtrafiken kompletteras med mindre och självkörande fordon som ökar tillgängligheten till hållplatser och stationer genom att fungera som matare till och från viktiga knutpunkter. Detta i form av exempelvis områdesbaserade minibussar som nås på begäran eller delade taxis. Att öka andelen delade fordon och delade resor på det här sättet förespråkas för att inte öka trafiken i städer och skapa ett mer effektivt transportsystem (UITP, 2017).

Självkörande skyttelbussar har till skillnad från andra självkörande fordon redan börjat testas och användas i samhället på flera håll i världen. Syftet med dessa skyttlar är att erbjuda kortare transporttjänster som exempelvis första eller sista kilometern av en persons resa inom kollektivtrafiken. Med dessa skyttlar finns möjligheten att förbättra kollektivtrafiken och öka dess tillgänglighet, alternativt vara ett första steg för ett mer automatiserat och effektivt transportsystem. I den här studien undersöktes utvecklingen och den framtida användningen av självkörande skyttlar i kollektivtrafiken.

¹ En mer djupgående beskrivning av vad självkörande fordon innebär ges i avsnitt 2.1.1.

1.1 Uppsatsens teoretiska perspektiv

En förutsättning för en introduktion av självkörande skyttlar i kollektivtrafiken är samverkan mellan aktörer, finansiering och även institutionella ramverk som stöttar processen. Genom att betrakta den här utvecklingen som ett *teknologiskt innovationssystem (TIS)* har dessa aspekter undersökts i den här studien. Inom ramen för analys av ett teknologiskt innovationssystem görs en strukturell och en funktionell analys där strukturella respektive funktionella komponenter identifieras och analyseras. I den strukturella analysen beskrivs hur det teknologiska innovationssystemet är uppbyggt där de strukturella komponenterna utgörs av *aktörer, nätverk* och *institutioner*. I den funktionella analysen beskrivs dynamiken och aktiviteter inom systemet utifrån ett antal uppsatta funktionella komponenter. De funktionella komponenterna som betraktas i den här studien är *kunskapsutveckling och spridning, resursmobilisering, marknadsformering, legitimering, vägledning av aktörers sökprocesser och entreprenöriellt experimenterande* (Bergek et al., 2008). I analysen görs även en bedömning av vilken utvecklingsfas systemet befinner sig i och vilken målsättning som finns för en fortsatt utveckling. Utifrån detta är det möjligt att föra en diskussion om huruvida de strukturella komponenterna och systemets funktionalitet är tillräcklig för en fortsatt utveckling.

1.2 Syfte och frågeställning

Den här studien har två syften, och inom ramen för varje syfte kommer ett antal frågeställningar att besvaras.

Syfte 1

Det första syftet med den här studien är att undersöka förutsättningar för utvecklingen och användningen av självkörande skyttelbussar som komplement i kollektivtrafiken. Detta för att skapa en förståelse för hur långt utvecklingen har kommit och hur utvecklingen kan stöttas/styras. Undersökningen utförs genom att utgå ifrån dagens tekniska förutsättningar och analysera utvecklingen som ett teknologiskt innovationssystem. Syftet kommer besvaras med följande frågeställningar:

- Vilka aktörer, nätverk och institutioner spelar en viktig roll för utvecklingen av självkörande skyttlar i kollektivtrafiken?
- Var i utvecklingen befinner sig självkörande skyttlar utifrån teknisk- och marknadsmässig status?
- Hur påverkar aktiviteter som sker i systemet utvecklingen av självkörande skyttlar?
- Vilka drivande och hindrande faktorer finns det för en fortsatt utveckling och hur kan dessa stöttas/åtgärdas?

Syfte 2

Det andra syftet med den här studien är att undersöka huruvida det teoretiska ramverket teknologiska innovationssystem är lämpligt för att besvara det första syftet. Syftet besvaras med följande frågeställningar:

- På vilket sätt är den strukturella och funktionella analysen hjälpmedel för slutsatserna?
- Vilka svagheter finns det i ramverket och hur kan ramverket utvecklas?

1.3 Avgränsning

I den här studien behandlas utvecklingen av självkörande skyttlar i kollektivtrafiken i ett kortsiktigt tidsperspektiv. Med andra ord utreds vad som praktiskt krävs för att en implementering ska vara möjlig utifrån den teknik som är tillgänglig idag. Introduktionen av självkörande fordon kommer med stor sannolikhet vara en stegvis process och det anses därmed intressant att förstå vilka samhällsliga strukturer och aktiviteter som påverkar utvecklingen i en tidig fas. Vidare är bör det nämnas att det finns andra transportlösningar som föreslås för first och lastmile-tjänster men de berörs inte i den här studien.

Genom att använda självkörande skyttelbussar i kollektivtrafiken minskas behovet av en mänsklig förare. Att arbetstillfällen för busschaufförer blir färre är en negativ effekt av introduktionen av självkörande fordon men kommer inte beröras i den här studien. Däremot uppmanas att kompletterande studier görs där sådana samhällseffekter utreds.

2. Bakgrund

I följande avsnitt ges en begreppsförklaring av självkörande fordon och vad som menas med förare av ett fordon. Sedan ges en fördjupande bakgrundsbeskrivning kring vilka förväntade effekter introduktionen av självkörande fordon kommer få för transportsystemet. För att förklara detta krävs en beskrivning av koncept som utvecklas parallellt med självkörande fordons utveckling såsom delad mobilitet och mobilitet som en tjänst. Vidare ges information om självkörande skyttlars teknik, funktion och applikationsområden. Till sist beskrivs även hur den svenska kollektivtrafiken är uppbyggd.

2.1 Begreppsförklaring

2.1.1 Självkörande fordon

Autonomt, förarlöst eller automatiserat fordon är begrepp som används för att beskriva självkörande fordon. Det finns ingen universell definition av vad ett självkörande fordon innebär och begreppen används ofta synonymt. I regeringens utredning "Vägen till självkörande fordon - del 1" (2018a) definieras ett automatiserat körsystem enligt följande:

"ett automatiserat körsystem utför delar av eller hela den dynamiska köruppgiften. Där den dynamiska köruppgiften inkluderar samtliga operativa och taktiska funktioner utförda i realtid som krävs för att föra ett fordon i vägtrafik, exklusive strategiska funktioner som ruttplanering."

För att definiera vilken grad av automatisering ett fordon kan SAE internationals² skala användas. Skalan utgår från sex nivåer varav nivå 0 innebär ingen automation och nivå 5 innebär full automation, se tabell 1. SAE:s skala utgår från hur ansvarsfördelningen mellan den mänskliga föraren och fordonet förändras. I de lägre nivåerna har människan ett tydligt ansvar över köruppgiften och i de högre nivåerna övertas ansvaret av fordonet (National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), 2017). Att beskriva automatiseringen utifrån denna skala är inte helt oproblematiskt. Den har bland annat kritiserats för att vara för teknikfokuserad och utelämnat vilka problem fordonet löser för samhälle och individer. De största effekterna ur ett samhällsligt perspektiv förväntas ske vid nivå 4 eller nivå 5 (NHTSA, 2017). I den här studien benämns härnäst ett motorfordon med automatiska egenskaper från nivå 4 och uppåt som ett självkörande fordon.

² SAE International, tidigare "Society of Automotive Engineers", är en global organisation med ingenjörer och experter inom rymd-, bil- och kommersiella fordonsindustrin.

Tabell 1. Beskrivning av SAE:s skala för självkörande motorfordon (NTHSA, 2017)

Nivå	Beskrivning
0	<i>Ingen automation:</i> människan ansvarig för hela köruppgiften.
1	<i>Förarassistans:</i> människan har kontroll över fordonet men ibland kan ett assisterande system, benämnt "advanced driver assistance system" (ADAS), hjälpa föraren med antingen styrning, inbromsning eller accelerering av fordonet.
2	<i>Delvis automation:</i> ADAS kan simultant kontrollera styrning, bromsning och acceleration av fordonet under vissa förhållanden. Människan måste fortfarande ha full uppmärksamhet i samtliga situationer och manövrerar fordonet i alla andra fall.
3	<i>Villkorlig automation:</i> genom ett automatiserat körningssystem, "automated driving system" (ADS), kan fordonet på egenhand utföra samtliga manövreringsuppgifter under vissa omständigheter. Människan behöver inte ha full uppmärksamhet över körningen men måste vara beredd att överta manövreringen av fordonet utifall systemet ber om det. Under de omständigheter då fordonet inte kan köras av ADS ansvarar människan över manövreringen av fordonet.
4	<i>Hög automation:</i> genom ADS kan fordonet utföra all form av körning under nästan alla förhållanden. Människan måste inte vara uppmärksam på körningen. Människan kan eventuellt ha alternativet att överta manövreringen av fordonet.
5	<i>Full automation:</i> genom ADS är fordonet fullt kapabelt att utföra all körning under samtliga förhållanden. Människan agerar som passagerare och kommer inte under några omständigheter behöva involveras i körningen av fordonet. Människan kan eventuellt ha alternativet att överta manövreringen av fordonet.

2.1.2 Förare

I den här studien definieras en förare som en fysisk person som är ansvarig för köruppgiften antingen i eller utanför fordonet. Ett självkörande fordon behöver enligt den här studiens definition ingen förare som hanterar köruppgiften utan kan köra på egen hand.

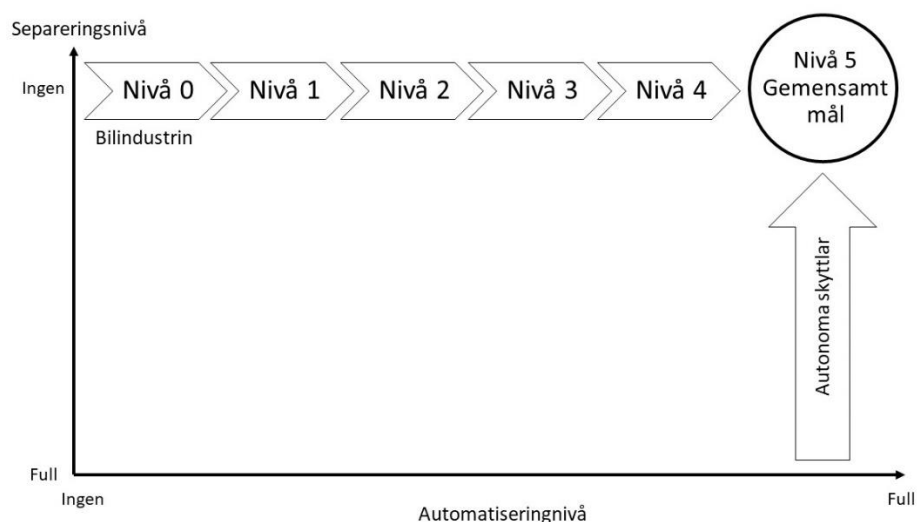
2.1.3 Självkörande skyttelbuss

De självkörande fordonen som undersöks mer specifikt i den här studien benämns som självkörande skyttelbuss eller skyttel. Andra benämningar som används i litteraturen är bland annat "robottaxi", "pod" eller "cyber car". Självkörande skyttelbussar har utvecklats för kortare transporter som kan användas för first och last mile-tjänster. Det som skiljer en självkörande skyttelbuss från ett klassiskt självkörande fordon är att den redan idag har en hög automatiseringsgrad enligt SAE:s skala, dock endast på en förprogrammerad sträcka. Ett alternativt sätt att mäta automatiseringsnivå är bedömning av hur avancerade trafikmiljöer ett redan självkörande fordon kan hantera. Att använda det här konceptet för bedömning har framförallt applicerats på de pilotprojekter som utförts med självkörande skyttelbussar. Dessa fordon kör på förbestämda ruttor och ofta på separerade vägbanor, skiljt från annan trafik (Alessandrini, 2016). I tabell 2 ges en mer detaljerad beskrivning av vad nivåerna innebär.

Tabell 2. De tre nivåerna av körfältsdelning utvecklat av Alessandrini (2016)

Körfältsnivå	Beskrivning
<i>Segregerat</i>	Körfält där endast självkörande fordonen är godkända. Körfältet är fysiskt skyddat mot extern trafik.
<i>Dedikerat</i>	Körfältet som de självkörande fordonen använder är tydligt markerat men andra vägtrafikanter tillåts beträda körfältet om de visar utökad hänsyn till de självkörande fordonen.
<i>Delat</i>	Självkörande fordonen delar körfält med andra fordon och trafikanter utan att de andra användarna tar utökad hänsyn till de självkörande fordonen.

Målet att nå full automatiseringsgrad är detsamma med både SAE-skalan och skalan utvecklad av Alessandrini (2016). I SAE:s skala förflyttas ansvaret för köruppgiften bort från föraren till helt förarlös körning på lång sikt. I den andra skalan antas redan fordonet vara förarlöst och fordonen går ifrån att hantera endast separerade körfält, bortkopplade från övrig trafik, till att fungera i mer avancerade trafiksituationer delat med andra trafikanter (Alessandrini et al., 2015). I figur 1 illustreras båda koncepten i en graf där den ena axeln illustrerar automatiseringsnivå och den andra axeln den nivå av separering som fordonet kan hantera.



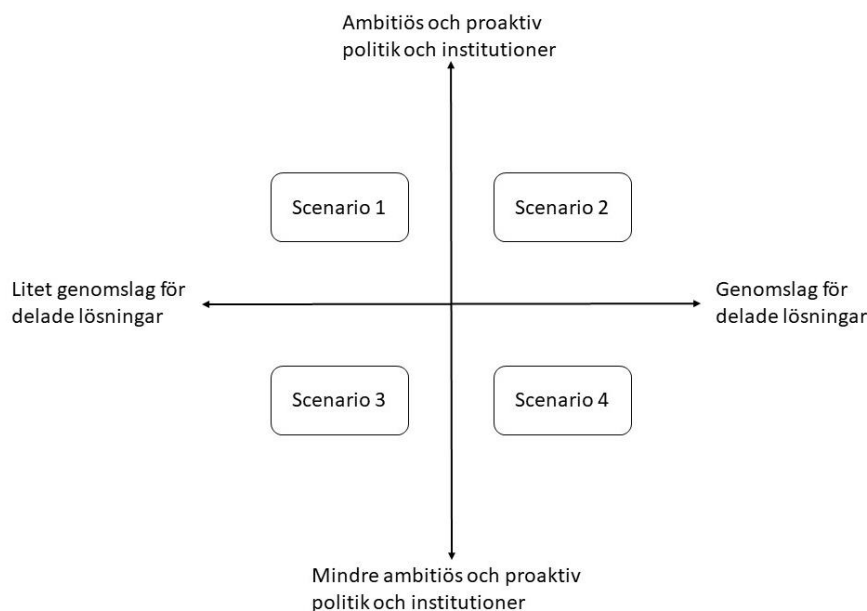
Figur 1. Nivå av automatisering i relation till nivå av separering (utvecklad från Alessandrini et al., (2015))

2.2 Framtidsscenarier och förväntade effekter i samhället

Sammantaget påverkar självkörande fordon samhället men samhället påverkar i sin tur även hur självkörande fordon kommer utvecklas och användas. Det är en ständig växelverkan som gör det komplext att utstaka ett tydligt svar på självkörande fordons inverkan på samhället. Som underlag för framtida planering för självkörande fordon i samhället har Väg och Transportinstitutet (VTI) tagit fram fyra framtidsscenarier för självkörande fordon år 2030. De fyra scenarierna utgår från två framtida osäkerhetsfaktorer som bedömdes ha en betydande inverkan på utvecklingen av självkörande fordon i samhället, se figur 2. Den ena osäkerhetsfaktorn innefattar i vilken

omfattning delningsekonomin³ blivit utbredd i samhället och om den i sin tur genererat nya mobilitetslösningar. Den andra faktorn behandlar hur de ambitiösa samhällsbyggnadsmål, uppsatta av politiker och institutioner, efterföljs med nya idéer och lösningar i praktiken. Med andra ord, om samhällsbyggnadspolitiken är av mer proaktiv karaktär eller mer långsam och följer dagens strukturer (Kristoffersson et al., 2017).

I det första scenariot har delningsekonomin inte anammats av människor men en proaktiv ställning har tagits samhällsbyggnadspolitiskt. Således förväntas samhället efterlikna dagens samhälle ur ett beteendeperspektiv men där fler hållbara tekniska lösningar har introducerats på marknaden. Det andra scenariot utgörs av en utbredd delningsekonomi i samband med en proaktiv samhällsbyggnadspolitik. Mobilitet som en tjänst (se avsnitt 2.2.2) är väl utvecklat med både offentliga och privata aktörer integrerade i ett välfungerande transportsystem. Det tredje scenariot är ett "business-as-usual-scenario" där den privatägda bilen fortfarande utgör normen i samhället. Delningsekonomin har inte fått fotfäste och samhällsbyggnadspolitiken är långsam. I det fjärde scenariot har delningsekonomin fått genomslag medan samhällsbyggnadspolitiken inte är lika proaktiv. Ett mycket stort utbud och mångfald av kommersiella mobilitetstjänster finns tillgängliga i det här scenariot. Utifrån de fyra scenarierna utvärderades trafikeffekterna för respektive scenario. I scenario två och fyra förväntades andelen fordon i bilflottan med hög automatiseringsgrad, nivå 4 eller 5, vara störst. Det var även i dessa två fall där delningsekonomin fått genomslag och således förväntades det att människor kommer dela fordon i större utsträckning (Kristoffersson et al., 2017).



Figur 2. De fyra framtidsscenarierna illustrerat i ett diagram (utvecklad från Kristoffersson et al. (2017)).

³ Med delningsekonomi menas aktiviteter som syftar till minskad resursåtgång genom effektivare kapacitetsutnyttjande såsom delning av tillgång till varor och tjänster (NE, 2018).

2.2.1 Delad mobilitet och mobilitet på begäran

En central faktor för hur de självkörande fordonen kommer att utnyttjas beror på människors mobilitetsvanor och i vilken grad nya mobilitetslösningar utvecklas. Delad mobilitet är ett koncept som återkommer frekvent i diskussionerna och bör därför förklaras. Begreppet har definierats på olika sätt men i huvudsak brukar delad mobilitet innefatta kollektivtrafik, bildelningstjänster, samåkningstjänster, taxiliknande tjänster samt hyrcykelsystem. Kollektivtrafiken brukar benämnas som traditionell delad mobilitet medan de andra tjänsterna klassificeras som ny delad mobilitet. Tjänsterna är i sig inte nya på marknaden men de har ökat i popularitet de senaste åren (Paulsson, 2018). I och med digitaliseringen har nya lösningar för delad mobilitet vuxit fram, däribland mobilitet på begäran (på engelska ”mobility on demand”). Mobilitet på begäran innefattar användningen av ett delat fordon som kallas direkt när behov uppstår. Vanligen beställs ett fordon genom en applikation i mobiltelefonen (Greenblatt och Shaheen, 2015).

Bildelningsprogram såsom ZipCar och Car2Go har expanderat kraftigt under 2000-talet (Fagnant och Kockelman, 2014). Bildelningstjänster erbjuder användaren en bil under en begränsad tid. Användare kan antingen betala en månadsavgift eller avgift per användningstillfälle. Vanligen hanterar ett företag bilflottan och användaren kan plocka upp en bil nära sitt bostadsområde, vid kollektivtrafikstationer, affärs- eller universitetsområden. Fordonen måste antingen återlämnas där den hämtades upp, vid designerade bildelningsparkeringar eller på valfri plats inom ett geobegränsat område. Taxiliknande tjänster har också ökat i popularitet. Uber och Lyft är företag som genom sin plattform kopplar samman förare med resenärer (Greenblatt och Shaheen, 2015).

2.2.2 Mobility as a Service (MaaS)

Mobilitet som en tjänst, eller Mobility as a Service (MaaS), är ett koncept som kombinerar delad mobilitet och mobilitet på begäran. Grunden i ett MaaS-system är en digital plattform som inrymmer reseplanering dörr-till-dörr, bokning, elektroniskt biljettsystem och betaltjänster för alla olika former av privata och offentliga transportsätt (Goodall et al., 2017). Transportsätt som traditionellt ingår i ett MaaS-system är tåg, buss, bildelning, taxi och cykeldelning. Med MaaS behöver inte en användare förlita sig på ett enskilt transportsätt utan har möjlighet att variera utifrån situation. En användare kan exempelvis värdera tid, bekvämlighet och kostnad olika beroende på situation. MaaS erbjuder således en mer flexibel mobilitet för sina användare (Goodall et al., 2017). I Sverige och Finland har satsningar gjorts för att utveckla MaaS. Under 2014 startade MaaS-pilotprojektet UbiGo i Göteborg och 2016 lanserades MaaS-applikationen Whim i Helsingborg som skapade internationell uppmärksamhet. Trots ett starkt intresse för utveckling av MaaS har det visat sig svårt att skapa ett system som fungerar i praktiken. Barriärer som pekades ut i Sverige var regleringssystem som hämmade utvecklingen, brist på en delad vision mellan aktörer, avsaknad av affärsmodeller och brist på data och standardisering (Smiths et al., 2017).

2.2.3 Delad mobilitet med självkörande fordon

Digitaliseringen har varit en viktig faktor för ökat användning av delade mobilitetslösningar och självkörande fordon skapar ytterligare möjligheter (Greenblatt och Shaheen, 2015; Fagnant och Kockelman, 2014). Trots ökad popularitet hos delade mobilitetslösningar anses den privatägda bilen fortfarande attraktiv. Vid användning av bildelningstjänster måste användaren ta sig till platsen där bilen finns tillgänglig. Om en person är orolig för att inte hitta en bil tillräckligt nära sin position är det sannolikt att personen väljer bort bildelning (Fagnant och Kockelman, 2014). Fagnant och Kockelman (2014) förklarar att självkörande fordon kan lösa den här typen av barriärer genom att ett självkörande fordon kan bli beställd och anlända till användarens position utan att användaren behöver förflytta sig.

Om en flotta av delade självkörande fordon ska fungera krävs nivå 4 eller 5 av automation. Dock kan fordon redan på nivå 3 påverka bildelningstjänsterna enligt Greenblatt och Shaheen (2015). Exempelvis skulle fordonen kunna köra fram till användaren vid beställning, parkera själv och ladda eller tanka på egenhand. Fordon i nivå 3 skulle även kunna minska försäkringskostnader för operatörer vilket skulle kunna generera mer prisvärda alternativ för användaren (Greenblatt och Shaheen, 2015).

