Självkörande bilar i urbana miljöer

- en studie med avseende på trafiksäkerhet

LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Institutionen för Teknik och Samhälle / Väg och Trafik

Examensarbete:
Madelen Alfredsson
Elin Johansson

© Copyright Elin Johansson och Madelen Alfredsson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2019

Sammanfattning

Fram till idag har framförandet av ett motorfordon krävt en mänsklig och närvarande förare. Med en mänsklig förare följer en mänsklig faktor. Under de senare åren har fler automatiska funktioner implementerats i nya bilar och självkörande bilar på högre nivåer har börjat utvecklas. Denna utveckling påverkar mänskliga faktorns inverkan. Syftet med examensarbetet är att utreda vilken problematik och krav som idag finns för självkörande bilar för att kunna implementeras i urbana trafikmiljöer. Målet har även varit att utreda vilka trafiksäkerhetsproblem som införandet av självkörande bilar kan lösa samt utreda om ny problematik kan uppstå. Examensarbetet ämnar besvara följande frågeställningar:

- Vilka utmaningar ställs självkörande bilar inför vid introduktionen i komplexa och urbana trafikmiljöer?
- Vad krävs av självkörande bilar för att kunna hantera dagens trafikmiljö samt vilka problem kan tänkas uppstå kopplat till trafiksäkerhet?

De huvudsakliga metoderna för examensarbetet har utgjorts av litteraturstudie och kompletterande, muntliga intervjuer. Examensarbetet är avgränsat till att enbart studera personbilar. Ingen fördjupning av utmaningarna görs.

Resultatet visar på en stor osäkerhet kring hur vår trafiktekniska utformning med omgivande trafikanter kommer påverkas av fler självkörande fordon. Ett antal utmaningar behöver utredas för att självkörande bilar på högre nivåer ska kunna integreras i samhället; bättre informations- och kommunikationssystem, föraröverovakning samt uppkoppling och digitalisering. Även ett gediget samarbete mellan samtliga aktörer i samhället behöver upprättas för att effektivisera utvecklingen. Det står klart att trafiksäkerheten kommer förbättras succesivt vid införandet av självkörande bilar men att ny problematik kan följa på grund av livliga och föränderliga urbana miljöer som är svåra att programmera automatiska funktioner inför.

Nyckelord: självkörande fordon, autonoma fordon, automatiserade fordon, autonom mobilitet, ITS, urban miljö, trafiksäkerhet, mänskliga faktorn, oskyddade trafikanter, interaktioner.

Abstract

Until today, the performance of a motor vehicle has required the present of a human driver. With a human driver follow human factors. In recent years, more automatic functions have been implemented in new cars and self-driving cars at higher levels have begun to develop. This development limits the influence of the human factors. The purpose is with the thesis project, to investigate which problems and requirements are presently available for self-driving cars to be implemented in urban traffic environments. The goal has also been to investigate what road safety problems introduction of self-driving cars can solve and to investigate whether new problems can arise. The thesis aims to answer the following questions:

- What challenges do self-driving cars face when introduced in complex and urban traffic environments?
- What is required of self-driving cars to be able to handle today's traffic environment and what problems may arise related to road safety?

A literature review was made and as a complement, interviews were conducted with experts. The project is limited to only study cars. No deepening in the various challenges is done.

The result shows a great uncertainty about how our traffic design and surrounding road users will be affected by more self-driving vehicles. A number of challenges needs to be investigated in order for self-driving cars at higher levels to be integrated into society; better information and communication systems, driver monitoring and connection and digitization. A solid cooperation between all actors in society also needs to be established. It is clear that road safety will improve with the introduction of self-driving cars, but that new problems can follow due to lively and changing urban environments that are difficult to program in autonomous functions.

Keywords: self-driving vehicles, autonomous vehicles, automated vehicles, autonomous mobility, ITS, urban environment, road safety, human factor, vulnerable road users, interactions.

Förord

Detta examensarbete på 22,5 högskolepoäng är en avslutande del i Högskoleingenjörsutbildningen Byggteknik med inriktning Väg- och trafikteknik på Lunds tekniska Högskola. Idén till examensarbetet kom till succesivt under utbildningen efter att självkörande bilar förekom mer och mer vid föreläsningar. Frågor som ”planerar man inför implementeringen av självkörande bilar? Kan man på något sätt effektivisera hur man bygger vägarna idag? Hur är mottagandet och inställningen till självkörande bilar?” är frågeställningar som inspirerat och bidragit till valet av examensarbetet. Att fördjupa sin kunskap om självkörande bilar blev självklart i valet av ämne till examensarbetet.

Vi vill rikta en stor tacksamhet till Anton och Linda på Ramböll Göteborg som har gett oss en frihet i samband med genomförande av detta examensarbete och erbjudit oss trevliga miljöer att arbeta i. Vi vill även tacka samtliga på avdelningen Mobilitet och Stadsutveckling på Ramböll för deras varma välkomnande och för de inspirerande samtalen som hållits.

Vår handledare András Várhelyi, forskare på LTH har varit till stor hjälp genom att vägleda oss från början, med att rekommendera inriktning inom det breda området för självkörande fordon, till slutet med att hjälpa oss strukturera upp vår rapport.

Vi vill även tacka de intervjupersoner som ställt upp för att fylla upp vår kunskapslucka och bidraga till vårt slutgiltiga resultat.

Trevlig läsning!

Elin Johansson och Madelen Alfredsson,
Maj 2019

Begrepp och förkortningar

ACC – Adaptive cruise control, assisterande system. Adaptiv farthållare som assisterar hastigheten i longitudinal riktning.

ADAS – Advanced driver assistance system, allmänt begrepp för att sammanfatta flera automatiska funktioner. Teknikerna inom ADAS syftar till att anpassa och förbättra körningen genom att assistera föraren.

AI - Artificiell intelligens – intelligens som visas av maskiner.

Autobromssystem – automatisk bromsning när system i bilen uppfattar att en kollision närmar.

Automatiska funktioner – Samlingsbegrepp för alla assisterande system i ett fordon.

CWS – Collision warning system, assisterande system. Upptäcker föremål och potentiella faror inom ett längre avstånd från bilen och ingriper med broms om så behövs.

C-ITS – Central Intelligent transportsystem. Intelligenta informations- och kommunikationssystem inom infrastrukturen som styrs via central ledning.

DMS - Driver monitoring system. Trafiksäkerhetssystem som övervakar föraren och varnar om föraren är trött.

E-call – är en funktion som larmar själv om bilen krockar.

Geofencing – Geografiskt avgränsat område med högt utvecklad informations- och kommunikationsteknik. Övervakar och kartlägger objekts rörelser inom området.

HA - Hastighetsanpassning

ITS – Intelligent transport system, ett brett begrepp för Informations- och kommunikationssystem

LKA – Lane keeping assistance, assisterande system. Assisterar körningen i latitudinal riktning

Nollvisionen – Trafiksäkerhetsvision för att arbeta med att förbättra trafiksäkerheten i Sverige. Visionens långsiktiga huvudmål är att ingen ska skadas allvarlig eller dödas i trafiken.

Parking assistant – Assisterande system i samband med parkering.

Receptive, fallback-ready driver – En förare som är beredd att ta över kontrollen över fordonet då systemet kräver det.

SAE international – Organisation som sammanför och utbildar ingenjörer samtidigt som de utvecklar bland annat fordon med automatiska funktioner.

Självkörande bilar – Bilar med någon nivå av automatisk funktion. Finns i sex olika nivåer.

Strada – Swedish Traffic Accident Data Acquisition – Transportstyrelsens informationssystem för data om olyckor och skador inom vägtransportsystemet.
Traffic jam assist – är ett hjälpsystem som accelerera, bromsar och stoppar vid trafikstockning.
Traffic jam pilot – fordonet tar över körningen helt vid trafikstockningssituationer.
Trafikstyrning – styrning av trafiken via till exempel VMS.
Trafikövervakning – övervakning av trafiken och syftar till att skapa säkerhet och trygghet.
Transportpolitiska målen – Mål för svensk transportpolitik, innefattar hänsynsmålet som inriktar sig på trafiksäkerhet, miljö och hälsa, och funktionsmålet som handlar om tillgänglighet för medborgare och näringsliv.
VMS – Variable message signs, omställbara meddelande skyltar. Sitter ovanför vägen som styr trafikflöden och riktning. Skyltar vid sidan av vägen förmedlar trafikinformation.
Vägtull – ofta kallat trängselskatt. Används för att minska trängsel, bidra till finansiering av infrastruktursatsningar och förbättra miljön.
Wienkonventionen – Ett internationellt avtal om vissa gemensamma trafikregler inom trafikområdet.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING ..... **I**

ABSTRACT ..... **II**

FÖRORD ..... **III**

BEGREPP OCH FÖRKORTNINGAR ..... **IV**

1. INLEDNING OCH BAKGRUND **1**

1.1. INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM, ITS 3
1.2. EXEMPEL PÅ FÖRARSTÖDSYSTEM 6
1.3. SJÄLVKÖRANDE BILAR 7
1.3.1. Sensorer *10*
1.4. KOMMUNIKATION MED INFRASTRUKTUR OCH ANDRA FORDON 12
1.5. TIDIGARE FORSKNING (STATE OF ART) 13
1.6. SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING 15
1.7. AVGRÄNSNING 16

2. METOD **17**

2.1. LITTERATURSTUDIE 17
2.1.1. Använda söktermer *18*
2.2. INTERVJUER MED SAKKUNNIGA 19
2.2.1. Val av intervjupersoner *20*

3. RESULTAT **22**

3.1. RESULTAT AV LITTERATURSTUDIE 22
3.1.1. Trafikplanering i urbana miljöer *22*
3.1.2. Möjligheter för ökad trafiksäkerhet i urbana miljöer *24*
3.1.3. Införandet av självkörande bilar (nivå 3–5) och dess utmaningar *30*
3.1.3.1. Interaktionen mellan självkörande bilar och föraren 33
3.1.3.2. Kritiska säkerhetsaspekter vid en övergång mellan autonomt och manuellt körläge 36
3.1.3.3. Interaktionen mellan självkörande bilar och oskyddade trafikanter 37
3.2. RESULTAT AV INTERVJUER MED SAKKUNNIGA 40
3.2.1. Vilka utmaningar ställs självkörande bilar inför vid introduktionen i komplexa och urbana miljöer? *40*
3.2.2. Vad krävs av självkörande bilar för att kunna hantera dagens trafikmiljö samt vilka problem kan tänkas uppstå kopplat till trafiksäkerhet? *42*
3.3. SAMMANFATTNING AV RESULTATET 44

4. DISKUSSION OCH SLUTSATSER **45**

4.1. VILKA UTMANINGAR STÄLLS SJÄLVKÖRANDE BILAR INFÖR VID INTRODUKTIONEN I KOMPLEXA OCH URBANA TRAFIKMILJÖER? 45
4.2. VAD KRÄVS AV DE SJÄLVKÖRANDE BILARNA FÖR ATT KUNNA HANTERA DAGENS TRAFIKMILJÖ SAMT VILKA PROBLEM KAN TÄNKAS UPPSTÅ? 47
4.3. METODDISKUSSION 48
4.3.1. Litteraturstudie *48*
4.3.2. Intervjuer med sakkunniga *48*
4.4. SLUTSATSER 49

REFERENSER **50**

BILAGA 1. INTERVJUFRÅGOR **54**

1. Inledning och bakgrund

Fram till idag har framförandet av ett motorfordon krävt en mänsklig och närvarande förare. Med en mänsklig förare följer en mänsklig faktor. Cirka 94 procent av de olyckor som sker idag beror på den mänskliga faktorn (Stanciu *et al*., 2018). De olyckor som kan bero på den mänskliga faktorn är att reagera på olika objekt, som till exempel framförvarande fordon och oskyddade trafikanter. 18 procent av de dödsolyckor som sker idag i Sverige är trafikbaserade, varav 99 procent av de olyckor är från vägtrafiken (Hydén, 2008). I urbana miljöer förekommer oskyddade trafikanter i olyckorna, till skillnad mot utanför tätbebyggt område där ofta endast motorfordon är inblandade. Det finns dessutom ett stort mörkertal avseende olycksstatistik med oskyddade trafikanter inblandade, då endast olyckor och skador som kräver polis eller sjukvård rapporteras in till STRADA. Mörkertalet har ett samband med hur omfattande själva skadan är, desto mindre grad av skada desto mindre rapporteras (Elvik och Vaa, 2009). I Lund har en studie gjorts mellan registrering av olyckor via polisen och via regionala sjukhuset. Studien visar att registreringar hos polisen endast innefattar 55 procent av det totala antalet skadade cyklister och 22 procent av skadade fotgängare, skadade bilister har högre statistik och innefattar över 85 procent (Berntman, Berntman och Nilsson, 1995; Berntman och Modén, 2008).

I Sverige jobbar man aktivt med att minska antalet dödade i trafiken. Ett av delmålen i de Transportpolitiska målen, hänsynsmålet, handlar om säkerhet, miljö och hälsa. 1997 introducerades nollvisionen, som är en kvantifierbar del av hänsynsmålet. Visionen innebär att minska antalet dödade och allvarligt skadade till noll i samband med trafikolyckor. Enligt Gregersen (2016) bygger nollvisionen på att trafikanterna följer regler, visionen begränsas därmed av de mänskliga besluten. Att människan kan ta felaktiga beslut vid framförandet av ett fordon eller ha bristande attityd och riskmedvetenhet är en ofta bidragande faktor till uppkomsten av trafikolyckor (Gregersen, 2016).

För att minska antalet trafikolyckor i linje med nollvisionen är ett alternativ att eliminera den mänskliga faktorn. Att substituera den mänskliga föraren med teknik och introducera självkörande bilar är ett alternativ för att reducera en bidragande faktor till uppkomsten av trafikolyckor (Gregersen, 2016).

Gregersen (2016) menar att ett tänkt framtidsscenario för att uppnå nollvisionen i urbana miljöer är att bilen kommer ersättas av fordon med automatiska funktioner och oskyddade trafikanter kommer att sättas i fokus för utvecklingen av städer.

År 1968 författades Wienkonventionen. Sverige och ett flertal andra länder ratificerade konventionen, den trädde i kraft år 1977 samt i Sverige år 1986. Wienkonventionen berör vägtrafik och syftar till att förbättra vägsäkerhet samt underlätta internationella vägtrafiken. Genèvekonventionen var den första konventionen med samma syfte, den författades 1949 och idag är Wienkonventionen den moderniserade versionen. Majoriteten av Sveriges körkortsregler, trafikregler, vägmärken och signaler härstammar från dessa konventioner (Regeringskansliet, 2018). Ett känt hinder för självkörande fordon är att Wienkonventionen kan tolkas på två sätt, ”föraren måste alltid vara i kontroll” eller ”föraren måste kunna vara i kontroll under hela tiden”. Sverige tolkar det som att ”föraren måste kunna vara i kontroll under hela tiden” vilket medför att inga större lagändringar för applicering av högre autonom körning krävs. Länderna som tolkat det att ”föraren måste alltid vara i kontroll” behöver göra mer omfattande lagändringar (Eugensson, utan årtal).

