

Acceptans och nya användningsområden med autonoma fordon

En förstudie

Torbjörn Andersson, LiU

Fredrik Henriksson, LiU

My Weidel, VTI

Anna Anund, VTI

The logo for VTI (Värdet för Trafik och Infrastruktur) is displayed in a bold, lowercase, sans-serif font. A thin red vertical line is positioned to the left of the logo.

vti

VTI opublicerad avrapportering

Acceptans och nya användningsområden med autonoma fordon

En förstudie

Torbjörn Andersson, LiU

Fredrik Henriksson, LiU

My Weidel, VTI

Anna Anund, VTI

Översatt titel: Acceptance and alternative use of autonomous vehicles in urban environments. A pre-study.

Författare: Torbjörn Andersson (LiU), Fredrik Henriksson (LiU), My Weidel (VTI), Anna Anund (VTI)

Diarienummer: 2023/0221-8.4

Denna avrapportering ingår inte i någon av VTI:s publikationsserier och publiceras därmed inte av VTI.

Datum: 2024-06-13

Innehållsförteckning

Godkänd avrapportering	7
Sammanfattning	8
Abstract	9
Förord	10
1. Introduktion	11
2. Syfte och frågeställningar	13
3. Metod	14
3.1. Acceptans för autonoma bussar	15
3.1.1. Olika gruppers uppfattningar om befintlig verksamhet – Del A	15
3.2. Innovativt HMI för att förbättra interaktion – Del B	16
3.2.1. Mål	16
3.2.2. Databasinsamling och dataanalys – fyra studentprojekt	16
3.2.3. Studentprojekt 1: HMI för autonoma fordon	18
3.2.4. Studentprojekt 2: Förbättring av social acceptans av de autonoma bussarna genom användande av ljud och ljus	19
3.2.5. Studentprojekt 3: Interaktion mellan cyklister och autonoma fordon	20
3.2.6. Studentprojekt 4: Fysisk infrastruktur - Flexibla busshållplatser	21
3.2.7. LiUs forskargrups egen observationsstudie – ride along	22
3.3. Nya användningsområden för autonoma bussar i Linköping	23
3.3.1. Involvering av studentföreningar – Del C	23
3.3.2. Eat the future – Del D	24
4. Resultat – Acceptans av autonoma bussar	26
4.1. Olika gruppers uppfattningar om befintlig verksamhet - Del A	26
4.1.1. Lösningar	28
4.2. Innovativt HMI för att förbättra interaktion – Del B	31
4.2.1. Externt HMI för att förbättra interaktion mellan trafikanter och autonom buss	31
4.2.2. Fokus på den fysiska infrastrukturen – busshållplatser för autonombuss	37
4.3. Resultat från konceptgenerering	38
4.3.1. Designkoncept – Interaktiv ljus- och ljudkommunikation	39
5. Resultat - fler användningsområden	42
5.1. Involvering av studentföreningar - Del C	42
5.2. Eat the future – Del D	45
6. Diskussion	47
6.1. Acceptans av autonoma bussar	47
6.2. Flera användningsområden	48
6.3. Extern HMI för autonoma fordon	48
6.4. Insikter och möjliga rekommendationer	50
6.4.1. Insikter kring HMI som medel till tydligare interaktionsdesign	50
6.4.2. Insikter med avseende på ytterligare användningsområden	50
6.5. Metoddiskussion	51
Appendix 1. IDkort	55
Appendix 2. Kategorisering av studentorganisationer	58

Appendix 3. Identifierade stoppunkter för Ride The Future	59
--	-----------

Godkänd avrapportering

Denna avrapportering har genomgått peer review 28 06 2024 och ansvarig chef Anna Anund har den 28 06 2024 godkänt denna avrapportering för leverans till uppdragsgivare.

Sammanfattning

För att minska utsläpp och resursanvändning från transportsektorn kan ny teknologi användas för att flytta resandet från bil till mer hållbara resesätt. En av dessa teknologier är autonoma elektriska fordon. Dessa måste dock passa in i transportsystemet och integreras med andra trafikanter på ett acceptabelt sätt.

På Campus Valla och i Vallastaden i Linköping, har forskningsplattformen Ride the Future (www.ridethefuture.se) implementerat autonoma fordon sedan tre år tillbaka. Verksamheten ska nu utvecklas vidare och det finns ett intresse av att utöka användningen av dessa fordon. VTI och LiU har som forskningspartners i Ride the future tittat vidare på detta. För denna rapport har forskargruppen använt en multimetod ansats, med tonvikt på kvalitativ datainsamling för att förstå behoven för framtida autonoma fordon som agerar i en icke trafikseparerad miljö. Metoderna inkluderar behovsanalys, fallstudier av implementering av användningsfall, co-designworkshops med studentorganisationer och observationsstudier.

Resultaten som presenteras i rapporten är lovande och visar att respondenterna har en generellt positiv inställning till fordonen. Resultaten pekar också mot flera möjliga nya användningsområden i en campusmiljö där några kan implementeras med kort ledtid och några som kräver vidareutveckling av teknik, infrastruktur och/eller affärsmodeller.

Utmaningar med nuvarande externt HMI identifierades och där i synnerhet brister i hur andra trafikanter interagerar med de nuvarande fordonen har varit i fokus. Resultaten tyder på att andra aktörer behöver förstå de autonoma fordonens intentioner och världsbild bättre. Det behövs även en insikt i vilka möjliga konsekvenser andra aktörers handlingar har på de autonoma fordonens funktion. För att förbättra interaktionen med i synnerhet de som passerar eller möter fordonen så rekommenderas en multimodal kommunikation och förslag har tagits fram av visuella komponenter som bör ingå i kommunikationen. För närvarande är det oklart för andra aktörer vilken roll fordonen spelar i det lokala transportsystemet. En förbättring av hur de kommunicerar sin framfart kan förväntas bidra till att de accepteras enklare och hur de därmed blir bättre integrerad som en del av transportsystemet.

Nyckelord

Autonoma fordon, acceptans, co-design, designforskning, interaktionsdesign, fallstudier.

Abstract

To reduce emissions and resource use from the transport sector, new technology can be used to shift travel from cars to more sustainable modes of travel. One of these technologies is automated electric vehicles. However, these must fit into the transport system and be integrated with other road users in an acceptable way.

At Campus Valla and in Vallastaden in Linköping, the research platform Ride the Future (www.ridethefuture.se) has been implementing automated vehicles for three years now. The business is now to be developed further and there is an interest in expanding the use of these vehicles. As research partners in Ride the future, VTI and LiU have looked further into this. For this report, the research team has used a multi-method approach, with an emphasis on qualitative data collection to understand the needs of future autonomous vehicles operating in a non-traffic separated environment. Methods include needs analysis, use case implementation case studies, co-design workshops with student organizations, and observational studies.

The results presented in the report are promising and show that the respondents have a generally positive attitude towards the vehicles. The results also point to several possible new areas of use in a campus environment where some can be implemented with a short lead time and some that require further development of technology, infrastructure and/or business models.

Challenges with current external HMIs are identified and where shortcomings in how other road users interact with the current vehicles have been in focus. The results indicate that other actors need to understand the automated vehicles intentions and worldview better. An insight into the possible consequences of the actions of other actors on the functioning of the automated vehicles is also needed. In order to improve the interaction with especially those who pass or meet the vehicles, a multimodal communication is recommended, and suggestions have been made of visual components that should be included in the communication. At present, it is unclear to other actors what role the vehicles play in the local transport system. An improvement in how they communicate their progress can be expected to contribute to their easier acceptance and how they become better integrated as part of the transport system.

Keywords

Automated vehicles, acceptance, co-design, design research, interaction design, case studies.

Förord

Föreliggande arbete har skett genom ett nära samarbete mellan forskare på Linköpings universitet (LiU) och studenter vid LiU och forskare på Statens Väg och transportforskningsinstitut (VTI).

I arbetet har VTI ansvarat för behovsanalysen och för framtagandet av det nya användningsområdet matleverans. Övriga studier har skett under ansvar och ledning av forskare vid Linköpings universitet.

Detta arbete utgör grunden för kommande studier inom projektet i vilken metodutveckling och valt designkoncept ska utvecklas, integreras och utvärderas.

Linköping, juni, 2024

Anna Anund
Projektledare

1. Introduktion

Dagens samhälle kräver stora omställningar och förändringar för att säkerställa framtida generationers överlevnad. Detta är en enorm utmaning. Ett viktigt område att fokusera på för att få till en omställning är mer hållbara transporter. Frågor som hur vi kan resa till arbeten, skolor, fritidsaktiviteter, umgänge och annat på ett sätt som är förenligt med en hållbar tillvaro står i fokus. Hur kan vi nå hållbar mobilitet? I FN har man myntat begreppet Avoid-Shift-Improve (UN, 2016). Inom ramen för denna rekommendation rekommenderas att resande i första hand ska (Kesselring et al., 2023) undvikas (avoid) i den mån det är möjligt, sedan byta (shift) transportslag mot ett mer hållbart dito, och i sista läget förbättra (improve) de bilar som används för de resterande biltransporterna. Ett sätt att underlätta denna förändring är att nyttja ny teknik, där elektrifierade och autonoma bussar är ett exempel. Dessa behöver dock anpassas till människors förutsättningar och behov för att vara tillräckliga och tillförlitliga för att kunna bidra till en hållbar omställning (Kesselring et al., 2023; Pelikan, 2021; Turnbull et al., 2022).

Tidigare studier har visat att livsstil och samhällsförändringar förändrar resvanor mer än förändringar av transportsystemen (ITF, 2021). Med det sagt så behövs fortfarande lösningar som bidrar till ett ökat resande med delade transporter så som kollektivtrafik. För att uppnå detta är det viktigt att i utformningen av transportsystem beakta alla människors olikheter. Ett inkluderande transportsystem ska inte kräva extra lösningar för att personer med funktionsvariationer ska kunna nyttja systemet (Anund et al., 2021; Booth et al., 2020; Skogsmo & Anund, 2021).

En förbättrad social hållbarhet bidrar till att öka rättvisan i samhället genom att förbättra tillgången till grundläggande resurser och möjligheter för alla människor, oavsett deras bakgrund, ålder eller socioekonomiska status. Barns resor är av extra intresse då de är synnerligen beroende av vuxnas stöd för att erhålla mobilitet (Larsson et al., 2023). En ökad social hållbarhet kan också bidra till bättre hälsa för människor genom att ge dem tillgång till hälso- och sjukvård och en hälsosam livsstil (Jones & Lucas, 2012).

Utvecklingen i rådande trender kring urbanisering och en åldrande befolkning innebär att vi står inför stora utmaningar avseende hur vi designar och finansierar mobilitet på ett hållbart och smart sätt inom både våra förtätade städer och på landsbygden. För att möta framtiden på ett hållbart sätt måste ekosystemet med mobilitetstjänster utvecklas och möta nya krav och behov från fler användargrupper. Det måste också effektiviseras i sin produktion och finansieras på ett genomtänkt sätt baserat på de värden det skapar. Vidare måste lösningarna i det hållbara ekosystemet för mobilitetslösningar främja aktivt resande så som gång- och cykeltrafik och i möjligaste mån bidra till att minska resandet med bilar där endast en person nyttjar fordonet.

Pågående teknikutveckling inom bland annat digitalisering och automatisering möjliggör helt nya funktioner och tjänster inom området, men det ställer också krav på både användare, leverantörer, infrastruktur, regelverk och affärsmodeller (Anund et al., 2022).

I detta projekt fokuserar en forskargrupp från VTI och forskare och studenter vid Linköpings universitet på hur autonoma fordon kan accepteras av andra trafikanter och bli en naturlig del i trafikmiljöer i tätort där framtida förtätade lösningar är ett naturligt inslag med ett flertal områden där gaturummet delas mellan olika trafikslag. I projektet har utgångspunkten varit mobilitetsplattformen Ride the future (RTF). RTF omfattar trafik med två automatiserade fordon i området kring Linköpings Universitet och Vallastaden i Linköping (www.ridethefuture.se).

En förutsättning för social acceptans av autonoma bussar i framtidens städer är en tydlig och säker interaktion mellan fordonen och de som reser med eller möter fordonen (gående, cyklister och förare av andra fordonsslag). I arbetet med att förstå hur fordon som dessa kan vara en del i framtidens städer har det identifierats ett behov av en tydlig standard för hur dessa ska interagera med i synnerhet oskyddade trafikanter i området (Tellman et al., 2023). Vidare har studier genomförda av studenter vid

Linköpings Universitet visat att det finns ett behov av ytterligare forskning inom extern HMI för autonoma fordon i icke trafikseparerade miljöer, vilket är ett fokusområde i detta projekt.

Idag finns ingen standard kring hur fordonen ska interagera/ kommunicera med andra. Detta är en förutsättning i steget mot en acceptans för automatiserade fordon i framtidens städer. Föreliggande projekt avser att utforska de sociala hinder som påverkar de autonoma fordons implementation, samt hur acceptansen säkerställs. Projektet kommer att identifiera vilka beteendeförändringar i samhället som kommer vara viktiga att påverka i relation till autonoma fordon och vad som är nödvändiga regleringar. Ett koncept för hur de kan interagerar på ett för användarna/omgivande aktörer kommer designas och utvärderas, ett koncept som lägger grunden för framtida fordonskrav.

Initiativet Ride the future bygger på en samverkan mellan åtta olika partners från Linköping. Föreliggande studie kommer att ledas av VTI och genomföras i nära samarbete med Linköpings universitet. En förutsättning för studien är det nära samarbetet med Transdev Sverige AB som är operatör och ansvarar för den dagliga driften av plattformen, Östgötatrafiken som är beställare av kollektivtrafiken bidrar med perspektiv kopplade till kollektivtrafiken. Akademiska hus äger marken och bidrar till de perspektiv som berör mark och fastighetsförvaltning och Linköpings kommun bidrar med perspektiv kring stadens framtida utformning.

2. Syfte och frågeställningar

Det övergripande målet med projektet är att utforska de sociala hinder som påverkar autonoma fordons implementation, samt hur acceptansen säkerställs för såväl de i som de utanför fordonen. Slutmålet med projektet är att designa och utvärdera ett interaktionskoncept för säker interaktion, och utifrån detta lägga grunden för rekommendationer för framtida fordonskrav. Vidare kommer innovativa nya användningsfall tas fram och där fordonen kan utgöra nya roller vilket i sin tur kan öka acceptansen från omgivande trafikanter.

Föreliggande rapport är den första i projektet och har två inriktningar:

- Undersöka interaktionen mellan 2 autonoma shuttle och medtrafikanter i en stadsmiljö och med resultaten som utgångspunkt föreslå hur dagens koncept kan förbättras.
- Studera nya möjliga användningsområden för autonoma bussar.

Föreliggande rapport har tre forskningsfrågor i fokus:

F1: Vad genererar en ökad användarupplevelse för fotgängare och cyklister som interagerar med autonoma bussar?

F2: Hur kan människa-maskin-interaktionen designas så att kommunikationen, genom multimodala signaler och budskap (t.ex. från ljud och ljus) mellan autonoma bussar och trafikanter förbättras?

F3: Genom att vidga autonoma bussars användningsområden ökas möjligheten till användande och därmed till nya former av interaktion, hur påverkar detta acceptansen av autonoma bussar i samhället?

3. Metod

Studien är explorativa och syftar till att förstå nya fenomen, göra nya upptäckter och generera nya insikter.

Ansatsen är kvalitativ i huvudsak och bygger på behovsanalys, intervjuer, enkäter och co-design workshops. För att uppnå goda resultat i kvalitativa forskningsprojekt begränsas forskningsområdet och ramas in, dessa kallas för fallstudier (Miles et al., 2014; Yin, 2009).

Rapporten är uppdelad i fyra delstudier (benämns A - D). Resultaten har organiserats i två kapitel där det ena avser de studier som skett om Acceptans (Kapitel 5) och det andra omfattar de studier som fokuserat på att hitta flera användningsområden (Kapitel 6). Utförande och ansvar har fördelats mellan forskarna på LiU och studenter och forskare på VTI enligt följande:

- Del A är genomförd av My Weidel, VTI
- Del B är genomförd av Torbjörn Andersson och Fredrik Henriksson, LiU med input från fyra olika studentgrupper.
- Del C är genomförd av Torbjörn Andersson och Fredrik Henriksson, LiU, med input och assistans från Suzan Boztepe, LiU, Anna Anund, VTI, och My Weidel, VTI.
- Del D är genomförd av My Weidel, VTI

3.1. Acceptans för autonoma bussar

3.1.1. Olika grupperns uppfattningar om befintlig verksamhet – Del A

En förutsättning för att utveckla nya, för användaren nyttiga system och lösningar, är att förstå användarnas önsknings och behov (Jacobson, 1987). Som en del i detta arbete har en inledande studie skett för att förstå hur de som interagerar med fordonen upplever dem och vad de har för erfarenheter. Vidare har även förarna intervjuats för att få ta del av den erfarenhet de byggt upp under nästan tre års operativ drift.

Mål

Målet var att studera hur oskyddade trafikanter, som delade vägbana med bussarna på campus, upplevde fordonen och vilka problem de eventuellt hade erfarenhet av. Dessutom undersöktes förarnas upplevelser av de konflikter som uppstod mellan bussar och andra trafikanter. Genom att analysera eventuella upplevelser av konflikter och problemområden var avsikten att identifiera potentiella förbättringsområden, vilket i sin tur förväntas bidra till kunskap viktigt vid utvecklandet av förbättrat externt HMI.

Datainsamling

Intervjuer med säkerhetsförare

Intervjuer genomfördes med de åtta säkerhetsförarna, med fokus på deras erfarenheter av att arbeta ombord fordonen sedan projektets början år 2020. Syftet var att förstå eventuella konflikter mellan fordonen och andra trafikanter som delar vägbana med bussarna. Vidare var det av intresse att förstå hur förarna upplevde att eventuella konflikter har förändrats i typ och antal över tid. Förarna tillfrågades även om förslag till potentiella lösningar med fokus på fordonens ljus och ljusdesign, men även om förslag på förbättrat trafikbeteende så som hastighet och plingande.

Varje förare intervjuades medan de övervakade fordonet i tjänst, vilket möjliggjorde diskussion om konflikter som uppstått vid specifika platser. Intervjuerna ägde rum under en rundtur på Campus och i Vallastaden. Varje intervju varade 35–45 minuter och genomfördes i slutet av februari och början av mars 2024.