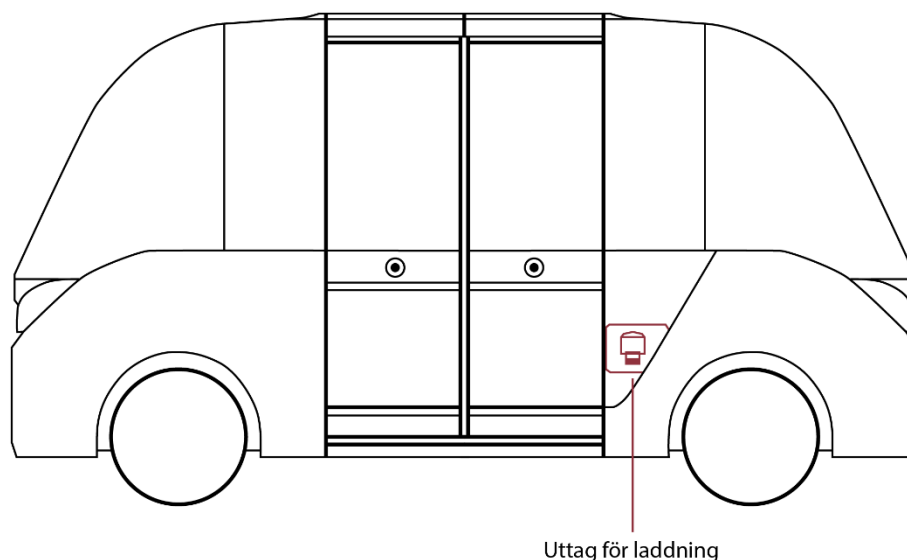
För att undersöka potentialen hos en delad självkörande bilflotta har flera beräkningsmodeller skapats. Med en agentbaserade modell beräknade Fagnant och Kockelman (2014) att varje delat självkörande fordon kunde ersätta 12 privatägda bilar i ett urbant område. Varje fordon betjänade 31-41 resenärer per dag och medelväntetiden för en resenär att bli upplockad av ett fordon var 20 sekunder. Modellen visade även hög utnyttjandegrad hos fordonen med 97 procent ockuperade fordon under rusningstrafik. I en annan studie utförd av Bischoff och Maciejewski (2016) beräknades det hur stor en flotta av delade självkörande fordon måste vara för att ersätta privatägda bilar i Berlin. Resultatet visade att en flotta av 100 000 delade självkörande fordon kunde ersätta hela Berlins privatbilsflotta vilket innebär att varje delat fordon ersatte 10 privatägda bilar. Med en delad fordonsflotta minskar även behovet av parkeringsplatser för bilar. Zhang W. et.al. (2015) uppskattade att 90 procent av parkeringsbehovet försvinner för personer som utnyttjar ett system med delade självkörande fordon. I dagsläget står en bil parkerad 96 procent av sin tid vilket med andra ord kan reduceras markant om delade självkörande fordon används (Duarte och Ratti, 2018).

I dessa modeller har resor som görs med kollektivtrafiken inte tagits med. Trots att modellerna indikerar på en stor effektivisering av transportsystemet kan dessa inte mätas med den mängd människor kollektivtrafiken transporterar dagligen. Risker i ett framtida system är att användare av kollektivtrafik byter till bildelningstjänster vilket skulle öka behovet av fordon på vägarna och underminera syftet. För att självkörande bildelningstjänster ska bli effektiva för samhället behöver de integreras på ett smart sätt med kollektivtrafikenätverket (Salazar et al., 2018). I en modell utvecklad av Salazar et al. (2018) har samordningen mellan självkörande bildelningstjänster och kollektivtrafik simulerats. Simuleringen visade på att ett system som kombinerar kollektivtrafik och delningstjänster signifikant kan minska restid, utsläpp och totalt antal bilar i jämförelse

med ett system som inte kombineras med kollektivtrafiken. Delade självkörande fordon som inte är integrerade med kollektivtrafiken skulle skapa bättre mobilitet för människor men effektiviteten skulle minska (UITP, 2017).

2.3 Självkörande skyttlar

De skyttlar som hittills finns på marknaden kan betraktas som tidiga prototyper av ett självkörande fordon. Tillverkarna utvecklar kontinuerligt de befintliga modellerna och utvecklar samtidigt nya modeller. Trots olika tillverkare liknar skyttelmodellerna varandra till utseende och funktion. Skyttlarna har dörrar i mitten för av- och påstigning och fordonens ändar är identiska (skytteln kräver inte någon förare och därför behövs ingen framdel där föraren ska sitta). En skyttel har mellan fyra till elva sittplatser och ett antal ståplatser (EasyMile, 2018; Navya 2018a; 2getthere, 2018). Figur 3 illustrerar ett exempel på hur en självkörande skyttelbuss kan se ut. Gemensamt för skyttlarna är att de drivs av elmotorer och har en maxhastighet på ungefär 45 kilometer i timmen. Dock är marschhastigheten och medelhastigheten lägre i de flesta fall eftersom dem påverkas av hur ofta skytteln måste stanna. Uppskattningsvis ligger medelhastigheten för en skyttel i drift på ca 10 – 15 kilometer i timmen (Pessaro, 2016; EasyMile 2018; Navya 2018a; 2getthere, 2018; S3, 2018a). Kostnaden för en skyttel uppgår till ungefär 200 000 euro och har en underhålls- och driftkostnad på 30 000 – 90 000 euro om året (Pessaro, 2016). Detta kan jämföras med inköpspriset på en fullstor buss som ligger mellan 2 – 5 miljoner kronor (omräknat ungefär 195 000 – 490 000 euro) (Hallén, 2016).



Figur 3. Exempel på hur en självkörande skyttel kan se ut (egen bearbetning).

2.3.1 Teknik

Sensorerna utgör grunden för skyttelns automatiserade körförmåga. Hur uppsättningen av sensorer ser ut varierar beroende på tillverkare och fordonsmodell men funktionaliteten utgår till stor del från liknande principer. Skyttlarna är vanligen utrustade

med en LiDAR-sensorer ("Light Detection and Ranging") som använder laserteknik för att mäta avstånd. På så sätt kan skytteln omgivning kartläggas för att avgöra fordonets position samt att hinder kan upptäckas. Fordonet har också ett GNSS-system ("Global Navigation Satellite System") som möjliggör för fordonet att veta sin kartposition och därmed sin position på vägen. Kamerasystem analyserar fordonets omgivning genom att identifiera vägskyltar och trafikljus (S3, 2018b). Till kamerorna krävs avancerade dataalgoritmer som kan tolka bilderna som kamerorna producerat (Center for Sustainable Systems, 2017). Vidare uppskattar och bekräftar en odometer skytteln position och hastighet medan den är i rörelse (S3, 2018b). Det finns fler sensorer och system samt varianter av sensorer och system som inte tas upp men de som tagits upp utgör de grundläggande principerna.

De skyttlar som hittills används i pilotprojekt har kört på en förprogrammerad bana, kallad virtuell räls. För att skapa den virtuella rälsen måste en 3D-karta skapas. Detta görs genom att låta skytteln långsamt köras längs den planerade sträckan. Under tiden registrerar skytteln omgivningen med sina sensorer. Data från sensorerna bearbetas sedan manuellt för att ta fram en platsspecifik 3D-modell. Med sensorerna kan sedan skytteln avgöra var på rälsen den befinner sig och upptäcka hinder. Utifrån SAE:s skala är skyttlarna exempel på nivå 4, hög automationsgrad, men under förutsättningen att fordonet endast kan köras på förprogrammerad sträckning (S3, 2018b). Vissa skyttelmodeller är uppbyggda med tre olika driftlägen: tunnelbane-, buss- och på-begäranläge. I tunnelbane- och bussläget opererar bussen på en bestämd linjesträckning. I tunnelbaneläget följer bussen ett förbestämt schema och stannar på samtliga hållplatser och i bussläget stannar bussen endast vid de hållplatser där en passagerare har begärt avstigning eller påstigning. Begäran av påstigning sker vid hållplatsen genom att trycka på en knapp. I på-begäranläget beställs bussen via en smartphoneapplikation (Pessaro, 2016).

2.3.2 Applikationsområden

Självkörande skyttlar är framförallt framtagna för att erbjuda kortare transporttjänster och flera applikationsområden diskuteras för dem. Exempel på applikationsområden är transport i städer, på flygplatser, campusområden, sjukhus, resorter och nöjesparker eller i industrin (Navya, 2018b). Inom kollektivtrafiken har Pernestål Brenden och Kottenhof (2018) identifierat sex applikationsområden. Nedan ges en beskrivning av respektive tillämpning.

Matarlinje

När avståndet till eller från en resenärs utgångspunkt eller destination är för långt ifrån kapacitetsstark kollektivtrafik kan skyttlar fungera som matare till och från kapacitetsstarka kollektivtrafikhubbar och stationer.

Förkortning av högkapacitetslinje

På en högkapacitetslinje såsom en pendeltågs- eller tunnelbanelinje är det vanligt att det är många resenärer i mitten av sträckan men få resenärer på de yttre delarna av linjen. Genom att förkorta sträckan och ersätta linjens ändar med skyttlar kan effektiviteten på högkapacitetslinjen förbättras.

Tvärförbindelser

Huvudnätslinjer i en stad länkar vanligtvis ihop förorter och stadskärnan. Tvärförbindelser mellan dessa huvudnätslinjer behövs men är kostsamma. Självkörande skyttlar skulle kunna erbjuda tvärförbindelser och genvägar mellan huvudnätslinjer.

Centrallinje

I stadskärnor är ofta trångt och fullt med folk vilket inte passar stora bussar. Självkörande skyttlar skulle därför kunna ersätta de stora bussarna i centrummiljö på en lokal linjesträckning.

På begäran-matarlinje

När avståndet till eller från en resenärs utgångspunkt eller destination är för långt ifrån kapacitetsstark kollektivtrafik och kapaciteten är för låg för att motivera en vanlig matarlinje kan en på-begäran-funktion vara en lösning.

Linje- eller på begärantjänst inom ett område

Under exempelvis lågtrafik i områden som vanligtvis har många stopp kan skyttlar åka runt fritt för att plocka upp människor vid behov.

2.3.3 Implementeringsutmaningar

Få studier har gjorts på hur faktisk implementering av skyttlarna ska fungera. De utmaningar som identifierades i Pernestål och Kottenhofs studie (2018) berör integreringen mellan skytteltjänsten och befintlig kollektivtrafik, tekniska begränsningar, förändringar i affärsmodeller och konkurrens med andra mobilitetstjänster. När skyttlar matar till hållplatser och stationer involverar det byte mellan två transportsätt. Det här bytet måste ske friktionslöst vilket ställer krav på den fysiska utformningen vid busshållplatser och stationer. Även anpassning av ankomst och avgång samt ett smidigt och integrerat biljett- och informationssystem behövs. Skyttlarna har även flera tekniska begränsningar som inte kan förväntas bli lösta inom en nära framtid. Exempel på dessa tekniska lösningar är låga hastigheter i mixad trafik och att skyttlarna inte har möjlighet att lösa vissa trafiksituationer på egen hand. En lösning som föreslås är fjärrkontroll av fordonen. Vidare utmanas befintliga affärsmodellen för kollektivtrafik. Utan personal ombord sänks driftkostnaden, men med eventuellt högre inköpskostnad och behov av infrastrukturinvesteringar. Det behöver således utredas vem som är ansvarig för dessa

investeringar. Vidare kan upphandlingsreglerna utmanas utifall nya partnerskap mellan privata och offentliga aktörer skapas (Pernestål Brenden och Kottenhof, 2018).

2.3.4 Pilotprojekt

På flera platser runtom i världen har tester och pilotprojekt utförts med självkörande skyttelbussar. I de flesta projekten har det undersökts hur skyttlarna kan erbjuda last mile-tjänster. Nedan återges en sammanfattning av ett större projekt i EU kallat CityMobil2 och tre svenska projekt; Autopiloten, S3 och Barkarbystaden. Utifrån projekten skapas erfarenheter och lärdomar som kan ge stöd för en framtida implementering. Djupare studier på dessa vore önskvärt.

CityMobil2 - slutfört

CityMobil2 var ett fyraårigt projekt som syftade till att främja en framtida implementering av självkörande transportsystem på vägar, i projektet kallat Automated Road Transport System (ARTS). Projektet finansierades av Europakommissionen och avslutades 2016. I sju utvalda städer fick två flottor av självkörande skyttelbussar med en kapacitet på sex till tio passagerare vardera trafikera olika vägsträckor för att leverera faktiska transporttjänster. Utvalda städer till studien var Oristano i Italien, La Rochelle i Frankrike, Lausanne i Schweiz, Vantaa i Finland, Trikala i Grekland, Sophia Antipolis i Frankrike och San Sebastian i Spanien (Alessandrini, 2016).

Data på resenärers åsikter och användning av självkörande fordon samlades in under projektets gång. Det var en övervägande positiv inställning till implementering av självkörande fordon i urbana områden. Det som ansågs mest attraktivt var fordonens potential att reducera biljettpriser tack vare att en förare inte behövs. Det ansågs även att bussarnas roll främst skulle vara ett kompletterande element till kollektivtrafiken. Oro fanns för att passagerares säkerhet äventyrades, speciellt under nätter. Majoriteten av de som testade de självkörande bussarna reste endast en eller ett fåtal gånger för att prova fordonen. I Trikala var det däremot 42 procent av resenärerna som använde bussarna för resor två till fyra dagar i veckan under testperioden. Anledningen till den höga andelen av resor i just Trikala förklarades med att bussarna trafikerade en sträcka där det fanns en hög efterfrågan på transportservice, vilket skiljde sig från hur efterfrågan såg ut på de andra testplatserna. Utifrån resultatet i Trikala dras slutsatsen att fokus bör läggas på utvärdering av lämpliga stäckningar för bussarna för att öka transportservicen. Detta bör göras genom att bussarna integreras med andra transportmedel (Alessandrini, 2016).

Utvärdering av intressenters åsikter var genomgående positivt och i alla städer ansågs självkörande fordon med största sannolikhet vara en del av kollektivtrafiken i framtiden. Däremot gick åsikterna isär och blev mer "stads-specifika" angående hur de skulle implementeras i trafiken. Överlag tyckte en stor andel av respondenterna att bussarna kunde få dela vägutrymmet med fotgängare och cyklister. I La Rochelle, Lausanne och Trikala föredrog majoriteten av intressenterna fullständig separering mellan bussarna och annan trafik genom separerade körfält. I Vantaa däremot ansåg närmare 70 procent av

intressenterna att bussarna ska få dela vägen med andra motorfordon (Alessandrini, 2016).

Autopiloten Kista - slutfört

Inom projektet Autopiloten utfördes ett sex månaders långt pilotförsök med självkörande skyttlar i Kista och var det första i Skandinavien där skyttlarna trafikerade allmän väg. Skyttlarna trafikerade sträckan mellan Kista Galleria och Victoria Tower, nära anslutna till tunnelbanestationen i Kista centrum och pendeltågsstationen Helenelund. Projektet pågick från den 24:e januari till 30:e juni 2018 och utfördes av Nobina i samarbete med Ericsson, SJ, KTH, Klöver, Urban ICT Arena och Stockholm stad. Projektet finansierades av Nobina och Vinnova via Drive Sweden (Nobina, 2018a). Inga formella resultat från projektet har ännu presenterats.

S3 Göteborg - pågående

S3 är en förkortning av "Shared Shuttle Services" och är ett projekt där delade självkörande skyttlar testas på Lindholmen och Chalmers Campus i Johanneberg. Projektet pågår mellan maj 2017 och december 2018. Den första sträckan som för närvarande trafikeras är en rutt med tre hållplatser på Chalmers campus i Johanneberg. Projektet leds av det statliga forskningsinstitutet RISE Viktoria i samarbete med flera samarbetspartners, bland annat: Autonomous Mobility, Chalmers, Göteborgs Stad, Västtrafik och Ericsson (Göteborgs Stad, 2018). Autonomous Mobility ansvarar för planering, uppstart och drift (S3, 2018a). Projektet finansieras av Vinnova (S3, 2018d).

Barkarbystaden – pågående

I slutet av oktober 2018 startade pilotprojektet i Barkarbystaden med självkörande skyttlar som förväntas pågå fram till år 2025. Projektet är det första i Europa att erbjuda självkörande skyttlar i reguljär linjetrafik. I den första fasen av projektet kommer tre skyttlar trafikera en sträcka mellan nybyggda bostadskvarter, Herrestaskolan och Stora Torget. Vid Stora Torget finns möjligheten att byta till ordinarie busslinje. Projektet innefattar förutom självkörande skyttlar även i senare steg implementering av en elektrificerad BRT-linje⁴ med fullstora självkörande bussar samt test av en ny digital biljettplattform. Projektet utförs av Nobina tillsammans med Järfälla kommun och Stockholms läns landsting (Järfälla kommun, 2018). Projektet finansieras av Vinnova, Nobina och SL (Nobina, 2018b).

2.4 Kollektivtrafik

För att få en förståelse för hur självkörande skyttelbussar kan påverka och integreras i kollektivtrafiksystemet behövs en viss bakgrundskunskap kring kollektivtrafikens utformning och hur den styrs. Kollektivtrafik definieras i EU:s kollektivtrafikförordning

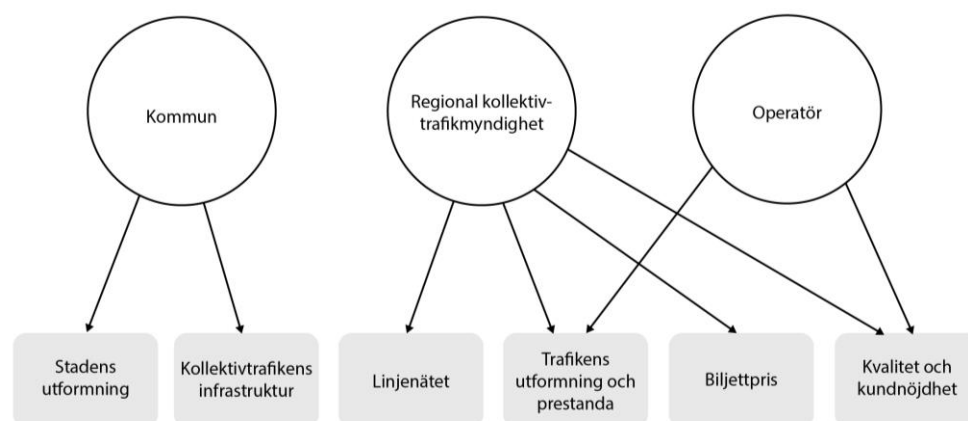
⁴ BRT betyder "Buss Rapid Transit" och är ett system som genom förbättringar i infrastrukturen och tekniska hjälpmedel ger bussen prioritet före övrig trafik (Bösch et al., 2013).

1370/2007 artikel 2a som ”persontransporter av allmänt ekonomiskt intresse som erbjuds allmänheten fortlöpande utan diskriminering”. I Sverige är det sedan 2012 fritt även för privata företag att erbjuda kollektivtrafik på väg, järnväg, spårväg, tunnelbana och vatten (Transportstyrelsen, 2018). I studien läggs fokus på den allmänna kollektivtrafiken så hädanefter när kollektivtrafik nämns syftar den till den allmänna kollektivtrafiken om inget annat anges.

Kollektivtrafikens primära ansvar är att erbjuda transport åt personer från en plats till en annan på ett tidseffektivt och bekvämt sätt (Ringqvist, 2016). Kollektivtrafiken ska dessutom vara ett reellt alternativ till bilen med konkurrenskraftiga tider samt erbjuda en tillgänglighet för personer som inte har möjlighet att resa på annat sätt såsom minderåriga, äldre, sjuka och personer utan tillgång till bil (Hultén et al., 2018). Kollektivtrafikens förutsättningar påverkas främst av: aktörers samverkan, stadens utformning, kollektivtrafikens infrastruktur, linjenätet, trafikens utformning och prestanda, biljettpriser och kvalitet samt kundnöjdhet (Ringqvist, 2016).

2.4.1 Organisation och kollektivtrafikaktörers ansvarsområden

Regionala kollektivtrafikmyndigheter (RKM:er), kollektivtrafikoperatörer (hädanefter operatörer) och kommuner är de tre aktörer som har huvudansvar för kollektivtrafiken i Sverige (Ringqvist, 2016). Det finns 21 regionala RKM:er där organisationsformen kan utgöras av antingen region, landsting, regionförbund eller kommunalförbund. Regioner är landsting som även ansvarar för regional utveckling och regionalförbund är kommunalförbund med regionalt utvecklingsansvar (SKL, 2018). RKM:erna ansvarar för linjenätet, biljettpriser och tillsammans med operatörer för trafikens utformning och prestanda samt kvalitet och kundnöjdhet. Kommunen ansvarar primärt för stadens utformning och kollektivtrafikens infrastruktur (Ringqvist, 2012). I figur 4 illustreras ansvarsområdena för respektive kollektivtrafikaktör.



Figur 4. Kollektivtrafikaktörers ansvarsområden (utvecklad från Ringqvist (2016))

För att konkretisera Ringqvists (2016) beskrivning kan verksamheten kring den allmänna kollektivtrafiken i Stockholm exemplifieras. Stockholms RKM utgörs av Stockholms Läns Landsting som ansvarar för Stockholms Lokaltrafik (SL). SL är samlingsnamnet

och varumärket för den allmänna kollektivtrafiken på land och sjöss i Stockholm. SL bedrivs i bolagsform där SL ansvarar för vissa avtal och tillgångar och där Trafikförvaltningen arbetar med planering, beställning och uppföljning av trafiken samt underhåll och förnyande av infrastrukturen. Under SL upphandlas operatörer som ansvarar för detaljplanering, drift av trafik och mötet med kunderna (SLL, 2018).

2.4.2 Finansiering

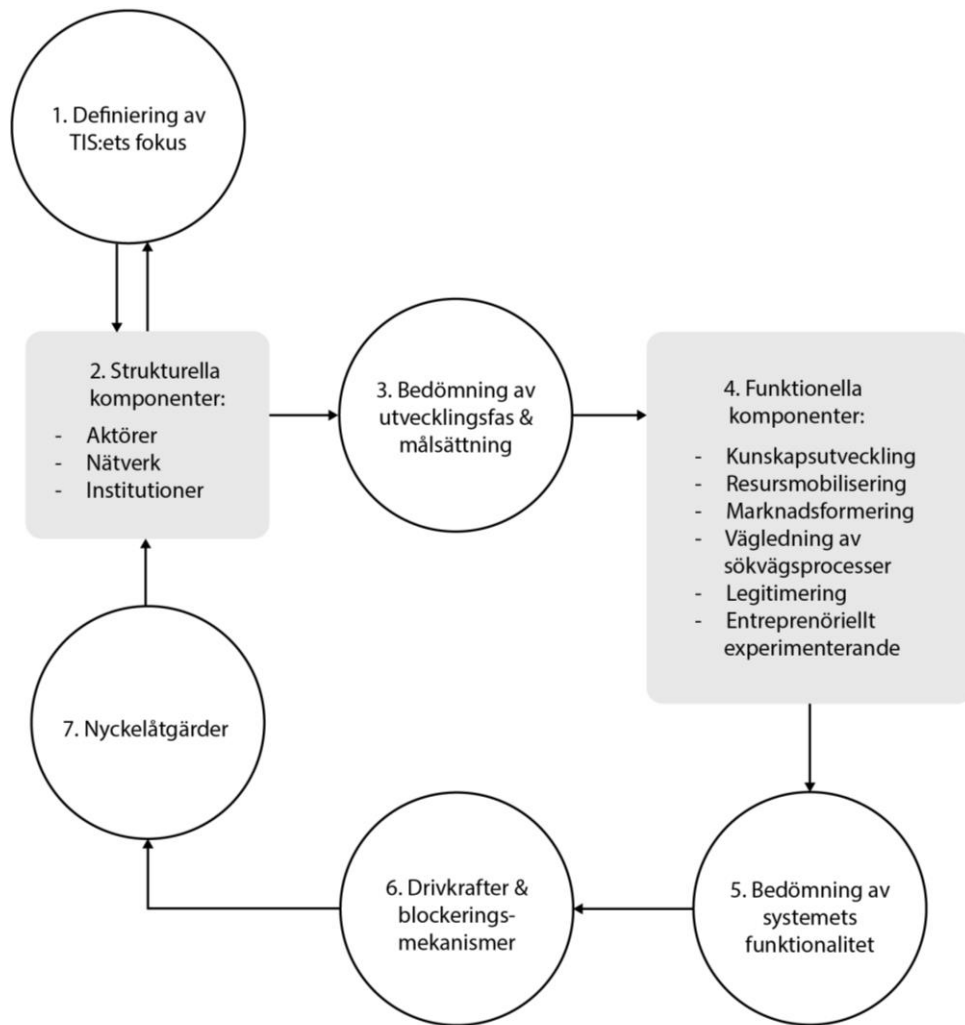
Den totala kostnaden för kollektivtrafiken i Sverige uppgick till 47.5 miljarder kronor under 2017. De totala verksamhetsintäkterna uppgick till 23.5 miljarder kronor vilket motsvarar knappt hälften av kostnaderna. Resterande del finansieras med bidrag från landsting, kommun och stat. Under 2017 bidrog landstinget med 88 procent, kommunerna med tio procent och staten med två procent av det totala bidraget (Trafikanalys, 2018). För att uppfylla de primära huvuduppgifterna för kollektivtrafik behövs kollektivtrafik som kör i hög täthetsgrad längs starka stråk. För att erbjuda grundläggande tillgänglighet för personer utan tillgång till bil krävs dessutom en bred täckningsgrad. Dessa två uppgifter är svåra att kombinera och samtidigt vara ekonomiskt lönsamma vilket är anledningen till varför kollektivtrafiken styrs och finansieras till stor del av offentlig sektor (Hultén et al., 2018).