Utvecklingen av självkörande bilar går i en snabb takt framåt, och flera bilaktörer har idag prototyper av självkörande bilar som testas i befintlig trafikmiljö. Waymo, Googles prototyp av självkörande bilar är idag ett av de fordon som kört flest antal mil och har erfarenhet av komplexa trafikmiljöer. Företaget har arbetat med självkörande bilar sedan år 2009 och har idag avverkat 800 000 mil med deras testfordon som idag är självkörande (Waymo LLC, 2018). Även Volvo Cars har sedan tidigare ett pilotprojekt, DriveMe Sweden, som sedan år 2017 trafikerat Göteborgs allmänna vägar (Kronborg *et al*., 2018)

I dagens infrastrukturplanering finns inga riktlinjer för hur man ska planera städer med självkörande bilar inkluderat. I urbana miljöer är dessutom trafiksituationen komplex då många olika trafikslag rör sig på samma yta. Redan idag ställs höga krav på den urbana infrastrukturens utformning för att undvika olyckor. Hur blir det då i framtiden med självkörande bilar? Kan införandet av självkörande bilar förbättra dagens trafiksituation i urbana miljöer, eller medför införandet nya problem och vilka tänkbara utmaningar finns? Dessa frågor ligger till grunden för rapporten. Rapporten är en sammanställning av dagens problematik vid införandet av självkörande bilar. Syftet är att insamla material och information om tidigare forskning med självkörande bilar och vilka problem som står i vägen för utvecklingen och införandet i befintlig trafikmiljö.

1.1. Intelligent transport system, ITS

Intelligent transport system, ITS är ett brett samlingsbegrepp för att sammanfatta flera olika kommunikation- och informationstekniker inom transportområdet och är en viktig komponent för att självkörande bilar skall kunna framföras. Det finns olika områden inom ITS och de vanliga systemen är fordon eller infrastrukturbaserade. Den första implementeringen av ITS gjordes år 1958 och var då fordonsbaserad och utgjordes av en mekanisk farthållare i longitudinal riktning (Meng, 2016).

Fordonsbaserad ITS är hård- och mjukvara i fordonet som informerar och assisterar föraren. Vanliga funktion är exempelvis:

- Adaptive cruise control, ACC
- Lane keeping assistance, LKA
- Parking assistant

Med hjälp av fordonsbaserad ITS kan körningen assisteras i både longitudinal och latitudinal riktning. Genom fordonet kan även information mottas från infrastrukturen, till exempel vilka regler som råder. Utvecklingen av fordonsbaserad ITS är en viktig faktor för att eliminera mänskliga faktorn och lyckas med självkörande bilar (Meng, 2016).

Infrastrukturbaserad ITS innefattar kommunikation och information utanför fordonet och kan vara:

- Vägtull
- Trafikövervakning
- Trafikstyrning – variabla meddelandeskyltar, VMS och trafikljus

I framtiden är visionen att möjliggöra mer kommunikation genom information från smarta telefoner, till exempel att kommunicera med självkörande bilar (Rasouli och Tsotsos, 2018). Denna teknik kan beskrivas som personbaserad ITS.

Även Cooperative intelligent transportation system, C-ITS är en variant av ITS vars utveckling sker parallellt och fristående från utvecklingen av självkörande bilar. C-ITS utvecklas för att fordon och trafikanter skall kunna samarbeta med varandra digitalt i trafiken genom en central styrning. Målet med C-ITS är bland annat att förbättra framkomligheten genom effektivare trafikstyrning, som blir möjlig med en högre nivå av självkörande bilar (Kronborg *et al*., 2018).

I Figur 1 visas en översikt på utvecklingen av ITS och vilka system som kommunicerar med vad.

Figur 1 Exempel på ett intelligent transport system scenario (*VANET research Group at Middlesex University*, utan årtal)

I Sverige arbetar Trafikverket med att förbättra framkomligheten och trafiksäkerheten genom att använda ITS för att ge trafikinformation. Informationen kommuniceras till trafikanterna genom variabla meddelandeskyltar (VMS), radio, text-tv och internet. VMS är elektroniska realtidstavlor som ger information om vägarbeten, olyckor, kö-längd eller antal tillgängliga parkeringar (Trafikverket, 2009).

För att ITS skall uppfylla sitt syfte och samtliga funktioner ska kunna nyttjas krävs en stabil och snabb kommunikation mellan infrastruktur väginfrastrukturen till servrar och molntjänster (Kronborg *et al*., 2018)

Det primära syftet med utvecklingen, utöver tillgänglighet och komfort, är att öka trafiksäkerheten. Flera av ITS systemen kan inkluderas i programmet Nollvisionen, som är ett viktigt verktyg för att arbeta med att reducera antalet olyckor. Många av de förarstödda systemen är redan utvecklade och redo att implementeras. Eventuella oönskade effekter av allt mer automatiska funktioner behöver identifieras och utredas (Almqvist, Larsson och Várhelyi, 2010).

1.2. Exempel på förarstödsystem

Flera avancerade sensorbaserade intelligenta transportsystem finns idag för att assistera föraren och utvecklingen för att förbättra fordonen förändras varje dag. Nedan presenteras ett antal utvalda system som aktivt assisterar föraren i sin körning. Dessa system anses varit en viktig faktor i syfte att förbättra trafiksäkerheten i fordonen (Näringsdepartementet, 2018):

Hastighetsanpassade system

Hastighetsanpassade (HA) system finns idag och är även under utveckling. Med hjälp av kamera eller navigationssystem kan information om hastigheter detekteras och hur systemet anpassar hastigheten kan variera, vanligast är att via instrumentpanelen informera föraren vilken hastighet som råder. Även ingripande system har testats i forsknings- och utvecklingsprojekt där systemet bromsar gaspedalens funktion om hastigheten överskrids. Med ett obligatoriskt HA-system som till 100 procent reglerar hastigheten kan personskadeolyckor minska med 29 procent, jämfört med den frivilliga varianten som endast förutspås minska personskadeolyckorna med tolv procent (Almqvist, Larsson och Várhelyi, 2010).

Körfältsstöd

Körfältsstöd (Lane keeping assistans, LKA) minskar risken för att fordonet kör av vägen eller över i motsatt körriktning. Tidigare tekniker varnade föraren men idag kan fordonet med hjälp av sensorer hålla fordonet inom körfältet (Almqvist, Larsson och Várhelyi, 2010).

E-call

E-call är en typ av larmfunktion som flera bilar utrustas med idag. Med E-call kan ett samtal till larmoperatörer automatiskt aktiveras efter att sensorer från krockkuddar aktiveras i samband med kollision. Larmoperatören får information om tid, plats, position och fordonsidentifiering. Larmfunktionen kan även aktiveras manuellt. Med larmfunktion i fordon kan vägtrafikolyckor hanteras mer effektivt och med snabbare vård förutspås bland annat skador av allvarlig karaktär minska med 5–15 procent (Almqvist, Larsson och Várhelyi, 2010).

Kollisionsvarningssystem

För att utveckla säkrare fordon i stadsmiljö har Volvo introducerat ett kollisionsvarningssystem (Collision warning system, CWS) med sensorer med en räckvidd på 150–200 meter som är avsett för att detektera faror. Systemet har idag utvecklats till att kunna upptäcka fotgängare och varna föraren och om det behövs ta över bromsfunktionen. Trafiksäkerhetseffekten har ingen inte utvärdera än (Almqvist, Larsson och Várhelyi, 2010).

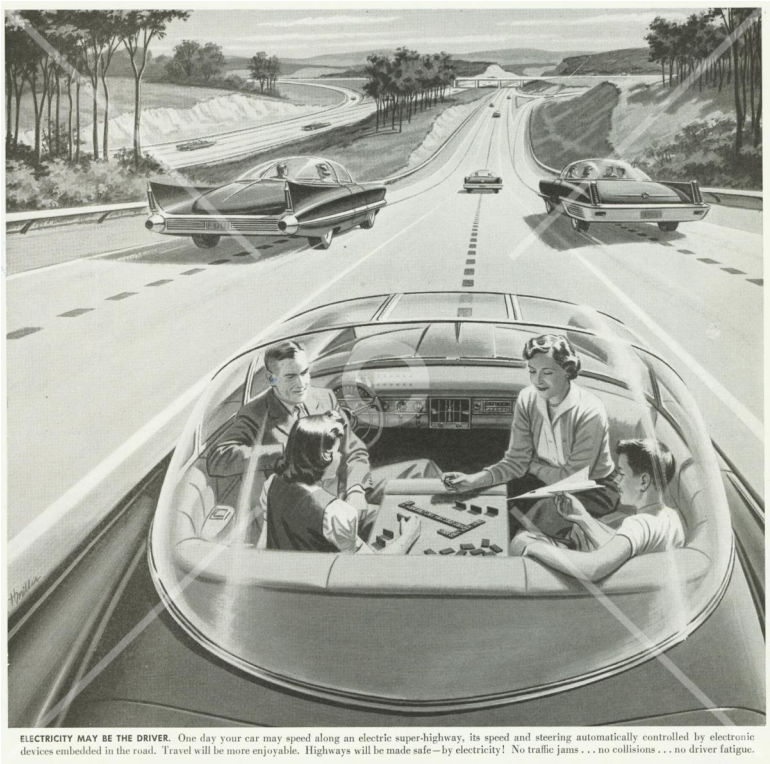
Trötthetsvarnande system

Trötthetsvarnande (Driver monitoring system, DMS) system har implementerats i moderna bilar och kan till exempel fungera genom att analysera fordonets förändring av körriktning genom att läsa av vägmarkeringar och systemet detekterar om föraren inte har kontroll över fordonet. Det finns även sensorer i ratten som skall kunna bedöma tröttheten hos en förare. Systemen kompletteras med hjälp av kameror som övervakar föraren genom till exempel ögonblinkningar och informerar föraren om paus rekommenderas. Systemet kan bidra till en riskkompensation eftersom föraren litar på att systemet upptäcker när föraren är för trött (Almqvist, Larsson och Várhelyi, 2010).

1.3. Självkörande bilar

Automatiserad körning kategoriseras i olika nivåer där det sista steget innebär att fordonet är helt självkörande (Näringsdepartementet, 2018). Det finns ett antal olika institutioner som tagit fram beskrivningar och definitioner för att kunna kategorisera de olika nivåerna. Den som kommer användas i denna rapport är framtagen av SAE International, som består av sex nivåer (*SAE International*, 2018). Andra som har tagit fram olika klassifikationer av automatiserad körning är National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), German Association of the Automotive Industry (VDA) och German Federal Highway Research Institute (BASt).

Första visionen om självkörande bilar fanns redan på 1920-talet och vid världsutställning New York World's fair futurama. År 1939 presenterades första konceptet på självkörande bilar som en vision om framtidens transporter (Meng, 2016).



Figur 2 Visionen om självkörande bilar i USA, år 1947. Bild hämtad från Everett Collection (utan årtal)

År 1947 visades den första prototypen av självkörande bilar enligt Figur 2. Trots presentationen av självkörande bilar har utvecklingen av högt automatiska funktioner tagit flera decennier.

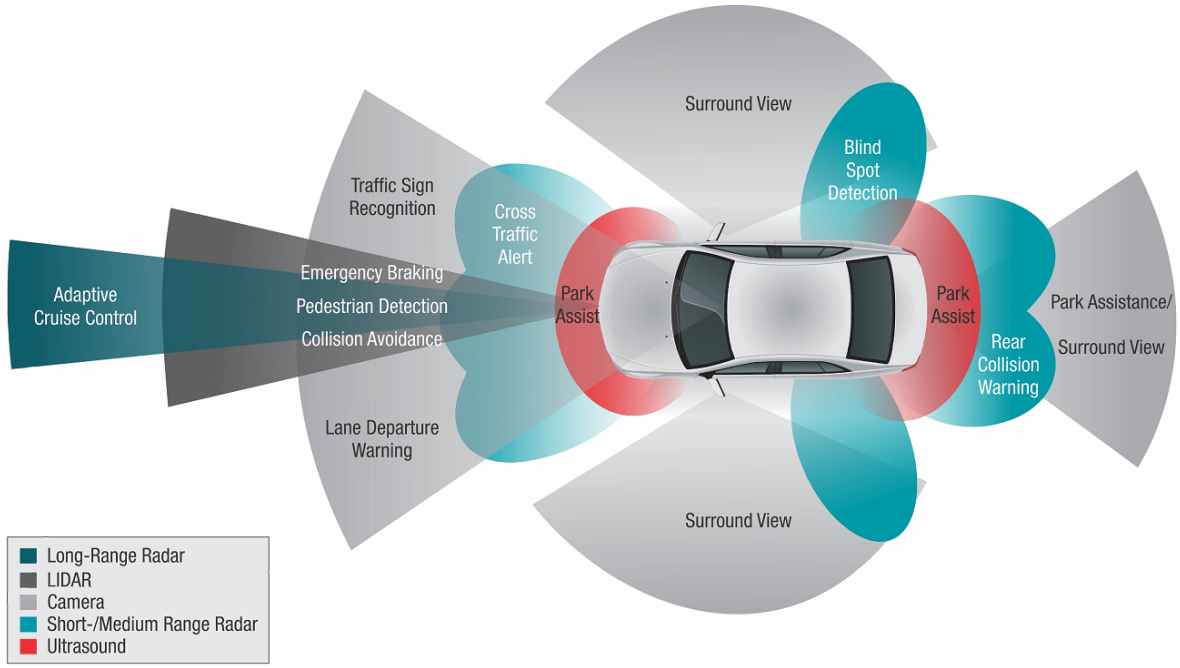
I Tabell 1 visas definitionen av de olika nivåerna av automation. Redan vid steg 3 kan föraren lämna över större delen av köruppgifterna till systemet men måste ingripa när systemet ber om det. Tidigare kunde det innebära att föraren var 5:e minut behövde sätta en hand på ratten, idag räcker med att föraren tittar på vägen när systemet ber om det (*Smart-Eye*, utan datum). Vid steg 3 och 4 krävs att föraren övervakar systemet under hela körningen.

Tabell 1 Nivåer av självkörande bilar enligt SAE international (SAE International, 2018)

SAE-nivå	**Beskrivning**	**Ansvar**
0	Under alla förhållanden manövreras den dynamiska körningen (broms, gas samt styrning) av en mänsklig förare. Automatisering som kan finnas i fordonet är utrustning av automatisk bromsning vid kritisk situation eller varningssignaler för döda vinkeln eller körfältsavvikelse.	Förare
1	Fordonet kan i vissa situationer ta över en körfunktion, dock endast en funktion i taget och förlitar sig på att föraren har kontroll över alla andra dynamiska körfunktioner. Exempel på automatiska funktioner: fartkontroll eller körfältscentrering.	Förare
2	En eller flera körfunktioner kan användas samtidigt men fortfarande med förlitan på att föraren har kontroll över alla andra dynamiska körfunktioner. Exempel på automatiska funktioner: fartkontroll samt vägcentrering.	Förare
3	Automatiserad körning på vissa villkor. Ett automatiskt system. Vid specifika tillfällen kan systemet ta över samtliga dynamiska körfunktioner. Systemet kan begära att föraren måste ta kontroll över bilen när alla aspekter inte kan kontrolleras. Detta kan vara aktuellt vid vissa typer av vägar, hastigheter eller klimat.	Förare/System
4	Hög automatiserad körning. Systemet ska klara av alla dynamiska köraspekter i samtliga förhållanden. Systemet kan manövreras men kommer inte att begära att föraren ska ta över.	System/Förare
5	Full automation. Ett autonomt system som ska manövrera alla dynamiska köraspekter under samtliga förhållanden. Mänsklig manövrering är inte möjligt.	System

1.3.1. Sensorer

För att kunna manövrera ett fordon behöver en förare kunna besvara ”Vart är jag?”, ”Vad är runt mig?”, ”Vad kommer hända härnäst?” och ”Vad bör jag göra?”. Då en självkörande bil ska besvara dessa frågor görs det med hjälp av sensorer som beskrivs närmare i följande underrubriker och avbildas även i Figur 3 (Waymo LLC, 2018). Samtliga sensorer är beroende av varandra för att skapa en uppfattning om rådande trafikmiljö (Kong *et al.*, 2017).



Figur 3 Översikt av vanliga ADAS och sensorer (AAA Automotive, 2017).

Kartmaterial

För att få information om lokalisering används geosatelliter och GPS-positionering. En kombination av systemen ger en mer exakt positionering. Kartmaterial erhålls som hjälper fordonet att navigera. Idag används GPS-system i kombination med lasersensorer för att få information om vart bilen befinner sig, men även vilka trafikregler som gäller på sträckan (Koskelainen, 2018).