För att säkerställa att förarna gav en komplett bild av situationen, deltog en person som inte tidigare träffat förarna i intervjun. Erfarenheter som den erfarna intervjuaren tidigare diskuterat med förarna inkluderades inte i analysen. Intervjuerna var semistrukturerade och följde en intervjuguide för att säkerställa att alla intresseområden diskuterades. Förarna deltog frivilligt och på arbetstid, de fick ingen ersättning eftersom datainsamlingen inte inkräktade på deras arbete utan skedde simultant med att de övervakade bussen.

Enkätstudie med oskyddade trafikanter

Förarnas svar i intervjuerna användes för att utforma relevanta frågor för en enkätstudie riktad till oskyddade trafikanter på campus och i Vallastaden, med syftet att förstå hur dessa trafikanter (fotgängare och cyklister) upplevde att dela väg med de automatiserade bussarna.

Rekryteringen skedde via en Facebookgrupp (Vi som bor i Vallastaden) samt genom direktkontakt med personer som rörde sig i områden där fordonen körde. De potentiella respondenterna fick en QR-kod och information om att de skulle få en fikakupong om de besvarade enkäten. De kunde besvara enkäten när de själva ville, och de som lämnade sin e-postadress fick en fikakupong inom 24 timmar. Det var sammanlagt 67 respondenter som besvarade hela enkäten. Av dessa uppgav 34 personer att de var studenter vid universitetet.

Enkäten innehöll frågor om respondenternas tankar om bussarna, deras kännedom om projektet, hur de uppfattade fordonens funktion samt eventuella tidigare erfarenheter av att resa med bussen. Respondenterna hade även möjlighet att berätta om konflikter de upplevt med bussarna. Frågorna besvarades med Likertskalor och öppna svar. Slutligen fick de även besvara hur de trodde att antalet konflikter kunde minskas och vilka hjälpmedel som skulle kunna öka förståelsen för bussarna.

Efter dessa datainsamlingar filmades ca 30 minuter film på Corson under mindre trafikerade tider på dygnet. På detta gjordes en enklare videoanalys för att se hur cyklister hanterade mötande bussar, omkörningar samt andra trafikanter. Anledningen till att detta skedde under de lugnare tidpunkterna var att det helt enkelt inte fanns plats att stå och filma när det är rusningstrafik. Det är trängsel så pass att det är svårt att se bussen på håll samt att det inte går att stå på cykelvägen där bussen kör.

3.2. Innovativt HMI för att förbättra interaktion – Del B

Ride the future omfattar drift med två Easy Mile (EZ10) och fram till sommaren 2023 även en Navya Arma. Från start har inbromsningar med anledning känsliga sensorer varit ett återkommande problem (Anund et al., 2023), något som dock har blivit avsevärt bättre under senaste året. Att fordonen gör inbromsningar är en säkerhetsåtgärd för att fordonen inte ska kunna skada någon eller något utan för fordonet (Pelikan et al., 2024). Fordonens sensorer är programmerade att reagera inom två verksamhetsområden eller "säkerhetsbubblor" en nära och en lite längre från fordonen (Anund et al. 2023). Tidigare studier har visat att bussarnas många nödstopp gör att passagerare, i synnerhet äldre och barn (Booth et al., 2020; Larsson et al., 2023), samt säkerhetsförare upplever en ryckig och obehaglig resa.

3.2.1. Mål

Målet med studien var att undersöka hur samspelet mellan fordon och människa kan förbättras med en utgångspunkt i fallet RTF. Avsikten med detta var att bidra till en förbättrad interaktion mellan fordonen och de som vistas i dess närhet utanför. Syftet var att testa ett eller flera koncept på möjliga designkoncept. Designkoncepten avsågs att testas på användare i såväl verklig miljö på Campus som i VR-miljö.

Inledningsvis genomfördes en litteraturgenomgång för att skapa en kunskap om vilka studier som sedan tidigare har skett i framförallt Sverige och i Europa. Vidare har ostrukturerade intervjuer med säkerhetsförare skett samt observationer av fordonet i drift på Campus Valla, detta genom medåkande där interaktionen mellan användare och fordonet under färd i de olika miljöerna observerades.

3.2.2. Datainsamling och dataanalys – fyra studentprojekt

Sammanlagt 39 studenter genomförde datainsamling i kurser (kurskoder: TMKT78, TMKT82 och TMPP05) på programmen Design och produktutveckling (DPU), utbytesstudenter och internationella mastersprogrammet i maskinteknik (MMEC) mellan januari 2023 och juni 2024.

Studentprojekt 1 till 3 genomfördes av studenter på programmet Design och Produktutveckling (DPU), i studieår 3 och 5 av totalt 5. Dessa tre studentprojekts datainsamling gjordes iterativt, vilket inneburit att resultat från ett studentprojektets datainsamling låg till grund för nästa studentprojekts design av datainsamling.

Det fjärde studentprojektet genomfördes av studenter på det internationella masterprogrammet i maskinteknik (MMEC) och studenter på utbytesår i Linköping (kurskod: TMKT78) mellan september och november 2023. Projektet hade som mål att utforska vilka användarbehov och krav som behöver ställa på en flexibel hållplatslösning för autonoma fordon. Studentprojekt 4 var indelad i 4 undergrupper som vardera genererade en projektrapport, fyra slutdesignkoncept samt en mängd konceptidéer. Varje studentprojekts datainsamling och dataanalysprocess redovisas i Tabell 1.

Tabell 1 Sammanfattning av de studentprojekt som genomförts.

Projekt	Involverade användargrupper	Antal studenter	Använda metoder	Leverabler
Studentprojekt 1	Oskyddade utanför bussen	8	Litteraturstudie, observationer, intervjuer, brainwriting, brainstorming, digital visualisering	Projektrapport (Lindgren et al., 2023) Kurskod: TMKT82 2023 3st kandidat-uppsatser LIU-IEI-TEK-G-23/02226-SE (Kindstrand et al., 2023) LIU-IEI-TEK-G-23/02186-SE (Ekeflod et al., 2023) LIU-IEI-TEK-G-23/02206- (Hagström & Åsard, 2023)
Studentprojekt 2	Förare och oskyddade trafikanter som frekventerar Corson	4	Litteraturstudie, intervjuer, co-design, visualisering, proof of concept-visualisering i verklig miljö	Projektrapport kurskod: TMPP05 (Appelgren et al., 2024) 2023

Projekt	Involverade användargrupper	Antal studenter	Använda metoder	Leverabler
Studentprojekt 3	Cyklister	7	Litteraturstudie, brainstorming, brainwriting, skissarbete, utveckling av digital testmiljö, användartester	Projektrapport Kurskod: TMKT82 2024 (Artursson, Hansson, et al., 2024) 3 st kandidat-uppsatser LIU-IEI-TEK-G–24/02399–SE (Artursson, Samuelsson, et al., 2024) LIU-IEI-TEK-G–24/02478–SE (Hansson & Ländin, 2024) LIU-IEI-TEK-G–24/02428–SE (Geijer & Hillmo, 2024)
Studentprojekt 4	Tänkbara resenärer	20	Litteraturstudie, observationer, enkätstudier, kravformulering, brainwriting, brainstorming, konceptutveckling och visualisering.	4 st projekt-rapporter Kurskod: TMKT78 2023 (Benasser et al., 2023) (Martínez-Topete et al., 2023) (Kolkman et al., 2023) (Quintanilla et al.)

3.2.3. Studentprojekt 1: HMI för autonoma fordon

Projektets mål och syfte

I studentprojekt 1 var syftet att utveckla en djupare förståelse för vilka krav och behov som finns för ett externt HMI för autonoma fordon. Vidare var uppdraget att utforska vilka typer av HMI som kan vara värda att utforska vidare. Projektets mål blev därför att identifiera ett antal (2-6) huvudsakliga

behov kring extern kommunikation som går att applicera på autonoma fordonen. Med det som utgångspunkt var uppdraget att generera minst tre olika HMI-koncept som skulle syfta till att uppfylla tidigare identifierade kommunikationsbehov.

Förstudie: Här ingick en litteraturstudie där syftet var att orientera sig i ämnet och förstå vilken forskning som gjorts tidigare. Semistrukturerade intervjuer med (2) säkerhetsförare. Varje intervju varade i 40 minuter och en strukturerad intervjuguide. Vidare genomfördes korta intervjuer på med öppna frågor för att få ögonblickssvar från personer som precis mött eller passerat det autonoma fordonet i drift på Corson, Campus Valla. Intervjuguiden som användes innehöll 6 frågor och varje intervju varade i högst några minuter, den skedde på hösten 2023. Totalt svarade 12 personer.

Vidare genomfördes en observationsstudie av det autonoma fordonet i drift. Studentgruppen filmade samt analyserade det autonoma fordonet i drift under en resa på Corson, campus Valla, hösten 2023. Intervjuer och fältanteckningar transkriberades, kodades och tematiserades. Observationerna annoterades och sammanställdes i Excel. All dataanalys från förstudien sammanställdes i en behovslista som låg till grund för nästa fas.

Idégenerering: studentgruppen använde flera metoder för idégenerering såsom Brainwriting (VanGundy, 1984) och Six Thinking Hats (De Bono, 2005) och skissning. Resultaten diskuterades och sållades internt i gruppen samt presenterades för forskargruppen som gav feedback på resultaten.

Konceptutveckling: Koncept byggdes upp och visualiserades i Blender samt Unreal Engine.

Test och verifiering: Ett HMI-koncept valdes ut att testas i VTI's VR-simulator. Testet genomfördes som ett användartest där försökspersoner bestående av VTI-anställda. Försökspersonerna delades upp i två grupper. Ena gruppen fick testa att köra om en autonom buss med HMI-koncept aktivt och den andra gruppen fick testa utan HMI-koncept. Efter analys av användartestet gjordes en andra iteration och det resulterande HMI konceptet ses i Figur 10.

3.2.4. Studentprojekt 2: Förbättring av social acceptans av de autonoma bussarna genom användande av ljud och ljus.

Projektets mål och syfte

Det specifika syftet med studentprojekt 2 var att utforska hur co-designinsatser kan användas för att utforma interaktionssystem för autonoma fordon, med specifikt fokus på hur acceptansen för autonoma fordon kan utvecklas. Målet var att ta fram ett externt HMI för de autonoma bussarna som var anpassat för interaktioner mellan ett autonomt fordon och cyklister och/eller fotgängare i campusmiljön.

Förstudie: En inledande litteraturstudie genomfördes. Semistrukturerad intervju skedde med två säkerhetsförare, vilka varade ca 50 minuter. Observationsstudie av det autonoma fordonet i drift genomfördes tre gånger, en tisdag kl 8.15-10.00, onsdag kl 8.30-10.00 och torsdag kl 10.30-12:00. Studentgruppen filmade samt analyserade det autonoma fordonet i drift under en resa på Corson, campus Valla, hösten 2023. Intervjuer, observationer och fältanteckningar transkriberades och analyserades.

En workshop (nr 1) designades för att undersöka 4 olika ljud- och ljusupplevelser och hur de kan associeras till det autonoma fordonet. Ljud 1 – mjuk tuta, ljud 2 – artificiellt ljud, ljud 3 – ljud som ber någon att flytta på sig, ljud 4 – krig, undergång. Upplevelse av blinkande och statiskt ljus testades, ljusfärgerna var: Grönt, rött, lila, cyan och vitt. Sammanlagt deltog fyra försökspersoner i studien varav tre var studenter. Dataanalysen genomfördes med ett affinitetsdiagram och sammanställdes i en kravspecifikation som låg till grund för nästa fas.

Idégenerering: Co-design workshop designades och genomfördes tillsammans med 5 användare (Sanders & Stappers, 2008). Målet med workshopen var att generera idéer på hur en autonom buss kan signalera sin intention och varna medtrafikanter på cykel. Workshopen filmades, fotades och fältanteckningar fördes under hela försöket. Försöksledarna ställde frågor och interagerade med deltagarna. Insamlade data sammanställdes och ett konceptförslag togs fram.

Konceptutveckling: Förslaget vidareutvecklades i en intern workshop i studentgruppen samt utvärderades i en modifierad "Pughs matris" (Ulrich & Eppinger, 2012) och i okulära tester med hjälp av en scenlampa.

Test och verifiering: Det framtagna förslaget anpassades så att ett användartest i verklig miljö kunde utföras på Corson, Campus Valla. Testet genomfördes i december 2023 på snöigt underlag. Testresultat genererade nya insikter som förfinade slutresultatet.

3.2.5. Studentprojekt 3: Interaktion mellan cyklister och autonoma fordon.

Projektets mål och syfte

Fokus i studentprojekt 3 låg inte på generering av interaktionskoncept som i de två tidigare beskrivna studentprojekten, utan i stället på att generera möjliga lösningar på att skapa en utvärderingsmetodik och testa de förslag som genererats i studentprojekt 2. Målet för studentprojekt 3 var därför att skapa en digital kopia av delar av Campus Valla, med den Easy Mile EZ10 som används i Ride The Future utrustat med det ljusprojiceringskoncept som togs fram i studentprojekt 2 (se 4.2.1 och Figur 12 för mer detaljerad beskrivning), och ett användartest som syftar till att utvärdera ljusprojiceringskonceptet som togs fram i studentprojekt 2. Den digitala miljön skulle utformas i Unreal Engine, för att kunna kompletteras och utvecklas i eventuella framtida projekt.

Förstudie

En inledande litteraturstudie genomfördes med fokus på begrepp som realism och immersion och hur dessa påverkas och påverkar utfallet från användartester i virtuell miljö. Vidare studerades tidigare litteratur kring autonoma fordon, med fokus på VTIs publikationer och tidigare projektrapporter från studentprojekt 1 och 2. En kompletterande observationsstudie genomfördes med ett flertal observationstillfällen. Observationerna fokuserade på hur autonoma fordon agerar och interagerar med andra trafikanter på Campus Valla och resulterade i en kravbild för den planerade testmetodiken och testmiljön.

Idégenerering

Studentgruppen genomförde en brainstormingsession (Sanders & Stappers, 2012) för att generera subkategorier av tester, med bland annat olika fokusområden för testet och olika fidelitetsnivåer. Efter den gemensamma sessionen gjordes en individuell reflektion, innan gruppen gemensamt genomförde brainwriting (VanGundy, 1984) och gruppdiskussioner för att förtydliga de olika testförslagen. Dessa olika förslag grupperades genom en form av affinitetsdiagram utifrån vilka tre övergripande koncept utformades och ett koncept (med vissa modifikationer) valdes ut.

Konceptutveckling

För att uppfylla projektmålet utvecklades ett användartest i en virtuell miljö (VR) där en enklare "simulatorrigg" i form av en fysisk cykel i en så kallad trainer, en anordning som fixerar en cykel för exempelvis träningscykling inomhus, (Minarik, 2024). Campus Valla återskapades i hög detaljgrad som en miljö i Blender och Unreal Engine, med fokus på området markerat i Figur 1.

Identifiera användarkrav gjordes på liknande sätt som i de tre andra studentprojekten, dvs intervjuer med medtrafikanter, säkerhetsförare och att observationer. Observationerna gjordes både på bussen samt i den miljö där dagens mobila hållplatsskyltar står på Corson på campus valla. Datainsamlingen sammanställdes i behovslistor samt personas (Cooper, 1999).

Bestämna produktmål gjordes genom att behovslistorna analyserades i behovsmatriser som generade underlag till kravspecifikationer (Ulrich & Eppinger, 2012). Grupperna genomförde även enklare marknadsanalyser för att identifiera existerande hållplatser.

Generera nya koncept gjordes genom att grupperna skissade, skapade användarscenarios, morfologiska matriser, Brainwriting som sorterades i Mind maps (Martin-Bella, 2012). Från underlaget genererades ett antal koncept. Konzepten utvärderas i en beslutsmatris som bygger på den kravspecifikation som skapades tidigare. Delar av det valda konceptet utvärderades teoretiskt med hjälp av beräkningar.

3.2.7. LiUs forskargrups egen observationsstudie – ride along

Forskargruppen genomförde ostrukturerade observationsstudier där observatörerna vid 6 olika tillfällen färdades i det autonoma fordonet under hela eller delar av dess rutt. Under färden genomfördes en ostrukturerad intervju med säkerhetsföraren. Fältanteckningar och fotografier togs innan, under och efter resorna. Fältanteckningar transkriberades. Fokuset i studierna var för att förstå bussen och hur den interagerar med säkerhetsförare, passagerare, medtrafikanter, miljöerna den färdas i och hållplatserna. Fältanteckningarna transkriberades och sammanställdes. Insikter från observationerna användes i dataanalys.

Resultat från forskargruppens studier samt studenternas projekt analyserades iterativt. Syftet med valet av en iterativ processen var för att vidareutveckla insikter och generera nya. Detta genomfördes genom att forskarna efter varje studentprojekt gjorde en analys av insamlade data från studentprojekten, tillsammans med egna insikter från litteraturstudier, observationsstudier och intervjuer.

Resultatet av analysen blev nästa studentprojekts projektutgångspunkt med tanken att på sikt kunna genomföra ett live test eller VR-test med användare. Tanken har hela tiden varit att studenternas arbeten ska kunna fungera i de flesta väder dvs vinter, sommar, höst, dimma, skymning mm.

Totalt generade studentprojekten: 7st gruppprapporter och 6st kandidatuppsatser. Utöver det en VR-miljö, 3D-animerad film som beskriver omkörningsproblematik med elsparkcykel, film som utvärderar belysningskoncept för visualisering av säkerhetsbubbla, en cykelsimulator med tillhörande VR-miljö. 4 visualiserade mobila hållplatslösningar.

Efter att insamlade data analyserats och sammanställts i slutsatser enligt Miles et al. (2014) metodik designades en designsession där halva forskargruppens medlemmar närvarade. En traditionell designskissprocess användes vilken grundar sig i Schön (2009) teorier om designpraktikers ”reflection in action” vilket kan översättas till reflektion under handlande där handlingen är ett praktiskt görande och reflektionen sker intuitivt inom genomföraren. Mellan internreflektionerna diskuterade deltagarna skisser och idéer, sessionen pågick i ca 4 timmar. Papper och pennor, dator med internet, bilder samt resultat från studenternas projektarbeten användes som objekt i designsessionen. Idéerna bearbetades och vidareutvecklades av forskargruppen detta resulterade i ett designkoncept som beskrivs i 4.3 Resultat från konceptgenerering.