3. Teoretiskt ramverk - Teknologiska innovationssystem

Att analysera introduktionen och utvecklingen av självkörande skyttlar i ett befintligt kollektivtrafiksystem är en komplicerad uppgift. För att stötta analysen i det här arbetet har utvecklingen av självkörande skyttlar inom kollektivtrafiksystemet betraktats som ett *teknologiskt innovationssystem* (TIS). TIS är ett teoretiskt ramverk vars fokus ligger i utveckling, spridning och användning av en viss teknologi (Bergek et al. 2008). TIS-ramverket kan betraktas som en påbyggnad av ramverket innovationssystem (IS). Innovationssystem utvecklades för att kunna förstå och analysera teknologisk förändring. Detta genom att undersöka hur samhällsliga subsystem, aktörer och institutioner bidrar direkt eller indirekt till framväxt av innovationer. Den logiska grunden i ett innovationssystem är att innovation uppkommer både genom individuell och kollektiv handling (Hekkert et al., 2007). I studier som använt innovationssystem för att förklara teknologisk utveckling har fokus till stor del legat på att förklara sociala strukturer i ett system. Hekkert et al. (2007) förklarar att innovationssystem ofta brister i förmågan att förklara dynamiken i systemet genom exempelvis de handlingar som utförs av olika aktörer. Inom TIS-ramverket har detta tagits i beaktning.

Analysen kommer framförallt att utgå från ett analyschema som Bergek et al. (2008) har utvecklat för framväxande TIS. I analyschemat utreds både strukturen av TIS:et och funktionerna inom TIS:et. Med struktur menas hur systemet är uppbyggt (aktörer, nätverk, institutioner) och med funktionell analys förklaras vad som händer i systemet utifrån ett antal funktioner (kunskapsutveckling och spridning, resursmobilisering, marknadsformering, legitimering, vägledning av aktörers sökprocesser och entreprenöriellt experimenterande). Efter att en strukturell och funktionell analys utförts kan drivkrafter och blockeringsmekanismer i innovationssystemet identifieras, vilket sedan kan användas som underlag för politiska åtgärder. Metoden är delvis utvecklad för att ta fram underlag åt beslutsfattare men är även lämplig för forskare som vill undersöka ett specifikt innovationssystem och få förståelse för systemets styrkor och svagheter (Bergek et al. 2008).

I avsnitt 3.1, 3.2 och 3.3 ges en mer detaljerad beskrivning av den strukturella och funktionella analysen och dess komponenter. En modifiering som gjorts av det befintliga analyschemat är att beskrivning av TIS:ets utvecklingsfas och målsättning presenteras i ett eget avsnitt innan den funktionella analysen. Genom att beskriva TIS:ets utvecklingsfas kan en förståelse fås för vad som kan förväntas av systemets funktionalitet och därmed vad som är en rimlig målsättning för systemet. Ett TIS i en tidig utvecklingsfas har andra krav på sig än vad ett TIS i en senare utvecklingsfas har. Korrigeringen inspirerades av Hellsmark et al. (2014) som använt TIS-analys för framväxande teknologier inom energibranschen. Analyschemat beskrivs i en stegvis process men analysen bör ses som en iterativ process där respektive del byggs på allteftersom. Se figur 5 för en illustration av analysgången som tillämpats i den här studien.



Figur 5. Schema för analys av ett TIS (utvecklad från Bergek et al.(2008) och Hellsmark et al. (2014)).

3.1 Strukturell analys

I den strukturella analysen beskrivs TIS:ets struktur och vilka komponenter inom TIS:et som bygger upp den här strukturen (Bergek et al. 2008).

3.1.1 Definiering av TIS:ets fokus

Att definiera och avgränsa det teknologiska innovationssystemets fokus är en viktig del av analysen. De avgränsningar som görs kommer påverka analysens resultat och det är således viktigt att göra väl grundade och motiverade val. Den första delen i systemavgränsningen är att definiera den teknologi som är i fokus. En teknologi kan både utgöras av en produkt eller ett kunskapsområde vilket måste fastställas. Vidare ska analysens bredd och djup bestämmas genom att avgöra vilka av teknologins tillämpningsområden som ska inkluderas. Valet av tillämpningsområde bestämmer vilka aktörer, nätverk och institutioner som är relevanta för analysen. Det kan även finnas anledning till att begränsa systemet geografiskt för att fånga aspekter som är särskilt

relevanta för en viss uppsättning aktörer i en regional eller nationell kontext (Bergek et al. 2008).

3.1.2 Strukturella komponenter

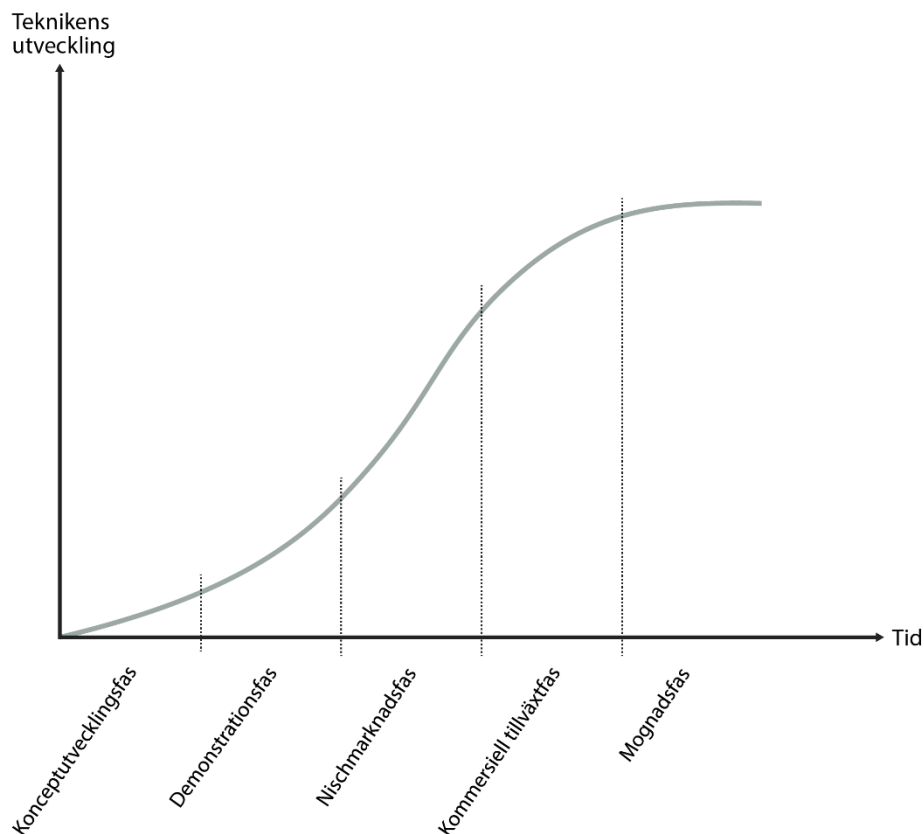
Efter att TIS:ets fokus har definierats ska systemets strukturella komponenter identifieras. De strukturella komponenterna utgörs av *aktörer*, *nätverk* och *institutioner*. Med *aktörer* menas företag (längs hela värdekedjan), universitet, forskningsinstitut eller offentliga organ. Även intresseorganisationer, riskkapitalister och organisationer som bestämmer standarder etc. kan vara aktörer. Det finns flera olika former av *nätverk*, formella såväl som informella. Nätverk kan formas för att lösa en viss uppgift, exempelvis nätverk för standardisering eller partnerskap mellan offentlig och privat sektor. Det finns även nätverk som skapas mellan exempelvis beställare och leverantörer eller universitet och industri. Vanligtvis är det enklare att identifiera de formella nätverken i TIS:et. *Institutioner* innefattar kultur, normer, lagar, regelverk och rutiner. Institutioner behöver ofta justeras eller anpassas för en ny teknologi. Processen för anpassning av institutioner kan vara komplicerad och det kan uppstå konkurrenssituationer mellan företag om den institutionella uppbyggnaden. Vid analys av ett framväxande TIS kan vissa TIS-specifika institutioner inte existera vilket försvårar uppgiften (Bergek et al. 2008).

3.2 Utvecklingsfas och målsättning

Genom att utgå från den strukturella analysen kan en bedömning av systemets utvecklingsfas göras. Bergek et al. (2008) förklarar att ett TIS kan vara i en formativ fas eller en fas av tillväxt. Den formativa fasen kännetecknas av ett inträde av ett fåtal aktörer och andra organisationer i systemet samt en början på formation av nätverk och anpassning av institutioner. När ett TIS är i tillväxtfasen skiftar fokus till expansion av systemet och storskalig spridning av teknologin. Detta sker genom att marknader först överbryggas varandra för att sedan utveckla massmarknader (Bergek et al. 2008).

Hellsmark et al. (2014) beskriver fem olika utvecklingsfaser som ett TIS kan befinna sig i: *konceptutvecklingsfas*, *demonstrationsfas*, *nischmarknadsfas*, *kommersiell tillväxtfas* och *mognadsfas*. De första tre faserna inryms i Bergeks et al. (2008) beskrivning av den formativa utvecklingsfasen och de två sista utvecklingsfaserna inryms i tillväxtfasen. I figur 6 demonstreras de olika faserna i en graf. I *konceptutvecklingsfasen* utvecklas och testas nya koncept, prototyper och modeller i en liten och begränsad skala. I *demonstrationsfasen* vidareutvecklas prototyperna och koncepten till system som kan testas i verkliga tillämpningsmiljöer. Detta synliggör teknologin samt påvisar dess potential för samhället och potentiella kunder. I *nischmarknadsfasen* introduceras teknologin i olika nischmarknader. En nischmarknad kan antingen uppstå naturligt eller konstrueras. En naturlig nischmarknad kännetecknas av att det finns ett behov av tekniken, exempelvis ett problem som befintliga tekniker inte kan lösa. En konstruerad nischmarknad har med hjälp av ekonomiska styrmedel, exempelvis i form av investeringsbidrag eller produktionsstöd, gjorts konkurrenskraftig gentemot etablerade teknologier. I nischmarknadsfasen finns möjlighet till att i en mer skyddad miljö få

återkoppling på hur teknologin fungerar i ett kommersiellt sammanhang. Nästa utvecklingsfas är den *kommersiella tillväxtfasen* där teknologin blivit konkurrenskraftig och har börjat sprida sig i en större skala. Den sista utvecklingsfasen kallas *mognadsfasen* och kännetecknas av att teknologin börjar ersätta befintliga teknologier och omstrukturerar således samhällets produktions- och konsumtionssystem. Viktigt att notera är att även fast en teknologi bedöms vara i en särskild fas kommer aktiviteter från tidigare faser fortfarande förekomma (Hellsmark et al., 2014).



Figur 6. Teknikens utvecklingsfaser (utvecklad från Hellsmark et al. (2014))

Genom att uppskatta systemets utvecklingsfas går det att bedöma vad som kan förväntas vara nästa steg i utvecklingen för systemet. Förväntningen kan utgöras av en konkret målsättning i form av att uppnå en viss procent av marknadsandelarna i en industri eller ett visst antal sålda eller producerade enheter. En målsättning kan även vara mindre konkret såsom att röra sig från en utvecklingsfas till en annan (Hellsmark et al. 2014).

3.3 Funktionell analys

I den funktionella analysen beskrivs dynamiken och de processer som sker inom TIS:et utifrån ett antal uppsatta nyckelprocesser kallade funktioner (Bergek et al., 2008). Inom TIS-analys finns flera förslag på funktioner som ska tas med, se Bergek et al., (2008), Hekkert et al., (2007) eller Hellsmark et al., (2014). I sin helhet liknar förslagen på funktionella komponenterna varandra till en hög grad och därför ansågs det lämpligt att använda de funktioner som Bergek et al. (2008) utvecklat. En funktion som utesluts i

den här studien är *utvärdering av positiva externa effekter* eftersom den funktionen blir mer aktuell för ett TIS i en mogen utvecklingsfas (Hellsmark et al. 2014). Det ansågs därför svårt att analysera den funktionen på ett tillförlitligt sätt.

3.3.1 Funktionella komponenter

Kunskapsutveckling och spridning

Funktionen *kunskapsutveckling och spridning* innefattar den rådande kunskapsbasen i systemet och hur denna kunskap sprids och fördelas i systemet. Kunskapsbasen kan betraktas på global nivå och analys kan utföras på hur väl ett lokalt TIS anammar kunskapen och utvecklar den. Vetenskap, teknologi, produktion, marknad, logistik och design utgör olika former av kunskap. Flera av dessa former av kunskap kan utvecklas via funktionen *Entreprenöriellt experimenterande* men den funktionen ämnar inte att förklara processen hur kunskap formas utan den behandlar hur osäkerheter i systemet kan minimeras. Centrala källor för kunskap är Forskning och Utveckling, test inom nya applikationsområden och imitering av befintliga applikationer. Antal FoU-projekt, publikationer, professorer eller patent kan användas som indikatorer för nivån av kunskapsutvecklingen och spridningen inom TIS:et (Bergek et al. 2008).

Vägledning av aktörers sökprocesser

Om ett TIS ska utvecklas måste aktörer och organisationer vilja delta i systemet. *Vägledning av aktörers sökprocesser* utgör den funktion som behandlar den kombinationen av incitament och påtryckningar för aktörer att satsa på en introduktion i systemet. Funktionen täcker även in de mekanismer som påverkar aktörers sökningsriktning *inom* systemet. Med andra ord i vilken riktning aktörer väljer att gå inom det TIS de valt att delta i. Incitament och påtryckningar utgörs av båda externa och interna faktorer. Faktorer som har betydande effekt på aktörers sökningsriktning är förväntningar i tillväxtpotential, synen på vilka typer av kunskaper som är relevanta, bedömningar av nuvarande och framtida tekniska möjligheter och ansvarsvillkor, reglering och politik, uttalad efterfrågan från ledande kunder, teknologiska flaskhalsar eller kris i den nuvarande marknaden (Bergek et al. 2008).

Entreprenöriellt experimenterande

När ett TIS utvecklas finns det vanligen en stor osäkerhet i form av teknologi, applikationsområden och marknader inom systemet. Ett effektivt sätt att minimera osäkerheten är utförandet av marknadsorienterade experiment för att testa olika tekniska lösningar, strategier eller applikationsområden. Genom *Entreprenöriellt experimenterande* sker en social lärandeprocess där både lyckade och misslyckade försök bidrar till en bättre förståelse för teknologin och dess applikationsområden. I analysen bör antalet sådana experiment identifieras och det är även viktigt att beskriva inriktningen på respektive experiment (Bergek et al. 2008).

Marknadsformering

Framväxande TIS karaktäriseras av outvecklade marknader med stor osäkerhet för aktörer. Skapandet av en ny marknad brukar genomgå tre övergripande steg: "nursing markets", "bridging market" och "mature market". I den första fasen är marknaden ofta liten och en plats för lärande måste skapas för att TIS ska kunna utvecklas. Den andra fasen kännetecknas av att systemet utökas i form av fler aktörer. Om TIS:et blir lyckat nås mognadsfasen i marknaden, vanligen årtionden efter den initiala fasen. För analys av *Marknadsformeringen* behövs både den faktiska marknadsutvecklingen och vad som driver formandet av marknaden tas i beaktning. Den faktiska marknadsutvecklingen kan beskrivas med exempelvis antal sålda enheter eller produktdistributionen mellan olika kunder. Drivkrafterna bakom marknadsutvecklingen är svårare att identifiera och kräver djupare kunskap om systemet (Bergek et al. 2008). Viktiga parametrar är efterfrågan hos potentiella köpare, förändring i teknikens pris/prestanda eller institutionella förändringar som stimulerar efterfrågan (Hellsmark et al. 2014).

Legitimering

Att uppnå legitimitet är en förutsättning för ett TIS fortsatta existerande. *Legitimering* behandlar processen kring social acceptans för systemets teknologi hos aktörer och intressenter i systemet. *Legitimering* behandlar även hur väl TIS:et överensstämmer med rådande intuitioner och regelverk. Processen för ett framväxande TIS att uppnå legitimitet är ofta komplicerad och tidskrävande. Ett framväxande TIS konkurrerar med redan existerande TIS och dess anpassade institutionella ramverk. Det finns flera strategier för att åstadkomma legitimitet för ett framväxande TIS. Anpassning av befintliga institutionella ramverk genom manipulering av regelverk är en väg att gå. Ibland är det möjligt att följa existerande institutionella ramverk, exempelvis genom att följa en redan etablerad produktstandard. Det är också möjligt att skapa helt nya institutionella ramverk för ett TIS men det är ovanligt att ett TIS växer fram helt separerat från andra TIS. För att förstå dynamiken i legitimeringsprocessen behövs förståelse för både för legitimiteten hos de aktörer och intressenter i systemet och aktiviteterna inom systemet som har möjlighet att öka nivån av legitimiteten. Med andra ord behövs en förståelse för vilken nivå på legitimitet systemet har (utifrån lagstiftning och hur högt värderat systemet är hos aktörer och övriga i samhället), hur legitimiteten påverkar efterfrågan och beteende hos aktörer och vad eller vem som har en stark inverkan på legitimiteten (Bergek et al. 2008).

Resursmobilisering

I ett framväxande TIS måste systemets aktörer mobilisera olika former av resurser. Resurser innefattar finansiellt kapital, humankapital samt kompletterande resurser såsom stöttande nätverksinfrastruktur, produkter och tjänster. Humankapital (kompetens) inom den specifika teknologin är essentiell men kompetens inom entreprenörskap och management är också en viktig del. Investeringar och subventioner är viktiga källor för finansiellt kapital. För att mäta resursmobiliseringen måste mängden av finansiellt kapital, humankapital och kompletterande resurser identifieras (Bergek et al. 2008).

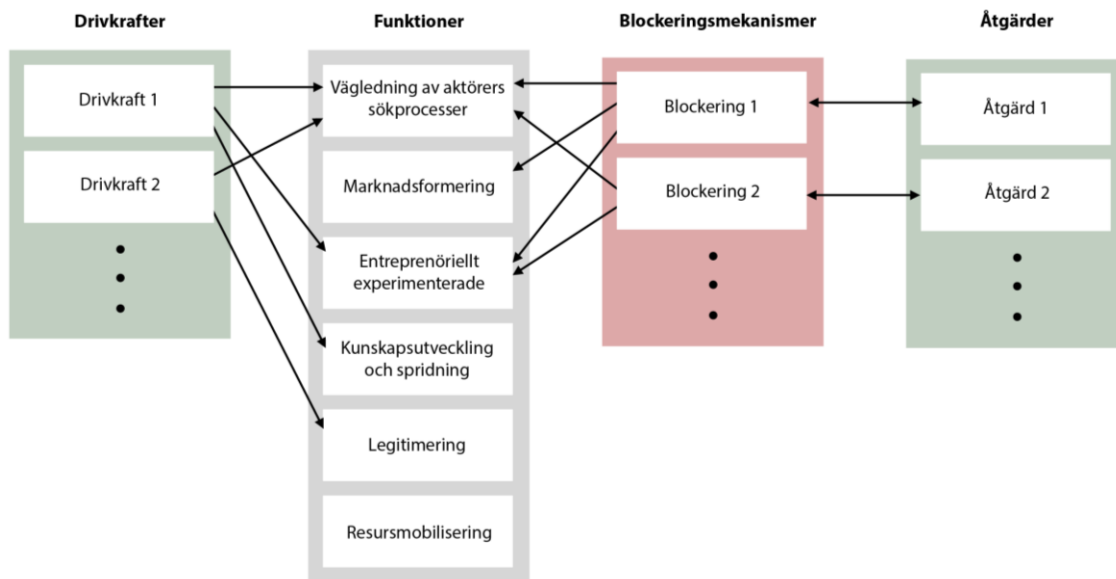
3.3.2 Bedömning av systemets funktionalitet

Att identifiera systemets funktionella komponenter är en viktig del i den funktionella analysen men inte tillräcklig för bedömning av systemets funktionalitet. Därför behövs metoder för utvärdering av ”godheten” i det identifierade funktionsmönstret. Inom TIS-analysen finns inget välutvecklat ramverk men Bergek et al. (2008) föreslog två tillvägagångssätt: utvärdering av TIS:ets utvecklingsfas och jämförelse med ett annat TIS. Dessa två kan enligt Bergek et al. (2008) kombineras för att väga upp för varandras svagheter. Att göra en jämförelse uteslöts dock i den här studien eftersom det i dagsläget inte finns några andra TIS-analyser om självkörande skyttlar att jämföra med.

Utvecklingsfaserna för ett TIS beskrivs mer ingående i avsnitt 3.2. Då en formativ utvecklingsfas karaktäriseras av en stor osäkerhet och omognad blir vissa funktioner mer viktiga. Omfattande *Entreprenöriellt experimenterande* behövs för att sprida kunskap om olika teknologiska lösningar och applikationer. Det ställer krav på att *Vägledning av aktörers sökprocesser* och *Resursmobilisering* att stimulera aktörer att ansluta sig till systemet men också att satsningar påbörjas i flera olika riktningar för att stimulera experimenterandet. Vidare är *legitimeringsprocessen* viktig för att överkomma den initiala tröskeln för ny teknik. I en formativ fas är *Kunskapsutveckling och spridning* övervägande beroende av samarbete mellan aktörer, speciellt mellan leverantörer och kunder. Dessa aktörer kräver i sin tur en *Marknadsformation*. När systemet är i tillväxtfas och expanderar blir funktionen *Resursmobilisering* viktig. Det är också viktigt att fortsätta med *Entreprenöriellt experimenterande* eftersom det fortfarande inte behöver vara helt fastställt vilken teknologi eller applikation som kommer få störst genomslag. I tillväxtfasen kan dessutom nya konkurrenssituationer uppstå med andra TIS och det kan göra att *Legitimering* kan bli ännu viktigare i tillväxtfasen än vad den är i den formativa fasen.

