

Adam Terkenberg IBYI 3

Raikan Jamal Taher IBYV 3

# *Lämplig infrastruktur för automatiserade fordon*



**LUNDS**  
UNIVERSITET

**LTH**

**LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA**

**Handledare:** Louise Olsson

Andras Varhelyi

© Copyright Adam Terkenberg och Raikan Jamal Taher

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  
Lunds universitet  
Lund 2020

## **Förord**

Ett examensarbete har skrivits där vi har fått möjligheten att jobba med Trafikverket. Ett stort tack till Louise Olsson som hjälpte oss genom detta och var vår handledare från Trafikverket. Tack till Andras Varhelyi, vår handledare från Lunds Tekniska Högskola. Även ett stort tack till Christer Ljungberg från Trivector samt Magnus Palm från trafikverket som tog sig tiden att bli intervjuade av oss.

## Sammanfattning

Utvecklingen kring tunga automatiserade fordon framskrider, med den digitala infrastrukturen forskas det mycket om hur man ska få de fordonen på vägarna med de konventionella fordonen. Flera tester sker på dedikerad infrastruktur utan att behandla de konventionella fordonen. Det har inte genomförts många projekt i Sverige eller internationellt för att utreda vilka krav som krävs för att få automatiserade fordonen körande på motorvägarna.

I Sverige har det genomförts tester där det involverar automatiserade bussar i Stockholm och Helsingborg. Skyttelbussar som är programmerade att köra mellan två olika koordinater. Finns även lastbilen Vera som är automatiserad och planeras att köra mellan två destinationer i framtiden.

Men kan införandet av automatiserade fordon vara en positiv utveckling i samhället samt hur ska man få det att fungera på ett tryggt och säkert vis? Beblandningen med konventionella framförda fordon är faktor som måste ses över och undersökas hur det skall fungera samt på vilka sätt.

Arbetes syfte är att ta reda på vilka krav automatiserade fordon ställer på infrastrukturen och upptäcka deras potential i dagens infrastruktur. Även se om implementeringen av den nya tekniken kommer öka tillgängligheten på vägarna.

En litteraturstudie utfördes för att öka kunskaperna inom området, det gjordes även intervjuer med Trafikverket och Trivector för att få en fördjupad förståelse i ämnet. Man använde sig även av en multikriterieanalys och fyrstegsprincip för att få fram olika utredningsalternativ 1–2 och utesluta det effektivaste beslutsläget. Där utredningsalternativen var 1 optimera vägen eller 2 bygga ett nytt körfält för de automatiserade fordonen.

Multikriterieanalysen visade att utredningsalternativ 1 var den effektivaste lösningen eftersom den hade nästan samma effekt som utredningsalternativ 2 men den var mycket mer lönsam och enklare att införa med dagens infrastruktur.

Men slutsatsen blev att man implementerar både utredningsalternativen 1–2 eftersom en utvecklad infrastruktur inte enbart framställer dagens behov utan även underlättar utvecklingen för framtida generationer och båda utredningsalternativen gör det möjligt.

## Abstract

The development of the heavy automated vehicles is progressing at a fast rate, with the digital infrastructure a lot of research has been made to understand how the automated vehicles will drive on the roads with the conventional vehicles. Tests are being made on the infrastructure without the use of conventional vehicles. Not many projects have been carried out in Sweden or internationally to investigate which requirements are needed to get the automated vehicles driving on the highways.

In Sweden several tests have been made involving the automated buses in Stockholm and Helsingborg. Shuttlebuses are programmed to drive between two different coordinates. There even exists the automated truck Vera from Volvo that are planned to drive between two destinations in the near future.

But can the implementation of the automated vehicles give a positive change to the society, if so how? And how to make it work safely. The mix with conventional vehicles is a factor that has to be looked on and researched to get a better understanding of the relation.

The project purpose is to find out which requirements the automated vehicles put on the infrastructure and the potential with today's infrastructure. But also to see if the implementation of the new technology will increase the accessibility on the roads.

A literature study has been made to get a better understanding in the field, also interviews with Trafikverket and Trivector to get a deeper understanding in the subject. Method used in this project was Multikriterianalys and four-step principle to get different alternatives 1-2 for the most effective solution. Where alternative 1 is to optimize the road and alternative 2 is to construct a new trafiklane for the automated vehicles.

Multikriterianalys shows that alternative 1 is the most effective solution because it has almost the same effects on the infrastructure as alternative 2. But alternative 1 is much more profitable and easier to implement in today's infrastructure.

Conclusion of this project is that both alternatives need to be implemented because for a developed infrastructure is not only used for today's needs but also for the future development of the infrastructure for the future generations. Alternatives 1 and 2 makes that a possibility to happen.

## Begrepp och förkortningar

**BRT:** Buss Rapid Transit är bussar med hög kapacitet som kör på särskilda busskörvägar (Volvo Bussar Sverige, 2020).

**CAV:** Connected Autonomous Vehicles, Fordon som är kopplade med den digitala infrastrukturen (Car, 2017).

**DSRC:** Dedicated Short-Range Communication, wireless kommunikation som tillåter hög säkerhet mellan fordonen och dens omgivning (EverythingRF, 2019)

**ITS:** Intelligent Transport System som använder sig av (4G/5G) nätverk för att få information från infrastrukturen och fordonen (Cooperative ITS Corridor, 2019)

**MCA:** Multikriterieanalys (för mer information se 2.1.1)

**TRB:** Technology Revealing Bussniess, företaget skapades 2006 och jobbar med teknologi samt programmering (TRB Technologies, 2018)

**TSC:** Technology Service Corporation, Ingenjör företag som förse US staten med deras service (TSC, 2019).

**UA1:** Utredningsalternativ 1

**UA2:** Utredningsalternativ 2

**V2I:** Vehicle to Infrastructure communications, kommunikation mellan automatiserade fordonen och infrastrukturen via nätverket (Jim Frazer 2012).

**V2V:** Vehicle to Vehicle communications, kommunikation mellan automatiserade fordonen via nätverket (Jim Frazer, 2012).

# Innehållsförteckning

1. Inledning.....	9
1.1 Bakgrund.....	9
1.2 Problembeskrivning .....	10
1.3 Syfte .....	10
1.4 Frågeställningar.....	10
2. Metod .....	11
2.1 Litteraturstudie.....	12
2.2 Intervjuer .....	12
3. Litteraturstudie.....	13
3.1 Vad är ett självkörande fordon.....	13
3.1.1 Vad är de olika nivåerna för de automatiserade fordonen .....	13
3.1.2 Energi och Miljöeffekter.....	14
3.1.3 Säkerhet .....	14
3.1.4 Kapacitet.....	15
3.2 Infrastruktur för automatiserade fordon .....	15
3.2.1 Infrastruktur – Teknik CAV.....	16
3.2.2 Infrastruktur – krav för CAV .....	17
3.2.3 Digital infrastruktur .....	18
3.2.4 Projekt med Infrastruktur ITS .....	19
3.3 Kollektivtrafik.....	20
3.3.1 Buss Rapid Transit .....	20
3.3.2 Pilotprojekten.....	21
3.3.3 Transit fordonprojekt.....	21
3.4 Transport – Vera lastbilar .....	22
4. Intervjuer – En utblick mot framtiden.....	23
5. Implementerings strategi och Case studier.....	25
5.1 Implementeringsstrategi i Halmstad.....	25
5.1.1 Vinster med Halmstad implementeringen .....	28
5.2 Implementerings strategi Helsingborg-Malmö .....	29
5.2.1 Utredningsalternativ 1 .....	30
5.2.2 Utredningsalternativ 2 .....	33
5.2 För och Nackdelar med utredningsalternativen .....	34
6. Diskussion .....	36

6.1 Slutsatser.....	37
Källor .....	38



# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

De senaste decennierna har utvecklingen inom IT skett exponentiellt, med mera avancerade innovationer varje år. Utvecklingen inom IT påverkar flera områden, bland annat kollektivtrafik. Automatiserade (självkörande) fordon är ett utvecklingsspår för den framtida kollektivtrafiken men även delad mobilitet och ett nytt sätt att resa möjliggörs genom utvecklingen inom digitalisering och IT, så kallad Mobility as a Service (MaaS). Det behövs mer forskning inom området, dels för att förstå de tekniska aspekterna och vad som möjliggörs genom ny teknik men också att förstå människors beteenden och acceptans för tekniken, hur affärsmodeller, regelverk och lagar påverkas och flera andra aspekter. Automatiserade fordon är konstruerade med en AI (artificiell intelligens) där datorerna programmeras för att lära sig och få mer kunskap samt ta egna beslut/slutsatser för att lösa problemen.