3.3. Nya användningsområden för autonoma bussar i Linköping

3.3.1. Involvering av studentföreningar – Del C

Det finns ett antal osäkerhetsfaktorer som kan påverka hur framtida trafikanter interagerar med de autonoma fordonen. För att hantera dessa och den utmaning det ger i form framtida (Sanders & Stappers, 2012) möjligheter, behov och utmaningar, valde forskargruppen att anamma en co-designmetodik. Det innebar ett samarbetade med tänkbara användare, i det här fallet studentorganisationer aktiva på Campus Valla, Linköpings universitet, för att tillsammans arbeta med möjliga framtidsvisioner.

Co-design är en människocentrerad forskningsapproach som syftar till att skapa mer innovativa lösningar genom att utnyttja den gemensamma kreativitet som finns hos alla intressenter. Det innebär att människor betraktas som experter på sin livssituation och sin tillvaro och som genom gemensamt skapande involveras i co-design för att hitta lösningar på komplexa utmaningar (Sanders & Stappers, 2008). Det ska dock påpekas att fokus i processen inte enbart läggs på att skapa direkt implementerbara lösningar, utan också har en mer långsiktig och visionär ambition. Det kan beskrivas som att co-design utnyttjar kreativa praktiker i gemensamt meningsskapande för att stimulera den kollektiva föreställnings- och fantasiförmågan för att skapa alternativa världar (Ehn et al., 2014).

Mer specifikt använde LiUs forskargrupp ett workshopformat beskrivet av Jungk och Müllert (1987) för att låta deltagarna gemensamt beskriva en önskad framtid. Framtidsfokuset gav möjlighet att utforska vad som faktiskt är av värde för studentorganisationer vad gäller mobilitet på och utanför campus, och vad som ger dem mervärde inte bara som individer och studenter utan som en aktiv deltagare i en organisation med verksamhet. LiUs forskargrupp valde också att använda framtida användningsscenarion för att uppmuntra brainstorming och idégenerering kring framtida förlängningar av dagens produkt och tjänsteerbjudande.

Mål

Delstudiens mål har varit att undersöka hur föreningsaktiva studenter vill använda autonoma bussar på campus med koppling till deras föreningsliv. Detta för att hitta sätt som ökar nyttan och sätt som engagera studenter till ett ökat användande av de autonoma bussarna och med det en ökad acceptans.

Deltagare

Deltagare i studien har varit studenter vid Linköpings universitet, i egenskap av representanter för studentorganisationer aktiva vid universitetet. Totalt deltog 23 studenter, vilka representerade cirka 200 studenter i de organisationer som ingick.

Totalt genomfördes fem workshops med olika studentorganisationer. Arbetet inleddes med en pilotstudie. Organisationerna valdes ut för att representera olika typer av verksamheter som studentorganisationer utför, utifrån en kategorisering gjord av forskargruppen (se appendix 2).

De organisationer som deltog kategoriserades enligt följande:

- Organisation 1 – Projektorganisation
- Organisation 2 – Verksamhetsorganisation
- Organisation 3 – Projektorganisation
- Organisation 4 – Studiesocial organisation
- Organisation 5 – Intresseorganisation

Organisation 1 var deltagande i såväl pilotstudien som i en av de fem workshops som genomfördes, men med olika deltagande medlemmar vid de två olika tillfällena.

Datainsamling

Co-design workshopen designades i två delar med paus mellan. Den första delen var till för att skapa en tillåtande atmosfär för deltagarna där de ombads att berätta om sig själva samt kartlägga sin förenings tidsplan över ett kalender år. Under den andra delen genererade studenterna idéer på hur dom skulle vilja använda ett autonomt fordon som går att beställa. Nedan följer ett körschema för genomförda workshops.

Uppvärmningsövning: Deltagarna hälsas välkomna och ombads fylla i ett samtyckesformulär, innan den första övningen i studien ombads de göra ett ID-kort av en annan deltagare. Detta tog ca 10 minuter.

När detta var slutfört fick deltagarna i uppgift att beskriva sin organisations verksamhet under ett år genom att placera ut olika former av aktiviteter på en tidsaxel. I slutskedet fick de välja ut en aktivitet från tidsaxeln och fortsätta diskutera den i mer detalj, med hjälp av ett who, what, how, when-diagram.

Efter att den aktiviteten diskuterats och utvecklats i detalj inträffade en 15 minuter lång fikapaus.

Efter fikapausen flyttades verksamheten över till en campuskarta, där studenterna fick i uppdrag att idégenerera kring vad deras organisation skulle kunna använda en autonom buss (med ett antal teknikantaganden, till exempel att bussen inte kräver någon säkerhetsförare och kan bokas av studentorganisationerna själva) till och vilka platser bussen i så fall skulle behöva trafikera (på och utanför campus).

Som avslutning fyllde studenterna i ett formulär där de utvärderade workshopen och även hur de upplevt de av workshopen genererade resultat.

Under workshopens genomförande förde forskarna anteckningar, tog foton och spelade in ljudfiler från arbetet. Under några av de genomförda workshops användes också direkttranskribering som kompletterande datakälla. Dessutom samlades ID-kort, tidsaxlar, who, what, how, when-diagram, campuskartor och övrigt modifierat material (anteckningar, post-its, bussmodeller, etc) in för senare analys.

Underlaget för workshops (ID-kort, tidsaxel, who, what, how, when-diagram och utvärderingsformulär) kan ses i appendix 1.

Dataanalys

Insamlade data bearbetades först genom att ljudfiler transkriberades och kodades, rutter och platser togs ut från campuskartor, och anteckningar (fältanteckningar och anteckningar från studenterna i workshops) kopierades och sorterades.

Efter detta filterades och sammanställdes förslagen på nya rutter/hållplatser, vilket sedan kodades med hjälp av koordinater och adresser. Data gällande nya användningsområden (baserat på anteckningar, citat, modeller och skrivna kommentarer skapade av workshopdeltagarna) analyserades med hjälp av affinitetsdiagram genomförda av forskargruppen, i enlighet med Miles et al. (2014) metodik.

3.3.2. Eat the future – Del D

Mål

Under de tider när människor inte reser med bussarna kan fordonen fylla andra funktioner. Ett alternativt användningsområde för de självkörande bussarna är leverans av gods istället för människor. En typ av gods kan vara mat.

Datainsamling

I konceptet "Eat the Future" testas lunchleveranser med ett fordon. Målet var att testa nya användningsområden, funktioner och uppdrag som är kombinerbara med en service där fordonen är anropsstyrda så kallad "on-demand", något som Ride the future kommer att initiera från hösten 2024. Ett försök med matleverans gör det även möjligt att testa en affärsmodell som på sikt skulle kunna generera pengar till projektet och samtidigt bidra till ökade intäkter till de restauranger som väljer att delta. Det kommer även att möjliggöra lunchalternativ för anställda på universitet och dess omgivning. Men även bidra till utökade uppgifter för säkerhetsförarna, vilket är något som efterfrågas. Utmed de sträckor som bussarna trafikerar finns det idag flera restauranger, bland annat en pizzeria, en asiatisk restaurang, en fallafel resturang och en lunch resturang som serverar husmanskost.

Genom att möjliggöra leveranser för dessa kan deras kundbas öka och Ride the Futures funktionalitet bli större för de som inte reser med fordonen. Genom att låta gäster beställa mat via en app och sedan få den levererad med den självkörande bussen kan även restaurangernas förutsättningar förbättras. Bussen kommer att leverera maten vid lunchtid till den plats där man som matkund i förväg anmält att man vill hämta maten.

Än så länge är tjänsten i planeringsstadiet, men är tänkt att fungera enligt följande: Varje vecka sänds veckans meny ut till de som anmält intresse för att delta i testet. De kan då beställa mat via en QR kod som finns på menyn. Ordern skickas från kunden till restaurangen i god tid för att maten ska kunna lagas. Strax innan klockan 12 packas lunchen i lunchlåda och märks med beställarens namn. Sedan packas den i värmebox och hämtas av en säkerhetsförare. Klockan 12 börjar universitetets lunch och bussen börjar då sin leveransrunda. Kunden har tack vare en GPS som följer värmeboxen möjlighet att se var maten är för att sedan gå ut och möta den. Tiderna för varje hållplats är samma varje dag. Föraren hjälper till att se så varje person som hämtar mat får med sig sin namnmärkta lunchbox. Varje hållplats där mat kan levereras har en tidpunkt då bussen samt förare kommer att finnas på plats för att leverera rätt lunch till rätt person.

Om en person mot förmodan inte skulle hämta sin lunchbox på utsatt tid och plats så kommer den att bäras in av föraren och kunna hämtas på restaurangen efter bussen slutfört sin leveransrunda. Beställaren ser då att matens GPS position är tillbaka på restaurangen och kan därefter hämta sin lunch. Lunchen lagras sedan namnad i kylskåp tills den blir upphämtad. De restauranger som deltar i detta behöver ansluta sig till Stripe, en betalösning som gör att man enkelt kan betala med kort. Vid varje köp betalar man 1,5% av totalbeloppet + 1,8 kronor och inkluderas i totalbeloppet till Stripe för varje lunchbeställning. I detta fall ger det en extra kostnad på ca 3,5 kr för varje lunchbeställning. Detta adderas på lunchpriset.

Deltagare

För att detta ska fungera så behöver restaurangen laga god mat som kunderna vill köpa. Kunderna måste beställa maten och hämta den vid hållplatserna. En säkerhetsförare måste hämta mat från restauranger och ansvara för att rätt mat levereras till rätt kund. Alla dessa kan ses som deltagare i försöket eftersom tjänstens existens är beroende av alla parter, deras engagemang och deras hängivenhet.

Datainsamling

Data som samlas in är antalet beställda portioner och hur många av leveranserna som hämtas upp. När systemet är på plats är det enkelt att addera flera restauranger till i tjänsten. Reflektioner från kock, säkerhetsförare och kund om smidighet, prisvärdhet, effektivitet mm kommer att användas för att utvärdera och förbättra tjänsten med målet att det kan bli en lösning som finns kvar även efter detta projekt avslutats. En pilot har skett under våren 2024 och målet är att testa i större omfattning under hösten 2025.

4. Resultat – Acceptans av autonoma bussar

4.1. Olika grupper uppfattningar om befintlig verksamhet - Del A

Studien av **säkerhetsförarna** visade att de upplevde en förändring över tid bland omgivande trafikanter. De bilar som kör på bilvägarna har generellt blivit bättre på att hålla avstånd och göra generösa omkörningar. Det samma gäller de cyklister som färdas på samma vägbana som bussen på campus. Med tiden har deras omkörningar och möten blivit mer generösa och så länge det inte är mycket trafik på cykelvägen på campus kan bussen oftast ta sig fram helt utan hinder av oskyddade trafikanter.

En majoritet av förarna lyfte dock att det uppstår många nya konflikter vid varje terminsstart, när nya studenter anländer till campus. Om det är för att de nya studenterna inte vet hur bussen fungerar och inte lärt sig att ta ut svängarna eller för att 20 000 människor ska få plats på campus samtidigt är dock inte känt. Det finns även personer som avsiktligt går framför bussen för att se om den stannar. Flera av förarna berättar att de fått frågor från passagerare om de skulle kunna få testa att kliva in framför bussen för att se om den stannar. Motiven till detta är såväl för kunskap kopplade till olika Både för studieprojekt, som att de har ett allmänt eget intresse av att förstå ifall man kan lita på tekniken.



Den 1 kilometer långa leden som sträcker sig igenom campus Valla är delad i ett gångstråk och ett cykelstråk. Mellan dessa finns några större skyltar uppsatta samt en del planteringar med träd, det finns även en cykelparkering. De gula symbolerna på bussens färdväg avser att visa att bussarna färdas på denna vägbana, se Figur 2. Det finns även symboler på vägbanan som visar att det är en cykelbana.

Under de klockslag som universitetet har raster blir cykelvägen på campus snabbt full med studenter som ofta på 15 minuter ska byta lokaler på den drygt 1 kilometer långa cykelvägen. Detta sker klockan 8-8:15, 10-10:15, 12-13:15 samt 15-15:15, samt efter klockan 17 när studenterna ska resa hem från campus. Detta orsakar trängsel. Då även gångvägen är trafikerad av fotgängare så har cyklarna ofta ingen stans att ta vägen. De cyklar därför nära bussen när det kör om eller möter, vilket orsakar hårda stopp för fordonet.

Figur 2 Bild på körbanan med markering för att bussen gör på platsen.

Förarnas tankar om dessa konflikter och hur de skulle kunna lösas genom design varierade från större och snabbare fordon till rullande text på fordonet som visar hur länge det ska stanna och vart det ska. En förare sa *"Vart bussen ska vill andra gärna se. Om den bromsar, om den ska svänga och så vidare. Det är relevant när den inte är på en egen fil"*.

Två förare föreslog att bussen skulle ha en egen väg och ytterligare två att den inte skulle köra på campus under de mest upptagna tiderna. En förare upplevde inte andra trafikanter som ett problem utan sa att ifall något ska ändras så är det känsligheten på sensorerna, så bussen kan köra obehindrat även på vintern: *"Det är flera månader när det ibland inte går att köra på vintern, cyklisterna är bara lite varje jag"*.

Studien av de 67 **personer som möter bussen** visade att majoriteten av dem var studenter vid universitetet och att de hade studerat i genomsnitt 2,29 år, vilket tyder på en långvarig exponering för de självkörande bussarna. Majoriteten av deltagarna tog sig runt på campus genom att gå (n=64) eller cykla (n=49). Deltagarna uppgav att de mestadels sett bussen på campus (n=49), medan 18 personer sett den mest i Vallastaden. 40 deltagare rapporterade att de aldrig rest med bussarna, 21 av dem hade använt den en eller två gånger och 6 av dem rapporterade att de använt dem mer än två gånger.

De öppna svaren analyseras med hjälp av en induktiv kategoribildning för att identifiera frekvensen och fördelningen av specifika ord eller fraser i de fria svaren (Lundh & Nilsson, 2018). En pragmatisk ansats för tematisk analys användes eftersom den är lämplig för induktiv analys av svar. Eftersom varje fråga hade ett specifikt tema, som till exempel tillit eller förståelse, behandlades de som primärkoder. Därefter granskades svaren, och liknande teman kodades och sammanfattades i kodkategorier, vilket möjliggjorde att uttalanden med liknande betydelser grupperades i gemensamma kodkategorier. Till exempel var pålitlighet en fördefinierad kod, eftersom frågan "Varför litar du eller litar du inte på bussarna?" skulle ge svar relaterade till just pålitlighet.

"De kan inte upptäcka allt" eller "Skrämmande att helt lita på tekniken" blev två olika koder under pålitlighetsrelaterade svar, som slutligen skulle slås samman under "misstro". Deltagarna kunde bidra till flera koder om de svarade med flera teman. Koderna skapades oberoende av två involverade forskare i det första steget genom att analysera svaren från 25% av deltagarna, vilka valdes slumpmässigt. I en gemensam session diskuterades därefter skapade koder och en slutlig kodbok erhålls för att uppnå konsensus. Svaren från resten av deltagarna analyserades individuellt och korskontrollerades i en andra gemensam session.

I genomsnitt uppgav deltagarna att de tycker om att se fordonet på campus (medel = 2,58, sd± 1,72; 1 = håller med, 7 = håller inte med). 40 av 67 deltagare använde positiva ord som "coolt", "gulligt", "fantastiskt", "bra" och "trevligt" när de beskrev sin allmänna uppfattning om automatiserade bussar som kör på campusområdet.

På en fråga där de fick skatta bussens hastighet svarade nästan hälften (31/67) av deltagarna att de upplevde att bussen i nuvarande skick hade för låg hastighet för att vara användbar i deras vardagliga resande. 18 av 67 personer tog upp bussens låga hastighet även i frågor som frågade om generell upplevelse av fordonen och tjänsten. En person skrev: *"Trevlig! Den verkar bara gå lite långsamt, jag undviker den oftast eftersom jag känner att det går snabbare att gå istället"*.

Även om bussarna vanligtvis är snabbare än att gå (9 km/h), kan den totala restiden ibland vara kortare till fots på campus på grund av många planerade stopp vid busshållplatser och oplanerade nödstopp samt på grund av enkelriktade resvägar. På den mer negativa sidan uppgav fem deltagare att de hindrar trafiken på grund av de frekventa stoppen och att de tar upp plats. En person uttryckte detta som: *"Årligt talat, ganska irriterande, särskilt om jag har bråttom och den tar upp plats i cykelfältet"*. Endast två deltagare fann dem mycket irriterande, två andra respondenter undvek dem. Detta indikerar att även om bussarnas utseende och övergripande koncept tilltalade deltagarna, tvekar de inte att påpeka brister i deras nuvarande funktion, särskilt när det gäller deras användbarhet på campusområdet. Detta verkar främst bero på bussarnas låga hastighet, där deltagarna kunde röra sig snabbare och friare runt campus med cykel eller till fots. Vidare fann två deltagare det märkligt att de kördes med säkerhetsoperatörer, vilket strider mot deras förmodade automatiserade natur.

Men säkerhetsoperatörer och låg hastighet ökar även deltagarnas förtroende för bussarnas drift.

Deltagarna uppgav i regel ett högt förtroende för de självkörande bussarna (Medel = 2,53, sd ± 1,61; 1 = håller med, 7 = håller inte med). I 19 svar av 67 tillskrev deltagarna förtroendet för bussarnas försiktighet, med betoning på deras låga hastighet och stoppbeteende för att undvika säkerhetskritiska situationer. En person sa: *"Jag har ännu inte sett några allvarliga olyckor, om några. Bland människor kör bussarna i en takt som gör att bromsningen är i princip omedelbar, och om någon kommer i vägen för bussen, har jag alltid sett att den stannar"*. Dessutom förklarade 15 deltagare (av

67) att de litar på fordonen med övergripande positiva känslor av säkerhet och tillit med allmänna uttalanden, såsom en person uttryckte det: *"De verkar väldigt säkra"*. Totalt uttryckte således hälften av deltagarna förtroende för de automatiserade bussarna (34/67). Ändå fanns det flera deltagare som uttryckte oro angående tillit till tekniken och detekteringssystemen, och därmed de automatiserade bussarna (15/67). En person uttryckte det som att: *"Teknik kan alltid fallera"*.

Slutligen rapporterade fyra (av 67) deltagare att de litade på bussarna eftersom de körs med säkerhetsoperatörer. Bussarnas hastighet och försiktighet skapar både negativa och positiva intryck hos respondenterna. Även om det hjälper till att skapa förtroende för bussarna, minskar det deras användbarhet. Detta är sannolikt en av de största utmaningarna för projektets framtid för att förbättra passagerar- och åskådarupplevelsen av bussarna.