Kamera

Via en kamera som oftast sitter på fordonets tak, kan information samlas in i ett 360-graders perspektiv runt om fordonet. Detta gör att fordonet kan få information om hastigheter på andra fordon som befinner sig såväl framför, på sidan av eller bakom fordonet i realtid. Bildmaterialet är inte direkt användbart för fordonet utan går igenom en bildanalys som ger information om vad för objekt som finns runt fordonet. Idag finns monokameror i bilarna, som bara känner igen sådant den har lärt sig känna igen, medan stereokameror som är under utveckling, skall kunna hantera mer oväntade situationer och objekt (Näringsdepartementet, 2018).

Radar

En radarsensor använder våglängder för att bedöma avstånd, detektera objekt och uppfatta rörelser. Radarsensorerna fungerar även vid regn, dimma och snö, dag och natt. Radar har 360 graders överblick och kan mäta hastigheter på fordon framför, vid sidan eller bakom fordonet (Waymo LLC, 2018).

Lidar

Lidar är en laserbaserad sensor, som med hjälp av en laserpuls mäter avstånd 360 grader runt fordonet. Laserpulsens retur detekteras och tiden för returstrålen beräknas. Sensorn fungerar i mörkt och ljust ljus och mäter med hjälp av laser avståndet till föremål och objekt. Det finns tre olika typer av lidar; ett system för kortare avstånd som ger en direkt överblick runt fordonet, ett för medellånga avstånd och ett system för längre avstånd. Fördelen med Lidar är att den är mer exakt än andra metoder och att den kan mäta på avstånd upptill 70 meter. Lidarsystemet har begränsningar eftersom det inte fungerar i alla väder (Kong *et al*., 2017; Waymo LLC, 2018).

1.4. Kommunikation med infrastruktur och andra fordon

V2V

”Vehicle to Vehicle”, V2V innebär att fordon kommunicerar och delar information med varandra. V2V är en viktig komponent framför allt i självkörande bilar av högre nivåer eftersom fordonet begränsas utan förare och inte har förmågan att upptäcka objekt långt fram på samma sätt som en förare kan göra (Kronborg *et al*., 2018). Flera fördelar följer med att fordon kan kommunicera med varandra, inte minst kan flödet förbättras på grund av osäkerheter i samband med korsningar och cirkulationsplatser elimineras (Meng, 2016).

V2I/I2V

Med ”Vehicle to infrastructure” eller ”Infrastructure to vehicle”, V2I/I2V kan kommunikation ske mellan fordon och infrastrukturen. Oftast i syfte att förbättra framkomlighet men även för att varna om till exempel väglag eller farliga objekt. Information som berör framkomligheten kommuniceras ut via realtidstavlor placerade längs med vägar. Information om väglag och köer som bilar uppfattar kan kommuniceras från fordonen (Laurgeau, 2012).

V2P/P2V

”Vehicle to pedestrians" eller ”Pedestrians to vehicle”, V2P/P2V beskriver kommunikationen mellan fordon och fotgängare. Användandet av smartphones kan i framtiden nyttjas till att kommunicera mellan fotgängare och självkörande bilar. ”Pedestrian to vehicle” kan leda till att fordonet känner av fotgängarens rörelse, med hjälp av positionsdata, som kan förutsäga vilken intention fotgängaren har för sin riktning. ”Vehicle to pedestrain” innebär att fordonet kommunicerar med fotgängare, som kan vara av fördel i de fall då fotgängare misslyckats med att uppmärksamma ett fordon. Med hjälp av denna kommunikation mellan fordon och fotgängare kan olyckor som beror på skymd sikt elimineras (Hussein *et al*., 2016). Dock visar studier att många fotgängare är motvilliga att använda sig av denna teknologi då de anser att ansvaret förskjuts från fordon till fotgängare (Rasouli och Tsotsos, 2018).

V2X/X2V

”Vehicle to everything”, V2X/X2V som betyder är all typ av kommunikation mellan fordon och övriga föremål eller objekt som kan påverka körningen. ”Vehicle to everything” är än så länge under utveckling och är beroende av utvecklingen av V2V, V2I och V2P. Visionen är att genom information om till exempel position eller hastighet delas till infrastrukturen och fordon kan man förutse potentiella faror och kollisioner. Syftet med att kunna kommunicera med allt är att förbättra säkerheten, framkomligheten och effektiviteten (STMicroelectronics, 2019).

1.5. Tidigare forskning (State of art)

Automatiska funktioner har sedan länge funnits i bilar. Idag finns ett fåtal bilar med nivå 3 system, till exempel Audi med traffic jam assistent.

Tidigare forskning beträffande självkörande bilar är relativt limiterad och i stor utsträckning nyligen publicerad. Forskning som finns idag har fokuserat på hur människan skall kunna hantera bland annat manövrering av nivå 3 och 4 av självkörande bilar. I flera rapporter studeras övergången från autonom till manuell körning vid systemkollaps och övertagandets kvalité visar sig ofta vara undermålig. I många fall har föraren svårt att ställa om från att ha fokuserat på annat än körningen till när systemet ber att ta över kontrollen (Lu *et al*., 2016; Kyriakidis *et al*., 2017; Wandtner, Schömig and Schmidt, 2018).

Enligt Näringsdepartementet (2018) är visionen att år 2020 tillåta självkörande bilar på nivå 3–4 på motorvägar och i samband med parkering av fordonet. År 2025 ska självkörande bilar på nivå 3–4 tillåtas i stadsmiljö (Näringsdepartementet, 2018).

Flera pilotprojekt har genomförts i utvecklingen av självkörande bilar på nivå 3–4, bland annat har Volvo ett storskaligt projekt som heter DriveMe beläget i Göteborg som dessutom stöds av den svenska regeringen. Projektet bedrivs i samarbete med flera sakkunniga aktörer och de områden projektet fokuserar på är (*DriveMe Testsite Sweden*, utan datum):

- Hur fordon med automatiska funktioner kan ge samhälleliga och ekonomiska fördelar i form av förbättringar av trafikflöde, miljö och säkerhet.
- Infrastrukturkrav för autonom körning.
- Vilka trafiksituationer som är lämpliga för självkörande bilar.
- Kundernas förtroende för självkörande bilar.
- Hur förare i omgivningen smidigt kan interagera med en självkörande bil.

År 2021 är ambitionen att Volvo skall leverera bilar på SAE nivå 4, vilket innebär att bilen är i stort sett självkörande när föraren väljer detta körläge.

För att främja utvecklingen beslutade regeringen i november 2015 att utreda vilka regelförändringar som behövs för en introduktion av självkörande bilar i allmän trafik. Denna utredning underlättar försöksverksamhet med självkörande bilar på högre nivåer. Utredningen gav tillstånd för Volvo att fortsätta med pilotprojektet DriveMe i september 2018. Med detta tillstånd kan utvalda privata användare köra specialutrustade fordon ur testflottan som ska trafikera i Göteborg. Tillståndet innehåller dock ett antal begränsningar som förmodligen kommer påverka Volvos ambition att 2021 leverera självkörande bilar på nivå 4 (Zenuity, 2019).

I USA driver Google ett pilotprojekt, Waymo, om självkörande bilar som pågått sedan 2009. De bilar som körs inom Waymo är självkörande och är ett av de projekten med flest antal körda mil, vilket innebär mer insamlade data. Waymo har 2018 startat med så kallade ”Early riders” som innebär att utvalda testpersoner får köra helt självkörande bilar, utan de begränsningar som finns i Sverige (Waymo LLC, 2018).

Som trafikplanerare planerar man redan idag för självkörande bilar i framtida projekt. Konsultbolaget Sweco undersöker på uppdrag av Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs stad där man skall utreda hur Göteborgs stad kan förbereda sig för självkörande bilar. Utredningen skall ge underlag för framtida översiktsplan som beskriver olika scenarier för hur staden kan utformas om självkörande bilar och transportsystem får stort genomslag i samhället.

Forskning om vilka utmaningar som finns med komplexa urbana miljöer är mycket begränsad och berör oftast interaktionen mellan oskyddade trafikanter och självkörande bilar.

1.6. Syfte och frågeställning

Syftet är att undersöka vilka utmaningar självkörande bilar ställs inför, främst i komplexa urbana trafikmiljöer och vad införandet av självkörande bilar innebär för trafikinfrastrukturen med avseende på trafiksäkerhet.

Målet med examensarbetet är att få förståelse för vilka utmaningar trafikinfrastrukturen står inför med en ny typ av fordonsflotta samt redovisa eventuella konsekvenser och alternativa förbättringsmöjligheter med inkluderingen av självkörande bilar.

Rapporten besvarar följande frågeställningar:

- Vilka utmaningar ställs självkörande bilar inför vid introduktionen i komplexa och urbana trafikmiljöer?
- Vad krävs av självkörande bilar för att kunna hantera dagens trafikmiljö samt vilka problem kan tänkas uppstå kopplat till trafiksäkerhet?

1.7. Avgränsning

Examensarbetet begränsas till att endast undersöka personbilar och persontransporter. Ingen fördjupning görs av vad för förändringar som krävs och vilka luckor som finns i dagens regelverk. Examensarbetet fokuserar på bilar med högre automatiseringsnivå, nivå 3–5 enligt SAE-skalan. Examensarbetet kommer fokusera på de utmaningar som finns för att självkörande bilar skall kunna introduceras i den trafikmiljön som råder idag. Examensarbetet kommer ej ge någon fördjupning utan endast beröra vissa möjligheter som medförs med självkörande bilar. Problematiken med ökad övervakning i samband med utveckling av kommunikation- och informationstekniker kommer ej beröras.

Trafikens effekter beskrivs vanligen med framkomlighet, tillgänglighet, miljö och trafiksäkerhet. Fokus ligger på trafiksäkerhet och andra effekter berörs i begränsad utsträckning.

2. Metod

2.1. Litteraturstudie

För att erhålla kunskap om självkörande bilar och vad tidigare studier resulterat i och även för att identifiera eventuella utmaningar vid introduktionen av självkörande bilar används litteraturstudie som en del av metoden.

Vid sökningen valdes nyckelorden efter kända termer inom området för självkörande bilar, trafiksäkerhet och utformning. För att få ett tillräckligt utbud av litteratur användes engelska nyckelord. Val av sökord grundar sig på frågeställningarna och avgränsningar och är framtagna genom en rad sökningar för att hitta tillfredsställande relevant litteratur.

Göteborg förekom i flertalet rapporter vid litteratursökningen och används som ett exempel på en komplex urban miljö som planerar för en eventuell introduktion av självkörande fordon.

Första litteratursökningen sker i LUBsearch, för att erhålla en bred sökning och utreda hur många artiklar som finns inom området. Andra sökningen sker i Scopus, en citeringsdatabas som huvudsökningsbas för att ge väsentlig samt adekvat litteratur. Samtliga sökningar sker med samma sökkombination. Litteratursökning sker i Scopous och LUBsearch som antas vara tillräckligt bred sökning. Avgränsningen av sökning för relevant material inom trafiksäkerhet gjordes av mänskliga faktorn för att få relevant information.

En sökstrategi skapas genom ett antal söktermer och sökfraser som är relevanta för frågeställningarna. Genom att använda de booleska operatorerna AND, OR, NOT ger det databasen specifika anvisningar som ger olika utfall. En kombination av de enskilda blockens begrepp och termer bildar en boolesk operator. AND användes för att binda ihop blocken och OR användes för att binda ihop varje nyckelord inom specifikt block. All sökning sker i antingen titel, abstrakt eller som nyckelord. För att få så relevanta sökslingor som möjligt görs sökningarna i flera olika kombinationer av blocken. Blocken redovisas i Tabell 2. Block 1 användes i samtliga sökningar och kombinerades sedan med respektive block för att få referenskällor.

2.1.1. Använda söktermer

Litteraturstudien är utförd med fem sökkombinationer. Den första sökningen som genomfördes innehöll en kombination av nyckelord i block ett och två, som visas i Tabell 2, med olika benämningar för att insamla relevant material innehållande artiklar om självkörande bilar och mänskliga faktorer. Mänskliga faktorn (human factors), utmaningar för mänskliga faktorn och övergångar är relevant för trafiksäkerheten kopplat till övergångar mellan autonom och manuell körning. Den andra sökningen ämnades insamla material om utformning och innehöll sökkombination mellan block ett och tre. Den fjärde sökningen ämnades insamla material om självkörande bilar och oskyddade trafikanter.

För att få en bredare sökning valdes ord med ofta förekommande olika böjningar att avslutas med stjärna.

Tabell 2 Nyckelord och söktermer i fyra olika block som används vid litteratursökning

Block 1	**Block 2**	**Block 3**	**Block 4**	**Block 5**
Autonomous* vehicle* OR	Human factor* OR	Urban* OR	Pedestrian* OR	Traffic environment
Automated driving* OR	Human factor challenges* OR	Road design* OR	Vulnerable road user*	
Autonomous* car*	Human error*	Infrastructure design* OR		
		Road infrastructure OR		
		Traffic design OR		
		Traffic infrastructure OR		
		Urban design* OR		
		Urban planning		

2.2. Intervjuer med sakkunniga

I en intervjusituation, att man kan se personen man för en dialog med kan göra att man uppfattar relevanta kroppsspråk och känslouttryck. Kroppsspråk kan enbart uppfattas vid möte med respondenten men känslouttryck kan förmedlas i olika former, språk således som i skrift. Salmons (2012) menar att detta kan uttryckas genom uttryckssymboler och textmarkörer (Salmons, 2012). En fördel med att inte utföra intervjuer ansikte mot ansikte är att alla människor har omedvetna och medvetna uppfattningar och tillskriver andra människor egenskaper exempelvis utifrån kön, ålder, kläder och utseende. På det sättet kan interjuver via internet stärka människan integritet och upprätthålla en viss anonymitet (Sveningsson et al., 2003).

Genom att skriva sina svar istället för att uttala dem muntligt kan medföra att svaren inte blir lika spontana. När man formulerar sig i skrift sker mer eftertanke på budskapet man vill få ut samt analyserar sitt ordval i större utsträckning. Dock kan detta vara en fördel då respondenten får mer tid att formulera sig och en verklig chans att besvara på det sättet personen vill (Sveningsson, Lövheim och Bergquist, 2003) och detta är även något som Janet Salmons (2010) tar upp som en positiv aspekt.

En teori som Sveningsson et al. (2003) presenterar är att människor svarar mer uppriktigt via en mailintervju för att de inte behöver möta intervjuarna i verkligheten. Svenningsson et al. (2003) tar även upp att forskaren kan inleda med hur långa svar som förväntas samt vad för typ av svar som förväntas.

Mailintervjuer anses vara effektivt, genom att flera intervjuer kan hanteras parallellt (Salmons, 2010). Flera för- och nackdelar med att göra intervjuer via Internet är att skriftspråk kan uppfattas olika från det talade språket, att man inte ser intervjupersonen och att tid och rum mister sitt inflytande (Sveningsson et al., 2003). Dessa för och nackdelar beskrivs närmare i det följande.

Genom mailintervjuer är man varken beroende av tid eller rum och det underlättar oftast vid bearbetning av materialet eftersom man får konkreta svar från respondenter och de kan besvara dem när tillfälle ges.

Intervjuformen bygger på en semi-strukturerad intervju, även kallad halvstrukturerad intervju. En intervjuguide (se *Bilaga 1: Intervjufrågor*) upprättades. Enligt Bryman (2002) är det att föredra att börja med frågor om bakgrundsinformation, vilket medförde att inledande frågor berörde namn, arbetsplats och beskrivning av arbetsuppgifter. Denna information ansågs vara relevant för få en övergripande förståelse för svaren på resterande frågor. Bryman (2002) säger även att inte alla frågor behöver ställas till samtliga respondenter, vilket hänsyn har tagits till och ställt mer ingående frågor till personer som har mer kunskap inom särskilt område. Om för många frågor används ökar risken att respondenterna inte svara lika utförligt på alla frågor (Sveningsson, Lövheim och Bergquist, 2003), följaktligen valdes att maximalt ställa 13 frågor som var tillräckligt breda och möjliggjorde att respondenterna själva fick välja riktning på svar.