Automatiserade fordon existerar redan till viss del. Elon Musk som är medgrundare och VD på Tesla grundade företaget 2003 med mål av processen att påskynda världens övergång till hållbar energi (TESLA, 2020). Företaget var den första biltillverkaren som introducerade den nya funktionen autopilot för deras bilar. Det finns även andra automatiserade funktioner i dagens transportsystem idag som exempelvis parkerings-assistans (Mercedes-Benz, 2020) där bilen kan parkera sig själv, intelligenta farthållare och system som håller bilen på rätt position på vägen (lane keep assist).

Utvecklingen kring automatiserade bussar framskrider fort och många tester med olika typer av automatiserade bussar genomförs eller håller på att startas upp (CAR, 2017). Utvecklingen är till stor del teknikdriven och många av testerna involverar små skyttelbussar (CAR, 2017) snarare än normalstora bussar. Flertalet tester sker på dedikerad infrastruktur utan beblandning med konventionella fordon. Det har inte genomförts många projekt, varken i Sverige eller internationellt, för att utreda hur de funktionella kraven ser ut för att automatiserade bussar ska kunna framföras på ett säkert och användaranpassat vis, i hastigheter som är normala för sträckan samt beblandade med konventionellt framförda fordon (Habibovic, 2019). Syftet med funktionella krav är att ge en tydlig beskrivning av eftersträvd funktionalitet i väganläggningen för att möjliggöra enhetlig planering och prioritering av åtgärder.

I Sverige har det genomförts tester med automatiserade bussar bland annat i Stockholm och Helsingborg. Skyttelbussarna är programmerade att köra mellan 2 olika koordinater i låga hastigheter (Azra Habibovic, 2019). Volkswagen AG och Qatar investment Authority (QIA) samarbetat kring autonoma transporter som kallas Project Qatar Mobility där de försöker införa självkörande bussar till Dohas kollektivtrafik till år 2020. Bussarna som har testats i Sverige (Azra Habibovic, 2019) liknar de självkörande skyttelbussarna som Volkswagen har lanserat. Det har lanserats 35 självkörande skyttlar och 10 bussar från Scania, där skyttelbussarna kommer kunna transportera 4 personer åt gången inne i städerna.

## 1.2 Problembeskrivning

Kan införandet av automatiserade fordon vara en positiv utveckling i samhället samt hur ska man få det att fungera på ett tryggt och säkert vis? Beblandningen med konventionella framförda fordon är en faktor som måste ses över och undersökas hur det skall fungera och på vilka sätt. Vilka alternativ och möjligheter finns om automatiserade fordon introduceras in i trafiken där övriga fordon befinner sig. Kan en ökad tillgänglighet skapas vid införandet av automatiserade fordon samt på vilka sätt i sådana fall.

## 1.3 Syfte

Syftet med arbetet är att utreda om det är möjligt för automatiserade fordon att införas och om det kan bidra till en ökad tillgänglighet. Syftet är även att undersöka hur en implementering ska se ut i trafiken med beblandningen av automatiserade fordon och övriga fordon om fokus ligger på den hållbara infrastrukturen.

## 1.4 Frågeställningar

1. Fungerar införandet av automatiserade fordon på det statliga vägnätet.
2. Kan automatiserade fordon bidra till en ökad tillgänglighet?
3. Hur skall implementeringen se ut mellan de automatiserade fordon och övrig trafik med fokus på den hållbara infrastrukturen?

## 1.5 Avgränsningar

Detta arbete har fokus på hur automatiserade lastbilar/bussar trafikerar utifrån ett väghållarperspektiv och tar inte hänsyn till de tekniska aspekterna med hur den självkörande tekniken fungerar utan vilka krav som ställs på infrastrukturen i framtiden. Arbetet är avgränsat till att inte behandla tätbebyggt område utan motorvägs- och landsvägsmiljöer utanför städerna. Fordonen i arbetet räknas som Tunga fordon vilket involverar bussar och lastbilar.

## 2. Metod

En litteraturstudie ska göras om automatiserade fordon för att öka kunskapen inom området och se om det är möjligt att införa de nya automatiserade fordonen i trafiken samt om de kan bidra till en tillgänglighet. Intervjuer har även genomförts för att se företagens/tillverkarnas kunskap och perspektiv om de automatiserade fordon och dess framsteg. En Fyrstegsprincip kommer att användas för att skapa olika utredningsalternativ för att hitta den effektivaste implementeringsmetoden för fordonen.

## 2.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie har genomförts för att få en djupare förståelse för ämnet och få en bättre bild om automatiserade fordonen. Litteraturen och annan information har hämtats från rapporter samt forskning inom ämnesområdet. Ytterligare information har rekommenderats av trafikverket som har hjälpt med att hitta bra källor samt kostnadsstatistik.

Litteraturstudien har genomförts med hjälp av sökmotorn Google.

Sökorden som har använts i litteraturstudien:

” infrastructure cav technology ” 16 700 träffar på Google Scholar där 2 länkar användes.

“parkeringsassistans “ 381 000 träffar på Google Scholar där 1 länk användes.

” automatiserade fordon ” 2740 träffar i Google Scholar där 2 länkar användes.

” automatiserade bussar ” 2710 träffar i Google Scholar där 1 länk användes.

” infrastruktur anpassning för automatiserade fordon ” 879 träffar i Google Scholar där 2 länk användes.

” project qatar mobility ” 27 400 träffar i Google Scholar där 1 länk användes.

”projects with automation” 2 920 000 träffar i Google Scholar där 2 länkar användes.

”Cav technology projects” 37 600 träffar i Google Scholar där 1 länk användes.

”ITS-5g technology” 550 träffar i Google Scholar där 1 länk användes.

”automatad vechiles” 1 850 000 träffar i Google Scholar där 3 länkar användes.

## 2.2 Intervjuer

Christer Ljungberg och Magnus Palm har intervjuats den 18 december respektive den 8:e januari. Intervjuer har genomförts för att få en förståelse om automatiserade fordon och dess utvecklingsmöjligheter. Se bifogade filer för frågor och svar från intervjuerna.

## 3. Litteraturstudie

### 3.1 Vad är ett självkörande fordon

Definitionen av ett självkörande fordon är att fordon som kör sig själv utan direkt mänsklig insats. Fordonet navigerar och styr med hjälp av sensorer, radar, kamera och GPS.

Självkörande, autonoma eller förarlösa fordon, som de även kallas, kan ge en säkrare trafik med färre olyckor, mindre miljöpåverkan och en mer tillgänglighet till kollektivtrafik.

#### 3.1.1 Vad är de olika nivåerna för de automatiserade fordonen

Automatisering kan beskrivas med hjälp av en gradering på 6 olika nivåer nämligen från nivå 0 till nivå 5. Nivåerna är graderade så att nivå 0 är att ingen automatisering tillämpas medans nivå 5 är full automatisering där fordonet klarar av allt en människa bakom ett fordon kan klara av att hantera (Sveriges kommuner och landsting, 2018). Detta är en gradering framtagen ur fordonsindustrins perspektiv och fokuserar till stor del på interaktionen mellan förare och fordon.

**Nivå 0:** Föraren får ingen hjälp via automatisering vid fordonets framförande. Varningar och nödbromsningar som erbjuds för fordonet räknas även med under nivå 0.

**Nivå 1:** Föraren får hjälp och stöd av fordonet vid filhållning eller farthållning.

**Nivå 2:** Innebär att automatiseringen klarar av att både styra och anpassa hastigheten för fordonet.

**Nivå 3:** Fordonet klarar av alla aspekter av köruppgifterna med hjälp av automatiseringen men föraren måste vara beredd konstant för att ta över ansvaret så snabbt som möjligt om något skulle inträffa.

**Nivå 4:** En hög automatiserings grad då fordonet har kontrollen och kan köra helt själv under vissa förutsättningar. Förutsättningarna kan vara att fordonet kan hålla en god sikt samt köra på specifika vägar. Det krävs dock att en förare är ansvarig och beredd att ta över kontrollen om något oväntat skulle inträffa eller om förutsättningarna förändras.

**Nivå 5:** Fordonet är kapabelt att helt självklara alla typer av aspekter som en mänsklig förare hade klarat av på alla underlag samt olika miljöer då den har fullständig automatisering. Att skilja på tekniken för de olika fordonen för de respektive nivåer som till exempel nivå 4 som

är hög automatisering samt nivå 5 som är fullständig automatisering är inte enkelt och inte heller att bedöma effekterna som automatiseringen kommer att generera (Sveriges kommuner och landsting, 2018). Då nivå 5 relaterar till den mänskliga kompetensen som finns blir den väldigt svårdefinierad ur en automatiserings synpunkt.

### 3.1.2 Energi och Miljöeffekter

Automatiserade fordon har en potential att minska koldioxidutsläpp och bensinförbrukning genom mekanismer som förbättrad effektivitet, bättre dirigering och lägre trafik. Men samtidigt har automatiserade fordon också en potential att öka bränsleförbrukningen genom effekter som längre sträckor, ökad användning av transporter från grupper med mindre underhåll (Brown, 2020). Med Kaya idenity metoden så räknar man med faktorer som populationen GDP per capita, Energy intensitet och kol intensitet. Metoden används för att uppskatta det totala utbudet av möjliga effekter. Beroende på de olika effekterna kan automatiserade fordon leda till en stor besparing av bränsle men samt kan den ha andra konsekvenser i andra faktorer när man ökar mängden av populationen som använder det.