Deltagarna påpekade även att individer måste vara bättre informerade om bussarna, tjänsten och dess funktioner (21 av 67). Medan 13 av dem betonade behovet av mer övergripande information om busstrafiken, lyfte 8 deltagare fram behovet av publicitet och reklam för att öka användningen av bussarna. En person sa: *"Jag tror att det viktigaste är att sprida kunskap om dem. Min förståelse och acceptans för bussen har förbättrats mycket sedan jag började göra skolarbete om den. Dessutom, bara ge det tid för människor att vänja sig vid den."*

En person beskrev även att acceptansen ökat efter att hen fått höra om bussens användning: *"Att läsa om hur bussen kan hjälpa rörelsehindrade att nå Pressbyrån (eller andra platser) får mig att känna mig mycket mer positiv till den"*.

Trots att busshållplatserna idag inkluderar information om projektet och bussens drift kan en aktiv reklamstrategi locka bredare uppmärksamhet och öka fordonens användande i framtiden. Utöver reklam föreslog sju deltagare (av 67) att utöka bussens operationsradie för att göra dem mer användbara. Slutligen angav sju deltagare att en ökning av hastigheten kommer att förbättra deras acceptans i samhället positivt, men som förklarat tidigare kan en snabbare framfart vara ogenomförbar på överskådlig framtid.

4.1.1. Lösningar

Deltagarna föreslog olika lösningar för att minska potentiella konflikter mellan automatiserade bussar och människor, särskilt på den delade cykelbanan. Nästan en tredjedel av deltagarna (19/67) föreslog att bussarna ska ha en egen fil, vilket minskar konflikter om utrymme och ökar effektiviteten i servicen. En person uttryckte det som: *"Möjligen skapa en bana för den, som vi har en cykelbana och en gångbana, kan det finnas en bussbana..."*.

Förutom att föreslå separata körfält föreslog deltagarna ytterligare vägmarkeringar och informationstavlor om bussarna delar samma utrymme med cyklist, vilket gör att de passar in i den befintliga miljön smidigare (11 av 67). En person uttryckte det som: *"Kanske tydliga markeringar, som det nu finns vid Blå havet (lokal mötesplats). Nu verkar det som att bussen lånar cykelbanan istället för att dela cykelbanan med cyklisterna"*.

Både förarnas och de oskyddade trafikanterna upplevde att det var trängsel och trafikmiljö som problematiskt. För att kontrollera detta spelades ca 30 minuter film in på campus under de lugnare timmarna. Totalt filmades tre platser där bussen passerar. Ca 5 passager per plats, för att se om de oskyddade trafikanterna betedde sig i linje med svaren från de två datainsamlingarna. I Figur 3 visas en av de tre platserna.



Figur 3 En av tre filmade platserna: Läge 1, 2 och 3

Under dessa 30 minuter skedde endast en hård inbromsning som resulterade i ett stopp. Orsaken till stoppet är inte känt. I Figur 4 - Figur 9 visas exempel på hur passager kan se ut.



Figur 4 Cyklist kommer bakom bussen: Plats 1.



Figur 5 Cyklist väljer att cykla på gångbanan istället för att köra om bussen i en smal passage. Plats 1.



Figur 6 Cyklist möter en fotgängare och försöker ta sig tillbaka till cykelvägen. Plats 1.



Figur 7 Cyklist har högre fart än bussen men kommer nära på grund av träden som finns planterade mellan gång och cykelstråk. Bussen saktar ner. Plats 1.



Figur 8 En mötande cyklist väljer att göra en stor omkörning över till fotgängarsidan. Plats 1.



Figur 9 Efter möte cyklar cyklisten åter igen in på cykelvägen. Plats 1.

Samtliga videoinspelningar visade att de flesta försöker hålla avstånd till bussarna men att det är svårt när det är mycket trängsel, träd som planterats nära eller man får möte. Från data från enkäten framkom att det vanligaste förslaget till förbättringar är en egen vägbana för fordonen.

4.2. Innovativt HMI för att förbättra interaktion – Del B

4.2.1. Externt HMI för att förbättra interaktion mellan trafikanter och autonom buss

Studentprojekt 1: HMI för autonoma fordon

Resultat från studentprojekt 1 visar på behovet för autonoma fordon att visa sin intention i drift dvs hur den kommer förflytta sig samt reagera när medtrafikanter (gångare, cyklister, elsparkcyklar och bilister) interagerar med fordonet. Anledningen är att när dessa kommer för nära triggas bussens

automatiska nödstoppssystem. Studentgruppen identifierade att detta är ett problem som skapar negativ association till de autonoma bussarna och försvårar acceptansen av fordonen på Campus Valla.

Studentgruppens resultat är avgränsade till de situationer när cyklister och elsparkcyklar kommer för nära den autonoma bussen, antingen som upphinnande eller vid omkörning, och hindrar dess förplanerade rutt samt orsakar ett nödstopp. De identifierade att kl15 hade bussen svårigheter att ta sig fram på Corson, det blev en hackig körning. Nödstopp påverkar inte bara säkerhetsföraren och resenären negativt utan även personen som orsakade stoppet. Personen kan uppleva det som att man har orsakat en incident utan att veta hur man kunnat förhindra den.

Gruppen identifierade att kommunikationen behöver ske i tre steg, samt att flera modaliteter bör användas för att förmedla ett budskap. Innehållet i budskapen behöver vara designade så att man åsamkar så liten mental belastning som möjligt på mottagaren, detta då vissa interaktioner kan klassas som en akut händelse. I Figur 10 visas hur en möjlig stegvis kommunikation kan se ut.

Steg 1 informera - varnas cyklister så att dom kan förbereda sin rutt utan att komma för nära den autonoma bussen genom att visa hur stor nödbromszonerna är. Gruppens förslag var att använda belysningsfärgen cyan som neutral zon färg samt att signalera vad zonen betyder på en skärm, som associativ bild valde gruppen avståndssymbolen från corona-pandemin samt text. Färgen valdes för att den idag inte har någon betydelse i trafiken, kopplas till både autonomitet och att läget är okej.

Steg 2 varna - När en cyklist kommer innanför första säkerhetsbubblan, då varnas cyklisten genom att zonfärgen ändras till orange samt att budskapet på skärmen ändrades till att du är för nära.

Steg 3 Nödbroms - När bussen måste stanna tvärt ändras belysningsfärgen till rött och bilden till en stoppskylt samt texten Emergency break.



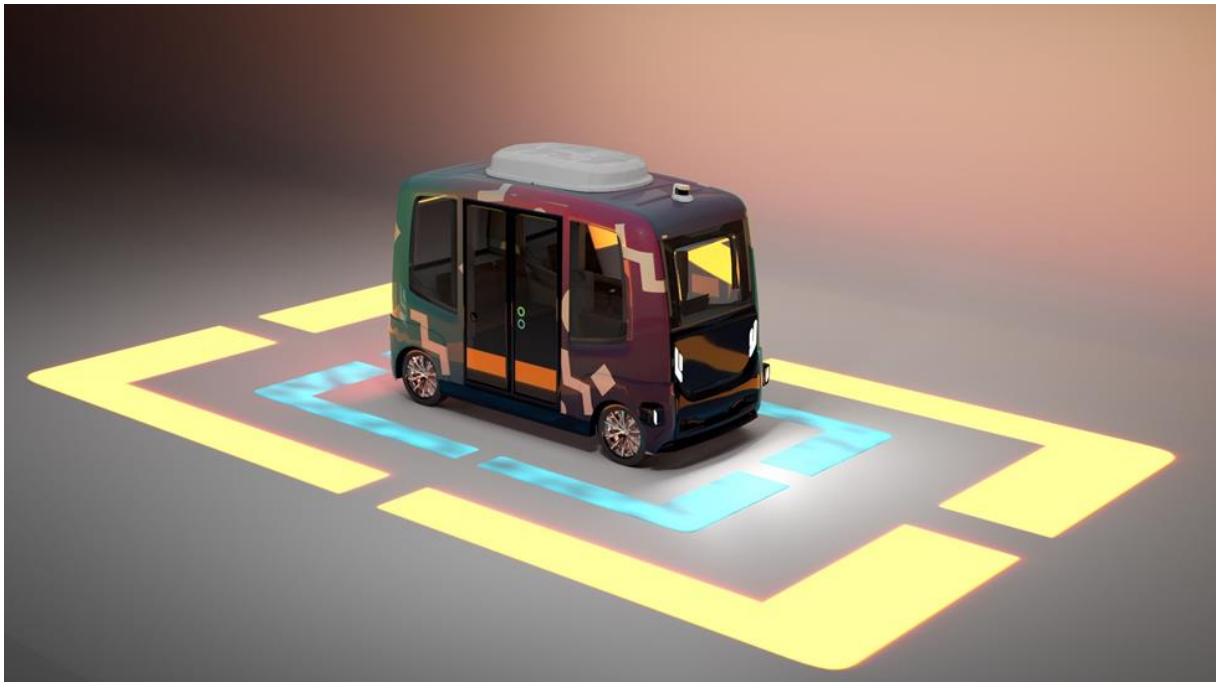
Steg 1. Informera

Steg 2. Varna

Steg 3. Nödbroms

Figur 10. Visar tre identifierade steg för att informera hur man kan göra en säker omkörning, varna att man är för nära och behöver ändra sin rutt och sist visa på konsekvenser när man interagerar med fordonet på ett felaktigt sätt. Design: Lindgren C., Lundberg E., Kindstrand A., Mårtensson F., Josephine Ekeflod J., Sabel A., Hagström D., och Åsard M., (2023)

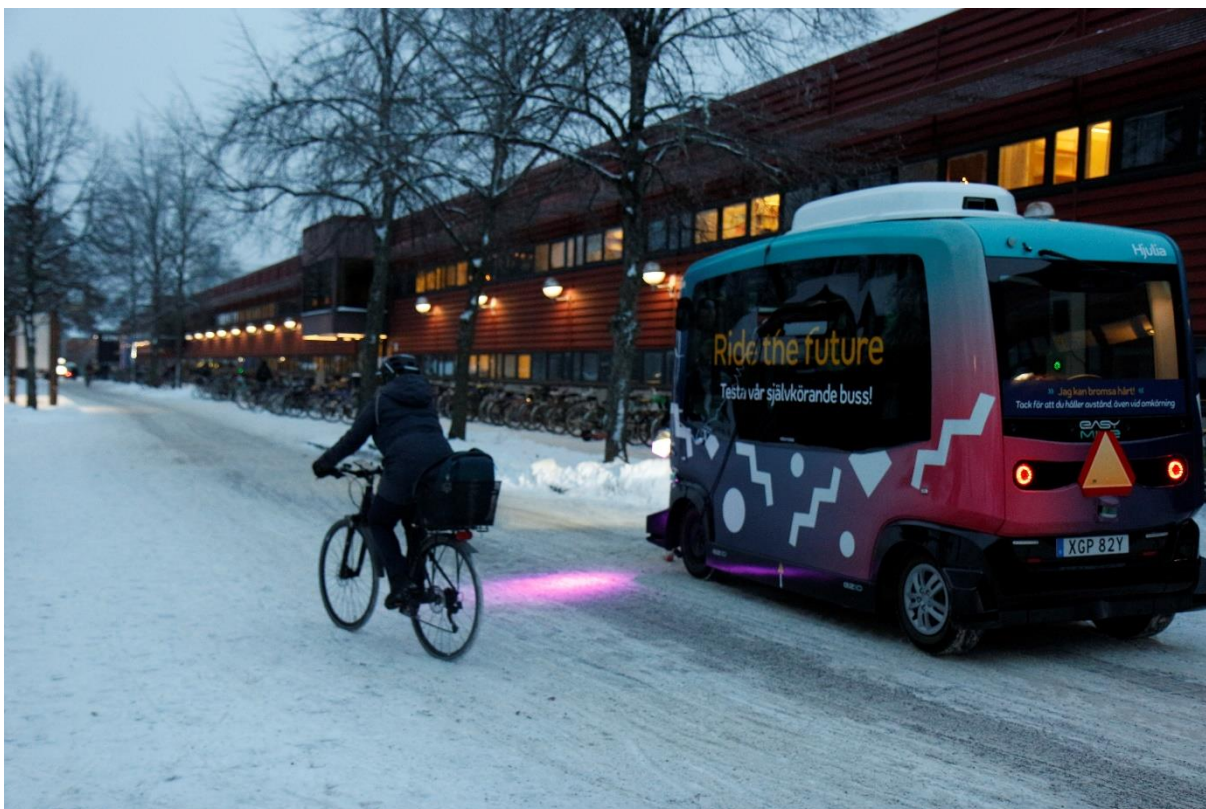
Vidare visade studenterna på ett behov att bussen kan "förvarna" som komplement till informationen som visas i Figur 10, att på något sätt visa omvärlden de "säkerhetsbubblor" som systemet arbetar efter. En första visualisering av detta visas i Figur 11.



Figur 11. Visar ett koncept på hur de två "säkerhetsbubblorna" kan visualiseras runt EasyMile bussen. Design: Lindgren C., Lundberg E., Kindstrand A., Mårtensson F., Josephine Ekeflod J., Sabel A., Hagström D., och Åsard M., (2023)

Studentprojekt 2: Förbättring av social acceptans av de autonoma bussarna genom användande av ljud och ljus.

Precis som Pelikan et al. (2024) beskrev har studenterna identifierat att dagens autonoma buss signalerar för sent eller att feedback uteblir när medtrafikanter eller "oskyldiga åskådare" har handlat fel, dvs stått i vägen eller cyklat för nära, och aktiverat bussens nödbromssystem. Gruppen vidare utvecklade studentprojekt 1's idéer genom att reducera markbelysningen till fordonets hörn samt införa ljud som kommunikationsmedel. Den tidigare valda färgen cyan bedömdes vara för lik polisbilers blåljus därför undersöktes och testades fler färger, lila valdes till nytt varningsljus (se Figur 12). Färgen visade sig sakna association i trafiken samt var tillräckligt ljusstark för att fungera i miljön. En användarstudie som testade studenternas koncept i december indikerar att både belysningen och ljudsignalerna var effektiva men att de behöver testas mer. Konfirmerade behovet av multimodal kommunikation då de upptäckte att medtrafikanter som hade noise cancelling hörlurar inte hör ljudsignaler. Studentgruppen identifierade att det största orsaken till mänskligt inducerade nödbromsningar av fordonet på Campus Valla var cyklister.



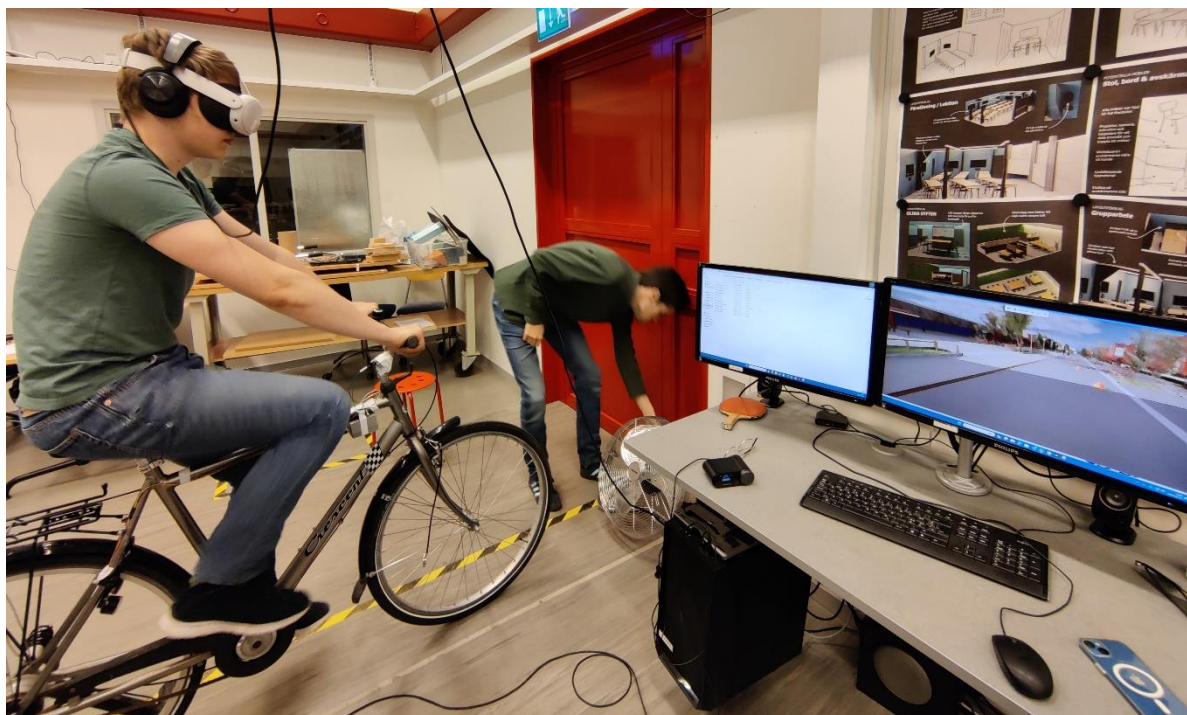
Figur 12. Fotografiet visar hur en varnande belysning kan påverka cyklisters färd. Foto från studentrapport (nr 2). Foto: från studentprojekt 2 - Appelgren S., Andersson M., Jeanson F., och Ek P. (2024)

Studentprojekt 3: Interaktion mellan cyklister och autonoma fordon.

Ett fotografi av testuppställningen kan ses i Figur 13. Designen av VR-miljön och det autonoma fordonet (EasyMile EZ10) var så bra att respondenter upplevde att immersiviteten behölls under testen. En bidragande faktor till immersiviteten var skapandet av en ljudmiljö. Cykelsimulatoren upplevdes ge rätt rörelseutslag i VR-miljön men det tog lite längre tid än beräknat för respondenterna att kalibrera mixningen mellan rörelser och VR dvs Mixed Reality. Studentgruppen rapporterar att de kunde observera att deltagarna i användarstudien ofta cyklade mer vingligt och försökte undvika att svänga under sina första försök, för att senare bli mer och mer bekväma och mer likna beteenden i verklig cykling. Detta visar att i framtida studier behövs mer tid för cykling i varje studie. Enklare försök med hastighetsfeedback genom fläkt visade sig också lovande, och någonting som kan utvecklas för att förbättra immersionen under användartestet; studenterna använde endast en fläkt med fast fläkthastighet (där enda reglering var av/på), men märkte att deltagarna trodde att fläkthastigheten hade ändrats med hastigheten i simulatoren.