Efter litteratursökningen genomfördes ansågs det att en väl täckande informationsmängd hade erhållits och vikten av intervjuer ansikte mot ansikte var därför inte lika stor. Följaktligen avgränsades större delen av intervjuerna till enbart mailintervjuer, även fast det fanns möjlighet att genomföra enstaka intervju ansikte mot ansikte. Det givna materialet från litteratursökningen upprättade strukturen på rapporten och dess rubriker och de kunskapsluckor som återstod kunde besvaras med hjälp av intervjuer. Med mail-intervjuer som metod kunde intervjuerna utformas på samma sätt. Endast en intervju gjordes via telefon.

2.2.1. Val av intervjupersoner

Valet av intervjupersoner baseras på resultatet från litteratursökningen. De olika intervjupersonerna presenteras här nedan:

Lunds Tekniska Högskola

Professor i Trafikteknik arbetar med forskning och undervisning vid Lunds Universitet där huvudområdet är inom trafiksäkerhet och ITS.

Smart eye

Smart Eye är ett företag som arbetar med lösningar för huvud- och ögonspårning. Företaget är uppdelat i två delar där den ena delen, Research Instruments, jobbar med att leverera mätutrustning till forskare på universitet och företag i fordons-, flyg-, medicin- och försvarssektorn. Denna typ av mätutrustning mäter vart personer tittar, hur huvudet är positionerat, hur öppet ögat är och pupillens diameter. Detta görs med hjälp av ett antal kameror riktade mot försökspersonen.

Den andra delen av företaget, Automotive Solutions, jobbar uteslutande mot fordonsindustrin med målet att vara en mjukvaruleverantör för huvud- och ögonspårning (mer känt som Driver Monitoring system) lösningar integrerade i fordon i serieproduktion. Denna del av verksamheten ser idag semi-autonoma fordon som en av de stora drivkrafterna inom industrin för att integrera ett Driver Monitoring system.

Trafikverket

På Trafikverket är vår intervjuperson strateg för uppkopplade och automatiserade framtida transporter på Trafikverket och har sedan 2012 aktivt arbetat med forskning och utveckling med fokus på morgondagens transporter som skapar god tillgänglighet i hållbara samhällen.

Zenuity

Zenuity är ett företag som gör mjukvaror för aktiv säkerhet och självkörande funktioner i personbilar. Vår valda intervjurespondent är ansvarig för ”New Technology” som innebär strategiska byggande av deras tekniska ekosystem och forskning.

3. Resultat

3.1. Resultat av litteraturstudie

3.1.1. Trafikplanering i urbana miljöer

Det finns lite forskning om hur självkörande bilar av högre nivåer faktiskt kommer att påverka stadens trafik, miljö, struktur, människors vardag samt stadslivet. Majoriteten av projekten och diskussionerna som förs berör teknologin, internet-tjänster, tekniska system och lagstiftning (Bard och Ntemiris, 2017).

Enligt Charlie Coles slutsats måste stadsplanerare, forskare och ingenjörer samarbeta kring och involvera sig i utvecklingen av ITS. Samarbetet behövs för att uppnå bästa resultat vid stadsutformning, för att kunna informera allmänheten på ett korrekt sätt och inte hämma utvecklingen av infrastrukturen. En rekommendation är även att respekterade forskare och kunniga inom ITS delar med sig av relevant kunskap och tillgänglig information för att underlätta för stadsplanerare, forskare och ingenjörer (Coles, 2016).

Med automatiska funktioner i fordon kan utformningen i städerna effektiviseras. Bilar med automatiska funktioner förväntas ta mindre plats och kunna utföra vissa funktioner av sig själv, som till exempel att parkera. Ett exempel är parkeringar där fordonen kommer att kunna parkera på egen hand, och inget utrymme behövs för att öppna dörrar och så vidare. Idag behöver en parkeringsplats vara 2,5 meter bred, och med självkörande bilar kan man minska detta utrymmet till 2,1 meter. Man kommer att kunna minska ytan med 10–15 procent för samma antal bilar. Fordonen skall kunna parkera av sig själv, vilket möjliggör att fordonet kan släppa av föraren vid destinationen för att därefter söka upp närmsta lediga parkering. Med en utvecklad V2I kommer fordonen få information om vart närmsta lediga parkering finns. Delningsfunktioner av självkörande bilar kan också påverka behovet av antalet parkeringsplatser till det mindre om fordonet delas mellan flera användare. Placeringen av parkeringsplatser och parkeringshus/garage kan frigöra yta i centrala delar av städer. Med självkörande bilar kan trafiken organiseras på ett nytt sätt och även skapa en bättre levnadsmiljö. En ny rangordning kan skapas och olika trafikantgrupper kan prioriteras mer (Näringsdepartementet, 2018).

Göteborgs stad är ett exempel på en komplex urban miljö och ligger i framkant med att möjliggöra en introduktion av självkörande bilar eller fordon och en stad med mycket rörelse av olika trafikslag såsom spårvagnar, motorfordon, cyklister, fotgängare med flera, som skall integrera med varandra. En av de större utmaningarna för självkörande bilar är att appliceras i ett sådant system, med flera olika trafikslag med människan inblandad, som ofta står för ologiska och plötsliga handlingar medans systemen i självkörande bilar är logiska och gör det man programmerat dem att göra. Dock kan artificiell intelligens vara en viktig komponent som kan förstå och tolka signalerna från människornas intentioner (Pernestål Brenden, 2018).

Göteborgs stad är delaktiga i ett utvecklingsprojekt som ämnar implementera självkörande bilar. Från Göteborgs stad medverkar trafikkontoret, parkeringsbolaget, Älvstranden Utveckling, Business Region Göteborg och stadsbyggnadskontoret i projektet DriveMe gemensamt med Volvo Car Group, Trafikverket, Chalmers tekniska högskola, Autoliv och Lindholms Science park (Trafikkontoret, 2017). DriveMe innefattar ett stort antal varierade utvecklings- och forskningsprojekt, allt från projekt som behandlar parkeringsfrågor till lagstiftning. Projektets huvudsakliga syfte är att utreda och forska kring vilken utsträckning självkörande bilar kan skapa samhällsnyttiga nettoeffekter och att bidra med nya möjligheter för stadsplanering och infrastruktur. Genom att ett gediget samarbete mellan industri, akademi och samhälle finns i Göteborg och att Göteborgs stad vill vara i framkant i att använda självkörande teknik, bidrar det till en stabil grund för att främja utvecklingen av denna typ av projekt. DriveMe är speciellt omtalat för ett test som innefattar att införa självkörande bilar på Göteborgs vägnät, i riktig trafik (Göteborgs Stad, Volvo Cars och Göteborgs Stads Parkering AB, 2017).

I Göteborgs stads översiktsplan görs just nu en fördjupning om hur självkörande bilar kan komma att påverka staden. Syftet med fördjupningen är att lyfta problem, hinder och möjligheter som självkörande bilar av högre nivåer innebär för fysisk planering. Genom att Göteborgs stad avsätter resurser och arbetar aktivt med hur självkörande bilars roll i framtiden kommer vara gör det att staden främjar en eventuell utveckling. Trots ovetande om hur utvecklingen faktiskt kommer ske finns nu en potentiell möjlighet att kunna påverka från början av utvecklingen genom att ligga i framkant av forskning. Om Göteborgs stad inte involverar sig finns risk för att de positiva effekterna som införandet kan medföra uteblir (Trafikkontoret, 2017; Levander *et al*., 2018).

3.1.2. Möjligheter för ökad trafiksäkerhet i urbana miljöer

Trafiksäkerhet i Sverige

När man talar om trafiksäkerhet handlar det oftast om olyckor, med det innefattar även den upplevda risken. I trafikområdet ingår vägtrafik, luftfart, bantrafik och sjötrafik. Som tidigare nämnt står vägtrafiken för 99 procent av alla dödade och skadade inom trafikområdet och av alla dödsolyckor i Sverige utgör vägtrafiken 18 procent (Hydén, 2008). Mellan år 2007 och 2017 har dödade personer i vägtrafikolyckor minskat med 49 procent.

I Sverige arbetar Trafikverket med sitt trafiksäkerhetsarbete utifrån Nollvisionen genom att utreda olyckorna som skett. Olyckorna utreds för att få kunskap om olyckor och ta lärdom och på det viset förhindra att inte liknande olycka ska inträffa samt förebygga så att infrastrukturen för väg, järnväg och fordon blir säkrare. Genom att förmedla sin kunskap om olyckor till andra aktörer som medverkar till trafiksäkerhetsarbetet kan även arbetssätt och rutiner bli säkrare, vilket är en väsentlig del för att alla ska jobba gemensamt mot att Nollvisionen upprätthålls. Vid samtliga dödsolyckor som sker i Sverige upprättas en utredning av olyckan och således granskas samtliga delhändelser för att utreda vad som faktiskt skedde, varför olyckan inträffade och vad som kan förebyggas för att liknande olycka inte ska inträffa igen. När en så kallad olycksutredning utförs av Trafikverket så är det tre relevanta uppgifter som de granskar i utredningen (Trafikverket, 2017):

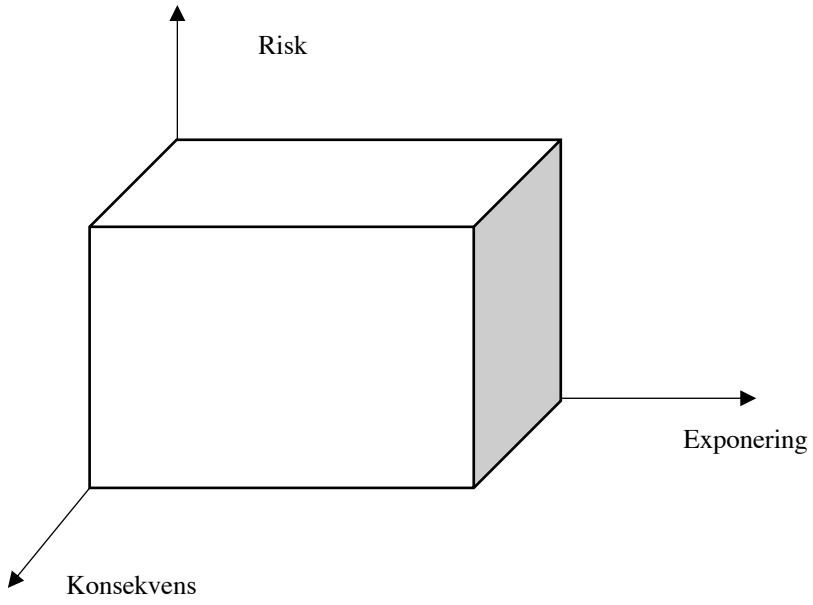
- Samtliga mänskliga beteenden som är inblandade i olyckan
- Vägens utformning och vägens tillstånd
- Säkerheten i fordonet

En stor del av Trafikverkets olycksutredning innefattar information om mänskliga faktorns inblandning i olyckan (Trafikverket, 2017).

Enbart granskande av olyckor eller granskande av statistik anses inte tillräckligt utan för att minska trafiksäkerheten behövs flera underliggande faktorer utredas. Dessa underliggande faktorer kan beskrivas i tre dimensioner, risk, exponering och konsekvens. Genom att granska risk, exponering och konsekvens kan en grundligare beskrivning av trafiksäkerhetssituationen framkomma. Risken beskriver sannolikheten att en olycka inträffar, att man dödas eller skadas. Andra faktorn, exponering kan beskrivas på olika vis men beskrivs normalt som antal fordonskilometer, personkilometer och antal invånare. Sista faktorn, konsekvens, brukar beskriva andelen skadade/dödade eller sannolikheten att man faktiskt skadas när en olycka inträffar.

I Figur 4 illustreras en tredimensionell bild på hur risk, exponering och konsekvens kan framställas. Det tredimensionella inneslutande området beskriver hur trafiksäkerhetssituationen ser ut för specifik grupp av intresse (Nilsson, 2004).

Risk = Antal Olyckor/Exponering



$$Trafiksäkerhet = Risk * Exponering * Konsekvens$$

Figur 4 Volymen beskriver trafiksäkerhetssituation (Nilsson, 2004)

Trafikverket släpper årligen en uppföljningsrapport av utvecklingen mot trafiksäkerhetsmålen. Den beskriver tre förenklade faktorer som beskriver utvecklingen av antalet omkomna och allvarligt skadade i vägtrafiken beroende på (Trafikverket, 2018):

1. *Systematiskt trafiksäkerhetsarbete*, som syftar till säkrare fordon, regleringar och lagstiftningar, säkrare vägar, trafikantutbildning etcetera.
2. *Omvärldsfaktorer*, är faktorer som inte påverkas av trafiksäkerhetsarbetet men trots det påverkar delar av vägtransportsystemet, några exempel på dessa är trafikökningar, vädervariationer, konjunkturförändringar och demografiska förändringar.
3. *Slumpvis variation*, är den variation som förändras beroende på grupperingens storlek.

Faktorerna konkretiserats genom ett antal olika indikatorer. Dessa indikatorer utvärderas för att beskriva de olika faktorernas framgång. Samtliga indikatorer har ett målvärde att uppnå till 2020. Indikatorerna följs upp och utvärderas årsvis för att skapa systematik och långsiktighet i trafiksäkerhetsarbetet i hela Sverige. Målvärdena tillsammans anses representera det samlade målet för trafiksäkerhetsutvecklingen. Indikatorerna som anses vara beskrivande och som idag följs upp årligen är: hastighetsefterlevnad (statligt och kommunalt vägnät), bältes och hjälmanvändning, säkra statliga vägar, nykter trafik, underhåll av gång-, cykel- och mopedvägar, säkra personbilar, säkra gång-, cykel- och mopedpassager samt systematiskt trafiksäkerhetsarbete (i riktning mot ISO 39001). I Figur 5 visas de indikatorer Trafikverket arbetar efter och vilken utveckling som följer utefter de satta målen (Trafikverket, 2018).

Indikator	Utgångs-läge	2017	Mål år 2020	Utveckling
Antal omkomna i trafiken	440	253	220	I linje med nödvändig utveckling
Antal allvarligt skadade i trafiken	5 400	4 400	4 100	I linje med nödvändig utveckling
Andel trafikarbete inom hastighetsgräns, statligt vägnät	43 %	45 %	80 %	Ej i linje med nöd-vändig utveckling
Andel trafikarbete inom hastighetsgräns, kommunalt vägnät (startår 2012)	64 %	67 %	80 %	Ej i linje med nöd-vändig utveckling
Andel trafikarbete med nyktra förare	99,71 %	99,74 %	99,90 %	Ej i linje med nöd-vändig utveckling
Andel bältade i framsäte i personbil	96 %	98 %	99 %	I linje med nödvändig utveckling
Andel cyklister med hjälm	27 %	44 %	70 %	Ej i linje med nöd-vändig utveckling
Andel mopedister med rätt använd hjälm	96 %	98 %	99 %	I linje med nödvändig utveckling
Andel trafikarbete med högsta Euro NCAP-klass	20 %	72 %	80 %	I linje med nödvändig utveckling
Ökad regelefterlevnad bland motorcyklister	-	-	-	Mäts inte ännu mål saknas
Andel trafikarbete med mötes-separering på vägar över 80 km/tim, statligt vägnät	50 %	76 %	90 %	Ej i linje med nöd-vändig utveckling
Andel säkra gång-, cykel- och mopedpassager	19 %	27 %	35 %	I linje med nödvändig utveckling
Andel av kommuner med god kvalitet på underhåll av gång- och cykelvägar	18 %	36 %	70 %	Ej i linje med nöd-vändig utveckling
Systematiskt trafiksäkerhets-arbete i linje med ISO 39001	-	-	-	Mäts inte ännu mål saknas

Figur 5 Trafiksäkerhetsutveckligen i vägtrafiken utifrån indikatorer (Trafikverket, 2018).