### 3.1.3 Säkerhet

Säkerheten mellan de automatiserade fordonen funkar med de olika programmen vechile to vechile (V2V) och infrastructure to vechile (I2V) kommunikationsteknik. Körbeteende för Connected vechile (CV) och anslutna fordon lägre nivåautomatisering (CVLLA) modellerades i C ++ programmeringsspråket med beaktande av realistiska fordon med modeller i VISSIM trafiksimulerings program (Rahman, 2019). Med programmet undersöktes säkerhetspåverkan på både segment- och korsningsrisker genom säkerhets bedömningstekniker under olika marknadsinträngningsgrader (MPR). Risk för segmentkrasch analyserades utifrån både tidsbaserad och undvikande åtgärdsbaserad säkerhetsåtgärd: tidsutsatt time to collison (TET), tidsintegrerad time to collison (TIT), time exposed rear end crash riskindex (TERCRI), Lane changing conflict (LCC) och number of crictical jerks (NCJ). Men korsningsrisken för korsningen utvärderades genom antalet konflikter extraherade från simulering VISSIM med hjälp av Surrogate Safety Assessment Model (SSAM). En logistisk regressionsmodell utvecklades också för att kvantifiera kraschrisken i termer av observerade konflikter som erhållits i korsningens påverkansområden (Rahman, 2019). Resultaten tyder på att både CV och CVLLA minskar risken för segmentkrasch avsevärt.

### 3.1.4 Kapacitet

CAV tekniken kan öka tillgängligheten på färre vägbanor genom att öka kommunikationen mellan fordonen och infrastrukturen med hjälp av V2V och V2I. Den optimerar hastigheter beroende på trafiksignalfasen, fordonen kommer kunna köra i bra avstånd mellan varandra vilket kommer leda till en ökad genomströmning och till färre krascher när du ökar säkerhetsavståndet (Ghiasi, 2017).

Körfält för automatiserade fordonen kommer inte behöva vara så breda för att rymma mänskliga förare. Körfälten för automatiserade fordonen kan vara lika breda som själva fordonet vilket gör att den normala fordonsbredden kan reduceras upp till 20%. Detta leder till en ökad tillgänglighet för cyklister och fotgängare då gång och cyklistbanan blir breddare (CAR, 2017). Det kan bidra med andra effekter som tex. att öka väg och trafikflödet är att undvika ombyggnationer för vägen.

Nya infrastrukturinvesteringar kan behövas för att maximera fördelarna med dessa fordons innovationer, ett forskningsprojekt TRB har definierat en affärsmodell där utbyggnaden av infrastruktur som stödjer CAV användning, vilket innehåller detaljerade kartor för automatiserade fordon.

## 3.2 Infrastruktur för automatiserade fordon

Infrastruktur spelar en viktig roll för införandet av automatiserade fordon. En viktig faktor är att anläggandet av vägmarkeringar bör vara ordentliga och noggranna utförda då de automatiserade fordonen använder sig av kameror och sensorer för att lokalisera sig inom vägbanan och hur dess vägsträckning ser ut framåt. Detta kräver en viss grad av underhåll av vägarna där de autonoma fordonen kör (CAR, 2017), exempelvis så behöver vägmarkeringarna ständigt synas. Ett visst varningssystem krävs även för de automatiserade fordonen där det finns information om förändrat väglag samt varningar för eventuella försämrade siktförhållanden.

Harmonisering av körfältet, gångbanor, kanter och vägmarkeringar är viktig så det autonoma fordonet får en trygg och säker resa. Markeringarna på vägen skall vara tydliga och synliga så fordonet kan navigera utan problem. Då fordonen enbart håller sig inom en bana, kan det ge en möjlighet att implementera ett nytt körfält.

Infrastrukturen för automatiserade fordon består huvudsakligen av CAV teknik, Digital infrastruktur och ITS som kommer presenteras i nästa avsnitt och kraven som krävs för att få det fungerande.

### 3.2.1 Infrastruktur – Teknik CAV

Företag och forskare utvecklar automations teknologi som ska vara pålitligt för dagens vägar, även med dagens infrastruktur kommer det inte behövas stora investeringar för att få implementera fordonen (CAR, 2017).

Genom att bibehålla och förbättra den nuvarande väginfrastrukturen kan den påskynda utbyggnaden och därmed undvika dyrare teknik som behövs för att klara vägbristerna och öka tillgängligheten för fordonen.

Vår infrastruktur idag är anpassade för behoven hos de mänskliga förare, vilket är inte optimalt för datorer och AIs. Detsamma kan det gälla att övergå från en mänsklig körning till en datakörning, man får ändra vägmarkeringar, skyltning och filens bred på vägarna speciellt för motorvägarna. Även tänka på kapacitet samt potential för ny infrastruktur.

Vissa automatiserade fordon kommer förlita sig på att identifiera vägmärkningar med hjälp av radar och kameror och detta finns redan i dagens bilar som inte är självkörande till exempel de kan identifiera hastighets skyltar för att vissa föraren vilken hastighet de bör hålla. Samt vissa fordon har redan assisterad körning (Autopilot) som till exempel Tesla, Volvo, Mercedes och Audi (Mercedes-Benz, 2020).

Många biltillverkare använder sig av vägmarkeringar för att de automatiserade fordonen ska kunna navigera och hålla sig på vägen samt i rätt fil. Körfältsmarkeringar måste vara i bra skick för att bilen ska lägga märke till linjerna och man måste förvänta sig att vägarna kommer att påverkas med tiden (CAR, 2017).

Målet som många biltillverkare har är att producera en självkörande bil som kan köra på vilken väg som helst, det utforskas andra sätt att få självkörande bilen att köra på samma körfält genom att man testar positionering med avseende för andra fordon, skyddssträckor, 3D kartor och sensorer (CAR, 2017).



V21 kommunikation och hög definition 3d kartor kan ersätta några funktioner som utförs av vägmärken och signaler, väg indikatorer kan överföras till fordonen via särskild kommunikation (DSRC) eller mobil kommunikation till fotgängare eller cyklister. Men även med sådan teknologi kommer skyltar och signaler fortfarande behövas. Programmen som man installerar i automatiserade fordonen kan bidra till förbättrade trafikflöde och hastigheter genom skärningspunkter vilket leder till att fordonet inte behöver onödigt bromsa eller accelerera

### 3.2.2 Infrastruktur – krav för CAV

För att förstå hur man ska uppehålla planering, vägledning är det först nödvändigt att fastställa vilken typ av infrastrukturkrav som kan vara till hjälp eller nödvändigt för att stödja CAV. TSC-teamet höll en intern serieworkshop för att undersöka de potentiella möjligheterna till anpassning av infrastrukturen för att stödja införandet av CAV (Catapult transportsystem, 2017). Ingick totalt sju olika aspekter listade på följande sätt:

- Väg markeringar.
- Säkra hamnområden.
- Servicestationen
- Bilparkering
- Automatiserad efterfrågan för kollektiva fordon
- Korsningar
- Påverkan på bro strukturer. Varje aspekt övervägdes ur en planeringsdesign, implementerings och drifts perspektiv

De flesta CAV systemen kan förlita sig på kartläggningen av vägnätet och jämföra information som erhålls från sensorerna med den informationen i kartorna för att utföra uppgifter som till exempel lokalisering och bestämning av vilket körfält som ska användas.

Vägarbeten kan förändra vägensform och ändra fordonens hastighet som den färdas med. För mänskliga förare har den förmågan och intuition att tolka vägmärken och navigera själv i nya områden (Catapult Transport Systems, 2017), men med CAV har inte samma intelligens för at

tolka nya miljöer och områden. På grund av dessa svårigheter så får man överväga utformningen och genomförande av trafikstyrnings åtgärder.

Ifall man ska installera teknologin för CAV ska man använda vissa vägar och korsningar med infrastrukturen för att stödja det till exempel (fiberoptik och kopparkablar) kommer tillåta av en enkel installation i framtiden när teknologin har utvecklats mer. ITS-G5 har en 300 m avstånd (Catapult Transport System, 2017), många motorvägar har redan fiberoptik kablar som man kan använda infrastrukturen för den nya tekniken.