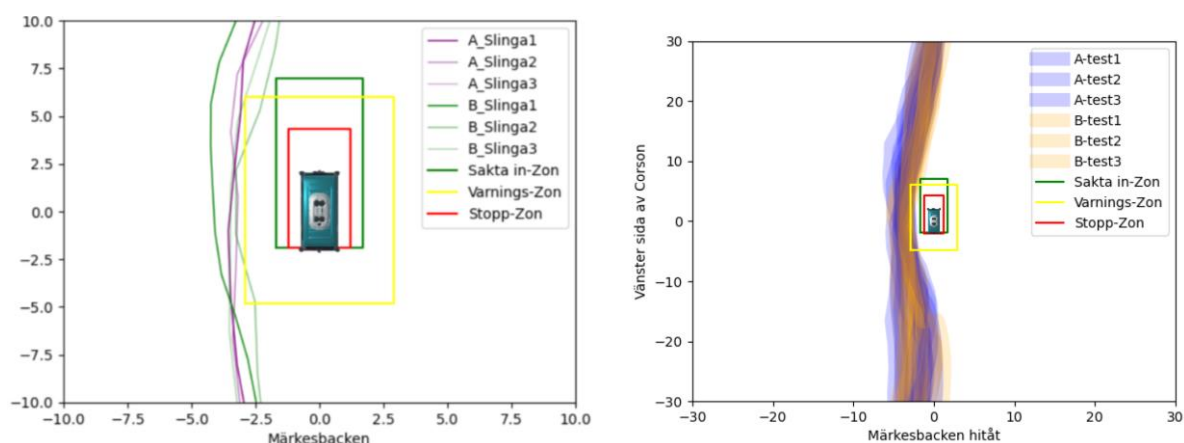
Resultat indikerar att hörnljusprojektionerna respekteras och den autonoma bussens nödstopp inte triggas vid omkörning på cykel. Tidiga indikationer finns även på att hörnprojektioner påverkar vilken väg cyklister tar när de återgår efter att ha cyklat förbi det autonoma fordonet, där deltagarna verkar svänga in längre mot vägbanans högerkant i försöken med hörnbelysning. Respondenter tror dock i diskussioner att hörnbelysningen blir svår att uppfatta i solljus.

Respondenter beskriver även att förutom den fysiska miljön påverkar fotgängare och andra cyklister möjligheten att väja för det autonoma fordonet. I detta test användes inga gående eller cyklande avatarer i miljön, vilket påpekades av deltagarna i användartestet som en osäkerhetsfaktor.



Figur 13. Fotografi av cykelsimulator från studentprojekt 3. Fotograf: Lukas Arthursson (2024).

Resultat från studentprojekt 3 visade att det går att spåra och lagra en respondents cykel rörelser i en VR-miljö designad i Unreal Engine, som visas i Figur 14. Trackningen ger kvantitativa data som sedan kan jämföras med respondentens upplevelse av bussens lila hörnbegränsningsljus. I Figur 14 visas två sätt att visualisera den lagrade data; till vänster som individuella linjer med möjlighet att identifiera specifika respondenter och/eller testomgångar, till höger som en heat-map för att ge indikationer på hur respondenterna har agerat i olika testomgångar. Trackningen ger också möjlighet att hitta mönster i hur cyklisterna beter sig i olika situationer. Indikationen om att cyklister verkar svänga in längre till höger i tester med hörnbelysning kommer från den här typen av analysverktyg.



Figur 14 Datavisualisering från cykelsimulering i Märkesbacken i två format. Notera att plottad linje för "A_Slinga3" saknas i visualiseringen till vänster. Studentprojekt 3 - Artursson L., Hansson O., Samuelsson R., Ländin H., Geijer C., Hillmo L., och Andersson E., (2024)

I Tabell 2 redovisas sammanställda insikter om extern HMI avsett för interaktion mellan autonombus och medtrafikanter. De tre studentprojekten Projekt 1, projekt 2 och projekt 3 (Tabell 1) utgör datamängden. Dessa kräver vidare utredning för att utvärdera deras potential.

Tabell 2. Sammanställning av erfarenheter från 3 studentprojekt.

Insikter	Studentprojekt 1 2023 jan. - juni	Studentprojekt 2 2023 sept. - dec.	Studentprojekt 3 2024 jan. - juni
<i>Kommunicera intention</i>	Trestegskommunikation runt fordonet, utbilda, varna och visa på konsekvens för cyklister och bilister. Flera modaliteter (minst två) för att beskriva samma budskap. Ljus, ljud, bild, symboler och text. Låg mental belastning i budskap och intention. Använda eller associera till existerande mentala modeller i bilder, ljud och ljus för att förmedla ett budskap. Vid stor folkmassa så behöver signaler och budskap upprepas för att massan skall skingra sig. Autonomt fordon behöver kommunicera intention med bilister i tex korsningar. Projicera de två "säkerhetsbubblorna".	Fordonets hörn lyses upp för att visa vart det är på väg. Projicera fordonets hörn på marken för att visa hur nära man får vara fordonet.	
<i>Kommunicera omvärldsbild och avgränsningar</i>	Skärmar visar vad som händer framför fordonet. Att det är ok att köra om person eller hinder på väg.	Att projicera bussens "syn" kan underlätta förståelse för vart bussen är på väg.	De lila hörnprojektionerna tolkades korrekt enligt intervjuer under användartest.
<i>Kommunicera konsekvenser</i>	Ändra färgen på extrabelysning och budskap från cyan till orange och slutligen rött. Skärm som visar en stoppskylt när bussen nödbromsar.	Ändra budskapsfärgen från cyan till lila. Att använda ljudsignaler, Ett "tutljud" för varning att medtrafikanter är för nära. Ett konsekvensljud som associerar till något farligt, tex en bil som rusar motorn, signalera att personen gjort en felhandling.	Timing mellan ljudsignaler, ljus och bildsignaler är väldigt viktig för att skapa förståelse. Man behöver få feedback i rätt tid så att respondenten kan genomföra en handling.
<i>Intervjupersoners uppfattning av de autonoma fordonen.</i>	Fordonen beskrivs som gulliga och harmlösa vilket kan bidra till att personer inte håller tillräckligt med avstånd och orsakar nödstopp.	De upplevs som långsamma, ineffektiva och onödiga vilket minskar acceptansgraden.	

Insikter	Studentprojekt 1 2023 jan. - juni	Studentprojekt 2 2023 sept. - dec.	Studentprojekt 3 2024 jan. - juni
Val av semantiska associationer för autonoma fordon	Semantiska värdeorden är "självssäker", "sympatisk" och "snabb".		
Främsta orsaken till nödbromsningar		Cyklisterna på Campus valla.	

4.2.2. Fokus på den fysiska infrastrukturen – busshållplatser för autonombuss

Studentprojekt 4: Fysisk infrastruktur - Flexibla busshållplatser

Nedan presenteras det sammanlagda resultatet från studentprojekt 4 "Flexibla busshållplatser för autonombuss", det genomfördes mellan oktober 2023 och januari 2024.

Fyra parallella projekt genomfördes utifrån samma projektbeskrivning, efter en tematisk analys av forskargruppen identifierades ett antal teman:

- Informationsbehov vid en hållplats.
- Fysiska behov när man väntar vid en hållplats.
- Emotionella behov när man väntar vid en hållplats.
- Konstruktionsskarv för att kunna göra hållplatsen flyttbar.
- Tekniska krav på en ny busshållplatsdesign

Informationsbehov vid en hållplats. Allmänheten skall hitta och förstå att det är ett busstopp genom enhetlig design dvs färg, form och symbolik. Man skall kunna få information om bussrutt, när bussarna kommer och går, om det är trafikstörningar. Om möjligt vill man ha realtidsuppdatering av var bussen är på sin slinga. Information skall vara tillgänglig för alla samt att man kan göra hop-on and hop-off utan problem. Information om intressanta platser i närheten av hållplatsen att besöka är uppskattat. Flyttinstruktioner skall vara så självförklarande som möjligt med minimalt behov av att instruktioner. Man vill kunna kalla på bussen till en hållplats samt få respons när bussen kommer att dyka upp. Resenärer skall upplysas om när det är rusningstrafik och det förväntas långa väntetider.

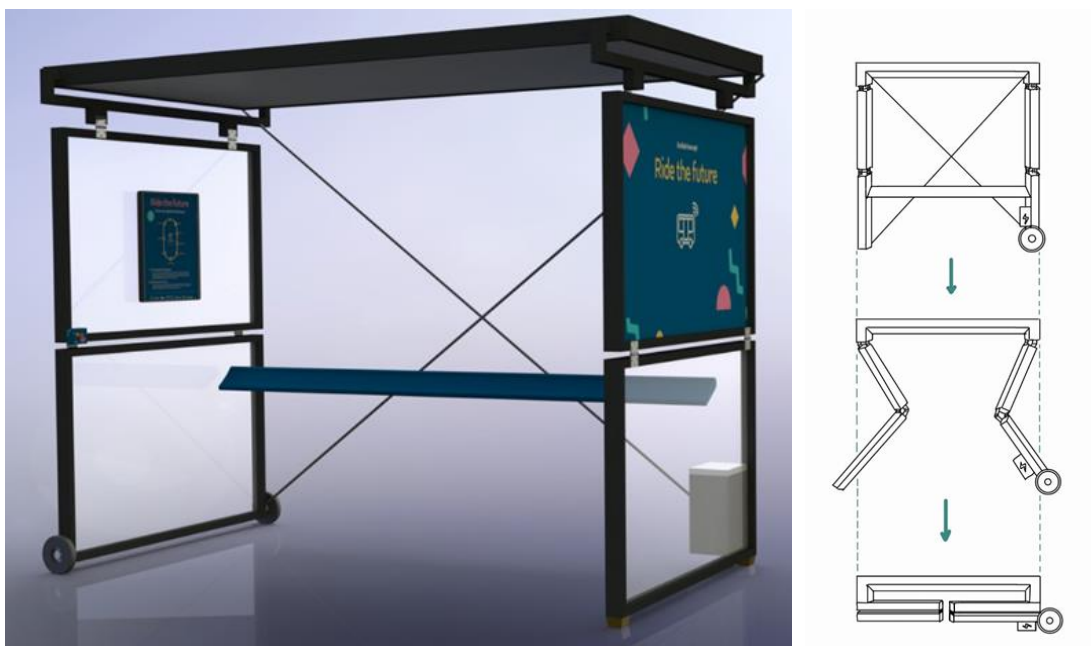
Fysiska behov när man väntar vid en hållplats. Hållplatsen skall kunna ackommodera sittplatser, regnskydd, papperskorg, belysning om det är mörkt. Det skall vara säkert att stiga på och av vid hållplatsen, för alla målgrupper.

Emotionella behov när man väntar vid en hållplats. Potentiella resenärer uttrycker en önskan av att vilja gå till hållplatsen, att det behöver finnas någonting lockande i hållplatslösningen. Resenärer vill också kunna känna sig säkra när dom väntar vid hållplatsen.

Krav för att kunna göra hållplatsen flyttbar. För att kunna utnyttja flexibiliteten i trafiksystemet behöver hållplatserna också kunna förflyttas på ett enkelt och snabbt sätt, vilket innebär att den måste kunna flyttas på ett säkert och snabbt sätt av en person på sträckor upp till 20 meter (efter det kan någon form av fordon användas för att flytta hållplatsen). Det är viktigt att resenärer skall kunna veta vart hållplatsen har flyttat, och efter flytt ska hållplatsen kunna göras stationär igen (det vill säga låsa den på platsen på något sätt). Sett till campusmiljön måste hållplatslösningen kunna flyttas på ojämnt underlag, och över blandade underlag som asfalt och kullersten.

Tekniska krav på en ny hållplatsdesign. Busshållplatsen skall kunna klara en krasch med ett 2 tons fordon vilket en EasyMiles autonoma buss är. Vara tåligt mot väder och vind. Det skall inte gå att stjäla. Den skall vara lätt att städa och tvätta av med t.ex. högtryckstvätt. Kunna koppla till en extern strömkälla så att man kan använda funktioner som belysning och värme i hållplatsen. Skall vara ekonomisk att tillverka. Två av framtagna koncepten visas i denna rapport. Figur 15 visar ett koncept

som har fokus på fällbarhet och liknar en traditionell busskur, idén bakom konceptet är att en till två personer skall kunna vika ihop och rulla bort den till en ny plats.



Figur 15 Vikbar hållplats som går att fällas ihop och rullas bort som ett plattpaket på hjul av en person. Rendering och modell från studentprojekt. Grupp 3 Kolkman D., Zöllner J., Ho Z-H., Rajkumar V., and Schreiber T., 2024.

Ett annat förslag visas i Figur 16. Detta har en mer explorativ design som skapar ett unikt visuellt tecken i miljön, något som kan ses som en fördel för att passagerare skall hitta till hållplatsen och kunna skilja en flexibel hållplats från en fast dito. Formen utgör en stor, cirkulär bandstruktur med en sitttyta inuti formen. För att flytta hållplatsen tömmer man en motvikt som finns i sittplatsen och rullar hållplatsen till nästa plats. Hållplatsen låses av två kilblock på vardera sidan av sittplatsen.



Figur 16 Visar ett koncept som går att rulla bort och kilas fast igen när man är framme. Rendering och modell från studentprojekt 4.

4.3. Resultat från konceptgenerering

Baserat på de genomförda studentarbetena, med fokus på identifierade problem och behov har forskargruppen vid LiU arbetat vidare med en generativ fas för att se möjligheter med ett nytt externt

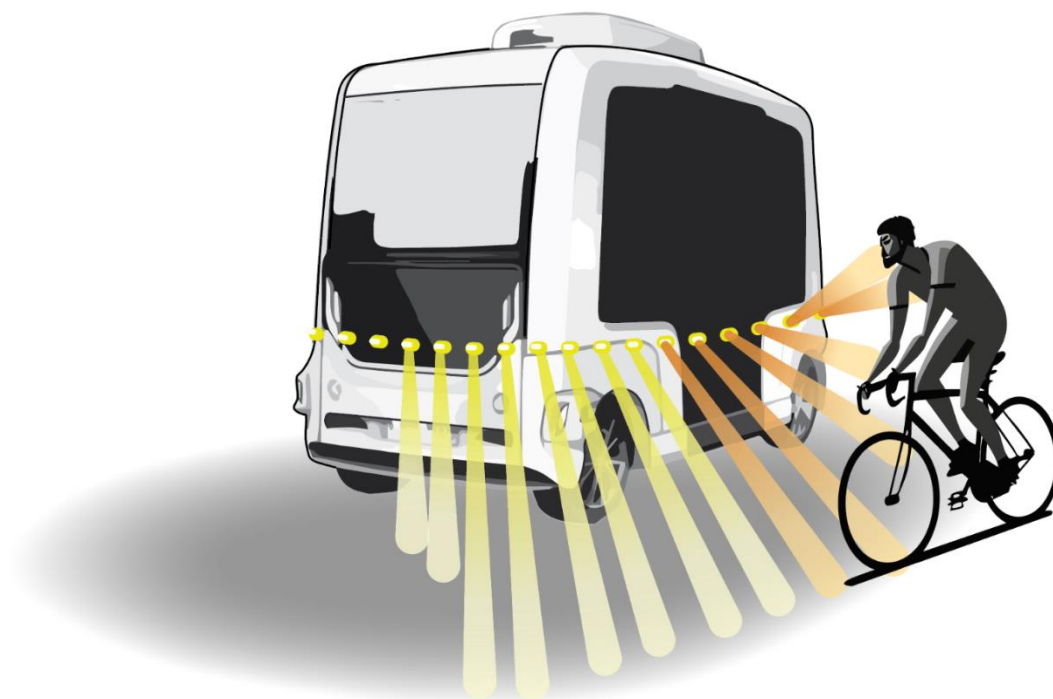
HMI. Analysen visar att autonoma fordon har en annan uppfattning hos allmänheten och kan operera på andra publika platser än traditionella bilar eller bussar. Det kräver också nya former av interaktioner. En viktig del har varit att hitta möjligheter till multimodala signaler det vill säga att samma budskap sägs med hjälp av flera olika signaler så som ljus, ljud och visuella symboler som text och bilder för att beskriva sin intention (Bohgard et al., 2019).

4.3.1. Designkoncept – Interaktiv ljus- och ljudkommunikation

Här presenteras det slutgiltiga designkonceptet, målet är att så många delar som möjligt av konceptet kommer att konstrueras och utvärderas i arbetspaket 4. Designkonceptet bygger på att individer eller små grupper av främst cyklister, fotgängare eller bilister skall förstå hur nära man kan komma fordonet utan att den automatiska nödbromsen triggas. Grunden i konceptet Figur 17 är ett flerstegsvarningssystem med styrbara lampor, dessa är placerade i ett ljusband runt fordonet. Lamporna är tänkta att öka och minska i färg samt i ljusintensitet när en trafikant kommer inom de olika säkerhetsbubblorna. Utöver varningsbelysningen är tanken att AVAS (EU 540/2014 Article 8)¹ liknande ljud skall indikera fordonets närvaro i miljön. De valda ljuden skall generera en god uppmärksamhet samt är tänkta att öka och minska i intensitet beroende på avståndet till närmsta medtrafikant. Behagliga ljud är tänkta att användas för att indikera för väntande resenärer att fordonet är bered att ta ombord passagerare samt att det väntar på att alla har kommit ombord, ingen behöver stressa.

Hypotesen är att signaler som varierar i intensitet och följer efter en medtrafikant (medhjälp av rörelsesensorer) bör kunna ge trafikanten en upplevelse av att vara ”sedd” av fordonet. Det som sker när en medtrafikant får ögonkontakt med en fordonsförare och hen reagerar genom att t. ex tuta, sakta ner eller väja.