3.3.3 Identifiering av drivkrafter och blockeringsmekanismer

Drivkrafter och blockeringsmekanismer formar dynamiken i systemet och funktionernas utveckling. Genom att identifiera dessa kan en förståelse fås för vilka åtgärder som behövs för TIS:ets fortsatta utveckling. Drivkrafter och blockeringsmekanismer kan finnas internt i systemet men det finns också externa omständigheter som kan driva på eller blockera utvecklingen. Genom att rita upp relationen mellan drivkrafterna och blockeringsmekanismerna med systemets funktioner (figur 7) kan en tydligare bild fås av vilka mekanismer som påverkar vilka funktioner (Bergek et al. 2008). Se figur 7 för exempel på hur drivkrafterna och blockeringsmekanismerna relaterar till de funktionella komponenterna.



Figur 7. Exempelbild på hur drivkrafter, blockeringsmekanismer och åtgärder i relation till funktionerna (utvecklad från Bergek et al. (2008))

3.3.4 Specifiering av nyckelåtgärder

Efter identifiering av mekanismer som blockerar eller driver på önskvärda funktionsmönster kan nyckelåtgärder tas fram. Nyckelåtgärdernas syfte är att stötta svag funktionalitet genom att stärka drivkraftsmekanismer och samtidigt försvaga eller undanröja blockeringsmekanismer. Nyckelåtgärderna tas fram utifrån identifierade svagheter i systemets funktioner (Bergek et al. 2008). I figur 7 illustreras åtgärderna och hur de relaterar till blockeringsmekanismerna, drivkrafter och funktionerna.

3.4 Kritik mot TIS som ramverk

Som de flesta teoretiska ramverk har även TIS-ramverket kritiserats. I artikeln "The technological systems framework: Response to six criticisms" bemöter Markard et al. (2015) sex områden där TIS-ramverket har mött kritik. Den första kritiken handlar om ramverkets oförmåga att uppmärksamma kontextuella faktorer. Kritiker menar på att TIS-analysen är för inåt-orienterad och att en innovations framgång endast ses som en konsekvens av ett välfungerande TIS. Markard et al. (2015) anser att kritikerna har en viktig poäng och att ramverket behöver utveckla metoder för analys av kontextuella faktorer. Om inte kontexten uppmärksammas kan relevanta utomstående aktiviteter såsom institutionella förändringar förbises. I artikeln "Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics" av Bergek et al. (2015) föreslås en schematisk analys för kontexten i ett TIS-ramverk. I den här studien fanns tyvärr inte utrymme att utöver TIS-analysen även göra en kontextuell analys men kritiken har noterats och tas i beaktning genom att föra en mer generell diskussion om framtida trender och scenarion bakgrunden.

Den andra kritiken behandlar frågan om hur avgränsning och identifiering av relevanta strukturer i TIS:ets kontext ska utföras. Markard et al. (2015) menar på att det inte finns något rätt eller fel i den här frågan utan att avgränsningen är fallspecifik och behöver motiveras empiriskt. Grundläggande för avgränsningen av TIS:et är att författaren kan motivera och förklara sina beslut. Den tredje kritiken berör den rumsliga aspekten i en TIS-analys. Kritiker menar på att ifall en geografisk avgränsning görs kan utveckling i andra regioner eller länder som påverkar TIS:et förbises. Utveckling av innovationer sker sällan inom ett avgränsat område utan är en global process. Markard et al. (2015) förklarar att det här är en begränsning av TIS-analysen och att mer styrning behövs i hur det här problemet ska tacklas. Ett fåtal studier har gjorts där denna fråga behandlas, exempelvis Bento och Fontes (2015) artikel ”Spatial diffusion and the formation of a technological innovation system in the receiving country: The case of wind energy in Portugal” som behandlar hur TIS-strukturer från olika länder bygger upp varandra. Den här kritiken är relevant för den här studien då avgränsningen att studera det svenska TIS:ets har gjorts. Utvecklingen av självkörande skyttlar är inte en isolerad process i Sverige utan den globala utvecklingen påverkar det svenska TIS:et. Exempelvis finns aktörer som både är verksamma inom Sverige och internationellt. Därför utgår den här analysen från Sverige men en diskussion förs även kring utveckling globalt sett och hur det kan påverka det svenska TIS:et. Den fjärde kritiken handlar om skepticismen kring ramverkets förmåga att studera socio-tekniska förändringar⁵. Under senare år har TIS-analys ett flertal gånger applicerats på stora teknologier som har potentialen att förändra stora sektorer såsom energi- och transportsektorn. Det har argumenterats att introduktionen av självkörande fordon har potentialen att förändra transportsektorn, men att studera självkörande fordon på den nivån var inget som avsågs göras i den här studien.

Den femte kritiken behandlar politiska frågor och hur dem ska involveras i ramverket. När en ny teknologi intar en marknad påverkas aktörer på olika vis, vissa positivt och andra negativt. Kritiker menar på att det saknas verktyg att hantera de politiska frågorna. Markard et al. (2015) är eniga med kritikerna kring den här frågan och föreslår att kompletterande ramverk används för att behandla dessa frågor, exempelvis ”national institutional framework” (NIS). Då den här studien inte ämnar att generera politiska åtaganden görs inte en djupare politisk analys men det är viktigt att ha i åtanke när åtgärder formuleras. Relaterat till förra kritiken behandlar den sista kritiken policyrekommendationer (som i den här studien valts att kallas nyckelåtgärder). Framförallt kritiserar att fokus för åtgärderna är till för att stötta en viss teknologi och att för lite uppmärksamhet riktas åt att förklara varför en viss teknologi ska stötts. Typiskt för TIS-analys är att de använts på ”rena” (clean) teknologier där författarna antagit att teknologin är socialt accepterad. Enligt Markard et al. (2015) har den här kritiken inget

⁵ Ett sociotekniskt system kan förstås som ett system innehållandes element av teknologi, vetenskap, infrastruktur, marknader och kultur. Elementen i sociotekniska system skapas och underhålls av företag, institutioner, universitet och beslutsfattare i samspel med användare, grupper av intressenter och media (Geels och Kemp, 2007). För att en förändring i ett sociotekniskt system ska ske är det sällan tekniken ensam som förändrar systemet. Förändring sker i samband med interaktion mellan aktörer och större samhällsförändringar (Fraedrich et al., 2015).

med ramverket att göra då ramverket inte sätter begränsningar för vilken teknologi som kan studeras. Det är med andra ord upp till författaren att vara objektiv i sitt val och förklara varför en viss teknologi kan vara eftersträvsam eller tvärtom.

4. Metod

4.1 Kvalitativ studie

I den här studien har kvalitativa metoder använts för datainsamling. Att utföra en kvalitativ studie bedömdes lämpligt utifrån ämnesområdet och studiens syfte och frågeställningar. I kvalitativa studier ligger tyngden på att skapa en förståelse för hur individer i en viss miljö tolkar sin sociala verklighet (Bryman, 2011). Det första syftet med den här studien är att undersöka förutsättningar för utvecklingen av självkörande skyttlar i kollektivtrafiken vilket krävde en djupare förståelse för dynamiken mellan systemets aktörer. Vidare behövdes kvalitativa datainsamlingsmetoder för att kunna tillämpa det teoretiska ramverket TIS som valdes för studien. Som primär datainsamlingsmetod utfördes kvalitativa intervjuer med utvalda intressenter. Utöver intervjuerna gjordes en litteraturgenomgång samt att författaren deltog i en workshop och en konferens inom ämnesområdet.

En kvalitativ studie har normalt ett induktivt förhållningssätt mellan teori och empiri medan en kvantitativ studie förknippas med ett deduktivt förhållningsätt (Bryman, 2011). Vid deduktiv ansats utgår forskaren från en befintlig teori och sedan provas teorin på empirisk insamlad data. Med denna form av ansats kan objektiviteten säkras eftersom teorin bestämmer vilken information som ska samlas in. Dock finns risken att den befintliga teorin påverkar riktningen på forskningen vilket leder till att nya rön inte uppstår (Patel och Davidson, 2011). Med induktiv ansats kan forskaren studera ett objekt utan att ha förankrat undersökningen i en befintlig teori. Utifrån den insamlade informationen kan sedan en teori formuleras. Då en studie som bygger på en induktiv ansats endast utgår från ett specifikt fall kan det bli svårt att generalisera resultatet (Patel och Davidson, 2011). En induktiv ansats applicerades i den här studien av det naturliga skälet att ämnesområdet är nytt och outforskat med avsaknad av befintliga teorier att applicera.

4.1.1 Validitet

Med validitet menas att det i studien undersöks det som faktiskt avses att undersökas. I en kvalitativ studie handlar validiteten inte enbart om datainsamlingen utan om hela forskningsprocessen (Patel och Davidson, 2011). Att studera ett teknologiskt innovationssystem som befinner sig i ett mycket tidigt skede av sin utveckling är förenat med svårigheten att säkerställa giltigheten i resultaten. Dekker och Woods (1999) problematiserar detta faktum i rapporten: "To intervene or not intervene: The dilemma of management by exception". I rapporten beskriver de konceptet "envisioned worlds" (på svenska "företällningsvärldar") och vikten av att hitta gångbara vetenskapliga metoder för att förutse framtida system. För att kunna bedöma validiteten av resultat från en undersökning kan det ur ett vetenskapligt perspektiv anses lämpligt att vänta tills ett system är mer välutvecklat men Dekker och Woods (1999) förklarar att det är viktigt att även kunna undersöka framtida system. Genom att kunna förutse ett systems utmaningar

för att nå en viss målbild skapas möjlighet att påverka och influera utvecklingsprocessen. Exempelvis genom att studera självkörande skyttlars utveckling i ett tidigt skede kan skyttlarnas roll i ett framtida transportsystem påverkas.

När ett framtida system studeras ska validiteten bedömas utifrån i vilken uträkning undersökningen utgår från de utmaningar som identifierats för att uppnå målbilden samt i vilken utsträckning deltagarna i studien har problemlösande expertis (Dekker och Woods, 1999). I den här studien har detta tagits i beaktning och valet av intervjudeltagare gjordes aktivt vilket beskrivs i avsnitt 4.2.3. Vidare identifierades systemets målsättning för att möjliggöra en diskussion kring drivkrafter, blockeringsmekanismer och åtgärder för systemets utveckling.

Genom att använda triangulering kan validiteten ytterligare stärkas. Med triangulering menas att flera olika metoder för datainsamling tillämpas eller att forskaren väljer flera olika datakällor, exempelvis olika personer, platser eller tidpunkter där fenomenet yttrar sig (Patel och Davidson, 2011). I studien tillämpades delvis triangulering i form av flera datainsamlingsmetoder men där övervägande tonvikt lades på intervjudata. Litteraturgenomgången och deltagandet i konferenserna hade en mer stöttande funktion för att verifiera att resultat från intervjuerna stämde. Däremot valdes intervjudeltagare som representerade olika aktörer ut aktivt för att få en variation på datakällorna. Studiens validitet kan även stärkas om respondenterna får möjlighet att kommentera på det insamlade datamaterialet, antingen i form av ett utkast, en sammanfattning eller anteckningar från intervjun (Yin, 2011). Samtliga intervjudeltagare fick ett utkast av analysen skickat till sig för att få möjlighet att kommentera på innehållet. Frågor om förtydliganden skedde även löpande med deltagarna via mejlkorrespondens. En deltagare kommenterade även sammanfattningen av sin intervju då deltagaren efterfrågade det.

4.2 Datainsamling

4.2.1 Litteraturgenomgång

I studiens inledande skede utfördes en genomgång av litteratur inom ämnet. I flera artiklar diskuterades potentiella framtidsscenarion och effekter av introduktionen av självkörande fordon i samhället. En del författare hade valt att analysera inträdet av självkörande fordon som en socioteknisk övergång (på engelska "socio-technical transitions"). Vidare utgjordes en stor del av litteraturen av modelleringsartiklar som påvisade potentialen med delade självkörande fordon. Dock utgick de flesta modellerna ifrån att endast en aktör tillhandahåller den delade taxitjänsten vilket bedöms som ett orealistiskt framtidsscenario. Det var dessutom få artiklar som berörde kombinationen av delade fordon och kollektivtrafik. Sammanfattningsvis bedömdes området självkörande fordon i kollektivtrafiken som relativt outforskat.

4.2.2 Intervjuer

I studien användes kvalitativa intervjuer som primär datainsamlingsmetod. Kvalitativa intervjuer är den dominerande formen av intervju i kvalitativ forskning och karaktäriseras av sin öppna form. Den kvalitativa intervjun liknar mer ett samtal mellan deltagaren och forskaren och specifika frågor som ställs kan variera beroende på deltagare. Målet med en kvalitativ intervju är att avbilda en komplex social värld ur deltagarens perspektiv (Yin, 2011). De kvalitativa intervjuerna som utfördes i den här studien var av semistrukturerad karaktär. En semistrukturerad intervju utformas av författaren med specifika teman som ska beröras under intervjun. Frågorna som ställs behöver inte ställas i en specifik ordning och respondenten tillåts utforma svaren fritt (Patel och Davidson, 2011). Inför intervjuerna utformades ett intervjuprotokoll med de teman som skulle beröras. De teman som sattes upp varierades beroende på deltagare. Exempel på teman var teknik och infrastruktur, ekonomi och affärsmodeller, juridik och regelverk, tillämpningsområden samt hinder/möjliggörare. Under respektive tema förbereddes ett antal frågor. Frågorna ställdes endast ifall respondenten inte besvarat frågan tidigare under intervjutillfället.

Åtta intervjuer utfördes med personer som ansågs relevanta för studiens område. Hälften av intervjuerna utfördes personligen och hälften via Skype. Intervjuernas längd varierade mellan 30 till 75 min, med en medellängd på ungefär en timme. Samtliga intervjuer spelades in med respondenternas medlåtande och under intervjuernas gång togs även anteckningar. Efter varje intervju sammanfattades respondentens svar med hjälp av anteckningarna och inspelningen.

4.2.3 Urval

Urvalet av deltagare i kvalitativ forskning görs ofta medvetet vilket kallas avsiktligt urval. Syftet med avsiktligt urval är att välja ut personer som anses relevanta för studiens ämne och därmed kan generera mest data (Yin, 2011). Denna form av urval tillämpades i den här studien genom att identifiera relevanta aktörer för det system som skulle analyseras. Den här processen var en iterativ process eftersom viss kunskap om systemet behövdes för att bedöma aktörernas relevans.

Aktörerna som valdes ut var kollektivtrafikoperatörer, regionala kollektivtrafikmyndigheter, kommun, fordonstillverkare och forskningsaktörer/experters inom området. Dessa aktörer förväntas bli berörda av utvecklingen av självkörande skyttelbussar och nya first och last mile-tjänster och samtidigt ha en betydande inverkan på den riktning utvecklingen kommer att ta. Som det förklaras i kollektivtrafikavsnittet är operatörer, RKM:er och kommuner huvudaktörerna inom kollektivtrafiken. Vid utveckling av ett system som inte är etablerat idag har också akademien och andra experter inom området en viktig funktion som samordnare och spridare av kunskap. Vidare utgör den självkörande fordonstekniken en ny möjlighet för befintliga men även nya fordonstillverkare att vinna marknadsandelar och är alltså en viktig aktör.

För att få kontakt med intervjupersoner som representerade respektive aktör togs först hjälp av personer inom Sweco AB. I ett andra steg tillämpades en form av snöbollsurval. Med snöbollsurval menas att nya kontakter till potentiella intervjupersoner fås under exempelvis en intervju. Vid användning av snöbollsurval är det viktigt att göra urvalet av ändamålsmässiga skäl och inte av bekvämlighetsskäl (Yin, 2011). För att säkerställa detta kontaktades endast de personer som representerade någon av de uppsatta aktörerna där intervjuperson saknades. Kontakt till intervjupersoner skapades också via deltagandet i konferensen. I tabell 3 ges en beskrivning av varje deltagare. Viktigt att understryka är att respektive intervjupersons åsikter inte behöver spegla den uppfattning företaget/organisationen har.

Tabell 3. Deltagare i intervjustudien.

Intervjuperson	Företag/Organisation	Befattning	Refereras som i text
Peter Rosén	Trafikförvaltningen (SL)	Affärsområdesansvarig för uppdragsavtal med Nobina på sektion buss. Huvudkontaktperson för projektet i Barkarbystaden	TF
Erik Almlöf	KTH – Integrated Transport Research Lab (ITRL) och Trafikförvaltningen (SL)	Doktorand inom självkörande fordons effekter på samhället och trafikanalytiker på TF	ITRL
Birger Löfgren	RISE Viktoria	Forskningsledare för gruppen Sustainable Transports och fokusområdesledare för urban mobilitet	RISE Viktoria
Tor Skoglund	Sweco AB	Tekn Dr och forskningsledare inom ITS, automatiserade transportsystem mm.	Sweco
Thomas Sjöström	Stockholm stad (Trafikkontoret)	Projektledare och koordinator för Eccentric projektet (smart stad). Huvudkontaktperson för projekt Autopiloten.	Stockholm stad
Jan Jansson	Keolis	Affärsutvecklare smart mobilitet	Keolis
Robert Engström	Nobina	Projektledare självkörande fordon	Nobina
Marie Bemler	Scania	Industridoktorand inom fjärrtrafik för logistisk. Tidigare strategiskt ansvarig för roadmap för självkörande fordon.	Scania

4.2.4 Deltagande i workshop och konferens

Studien inleddes med deltagande i en workshop som behandlade framtida inverkan av självkörande fordon på stads- och trafikplaneringen i Kista. Workshopen hölls 31a augusti 2018 och leddes av Sweco AB på uppdrag av Stockholm stad. Under workshopen delades deltagarna in i mindre grupper och fick med pennor och en karta rita upp en vision

av transportsystemet i Kista 2040. Deltagare i workshopen utgjordes av personer från Stockholm stad, Trafikförvaltningen (SL), Stockholm parkering, Vinnova, Kista Science City och Sweco. I och med denna workshop introducerades nya begrepp och tankar väcktes kring ämnesområdet samt att relevanta aktörer för studien kunde identifieras.

Ett andra steg var deltagande i konferensen Drive Sweden Forum som ägde rum den 17:e oktober 2018 på KTH. Fokus för konferensen var självkörande skyttlar och first och last mile-tjänster. Konferensen byggde på kortare föredrag och två panelsamtal. De internationella tillverkarna av självkörande skyttlar var närvarande och deltagare i en av paneldebatterna. Resultaten från pilotprojekten Autopiloten och S3-projektet presenterades. Även politiska frågor, tekniska aspekter och affärsmodellfrågor diskuterades. Under föredragen och panelsamtalet togs anteckningar. Presentationerna finns även tillgängliga på Drive Sweden's hemsida. Materialet användes som kompletterande data till intervjuerna. Dessutom fanns representanter från diverse intressenter närvarande som kunde bekräfta att valet av aktörer i studien var relevant.

4.3 Bearbetning och analys av data

Enligt Yin (2011) ska en kvalitativ analys genomgå fem faser: sammanställning, demontering, remontering, tolkning och slutsatser vilket tillämpades i den här studien. Efter varje avslutad intervju sammanfattades intervju svaren med hjälp av inspelningen och de anteckningar som togs. Sammanfattningarna sammanställdes sedan i ett gemensamt dokument. Patel och Davidson (2011) förklarar att det ofta är praktiskt att göra löpnade analyser i en kvalitativ studie för att generera nya tankar och idéer. Inga djupgående analyser gjordes i samband med sammanfattningen men anteckningar togs när något intressant uppkom och togs vidare till kommande intervjuer.

I studien behövde strukturella och funktionella komponenter identifieras samt intervjudeltagarnas bild av systemets målsättning. Med demontering menas att sammanställningen bryts ner i mindre delar (Yin, 2011) och för att underlätta demonteringsprocessen sattes ett färgkodningssystem upp. Varje strukturell komponent (aktör, nätverk, institutioner), funktionell komponent (kunskapsutveckling och spridning, resursmobilisering, legitimering osv) och målbilder tilldelades en färg. Vid genomläsning markerades text med den färg som texten ansågs tillhöra. Vid remontering ska den demonterade texten omorganiseras i nya grupper (Yin, 2011). Detta utfördes genom att i en tabell innehållandes respektive färgkategori sätta in textstyckena. Både demonteringen och remonteringen behövde upprepas ett antal gånger för att nå ett tillfredställande resultat. När denna process var avslutad kunde materialet börja tolkas. Som ett inledande steg i tolkningen identifierades gemensamma åsikter och ståndpunkter inom respektive kategori i en punktlista. Sedan adderades punktlistan med insamlad data från intervjuerna och kompletterades med litteratur när det ansågs nödvändigt. Ett sista steg i analysen var att identifiera de blockeringsmekanismer och drivkrafter som verkade ha störst inverkan på systemet.

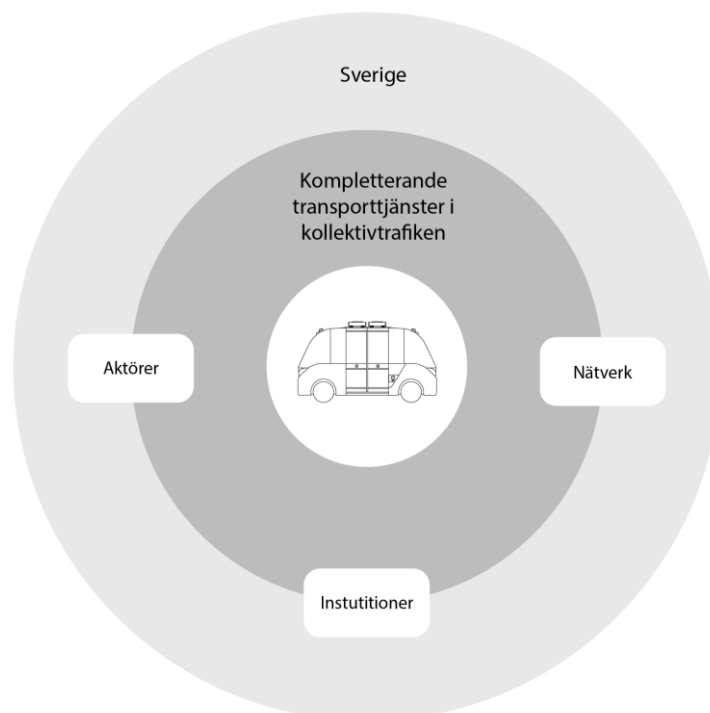
5. Resultat

I följande avsnitt presenteras studiens resultat, med andra ord steg 1 till steg 4 i figur 5. Först presenteras den strukturella analysen som innehåller en definition och beskrivning av teknologiska innovationssystemets (TIS:ets) fokus (steg 1), TIS:ets aktörer och de nätverk som skapats mellan aktörerna och en beskrivning av den nuvarande statusen på TIS:ets institutioner (steg 2). Därefter presenteras TIS:ets utvecklingsfas och målsättning (steg 3). Avslutningsvis presenteras de funktionella komponenterna i TIS:et (steg 4).

5.1 Strukturell analys

5.1.1 Definition av TIS:et

Det första steget i en TIS-analys är att definiera det studerade TIS:ets fokus och avgränsning. Som syftet till studien beskriver utgörs TIS:ets teknologi av den självkörande skyttelbussen. Det tillämpningsområde som studeras är kortare transporttjänster som kompletterar kollektivtrafiken. Genom val av tillämpningsområde bestäms vilka aktörer, nätverk och institutioner som blir relevanta för studien. I avsnitt 5.3 och 5.4 ges en övergripande beskrivning av de aktörer, nätverk och institutioner som är relevanta för TIS:et. Det finns andra tillämpningsområden för självkörande skyttlar. Dessa diskuteras endast när det anses relevant för studiens TIS. Vidare begränsas TIS:et geografisk till Sverige. Den tekniska utvecklingen för skyttlar är global men kollektivtrafiksystemets uppbyggnad är unikt för Sverige och därför anses den geografiska avgränsningen passande. Se figur 8 för en illustration av TIS:ets avgränsning.