### 3.2.3 Digital infrastruktur

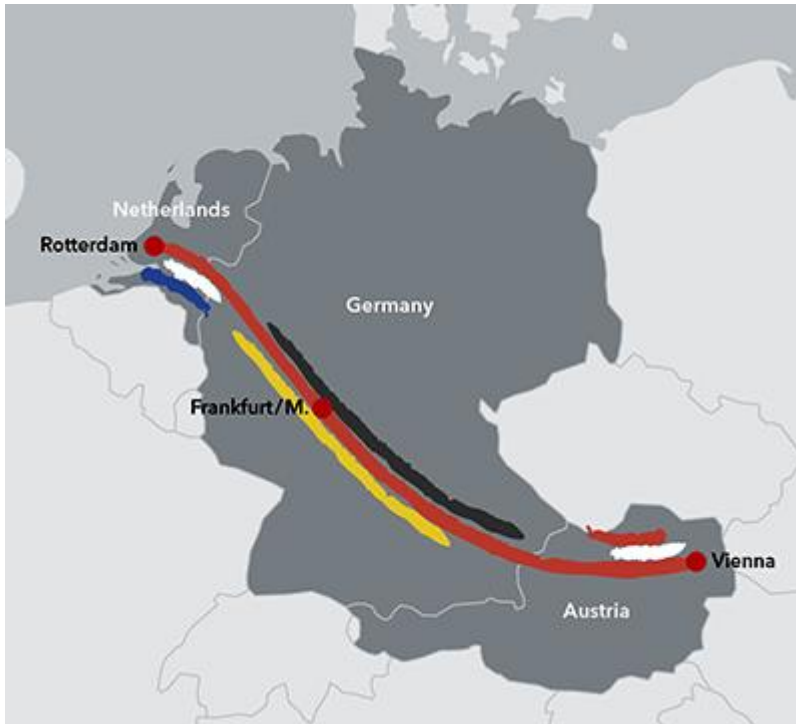
Vid införande av automatiserade fordon så finns det olika aspekter gällande den digitala infrastrukturen som det bör tas hänsyn till för att de automatiserade fordonen skall uppnå sin fulla potential. Fordonen bör vara uppkopplade mellan fordon och infrastruktur samt mellan fordon och fordon. Uppkopplandet kommer att leda till en bättre kommunikation mellan fordonen och infrastrukturen vilket ökar säkerheten för resenärerna samt ser till att det blir ett bättre trafikflöde. Kommunikationen kommer även varna för fara/olycka innan själva fordonet kommer till problemet Trafiksystemet måste tillämpa olika infrastrukturinsatser som krävs för att uppkopplingen skall fungera.

En uppkoppling mellan fordonen och infrastruktur kräver dels en kommunikationslösning och något att koppla upp sig mot. En kommunikationslösning som diskuteras är sändare längs vägen (ITS-G5) och primärt cellulär uppkoppling (4G/5G) (CAR, 2017). I norra Europa där stora ytor finns med relativt gles trafik tillämpas de cellulära lösningarna. Centrala samt södra Europa där det förekommer mycket trafik tillämpas vägsidessändare. En hybridlösning där både teknologierna kan samverka är en praktisk lösning (CAR, 2017).

Arbeten pågår fortfarande om hur kommunikationen kan ske och det diskuteras olika molnlösningar samt hur man ska byta information mellan molnen. De nordiska trafikverken har tillsammans med industrins representanter tagit fram en lösning inom projektet Nordic Way28 som heter ”interchange node” (CAR, 2017). Detta skapar ett system där olika fordonstillverkare, trafikverk, kommuner samt städer kan dela information mellan varandra.

### 3.2.4 Projekt med Infrastruktur ITS

I Nederländerna och i Tyskland håller man på att bygga ITS (intelligent transportsystem) G5 korridoren från Rotterdam till Wien med RWW programmet och med fordonsdata. Med programmet kommer man kunna upptäcka trafik hinder och identifiera farorna innan det uppkommer.



Figur 4. ITS korridoren mellan Nederländerna och Tyskland (Cooperative ITS Corridor, 2019)

Med nätverket kan man koppla ihop kommunikationen mellan infrastrukturen (Cooperative ITS Corridor, 2019) och fordonen, tekniken som kommer att användas för att uppnå det är V2X (Vehicle to Vehicle and Vehicle to Infrastructure Communication) eller med ITS.

I EU har man forskat att implementera detta i flera ställen. Men för tillfälligt har detta inte testats i riktigt trafik eller testas med de samarbetande länderna inom projektet pga. tekniska problem samt datakommunikationen (Cooperative ITS Corridor, 2019) som krävs för att systemet ska funka. De icke tekniska aspekterna som t.ex. organisation struktur och säkerhets tester) håller på att utarbetas i preparation för att lansera (public private partnership).

### 3.3 Kollektivtrafik

Det finns två perspektiv med automatiserade fordon och kollektivtrafik. De kan vara separata faktorer där båda alternativen finns för att transportera sig vilket gör att automatiseringen blir en konkurrens för kollektivtrafiken. Då automatisering kan erbjuda ett smidigare alternativ för att resa mellan olika platser så kommer kollektivtrafiken att bli mindre attraktiv.

Den andra synvinkeln är att automatiseringen enbart blir ett komplement till kollektivtrafiken. Kollektivtrafiken kan då hantera resemängder som uppkommer vid rusningstid med hjälp av de automatiserade fordonen (Litman, 2020). Automatiseringen är inte lätt att tillämpa i staden till skillnad från landsbygden. I dag så hjälper kollektivtrafiken många människor att förflytta sig till och från jobbet vilket gör kollektivtrafiken till det mest effektiva sättet att förflytta sig i många städer.

Med automatiseringen kommer det presentera flera olika alternativ av färdmedel tex Buss rapid transit, pilotprojekt och transitfordon. De utvecklas mer när infrastrukturen skapas för de fordonen och anpassar sig bättre i samhället.

#### 3.3.1 Buss Rapid Transit

BRT står för Bus Rapid Transit och är ett högt utvecklat busstrafiksystem med lösningar som man kan finna i spårtrafiken. Bus Rapid Transit går i allmänhet på separerade bussbanor där kurvorna är uppmätta för att inte skapa en stor sidoförflyttning vid hållplatserna. BRT har även planerade inbromsningar vilket skapar en medelhastighet och åkkomfort som är hög (BRT i Sverige, 2019). BRT- systemet har raka tydliga linjesträckningar med relativt långa avstånd mellan hållplatserna. En medelhastighet på 20-35km/h med en praktisk kapacitet på cirka 3500 resenärer per riktning och timme med en hög turtäthet.

Passagerare och andra trafikanter får en hög trafiksäkerhet då bussens flexibla egenskaper gör att det skapas en låg störningskänslighet av systemet. Bus Rapid Transit är en direkt tillgänglighet i storstaden då den erbjuder en hållbar, modern och kostnadseffektiv lösning för transportbehovet.

BRT bussarna kan användas för att locka till resenärerna till att använda kollektivtrafiken och pga. BRT systemet liknar spårtrafiken kan man även implementera det i ett eget körfält med de konventionella fordonen i motorvägen.

### 3.3.2 Pilotprojekten

Nobina har samarbetat med Helsingborg för att utveckla en självkörande buss. Bussen har 12 platser för passagerare (6 stående och 6 sittande) och styrs av en dator som är utrustad med sensorer för att upptäcka farthinder i tid (Wiklund, 2017). Sträckan som bussen kommer köra på är mellan Helsingborg Knutpunkten och Campus. En resa mellan de två punkterna tar cirka 1 min med medelhastigheten 20 km/h en sträcka på cirka 400m.

Bussen har testats innan i Kistas stadsmiljö där den fick positiv kritik av folket som har testat bussen. Linköping har även infört två självkörande bussar sedan starten av 2020. Skillnaden mellan de två städerna är att bussarna i Linköping trafikerar på en 2 km sträcka mellan Campus Valla och Vallastden (Vti, 2020). Bussarna används som en forskarplattform för studenter aktörer och forskare för att lära sig mer om automatisering.

Projektet kalla RideTheFuture visar hur självkörande bussar kan bidra men en modern hållbar utveckling, Projektet kommer rulla ut ungefär om 1 år, bussen tar nu emot cirka 10–13 passagerare och resorna är gratis.

### 3.3.3 Transit fordonprojekt

Flera företag har utvecklat automatiserade transit fordon. Dessa fordon har utplacerats i flera länder som pilotprojekt. Ett exempel på en semi-automatiserad buss i utveckling är Mercedes-Benz framtidsbuss. Den här bussen känner av trafikljus, kommunicerar med dem, och säkert förhandlar korsningar (CAR, 2017). Den känner igen hinder och fotgängare på vägen och bromsar självständigt vid behov. Busschauffören kan ingripa när som helst, om det behövs.

Fordonkonceptet har testats i Nederländerna 2016 på en 20 kilometer väg med verklig trafik. Bussens topphastighet ligger på 70 kilometer i timmen. Ett franskt företag Nayya har utvecklat något liknande, deras version kallas Arma och är en helautomatiskt shuttle (CAR, 2017). Den har testats för en del i allmänheten i städerna Lyon i Frankrike och Sion i Schweiz 2016. Ett annat företag som är franskt Easymile byggde EZ10 som är också ett elektriskt

automatiserat shuttle som användes 2014 –2015. Det har även finansierats liknande projekt med EU som heter City Mobil 2 projektet (CAR, 2017).