¹ <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/540/oj> (2024-06-03)

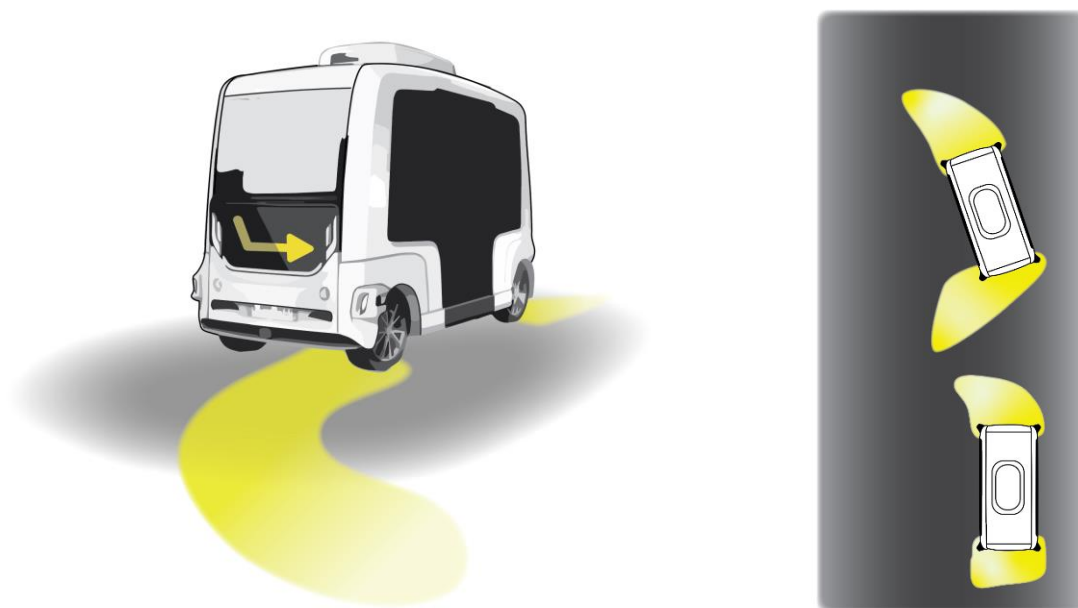


Figur 17. Designkoncept. Ljusstyrka och färg förändras när gångare eller cyklister kommer för nära (blir rödare och "argare") samt "svalnar" när man går ifrån. Konceptskiss: Torbjörn Andersson, LiU.

Förutom att varna är de styrbara lamporna i designkonceptet (Figur 18) tänkta att, tillsammans med blinkers, en skärm fram och bak på fordonet, kunna användas för att visa intentionen av var den är på väg för medtrafikanter och "oskyldiga åskådare". Det är tänkt att efterlikna dynamiskt ljus eller matrix LED som man kan hitta på många moderna bilar utrustas med idag^{2,3}. Idag används dynamiskt ljus för att öka den omgivande visibiliteten av miljön, vid filbyten, när fordonet svänger samt för att automatiskt blända av mötande trafikanter. I detta designkoncept är det tänkt att även kunna användas i förebyggande syfte och visualisera en tänkt handling t. ex. svänga till vänster i fordonets färdriktning se Figur 18. Då fordonet av säkerhetsskäl kör långsamt i många miljöer där det inte finns separerade enfilskörbanor kommer cyklister, sparkstöttingar (se 4.1, 4.2) och bilar kunna köra om fordonet. Detta gör att intentioner och handlingar även behöver visualiseras bakifrån för att upphinnande trafikanter skall förstå den handling fordonet planerar att göra så att de kan ge fordonet tillräckligt med utrymme utan att trigga den automatiska nödbromsen.

² <https://www.audi.se/se/web/sv/kopa-aga/teknik-funktioner/stralkastare.html>

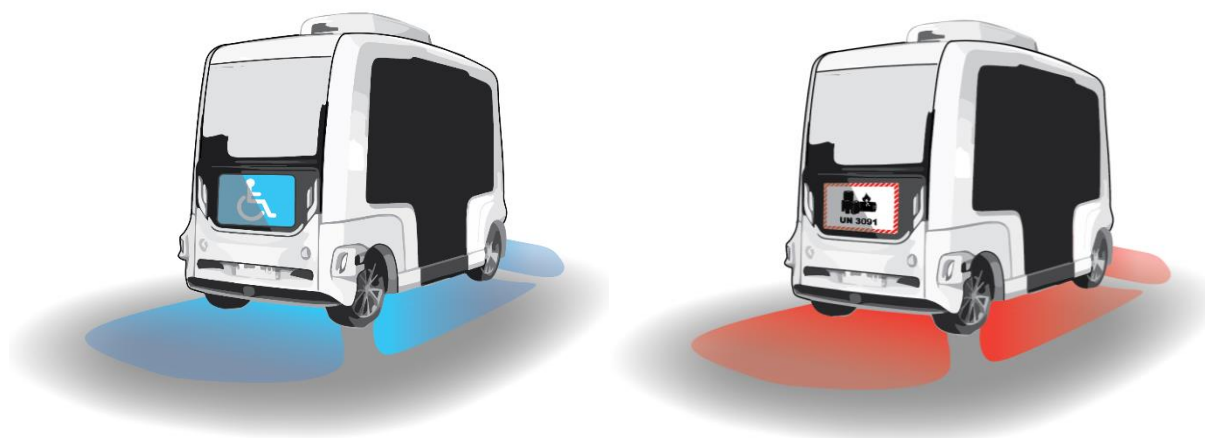
³ <https://www.volvocars.com/se/support/car/xc40-recharge-pure-electric/article/49650512961fc833c0a8015115586acb>



Figur 18. Designkoncept med fokus på hur fordonet kan kommunicera sina intentioner. Bilderna visar hur fordonets intention kan visualiseras bakifrån så att upphinnande fordon kan undvika att trigga nödbromsningen. Konceptskiss: Torbjörn Andersson, LiU.

Förutom de styrbara lamporna, tillsammans med dagens blinkers, innehåller designkonceptet (Figur 19) två skärmar, en fram och en bak på fordonet. Dessa är tänkta att användas för att kommunicera budskap till medtrafikanter och "oskyldiga åskådare". Två exempel på hur budskap kan visas syns i Figur 19. Designen på budskapen är tänkta att följa existerande skyltar som vägskyltar, varningsskyltar, lastbilsmarkeringar eller så designas nya symboler för funktioner som är unika för autonoma fordon. Studierna har genererat ett antal budskapskoncept:

- Att bussen står på en hållplats och väntar på passagerare.
- Funktionshändelser som att dörrar öppnas, bussen är full eller vart den skall.
- Ett budskap skrivet av en informationscentral, övervakningskontrolltorn eller bussens säkerhetsförare.
- Information som beskriver bussens nya funktion som första hjälpen station, cykelreparationsstation, förvaringsskåp av värdefullutrustning mm.

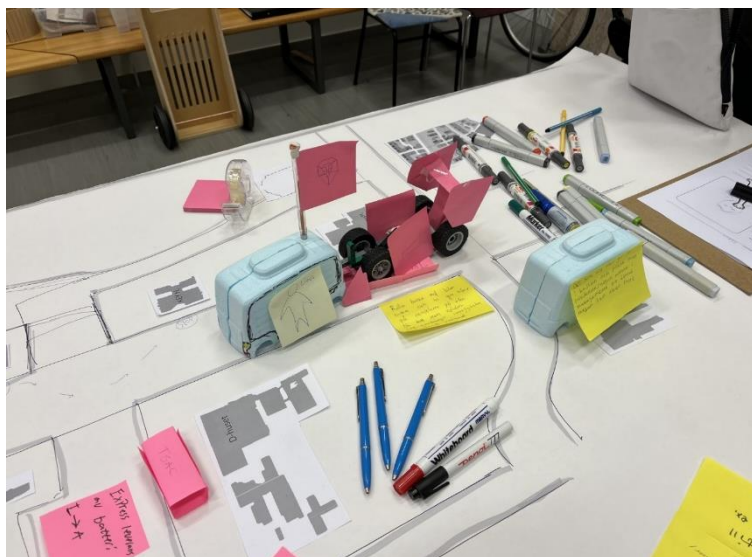


Figur 19. Designkoncept som visar hur förändrad funktionalitet av fordonet kan visualiseras med hjälp av skärmen och ljusfärg. Konceptskiss: Torbjörn Andersson, LiU.

5. Resultat - fler användningsområden

5.1. Involvering av studentföreningar - Del C

I workshops med studentorganisationer kom ett flertal olika användningsområden, och olika typer av användningsområden, fram genom co-design. Över lag kan sägas att studentorganisationerna uttryckte ett intresse av att använda fordonet i sin verksamhet på olika sätt, givet att bokningsfunktioner och rutter passar mot deras verksamhet. Många olika typer av idéer kom fram under arbetets gång, men vissa teman kunde efter visst arbete skönjas.



Figur 20. Fotografi från pilotstudie. Fotograf: Fredrik Henriksson

Efter gruppering och analys av materialet från co-designworkshops framkom följande övergripande teman för de förslag och idéer studentorganisationerna kommit fram till:

- Utökade förmågor
- Marknadsföring
- Flexibilitet
- Resiliensbyggande
- Utökade bussfunktioner

Under temat ”utökade förmågor” finns ofta idéer om att använda fordonet för att utöka sin verksamhet eller förenkla sin verksamhet; vissa organisationer transporterar ibland känsligt, tungt eller skrymmande gods och skulle behöva säkra, enkla sätt att göra detta, medan andra ser möjlighet att använda fordonet som en ”hub” för att kunna göra delar av sin verksamhet mobil. Ett exempel från detta var att använda fordonet som en bas för en mobil verkstad, där organisationen kan visa upp sin verksamhet och låta personer som inte självmant besöker dem att se vad de gör och prova på vissa aktiviteter. Över lag återfanns här olika typer av idéer som förändrade organisationernas verksamheter i någon form, antingen genom att förenkla eller effektivisera specifika moment eller genom att ge möjlighet till nya aktiviteter som i dagsläget inte är genomförbara på ett rimligt sätt.

Under temat ”marknadsföring” finns idéer om att använda fordonets mobilitet och kontakten med resenärer för att marknadsföra studentevenemang eller händelser på och runt campus. Vissa idéer cirkulerade kring att ha uppläst eller inspelad information om studentorganisationer för de resande, och andra idéer handlade om att använda fordonet som en yta för visuell marknadsföring i form av statisk grafik. Exempelvis diskuterades ofta möjligheten att använda fordonet som en ”affischyta”,

liknande de allmänna affischeringsytor som finns på campus och där många studentorganisationer marknadsför och informerar om sin verksamhet i form av evenemang, rekryteringar och fester. Vissa deltagare föreslog också idéer som att låta fordonet dra objekt relaterade till organisationens verksamhet, ett exempel kan ses i Figur 20.

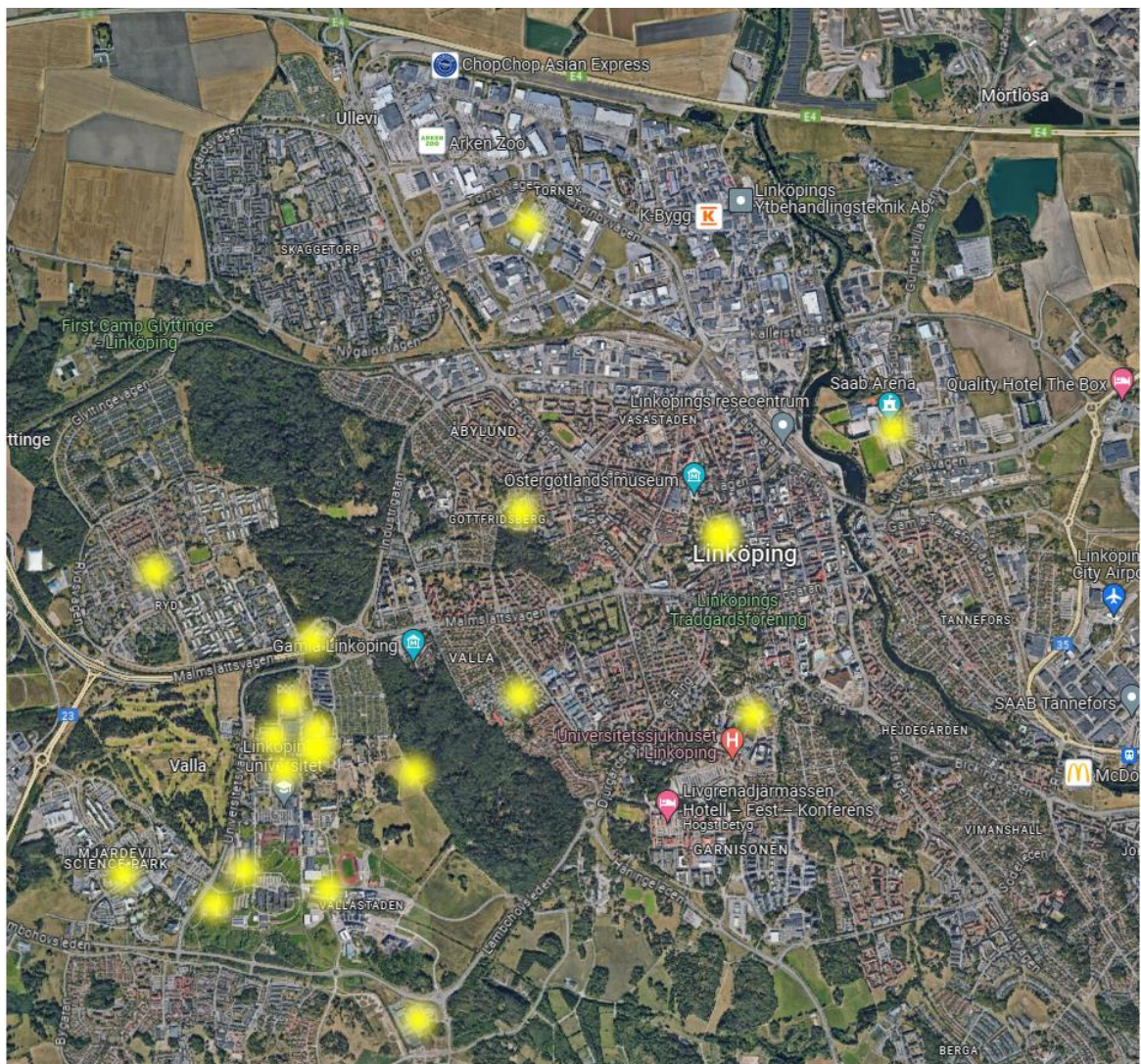
Under temat ”flexibilitet” betonades möjligheterna med att fordonet kan stå inaktivt på platser under en längre tid utan specifika kostnader eller konsekvenser, vilket gör att en del arbete kan genomföras asynkront (utan direkt respons eller parallella aktiviteter). Ett exempel på detta är organisationer som hämtar material från sponsorer, där studenterna gärna arbetar efter kontorstid och sponsorerna vill leverera under kontorstid vilket kan skapa mindre konflikter. Att använda ett autonomt leveransfordon skulle kunna lösa denna typ av problematik på ett effektivt sätt. Här kan också en av de tekniska utmaningarna med de autonoma fordonen i dagsläget, dess begränsade hastighet, negligeras då det i stället kan hanteras med ett asynkront arbetssätt. Andra exempel kan vara att leverera mat, antingen livsmedel eller färdiglagad dito, vid studentarrangemang eller arbetspass.

Under temat ”resiliensbyggande” finns ofta idéer om att kunna frigöra arbetskraft eller sänka kraven för existerande arbetskraft när aktiviteter och uppgifter utförs. Ett exempel en organisation såg var möjligheten att kunna komplettera säkerhetsresurser vid fester, där man idag har ”traditionella” bilar med förare som finns tillgängliga för att kunna transportera personer som behöver icke-akut sjukvård. Här kan autonoma fordon göra det möjligt att ha samma kapacitet, men med krav på färre studenter som har bilkörkort eller möjligheten att vid behov öka kapaciteten utan att behöva hitta bilar och förare med kort varsel.

Under temat ”utökade bussfunktioner” finns idéer om att använda de autonoma fordonen mer likt klassiska bussar, men med större flexibilitet för rutter över tid och på platser där klassiska bussar inte kan åka. Några idéer som föreslogs var speciella rutter för att ta studenter från sina vanliga studieytor till tentamenslokaler under tentamensperioder, och att införa ”turistbussrutter” med guide som kan informera om campus under vissa perioder av året.

Dessa teman kan användas som bas för fortsatt designarbete, eller som en grund för att överväga nya funktionalitetskrav och -förslag för framtidens autonoma fordon.

Ett delresultat från studien var en formulerad lista med nya möjliga stoppunkter för Ride The Future, i Linköpings stadsområde. De framtida stoppunkterna visas i en kartbild i Figur 21 med identifierade stoppunkter som gula markeringar, och exakta platser (med adresser och/eller koordinater) kan ses i Appendix 3. Delresultatet visar på ett från studentorganisationerna uttryckt behov att kunna använda en eventuell framtida lösning på Campus Valla (längs med i juni 2024 existerande rutt och på andra delar av campusområdet), i Campus Vallas omedelbara närhet (Mjärdevi Science Park, Vallastaden, södra delar av Ryd, västra Valla och norra Djurgården) och i andra delar av Linköpings stadsområde (exempelvis Tornby, Garnisonen och Stångebro).

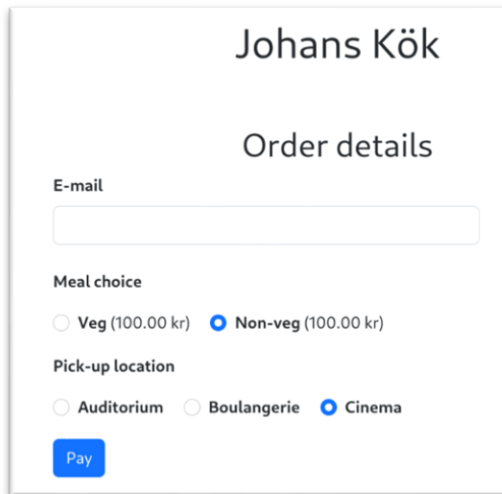


Figur 21. Identifierade önskade stoppunkter för Ride The Future, baserat på data från workshops med studentorganisationer. Identifierade stoppunkter är markerade med gul färg. Kartbild från Google Maps.

5.2. Eat the future – Del D

Den digitala lösning som utvecklats för att möjliggöra att beställa mat som en del i den framtida ”on-demand” lösningen omfattar tre delar: att beställa mat, att betala och att synliggöra för restaurangen vad som är beställt.