Figur 8. TIS:ets fokus och avgränsning.

5.1.2 Teknikens status

I bakgrundsavsnittet 2.2 beskrevs den teknik som självkörande skyttlar är uppbyggda på. I följande avsnitt beskrivs hur skyttlarna använts i praktiken i de pilotprojekt som utförts. Detta för att få en förståelse för vilken teknik som än så länge tillämpats och hur tekniken presterar.

Hittills i testerna har de självkörande skyttlarna kört på en förprogrammerad bana med en säkerhetsoperatör ombord. Delvis på grund av lagmässiga krav men också på grund av tekniska begränsningar. I de tre projekten varierar banans längd mellan 1 till 1.5 kilometer som de delat med andra trafikanter. Skyttlarna har än så länge kört i det så kallade tunnelbaneläget där skytteln stannar på varje förbestämd hållplats. Säkerhetsoperatörens primära uppgift har varit att med en styrkontroll köra runt objekt som stått i vägen för skytteln. De självkörande skyttlarna har inte möjlighet att ta egna beslut om att köra runt ett hinder. Säkerhetsoperatören har också haft i uppgift att ta beslut om när skytteln ska köra iväg (Intervju Nobina).

Marschhastigheten för skyttlarna i drift har varit ungefär 15 kilometer i timmen. I Autopiloten behövde skyttlarna stanna ofta på grund av bilar och taxifordon som stod parkerade på skyttelns virtuella räls. Dessutom var det flera personer som testade fordonen genom att hoppa framför skytteln vilket orsakade stopp. De självkörande skyttlarna har mycket känsliga sensorer som gör att skytteln ibland till och med stannar för exempelvis löv, snö och avgaser. Tack vare de än så länge låga hastigheterna och sensorernas höga känslighet är skyttlarna mycket säkra för andra trafikanter (Intervju Nobina). Om skyttlarna körs i högre hastighet kommer bromssträckan öka vilket minskar säkerheten (Intervju Keolis) och säkerhetsbälten i skytteln kommer behövas (Intervju Nobina). Vidare är skyttlarna eldrivna och behöver därmed laddas. En normal dag klarar bussarna av att vara i drift under hela dagen för att sedan laddas på natten. Det som drar mest energi i en skyttel är air conditioning och uppvärmning, som behövs under varma eller kalla dagar. I det fallet klarar bussarna att vara i drift ungefär fem timmar innan de behöver laddas (Intervju Nobina).

5.1.3 Aktörer och nätverk

Aktörerna i det här TIS:et har delats in i underkategorierna fordonstillverkare och teknikutvecklingsföretag, trafikföretag/operatörer, regionala kollektivtrafikmyndigheter (RKM:er), kommuner, forskaraktorer och offentliga aktörer. De företag och organisationer som tas upp i följande avsnitt är de som bedömts ha en mer framträdande roll inom TIS:et. Andra företag och organisationer är också delaktiga men en avgränsning behövde göras.

Fordonstillverkare och teknikutvecklingsföretag

I dagsläget existerar inga svenska tillverkare av självkörande skyttlar. De svenska fordonstillverkarna såsom Scania och Volvo har självkörande bussar under utveckling

men inte i form av skyttlar (Intervju Scania; Volvo Buses, 2018). I världen finns däremot flera företag som specialiserar sig på utveckling av självkörande skyttlar. Företagen EasyMile, Navya och 2getthere bedöms som mest relevanta inom det svenska TIS:et. EasyMile är ett franskt företag grundat 2014 som utvecklar mjukvara till självkörande skyttlar (EasyMile, 2018). Företagets mjukvara är implementerad i den självkörande skytteln EZ10 som användes i Autopiloten och används för tillfället i projektet i Barkarbystaden (Intervju Nobina). Navya grundades 2014 och är även det ett franskt företag som tillverkar skyttlar och har dessutom en självkörande taxi under utveckling (Navya, 2018a). I S3-projektet används skyttlar tillverkade av Navya (S3, 2018a). 2getthere är ett nederländskt företag som utvecklar mjukvarusystem till en självkörande skyttel som tillverkas av en partner. 2getthere ansvarar även för driften av självkörande skyttlar (2getthere, 2018). Företaget deltar inte i några svenska projekt ännu men är intresserade av svenska marknaden (Drive Sweden Forum, 2018).

Trafikföretag/operatörer

Inom TIS:et behövs företag som ansvarar för drift och hantering av de självkörande skyttlarna. De traditionella kollektivtrafikoperatörerna i Sverige skulle potentiellt kunna ansvara för den här tjänsten. Nobina är den operatör som hittills testat självkörande skyttlar i Sverige. Andra operatörer som är intresserade av den svenska marknaden men ännu inte deltagit i något pilotprojekt är Keolis, Transdev, Arriva och First Transit (Intervju RISE Viktoria; Intervju TF). Förutom de traditionella operatörerna finns även nya företag som inte har erfarenhet av att köra kollektivtrafik. Autonomous Mobility är ett danskt företag grundat 2016 som importerar och driver självkörande skyttlar i Norden och Baltikum (Autonomous Mobility, 2018). Företaget ansvarar bland annat för driften i S3-projektet. Det finns även företag, såsom 2getthere, som tar ett större systemansvar och både är operatörer och tillverkare (Intervju RISE Viktoria). 2getthere erbjuder även dem hantering och tillsyn av självkörande skyttlar i en tjänst kallad "Transit Operations Monitoring and Supervision" (TOMS) (2getthere, 2018).

Regionala kollektivtrafikmyndigheter (RKM:er)

Utöver teknikutvecklingsbolagen och operatörerna kan RKM:erna betraktas som aktörer inom TIS:et. Västtrafik har en stöttande funktion i S3-projektet och bidrar med kunskap och erfarenhet utifrån kollektivtrafikens perspektiv (S3, 2018c). I projektet i Barkarbystaden är SL/Trafikförvaltningens roll att agera beställare gentemot Nobina (Intervju TF).

Kommuner

Även kommunerna är viktiga aktörer inom TIS:et dels för att tillåta markanvändning men även som en stöttande funktion genom infrastrukturinvesteringar. Kommuner som hittills deltagit i tester är Stockholm stad via Autopiloten, Göteborgs stad via S3 och Järfälla kommun i Barkarbystaden (Nobina, 2018a; Göteborg stad, 2018; Järfälla kommun,

2018). Det finns även flera andra svenska kommuner som är intresserade att delta i framtida projekt (Intervju RISE Viktoria).

Forskaraktörer

Det finns flera aktörer inom forskning som kan anses delaktiga i TIS:et men en del av dessa aktörer har haft en mer framträdande roll. En av dessa är Integrated Research Transport Lab (ITRL) på Kungliga Tekniska Högskolan (KTH). ITRL är ett tvärvetenskapligt labb för forskning inom nya tekniska transportlösningar, förbättringsområden av befintliga transportsystemet och utredning implementeringsmekanismer och barriärer (ITRL, 2017). ITRL har varit delaktiga i Autopiloten och har projekt rörande självkörande fordon och dess påverkan på kollektivtrafiken (ITRL, 2018; Intervju Nobina; Intervju ITRL). I S3-projektet har RISE Viktoria haft en central roll som projektledare. RISE Viktoria är en del av det oberoende statliga forskningsinstitutet RISE. Inom RISE Viktoria ligger fokus på forskning omkring hållbar mobilitet med användning av information- och kommunikationsteknik (RISE Viktoria, 2018a). RISE Viktoria driver även andra program som exempelvis Autonomous Base Camp (ABC). Fokus för ABC är first och last mile-lösningar i framtida transportsystem och fungerar som en stöttande funktion i exempelvis pilotprojekt (RISE Viktoria, 2018b). Under Drive Sweden är RISE Viktoria även ansvarig för ett så kallat Policy Lab vars syfte är att vara en stödjande funktion och utföra aktiviteter som specifikt reder ut oklarheter och konflikter kring regelverk och policyprocesser för implementering. Detta genom att samla olika intressenter till möten för diskussion kring åtgärder (RISE Viktoria, 2018c). I S3-projektet har även Chalmers tekniska högskola tillsammans med Chalmers fastigheter har stöttat den praktiska implementeringen i projektet (S3, 2018c).

Offentliga aktörer

Transportstyrelsen är den statliga myndigheten som ansvarar för att ta fram regler, tillstånd och uppföljning inom transportsektorn. För att bedriva försöksverksamhet med självkörande skyttlar krävs tillstånd från Transportstyrelsen och därför innehar Transportstyrelsen en viktig roll inom TIS:et (Transportstyrelsen, 2017).

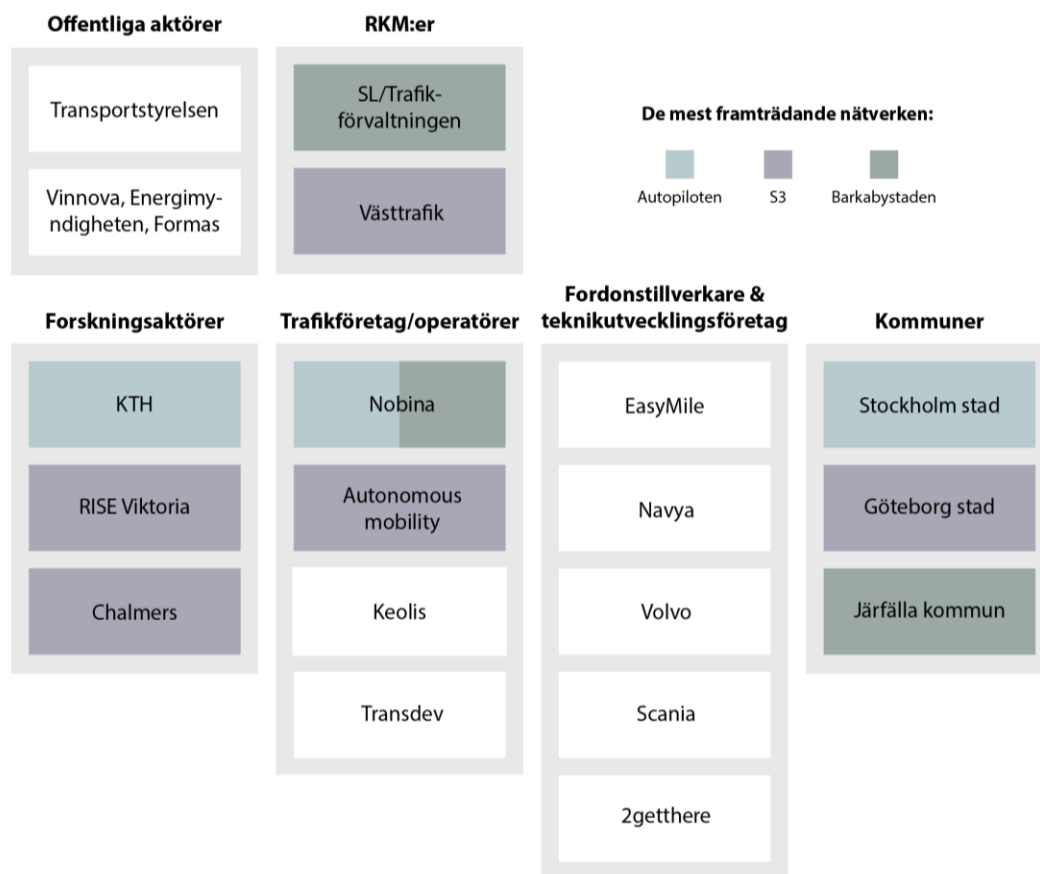
Vinnova är Sveriges statliga innovationsmyndighet och kontaktmyndighet för EU:s ramprogram för forskning och innovation (Vinnova, 2018). Tillsammans med Energimyndigheten och Formas finansierar Vinnova sjutton strategiska innovationsprogram utlysta av Regeringen. Ett av dessa strategiska innovationsprogram är Drive Sweden som har en samordnande funktion i utvecklingen av bland annat självkörande fordon. Drive Sweden grundades 2015 och världorganisationen/koordinatören är Lindholmen Science Park AB. Under 2016 lanserade regeringen fem strategiska samverkansprogram där Drive Sweden fick i uppdrag att driva ett antal projekt inom samverkansprogrammet ”Nästa Generations Resor och Transporter” (Drive Sweden, 2018a). Inom samverkansprogrammen är syftet att förenkla och möjliggöra samverkan mellan företag, akademi och organisationer

(Regeringskansliet, 2016). Vinnova, Energimyndigheten och Formas via Drive Sweden är således viktiga finansiärer inom TIS:et.

Nätverk

Pilotprojekten har en betydande funktion för skapandet av nätverk eftersom de involverar en mängd olika företag och organisationer. Vissa aktörer har haft en mer framträdande och styrande roll och andra aktörer en mer stöttande funktion. De nätverk som skapas i pilotprojekten kan benämnas som samverkansnätverk mellan trafikoperatörer, forskningsaktörer och universitet, kommun och RKM:er. I S3-projektet är det RISE Viktoria, Autonomous Mobility, Göteborgs stad, Chalmers och Västtrafik som representerar de här aktörerna. I Autopiloten skapades nätverk mellan aktörer som framförallt är verksamma i Stockholmsregionen. Nobina, Stockholm stad och KTH hade i det projektet en framträdande roll. I Barkarbystaden finns det en tydlig trepartssamverkan mellan SL/Trafikförvaltningen, Nobina och Järfälla kommun (Intervju TF).

En grundläggande del i pilotprojekten är tillståndprocessen. Tillstånd för försöksverksamhet ansöks via Transportstyrelsen (Transportstyrelsen, 2017) och tillstånd för markanvändning beviljas av kommunen (Intervju Nobina). Det skapas således kopplingar mellan Transportstyrelsen och de aktörer som ansvarar för tillståndsansökan samt mellan kommunen och de aktörer som ansvarar för tillståndsansökan. En annan viktig del i projekten är finansiering. Vinnova har till en viss del finansierat Autopiloten, S3 och Barkarbystaden (Nobina, 2018a; S3, 2018 d; Nobina, 2018b) vilket kopplar ihop Vinnova med de aktörer som sökt finansiellt bidrag i respektive projekt. Vidare har Drive Sweden en central roll för att skapa samverkan mellan olika parter. Detta genom olika projekt och konferenser. I figur 9 illustreras de aktörer och nätverk som finns inom TIS:et. De mest framträdande nätverken mellan aktörerna har framförallt skapats genom pilotprojekt och är markerade i figuren. Observera att fler aktörer varit involverade i projekten. De aktörer som tagits med bedömdes som mest framträdande eller relevanta för utveckling inom just kollektivtrafiken.



Figur 9. TIS:ets aktörer och de mest framträdande nätverken som skapats via pilotprojekten.

5.1.4 Institutioner

Institutioner behöver ofta justeras eller anpassas vid införande av en ny teknologi. För anpassning av regler och lagar gällande självkörande fordon är det framförallt internationella överenskommelser och vägkonventioner som påverkar anpassningsmöjligheten. År 1968 antogs Wienkonventionen om vägtrafik som en utveckling av den äldre Genevekonventionen som skapades år 1949. Det är ett 60-tal länder anslutna till konventionen, däribland Sverige. Wienkonventionen om vägtrafik har som syfte att underlätta internationell vägtrafik samt öka trafiksäkerheten genom bestämmelser om trafik, körkort och fordon. De länder som anslutit sig till konventionen måste säkerställa att den nationella trafiklagstiftelsen överensstämmer med konventionen. Huvudsakligen är det två delar i Wienkonventionen som inverkar på självkörande fordons utveckling: kravet på att varje fordon ska ha en förare och kravet på typgodkännande av fordon. UNECE är ett FN-organ som förvaltar och utvecklar vägtrafikkonventioner. Det finns utnämnda arbetsgrupper som arbetar med att anpassa konventionerna till självkörande fordon (SOU, 2018a).

I konventionen står det skrivet att varje fordon som är i rörelse på vägen ska ha en förare och där föraren måste ha fysisk och mental förmåga att kontrollera sitt fordon. Det går dock att tolka att testverksamhet med självkörande fordon utan en förare kan vara möjlig

i den mån att den nationella lagstiftningen tillåter detta (SOU, 2018a). Den svenska tolkningen är att en förare kan vara i eller utanför fordonet. En förare som befinner sig i nära anslutning men utanför fordonet och styr fordonet med en fjärrkontroll kan därför anses vara förare (SOU, 2018b). Ett typgodkännande är en form av överenskommelse om hur ett fordon ska vara tekniskt konstruerat. Typgodkännande intygar att ett fordon klarar uppställda minimikrav för säkerhet och miljö. Regelverket för typgodkännande är i dagsläget inte anpassat för att godkänna automatiserade fordon och hindrar således en marknadsintroduktion av fordonen. Om fordonen ska kunna fjärrstyras krävs ytterligare justeringar i regelverken. I dagsläget får ett fordon endast fjärrstyras om fordonets hastighet inte övertyger 10 kilometer per timme (SOU, 2018a).

För att inte utvecklingen av självkörande fordon ska stagnera utfärdade regeringen i april 2017 en ny förordning (2017:309) om försöksverksamhet med självkörande fordon. Förordningen trädde ikraft den första juli och är tidsbegränsad till första juli 2022. Förordningen tillåter försöksverksamhet som innefattar *”förande av ett självkörande fordon för att testa och utvärdera automatiska funktioner som inte ingår i ett typgodkännande, enskilt godkännande eller registreringsbesiktning enligt fordonsslagen (2002:574)”*. För att bedriva försök behövs tillstånd som utfärdas av Transportstyrelsen. För att få beviljat tillstånd måste trafiksäkerheten under försöket säkerställas och försöket får inte medföra väsentliga störningar för omgivningen. En fysisk förare måste alltid finnas i eller utanför fordonet när det självkörande fordonet är i drift (Regeringskansliets rättsdatabaser, 2017).

Det finns även regler och krav som respektive RKM ställer på sina fordon och hur de ska drivas. Dessa regler är inte anpassade för förarlösa och självkörande fordon i dagsläget. Dessutom finns det tydliga upphandlingsregler som fordonstillverkare måste förhålla sig till och kraven kan skilja sig emellan regioner (Intervju Scania). Att befintliga upphandlingsregler utmanas var även något som Pernestål Brenden och Kottenhof (2018) påpekar i sin studie. Vidare ställs även krav från RKM:ernas håll på hur bussarna ska se ut och att de måste uppfylla vissa funktionsmål. I dagsläget uppfyller inte skyttlarna dessa vilket är något som måste ses över inför en framtida implementering. Även andra interna system och rutiner påverkas om föraren tas bort. Föraren har exempelvis ansvar för att inspektera bussens skick (Intervju ITRL).

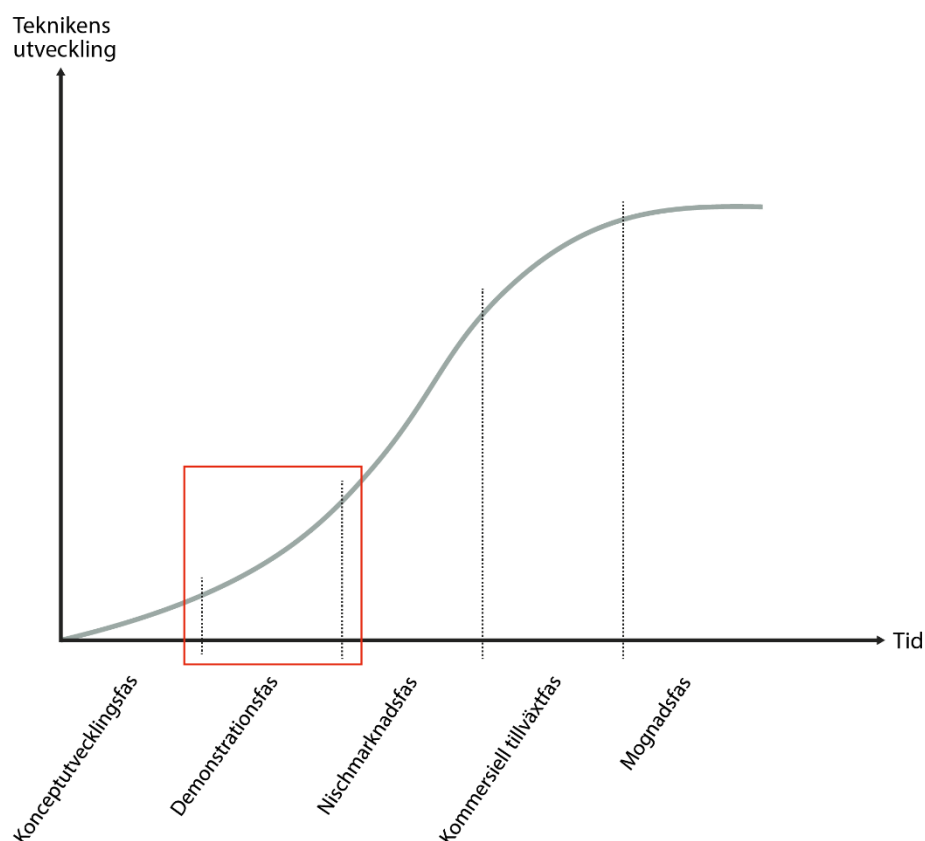
5.2 Utvecklingsfas och målsättning

I det här avsnittet bestäms vilken utvecklingsfas TIS:et befinner sig i och vad TIS:et ämnar att uppnå i framtiden. Genom att analysera utvecklingsfasen och de mål som finns inom TIS:et kan en förståelse skapas för vilka funktioner i systemet som fungerar väl och vilka som är svaga och behöver utvecklas.

5.2.1 Formativ utvecklingsfas

TIS:et i studien stämmer väl in på Bergeks et al. (2008) beskrivning av en formativ utvecklingsfas. Det är ett fåtal aktörer som deltar i TIS:et som har börjat skapa nätverk

samt en början kan ses på anpassning av lagar och regelverk. Inom den formativa utvecklingsfasen verkar systemet befinna sig i en demonstrationsfas, eventuellt på väg in i en nischmarknadsfas, se figur 10. Demonstrationsfasen kännetecknas av att de framtagna prototyperna testas i verklig miljö vilket har gjorts i pilotprojekten. Dessa pilotprojekt har synliggjort tekniken och påvisat dess potential för samhället. Som Hellsmark et al. (2014) beskriver fortsätter aktiviteter från tidigare utvecklingsfaser trots att ett system går in i en ny utvecklingsfas. Konzeptutvecklingsfasen karaktäriseras av att nya koncept och prototyper tas fram och testas i liten skala. Det pågår kontinuerligt utveckling av skyttlarna och inga fasta standarder är ännu satta.



Figur 10. TIS:ets nuvarande utvecklingsfas. Målsättning att avancera in i nästa fas.