I USA organiserades demonstrationer i Concord och Kalifornien, samma skyttel är också i tjänst i Singapore, Dubai UAE, Nederländerna, Finland och Helsingfors (CAR, 2017).

Holländska företaget “To get there” har utvecklat en PRT (personlig rapid transit) och utvecklat BRT (buss rapid transport) med kapacitet för 24 passagerare. Företagets mål är att blanda in shuttle med den övriga trafiken

USA har även utvecklat shuttle Olli, den har testat de allmänna vägarna i nationell Harbor i Maryland 2016. Ytligare prövningar väntas i Las Vegas och i Miami. Fordonet har också testats i Huntsville, Alabama, Berlin Tyskland, Köpenhamn Danmark och Canberra Australien. Men för tillfälligt pågår det flera tester i Santa Clara universitet (CAR, 2017) i USA.

### 3.4 Transport – Vera lastbilar

Volvo har utvecklat en automatiserad lastvagnsmodell utan förarhytt som kallas för Vera. Vera lastbilarna erbjuder självkörande transportlösningar med nollutsläpp och låga ljudnivåer vilket är en viktig faktor som det kommer ställas krav på i framtidens logistik. Vera ska användas som gods transport mellan en hamnterminal i Göteborg och DFDS logistikcenter under sitt första uppdrag år 2021 (Rabe, 2019). Det är korta avstånd där en mycket stor godsvolym ska transporteras vilket lastvagnen är dimensionerad för.

Vera lastbilar är på väg att utvecklas och förutsättningarna skall vara att den används i en idealisk miljö och få liknande uppgifter som i dess första uppdrag där lite mer potential krävs (Mattias Rabe, 2019). Max hastigheten för Vera fordonet är 40km/h men efter det första uppdraget är målet att använda Vera lastbilarna till verkliga transportuppdrag på förutbestämda allmänna vägar i industriområden. Innan dess bör dock drifthanteringen och tekniken utvecklas samt att alla krav uppfyllas som samhället sätter där infrastrukturen skall anpassas och säkerheten ska ses över.

## 4. Intervjuer – En utblick mot framtiden

Intervjuer har gjorts för att se konsultens kunskap och perspektiv om de automatiserade fordonen. Första intervjun var med Christer Ljungberg som är en av grundarna för Trivector som förklarade att de arbetar med att skapa och forma en hållbar framtid. De vill ständigt ligga framme i utvecklingen där även automatiserade fordon har varit en del i deras forskning om framtiden.

Andra intervjun hölls med Magnus Palm som gav en väldigt tydlig insikt om hur Trafikverkets inställning är för denna utveckling av automatiserade fordon. Tydlig bild gavs även hur Trafikverket bidrar och jobbar med för att vidareutveckla olika aspekter för att kunna introducera automatiserade fordon i transportsystemet. Intervjun avslutades med flera diskussioner om hur man kan analysera de olika utredningsalternativ där man kom fram till flera bra idéer.

Både Trafikverket och Trivector är stora aktörer i Sverige och deras syn på utvecklingen av automatiserade fordon är positiv där den nu har skett i många år och man vill ligga med i utvecklingen. Det är väldigt svårt att förutse vart man hamnar längre fram i denna utveckling dock. Man strävar efter att både automatiserade fordon samt vanliga fordon skall samverka på samma körbana då det inte blir enkelt med ett extra körfält både ekonomiskt och ytmässigt.

Fordonstillverkarna är väldigt osäkra till att dessa olika fordon ska samverka efter att Trafikverket har haft en övning med branschen och kom fram till att de autonoma fordonen inte kommer att komma upp i hastigheterna som krävs och kan hantera de befintliga trafikregler som finns i de hastigheter som gäller för nationella vägnätet.

Både Trafikverket och Trivector har samma syn när de kommer till anpassning i trafiken mellan de olika fordonen då både typerna måste förhålla sig till varandra men de givetvis de autonoma som måste anpassa sig lite mer än vanliga fordon då de bör ligga i tekniken då man inte kan programmera en människas beteende.

En utblick av framtiden på närmaste 5: åren framåt så anser Trivector att man bör jobba med att försöka få självkörande fordonen att i största utsträckning rulla på och hålla en jämn hastighet då högsta hastigheten är inte det viktiga. Kan man lösa det så är det bra för de som tar tid är alla inbromsningar och accelerationer gång på gång. Genom att hålla en jämn hastighet så har du mycket att vinna på även om de nu skulle vara så att man har en lägre hastighet.

Då det diskuteras vilka fordon som ska automatiseras så finns det möjligheter för all typ av fordon till de men största fokus ligger på bussar som är väldigt kapacitetsstarka samt vägfordon och underhållsfordon av olika slag vilket även hänvisas till i Trafikverkets färdplan. Enligt Trivector så handlar de om vilken typ av automatisering man pratar då en lastbil för godstransport strävar efter full automatisering där fordonet får hjälp med samtliga funktioner som krävs. En vanlig bil kan innehålla automatiserings typer som är hjälpmedel för att underlätta för föraren. Det kan vara att hålla sig på rätt körfält eller bromsa till när man kommer för nära framförhävande fordon.

Det prioriteras att ha en implementering av automatiserade fordon utanför staden nämligen landsväg och motorväg vilket även är lämpligast enligt Trivector. Det blir väldigt svårt att få det att fungera i staden samt att det inte finns tillräckligt med fördelar för att prioritera de i staden om man skulle överväga de. Motorväg och landsväg prioriteras mer då de är lämpligare, gynnsammare samt enklare med tanke på trafiken och infrastrukturen på landsväg och motorväg.

Trivector förklarar att denna utveckling har drivits mycket av industrin vilket är intressant för det är inte någon direkt som har kommit och efterfrågat och tänkt att de skulle vara skönt med självkörande fordon. De teknikdrivet som har lett till denna efterfrågan men samtidigt är det svårt och se för om alla bilar skall bli autonoma på längre sikt så kommer det att krävas at de finns betydligt färre bilar i trafiken vilket fordonsindustrin inte hade varit intresserat av. Det väldigt svårt att veta idag vad de är som kommet att styra detta för det finns inte mycket lagstiftning idag som relaterar till självkörande fordon.

Trafikverket försöker förstå fordonets begräsningar innan man kan ställa några krav på dem. Man kanske behöver ställa nya krav på föraren samt vägen. Utbildningar ska vara obligatoriska där man får ett certifikat för att få vara en säkerhetsförare som övervakar fordonet. Trafikverket ställer krav på nationella vägnätet alltså riksvägar och Europavägar som dem ansvarar för med hjälp av VGU ”vägars gator och utformning” som även är vägledande kommuner.



## 5. Implementerings strategi och Case studier

Två Case-studier skall presenteras nämligen en i Halmstad som är en lite mindre Case-studie och sen har vi en större Case-studie Helsingborg-Malmö. Case-studien i Halmstad är ett pågående projekt där man är på god väg att bli färdig och dess fördelar samt potential introduceras för en vidare utveckling om automatiserade fordon skulle behandlas i framtiden. Case-studien Helsingborg-Malmö är inget pågående projekt till skillnad från den i Halmstad utan det är en sträcka på två alternativ som skapats där många faktorer inkluderas för att komma fram till den bästa implementerings strategin att införa. Anledningen till att Helsingborg och Malmö valdes är för att i nuvarande situationen är det en väg med en väldigt hög trafikbelastning vilket leder till att det uppstår många köer och förseningar. Med Implementeringen kommer man se om det kan lösa problemet med kapacitet samt se ifall införingen av de automatiserade fordonen på den vägen ökar effektiviteten med trafiken.

### 5.1 Implementeringsstrategi i Halmstad

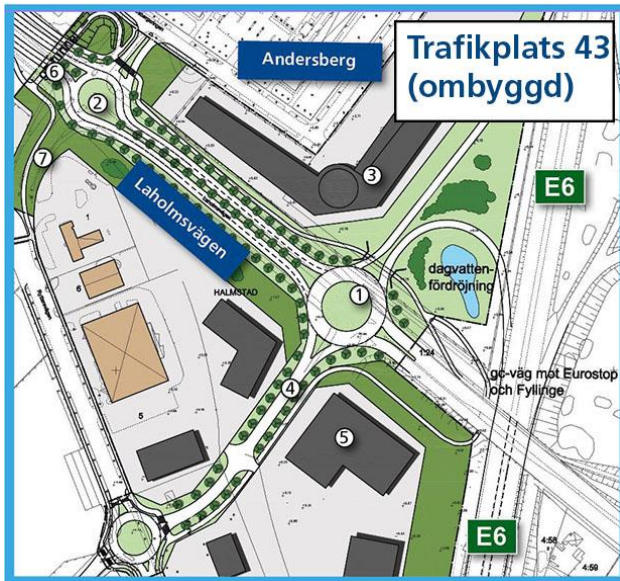
I Halmstads pågår det ett infrastrukturprojekt på södra infarten för att förbättra trafik och logistik i staden. *Se figur 1 nedan.* Projekt som denna pågående i Halmstad är ett väldigt bra infrastrukturprojekt som även skapar väldigt bra förutsättningar ifall man skulle sträva efter ett automatiserat transportsystem.