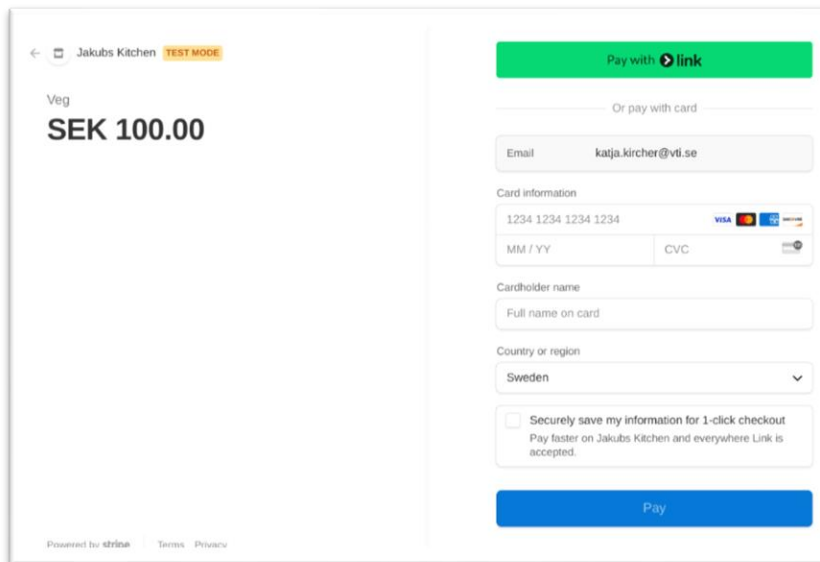
Efter att användaren skannat QR-koden på menyn kommer kunden till sitt första val. Här väljer kunden vilken mat som önskas samt vart den ska levereras, se Figur 22.



The screenshot shows a mobile app interface for 'Johans Kök'. The title 'Order details' is centered. Below it, there is an 'E-mail' field with a placeholder. Under 'Meal choice', there are two radio buttons: 'Veg (100.00 kr)' and 'Non-veg (100.00 kr)', with 'Non-veg' selected. Under 'Pick-up location', there are three radio buttons: 'Auditorium', 'Boulangerie', and 'Cinema', with 'Cinema' selected. A blue 'Pay' button is at the bottom.

Figur 22 Eat the future: Order och val av maträtt.

I nästa steg - betaläget - kan användare välja att använda Swish eller kort. Betalningslösningen är inköpt från Stripe, se Figur 23.



The screenshot shows a payment screen for 'Jakubs Kitchen' in 'TEST MODE'. The order is for 'Veg' food for 'SEK 100.00'. The payment method is 'Pay with link'. Below this, there is a section for 'Or pay with card' which includes fields for 'Email' (katja.kircher@vti.se), 'Card information' (card number 1234 1234 1234 1234, MM / YY, CVC), 'Cardholder name' (Full name on card), and 'Country or region' (Sweden). There is a checkbox for 'Securely save my information for 1-click checkout'. A blue 'Pay' button is at the bottom.

Figur 23 Eat the future – betal läget

När betalningen gått igenom skickas ordern till restaurangen du beställt ifrån, se Figur 24. Kocken kan nu tillaga ordern och lämna till föraren som kör ut.

6. Diskussion

I kommande kapitel diskuteras erhållna resultat med avseende acceptans och nya användningsområden. Resultaten är en blandning av erfarenheter från studentprojekt, designarbete av forskare på LiU och mer traditionell utredning genomfört av VTI.

Alla resultat är inte enstämmiga och det är viktigt att ha i åtanke att de förslag som kan genereras från genomförda studier förutsätter ytterligare utredning. Resultaten kan ses som ett smörgåsbord av möjligheter.

6.1. Acceptans av autonoma bussar

Acceptans är ett odefinierat begrepp och som betyder olika för personer med olika roller. I föreliggande studier ingår såväl förare, som medåkande och personer utanför bussarna. Acceptans i detta sammanhang är en blandning av acceptans för att åka med, acceptans att dela vägutrymmet med fordonen och acceptans att arbeta ombord och hantera interaktioner med andra trafikslag. Begreppet acceptans behöver utredas ytterligare och kan ses som en konsekvens av såväl trygghet, säkerhet, komfort och teknisk vilja.

Bland samtliga trafikslag som delar vägbana med bussarna kan acceptansen tolkas som generellt hög. Även då de självkörande bussarna är i vägen för andra trafikanter så anstränger sig cyklister, bilförare, bussförare och fotgängare för att inte komma i vägen för fordonen. Konflikter uppstår i stället när vägbanan är snäv och trafikflödet högt. Så som vid universitetets raster. För utomstående trafikanter kan det ibland vara svårt att förstå varför fordonen plötsligt stannar - även när inget synligt hinder är i vägen, men detta verkar även bidra till trygghet då många enkätrespondenter svarat att fordonens försiktighet gör att de upplevs som säkrare och mer pålitliga, men dock mindre användbara.

Flera personer har även beskrivit hur information kan öka förståelsen och acceptansen. Att informera specifikt om fordonens funktion och att den används skulle även kunna motverka intrycker som flera beskrivit i enkäten, nämligen att de upplever att bussen oftast åker runt tom. Detta kommer även åtgärdas när bussen bara kör när någon beställt den.

På grund av tekniska utmaningar kan bussarnas hastighet inte ökas. Säkerhetsbubblorna runt bussarna ökar i takt med hastigheten. Detta leder till fler frekventa stopp av bussen, vilket minskar komforten och effektiviteten i resan. När fordonen rör sig i långsam takt krymper säkerhetsbubblorna, och den kan fortsätta med mindre frekventa nödstopp. Därför skulle en hypotetisk ökning av hastigheten inte nödvändigtvis öka bussarnas effektivitet, särskilt på campusområdet där de delar vägen med oskyddade trafikanter. Huvudsyftet kvarstår att bussresenärerna ska känna sig trygga, eftersom målgruppen för resor består av dem som inte kan delta i aktiva transportmedel (som cykling eller gång). Medan alla är välkomna, är det avgörande att säkerställa att även sköra passagerare kan resa bekvämt. Av dessa skäl verkar en ökning av bussarnas hastighet i framtida utveckling av projektet inte vara en genomförbar lösning.

För närvarande pågår utveckling för att öka området där bussen trafikerar till ett större område, vilket kommer resultera i ett bredare utbud till befintliga användare och en ny stadsdel. Samtidigt, när en större yta läggs till i bussens rutt, kommer det också att vara möjligt att åka den i båda riktningarna. En ytterligare funktion kommer att läggas till bussens service, så passagerare kan beställa bussen i förväg, så kallad "On Demand". Bussen kommer då att komma vid den begärda tiden och köra passageraren till önskad destination. Detta hjälper till att minska restiden men också väntetiden för fordonet även om bussens hastighet inte ökas.

Även om det mest populära lösningsförslaget var att hitta separata vägbana för fordonen så är på grund av höga kostnader för att omforma väginfrastrukturen, platsbrist, krav på noggrann planering och inkludering av flera intressenter, omöjligt att bygga en separat vägbana för bussarna på campus. Att anpassa bussarnas beteende är snarare lösningen - än att anpassa infrastrukturen för dem.

6.2. Flera användningsområden

En intressant del i utfallet från co-designworkshops är att studenterna identifierade användningsområden som utnyttjar både fordonens autonomi och den låga hastigheten fordonen i dagsläget når. Det syns kanske bäst i förslagen som baseras i flexibilitet, där transporttiden kan ses som en fördel med gällande tjänstelösningen.

Ett annat intressant utfall är hur studenterna hittat sätt att utnyttja fordonens möjlighet att vara användbara både i rörelse och stillastående. Traditionella fordon har ofta sitt värde i rörelsen, medan annan utrustning och infrastruktur är stationär (som visserligen kan transporteras av fordon, men ändå är statisk till sin natur). I en del av de idéer som studentorganisationerna presenterat har de arbetat med koncept som utnyttjar hur ett autonomt fordon kan bidra med en viss typ av flexibilitet både genom att ha funktioner i stationärt och rörligt tillstånd och där många produkter egentligen bara är funktionella i det ena av dessa två tillståndet. Ett exempel är att visa hur ett autonomt fordon kan medföra låga kostnader vid stillastående, till skillnad från exempelvis en traditionell hyrd buss där bussföraren fortfarande betalas för sin arbetstid även om bussen står still stora delar av tiden. I en del av idéerna som studentorganisationerna fört fram arbetar de med transformativa idéer om pop up-verksamheter där det autonoma fordonets möjligheter med att vara i rörelse när det behövs, och vara stationärt (utan timkostnad) när rörelsen inte är önskvärd har identifierats.

Det är med största sannolikhet så att det finns många fler lämpliga användningsområden för autonoma fordon än de som presenteras i denna studie, men de föreslagna användningsområdena lyfter några återkommande behov och typer för lösningar som har intresse för fortsatt utveckling av både systemen och de fysiska artefakterna involverade i ett autonomt kollektivtrafiksystem.

I arbetet med studentorganisationer dök idéer om leverans av mat (livsmedel eller färdiglagad) upp i flera workshops, något som oberoende av detta utforskades i delstudie D ("Eat the future"). Det kan tolkas som en indikation på ett designvärde i idén, och gör att framtida slutsatser från den delstudien kan appliceras på de idéer som föreslås i delstudie C.

6.3. Extern HMI för autonoma fordon

Studierna som gjorts indikerar att respondenter är generellt positiva till det autonoma fordonet och tror att även om det inte fungerar fullt ut idag så kommer fordonen bli bättre med tiden. Kommentarer som "harmlös" och "gullig" visar att designen, hur bussens automatiska nödstoppsystem fungerar och den låga hastigheten (7 – 12km/h) ger ett förtroende för tekniken. En baksida verkar vara att medtrafikanter inte visar tillräckligt med hänsyn till fordonet vilket kan vara en underliggande orsak till de många nödstopp som observerats och rapporterats av säkerhetsförare samt forskare. Bussen har inte heller någon möjlighet att själv ta sig fram i folkmassor eller i bilköer utan att en säkerhetsförare ställer om fordonet till manuell drift. Det autonoma fordonet har inte själv kapacitet att anpassa sig till hindrande situationer i miljön, därför behöver medtrafikanter göra det i stället.

Idag finns det ingen möjlighet för medtrafikanter och åskådare att förstå bussens intention då den inte kommunicerar detta tillräckligt tydligt. Studierna identifierade tre nivåer av nödstopppande interaktion:

Nivå 1 – Ingen mänsklig interaktion med autonomt fordon: Fordonet stannar på grund av fysiska hinder i miljön. Dessa kan vara trädgrenar, tillfälliga hinder, parkerade cyklar, parkerade bilar och liknande stillastående hinder. Säkerhetsföraren tar över, stannar fordonet och plockar bort det som är i vägen (Anund et al. 2023). Det går inte att skapa en HMI-lösning som flyttar hindrande föremål däremot skulle en HMI lösning kunna varna medtrafikanter bakom fordonet. Om hindret är ett fullt autonomt fordon skulle det hypotetiskt kunna skapas en maskin-till-maskininteraktion och fjärrflytta hindret.

Nivå 2 – Låg intensitet: till en liten grupp människor som interagerar samtidigt med det autonoma fordonet. Fordonet stannar på grund av att personer på olika färdmedel triggar det autonoma fordonets

”säkerhetsbubblor” (Anund et al. 2023). HMI-lösningar kan informera, varna och nödbromsa (samt ge feedback på felaktigt handlande), se Figur 17- Figur 18. Medtrafikanter som har fått respons på sitt handlande har möjlighet att lära sig och ändra sitt beteende nästa gång de ser och interagerar med fordonet.

Nivå 3 – hög intensitet: Större grupp med människor och bilister som interagerar samtidigt med det autonoma fordonet. Fordon i automatdrift måste idag stå stilla under längre perioder utan att kunna ta sig fram. Mängden av människor och fordon gör att individuell kommunikation inte går att genomföra. Detta är baserat på analys från observationsstudier utförda på Corson, Campus Valla och i Vallastan, studentprojekten och på VTI rapport 1177 (Anund et al. 2023). Kommunikationen behöver här anpassas till gruppkommunikation vilket inte ligger inte inom scope för denna forskningsrapport.

Studentprojekten visar att för att ett autonomt fordon skall kunna kommunicera med medtrafikanter och visa sin intention behöver en (eller flera) mentala modeller skapas för hur man skall interagera med fordonet för att det skall kunna köra obehindrat i autonomt läge. Budskapen behöver anpassas så att de skapar en så låg mental belastning som möjligt för att dessa skall kunna uppfattas av medtrafikanter som inte har full uppmärksamhet på sin omgivning.

I dag kan fordonet blinka med sina lampor, använda blinkers samt ge ifrån sig ljud (tex tuta). Dessa signaler följer hur ett normalt fordon med förare skulle interagera med sin omgivning, inte ett autonomt fordon. EasyMile EZ10 fordon har i skrivande stund inte utrustats med ett Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS), vilket är ett EU krav för autonoma fordon sedan 2021 (EU 540/2014 Article 8)⁴.

Studier samt koncept gjorda i studentprojekten samt i LiUs forskargrups idégenerering visar att för att kunna uppnå accepterad kommunikation med människor på nivå 2 behöver fordonen utrustas med ytterligare kommunikationskanaler. Forskargruppen har identifierat att det vore önskvärt med styrbar belysning, minst två skärmar, en fram och en bak, samt eventuellt bättre ljudutrustning. Några av de idéer som tagit fram och som kommer utredas vidare är följande:

- Ny belysning som kan visa var fordonet kommer köra, ”strålkastare” som kan fånga in en medtrafikanter och visa att den är uppmärksam, ljus som visar vart medtrafikanter skall köra, belysning i hörnen av fordonet, belysning som visar säkerhetsbubblornas utbredning.
- Nya Ljud, ljud som ökar i intensitet när medtrafikanter närmar sig fordonet, ger feedback när medtrafikanter har gjort något fel t. ex. en nödbromsning,
- Ny kommunikationsutrustning som kan visa text, symboler, bilder och animationer.

Studentprojekten samt litteraturstudier visar att, förutom kommunikation under färd, behövs alla situationer där säkerhetsförare hjälper till utforskas och autonoma förslag behöver tas fram.

Ett flertal innehåll för informationen har identifieras varav några är följande: Att fordonet är upptaget, vem som åker med (tex funktionsnedsatt, barn, dementa, pensionärer mfl), att man är rätt person som skall åka med, att man behöver längre tid på sig för att kliva på eller av, att man behöver ramp, att säkerhetsbälten eller annan lagstadgad utrustning används, hur en dörr skall öppnas och stängas, att fordonet skall starta samt stoppa, inbromsning kommer ske, har last, last som är farlig, att man är framme vid destinationen, att man kan ta med sig sin extra utrustning.

En existerande mental modell för fordon som är svåra att läsa av intention för finns redan för båtar, flygplan samt drönare. Det är de röda, gröna samt vita signaler man använder för att indikera riktning. Förutom att indikera riktning kan signalerna även visa att det fordonet inte beter sig som ett vanligt markfordon som körs av en människa. Denna typ av kommunikation är även en möjlig lösning för autonoma bussar, något som kräver vidare utredning.

⁴ <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/540/oj>

6.4. Insikter och möjliga rekommendationer

Under arbetets gång har en mängd insikter och kunskap erhållits för att på sikt kunna föreslå möjliga rekommendationer att gå vidare med i senare delen av föreliggande arbete. Några av insikterna är följande:

6.4.1. Insikter kring HMI som medel till tydligare interaktionsdesign

- Att bedriva verksamhet med autonoma fordon som är anpassade till användares behov, förutsätter att de som förväntas resa med dem men även interagera med dem har fått tillgång till tydlig information om deras syfte, hur tjänsten ser ut och hur de förväntas agera i dess närhet. Detta är tydligt från resultaten från enkäter och från intervjuer med förare (Del A).
- Autonoma fordon behöver kunna visa sin intention självständigt i alla relevanta situationer, dvs utan att en säkerhetsförare tar över fordonet. Studierna har indikerat att autonoma fordon behöver kunna visa sin intention innan- under och efter sin färd. Det behöver även kunna visa sitt uppdrag, funktion, rörelse och riktning.
- Framtida intentioner i drift och budskap som autonoma fordon behöver förmedla till medtrafikanter och ”oskyldiga åskådare” multimodalt, med minst två modaliteter samtidigt. Exempel på modaliteter, ljussignal, ljudsignal, ljuduppmärksamhet, text och bild och animationssymboler.
- En färg och ljusstyrka för att beskriva ett autonomt fordon intention behöver bestämmas, färgen får inte blandas samman med Trafikverkets regelverk för belysningsfärger tex rött ljus bak, vitt fram, orange för färdriktningsvisare samt blått för utryckningsfordon.
- Ett autonomt fordon viktiga meddelanden måste uppfattas av passagerare, medtrafikanter och ”oskyldiga åskådare” på ett inkluderande sätt dvs äldre, barn och funktionsnedsättningar.
- Ett autonomt fordon bör klara av att meddela sin intention till en liten grupp människor (ca 1-6 personer) och en folkmassa (över 7 personer).

6.4.2. Insikter med avseende på ytterligare användningsområden

- För att utöka autonoma bussars affärsmöjligheter, när den inte kör passagerare, är en önskan de kan utöka sin funktionalitet, t ex transportera gods, installera nya funktioner som en mobil verkstad, förstahjälpen station vid och tillfälliga reklamjippon.
- Ett autonomt fordon har stor potential att användas dygnet alla timmar. Något som gynnar användare och som kan bidra till exempelvis godstransport nattetid.
- Ett autonomt fordon rekommenderas ha en draganordning monterad för att kunna dra en last efter sig tex liten släpkärra. för att hantera skrymmande last, ibland för att hantera nedsmutsande last som riskerar att skada eller smutsa ned utrymmet för resenärer. Att kunna dra en mindre släpvagn skulle bidra till många av de funktioner som deltagarna i projektets co-designworkshops föreställt sig i sin brainstorming.
- Tjänster och informationserbjudande måste utvecklas på ett inkluderande sätt. I dagsläget tyder data på att den största användargruppen är studenter och därför behöver denna demografi tas i beaktning vid fortsatt arbete för att öka acceptansen av autonoma fordon. Strategiskt finns det minst två tydliga vägval: att designa system för den existerande målgruppen eller att aktivt identifiera och designa för nya målgrupper.

6.5. Metoddiskussion

Valet av studenter som respondenter samt att flera studier genomfördes som studentprojekt beslutades då majoriteten av resenärer som använder fordonen är just studenter. Enligt kvantitativa data samlad från RTF:s start 2020 stiger 80% av alla resenärer, totalt ca 16 000, på eller av de autonoma bussarna vid någon av stationerna på Corson på Linköpings universitetsområde, campus valla. På- och avstigningar sker mellan kl 8 till kl 17 och toppar mellan kl 13-14. Intervjuer med säkerhetsförare bekräftar att en stor majoritet av passagerare samt medtrafikanter utgörs av studenter.