Trafiksäkerhet kan sammantaget förbättras på många sätt. Som tidigare nämnt är mänskliga faktorn den största faktorn till att olyckor sker i Sverige. Införandet av självkörande bilar förväntas förhindra olyckor som beror på den mänskliga faktorn hos föraren till stor del men skapar även nya risker för olyckor (Meng, 2016). Trots att mänskliga faktorn förväntas vara minimal i en självkörande bil kommer inblandande trafikanter bidra med en mänsklig faktor som kan vara en bidragande faktor till att olyckor inträffar, till exempel vid interaktion mellan cyklist och självkörande bil. En förbättrad trafiksäkerhet genom att eliminera den mänskliga faktorn som ger upphov till olyckor i samband med bilkörning är den faktor som är den mest drivande för samtliga aktörer vid utvecklingen av fordon med självkörande funktioner (Kronborg *et al.*, 2018). År 2030 projiceras att 40 % av alla bilar kommer vara utrustade av antingen V2V eller V2X teknologin. En stor drivande faktor är att teknologin är en väsentlig del och innefattar många fördelar. Frost och Sullivan (2014) menar att det både kan öka trafiksäkerheten och reducera trafikstockning. De menar även på att denna teknologin skulle bistå till att minimera kommunikationsproblem som uppstår mellan självkörande bilar och övriga trafikslag (Frost & Sullivan, 2014).

Trafikverkets analysgrupp har analyserat samtliga indikatorerna och deras gemensamma uppfattning är att det är en stor tveksamhet om målet för omkomna kommer att uppnås till år 2020. Däremot anses målet att för antalet skadade till år 2020 mer rimligt att nå. Sedan 2013 ser man en stagnation av antalet omkomna för bilisterna. Denna stagnation syns mest hos bilister på statliga vägar med referenshastighet 70–90 km/h, det är särskilt minskningen av singelolyckor med personbilar som stagnerat. Den indikationen som har mest inverkan på samtliga andra indikationer är hastighetsefterlevnaden. Följaktligen är det en viktig indikator att förbättra, det är bland annat därför det inte anses vara sannolikt att indikatormålen uppnås till år 2020. 15 liv per sänkt km/tim skulle kunna räddas i genomsnitt vilket medför att utfärda åtgärderna som föreslagits i den nationella planen angående de statliga vägarna är av stor vikt för kunna påverka målet (Trafikverket, 2018).

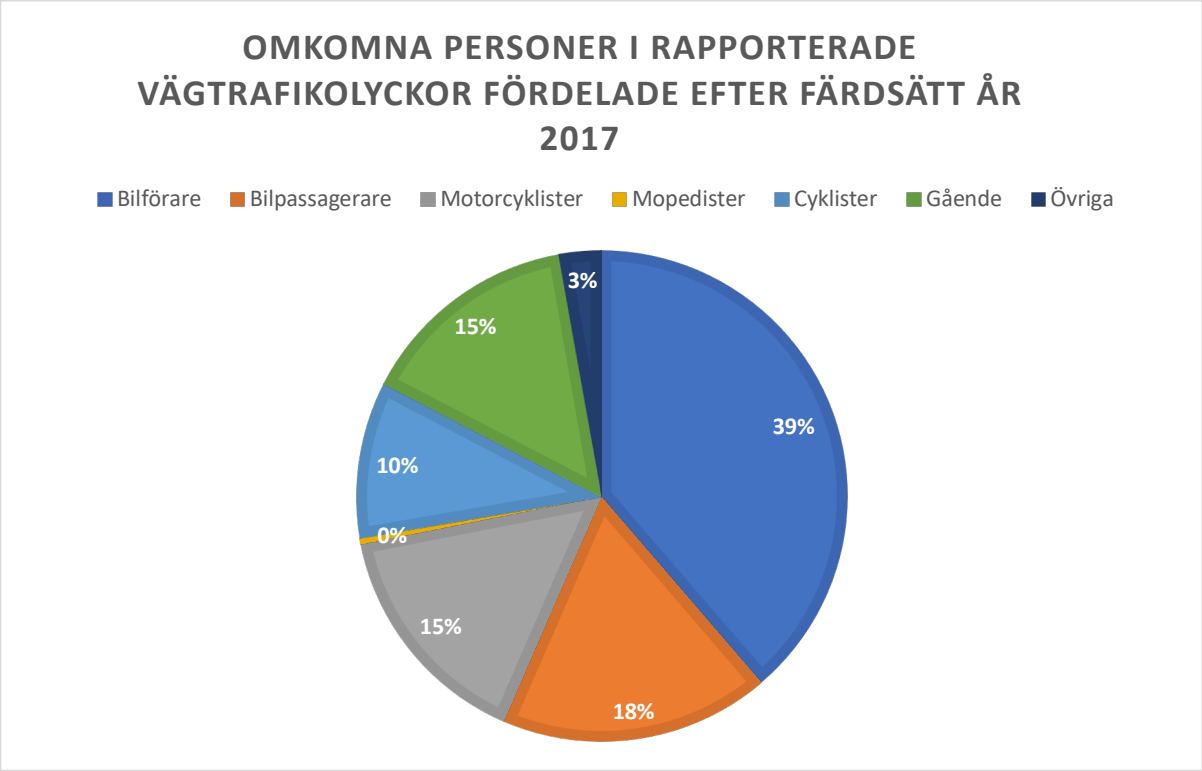
Vägtrafikolyckor nationellt och utveckling

Trafiksäkerhetsutvecklingsrapporten för år 2018 är i nuläget inte tillgänglig, men statistik finns att granska och år 2018 är än mindre i linje med utvecklingen. Antalet omkomna uppgår till 308 personer. En ökning av mötes- och upphinnandeolyckor är särskilt markant. Samtidigt ser man en ökning av olyckor där tung lastbil varit inblandad med 103 procent på ett år. Vilket kan bero på en ökning generellt av tunga fordon på alla vägar, speciellt på Europavägar. En förbättring kan ses av andelen omkomna vid olyckor som var alkohol- och/eller drogrelaterade med en minskning på tio procent på ett år. Det kan dock ha sin förklaring genom att en ökning skett av omkomna, men att det ej varit någon markant förändring i antalet omkomna som är alkohol- och/eller drogrelaterade (Trafikverket, 2018; Berg, Forsman och Fredriksson, 2019).

Analysering av indikationernas utveckling tyder på att några specifika punkter behöver förbättras (Berg, Forsman och Fredriksson, 2019):

- Hastighetsefterlevnad och att göra det statliga vägarna säkrare
- Drift och underhåll, även på gång-cykel och mopedpassager
- Cykelhjälmsanvändningen
- Nykter trafik
- Fasa ut äldre fordon

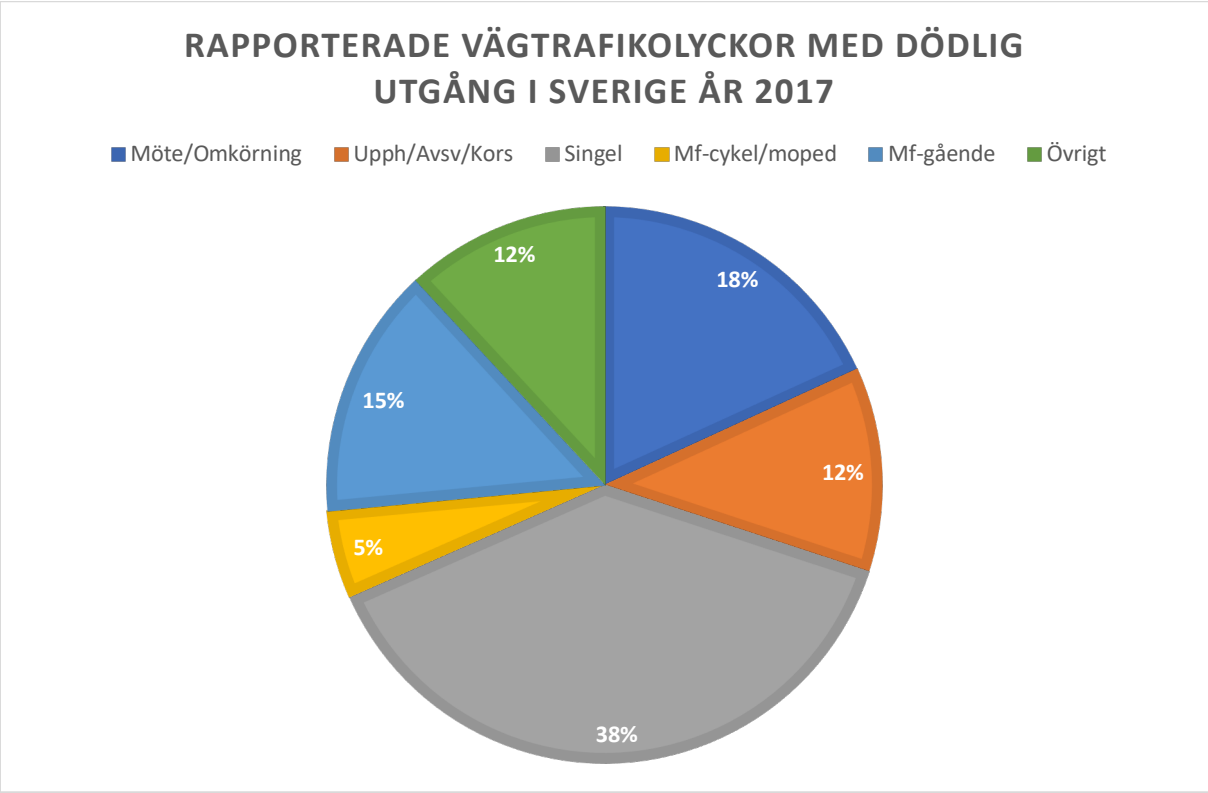
2017 omkom 253 personer och var det lägsta antalet sedan 1940-talet. I Sverige står som tidigare nämnt fordonstrafiken för större delen av olyckorna idag, varav personbilar står för 57 procent av omkomna år 2017, som kan ses i Figur 6 under kategorin bilförare och bilpassagerare (Trafikverket, 2018).



Figur 6 Statistik över dödade personer i polisrapporterade vägtrafikolyckor efter färdsätt år 2017 (Strada, 2019).

De mest frekventa olyckstyperna i vägtrafiken år 2017 med dödlig utgång i Sverige är enligt Figur 7:

- Singelolyckor (mf) 38 %
- Oskyddade trafikanter (Mf-cykel/moped/gående) 20 %
- Mötes- och omkörningsolyckor 18 %
- Upphinnande-, avsvängnings- och korsningsolyckor 12 %
- Övrigt 12 %



Figur 7 Antal omkomna fördelat efter olyckstyp, år 2017 (Strada, 2019).

Tidigare år var mötesolyckor den olyckstyp som utgjorde största delen av samtliga olyckor men efter år 2013 har en förändring skett och idag utgör singelolyckor största delen. Singelolyckor med motorfordon är de enda olyckorna som hade en ökning mellan år 2016 och år 2017, samtliga andra olyckor minskar varje år. En hög andel av personbilsförarna som omkommer i singelolyckor har alkohol i blodet (Trafikverket, 2018).

3.1.3. Införandet av självkörande bilar (nivå 3–5) och dess utmaningar

När införandet av självkörande bilar vid nivå 5 kommer ske råder det delade meningar om. En viss automation finns redan i dagens bilar och de funktioner som utvecklas idag kategoriserar bilarna på nivå 3 enligt SAE-international. Fordonstillverkare och teknikleverantörer har som ambition att leverera fordon med en automationsnivå 4 redan år 2020 (Levander *et al*., 2018).

Med självkörande bilar följer ett antal utmaningar, som även illustreras i Figur 8 enligt följande (Barabás *et al.*, 2017):

Figur 8 Utmaningar för självkörande bilar (Barabás et al.*, 2017)*

- Miljöaspekter - visionen är att miljöföroreningar skall minskas genom att effektivisera och optimera färdvalet och körstilen genom kommunikation med infrastrukturen och andra föremål
- Trafiksäkerhet - att ta rätt beslut vid samtliga situationer
- Fordonet måste ta snabba beslut i alla miljöer, som i vissa fall kan skapa etiska problem
- Lagstiftningen för självkörande bilar innehåller flera svårigheter och dessa ser ut att öka
- Tekniska utmaningar
- Marknadsintroduktion

Självkörande bilar förväntas reducera antalet olyckor som beror på mänskliga faktorn. Enligt en studie som är utförd av Kyriakidis et. al. (2017) där forskare besvarade ett antal frågor om självkörande bilar råder en viss tveksamhet över vilken nivå av automation som bör tillåtas. Neville Stanton gör liknelser med automation i flygplan som gav upphov till flygolyckan med Air France 2012 och menar att det finns svårigheter att kommunicera rätt information till föraren. Enligt Stanton bör vi utveckla automatiska funktioner som mer bistår än ersätter föraren (Kyriakidis *et al.*, 2017).

Flera av forskarna i undersökningen av Kyriakidis et al. (2017) påminner om att människan har svårt att vara passivt aktiv och kontrollera system under längre perioder. Att vara vaksam trots att man inte styr har bevisats vara en utmaning. Att dessutom återta kontrollen vid olika scenarier har visat sig vara svårt. Vem vill övervaka ett system man ändå inte kan styra? Forskarna betonade att alla automatiska funktioner som tar över köruppgifter från föraren ändå kräver en övervakning och att detta utgör en säkerhetsrisk på grund av människans oförmåga att övervaka under längre perioder.

En vanlig fråga är hur föraren skall hantera en övergång då systemet ber om det, med tanke på människans förmåga och reaktionstid. I en studie prövades olika sätt att kommunicera ut en initierad övergång och bäst resultat visades då föraren fick indikation både via mobiltelefon och informationssymbol i fordonet. I studier då man testat att utsätta fordonsförare för sekundära uppgifter i samband med att kontrollera en autonom körning visar svårigheter vid övergången från autonomt till manuellt läge och visade även på variation av kvalité av övertagandet beroende på i vilken situation eller miljö fordonet befann sig i (Melcher *et al*., 2015).

Flera experter enligt Statens offentliga utredningar tror att utvecklingen av högre nivåer av självkörande bilar kan ta två vägar; evolutionär eller revolutionär utveckling. Bilutvecklarna föredrar en evolutionär utveckling, vilket innebär att gradvis integrera nya eller förbättrade automatiserade körsystem. En sådan utveckling finns redan idag, då flera fordon på marknaden har körsystem som räknas som nivå 2, till exempel adaptiv farthållare eller automatiserad inbromsning. Högre automatiseringsnivåer föreslås introduceras på motorvägar på grund av högre prioritet gällande underhåll, avsaknaden av oskyddade trafikanter, en mer säker och likartad utformning, trots en högre hastighet. En revolutionär utveckling innebär att introducera högre nivåer av självkörande bilar (nivå 4) direkt, med en eventuell begränsning till särskilda rutter eller områden eller där det råder lägre hastigheter. Redan idag har mindre bussar med hög automatiseringsnivå introducerats. Med självkörande bilar inom begränsade områden och med en lägre hastighet kan utvecklingen av självkörande bilar begränsas eftersom fordonen utvecklas i takt med att de utsätts för olika förhållanden, såsom väder, underlag, hastigheter (Näringsdepartementet, 2018).