5.2.2 Målsättning

Som Hellsmark et al. (2014) beskriver går det att utifrån systemets utvecklingsfas att bedöma systemets målsättning. Målsättningen kan vara konkret definierad men i det här systemet finns ingen uttalad målsättning av den formen. Den övergripande målsättningen med självkörande skyttlar inom kollektivtrafiken är som flera gånger nämnt att kunna erbjuda kortare transporttjänster, ofta i form av first och last mile-tjänster. Det här ligger i linje med vad som beskrivs i Drive Sweden's färdplan. I färdplanen står det skrivet att små och medelstora självkörande bussar ska erbjuda framförallt last mile-tjänster på både allmänna och avgränsade områden år 2020 (Drive Sweden, 2018b). Omfattningen och hur utbredd utvecklingen ska vara specificeras inte. Följaktligen anses det mer lämpligt

att diskutera en målsättning som handlar om att avancera till nästa fas i utvecklingen. I de flesta system är det slutgiltiga målet att uppnå en mognadsfas men ett första steg i den riktningen är att övergå till en nischmarknadsfas från demonstrationsfasen. I viss mån är nischmarknaden redan identifierad, självkörande skyttlar som kompletterar kollektivtrafiken. Det här är en teknisk lösning på ett problem som inte befintlig teknik kan lösa. Dock finns många osäkerheter kring på vilket sätt och var det är lämpligt att påbörja en implementering. I den resterande delen kommer därför delmål för att lyckas avancera in i en nischmarknadsfas och senare en kommersiell tillväxtfas att diskuteras. Dessa mål bygger dels på var lämpliga områden för implementering finns (lokaliseringsmål). Både behovsmässigt men också ur en praktisk synvinkel. Sedan diskuteras även hur och på vilket sätt tekniken ska implementeras och drivas (funktionsmål).

Lokaliseringsmål

Gemensamt för flera av respondenterna var att de såg potential för implementering av självkörande skyttlar både i stadsmiljö och i landsbygdsmiljö. På landsbygden är det svårt för kollektivtrafiken att erbjuda en tillräckligt hög service för att kunna konkurrera med bilen. Med självkörande skyttlar skulle servicen kunna förbättras eftersom det blir mer kostnadseffektivt och ökar flexibiliteten. En lösning skulle kunna vara att istället för att en stor buss måste åka in i varje by skulle skyttlar kunna mata till den större vägen och därmed effektivisera huvudlinjen (Drive Sweden Forum, 2018). En annan tanke är att skyttlar skulle kunna binda ihop mindre samhällen med varandra (Intervju RISE Viktoria). Dock ansåg merparten att den första utvecklingen kommer ske i stadsmiljö på grund av tekniska såväl som praktiska och ekonomiska skäl. Tekniken är än så länge inte tillräckligt utvecklad för att fungera i landsbygdsmiljö. Sensorerna i skyttlarna kräver fasta föremål, så kallade referensobjekt, för att kunna lokalisera sig. På en landsväg finns ofta för få sådana referensobjekt. Vidare finns än så länge för litet underlag av resenärer på landsbygden. För ett företag som ska driva skyttlarna är det praktiskt att ha en koncentration av sina fordon vilket är enklare att uppnå i en stadsmiljö än på landsbygden (Intervju RISE Viktoria). Följaktligen är det realistiskt att påstå att ett första delmål är att implementera skyttlarna i stadsmiljö.

Var i en stadsmiljö som är lämpligt att påbörja en implantering av skyttlarna diskuterades även. Av praktiska skäl ansåg flera av respondenterna att områden i nybyggnads- eller ombyggnadsstadiet som lämpliga platser att implementera skyttlarna. I ett nybyggnadsområde såsom exempelvis Barkarbystaden är infrastrukturen ny och mer lämplig för självkörande fordon (Intervju Nobina). En innerstadsmiljö, exempelvis Stockholms innerstad, är än så länge för komplex för en implementering och användning av skyttlar (Intervju Stockholm stad). Andra områden som ansågs attraktiva var exempelvis nära skolor och inom bostadsområden då skyttlarna går i låga hastigheter och är tystare än en konventionell buss (Intervju Nobina; Intervju Keolis). Utöver den praktiska faktorn är det även viktigt att det finns ett tydligt behov av skyttlarna vid implementering. Ytterbusstrafikområden där det normalt är en låg upptagningsgrad

ansågs intressanta eftersom det skulle vara mer kostnadseffektivt (Intervju Keolis). Att identifiera stadsområden som i dagsläget har dålig kollektivtrafikkommunikationer kan vara en bra utgångspunkt (Intervju RISE Viktoria). Det pekade även resultaten från projektet CityMobil2 på. Den sträcka som utnyttjades mest av resenärerna var där det innan testet fanns en hög efterfrågan på ökad transportservice. Ett annat exempel på område där behov av skyttlar kan uppstå är i Lindholmen, där nästa etapp av S3-projektet är planerad. I området pågår ombyggnationer och förtätning av staden. I och med förtätningen tas parkeringsplatser bort i de centrala delarna vilket leder till nytt behov av transport från parkeringsplatser i utkanten av området. Den här transporttjänsten skulle självkörande skyttlar kunna erbjuda (Intervju RISE Viktoria; Intervju Sweco). Sammanfattningsvis finns det flera platser i en stadsmiljö som lämpar sig för en implementering men att det mest troliga scenariot är att skyttlarna implementeras i områden som är i en nybyggnationsfas och som samtidigt har ett tydligt behov av skyttlar.

Funktionsmål

Målsättningen kring hur skyttlarna ska drivas och användas beror delvis på teknikens utveckling. En primär målsättning i utvecklingen är att skyttlarna kan vara i drift utan att en säkerhetsoperatör behöver vara ombord. Att behovet av säkerhetsoperatör försvinner är en förutsättning för att skyttlarna ska vara ekonomiskt försvarbara. I Nobinas fall är detta dock ett mål som ligger längre fram i tiden. De arbetar inte aktivt för att ta bort säkerhetsoperatören eftersom de anser att skyttlarna inte är redo utvecklingsmässigt (Intervju Nobina). Det är dessutom inte uppenbart när och hur detta kommer ske, både ur en teknisk aspekt men också av hanteringsmässiga skäl. Tekniska lösningar existerar, exempelvis styra skyttlarna via fjärrstyrning. Vid fjärrstyrning kan en person hantera flera fordon samtidigt vilket är mer effektivt än att en säkerhetsoperatör ska sitta inne i varje skyttel (Intervju Keolis). Även Pernestål Brenden och Kottenhof (2018) föreslår fjärrstyrning som en potentiell lösning på det här problemet. Hur ett sådant fjärrstyrningssystem ska fungera praktiskt är dock ännu inte utrett. Fordonstillverkarna arbetar även med att utveckla så att skytteln ska klara att ta fler taktiska beslut på egen hand, exempelvis köra förbi ett föremål som blockerar vägen (Intervju Nobina; Intervju RISE Viktoria). Det är dessutom viktigt att trygghetsaspekten tas i beaktning när säkerhetsoperatören tas bort, vilket ännu inte är utrett (Intervju TF; Intervju ITRL).

Ett annat mål som delvis kan lösas tekniskt är att öka hastigheten på skyttlarna. Detta är ett viktigt mål för att öka attraktiviteten för fordonen. Att kalibrera känslighetsgraden är något som tillverkare måste ta ställning till, i dagsläget är fordonen mycket känsliga och stannar ofta (Intervju Nobina). En mindre teknisk lösning är att skapa separata körfält (eventuellt i form av BRT-lösningar) för skyttlarna. Några respondenter ställde sig delvis positiva till en sådan lösning medan andra var mer kritiska. Genom att ha dedikerade körfält till skyttlarna, likt klassiska busskörfält, gör att skyttlarna kan köra mer obehindrat vilket kan skapa en mer positiv bild av skyttlarna (Intervju Stockholm stad). Är de dock helt separerade från övrig trafik ansåg merparten av respondenterna att syftet med skyttlarna försvann. I ett första steg kan BRT-filer dock vara ett alternativ för att påskynda

utvecklingen av självkörande fordon i kollektivtrafiken. Med separerade filer för busstrafik kan hastigheterna ökas och det blir enklare att avlägsna säkerhetsoperatören. En sådan lösning kan även påskynda utvecklingen av de fordon som inte kör i BRT-filer eftersom avlägsnandet av säkerhetsoperatören är avgörande för kommersialiseringen (Intervju Keolis).

Med introduktionen av självkörande skyttlar kan även nya sätt att erbjuda resetjänster skapas. Det traditionella sättet att köra kollektivtrafik behöver inte nödvändigtvis appliceras på de självkörande skyttelbussarna. Några gemensamma tankar kring hur skyttlarnas förväntas köras i framtiden kunde identifieras. För det första beskrevs möjligheten att köra skyttlarna i en högre täthetsgrad än en konventionell buss oavsett tid på dygnet. Det finns med andra ord inte samma begränsning på frekvens som det gör för en vanlig buss med chaufför (Intervju ITRL; Intervju Keolis). Det fanns även tankar om att skyttlarna skulle kunna bidra till att öka medelhastigheten och effektiviteten på stombussnätet. Detta genom att ha skyttlar som matar till hållplatser längs en stombusslinjen och på så sätt kan antal hållplatser minskas vilket resulterar i färre stopp. Detta utvärderades av en grupp studenter på KTH, och vann även tävlingen Pod Car City med sitt förslag (Intervju Stockholm stad).

Flera av respondenterna trodde att på begäran-tjänster kommer att användas i ett framtida system med självkörande skyttlar. Dock var de flesta eniga om att inkludera skyttlarna i en tidtabell är ett bra första steg och att på begäran-tjänster kommer implementeras i ett senare skede. För att en på begäran-tjänst ska fungera krävs exempelvis en ny eller utvecklad kommunikationskanal för beställning (Intervju ITRL). Dessutom kör skyttlarna i dagsläget efter en förbestämd sträcka vilket försvårar på begäran-tjänsten. En lösning som undersökts är att planera ett antal skyttlars rutter likt ett rutnät så att ett helt områdes vägnät täcks upp. Detta kan ge en täckningsgrad på 2x2 kilometer med max 50 – 100 meter från en upplockningsplats (Intervju Keolis). En tjänst som idag i kollektivtrafiken är kostsam är den anropsstyrda trafiken, såsom färdtjänst och närtrafiken. Dessa tjänster skulle möjligtvis kunna stöttas med självkörande skyttlar. Dels för att förbättra tjänsten i form av högre tillgänglighet. I dagsläget behöver en resenär boka sin resa flera timmar i förväg vilket eventuellt inte skulle behövas om skytteln är självkörande (Intervju ITRL).

Vidare finns tekniska mål som handlar om att koppla upp fordon mellan varandra eller till infrastruktur. Fordonen kan exempelvis kommunicera med trafikljusen cellulärt eller via radio (wifi). I dagsläget används kameror för att registrera färgen på trafikljuset men vid dålig eller skymd sikt kan ett kommunikationssystem via wifi vara mer robust (Intervju Keolis). Anpassning av avgångar från realtidsdata ligger även det nära i tiden för utveckling. Skyttlarnas huvuduppgift är att ansluta och anpassa sig till stombussnätet eller spårbunden trafik. De är lägst i rangordningen bland kollektivtrafikens färdmedel och behöver vara flexibla. I dagsläget anpassar sig skyttlarna inte utefter realtidsdata utan det är säkerhetsoperatören ombord som beslutar om bussen ska åka eller inte (Intervju Nobina).

Sammanfattningsvis finns många alternativa appliceringar för självkörande skyttlar och att det är svårt att specificera den framtida användningen och utformningen. Vilket också är karaktäriserbart med den utvecklingsfas som TIS:et befinner sig i. Däremot går det att skapa en relativt tydlig bild av vilka de första delmålen är för en fortsatt utveckling av TIS:et. Dessa delmål är att skyttlarnas bör köras på fasta linjesträckningar i tidtabell, men med ökad frekvens. Möjligtvis skulle BRT-lösningar kunna påskynda utvecklingen. Fjärrstyrning bedöms som en potentiell lösning som behöver testas och utvecklas.

5.3 Funktionella analys

5.3.1 Vägledning av aktörers sökprocesser

Som Bergek et al. (2008) förklarar väljer aktörer att delta i ett TIS på grund av olika incitament och påtryckningar. Det som respondenterna pekade ut som primära incitament för att vilja delta i systemet är möjligheten att öka tillgängligheten för resenärer och således attraktiviteten för delade resor. Viljan att minska det privata bilägandet är en drivande faktor för detta. Dels för att minska utsläpp men också frigöra utrymme i städer genom att minska parkeringsbehov och trängsel. Förhoppningar hos respondenterna var att fler väljer att åka kollektivt om möjligheten att få åka fram till sin dörr finns.

Det finns även en förväntan i tillväxtpotential som påverkar aktörerna att vilja delta i systemet. En stor del av aktörerna inom branschen tror att självkörande skyttlar tillsammans med godstransport kommer bli de två första kommersiella marknaderna för självkörande fordon (Intervju RISE Viktoria). Ambitionen med skyttlarna är inte att lösa stora transportproblem utan ett mindre nischat problem vilket ofta är den väg en ny teknologi tar sig in på en marknad (Intervju Sweco). Dock är persontransporter förenat med hårda krav på service vilket gör det mer komplicerat i jämförelse med godstransporter (Intervju ITRL). Detta kan således tala emot att persontransporter kommer bli den första marknaden för självkörande fordon.

Förutom detta sågs möjligheten att öka flexibilitet och att minska kostnader vid drift som ett incitament att delta i TIS:et. En självkörande skyttel skulle teoretiskt sett kunna köras dygnet runt när inte behovet av en förare finns (Intervju TF; intervju ITRL). En förare står för ungefär hälften av kostanden för en buss i drift och utan förare kan driftkostnaden reduceras markant. Som operatör är det därför viktigt att följa med i den utvecklingen (Intervju Keolis). I utvärderingen från pilotprojektet CityMobil2 ansåg resenärer att en av fördelarna med förarlösa fordon var möjligheten att minska biljettpriser. Detta var inget som respondenterna tog upp men skulle kunna vara en följd av att driftkostnaderna minskar.

Vägledning av aktörers sökprocesser handlar även om vilken väg inom TIS:et aktörerna väljer att ta. Exempelvis vilken roll respektive aktör kommer få inom TIS:et. En viktig del i Barkarbyprojektet var att ha en tydlig rollfördelning. Trafikförvaltningen agerade beställare och uttryckte ”vad” de ville ha. Nobinas roll var att förklara ”hur” och ansvara för inköp och driften av självkörande skyttlarna. Järfälla kommuns primära roll var

upplåtandet av mark och anpassning av infrastrukturen (Intervju TF). Den här formen av rollfördelning speglar väl Ringqvists (2016) beskrivning av aktörers ansvarsområden inom kollektivtrafiken. Inom TIS:et finns det även aktörer som till skillnad från Nobina inte har tidigare erfarenhet av att driva kollektivtrafik, exempelvis Autonomous Mobility och 2getthere. På Trafikförvaltningens ansågs att det mest rimliga scenariot kommer vara att RKM:erna fortsätter att upphandla mot de klassiska kollektivtrafikoperatörerna och att de i sin tur eventuellt köper in skytteltjänster av en underentreprenör (Intervju TF).

Som beskrivet i den strukturella analysen tillverkar inga av de svenska fordonstillverkarna självkörande skyttlar. De har istället andra projekt kopplat till delad mobilitet samt utveckling av större självkörande bussar. En av anledningarna till att Scania inte valt att tillverka skyttlar är att Scantias expertområde framförallt är tunga fordon. Scania har mer att vinna på att fortsätta erbjuda tillverkning från den plattformen. Dock är det inte ett omöjligt framtidsscenario att stora självkörande bussar tillverkade av Scania kombineras med självkörande skyttelbussar som tillverkats av en annan tillverkare (Intervju Scania). Eventuellt kan ett viktigt genombrott i den framtida utveckling för självkörande fordon i kollektivtrafiken ske när stora konventionella självkörande bussar introduceras på marknaden (Intervju Keolis). Att köra stora självkörande bussar i linjetrafik är dessutom en målsättning som aktörerna i Barkarbyprojektet har (Intervju TF).

5.3.2 Marknadsformering

I linje med TIS:ets formativa utvecklingsfas befinner sig även TIS:ets marknadsutveckling i en tidig fas. För att beskriva den faktiska marknadsutvecklingen kan antal sålda enheter användas som indikator. I Sverige är antalet sålda skyttlar mycket liten eftersom endast ett fåtal skyttlar har använts i pilotprojekten. Vidare är skyttlarna relativt dyra i inköp med en kostnad på ungefär 2 miljoner kronor i jämförelse med en fullstor buss som har ett inköpspris som ligger mellan 2 till 5 miljoner kronor (Hallén, 2016). Eventuellt kan det inte förväntas att inköpskostnaden för skyttlarna kommer gå ner allt för mycket eftersom sensortekniken är dyr. Däremot kommer driftkostnaden för en skyttel vara lägre eftersom den drivs på el och inte behöver en förare (Intervju ITRL). Dessutom utgör inköpspriset på en buss ofta en mycket liten del av den totala kostnaden (Intervju ITRL) och diskussion kring inköpspris kan bli missvisande. En dieseldriven buss kostar ungefär 280 000 kr i skatt varje år och är generellt verksam i åtta år. Detta är således lika mycket som inköpskostnaden. Inkluderat lön till en chaufför och bränslekostnader blir kostanden för varje buss ännu högre (Hallén, 2016).

En viktig parameter för marknadsformeringen är efterfrågan hos potentiella kunder. I dagsläget finns ett stort intresse från kommuner och andra kunder kring självkörande fordon (Intervju RISE Viktoria; Intervju TF). Kommuner är exempelvis villiga att upplåta mark för test och det kan vara viktigt för aktörer som vill testa tekniken att passa på medan intresset finns (Intervju TF). Förutom efterfrågan krävs även finansiering för att en marknad ska kunna formas. I testerna har flera aktörer delat på finansieringen samt att bidrag från Vinnova har tillhandahållits.

Även institutionella förändringar kan påverka marknadsformeringen. Med den nya förordningen från 2017 är det nu möjligt att utföra tester med självkörande fordon. Med andra ord finns det inte något i den befintliga lagstiftningen som utgör hinder för att utföra test av självkörande skyttlar. Förordningen är till och med så pass öppen att kommersiell implementering också kan vara möjlig. I förordningen står det att Transportstyrelsen får ge godkännande under speciella förhållanden vilket de självkörande skyttlarna kommer uppfylla lång tid framöver. Dessutom finns det inget i den nya förordningen som tidsbegränsar test eller förbjuder aktörer att göra vinst under testets gång (Intervju RISE Viktoria).

Utifrån RISE Viktorias erfarenheter från S3-projektet är det inte regelverken som hindrar tester utan aktörernas förmåga att påvisa att tjänsten fungerar och är säker. I S3-projektet var det Autonomous Mobility som ansökte om tillstånd och processen drog ut på tiden på grund av bristande erfarenhet i att ta fram rätt underlag för tillståndsansökan. En enkel tillståndsprocess är mycket viktig för att marknaden ska kunna växa och nya aktörer ska kunna ta sig in på marknaden. Om inte tillståndsprocessen är enkel och robust för nya aktörer får de som redan kan processen en mycket stor fördel (Intervju RISE Viktoria).

Nobina är den aktör som än så länge har mest erfarenhet av tillståndsprocessen i Sverige. Kommunikationen mellan Nobina och Transportstyrelsen har förbättrats i takt med att båda parterna börjat vänja sig med processen (Intervju Nobina). I en studie av Schnurr (2018) undersöktes hur policys och regelverk påverkade bland annat projektet Autopiloten. Resultaten visar på att tillståndsprocessen var en utmanande process för både Transportstyrelsen och för operatören Nobina som sökte tillståndet. Vidare beskriver Schnurr (2018) att tillståndsprocessen i sig inte är lämplig för den snabba hastighet som utvecklingen av självkörande fordon har och måste därför utvecklas och göras mer tydlig.

5.3.3 Entreprenöriellt experimenterande

De pilotprojekt som utförts med självkörande skyttlar är tydliga exempel på entreprenöriellt experimenterande. I Sverige har ett test slutförts (Autopiloten), och två test påbörjats (S3-projektet och Barkarbystaden). Genom att genomföra de här testerna kan osäkerhet kring applikationsområden och teknik minimeras. Samtliga respondenter ansåg att testerna har varit mycket viktiga dels för lärandeprocessen men också för skapandet av nätverk och användaracceptans för självkörande skyttlar. Med testerna går det att utvärdera vilka lösningar som fungerar och vilka som inte fungerar. Busstillverkningen är idag styrd av tydliga upphandlingsregler men i och med att utvecklingen av självkörande fordon är i ett tidigt skede öppnas möjlighet att förändra och påverka utvecklingen (Intervju Scania). Med andra ord är det viktigt att entreprenörer vågar experimentera och inte påverkas allt för mycket av satta standarder.

I pilotprojekten har några av de potentiella applikationsområdena för självkörande skyttlar kunnat testas. I Autopiloten körde skytteln mellan två kollektivtrafiknoder, en tunnelbanestation och en pendeltågsstation. Det här testet kan därför betraktas som ett test av tvärförbindelse eller centrallinje som var två av de applikationsområdena Pernestål

Brenden och Kottenhof (2018) beskriver i sin studie. Dock var inte skytteln direkt kopplad till den offentliga kollektivtrafiken eftersom Trafikförvaltningen inte var delaktig i testet. Vidare testats det i Barkarbystaden för första gången skyttlar i linjetrafik. Skyttlarna går mellan ett bostadsområde och ett torg där stombusslinjer finns. Det här testet kan således betraktas som ett test av applikationen matarlinje. I S3-projektet har applikationsområden som inte är kopplat till kollektivtrafiken testats. I den fas testet är i nu har skytteln kört runt ett campusområde och på gång är skytteltransport mellan parkering och målpunkter (Intervju RISE Viktoria).

Intresset för att utföra fler tester finns och exempelvis deltar gärna Stockholms stad i fler projekt såsom Autopiloten men att det då är viktigt att något nytt testas i samband med projektet (Intervju Stockholm stad). Hittills har testerna utförts med en säkerhetsoperatör ombord vilket gör att det är svårt att utreda människors känsla av trygghet (Intervju Keolis) och hur kommunikation och ansvarsfördelning mellan resenär och förare ska fungera utan en ansvarig person ombord (Intervju ITRL). I relation till de funktionella målen som identifierats råder stor osäkerhet. Fjärrstyrning är en teknisk lösning som diskuterades under intervjuerna men som inte har testats i praktiken (utifrån författarens vetenskap). Det råder stor osäkerhet kring hur ett fjärrstyrningssystem ska utformas praktiskt och utredning eller test av detta behöver utföras för att minska osäkerheten. En annan teknisk målsättning som finns är att fordonen kan kopplas ihop med andra fordon och infrastruktur. Detta har inte heller testats i någon större utsträckning. Den framtida målsättningen att skyttlarna ska kunna erbjuda på begäran-tjänster behöver också utredas. Kompletterande teknik såsom en beställarfunktion finns delvis utvecklad (Intervju Keolis) men har inte testats i större skala. Det pågår även test med rutt-optimering i ett område utanför Södertälje med anropsstyrd trafik vilket eventuellt skulle kunna appliceras på system med självkörande skyttlar som tillhandahåller på begäran-tjänster (Intervju TF).