Fördelen med val av respondentgruppen i några av studentprojekten är att relevansen i resultaten ökar, nackdelen är att flera av forskarna är lärare på Linköpings Universitet vilket kan generera en maktobalans. Då forskningsprojektets mål är att genomföra explorativa studier på acceptans och extern HMI har det, trots detta, bedömts som ett relevant val av deltagare i studier och studentprojekt. Då fokuset legat på att utforska möjligheter och nya insikter har kvalitativ forskningsmetodik valts i enlighet med Yin (2009) rekommendationer för explorativa studier.

I delstudie C valdes deltagande designmetodik för att generera nya användningsområden med autonoma fordon samt för att få en inblick i hur användargruppen av bussen, dvs studenter på campusområdet, uppfattar fordonet. För att hitta relevanta deltagare på ett så stort universitet som Linköpings universitet, valdes deltagare som var aktiva medlemmar i en studentorganisation. Resonemanget bakom detta val var att dom känner till både studenters samt sin egen studentorganisations intressen. Forskargruppen vid LiU har även själv genomfört en kategorisering av studentorganisationer. Det kan ifrågasättas om forskargruppen själv är bäst lämpade att genomföra en sådan kategorisering, men av praktiska skäl var detta det bästa alternativet.

Urvalet av deltagare i studierna gjordes pragmatiskt dvs; de studentorganisationer från varje kategori som tackat ja till inbjudan fick delta i en av workshoparna. Det har gett en viss skevhet i urvalet med övervikt på projektorganisationer och studenter från tekniska utbildningar. Det är viktigt att betona att målet inte var att presentera all möjliga framtida användningsområden för ett autonomt fordon, utan endast ett urval av intressanta idéer som kan hjälpa till att formulera nya krav. Maktobalansen mellan forskargruppen, som också arbetar som lärare, och deltagarna, som är studieaktiva studenter, kan påverka vilken data som samlats in. Några av de deltagande studenterna har tidigare varit studenter i kurser forskargruppen undervisat i, men endast i ett fall var en deltagare en student i en nu aktiv kurs. För att minimera risken deltog inte den forskaren aktivt under workshopen utan hade passiv roll som observatör och administratör. Workshopen utformades också för att öppna upp för kreativa diskussioner vilket gav deltagarna en starkare maktposition där de kunde berätta om något som de var experter på inom sin egen organisations verksamhet. Upplevelsen var att detta kan ha motverkat några av de negativa effekterna av maktobalansen mellan forskargruppen och deltagarna.

Referenser Anund, A., Berglund, M., & Bröms, P. (2021). *Synnedsattas resor med buss: framtiden med autonoma bussar* (2021:6). (Workingpaper, Issue.

Anund, A., Larsson, K., Weidel, M., Nygårdhs, S., Hardestam, H., Monstein, C., . . . Bröms, P. (2023). *Autonomous electrified buses. Aggregate experiences with a focus on users*. (VTI Report 1177). V. Statens väg- och transportforskningsinstitut. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1775817/FULLTEXT01.pdf>

Anund, A., Ludovic, R., Caroleo, B., Hardestam, H., Dahlman, A., Skogsmo, I., . . . Arnone, M. (2022). Lessons learned from setting up a demonstration site with autonomous shuttle operation –based

- on experience from three cities in Europe. *Journal of Urban Mobility*, 2(100021).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2022.100021>
- Appelgren, S., Andersson, M., Jeanson, F., & Ek, P. (2024). *Ride the Future, Improving the social acceptance of autonomous buses through light and sound interaction* (Kurskod TMPP03).
- Artursson, L., Hansson, O., Samuelsson, R., Ländin, H., Geijer, C., Hillmo, L., & Andersson, E. (2024). *Interaktion cyklister autonoma fordon*.
- Artursson, L., Samuelsson, R., & Andersson, E. (2024). *Utformning av Användartest i Virtuellt Verklighet - Fokus på genomförbarhet och utvärdering av en interaktionsdesign*.
- Benasser, A., Deprez, B., Margouet, N., Renaut, G., & Serre, M. (2023). *Final Report Flexible bus stops for autonomous buses*.
- Bohgard, M., Karlsson, S., Lovén, E., Mikaelsson, L., Mårtensson, L., Osvalder, A., & Ulfvengren, P. (2019). Prevent.
- Booth, L., Norman, L., & Pettigrew, S. (2020). The potential effects of autonomous vehicles on alcohol consumption and drink-driving behaviours. *Drug and alcohol review*.
<https://doi.org/10.1111/dar.13055>
- Cooper, A. (1999). The inmates are running the asylum. 17.
- De Bono, E. (2005). Edward de Bono's Six Thinking Hats.
- Ehn, P., Nilsson, E., & Topgaard, R. (2014). *Making futures: Marginal notes on Innovation, design and democracy*. The MIT Press.
- Ekeflod, J., Mårtensson, F., & Sabel, A. (2023). *Att Undvika Kognitiv Mättnad - Via design för extern interaktion mellan autonom buss och människa*.
- Geijer, C., & Hillmo, L. (2024). *Konstruktion av Cykelsimulator - För immersivt användartest i en virtuell miljö*.
- Hagström, D., & Åsard, M. (2023). *Influence of Light Design in Aesthetic Design - A case study on the autonomous busses that traffic Campus Valla in Linköping* (Kandidatuppsats, 12 hp).
- Hansson, O., & Ländin, H. (2024). *Digitala Tvillingar i VR - Att uppnå hög realism och immersion i virtuella miljöer*.
- ITF. (2021). *Travel Transitions - How Transport Planners and Policy Makers Can Respond to Shifting Mobility Trends*. (<https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/travel-transitions-shifting-mobility-trends.pdf>). I. T. Forum.

- Jacobson, I. (1987, December 1987). Object-oriented development in an industrial environment. Object-oriented programming systems, languages and applications
- Jones, P., & Lucas, K. (2012). The social consequences of transport decision-making: clarifying concepts, synthesising knowledge and assessing implications. *Journal of Transport Geography*, 21(4). <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.012>
- Jungk, R., & Müllert, N. (1987). *Future workshops: How to Create Desirable Futures*. Institute for Social Inventions.
- Kesselring, S., Simon-Philipp, C., Bansen, J., Hefner, B., Minnich, L., & Schreiber, J. (2023). Sustainable Mobilities in the Neighbourhood: Methodological Innovation for Social Changes. *Sustainability*, 15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su15043583>
- Kindstrand, A., Lindgren, C., & Lundberg, E. (2023). *Ljus Som Kommunikationssätt för Autonoma Fordon*.
- Kolkman, D., Zöllner, J., Ho, Z.-H., Rajkumar, V., & Schreiber, T. (2023). *Flexible bus stops for autonomous buses*.
- Larsson, K., Anund, A., & Pettigrew, S. (2023). Autonomous shuttles contribution to independent mobility for children – a qualitative pilot study. *Journal of Urban Mobility*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2023.100058>
- Lindgren, C., Lundberg, E., Kindstrand, A., Mårtensson, F., Ekeflod, J., Sabel, A., . . . Åsard, M. (2023). *HMI autonom buss*.
- Lundh, L., & Nilsson, A. (2018). *Psykologin som vetenskap: Vetenskapsteoretiska och forskningsmetodologiska grunder*. . Studentlitteratur.
- Martin-Bella, H. (2012). *Universal Methods of Design*. Publishers R.
- Martínez-Topete, D., Koski, J., Bevilacqua-Nascimento, I., Cenal-Rodriguez, P., & Arce-Ruvalcaba, R. (2023). *Final Report Flexible bus stops for autonomous buses*.
- Miles, M., Huberman, M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative Data Analysis aA Methods Sourcebook* (Vol. 3).
- Minarik, P. (2024). How to Choose a Bike Trainer? Spend Your Money Wisely.
- Pelikan, H. (2021). *Why Autonomous Driving Is So Hard: The Social Dimension of Traffic* Companion of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI '21 Companion), Boulder, CO, USA.

- Pelikan, H., Reeves, S., & Cantarutti, M. (2024, March 11-14 2024). Encountering Autonomous Robots on Public Streets. ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI '24), New York, NY, USA.
- Quintanilla, L., Deck, J., Conceillon, L., Dicharry, R., & Peyrouzelle, A. *Flexible bus stop*
- Sanders, E., & Stappers, P. (2008). International Journal of CoCreation in Design and the Arts. *Co-creation and the new landscapes of design. CoDesign* 4(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15710880701875068>
- Sanders, E., & Stappers, P. (2012). *Convivial toolbox : generative research for the front end of design* (E. B.-N. Sanders & P. J. Stappers, Eds. Vol. 5). BIS Publishers.
- Schön, D. (2009). *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action* (Vol. 10). MPG Books Group, UK.
- Skogsmo, I., & Anund, A. (2021). *Mobility for All: Who Is “All”, and How Are “All” Addressed by Ongoing Initiatives for Mobility Solutions and Services Using Automated Shuttles?* 10th International Congress on Transportation Research (ICTR 2021), September 1-3, 2021. Held in Rhodes, Greece., DiVA, id: diva2:1636026
- Tellman, S., Marsja, E., Anund, A., & Ziemke, T. (2023). *Will it yield? Expectations on automated shuttle bus interactions with pedestrians and bicyclists* IEEE International Conference on Human-Robot Interaction,
- Turnbull, K., Jones, C., & Elefteriadou, L. (2022). Autonomous Shuttles and Buses: From Demonstrations to Deployment. In G. Meyer & S. Beiker (Eds.), *Road Vehicle Automation 8*. Springer, Cham. . https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-80063-5_7
- Ulrich, K., & Eppinger, S. (2012). *Product Design and Development, fifth edition*.
- UN. (2016). *Mobilizing Sustainable Transport for Development: Analysis and Policy Recommendations* (United Nations Secretary-General's High-Level Advisory Group on Sustainable Transport).
- VanGundy, A.-B. (1984). Brain writing for new product ideas: an alternative to brainstorming. . *Journal of Consumer Marketing*, 1(2), 67-74.
- Yin, R. (2009). *Case study research: Design and methods* (Vol. 5).

Appendix 1. IDkort

Detta är (Namn): _____

Ålder: _____

Kön: M K Annat _____

Går utbildning: _____

Har läst _____ år.

Rita ett enkelt porträtt av personen.

Medlem i föreningen _____

1. Hur många år har du varit med i föreningen? _____

2. Har du en titel (ordförande, sekreterare, kassör etc.)? _____

3. Vad är dina huvudsakliga arbetsuppgifter i föreningen? _____

4. Vilket är ditt favoritevent som föreningen anordnar? _____

Autonoma bussar

5. Vad är din inställning till autonoma fordon? Bra ingen åsikt dåligt

a. Förklara kort _____

6. Har du åkt med det autonoma fordonet på Campus? Ja Nej

a. Om ja, hur ofta har du åkt med den autonoma bussen? _____ ggr.

b. Om ja, vart brukar du åka? _____

1. Har du åkt med något annat autonomt fordon? Ja Nej

a. Om ja, viken typ? _____

• Om ja, var någonstans? _____

Hej och välkomna till denna workshop!

Sedan 2019 har forskningsprojektet Ride the Future trafikerat stora delar av LiU's Corso och delar av den nybyggda stadsdelen Vallastaden med två stycken autonoma bussar av märket EasyRide. De autonoma busarna är självkörande men med en utbildad säkerhetsförare är alltid med i bussen och hjälper till i besvärliga situationer. I dagsläget uppnår easyrides autonoma buss nivå 4 av 6 dvs att den kan köra själv i ett fördefinierat område och i många situationer. Att den kan hantera många kösituationer självständigt utan att kräva en mänsklig förare tar över styrningen.

Studies syfte är att undersöka, hur ni som föreningsaktiva studenter, skulle vilja använda autonoma bussar på campus i ert föreningsliv. Workshopen består av två 45 minuters sessioner med en paus i mitten.

1. Under första sessionen beskriver och kartlägger ni eran föreningsverksamhet under ett år, alternativt flera år om ni har events som återkommer vart annat eller vart tredje år. Vi kommer tillhandahålla ett ark med en tidsaxel så att ni kan beskriva er verksamhet. Vi har även A3-papper med ett diagram som kan hjälpa er i er beskrivning av er verksamhet.

Fikapaus

2. I den andra sessionen genomför ni en kreativ workshop där målet är att ni fritt skall ge förslag på hur ni skulle vilja använda den autonoma bussen i ert föreningsliv och andra intressanta situationer som ni har identifierat i den första sessionen.

Den autonoma bussen ger er möjlighet att åka till vilken plats som helst på Campus Valla, närliggande områden i Linköpingskommun och till stadskärnan. Studentföreningarna på LiU kommer få möjlighet att boka in de autonoma bussarna för sina aktiviteter. Bokningen kommer behövas göras några veckor till några dagar i förväg beroende på behov. Ni kommer få möjligheten att förändra bussens interiör och exteriör för era ändamål men ni måste lämna tillbaka den i samma skick som innan. Välj en av era föreningsaktiviteter och fundera på hur ni skulle kunna använda den autonoma bussen för att underlätta eller på annat sätt förbättra aktiviteten. Vi kommer att tillhandahålla en karta över campus Valla som ni ritar och antecknar på, en modell av den autonoma bussen som ni får ändra på, papper och pennor.

Kategorisering av studentorganisationer vid Linköpings universitet

Inför arbetet har sex olika typer av studentorganisationer identifierats, de presenteras nedan:

- Studiesociala organisationer
 - Studiesociala organisationer fokuserar på den sociala eller studiemässiga miljön i allmänhet, eller med fokus på vissa frågor eller för en viss grupp studenter
- Evenemangsorganisationer
 - Evenemangsorganisationer fokuserar på att organisera evenemang, antingen på eller utanför campus
- Specialintresseorganisationer
 - Specialintresseorganisationer fokuserar på specifika intressen, såsom politiska organisationer, idrottsklubbar, hobbyföreningar
- Projektorganisationer
 - Projektorganisationer centrerar sin verksamhet kring ett eller ett mycket fåtal projekt, exempel kan vara spexorganisationer eller föreningar för ingenjörstävlingar såsom FSAE
- Sektioner
 - Sektioner agerar som intresseorganisation för studenter från ett specifikt utbildningsprogram eller fält, ofta organisationer i nära samverkan med universitetet
- Verksamhetsorganisationer
 - Organisationer som centrerar sin existens kring en kontinuerlig verksamhet, till exempel en studentdriven verkstad, ett café, ett makerspace eller liknande

Appendix 3. Identifierade stoppunkter för Ride The Future

<i>Adress</i>	<i>Position</i>	<i>Beskrivning</i>
-	58.39867091443531, 15.575361988163774	L-huset, Campus Valla
Mjärdevi Center, Teknikringen 10, 583 30 Linköping	58.39419927870526, 15.560154650577115	Mjärdevi Science Park
-	58.40440589026512, 15.577669183414685	”Märkesbacken”, Campus Valla
-	58.39906747010497, 15.58924263266778	Vallamassivet, Linköping
Johannes Magnus väg 42, 583 28 Linköping	58.39356538033877, 15.580864585847348	Vallastadens Pizzeria
Olaus Magnus väg	58.40314175741417, 15.576663675665335	Containerplatser bakom A-huset, Campus Valla
Olaus Magnus väg 35, 583 30 Linköping	58.394571157945755, 15.571788909285031	Terra, Campus Valla
Stratomtavägen, 583 30 Linköping	58.401843395884725, 15.578705725556338	C-huset, Campus Valla
Olaus Magnus väg 50, 583 30 Linköping	58.39295026262326, 15.569018621146864	”Gula ladan”, Campus Valla
Ågatan 55, 582 22 Linköping	58.41180547238524, 15.619449128410428	Forumteatern, Linköping
Gumpekullavägen 1, 582 78 Linköping	58.41751325502923, 15.635713783959313	Saab Arena, Linköping
Rydsvägen 1, 584 31 Linköping	58.40628307643055, 15.578313057392878	McDonald’s Linköping, Valla
Stratomtavägen, 583 30 Linköping	58.400658686868226, 15.578416717701817	Kårallen, Campus Valla (gods)
Hans Meijers väg, Linköping	58.40081535510564, 15.577808868955348	Kårallen, Campus Valla (entré)
Åsmestadsgatan 8, 583 38 Linköping	58.38700715493141, 15.5882250206553	CityGross Linköping, Djurgården
Alsättersgatan 19, 580 10 Linköping	58.40994013399488, 15.563194612103944	Ryds Herrgård, Linköping
-	58.402255322258675, 15.577546966819446	Entré A15, A-huset, Campus Valla
582 25 Linköping	58.40215556871132, 15.621835623942365	Norra Entrén, Universitetssjukhuset, Linköping
Västanågatan 22, 582 35 Linköping	58.41162092489805, 15.60230511343564	Flamman Pub & Disco, Linköping
Ågatan 55, 582 22 Linköping	58.41169530356638, 15.619406900554905	Kårhuset Kollektivet, Linköping

<i>Adress</i>	<i>Position</i>	<i>Beskrivning</i>
Attorpsgatan 6A, 582 73 Linköping	58.42770602741016, 15.600123566663346	Snabbgross Linköping
Vallavägen 6-10, 582 15 Linköping	58.403215507633625, 15.599599872165069	FR Irrblosset, Linköping
Hans Meijers väg, Linköping	58.40133527986969, 15.575346593277512	HusETT, Campus Valla

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Vi bedriver forskning och utveckling för att förbättra kunskapen om infrastruktur, trafik och transporter. Genom vårt arbete bidrar vi till att nå Sveriges transportpolitiska mål för tillgänglighet, säkerhet, miljö och hälsa.

Vi utför forskning på uppdrag inom alla transportslag och arbetar i en tvärvetenskaplig organisation. Den kunskap vi genererar ger viktig information till aktörer inom transportsektorn och används ofta direkt i nationell och internationell transportpolitik.

Utöver forskning erbjuder vi utredningar, rådgivning samt olika mät- och provningstjänster. På VTI har vi avancerad forskningsutrustning av olika slag och världsledande körsimulatorer. Vi har även ackrediterade laboratorier för vägmaterial och krocksäkerhetstestning.

Biblioteket vid VTI är en nationell resurs som samlar in och sprider information om svensk transportforskning. Utöver frågeservice och lån erbjuds tjänster såsom informationssökning, omvärldsbevakning och strukturering av publikationer och projekt på en webbplats.

I Sverige samarbetar VTI med universitet och högskolor som bedriver relaterad forskning och utbildning. Vi deltar regelbundet i internationella forskningsprojekt, främst i Europa, och är aktiva inom internationella nätverk och allianser. Vi är cirka 240 medarbetare och finns i Linköping, Stockholm, Göteborg och Lund.



Statens väg och transportforskningsinstitut · www.vti.se · +46 (0)13-20 40 00