Det finns ingen lagstiftning som idag berör självkörande bilar men det finns en förordning som berör försöksverksamheten med självkörande bilar (SFS 2017:309). I 1§ står att ”med självkörande bilar avses ett fordon som har ett helt eller delvis automatiserat körsystem”. Zenuity fick år 2019 godkänt att testa självkörande bilar mellan Göteborg, Stockholm, Malmö och Jönköping på E4, E6 och riksväg 40. Som förordningen fastställer krävs det att en utbildad person agerar testförare. Föraren behöver inte ha en hand på ratten och det är något som skiljer sig från tidigare tillstånd som Zenuity fått. Maxhastigheten som det självkörande bilen får färdas i är 80 km/h (Zenuity, 2019).

I undersökningen gjord av Kyriakidis et al. (2017) påtalas att man bör utreda hur samspelet skall fungera mellan självkörande bilar och mänskliga förare, manuella bilar och andra användare av trafiksystemet så som cyklister och fotgängare. En problematik som kan uppstå är integrationen med utryckningsfordon som ambulans, polis eller brandbil. Utryckningsfordon tillkännager sig ofta med belysnings- och ljudsignaler. Dessa signaler uppmanar andra fordon att antingen väja undan eller stanna men många fordon idag stannar inte direkt när de hör ett utryckningsfordon. En självkörande bil skulle kunna stanna direkt eller väja av på olämplig platser och rentav skapa fara (Färber, 2016). Det är idag omöjligt enligt Färber (2016) att veta exakt vilken riktning ett utryckningsfordon befinner sig i enbart via ljudsignaler.

3.1.3.1. Interaktionen mellan självkörande bilar och föraren

Vid interaktion mellan mänskliga förare och självkörande bilar kan uppstå oönskade effekter som i ett fordon utan automatiska funktioner inte förekommer. Dessa problem finns i större eller mindre utsträckning beroende på automatiska funktioner (Várhelyi, 2016). Denna problematik finns i alla nivåer förutom i nivå noll och fem.

Nedan listas relevanta psykologiska problem som uppkommer för föraren av självkörande bilar (Várhelyi, 2016):

- *Beteenderelaterade problem (behavior-related issues)* – vid förändringar i system som berör väg, föraren och fordon anpassar människan sitt beteende.
- *Förståelse för automatisering (understanding of automation issues)* – att förarens uppfattning är att det autonoma systemet förmår mer än vad det faktiskt gör kan leda till användarfel.

- *Förtroende och tillits-relaterade problem (trust- and reliance-related issues)* – kan antingen te sig genom att man har för mycket eller för lite tillit för det autonoma systemet. Genom att ha för mycket tilltro för det autonoma systemet kan det te sig i en situation där man borde manövrera fordonet manuellt men inte gör det. Genom att ha för lite tilltro för det autonoma systemet kan det medföra att man manövrerar fordonet manuellt i en situation där det autonoma systemet skulle hantera det bättre.
- *Lokus av kontroll (Locus of control)* – När förarens kontroll minskar beskriver lokus av kontroll i vilken utsträckning minskningen påverkar fordonets/förarens prestanda. Kan beskrivas som en inre och yttre kontrollfokus. Om man har en hög inre kontrollfokus anser man att handlingarna som utförs av bilen skapas av dig som förare, har man däremot en hög yttre kontrollfokus anser man att handlingarna skapas av det autonoma systemet.
- *Återuppta kontroll (resuming control)* – att återuppta kontrollen som förare från det autonoma systemet. Att kunna detektera rätt tillfällen att behöva återuppta kontrollen är väsentligt.
- *Kompetensnedbrytning (skill degradation)* – Vid konstant användning av det autonoma systemet kan en ökad tilltro till systemet upprättas, det i sin tur gör att man tappar kompetens eller åtminstone inte förbättrar sin kompetens gällande körningen för att ingen konstant engagemang i körning sker. Vilket kan medföra att man använder sig av systemet i tillfällen där föraren borde manövrerar fordonet.
- *Mental arbetsbelastning (mental workload)* – en ökning av den mentala arbetsbelastningen på grund av att behöva övervaka det autonoma systemet.
- *Påfrestning (stress)* – förarens arbetsbelastning och säkerheten kan påverkas av stress.
- *Rastlöshet (boredom)* – vid mindre behov av föraren att integrera i körningen kan det leda till att föraren blir rastlös. Som i sin tur kan leda till att föraren blir ouppmärksam.
- *Trötthet (fatigue)* – när föraren blir trött brukar det medföra negativa effekter av körningen. Utmattningssymptom visas ofta vid längre körsträckor och kan vara allt från att dagdrömma till irritation.

- *Situationsuppfattning (situation awereness)* – vid vissa autonoma nivåer krävs konstant övervakning trots att föraren inte behöver manövrerar lika ofta. Det kan leda till att man skiftar uppmärksamheten mot något annat. Att skifta uppmärksamhet bort från körningen kan särskilt ske vid högre nivåer av automation.
- *”Utanför systemet” problem (’out-of-the-loop’ performance)* - att föraren inte kan ta över när systemet misslyckas kan bero på minskning av kompetens och/eller svagt kontrollfokus.
- *Självkänsla (complacency)* – När föraren samtidigt behöver övervaka det autonoma systemet som föraren utför en manuell uppgift. Vilket kan leda till att föraren brister i sin förmåga att övervaka det autonoma systemet när föraren fokuserar på den manuella uppgiften istället, detta sker särskilt vid hög belastning.
- *Autonom snedvridhet (automation bias)* – Föraren tillförlitar sig mer till det autonoma fordonet än sin egen instinkt eller annan persons åsikt. Fordonet misslyckas med att förmedla till föraren att den ska ingripa (utelämningsfel) eller förmedlar fel sak till föraren (komissionsfel) på grund av att systemet inte är tillräckligt utvecklat eller inte har rätt beslutsunderlag.
- *Självöverskattning och snedvridenhet (complacency and bias)* – Vid mänsklig interaktion med autonoma beslutsfattande system krävs uppmärksamhet för att en säker överlappning skall ske.
- *Användbarhet (usability)*– att systemet skall vara användbart för föraren.
- *Accept (acceptance)* – acceptans är en viktig faktor för nya tekniker och dess användande.

Alla dessa faktorer och problem behöver utredas för en fortsatt utveckling av självkörande bilars integrering med föraren genom olika metoder som Várhelyi (2016) redovisar.

3.1.3.2. Kritiska säkerhetsaspekter vid en övergång mellan autonomt och manuellt körläge

Vid övergång mellan autonomt och manuellt körläge finns en del kritiska säkerhetsaspekter. Övergångarna definieras enligt Lu et al. (2016) som aktiv eller passiv övergång och är relevant för att övergången skall ske vid rätt tillfälle. Aktiva eller passiva övergångar berör automationsnivå 3–4. Vid aktiva övergångar är det den som initierar till övergången den som till slut har kontroll över fordonet, vilket betyder att det är också den som är beredd på kontroll därefter. Vid passiva övergångar är den som till slut kontrollerar fordonet den som har tvingats ta över kontrollen och vid en sådan övergång måste den som initierar till övergång fastställa att den andra kan ta över (Lu *et al*., 2016).

Vid en aktiv eller passiv förarinitierad övergång har föraren möjlighet att kontrollera fordonet i bägge fall. Det innebär en mindre risk med tanke på att man är mer aktiv och är den som tar beslut till övertagande av kontroll. Dock finns en risk att en förare av misstag initierar en övergång till ett autonomt läge vid ett olämpligt tillfälle som till exempel halt underlag som en förare bör klara bättre. Att aktivt initiera en övergång från autonomt till manuellt läge innebär också en risk på samma sätt som att vid en passivt autonomt initierad övergång till en förare måste föraren orientera sig i miljön och rådande situation. Detta har visat sig vara en utmaning för föraren som i de flesta fall behöver tid för att överta kontrollen på ett säkert sätt. Empiriska studier bekräftar att olyckor troligen sker vid dessa övergångar (Lu *et al*., 2016).

En aktiv autonom eller förarinitierad övergång kan ske när föraren inte kan köra bilen vid till exempel sjukdom. Eller när bilen inte kan framföras autonomt, vid en systemkollaps (Lu *et al*., 2016).

3.1.3.3. Interaktionen mellan självkörande bilar och oskyddade trafikanter

Hur självkörande bilar och oskyddade trafikanter skall integreras med varandra är än ett okänt område. Tidigare forskningar som gjorts är ur ett användarperspektiv med fokus på förarens upplevelse (Brar och Caulfield, 2018). För att implementera självkörande bilar i urbana miljöer med hög komplexitet krävs vetskap om interaktionen mellan självkörande bilar och oskyddade trafikanter.

En trolig viktig faktor för att självkörande bilar ska tillåtas på vägnätet i mer omfattande grad, är att fordonen kommer att behöva kunna kommunicera med alla väganvändare, specifikt de mest utsatta, det vill säga oskyddade trafikanter. Kommunikationen mellan självkörande bilar och oskyddade trafikanter är framförallt väsentligt i urbana miljöer (Semcon, 2016).

För att en självkörande bil skall detektera och förutsäga en oskyddad trafikants intention krävs att fordonet läser av trafikantens rörelse. Undersökningar visar att självkörande bilar har lättare att upptäcka en huvudrörelse än ögonkontakt från en fixerad position (Camara *et al.*, 2018). Berthold Färber (2016) uppmärksammar även att cyklister ofta signalerar om de planerar att ändra körriktning, och att det är viktigt för självkörande bilar att både uppmärksamma cyklisten men även signalerna de ger. Flera biltillverkare utvecklar tekniker för att visuellt kommunicera ut fordonets detektion, till exempel Nissan IDS som via LED-ljus visar att fordonet upptäcker om trafikanter är vid sidan av bilen. Mercedes-Benz F 015 kommunicerar via LED-ljus om fordonet är i autonomt läge för att uppmärksamma övriga trafikanter (Stanciu *et al.*, 2018).

Semcon har utvecklat ett sätt att kommunicera mellan motorfordon och oskyddade trafikanter då dom menar att åtta av tio söker ögonkontakt med förare innan de korsar en väg. Genom att kommunicera visuellt genom ett interaktivt leende i fordonets front visar bilen för trafikanterna att fordonet detekterat dem. Semcon rekommenderar även att komplettera leendet med en ljudsignal eftersom framtidens bilar kommer vara tysta jämfört med idag (Semcon, 2016).

Enligt Brar och Caulfiled beter sig grupper olika i valet att korsa en väg och att inte korsa en väg via ett övergångsställe innebär generellt en högre risk (Brar och Caulfield, 2018). År 2018 skedde en trafikolycka mellan en högre nivå av självkörande bil Volvo XC90 (Uber) och en fotgängare med dödlig utgång för fotgängaren. Olyckan skedde då fotgängaren plötsligt valde att korsa vägen på annat ställe än ett övergångsställe. Det bör tilläggas att fotgängaren var svår att visuellt upptäcka på grund av mörker och mörk klädsel. Varför olyckan uppstod kan än inte besvaras, eftersom detektionssystemet i den aktuella situationen skulle ha fungerat men att bromssystemet inte aktiverades. Ubers teknik kräver att föraren, som finns med som en resurs övervakar körningen för att ingripa vid en sådan situation eftersom bilen inte är utrustad med autobroms när systemet är aktiverat. I detta fall tittade föraren åt sidan och uppmärksammade inte fotgängaren (Kohli och Chadha, 2018).

Rasouli och Tsotsos (2018) utreder i sin rapport vilka faktorer som är involverade om en fotgängare ska ta beslut och korsa en väg. Detta görs genom att kartlägga ett antal fotgängarbeteendestudier. Faktorer som fotgängarens demografi, sociala faktorer, trafikegenskaper och vägförhållande har visat sig ha stor påverkan på fotgängarens beslut om att korsa vägen, enligt ett flertal forsningar inom beteendevetenskap. Sociala interaktioner nämns också som en betydande roll för att lösa vissa tvetydigheter i trafiken(Rasouli och Tsotsos, 2018).

I en tidigare studie av American Automobile Association genomfördes en utredning som visade att en av fem amerikaner skulle lita på en självkörande bil i en urban miljö (Saleh, Hossny och Nahavandi, 2017).

I en liknande studie gjord av Penmetsa et al. (2019) påvisades en positiv inställning av allmänheten till att integrera med självkörande bilar. Vid studien deltog 321 cyklister i en undersökning som visade att 70 procent helt eller till viss del accepterade att deras stad skulle trafikeras av självkörande bilar. I studien nämns att en tidig implementering av självkörande bilar skulle kunna spara många liv, istället för att vänta till de blir fulländade (Penmetsa *et al*., 2019).

Fäber (2016) tar upp en viktig aspekt, att självkörande bilar kan uppfatta oskyddade trafikanters signaler men att bilen ska förstå vad signalen betyder i en specifik kontext är osannolikt, därför behöver bilen agera mycket försiktigt. Vilket leder till om inte bilen vet hur den ska bete sig måste interaktionen med en oskyddad trafikant beaktas som en fara. Han tar upp ett exempel, om en självkörande bil upptäcker en oskyddad trafikant på vägbanan kommer fordonet att stanna. Men om personen som befinner sig på vägen faktiskt ska vara där, till exempel en polis som dirigerar trafiken, behöver bilen först och främst identifiera polisen som ett orörligt hinder som den ska köra runt och dessutom uppfatta polisens signaler. Om bilen ska kunna identifiera polisen som ett hinder behöver polisen bete sig som polisen är förutsatt att göra enligt fordonet, vilket medför att polisen behöver följa strikta restriktioner/regler med avseende på gestikulering och kroppsspråk. Människan har ofta lätt för att uppfatta dessa rörelser medan en självkörande bil behöver ha kunskapen för att kunna identifiera gesterna i korrekt sammanhang (Färber, 2016).

3.2. Resultat av intervjuer med sakkunniga

3.2.1. Vilka utmaningar ställs självkörande bilar inför vid introduktionen i komplexa och urbana miljöer?

De utmaningar som finns för att introducera självkörande bilar i urbana miljöer är flertal. Bland annat nämns att omgivningens föränderliga och komplexa miljö kan göra det svårt för fordonet att förstå kontexten i varje situation för att kunna köra effektivt (Zenuity respondent). En mänsklig förare kan identifiera när man behöver gå utanför regelverket, och även i vissa fall förstå andras behov och intentioner. Den urbana miljön är inte lika standardiserad som en motorväg. Det finns flertalet utmaningar med självkörande bilar, dels tekniska men också politiska, juridiska och sådant kopplade till mänskligt beteende (Smart-Eye respondent). Fordon som kan köra av sig själv är redan utvecklade. Ett exempel är Traffic jam pilot som är mycket attraktivt och innehar en stor efterfrågan. Det som fördröjer introduktionen är idag till stor del regelverket (Zenuity respondent). Däremot poängterar intervjuperson från Trafikverket att acceptans av samhället är även ett stort hinder som idag diskuteras mer och anses vara ett lika stort hinder som regelverket.

En av de utmaningar vid utvecklingen av självkörande bilar är att anpassa systemet till en livlig stadsmiljö enligt forskare på LTH, där alla möjliga sorters trafikanter rör sig och där en mängd olika oförutsedda händelser kan inträffa (LTH respondent).

Enligt konsulter inom fordonsbranschen är det svåraste att roboten, eller systemet skall vara så pass säkert så att människan kan släppa ansvaret för körningen. Det poängteras även att föraröverövakade system inte är svårt att utveckla och implementera, det är mest en fråga om att få så mycket nytta som möjligt för en viss kostnad (Zenuity respondent).

Trafik är en social interaktion och det krävs att förare av ett fordon interagerar med omgivande miljö. En människa är duktig på att skapa en omvärldsuppfattning och att agera utifrån vissa indikationer på saker som ska hända och fatta snabba beslut. Den förmågan finns inte hos någon maskin än så länge. Dock kan automatiska funktioner i fordon vara ett väldigt bra komplement till människans förmåga när den missar något. Till exempel autobromssystem, som redan finns i bilar minskar risken för upphinnandeolyckor. Autobromssystem är ett exempel på en funktion som är ett bra komplement till människan som i vissa fall inte reagerar i tid. Med automatiska funktioner som utvecklats de senaste fem åren är fordonsparken mycket säkrare jämfört med bilar för tio år sedan. De små automatiska funktioner som bistår förarens misstag har gjort en stor skillnad på trafiksäkerheten idag. De olyckor som sker i vägtrafiken är till större delen med äldre fordon utan dessa funktioner (Trafikverket respondent).