5.3.4 Kunskapsutveckling och spridning

Som Bergek et al. (2008) beskriver kan kunskap inom ett TIS beröra flera områden. Den kunskapsform som behandlas i den här analysen är relaterad till planering, användande och drift av de självkörande skyttlarna. En central källa för kunskap i det här TIS:et är test inom nya applikationsområden. De pilotprojekt som utförts och är pågående har både varit viktig för kunskapsutvecklingen och möjliggjort kunskapsspridning mellan aktörer i och med projektens samarbeten. Flera av respondenterna uttryckte att testerna är och har varit betydelsefulla för lärandeprocessen och bidragit till många nya insikter. Det ansågs även viktigt att offentliga aktörer deltagit i testerna för att inte överlåta allt kunskapsinsamlande till de privata aktörerna (Intervju ITRL). Ett exempel på kunskap som genererats via pilotprojekten är vilket behov det är av infrastrukturella anpassningar för de självkörande skyttlarna (Intervju Stockholm stad; Intervju Nobina). I Autopiloten behövdes mindre anpassningar i infrastrukturen göras. Främst handlade det om att sätta dit väjningspliktsskyltar och förbättra snöröjningen. Snöröjningen tillhör Stockholm

stads ansvarsområden och kan således vara en viktig kunskap för kommunen inför framtida implementeringar (Intervju Stockholm stad).

De företag som främst varit drivande i testerna med självkörande skyttlar är Nobina och Autonomous Mobility. Dessa företag har således samlat intern kunskap om hur processen och driften av självkörande skyttlar kan fungera. Nobina tar exempelvis med sig sina erfarenheter från Autopiloten in i Barkarbyprojektet (Intervju Nobina). Ett tydligt exempel där Nobinas kunskap från Autopiloten kommit väl till pass är processen att söka tillstånd för test hos Transportstyrelsen. Tiden för tillståndsansökan till testet i Barkarbystaden förkortades avsevärt i jämförelse med Autopiloten (Intervju TF).

En annan indikator för kunskapsutvecklingen i ett TIS kan vara att undersöka antalet publikationer eller patent inom ämnesområdet. Forskning inom området är än så länge relativt ny men på ITRL på KTH finns flera projekt pågående och några publikationer har presenterats. Forskningen berör bland annat människors betalvilja för denna typ av tjänst, människors acceptansnivå och framtida effekter på kollektivtrafiken (ITRL, 2018). En rapport från European Patent Office (EPO) visar att antalet patentansökningar ökat stadigt inom den självkörande fordonsbranschen. Mellan år 2011 och 2017 har antalet ansökningar ökat med 334 procent och där Sverige pekades ut som ett av de länder som visade "*significant innovative activity*" (EPO, 2018). Den här rapporten behandlar inte specifikt tekniken i självkörande skyttlar men utgör ändå en indikator för en utveckling av kunskap inom området.

Vidare är Drive Sweden's samordnande funktion viktig för kunskapsspridning inom TIS:et. Under Drive Sweden ligger flera projekt och initiativ som för samman intressenter och aktörer och således sprider kunskap och lägger grund för kunskapsutveckling. Inom exempelvis ABC har aktörer samlats i marknadsutvecklingsworkshops för att diskutera marknadens framtid, dess hinder och åtgärder. Resultat från dessa workshops har ännu inte presenterats men ämnar att bidra till kunskapsläget (Intervju RISE Viktoria). Vidare utgör även de öppna konferenserna som anordnas av Drive Sweden ett viktigt forum för spridning av kunskap. En annan funktion som är viktig för TIS:ets kunskapsspridning är internationella kontakter. I andra länder har tester gjorts som kommit likväl så långt som de svenska testerna. Keolis har exempelvis utfört tester i Lyon (sedan 2016), Los Angeles och Paris La Défense (Keolis, 2018). Erfarenheter från dessa tester kan implementeras i Sverige. Keolis är ett internationellt bolag och kan sprida kunskap mellan olika länder inom företaget vilket kan vara en fördel (Intervju Keolis).

5.3.5 Legitimering

Det två huvudkomponenterna för ett TIS att uppnå legitimitet är social acceptans hos aktörer, intressenter och användare samt anpassning av rådande institutioner och regelverk. Acceptansnivån hos respondenterna varierade delvis. En del av respondenterna var mer skeptiska och kritiska till skyttlarnas funktion medan andra var mer optimistiska. En åsikt som majoriteten av respondenterna hade var att fordonen måste öka i hastighet för att anses attraktiva. Det rädde vissa tvivel kring tekniken i sig och en del respondenter

beskrev skyttlarna som *"enkla i sin teknologi"* och *"lite dumma"*. Detta tyder på att i den form de fungerar innehar inte teknologin full legitimitet men att den framtida potentialen fortfarande bedöms som god.

En förutsättning för att TIS:et ska uppnå legitimitet är att användarna, med andra ord resenärerna, accepterar att åka i ett förarlöst fordon. Majoriteten av respondenterna ansåg att det kommer krävas en inväjningsperiod och att användaracceptansen kommer öka gradvis. Dock kan det vara svårt att utreda människors faktiska känsla av säkerhet och trygghet när en säkerhetsoperatör är ombord eftersom den personen kan inge en känsla av trygghet (Intervju Keolis). Resultaten från CityMobil2 visade att oro fanns för att passagerares säkerhet äventyrades, framförallt under nätter. För användarupplevelsen är det även viktigt att det finns möjlighet att kunna kommunicera med en ansvarig person ombord på fordonet. Det finns en förväntan från resenärer att busschauffören kan svara på frågor och hålla ordning och ingripa ifall om något händer. För en framtida utveckling måste det skapas ett nytt gemensamt ramverk där det specificeras vad som kan förväntas från en resenär och hur kommunikationen ska fungera (Intervju ITRL). En sådan process är inte helt okomplicerad.

En annan del i legitimeringsprocessen handlar om acceptansen internt hos aktörerna. På Stockholm stads trafikkontor upplevdes det att anställda blev mindre skeptiska till självkörande skyttlar efter att de deltagit i projektet Autopiloten (Intervju Stockholm stad). Även internt på Trafikförvaltningen har arbete lagts ner för att öka acceptansen hos de anställda vid deltagandet i projektet i Barkarbystaden. Fokus lades på intern information samt besök från Nobina för att få alla avdelningar i organisation att känna sig delaktiga i projektet. En del i detta är att skapa en identitet som arbetsgivare genom att påvisa att Trafikförvaltningen arbetar med spännande projekt (Intervju TF).

Intresset för självkörande skyttlar ökar dessutom hos kommuner och allt fler kommuner efterfrågar att delta i tester (Intervju RISE Viktoria). För kommuner blir deltagandet i pilotprojekt ett sätt att marknadsföra sig (Intervju TF). Exempelvis kunde Autopiloten bidra till bilden av Stockholm som en attraktiv och smart stad (Intervju Stockholm stad). Frågan är dock om det växande intresset endast handlar om teknikfascination eller om det kommer kunna bidra till en legitimeringsprocess. Enligt Nobina är det en av grundförutsättningarna för en fortsatt implementering av självkörande skyttlar i kollektivtrafiken att kommuner har en hög acceptansnivå och väljer att göra infrastrukturella investeringar i kollektivtrafiken. Att visa intresse och upplåta gator för test är en del men att övergå till en permanent implementering kan vara en annan sak. Delvis beror det på var implementeringen ska ske. Stockholm stad är exempelvis inte intresserad att investera i en teknologi som inte förbättrar framkomligheten för människor. Med tanke på skyttlarnas nuvarande känslighet kommer framkomligheten i innerstadsmiljö försämrats markant ifall konventionella bussar byts ut mot självkörande skyttlar (Intervju Stockholm stad).

Den andra huvudkomponenten för att uppnå legitimitet är anpassning av institutioner och regelverk. Genom den förordning som trädde i kraft 2017 om test med självkörande

fordon har en anpassning av regelverken påbörjats. Mer om anpassningen beskrivs i avsnittet 5.3. som behandlar marknadsformering. De interna reglerna, rutinerna och kraven som ställs från respektive RKM behöver också anpassas ifall att skyttlarna ska kunna implementeras.

5.3.6 Resursmobilisering

För TIS:ets utveckling krävs att resurser i form av finansiellt kapital, humankapital och kompletterande resurser såsom infrastruktur, produkter och tjänster mobiliseras. Än så länge genererar inte pilotprojekten någon vinst. Vinnova är som tidigare nämnt en viktig finansiär i pilotprojekten. Även de aktörer som deltagit i projekten har finansierat stora delar av projekten på egen hand.

Kompetensen i systemet är svår att mäta men eftersom endast ett begränsat antal aktörer har deltagit i pilotprojekt kan den generella kompetensnivån bedömas som låg. Som tidigare nämnt är TIS:et i en lärandeprocess och genom att delta i pilotprojekt kan kompetensen öka hos de aktörer som deltar. I systemet krävs teknisk kompetens men även kompetens för drift av skyttlarna. Genom pilotprojekten kan aktörer lära sig och förstå hur drift och planering fungerar för sådan här trafik på ett smart sätt. Den som är operatör måste inneha kunskap om detta, vilket är en kompetens aktörer som deltar i testerna bygger (Intervju TF). Inom kollektivtrafiken har kollektivtrafikoperatörer en bred kompetens kring drift och planering. Detta till skillnad från aktörer såsom Autonomous Mobility som inte hanterat kollektivtrafik förut. Än så länge har Autonomous Mobility i S3 projektet inte kombinerats med kollektivtrafiken men det skulle kunna vara möjligt i ett framtida projekt (Intervju RISE Viktoria).

En viktig kompletterande resurs för systemet är väginfrastrukturen. Utan en god väginfrastruktur kan inte skyttlarna vara i drift och således en viktig faktor för en fortsatt utveckling (Intervju Nobina). Den övervägande bilden hos respondenterna är att det måste göras en avvägning kring hur mycket av infrastrukturen som behöver anpassas. Antingen läggs resurser på utveckling och anpassning av infrastrukturen eller så läggs resurser på teknikutveckling i fordonen. Utgångspunkten för exempelvis Scania är att lösa saker utifrån hur den befintliga miljön ser ut men att ju mer institutioner, myndigheter och företag arbetar tillsammans desto fortare kan en lösning tas fram (Intervju Scania).

Kompletterande resurser såsom en bokningsapplikation är något som kommer att krävas för att på begäran-tjänster ska kunna implementeras. Även andra kommunikationskanaler behövs när föraren tas bort (Intervju ITRL). Stöttande väginfrastruktur som kommunicerar med fordonen och utrustning för fjärrstyrning är inte utvecklat och än så länge inte ett krav men kommer behövas i framtiden ansåg flera av respondenterna.

6. Diskussion

I första delen av följande avsnitt betraktas steg 5 till steg 7 från figur 5. Först diskuteras TIS:ets funktionalitet (steg 5) och sedan identifieras systemets drivkrafter och blockeringsmekanismer (steg 6). Därefter ges förslag på åtgärder (steg 7). I den andra delen av avsnittet förs en diskussion om det teoretiska ramverket och hur väl det gått att tillämpa i studien.

6.1 Diskussion av TIS:ets funktionalitet

För bedömning av TIS:ets funktionalitet måste funktionerna ställas i relation till den utvecklingsfas som TIS:et bedömts befinna sig i. Studiens TIS har bedömts att vara i en demonstrationsfas och efter beskrivning av TIS:ets funktioner kan således en diskussion föras kring hur respektive funktion presterar. Nedan ges en sammanställning kring hur välfungerande respektive funktion anses vara i relation till den utvecklingsfas som TIS:et befinner sig i. Funktionaliteten i funktionerna benämns som svag, medel eller god för att göra det mer tydligt för läsaren.

Vägledning av aktörers sökprocesser - medel

Det finns en gemensam övergripande målbild kring TIS:et som leder aktörerna i en unison riktning. För att kombinera skytteltjänster med kollektivtrafiken verkar den organisatoriska strukturen som idag finns vara den smidigaste vägen att gå för en utveckling och styr således sökprocessen i den riktningen. Det är dock endast ett fåtal aktörer som vågat satsa och det behövs fler initiativ för att testa olika applikationer och tekniker.

Marknadsformering - svag

Än så länge är inte självkörande skyttlar ekonomiskt motiverbara och det finns ett stort behov av subventioner och finansiella insatser ifrån företag. Det som talar för marknadsformeringen är den förordning som kom till under 2017. Dock måste tillståndsprocessen förenklas för att fler aktörer ska våga satsa på att driva test och etablera en verksamhet.

Entreprenöriellt experimenterande - god

Tack vare att ett fåtal aktörer med uppbackning av samarbetspartners vågat satsa på pilotprojekt har det första stora steget tagits genom att bevisa för allmänheten och andra aktörer att teknologin fungerar.

Kunskapsutveckling och spridning - god

Flera samverkansprojekt leder till att aktörer lär sig mellan varandra, både externt och internt på företagen/organisationerna. Konferenserna som anordnas kan ses som ett bra forum för att sprida kunskap.

Legitimering - medel

Det finns en del skepticism från aktörerna att skyttlarna kan uppfylla sitt syfte då de än så länge anses vara för långsamma och ”dumma”. Däremot finns en generellt positiv bild av dess potential och användaracceptansen förväntas vara god. Interna RKM-system inte anpassade för självkörande fordon. Däremot har en anpassning av regelverk påbörjats i och med förordningen om försöksverksamhet med självkörande fordon.

Resursmobilisering - medel

Det finns en god vilja (ända uppifrån regeringen) att testa teknologin med självkörande skytteltjänster vilket genererat finansiellt kapital till test. Kompetensen inom systemet centreras till de aktörer som planerar och utför tester och de andra aktörerna står utanför. Skyttlarna kan operera utan större anpassningar i infrastrukturen och deltagande kommuner har varit villiga att göra mindre justeringar.

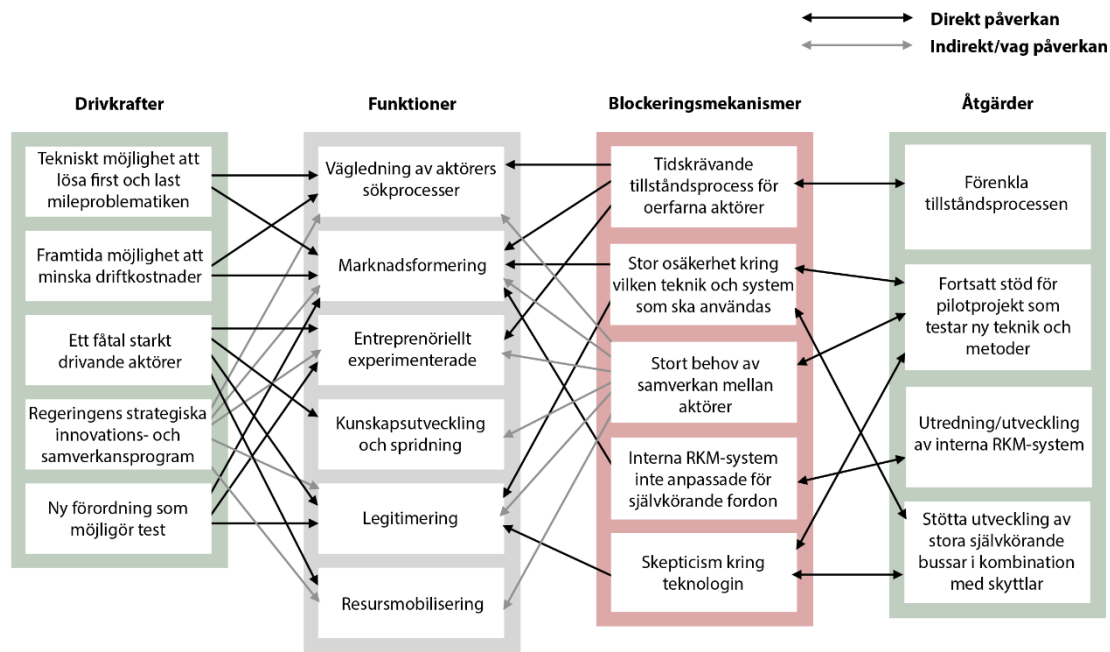
En viktig faktor för ett TIS i formativ fas är *entreprenöriellt experimenterande*. Denna funktion bedöms som god men dess fortsatta utveckling är beroende på att fler aktörer vågar testa och ansluta sig till TIS:et. Då *vägledning av aktörers sökprocesser* bedöms som medel och *marknadsformeringen* som svag är dessa områden som behöver utvecklas. Även *resursmobiliseringen* är medel och framförallt krävs det fler aktörer som bygger upp en kompetens kring drift. Risken finns att om inte fler aktörer vill ansluta sig till TIS:et kommer det påverka funktionen *entreprenöriellt experimenterande* negativt. Denna funktion har även varit viktig för *kunskapsutveckling och spridning* vilket indirekt skulle påverkas negativt. Denna funktion bedömdes god vilket framförallt berodde på bra samordning och samverkan mellan aktörer vilket enligt Bergek et al. (2008) är en central faktor för kunskapsutveckling och spridning i en tidig formativ fas (demonstrationsfas). Således är det här TIS:et är ett bra exempel på detta. *Legitimeringsprocessen* för en demonstrationsfas är framförallt viktig för att överkomma den initiala tröskeln för ny teknik. Funktionen bedömdes som medel eftersom skepticism fortfarande uttrycks men trender såsom försök till anpassning av institutioner visar på en vilja att utveckla teknologin och dess användning.

6.1.1 Drivkrafter

Ett antal drivkrafter har identifierats för TIS:ets utveckling, i figur 11 sammanställs drivkrafterna och till vilka funktioner de relaterar till. I figuren kan även blockeringsmekanismerna och förslagna åtgärder ses. Den första drivkraften i TIS:et handlar om att i och med självkörande tekniken finns möjligheten för att lösa en av kollektivtrafikens huvudproblem, first och last mile-problemet. Den här drivkraften påverkar aktörers vilja att delta i TIS:et, med andra ord *vägledningen av aktörers sökprocesser*. Drivkraften lägger dessutom grunden för en ny marknad och således stor inverkan för *marknadsformeringen*. Relaterat till den första drivkraften kan konkurrenssituationen mellan operatörer också betraktas som en drivkraft i TIS:et. En operatörs konkurrenskraft i upphandling ökas markant om de kan erbjuda transport för

lägre kostnader vilket är möjligt med förarlösa fordon. Således ses möjligheten att reducera kostnader som en drivkraft som även den påverkar *aktörers sökprocesser* och *marknadsformeringen* positivt. Dock betyder inte deltagandet i TIS:et att satsningar på implementering görs från alla aktörer. En viktig drivkraft som påverkat funktionerna *entreprenöriellt experimenterande*, *kunskapsutveckling och spridning*, *legitimering* samt *resursmobilisering* är de fåtal aktörer som satsat och delvis använt egna resurser på pilotprojekt. De här aktörerna har visat vägen för teknologins potential för andra aktörer och även samhället i stort.

Vidare har regeringens strategiska innovationsprogram Drive Sweden och samverkansprogrammet ”Nästa generations resor och transporter” varit viktiga stödfunktioner och därav kan betraktas som en drivkraft. Det är svårt att bedöma styrkan av den drivkraften men de har mer eller mindre haft en inverkan i varje funktion genom att bidra till att öka legitimiteten, ge finansiella bidrag för test samt samordning av aktörer som möjliggör kunskapsväxling. Till sist har även den nya förordningen för test av självkörande fordon varit en grundläggande faktor för TIS:ets utveckling. Den nya förordningen påverkade framförallt funktionerna *entreprenöriellt experimenterande*, *marknadsformeringen* och *legitimeringen*.



Figur 11. Drivkrafter och blockeringsmekanismer inom TIS:et. Föreslag på åtgärder och hur de länkar till blockeringsmekanismerna.

6.1.2 Blockeringsmekanismer

Utifrån den information som samlats går det inte att identifiera några tydliga blockeringsmekanismer som i dagsläget direkt påverkar TIS:et negativt. Däremot finns det ett antal svagheter inom systemet som påverkar utvecklingen negativt och som kan skapa framtida blockeringar. En sådan svaghet är tillståndprocessen för test med

självkörande fordon. På grund av vissa aktörers avsaknad av erfarenhet kring en tillståndsprocess kan processen ha en avskräckande effekt. Dessutom får aktörer som gått igenom processen en tydlig fördel inom TIS:et. Detta kan eventuellt minska incitamenten för aktörer att vilja att delta i TIS:et och påverkar således *vägledning av aktörers sökprocesser, marknadsformering* och *entreprenöriellt experimenterande* negativt, vilket bromsar teknikutvecklingen.

En annan faktor som kan betraktas som en svaghet i systemet är osäkerheten kring hur skyttlarna praktiskt ska drivas och vilken teknologi som ska användas. Detta behöver nödvändigtvis inte vara en svaghet eftersom det är bra att det i ett tidigt skede finns flera alternativ och att dessa testas. Dock finns risken att färre aktörer vågar satsa på en viss teknologi eller applikation ifall den inte får genomslag. Det blir dessutom svårare för utomstående att förstå möjligheter med teknologin. Detta påverkar därmed *marknadsformeringen* och *legitimeringsprocessen*.

Vidare är en stor osäkerhetsfaktor i systemet är hur kollektivtrafikaktörerna, framförallt RKM:erna, ska hantera ett system där bussar kör utan förare eller har en förare som fjärrstyr. Interna system måste anpassas för självkörande fordon genom att exempelvis utreda vilken form av kommunikation som krävs för att en användare ska kunna resa med en självkörande skyttel utan säkerhetsoperatör. Om detta inte är väl utrett när en faktisk implementering är möjlig kommer den blockera utvecklingen vilket framförallt påverkar *marknadsformeringen* negativt. En annan blockering i systemet är den skepticism som råder, både internt och externt hos aktörer. Än så länge är skyttlarna inte attraktiva i då de kör i mycket låga hastighet och stannar ofta. Detta kommer troligtvis förbättras i ett framtida system men de kräver som sagt att de får utvecklas i verklig miljö först. Skepticismen påverkar framförallt *legitimeringen*.

Implementeringen av skyttlarna i kollektivtrafiksystemet ställer höga krav på samverkan mellan aktörer. Dels för att skyttlarna än så länge kräver särskilda infrastrukturanpassningar och dels för att kollektivtrafiksystemet redan är ett etablerat system som inte kan förändras i en handvändning. För att utveckla ett system som fungerar krävs det att skyttlarna testas i verklig miljö men de är egentligen inte helt redo tekniskt att användas i den miljön. Kollektivtrafikaktörerna har åtaganden att erbjuda transporttjänster som är attraktiva för resenärer men än så länge är skyttlarnas prestanda för låg. Med andra ord krävs det drivande aktörer som tillsammans med samarbetspartners tar fram en bra lösning. Än så länge bedöms samverkan som god i systemet. Samverkan är extra viktigt när det handlar om ett system som kräver olika aktörers involvering. Således påverkas alla funktioner indirekt om samverkan mellan aktörer skulle försämrats.

6.1.3 Nyckelåtgärder

För att stötta det här systemet kan ett antal nyckelåtgärder presenteras. En del i detta är att förenkla tillståndsprocessen för test med självkörande fordon. Detta arbete är delvis påbörjat via Drive Sweden's Policy Lab. Då TIS:et befinner sig i en demonstrationsfas föreslås ett fortsatt finansiellt stöd för tester med självkörande skyttlar där nya teknologier

eller applikationer testas. Projekt bör utföras som påskyndar processen att avlägsna säkerhetsoperatörerna. Exempelvis genom att börja en implementering i form av en BRT-linje eller test av fjärrstyrningssystem. Vidare måste arbetet kring anpassning av riktlinjer och upphandlingsregler hos RKM:erna påbörjas för att förbereda systemet för en introduktion av självkörande fordon. En risk med att studera ett TIS utan att analysera kontexten systemet verkar i är att viktiga faktorer för TIS:ets utveckling förbises. En sådan är inträdet av fullstora självkörande bussar i kollektivtrafiken. I testet i Barkarbystaden finns ambitionen att testa detta och att kombinera mindre självkörande bussar med fullstora självkörande bussar skulle troligen kunna påverka utvecklingen av systemet i positiv riktning. Därför ses även stöttning av projekt där fullstora självkörande bussar utvecklas som en viktig parallell utveckling.