*Figur 1. Södra infarten: detaljplan för båda etapperna samt Trafikverkets vägplan.*

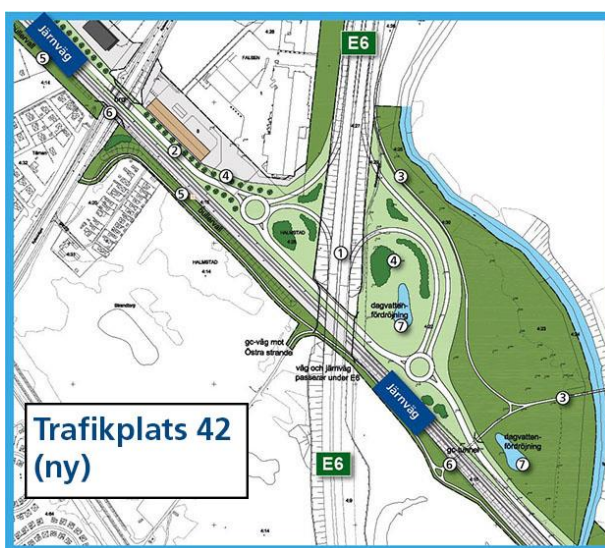
Trafikverket har byggt om infarten på E6 (motorvägen) så den ligger närmre hamnen där en cirkulationsplats har byggts direkt efter infarten för att avleda godstrafiken till hamnen och

bort från övrig trafik. Etapp 1 är på god väg att bli klar där syftet är att koppla ihop väg 15 och E6 med hamnen. *Se Figur 2 nedan.*



*Figur 2. Trafikplats 43 (ombyggd)*

I dagsläget finns det väldigt mycket befintlig trafik på Laholmsvägen när man kör av södra avfarten i Halmstad. Tanken är att avlasta Laholmsvägen för att möjliggöra framtida stadsomvandling vilket är även bra för godstrafiken som har en effektivare väg för att ta sig till hamnen. Etapp 1 har en till process där en ny trafikplats håller på at byggas nämligen trafikplats 42. Trafikplats 42 blir en ny avfart som tar dig sedan vidare till hamnen på ett effektivt sätt. *Se figur 3 nedan.*



*Figur 3. Trafikplats 42 (nybyggnation)*

Etapp 2 fortsätter att effektivisera vägen till hamnen från den nya avfarten på trafikplats 42 när godstrafiken avlastat. Sträckan från både avfarterna till hamnen är vad etapp 2 fokuserar på. Trafiken från båda avfarterna kommer att mötas upp till en gemensam ny vägsträckning som går till hamnen parallellt med järnvägsspåret. *Se figur 1 ovan.*

Detta är en bra förutsättning för att sträva efter ett automatiserat transportsystem för godstrafiken som åker till och från Halmstad hamn. Denna åtgärd gör att transportfordonen som skall till hamnen får en enkel och fri väg till hamnen vilket skapar en bra förutsättning för att använda sig av automatiserade fordon i framtiden.

Infrastrukturen skapar en trygg och säker passage för godstrafiken från dess att den lämnar avfarten till dess att den är framme vid hamnen. Projektet på södra infarten i Halmstad kommer att leda till väldigt många positiva effekter. När Laholmsvägen avlastas så kommer trafiksäkerheten samt miljön att bli betydligt bättre. Övriga bra effekter är att de bidrar till en förbättrad koppling mellan bostadsområdena på Öster samt Östra stranden.

..

### 5.1.1 Vinster med Halmstad implementeringen

Infrastrukturprojektet på södra infarten i Halmstad har varit ett pågående projekt som är på väg mot sitt slut och förväntas vara färdig 2021. Till skillnad från implementerings strategin i Helsingborg-Malmö referens för sida (..) så är det redan Halmstad kommun och Trafikverket som har redan infört implementerings strategi för detta projekt.

Implementeringen av Halmstad kommun och trafikverket är en kombination av steg 3 och 4 av Fyrstygs principen som är en arbetsstrategi som används för att tillämpa god hållbar utveckling. Steg 3 är bygg om och steg 4 är bygg nytt.

Vinsterna med detta projekt är att man vinner mer på tiden att transportera gods från hamnen till motorvägen vice versa. När cirkulationsplatsen byggs om kommer det adderas en utfart som tar transportfordonen direkt till hamnen. Detta gör att ifall man implementerar de automatiserade fordon får man en ökad framkomlighet och ökad kapacitet. Det kommer att underlätta transporter av gods då de inte integrerar med trafiken. Denna strategi ökar effektiviteten av transport samt ger en förbättrad tids marginal av transporten.

Implementering strategin som Halmstadkommun och trafikverket har gjort borde även användas i andra områden än hamnen för att i överlag öka framkomligheten i staden. Det leder på längre sikt till en ökad stadshållbarhet då automatiserade fordon kan bli planerad att implementeras i Halmstads infrastruktur.

## 5.2 Implementerings strategi Helsingborg-Malmö

Fyrstegsprincipen är en arbetsstrategi som användes för att tillämpa en god resurshållning och bidra till en hållbar samhällsutveckling (Trafikverket, 2018). De olika aspekterna i fyrstegsprincipen är

1. Tänk om
2. Optimera
3. Bygg om
4. Bygg nytt

Utifrån åtgärden man har använder man sig av dessa aspekter för att försöka hitta en bästa och lämplig lösning som man vill implementera. För att kunna implementera de automatiserade fordonen kommer man representera två olika alternativ inom fyrstegsprincipen.

Alternativ ett kommer man att använda sig av steg 2 i fyrstegsprincipen nämligen “optimera” medan alternativ två använder sig av steg 4 nämligen “bygga nytt”. I båda alternativen kommer man använda sig av samma sträcka från Helsingborg till Malmö. Distansten mellan städerna är cirka 64,4 km om man tar motorvägen, E6. En tågresor till Malmö tar cirka 45 minuter och med bil/buss tar det cirka 47 minuter.



Figur 4. En blå linjedragning som visar sträckan mellan Helsingborg och Malmö.

### 5.2.1 Utredningsalternativ 1

På alternativ ett kommer man representera en åtgärd som gör det möjligt för de automatiserade fordonen att köra med vanlig trafik via digital teknik. CAV tekniken utnyttjar sig av 5G/4G nätet för att kunna navigera runt på motorvägen samt köra på vägen utan en mänsklig förare, med hjälp av dess sensorer samt med dess komplexa programmering som gör att den känner igen andra fordon, skyltar och signaler när den befinner sig i trafikflödet.

I stället för att bygga en egen fil/bana för de automatiserade fordonen ska man förlita sig på CAV-tekniken, V2I och V2V applikationer som kommer göra det automatiserade fordonet mer trafiksäkert. Man kommer att använda sig av den digitala infrastrukturen och tillägga kopparkablar som ansluter sig till olika delar av motorvägen som tex. skyltar, tavlor och belysningar som skickar ut signaler till de automatiserade fordonen för att ge de information på vad som kommer att ske längre fram på vägen. Informationen skickas även från Mobildata nätverk (torn) som skickar ut informationen till bilarna/bussar.

Eftersom man kommer använda sig av kollektivtrafik och transport kommer man bara utnyttja ett körfält i motorvägen den högra sidan. De självkörande fordonen kommer inte finna sig i en situation där de måste byta fil om inte en olycka har skett eller ett vägarbete som pågår. Med trafikverkets syn att man vill implementera de automatiserade fordonen med dagens trafik så måste de anpassa sig efter hastigheten på motorvägen. E6:an har ett hastighetskrav på 110km/h, ifall man kör försiktigare kommer det påverka trafikflödet.

Tabellerna refereras på sida (21)

Tabell 1. Kostnader för de olika system för CAV Teknik.