För att kunna framföra ett fordon med självkörande funktioner i en urban miljö krävs en utvecklad infrastruktur med diverse olika information- och kommunikationssystem, så kallad geofencing, för att kunna uppfatta omgivningen och samexistera med människor, oskyddade trafikanter och övriga fordon. Som till exempel att sänka hastigheten i närheten av en skola, eller att ställa om bilen till att drivas på el vid bullriga miljöer, att informera om fri höjd och att varna för potentiella faror. Med ett utvecklat geofencat system kommer utvecklingen av självkörande bilar och acceptansen att följa med det (Trafikverket respondent).

Förutom de tekniska svårigheterna för självkörande bilar med att korrekt klassificera cyklar, gående och andra fordon (el-skotrar, segways, hoverboards etc.) och förutse hur de kommer att röra sig finns det många intressanta aspekter kring interaktionen mellan självkörande (av högre nivåer) och icke självkörande bilar. Det sätt som självkörande bilar beter sig på skiljer sig från hur andra trafikanter beter sig i trafiken vilket säkerligen kommer att orsaka irritation och konflikter som kan utgöra en säkerhetsrisk. I många situationer i urbana miljöer avgörs besluten efter ögonkontakt med andra medtrafikanter. Den försiktighet som många av dagens självkörande bilar visar i vissa trafiksituationer kommer med stor säkerhet att generera en mindre dynamisk trafiksituation med ökad risk för köbildning. Det är även svårt att övervaka och förutse hur alla typer av objekt tänks röra sig på vägen och detta är en viktig förutsättning för att självkörande bilar skall fungera (Smart-Eye respondent).

Självkörande bilar kräver kunskap om omgivningen, vilken är föränderlig i urbana miljöer. Det kräver därför kontinuerlig uppdatering vilket är ett problem att hantera (Smart-Eye respondent).

3.2.2. Vad krävs av självkörande bilar för att kunna hantera dagens trafikmiljö samt vilka problem kan tänkas uppstå kopplat till trafiksäkerhet?

Med självkörande bilar på nivå 3 måste föraren vara alert och ta över inom en tidsperiod (Smart-Eye respondent). Att övervaka och hantera saker direkt när det behövs har alltid varit svårt för människan, så därför är nivå 3 oerhört svårt. Forskning har visat att en förare i en självkörande bil på nivå 3 litar på systemet efter bara några minuter och riktar fokus på något annat. I projektet DriveMe har man testat en förare i en miljö med hinder som uppstår med jämna mellanrum, där man skall kunna återuppta kontrollen och ingen förare klarar av detta (Trafikverket respondent).

Intervjuperson från Smart-Eye menar att det finns en övertro hos allmänheten om hur fort det kommer gå att komma förbi nivå 3 och att det under lång tid kommer krävas en mänsklig förare som är beredd att ta över kontrollen. Tillverkare av självkörande bilar bör ta ett större ansvar för att tvinga förare till att vara mer uppmärksamma på trafiken (Smart-Eye respondent).

Samtliga intervjuade poängterar att de funktioner som finns i nivå 3 kräver övervakning och är olämplig på grund av att människan är dålig på att övervaka system. Systemet utgår från att det finns en ”receptive, fallback-ready driver”, alltså en tillgänglig förare när det behövs. Det finns forskning som visar att människan inte är redo att ta över med kort varsel efter att ha varit inaktiv (Zenuity respondent; LTH respondent). Med hjälp av huvud- och ögonspårning kan mjukvara registrera och övervaka vart föraren tittar, om denna har ögonen öppna, hur ofta och med vilken hastighet blinkningar sker kan mjukvaran detektera om föraren är alert och uppmärksam på trafiksituationen. Med samma produkt kan systemet även bedöma om det är lämpligt att återlämna kontrollen till föraren i en viss trafiksituation som fordonet inte själv kan hantera (Smart-Eye respondent).

Forskaren inom LTH menar att de olyckor/skador som uppstår på grund av mänskliga faktorn hos trafikanter går att förebygga genom en bra utformning av trafikinfrastrukturen. Statistiken pekar åt fel håll och vägtrafikens dödsoffer snarare ökar än minskar. Intervjuperson från Zenuity tycker att det är obegripligt att samhället accepterar så stora förluster år efter år och att automation är lösningen. Men poängterar även att man behöver se till att utvecklingen inte skyndas på eftersom samhället inte kommer att acceptera förluster som orsakas av automation i en hög grad. Att utveckla produkter som är tillräckligt säkra är en större prioritet än att eliminera mänskliga faktorn vid bilkörning (LTH respondent).

Enligt Trafikverkets respondent måste man vid utvecklingen av självkörande bilar fokusera på vilka problem man löser. Är produkten tillgänglig och till nytta för alla i samhället? De senaste årens utveckling av automatiska funktioner har förbättrat trafiksäkerheten avsevärt och har inneburit en utveckling som gynnar alla. Med automatiska funktioner som autobroms kan barn upptäckas och en olycka förhindras. Att till exempel fortsätta utveckla autobromsfunktionen till det säkrare för att kunna hantera livliga miljöer bättre ger en mer säker miljö i stadsutrymmet. Utvecklingen skall vara samhällsekonomisk effektiv, miljövänlig och främja en säker transport (Trafikverket respondent).

Det finns ett direkt samband mellan krockvåldet och konsekvensen av olyckan menar strateg från trafikverket. Många av dagens olyckor har allvarligt utfall på grund av överträdelse av hastigheten. Majoriteten av nytillverkade bilar har idag utrustning för att ge indikationer på när man överträder hastigheten, system som bromsar om det upplevs vara en kritisk situation och startstopp om man inte är kapabel att köra, till exempel vid alkoholpåverkan. Om hastighetsefterlevnaden är högre och system som dessa finns i samtliga bilar skulle olyckorna minskas eller i alla fall konsekvenserna av dessa. Det bör dock påpekas att Sveriges fordonsflotta till större delen består av äldre fordon och av de olyckor som sker idag är det oftast äldre fordon involverade (Trafikverket respondent).

3.3. Sammanfattning av resultatet

Vägtrafiken står för en femtedel av antalet döda och mänskliga faktorn står för 94 procent av dessa olyckor. Utvecklingen är inte i linje med nollvision och hastighetsefterlevnaden är ett av de större problemen. Att Sveriges fordonsflotta till stor del består av äldre fordon anses även vara ett problem. Bland antalet omkomna utgör singelolyckor majoriteten. Självkörande bilar med automatiska funktioner förväntas reducera antalet olyckor som beror på den mänskliga faktorn.

Automatiska funktioner kommer att effektivisera städer och dess utformning med hjälp av till exempel utformningen av parkeringsutrymme kommer att kunna minskas om bilen kan parkera av sig själv.

Mänskliga faktorn kan dock vara ett problem vid högre nivåer av självkörande bilar som fortfarande kräver övervakning av körningen (nivå 3). Människan klarar inte av att vara passivt aktiv under körning och övergångar mellan autonomt och manuellt körläge är en risk eftersom människan har svårt att ta över vid rätt tid, att fokusera på att övervaka, att orientera sig och förstå miljön. Vid denna nivån föreslås föraröverovakning för att detektera om föraren är vaksam och alert under hela körning. Automatiska funktioner kan vara ett väldigt bra komplement till människans förmåga om den missar något.

Geofencade områden är ett alternativ som kan erhålla en snabbare acceptans men också påverka urbana miljöer till det bättre. Om systemen tillåts reglera fordonen kan bland annat hastighetsefterlevnaden hållas.

Vid utveckling av självkörande bilar på nivå 4–5 följer svårigheter att interagera med omgivande miljö och trafikanter, eftersom det är svårt att programmera en mjukvara som kan läsa av en intention från en medtrafikant och att förstå en föränderlig urban miljö.

4. Diskussion och slutsatser

4.1. Vilka utmaningar ställs självkörande bilar inför vid introduktionen i komplexa och urbana trafikmiljöer?

Vägtrafiken är det område som står för flest antal dödade inom trafikområdet. Att fokusera på bilar är den primära uppgiften då det utgör 57 procent av antalet omkomna i vägtrafiken. Större delen av olyckorna är singelolyckor och den senaste utvecklingen har visat en ökning av mötes- och upphinnandeolyckor som ofta är orsakade av en mänsklig faktor. Den mänskliga faktorn visar sig ofta som en svaghet i situationer då vaksamhet och reaktionsförmåga är av prioritet. Sverige arbetar aktivt med nollvisionen som innebär att ingen skall dö i trafiken och att fortsätta arbeta med att eliminera den mänskliga faktorn är av betydelse. Enligt Figur 5 är de indikatorer för trafiksäkerhetsutvecklingen som till exempel att hålla hastigheten och köra nyktert, inte i linje med nödvändig utveckling för att nå målen beroende på människans agerande. Självkörande bilar kommer reducera antalet olyckor som beror på människan. Men vi måste *utveckla ett säkert system som inte ger upphov till nya säkerhetsluckor*.

Livliga miljöer, som till exempel Göteborgs inre stad, är komplexa då flera olika trafikslag rör sig inom en begränsad yta. Staden tror på att en implementering av självkörande bilar kan förbättra och effektivisera användningen av den miljön och ytan vi har i staden idag och förbereder sig därför genom att göra en fördjupning av översiktsplanen för att inkludera självkörande bilar i planeringen. För att det skall vara möjligt måste ett *samarbete ske mellan samtliga aktörer* (stadsplanerare, forskare och ingenjörer) för att främja och förbättra utvecklingen. Samarbetet krävs för ett utbyte av olika områden av kunskap.

En stadsplanerare har kunskap om vad som är möjligt att utforma i städer och ofta kunskap om problematiken inom trafikområdet. En ingenjör har kunskap om hur man utformar och programmerar system eller robotar som kan hantera den miljön vi har idag och en forskare kan till exempel ha kunskap om beteenden hos människan. Ett samarbete mellan dessa aktörer krävs för att ta hänsyn till samtliga faktorer. Samarbetsprojektet DriveMe är viktig ur denna aspekt.

Innan självkörande bilar på högre nivå kan införas och mänskliga faktorn kan elimineras står vi inför en rad utmaningar. I Figur 8 presenteras *miljö, lagar- och regler, trafiksäkerhet, moral, marknad och teknik som tänkbara utmaningar*.

Beroende på hur utvecklingen framskrider och vad marknaden efterfrågar finns en sannolikhet att bilar med lägre automationsnivå inom en snart framtid introduceras på marknaden. Trots automatiska funktioner i ett fordon, till exempel *vid nivå 3 kan mänskliga faktorn vara ett problem*. Systemet assisterar körningen och den mänskliga faktorn kan elimineras till stor del. Men vid denna nivån krävs det att föraren kontrollerar körningen och är beredd att ta över. Det är i tidigare forskning bevisat att *människan är dålig på att kontrollera sådant man inte kan styra* och flera tester visar att människan har svårt att ta över körningen efter att varit fokuserad på annat än körningen. För att introducera fordon vid denna nivån krävs det att systemet även kontrollerar att föraren övervakar körningen och eyetracking är ett alternativ vid fordon på denna nivå. Med möjligheten att initiera en övergång från autonomt till manuellt körläge vid nivå 3 följer också en *risk för felaktig och oavsedd initierad övergång*. Att utveckla ett system för att undvika missförstånd och även att tillåta en rimlig tid för en förare att orientera sig vid en övergång är av stor betydelse för säkerheten.

Vid nivå 4 är bilen i stort sett självkörande och föraren behöver inte vara närvarande. Dock kan en övergång ske i samband med en systemkrasch och vid en *sådan krävs tillräckligt lång tid för att kunna ta över situationen* på ett säkert sätt och orientera sig in i befintlig trafikmiljö. Ett tydligt system som kommunicerar rätt information och varnar föraren krävs för att upptäcka eventuella faror, som hade kunnat förhindra olyckan med UBER. Hade systemet varnat för objektet hade föraren kunnat bromsa tidigare.

Forskare menar att vi bör utveckla system som mer bistår körningen än ersätter föraren, dels på grund av *att människan har svårt att vara passivt aktiv och kontrollera system, men också för att människan i många fall kan uppfatta miljöer på ett bättre sätt än vad en självkörande bil kan,* som till exempel gestikulering och kroppsspråk. Men med automatiska funktioner kan sensorer varna för föremål eller objekt som människan har svårt att hinna detektera. En mänsklig förare kan dessutom identifiera objekt eller hinder som kräver att man tar beslut som går utanför normal och regelrätt körning.

För att självkörande bilar ska tillåtas på vägnätet i mer omfattande grad *krävs att fordonen skall kunna kommunicera med alla väganvändare* och en utveckling behövs av ITS funktioner. Med utökade och förbättrade informations- och kommunikationsteknik som till exempel V2V, V2P och V2X kommer samtliga trafikslag att kunna interagera säkrare och fordonen kommer att kunna anpassa sig till rådande miljö.

4.2. Vad krävs av de självkörande bilarna för att kunna hantera dagens trafikmiljö samt vilka problem kan tänkas uppstå?

Forskning och studier visar på att automationsnivå 3 och 4 bör undvikas eftersom människan är dålig på de ansvarsuppgifter som krävs i dessa nivåer. Om fordon med automationsnivå 3 skall ut på marknaden bör *högre krav ställas på föraröverovakning* för att eliminera risker som uppstår på grund av människans oförmåga att övervaka. Mjukvara finns redan idag som är så pass avancerad att fordonet kan bedöma om föraren ej är observant på körningen.

I urbana miljöer är omgivningen föränderlig och komplex. Att programmera en mjukvara som kan förstå samtliga trafikslags intentioner är på lång sikt omöjligt. En mänsklig förare kan läsa av kroppsspråk och gester för att förutspå intentioner. För att introducera automatiska funktioner i urbana miljöer krävs *ett utvecklat informations- och kommunikationssystem för att begränsa bilarna för att utsätta övriga trafikslag för risker*.

Olyckorna kan elimineras redan på steg 3, men frågan är om andra problem kommer uppstå istället? Olyckor kommer fortfarande ske med självkörande bilar, men inte i närheten av det antalet vi har idag i trafiken. Enligt studier kommer införandet av självkörande bilar minska olyckorna med 80 % (Stanciu *et al*., 2018). Redan idag märker man stor skillnad på trafiksäkerheten och de fordon som är inblandade i olyckor är oftast äldre fordon utan automatiska funktioner.

Att utveckla självkörande bilar på nivå 5 bör inte vara det primära för industrin. *Vad kommer nyttan för samhället vara? Kommer alla kunna nyttja detta?* Fokus bör vara på att fortsätta utveckla system som bistår föraren och hindrar den från att begå misstag. Funktioner som mer bistår än ersätter kommer få en högre acceptans både av samhället men också lagverket.

Mycket av problematiken med trafiksäkerheten kan lösas utan att satsa på att utveckla helt självkörande bilar, det blir dessutom mycket enklare och billigare. Tekniken finns redan, men här uppstår dock en intressekonflikt som påverkar utvecklingens inriktning. Vill man ha en bil som tar dig tryggt och säkert till destinationen, eller en bil som skall vara rolig att köra? Hade marknaden efterfrågat enbart en trygg och säker bil hade automatiska funktioner varit standardutrustning i fordonen idag och bilarna hade haft en begränsad och reglerad hastighet. Redan idag finns information- och kommunikationssystem som informerar fordonet vilken hastighetsbegränsning som råder och möjligheten finns för fordonsutvecklare att styra hastighetsefterlevnaden.