6.2 Diskussion om det teoretiska ramverket

För att besvara det andra syftet i den här studien bör en diskussion föras kring hur väl det fungerat att tillämpa det teoretiska ramverket TIS i den här undersökningen. Som ramverk kan TIS upplevas omfattande och svårhanterligt och därför utgjorde analys-schemat utvecklat av Bergek et al. (2008) ett viktigt stöd för analysen. Att identifiera de strukturella komponenterna aktörer, nätverk och institutioner var effektivt för att skapa förståelse för hur systemet är uppbyggt. Det gav en bild av vilka aktörsgrupper som spelar en framträdande roll och vilka aktörer som skapar nätverk mellan varandra. Vidare gav analys av institutionella komponenter en grund för förståelsen kring vilka lagar och regelverk som påverkar utvecklingen. Dock gav den strukturella analysen inte något stöd i att värdera maktbalanser mellan aktörer och hur det påverkar utvecklingen. Exempelvis är TIS:et beroende av finansiell stöttning från statligt finansierade forskningsprogram och Transportstyrelsen har en nyckelposition i och med att de beviljar test. Vidare har aktörerna olika ansvarområden och således intressen i det här systemet vilket inom ramen för det här ramverket var svårt att diskutera.

De funktionella komponenterna bedöms som effektiva för att beskriva olika processer inom TIS:et som kan vara viktig för fortsatt utveckling. Genom funktionella analysen kunde även olika nivåer av processer tas upp. Exempelvis framgick den centrala roll pilotprojekten och de drivande aktörerna spelat för en utveckling av TIS:et samtidigt som den nya förordningen och satsningen som gjorts från statligt håll också identifierats som viktiga drivkrafter. Således fungerar den funktionella analysen väl i det hänseendet att den bidrar till en ökad förståelse för dynamiken i systemet och hur olika aktiviteter hänger samman. En kritik som riktades mot TIS-analys var oförmågan att identifiera kontextuella faktorer vilket var något som uppmärksammades även i den här analysen. Exempelvis fanns det inget naturligt utrymme att diskutera utveckling av andra teknologier eller marknader som skulle kunna bidra eller förhindra utvecklingen av TIS:et. En utveckling som kan påskynda processen med självkörande skyttlar visade sig vara implementering av BRT-system och fullstora självkörande bussar vilket hade kunnat förbises. Det finns möjligen andra sådana här utvecklingar som sker parallellt som inte tagits upp i den här studien. Vidare finns risken att den globala utvecklingens roll kan ha underskattats. Dock ansågs det effektivt att göra en geografisk avgränsning eftersom det annars blir en för omfattande analys

Som en ändring av det befintliga ramverket och analys-schemat gjordes en bedömning av TIS:ets utvecklingsfas och målsättning innan den funktionella analysen. Detta var ett effektivt sätt för att få förståelse för vad som kan förväntas av systemets funktionalitet samt hantera de visioner och mindre delmål som finns för TIS:et. Till framtida TIS-analyser föreslås att detta görs för att skapa en starkare grund för diskussion kring funktionaliteten i systemet.

7. Slutsats och vidare forskning

Det första syftet med den här studien var att undersöka förutsättningarna för utvecklingen av självkörande skyttlar i kollektivtrafiken. Studien visade på att utvecklingen av självkörande skyttlar befinner sig i en demonstrationsfas. För att nå en nischmarkandsfas och kommersialisering behövs ett fortsatt stöd för pilotprojekt samt att tillståndsprcessen för test med självkörande fordon förenklas. Pilotprojekten visade sig fylla en viktig funktion för systemets utveckling, framförallt för att skapa samverkan mellan olika aktörer, sprida och utveckla kunskap samt legitimera teknologin. Därför föreslås det att fler pilotprojekt med självkörande fordon utförs. Framförallt tester där tekniker och metoder för att öka hastigheten och avlägsna säkerhetsoperatören testas. Exempelvis test med fjärrstyrningssystem och tekniker som prioriterar skyttlarna gentemot annan trafik. Pilotprojekten får gärna utföras i större skala och kombinerat med test av fullstora självkörande bussar. En viktig faktor i utvecklingen visade sig vara samverkan mellan aktörer och därför behöver ansvarsroller och kostnadsfördelning mellan aktörer utredas ytterligare. Om en klassisk rollfördelning där RKM:er upphandlar operatörer (som ansvarar för drift) ska bibehållas måste interna RKM-system och upphandlingsregler anpassas för självkörande fordon.

Det andra syftet med den här studien var att undersöka om det teoretiska ramverket teknologiska innovationssystem var lämpligt för att besvara det första syftet. Både den strukturella analysen och funktionella analysen var effektiva för att skapa en förståelse för hur systemet är uppbyggt och förklara de aktiviteter som sker i systemet. Ramverket gav för lite stöd i att studera kontextuella faktorer som kunde påverka utvecklingen.

Referenser

Litteratur

- Alessandrini, A. (2016), "Final Report Summary - CITYMOBIL2 (Cities Demonstrating Cybernetic Mobility)", ss. 1-25.
- Alessandrini, A., Campagna, A., Site, P.D., Filippi, F. och Persia, L. (2015), "Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities", *Transportation Research Procedia*, Vol. 5, ss. 145–160.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S. och Rickne, A. (2008), "Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis", *Research Policy*, Vol. 37 No. 3, ss. 407–429.
- Bischoff, J. och Maciejewski, M. (2016), "Simulation of City-wide Replacement of Private Cars with Autonomous Taxis in Berlin", *Procedia Computer Science*, Vol. 83, ss. 237–244.
- Bryman, A. (2011), *Samhällsvetenskapliga Metoder*, 2nd ed., Vols. 1-1, Liber, Malmö.
- Bösch, S., Nordström, A. och Fält, S. (2013), "Bus Rapid Transit - ett kollektivt färdssätt med framtid", *Trafikverket*, No. 104.
- Center for Sustainable Systems. (2017), "Autonomous Vehicles Factsheet". No. CSS16-18, University of Michigan.
- Dekker, S.W.A. och Woods, D.D. (1999), "To Intervene or not to Intervene: The Dilemma of Management by Exception", *Cognition, Technology & Work*, No. 1, ss. 1-10.
- Duarte, F. och Ratti, C. (2018), "The Impact of Autonomous Vehicles on Cities: A Review", *Journal of Urban Technology*, ss. 1–16.
- EPO. (2018), "Patents and self-driving vehicles: The inventions behind automated driving", *European Patent Office*, p. 76.
- Fagnant, D.J. och Kockelman, K.M. (2014), "The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 40, ss. 1–13.
- Fraedrich, E., Beiker, S. och Lenz, B. (2015), "Transition pathways to fully automated driving and its implications for the sociotechnical system of automobility", *European Journal of Futures Research*, Vol. 3 No. 1.
- Geels, F.W. och Kemp, R. (2007), "Dynamics in socio-technical systems: Typology of change processes and contrasting case studies", *Technology in Society*, Vol. 29 No. 4, ss. 441–455.

- Goodall, W., Dovey, T., Bornstein, J. och Bonthron, B. (2017), "The rise of mobility as a service", Deloitte Review, p. 20.
- Greenblatt, J.B. och Shaheen, S. (2015), "Automated Vehicles, On-Demand Mobility, and Environmental Impacts", Current Sustainable/Renewable Energy Reports, Vol. 2 No. 3, ss. 74–81.
- Hallén, G. (2016), "Statistik om bussbranschen", Sveriges Bussföretag, ss. 1-98.
- Hekkert, M.P., Suurs, R.A.A., Negro, S.O., Kuhlmann, S. och Smits, R.E.H.M. (2007), "Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 74 No. 4, ss. 413–432.
- Hellsmark, H., Bergek, A. och Hellström, T. et al. (2014), "Teknologiska innovationssystem inom energiområdet: En praktisk vägledning till identifiering av systemsvagheter som motiverar särskilda politiska åtaganden", Energimyndigheten, No. 23, ss. 1-309.
- Hultén, J., Wretstrand, A., Pettersson, F., Aldenius, M. och Anund, A. (2018), "Vilken framtid har bussen?", K2, ss. 1-72.
- Hårskog, C., Magnusson, U., Hammarlund, S., Tufvesson, E., Henriksson, J., Nylander, A. och Lundgren, R. (2018), "Trafikverkets Omvärldsanalys 2018", Trafikverket, No. 2018:180.
- Keolis. (2017). "Unlimited mobility - autonomous shuttles", Keolis.
- Kristoffersson, I., Brenden, A.P. och Mattsson, L.-G. (2017), "Framtidsscenarier för självkörande fordon på väg", VTI, p. 1-36.
- Markard, J., Hekkert, M. och Jacobsson, S. (2015), "The technological innovation systems framework: Response to six criticisms", Environmental Innovation and Societal Transitions, Vol. 16, ss. 76–86.
- Nielsen, G., Nelson, J.D., Mulley, C., Tegnér, G., Lind, G. och Lange, T. (2005), Public Transport: Planning the Networks. HiTrans, Stavanger, Norge.
- Patel, R. och Davidson, B. (2011), Forskningsmetodikens Grunder - Att Planera, Genomföra Och Rapportera En Undersökning. 4th ed., Vols. 1-1, Studentlitteratur AB, Lund.
- Paulsson, A. (2018), "Nya former av delad mobilitet och kollektivtrafik - Kunskapsöversikt av effekterna och effektiviseringsmöjligheter av nya former av delad mobilitet för kollektivtrafiken", Nationellt Kunskapscentrum För Kollektivtrafik, ss. 1-31.
- Pernestål Brenden, A. och Kottenhof, K. (2018), "Self-driving shuttles as a complement to public transport - a characterization and classification", konferensartikel till Transport Research Arena TRA 2018, Wien.

- Pessaro, B. (2016), "Evaluation of automated vehicle technology for transit - 2016 update", National Center for Transit Research, ss. 1–22.
- Ringqvist, S. (2016), "Kollektivtrafikens styrning och organisering - Utveckling och erfarenheter av lokal och regional kollektivtrafik 1970 - 2015", Nationellt kunskapscentrum för kollektivtrafik, ss. 1-41.
- Salazar, M., Rossi, F., Schiffer, M., Onder, C.H. och Pavone, M. (2018), "On the Interaction between Autonomous Mobility-on-Demand and Public Transportation Systems", Cornell University, ss. 1-9.
- Schnurr, M. (2018), "Transport Policy Labs: Two Swedish Cases", RISE Viktoria, ss. 1-4.
- SKL. (2018), "Automatiserade fordon i lokal och regional miljö", Sveriges Kommuner och Landsting.
- SOU. (2018a), "Vägen till självkörande fordon - introduktion Del 1", Statens offentliga utredningar (SOU), No. 16, p. 612.
- SOU. (2018b), "Vägen till självkörande fordon - introduktion Del 2", Statens offentliga utredningar (SOU), No. 16, p. 709.
- Smith, G., Sochor, J. och Sarasini, S. (2017), "Mobility as a Service: Comparing Developments in Sweden and Finland", ICoMaaS 2017 Proceedings, ss. 1-17.
- Trafikanalys. (2018), "Regional Linjetrafik 2017", Trafikanalys.
- UITP. (2017), "Autonomous vehicles: a potential game changer for urban mobility", International Association of Public Transport (UITP).
- Yin, R.K. (2011), Kvalitativ Forskning Från Start till Mål. 1st ed., Vols. 1-1, The Guilford Press, New York.
- Zhang, D., Zhao, J., Zhang, F., Jiang, R. och He, T. (2015), "Feeder: supporting last-mile transit with extreme-scale urban infrastructure data", Proceedings of the 14th International Conference on Information Processing in Sensor Networks - IPSN '15, konferensartikel till the 14th International Conference, ACM Press, Seattle, Washington, ss. 226–237.
- Zhang, W., Guhathakurta, S., Fang, J. och Zhang, G. (2015), "Exploring the impact of shared autonomous vehicles on urban parking demand: An agent-based simulation approach", Sustainable Cities and Society, Vol. 19, ss. 34–45.

Intervjuer

- Almlöf, Erik; Doktorand inom självkörande fordons effekter på samhället och trafikanalytiker, KTH/ITRL och Trafikförvaltningen (SL). 2018. Intervju den 9 oktober.

Bemler, Marie; Industridoktorand inom fjärrtrafik för logistisk, tidigare strategiskt ansvarig för roadmap för självkörande fordon, Scania. 2018. Intervju via Skype den 8 oktober.

Engström, Robert; Projektledare för självkörande fordon, Nobina. 2018. Intervju den 21 september.

Jansson, Jan; Affärsutvecklare smart mobilitet, Keolis. 2018. Intervju den 27 september.

Löfgren, Birger; Forskningsledare för gruppen Sustainable Transports och fokusområdesledare för urban mobilitet, RISE Viktoria. 2018. Intervju via Skype den 24 oktober.

Rosén, Peter; Affärsområdesansvarig för uppdragsavtal med Nobina på sektion buss samt huvudkontaktperson för projektet i Barkarbystaden, Trafikförvaltningen (SL). 2018. Intervju den 25 oktober.

Sjöström, Thomas; Projektledare och koordinator för Eccentric projektet (smart stad) samt huvudkontaktperson för projekt Autopiloten, Stockholm stad (Trafikkontoret). 2018. Intervju den 1 oktober.

Skoglund, Tor; Tekn Dr och forskningsledare inom ITS, automatiserade transportsystem mm., Sweco. 2018. Intervju via Skype den 19 september.

Internetkällor

I de fall som det funnits utgivningsdatum på hemsidan har det används i referensen, i annat fall har hämtningsdatum angivits.

2getthere. Company Profile. Tillgänglig online:

<https://www.2getthere.eu/company/company-profile/> (2018-11-01).

Autonomous Mobility. Mission. Tillgänglig online: <https://www.amobility.dk/mission/> (hämtad 2018-11-01).

Drive Sweden, a. Om Drive Sweden Tillgänglig online:

<https://www.drivesweden.net/om-drive-sweden> (hämtad 2018-10-22).

Drive Sweden, b. Outlook for personal mobility. Tillgänglig online:

<http://outlook.drivesweden.net/> (hämtad 2018-11-09).

Easymile. Home. Tillgänglig online: <http://www.easymile.com/> (hämtad 2018-11-02).

Göteborgs Stad. S3 - Shared Shuttle Services. Tillgänglig online:

<https://goteborg.se/wps/portal?uri=gbglnk%3a20171030152929388> (hämtad 2018-10-19).

ITRL, 2018. Our Research | KTH. Integrated Transport Research Lab (ITRL).

Tillgänglig online: <https://www.itrl.kth.se/research/our-research-1.562494> (hämtad 2018-11-15).

- ITRL, 2017. About ITRL | KTH. Integrated Transport Research Lab (ITRL).
Tillgänglig online: <https://www.itrl.kth.se/about-us/about-itr1-1.562435> (hämtad 2018-11-15).
- Järfälla kommun. Självkörande bussar blir verklighet i Barkarbystaden – Barkarbystaden. Tillgänglig online: <http://www.barkarbystaden.se/nyheter/sjalvkorandebussarblirverklighetibarkarbystaden.5.36ac70f31639ecd947f330b7.html> (hämtad 2018-10-19).
- Navya, a. History. Tillgänglig online: <https://www.navya-corp.com/index.php/en/navya/history> (hämtad 2018-11-02).
- Navya, b. Autonomous Vehicles Applications - NAVYA | Navya. Tillgänglig online: <https://navya.tech/en/autonom-shuttle/applications/> (hämtad 2018-11-07).
- NE. delningsekonomi - Uppslagsverk - NE.se. Tillgänglig online: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/delningsekonomi> (hämtad 2018-12-02).
- Nobina, 2018a. Nu rullar Nobinas självkörande bussar i Kista. Tillgänglig online: <https://www.nobina.com/sv/sverige/nyheter/projektet-autopiloten/#> (hämtad 2018-10-19).
- Nobina, 2018b. Modern mobilitet i Barkarbystaden får stöd av Vinnova. Tillgänglig online: <http://news.cision.com/se/nobina-ab/r/modern-mobilitet-i-barkarbystaden-far-stod-av-vinnova.c2623621> (hämtad 2018-11-26).
- NHTSA, 2017. Automated Vehicles for Safety. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Tillgänglig online: <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety> (hämtad 2018-12-02).
- Regeringskansliet, 2016. Regeringens strategiska samverkansprogram. Tillgänglig online: <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/regeringens-strategiska-samverkansprogram/> (hämtad 2018-11-02).
- Regeringskansliets rättsdatabaser, 2017. Förordning (2017:309) om försöksverksamhet med självkörande fordon. Tillgänglig online: <http://rkrattsbaser.gov.se/sfst?bet=2017:309> (hämtad 2018-10-19).
- RISE Viktoria, a. Home | RISE Viktoria. Tillgänglig online: <https://www.viktoria.se/> (hämtad 2018-10-23).
- RISE Viktoria, b. Drive Sweden ABC - Autonomous Base Camp | RISE Viktoria. Tillgänglig online: <https://www.viktoria.se/projects/drive-sweden-abc-autonomous-base-camp#description> (hämtad 2018-10-23).
- RISE Viktoria, c. Verklighetslabb support / Policy Lab (Drive Sweden) | RISE Viktoria. Tillgänglig online: <https://www.viktoria.se/projects/verklighetslabb-support-policy-lab-drive-sweden> (hämtad 2018-10-23).
- S3, a. Q&A | s3project.se. Tillgänglig online: <https://s3project.se/qa/> (hämtad 2018-11-2).

- S3, b Om tekniken | s3project.se. Tillgänglig online: <https://s3project.se/om-tekniken/> (hämtad 2018-10-19).
- S3, c. Samarbetspartners | s3project.se. Tillgänglig online: <https://s3project.se/samarbetspartners/> (hämtad 2018-10-19).
- S3, d. s3project.se |. Tillgänglig online: <https://s3project.se/> (hämtad 2018-11-26).
- SKL. Kontakter till regionala kollektivtrafikmyndigheter. Sveriges Kommuner och Landsting (SKL). Tillgänglig online: <https://skl.se/samhallsplaneringinfrastruktur/trafikinfrastruktur/kollektivtrafikpersontransporter/regionalakollektivtrafikmyndigheter.1235.html> (hämtad 2018-09-26).
- SLL. SL:s kollektivtrafik. Stockholms Läns Landsting (SLL). Tillgänglig online: <https://www.sll.se/verksamhet/kollektivtrafik/sl/> (hämtad 2018-11-15).
- Transportstyrelsen. Kollektivtrafik – Transportstyrelsen. Tillgänglig online: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Yrkestrafik/Kollektivtrafik/> (hämtad 2018-09-26).
- Transportstyrelsen, 2017. Tillstånd krävs för försök med självkörande fordon. Tillgänglig online: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/Nyhetsarkiv/tillstand-kravs-for-forsok-med-sjalvkorande-fordon/> (hämtad 2018-11-2)
- Vinnova, 2018. Samarbete hållbar innovation: strategiska innovationsprogram | Vinnova. Tillgänglig online: <https://www.vinnova.se/m/strategiska-innovationsprogram/> (hämtad 2018-10-19).
- Volvo Buses, 2018. Pioneering Automation: Volvo demonstrates autonomous bus | Volvo Buses. Tillgänglig online: <https://www.volvobuses.com/en-en/news/2018/jun/pioneering-automation-volvo-demonstrates-autonomous-bus.html> (hämtad 2018-11-01).

Appendix A

Exempel på intervjuprotokoll.

Kommentar: Ett intervjuprotokoll skapades likt denna. Under vissa intervjuer lades frågor till som var anpassade specifikt för respondenten. Exempelvis frågor kring planering och resultat från pilotprojekten.

Inledande frågor

- Berätta om din roll på xxx och gärna om dina uppgifter kopplat till självkörande fordon.
- Vad är xxx allmänna inställning till självkörande skyttlar i kollektivtrafiken?

Användningsområden

- Vilka problem/utmaningar går det att lösa med dessa skyttlar som inte kan lösas med befintliga fordon/förare?
- Vilka ekonomiska incitament finns det för er att börja använda självkörande fordon?
- Var anser du det rimligt att satsa på en implementering?
 - o Var finns behovet?
 - o Var kommer det vara ekonomiskt motiverat?
 - o Var är det inte rimligt?

Teknik/infrastruktur

- För att dessa fordon ska kunna implementeras framgångsrikt, hur ser du att staden eller infrastrukturen behöver anpassas?
- Hur mogen ser du att fordonstekniken är idag för att implementeras i kollektivtrafiken?
- Bör infrastrukturen anpassas till fordonen eller ska fordonstekniken utvecklas så pass långt att infrastrukturen inte behöver anpassa sig?
- Vilken del av fordonstekniken behöver utvecklas för att få ett robust system?

Juridiskt

- Vilka lagar och regler måste ni förhålla er till i projekt med självkörande skyttlar?
- Ser du någon problematik kring upphandling? (Hur upphandlas en innovation som denna?)

Framtida utveckling

- Vem bär ansvaret för att självkörande skyttlar testas och implementeras?
- Vilka främsta hinder ser du för en mer utbredd implementering av självkörande skyttlar i kollektivtrafiken?
 - o Tekniska?
 - o Sociala?
 - o Samhälleliga/ekonomiska?
- Vilka är de främsta möjliggörarna för en bredare implementering?
- Hur ser acceptansen ut för att åka i ett självkörande fordon?
- När tror du det är rimligt att se en mer utbredd implementering av självkörande skyttlar i kollektivtrafiken?

Appendix B

Agenda för konferensen Drive Sweden Forum 17e okt 2018.

Agenda:

- 09.00 - Coffee & sandwich
- 09.30
Welcome to Drive Sweden Forum & Intro KRABAT - *Jan Hellåker*
- 09.40
 - Project: The Autopilot in Kista - *Mikael Jansson*
 - SARA1 overview / The transition to self-driving buses - *Rami Darwish*
 - Determinants of Willingness-to-Pay for AV Services - *Pei Nen Chee (Esther)*
- 10.15 - Networking coffee break
- 10.45
Allocation of Autonomous Buses - *Jonas Hatzenbuehler*
- 11.00
Panel debate: System impacts from self-driving buses - *Vaïke Fors moderator, Mikael Jansson, Anna Pernestål Brenden, Yusak Sussilo, Erik Jenelius, Viktor Malmsten*
- 11.45
Partner pitch: VOI - e-scooter startup - *Carro Hjelm*
- 12.00 - Networking lunch
- 13.00
 - Shared Shuttle Services, overview & results from the Chalmers pilot - *Birger Löfgren & Autonomous Mobility*
 - ABC progress & status - *Birger Löfgren*
 - Shuttle business models - *Sigma Dolins*
- 14.00 - Networking coffee break
- 14.30
Challenges of an Autonomous Service Provider - *David Shakory, MOIA (Volkswagen Group)*
- 14.45
Panel, Theme: Technology & Business Models - *Sigma Dolins moderator, David Shakory - MOIA, Clement Delbouys - Easymile, Herve Gentil - Navya, Dennis Mica - 2getthere*
- 15.30
 - Barkarby preview - *Lars Polgren*
 - LIMA preview - *Sofia Löfstrand*
 - Next steps, closing - *Jan Hellåker*
- 16.00 - Conference ends

Arrangeras av Drive Sweden & KTH.