Odd attribute	Detailed feature	Unit cost range estimate (deployment)	Maintenance, operation annually
Shoulder or kerb	Safe "harbours"	40-100 k€/km where needed	8 %
	Passenger pick-up/drop-off points	2-5 k€/point	10 %
Markings and signs	enhanced maintenance of road markings and traffic signs & signals	0.1-0.2 k€/km/a	included
Road furniture	Landmarks for positioning enhancement	4-6 k€/km where needed	10 %
	Signs and/or barriers for access control	15-90 k€/km where needed	8 %
Traffic management	Standardized marking and efficient management of road works zones	3-5 k€/km/a	included
	Adaptation of traffic centres & systems	10-90 k€/km	8 %
Maintenance	Enhanced snow-removal	2-2.5 k€/km /a (2-lane roads) 3-4 k€/km/a (motorways)	included
HD map - non-LIDAR	HD Maps or road areas, infra, equipm.	3-4 k€/km	8 %
	HD Maps of road structures for maint.	5-7 k€/km	8 %
	Road areas & environment	1-3 k€/km/a	included
HD map - LIDAR	Road areas & environment with LIDAR point clouds	3-6 k€/km/a	included
RTK stations	Satellite positioning land stations	0.4-2 k€/km	8 %
V2I Long Range	Base station (micro or macro)	35-40 k€/station/a (macro)	included
		8-10 k€/station/a (micro)	
V2I Short Range	Roadside station	15 k€/km	8%
	Connecting to trunk communication	fibre optics 20 - 100 k€/km	8 %
Problem & regulation information	High quality real-time situational picture & rules and regulations	interurban 0.4-0.8 k€/km/a urban 0.1-0.2 k€/km	included
Road works information	VMS/C-ITS warnings	0.5-0.9 k€/km/a	included

Tabell 2. EU:s investering på CAV tekniken på 2040 km väg.

ODD related measure	Motorways & similar roads	Other main roads	Terminal connections	Urban streets
Costs M€				
HD Maps or road areas, infrastructure, equipment	10.3	6.3	0.6	20.5
HD Maps of road structures for maintenance purposes	17.0	8.8	0.9	29.4
3D HD maps: road areas & env. incl. LIDAR point clouds	69.8	12.4	2.3	118.4
Satellite positioning enhancement with land stations	1.0	1.1	0.1	0.3
Positioning enhancement with dedicated landmarks	2.9	1.4	0.2	1.1
Safe "harbours" (shoulders etc.)	17.5	21.6	2.8	15.0
Superactive snow-removal	29.6	0.0	0.6	0.0
Low-latency wireless broadband	8.8	7.1	4.7	29.2
High quality real-time situational picture	9.4	3.8	0.4	15.0
Signs and/or barriers for access control	-	-	5.0	-
VMS/C-ITS warnings: RW/ARWV/AMV	11.0	3.4	0.3	18.0
Road network covered 2040 (km)	1 000	970	95	3 780

På grund av att det inte finns exakta siffror för hur många aktörerna betalar eller summor för de olika teknikslagen kommer man använda sig av EU:s investering som en utgångspunkt för att få fram ett belopp. EU:s investering baseras på tabell 1 så man kan utgå att samma teknik och system används för att få det totala investeringsbeloppet. Road network covered är 2040 km lång medan sträckorna i båda alternativen är 64,4 km lång. Investerings summan för 2040 km väg är 1 miljard euro vilket motsvarar 10 531 961 000 kr. Procent skillnaden mellan 64,4 / 2040 \* investeringskostnaden blir lika med 332 479 553 kr. Då man antar att om man optimerar 64,4 km väg tekniskt kommer de kosta 332 479 533 kr.



## 5.2.2 Utredningsalternativ 2

Alternativ två innebär att optimera vägen där man inför ett körfält bara för de automatiserade fordonen men man kommer fortfarande att använda sig av CAV-tekniken för att få information och kunna köra säkert i sitt separata körfält. Biltillverkarnas syn på de automatiserade fordonen är att de vill ha de körande i sin egen bana för att inte påverka de andra trafikslagen. Denna åtgärd skapar en säkerhet då man bygger ett räcke för att hindra att den kolliderar med någon annan trafik ifall det skulle uppstå en olycka.

Genom att införa ett nytt körfält kan man tillåta större mängd trafikslag på vägen samt öka kapaciteten för vägen. Med hänsyn till transport trafiken kommer den inte kunna köra samtidigt som kollektivtrafiken eftersom man bygger bara ett till körfält. För att åtgärda problemet med de båda trafikslagen kommer man införa olika tidszoner för att utnyttja deras potential. Från 06:00 till klockan 20:00 kommer de automatiserade bussarna köra medan lastbilar och annan slags transport kommer ta över från klockan 21:00 till 04:00. På så vis kan man få båda trafikslagen att fungera samtidigt.

Kollektivtrafikmässigt kan den här åtgärden konkurrera med tåg om man använder sig av rätt fordon. Påga-tåget har cirka 234 platser medan en vanlig rese buss har cirka 50 sittplatser. Ifall man implementerar kedjebussar som kör på sin egen bana kan man öka kapaciteten resenärer till 100 eller 150 beroende på hur många bussar man kopplar. Detta kan leda till att järnvägen avlastas då flera alternativ finns för resenärer att pendla bekvämt och effektivt.

För att beräkna kostnaden för alternativ två tar vi tekniken kostnaden från alternativ 1 vilket var 322 479 533 kr och addera det med vad det kostar att bygga ett nytt körfält för de automatiserade kollektivtrafiken.

Tabell 3. Väggkostnader med olika slags motorvägar med olika körfält (Trafikverket, 2020)

VÄG - schabloner typåtgärder		
Benämning	Kostnad	
2+1, 13 meters väg i befintlig sträckning, lätt	6	Mkr/km
2+1, 13 meters väg i befintlig sträckning, komplicerat	10	Mkr/km
2+1, 9 meters väg i befintlig sträckning med breddning	12	Mkr/km
2+1, 9 meters väg i befintlig sträckning med breddning, komplicerat	20	Mkr/km
2+1, 14,25 meters väg i ny sträckning	25	Mkr/km
2+2, 19 meters väg i ny sträckning	35	Mkr/km
Motorväg i ny sträckning landsbygd i lätt terräng	50	Mkr/km
Motorväg i ny sträckning landsbygd i svår terräng	90	Mkr/km

Tabell 3 visar kostnaderna för de olika slagstyper för väggkostnader med respektive filer, bred och komplexiteten av vägen från Trafikverket.

Eftersom dagens motorväg i E6 är 2+2 ska man addera +1 i varje riktning. Ifall man tar benämning 2+1, 13 meters väg i befintlig sträcka komplicerat för 10 miljoner kr / km och delar kostnaden på en tredjedel för 4,33m bred väg för 3,33 miljoner kr/km, får man att 64,4 km kommer det

kosta 214 452 000 kr för bara +1 på högra sidan av motorvägen 428 904 000 kr totalt för båda hållen. Addera kostnaderna även för två trafikplatser i Helsingborg och Malmö för de automatiserade fordonen blir den totala investeringskostnaden blir 941 383 533 kr.

## 5.2 För och Nackdelar med utredningsalternativen

UA1 handlar om en optimering som skall ske där både automatiserade fordon samt övrig trafik ska blandas på samma körbanor genom CAV-teknik V2I och V2V för de autonoma fordonen som gör att de kan navigera sig på banan. Detta ska givetvis ske utan att krocka eller köra av vägen genom 5G/4G nätet.

Fördelar med UA1 är att den är enkel att implementera jämfört med UA2, eftersom den använder sig av dagens infrastruktur som en bas för teknologin samt att den inte är lika komplex som UA2. Flera fordon kan använda sig av UA1 då den inte är specifikt för bussar och lastbilar så ifall man introducerar automatiserade bilar kan den också använda sig av

samma system med CAV tekniken. UA1 förlitar sig på att fordonen har programmerats om för att kunna få och skicka signaler med ITS tekniken (5G/4G) nät så att föraren inte behöver befinna sig i fordonet under sträckan.

Nackdelar med UA1 är att det är väldigt dyrt jämfört med vanliga åtgärder som görs för motorvägar och att tekniken är ny vilket betyder att de kommer ta längre tid innan det nya tekniska systemet funkar i praktiken.

UA2 innebär ett separat körfält som skall byggas ut längs den befintliga trafiken för de autonoma fordonen där ett räcke skall vara mellan körfälten för att förhindra överträdelse mellan filerna av fordon. På detta körfält kommer automatiserade fordon befinna sig samt lastbilar och annan slags transport vid olika tidszoner för att maximera körfältens potential.

Fördelar med UA2 är att det ger mer utrymme att utveckla potentialiteten med automatiserade fordon och motorvägs kapacitet jämfört med UA1, den är mer innovativ. UA2 ger även ett mer säkrare val att implementera automatiserade fordonen på grund av ett eget körfält samt att man bygger ett skyddsräcke, även med UA2 kan man använda sig av BRT bussarna eftersom de har samma princip med att köra på sitt eget körfält. BRT bussar har den största utvecklingsmöjligheten för att bli fullt automatiserad jämfört med andra bussar.

Nackdelen med UA2 är att den är betydligt dyrare jämfört med UA1 samt att den kräver mer tid och resurser att implementera ett helt nytt körfält på 64,4km mellan Helsingborg och Malmö.