4.3.Metoddiskussion

4.3.1. Litteraturstudie

Valet av sökord är av hög betydelse för vilken information vi erhöll. Genom att vi kombinerade olika block med varandra så genererades flera artiklar med olikartat fokus. Om litteratursökning gjorts i flera databaser samt med fler sökord skulle det troligen generera fler artiklar. Vi gjorde ett antal provsökningar på svenska men fick inga användbara artiklar därför skedde sökningen enbart med engelska ord. Om någon artikel påträffades som var på annat språk än svenska och engelska föll dessa bort på grund av att vi inte behärskar annat språk. Vi hade till viss del svårt att hitta relevant information kring utformning kopplat till självkörande fordon då tekniken inte kommit så pass långt än. För att få mer information om hur det såg ut i utformningsfrågan för Sverige skulle komplettering av intervjuer vara nödvändigt.

4.3.2. Intervjuer med sakkunniga

Ett relativt lågt antal intervjuer genomfördes på grund av tiden kring administration av intervjuerna och arbetet kring intervjuerna. Men vi ansåg att tillräckligt mycket material hittades via litteraturstudien. Kvaliteten på intervjuerna och antalet anser vi är tillräckligt högt för att få ett högkvalitativt resultat av vår rapport. De sakkunniga som intervjuades har olika bakgrunder och kommer från olika branscher men deras svar var relativt lika i grunden av många frågor. Vissa åsikter skilde dem åt vilket bidrog till ett nyanserat synsätt. Om vi skulle intervjuat fler skulle säkerligen fler intressanta aspekter inom området upptäckts.

4.4.Slutsatser

- En utmaning för högre nivåer av självkörande bilar i urbana miljöer är interaktionen med samtliga trafikslag. För att detta skall kunna ske på ett säkert sätt bör digitalisering och uppkoppling av alla trafikslag och ett bättre informations- och kommunikationssystem, till exempel Geofencing utvecklas för att kommunicera med samtliga.
- Introduktionen av högre nivåer av självkörande bilar bör först ske på motorvägar där miljön är mer kontinuerlig och krav bör finnas på ett bra system som övervakar förarens vaksamhet men också för att möjliggöra en säker övergång om så krävs.
- Fokusera på dem primära nyttorna med självkörande bilar, utvecklingen av automatiska funktioner har reducerat antalet olyckor. Att fortsätta fokusera på detta kan ge större effekt jämfört med att utveckla fullt självkörande bilar som bara en viss grupp har råd med, vilket fördröjer effekten av den sortens teknik.
- Samtliga aktörer som berörs av trafikinfrastrukturen behöver samarbeta innan införandet av självkörande bilar i större utsträckning är möjligt på svenska vägar. Första anledningen är för att främja utvecklingen, andra är för att en tydlighet i vem som bär ansvar bör finnas och tredje anledningen är att komma fram till vad som är en optimal lösning för samtliga i samhället.
- Trafiksäkerhetsproblem kan till stor del minskas med automatiserade system. Redan vid lägre nivåer av självkörande bilar förbättras trafiksäkerheten markant. Men först vid helt självkörande bilar skulle mänskliga faktorn kunna uteslutas helt och alla trafiksäkerhetsproblem kopplade till mänskliga faktorn kan uteslutas.

Referenser

AAA Automotive (2017) *ADAS Sensor Calibration Increases Repair Costs, Automotive Technology Update*. Tillgänglig på: https://airprodiagnostics.com/adas-sensor-calibration-increases-repair-costs/. [2019-05-02]

Almqvist, S., Larsson, A. och Várhelyi, A. (2010) 'Säkrare fordon genom integrerade säkerhetssystem En litteraturstudie'.

Barabás, I. et al. (2017) 'Current challenges in autonomous driving', IOP *Conference Series: Materials Science and Engineering*, 252(1). doi: 10.1088/1757-899X/252/1/012096.

Bard, F. och Ntemiris, S. (2017) Co-creation Lab - how can autonomous transport bring value in cities? Göteborg.

Berg, H.-Y., Forsman, Å. och Fredriksson, R. (2019) 'Hur såg trafiksäkerhets- utvecklingen ut 2018?' Stockholm: Trafikverket. Tillgänglig på: https://www.trafikverket.se/contentassets/a8c620023a2548c3b88c16cad4285044/analys-av-trafiksakerhetsutvecklingen-2018.pdf.

Berntman, M., Berntman, L. och Nilsson, S.-Å. (1995) *Trafiksäkerhetsproblemen i Lunds kommun: sjukhusets och polisens skadestatistik 1988–1993*. Lund: Bulletin / Lunds universitet, Lunds tekniska högskola, Institutionen för trafikteknik, Avd. Vägbyggnad; 7.

Berntman, M. och Modén, B. (2008) 'Kartläggning av möjligheterna att förbättra statistiken om svårt skadade i trafiken - vad kan STRADA-sjukvård och PAR-slutenvård tillföra den officiella statistiken?', *Lund, Institutionen för Teknik och samhälle, Trafik och väg, 2008. Bulletin - Lunds Universitet, Tekniska högskolan i Lund, Institutionen för Teknik och samhälle, 241*.

Brar, J. S. och Caulfield, B. (2018) 'Impact of autonomous vehicles on pedestrians' safety', *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*, 2018-March, pp. 714–719. doi: 10.1109/ITSC.2017.8317963.

Bryman, A. (2002) *Samhällsvetenskapliga metoder*. Malmö: Liber.

Camara, F. et al. (2018) 'Predicting pedestrian road-crossing assertiveness for autonomous vehicle control', *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*, 2018-Novem, pp. 2098–2103. doi: 10.1109/ITSC.2018.8569282.

Coles, C. (2016) *Automated Vehicles: A Guide for Planners and Policymakers*.

DriveMe Testsite Sweden (utan årtal). Tillgänglig på: https://www.testsitesweden.com/en/projects-1/driveme. [2019-02-12]

Elvik, R. och Vaa, T. (2009) 'The handbook of road safety measures - Part II general Propouse, policy instruments', pp. 1–113. Tillgänglig på: http://www.masseguridadvial.eu/FILES/Road_Safety_Measures_EN.pdf.

Eugensson, A. (utan årtal) ‘Overview of Regulations for Autonomous Vehicles’. Tillgänglig på: http://bit.ly/2uQHaAg.

Everett collection (utan årtal). *USA visions of the future cars electrical driving motorway board games appliances futuristic*.

Färber, B. (2016) ‘Communication and communication problems between Autonomous Vehicles and Human Drivers’, *Autonomous Driving*, pp. 125–144.

Frost & Sullivan (2014) ‘No Strategic Analysis of the European Market for V2V and V2I Communication Systems’.

Göteborgs Stad, Volvo Cars och Göteborgs Stads Parkering AB (2017) ‘Självparkerande bilar – en spännande framtidsmöjlighet.’, *DriveMe*, p. 11.

Gregersen, N. P. (2016) *TRAFIKSÄKERHET, Samspelet mellan människor, fordon och trafikmiljö*. Stockholm: Wolters Kluwer Sverige AB.

Hussein, A. et al. (2016) ‘P2V and V2P communication for pedestrian warning on the basis of autonomous vehicles’, *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC,* pp. 2034–2039. doi: 10.1109/ITSC.2016.7795885.

Hydén, C. (2008) *Trafiken i den hållbara staden*. Studentlitteratur AB.

Kohli, P. och Chadha, A. (2018) ‘Enabling pedestrian safety using computer vision techniques: A case study of the 2018 uber inc. self-driving car crash’, *Lecture Notes in Networks and Systems,* 69, pp. 261–279. doi: 10.1007/978-3-030-12388-8_19.

Kong, L. et al. (2017) ‘Millimeter-wave wireless communications for IoT-cloud supported autonomous vehicles: Overview, design, and challenges’, *IEEE Communications Magazine*. IEEE, 55(1), pp. 62–68. doi: 10.1109/MCOM.2017.1600422CM.

Koskelainen, A. (2018) *Nytt system för självkörande bilar - använder laser istället för 3D-kartor*.

Kronborg, P. et al. (2018) *Trafikflöden och självkörande fordon DriveMe försöksträcka. Trafikverket*.

Kyriakidis, M. et al. (2017) ‘A human factors perspective on automated driving’, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. Taylor & Francis, 0(0), pp. 1–27. doi: 10.1080/1463922X.2017.1293187.

Laurgeau, C. (2012) *Handbook of intelligent vehicles*. doi: 10.1007/978-0-85729-085-4.

Levander, E. et al. (2018) Automatiserade *fordon*.

Lu, Z. et al. (2016) ‘Human factors of transitions in automated driving: A general framework and literature survey’, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. Elsevier Ltd, 43, pp. 183–198. doi: 10.1016/j.trf.2016.10.007.

Melcher, V. et al. (2015) 'Take-Over Requests for Automated Driving', *Procedia Manufacturing,* 3(Ahfe), pp. 2867–2873. doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.788.

Meng, L. (ed.) (2016) *Evaluation of Intelligent Road Transport Systems*. The Institution of Engineering and Technology, London, United Kingdom.

Näringsdepartementet (2018) *Vägen till självkörande fordon - introduktion*. Stockholm: Norstedts Juridik AB.

Nilsson, G. (2004) *Traffic Safety Dimensions and the Power Model to Describe the Effect of Speed on Safety, Traffic Engineering*.

Penmetsa, P. et al. (2019) 'Perceptions and expectations of autonomous vehicles – A snapshot of vulnerable road user opinion', *Technological Forecasting and Social Change*, 143(October 2018), pp. 9–13. doi: 10.1016/j.techfore.2019.02.010.

Pernestål Brenden, A. (2018) '*Utmaningar med självkörande fordon'*. Forskning.se.

Rasouli, A. and Tsotsos, J. K. (2018) 'Autonomous Vehicles that Interact with Pedestrians: A Survey of Theory and Practice', pp. 1–18.

Regeringskansliet (2018). *Ny FN-resolution om automatiserade vägfordon*. https://www.regeringen.se/artiklar/2018/09/ny-fn-resolution-om-automatiserade-vagfordon/ [2019-05-24]

SAE International (2018). Tillgänglig på: https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-"levels-of-driving-automation"-standard-for-self-driving-vehicles [2019-02-10]

Saleh, K., Hossny, M. och Nahavandi, S. (2017) 'Towards trusted autonomous vehicles from vulnerable road users perspective', *11th Annual IEEE International Systems Conference, SysCon 2017 - Proceedings*. IEEE, pp. 1–7. doi: 10.1109/SYSCON.2017.7934782.

Salmons, J. (2010*) Online Interviews in Real Time*. Kalifornien: Sage Publications, Inc.

Salmons, J. (2012) 'Designing and Conducting Research with Online Interviews', *Cases in Online Interview Research*, pp. 1–30. doi: 10.4135/9781506335155.n1.

Semcon (2016) *Semcon - Smiling Car*. Tillgänglig på: https://semcon.com/smilingcar/ [2019-03-15]

SFS 2017:309. *Förordning om försöksverksamhet med självkörande fordon*. Stockholm: Näringsdepartementet.

Smart-Eye (utan datum). Tillgänglig på: http://www.corp.smarteye.se/sv/affaersomraasden/automotive-solutions/ [2019-04-04]

Stanciu, S. C. et al. (2018) 'Pedestrians/Bicyclists and Autonomous Vehicles: How Will They Communicate?', *Transportation Research Record*. doi: 10.1177/0361198118777091.

STMicroelectronics (2019) *Vehicle-to-Everything*.

Strada (2019) *Nationell officiell statistik (årsvis fr.o.m. 2006)*.

Sveningsson, M., Lövheim, M. och Bergquist, M. (2003) *Att fånga nätet: kvalitativa metoder för Internetforskning*. Lund: Studentlitteratur, 2003.

Trafikkontoret, Göteborgs stad (2017) 'Trafik- och Resandeutveckling 2017'.

Trafikverket (2009) *Variabla meddelandeskyltar, VMS, Jupiter reklam*.

Trafikverket (2017) *Så utreder vi olyckor, trafikverket.se*. [2019-04-03]

Trafikverket (2018) *Analys av trafiksäkerhetsutvecklingen 2017. Målstyrning av trafiksäkerhetsarbetet mot etappmålen 2020*.

VANET research Group at Middlesex University (inget datum). Tillgänlig på: http://www.vanet.mdx.ac.uk [2019-05-06]

Várhelyi, A. (2016) 'User-related evalutation of ADAS and automated drivning', in *Evaluation of Intelligent Road Transport System*. London: The Institution of Engineering and Technology, pp. 287–308.

Wandtner, B., Schömig, N. och Schmidt, G. (2018) 'Effects of Non-Driving Related Task Modalities on Takeover Performance in Highly Automated Driving', pp. 870–881. doi: 10.1177/0018720818768199.

Waymo LLC (2018) 'On the road to Fully Self-driving - Waymo Safety Report', *Waymo Safety Report*. doi: 10.1016/B978-0-08-037539-7.50012-0.

Zenuity (2019) *Hands-off with the new approval for Zenuity, Zenuity Press Room*. Tillgänlig på: https://www.zenuity.com/press/hands-off-with-the-new-approval-for-zenuity/ [2019-04-06]

Bilaga 1. Intervjufrågor

Generell intervjugudie

1. Vem är du och vad gör du/ni (om företag)?
2. På vilket sätt arbetar du med självkörande bilar?
3. Ser ni några utmaningar kring utveckling av självkörande bilar och i så fall vad?
4. När tror du självkörande bilar på nivå 3–5 trafikerar på allmänna vägar?
5. När tror du fullt självkörande bilar förekommer i urbana miljöer (innan eller efter motorvägar)?
6. Vad ser ni för tänkbara hinder mot att introducera självkörande bilar i urbana miljöer?
7. I vilken utsträckning tror du användandet av högt automatiska funktioner kommer förekomma? T.ex. traffic jam assist eller full automation enbart på motorvägar?
8. Vilka utmaningar tror du kan förekomma med blandtrafik?
9. Vad tror du om att låta föraren övervaka automatiska funktioner på nivå 3–4? Eller tror du föraren kommer ha en mer passagerarroll?
10. Tycker du att högre nivåer av självkörande bilar skall introduceras nivåvis eller är det bättre att vänta med introduktionen till högsta nivån av självkörande bilar är redo?

Smart eye

1. Vad gör Smart eye och vad är eyetracking?
2. Vilka funktioner har smart eye som är relevanta för självkörande bilar?
3. På vilket sätt bistår Smart eye med en produkt som ger en högre säkerhet i självkörande bilar på nivå 3?
4. Finns det någon produkt idag som märker om föraren somnar eller insjuknar i en sjukdom?

Trafikverket

1. Tycker du att det är brådskande att eliminera mänskliga faktorn som ofta är uppkomsten till olyckor, eller är det mer viktigt att vara försiktig med att introducera ny ”osäker” teknik som självkörande bilar (nivå 3–5)?
2. Kommer självkörande bilar kräva ett geofencat område?

Zenuity

1. Tycker du att det är viktigt att eliminera mänskliga faktorn som ofta är uppkomsten till olyckor, eller är det mer viktigt att vara försiktig med att introducera ny ”osäker” teknik som självkörande bilar (nivå 3–5)?

2. Kommer självkörande bilar kräva ett geofencat område?

Lunds Tekniska Högskola

1. Vilka utmaningar eller problem kan självkörande bilar på nivå 4–5 medföra när man utesluter mänskliga faktorn?
2. Människan har en förmåga att anpassa sig till rådande trafiksituation, till exempel plötsliga beteende hos fotgängare eller överträdelser av trafikregler av andra förare, tror du att de försiktiga egenskaperna i självkörande bilar kommer att påverka säkerheten i trafiksystemet?
3. På vilket sätt tror du trafiksäkerheten kan påverkas med en majoritet av självkörande bilar på nivå 4–5 i fordonsflottan?