Automatiserade fordon har stor potential att bidra till en ökad tillgänglighet om UA2 införs då man kan tillåta en större mängd trafikslag på banan. Autonoma fordon kommer aldrig överskrida den givna hastigheten på vägen vilket bidrar till ökad säkerhet. UA2 skapar utvecklingsmöjligheter för kollektivtrafiken att utvecklas effektivmässigt med restiden och dess åkkomfort på den nya körbanan vilket skulle bidra till en ökad tillgänglighet.

## 6. Diskussion

Människan har en tendens att vara i behov av att ha kontroll över situationer, i hur utsträckning är individen beredd på att förlita sig på tekniken och låta tekniken ha kontrollen. Det finns lösning till dem människorna som känner behovet av att ha kontrollen då man kan justera vilka tjänster och hjälpmedel man vill ha assistans av. Hålla sig på rätt körfält och farthållare är exempel på funktioner som kan kontrolleras av föraren. Med de olika programmen som kommer med de automatiserade fordonen som tex V2V och CV skickas det alltid runt information från omgivningen och andra fordon runt i ett system där själva fordonen vet vad som kommer att hända längre fram i sträckan som tex se ifall det finns vägarbete eller skett en olycka på vägen vilket leder till en ökad säkerhet.

Miljöaspekter med de automatiserade fordonen är att konsumtionen av bensin och koldioxidutsläppen minskas betydligt och man blir mindre beroende på fossila bränslen. Men Kayla metoden som refereras på sida s15 tar hänsyn till faktorer som populationen GDP per capita, energy intensitet och kol intensitet vilket kan påverka hur effektivt de automatiserade fordonen blir långsiktigt. Produktionen av automatiserade bilar kommer leda till mer koldioxidutsläpp samt konsumentanvändandet kommer att öka vad menas med det? Betyder att ifall automatiserade fordon blir mer aktuella kommer miltalen på de fordonen att öka vilket leder till en ökad bränsleanvändning var sig det är el eller annan sorts medel. Så det finns både positiva och negativa effekter som man ska ta hänsyn till gällande det området.

Människans säkerhet och tillgänglighet är viktiga faktorer att ta hänsyn till vid förändringar i transportsystemet. Vid integrerandet av den vanliga trafiken och automatiserade fordonen så kommer det att finnas resenärer som känner sig oroliga och obekväma att köra exempelvis bredvid en automatiserad fordon.

I det tidiga skedet av processen med att implementera automatiserade fordon i det vanliga transportsystemet så kommer människan ta ett steg tillbaka och vara mer försiktig men med tiden när man befolkningen börjar inse att automatiserade fordon är säkrare än vanliga fordon så kommer bekvämligheten och tryggheten av att befinna sig på samma bana samt även att färdas i en vid kollektivtrafik exempelvis. Lagstiftningar måste tillsättas och man måste förstå begränsningarna av fordonen och även skapa nya vägar anpassade för de fordonen en process som kommer ta en lång tid att förstå. Implementeringen av fordonen kommer att ske på motorvägar/landsvägar innan det kommer till stads nivån.

Det är inte det mest lönsamma alternativet när man jämför det med järnvägen där budgeten är billigare än i det här fallet och har en allmänt större kapacitet än automatiserade fordon men det är ett steg framåt mot en effektivare transport och kapacitet i framtiden. Men de båda transport metoderna har många liknelser, Körtekniken som automatiserade fordonen har kan jämföras med järnvägen där de kör i sin egen bana där de inte blir påverkad av andra trafik samt att de har specifika körtider tex morgon och kväll. Men vad de båda transportsätten accelererar på är komfort och en ökad bekvämlighet till konsumenterna så även om idén om automatiserade är förfortfarande relativt nytt kommer utveckling i framtiden att popularisera det nya transportvalet samt vara ett viktigt steg för en utvecklad teknik.

## 6.1 Slutsatser

En fungerande och utvecklande teknik för automatiserade fordon finns redan idag där potential för vidareutveckling även finns samt att det fungerar på det statliga vägnätet. Automatiserade fordon har stor potential att bidra till en ökad tillgänglighet. Införandet kan leda till en förbättring av infrastrukturen som sedan kan leda till en ökad tillgänglighet då flera alternativ skapas för resenärer att transportera sig kollektivt.

Case-studierna i rapporten visar att man kan välja olika implementeringsstrategi där det även är lämpligt att införa en åtgärd genom en kombination av båda. Eftersom en utvecklad infrastruktur inte enbart framställer dagens behov utan även underlättar utvecklingen för framtida generationer.

## Källor

Amanuel, M DW (Drive Sweden) (2017-01-17) *UK: Autonomous Vechiles Cab Cause Congestion Initially*. <http://www.drivesweden.net/en/node/40645> Hämtad 2019-12-05

BRT i Sverige (2019) *Bus rapid transit* <http://brtisverige.nu/brt/> Hämtad 2019-12-05

Brown Austin (2020) *An Analysis of Possible Energy Impacts of Automated Vehicles* [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-05990-7\\_13](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-05990-7_13) Hämtad 2020-09-10

BRT i Sverige (2019) *Bus rapid transit* <http://brtisverige.nu/brt/> Hämtad 2019-12-05

CAR (2017) *Plannning for connected and automated vechiles* <https://www.cargroup.org/wp-content/uploads/2017/03/Planning-for-Connected-and-Automated-Vehicles-Report.pdf> Hämtad 2019-12-02

Catapult Transport Systems (2017) *future proofing infrastructure for Connected and automated Vechiles* <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/media.ts.catapult/wp-content/uploads/2017/04/25115313/ATS40-Future-Proofing-Infrastructure-for-CAVs.pdf> Hämtad 2019-12-10

Cooperative ITS Corridor (2019) *Cooperative traffic systems – safe and intelligent* <https://c-its-korridor.de/?menuId=1&sp=en> Hämtad 2019-12-10

Europé ITS Plattform (2020) *Attributes of operational Design Domain (ODD): Resaults of CEDR and EU EIP workshops in Sep/Oct 2019*. Hämtad 2020-01-20

EverythingRF (2019-5-22) <https://www.everythingrf.com/community/what-is-dsrc> Hämtad 2020-02-13

Frazer, J (2012) *V21 and Adaptive Roadway Lightning* <http://www.imsasafety.org/journal/so12/23.pdf> Hämtad 2020-02-13

Ghiasi Amir (2017) *A mixed traffic capacity analysis and lane management model for connected automated vehicles: A Markov chain method* <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0191261517302278#!> Hämtad 2020-09-10

Habibovic Azra (OmAD) (2019-12-16) *Project Qatar Mobility* <https://omad.tech/tag/aid/> Hämtad 2020-02-07

Halmstad (2019-10-21) *Södra infarten* <https://www.halmstad.se/byggabomiljo/aktuellabyggochinfrastruktursprojekt/sodrainfarten.13723.html> Hämtad 2019-12-18

Mattias Rabe (Teknikens Värld) (2019-06-14) *Volvo Vera transporterar gods utan förare och utsläpp i Göteborgs hamn* <https://teknikensvarld.se/volvo-vera-transporterar-gods-utan-forare-och-utslapp-i-goteborgs-hamn/> Hämtad 2019-12-02

Litman Todd (Victoria transport policy institute) (2020-01-09) *Autonomous Vehicle Implementation Predictions for Implications for Transport Planning* <https://www.vtpi.org/avip.pdf> Hämtad 2019-12-02

RI (2019) *Automatisera de fordonen är mer än robotbilar.* <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/amnesomraden/automatiserade-fordon> Hämtad 2019-11-20

Sveriges kommuner och landsting (2018) *Automatiserade fordon i lokal och regional miljö* <https://webbutik.skl.se/bilder/artiklar/pdf/7585-595-0.pdf?issuosl=ignore> Hämtad 2019-11-20

Sharikur Rahman (2019) *Safety benefits of arterials' crash risk under connected and automated vehicles* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X18310349> Hämtad 2020-09-10

To get there (2020-01-09) *We deliver the future today* <https://www.2getthere.eu/masdar-prt-record-highs/> Hämtad 2019-12-18

Trafikverket (2018-04-17) *Fyrstegsprincipen* <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/fyrstegsprincipen/> Hämtad 2020-02-08

TSC (2019) <http://trbtechnologies.com/about/> Hämtad 2020-02-13

Volvo Bussar Sverige (2020) *Buss rapid transit Låt din stad växa* <https://www.volvobuses.se/content/volvo/volvo-buses/markets/sweden/sv-se/home/our-offering/bus-rapid-transit.html> Hämtad 2020-03-08

Vti (2020) *Självkörande buss* <https://www.vti.se/sv/forskningsomraden/sjalvkorande-buss/> Hämtad 2020-09-09

Wiklund, K (2017-09-13) *Helsingborg testar förarlösa buss* <https://www.nyteknik.se/fordon/helsingborg-testar-forarlos-buss-6870626> Hämtad 2020-09-09