



Transdev Sverige AB

Ljuddesign och Visuella Effekter för att förbättra trafikspel och interaktion med autonoma fordon

Abstract

Introducing autonomous vehicles in dynamic traffic situations is a big step in traffic development. For this to be implemented in a sustainable way the, the traffic interactions must be well-functioning. Communication is an important tool to ensure functional interaction between autonomous vehicles and other traffic. Based on the perspective of different road users, multiple methods of communication have been evaluated.

Many factors go into making the interaction between autonomous vehicles and other traffic work. Communication inside the vehicle for passengers, communication directed towards other traffic and well-functioning digital infrastructure are all parts that have a major impact on the overall experience.

Communication can be carried out in several ways and different types of communication have therefore been analyzed and evaluated. How the message is communicated as well as how the message is designed and formulated has been considered. Different target groups require different types of communication which has demanded situation specific reasoning.

The traffic situation itself also impacts the type of communication required for the message to be understood and interpreted right. However, this differs drastically between if you interact with the vehicle in traffic or if you are a passenger - different scenarios that require different types of communication.

Based on the challenges that the vehicles, their passengers, and other road users encounter in daily operation and with the different types of communication and the target groups in mind several situation specific solutions have been designed. Suggestions for how digital infrastructure can be adapted to include autonomous vehicles in traffic planning have been described as well as possible measures to ensure passengers perceived safety have also been explained.

Att introducera autonoma fordon i dynamiska trafiksituationer är ett stort steg i trafikutvecklingen. För att detta ska kunna genomföras på ett hållbart sätt måste trafiksamspelen vara välfungerande. Kommunikation är ett viktigt verktyg för att säkerställa samspelet mellan autonoma fordon och annan trafik. Utifrån olika trafikanters perspektiv har flertalet kommunikationssätt utvärderats.

Många faktorer spelar in i att få interaktionen mellan autonoma fordon och vanlig trafik att fungera. Kommunikation inuti fordonet för passagerare, kommunikation riktad mot övrig trafik samt välfungerande digital infrastruktur är alla delar som har stor påverkan på helhetsupplevelsen.

Kommunikation kan utföras på flertalet sätt och olika kommunikationstyper har därför analyserats och utvärderats. Ur meddelandet kommuniceras samt hur budskapet är utformat och formulerat har tagits i beaktning. Olika målgrupper kräver olika typer av kommunikation vilket har ställt krav på ett situationsspecifikt resonemang.

Trafiksituationen i sig ställer också krav på vilken typ av kommunikation som krävs för att budskapet ska kunna förstås och tolkas. Detta skiljer sig dock drastiskt mellan om du interagerar med fordonet i trafiken eller om du är passagerare och åker med fordonet. Olika scenarion som kräver olika typer av kommunikation.

Utifrån de utmaningar som fordonen, dess passagerare och omgivningen stöter på i daglig drift har ett antal situationsspecifika lösningsförslag utformats med de olika kommunikationstyperna samt målgruppen i åtanke. Förslag på hur digital infrastruktur kan anpassas för att inkludera autonoma fordon i trafikplanering har beskrivits. Även möjliga åtgärder för att säkerställa passagerares trygghet har redogjorts för.

Innehållsförteckning

1. Kontextbeskrivning	4
2. Begränsningar och frågeställning.....	4
3. Metod	4
4. Bakgrund.....	5
4.1. Kommunikation	5
4.1.1. Extern kommunikation	5
4.1.2. Intern kommunikation.....	8
4.2. Resenärapplikaiton	9
4.2.1. <i>Google Maps</i>	10
4.2.2. Huvudmännens applikation	10
5. Problem.....	10
5.1 Kommunikationsproblem.....	11
5.1.1. Extern kommunikation	11
5.1.2. Intern kommunikation.....	11
5.2. Problem kopplat till resenärapplikaiton	11
6. Lösningar	12
6.1. Kommunikation	12
6.1.1. Extern kommunikation	12
6.1.2. Kommunikation inuti fordonet	14
6.2 Resenärapplikaiton.....	16
7. Slutsats	17
8. Referenser.....	18

1. Kontextbeskrivning

Att introducera autonoma fordon i dynamiska trafiksituationer är ett stort steg i trafikutvecklingen. En sådan storskalig förändring sker dock ej friktionsfritt. För att möjliggöra denna omställning behöver de problem och utmaningar som dagens fordon ställs inför analyseras och tas hänsyn till.

För att undersöka problem och möjligheter ytterligare har ett pilotprojekt i Linköping inletts, *Ride the Future*. Projektet är ett samarbete mellan flertalet olika företag och institutioner som alla deltar och delfinansierar. Transdevs roll i projektet är som ansvariga för daglig drift samt bemanning av fordonen. I dagsläget är tre fordon i drift, två EasyMile EZ10 gen.2 och en Navya DL4 Arma.

Fordonen färdas längs en digitalt ritad rutt utgår ifrån på noggranna och detaljrika, digitala inläsningar av omgivningen. Lidar sensorer i både 3D samt 2D läser av omgivningen och identifierar eventuella hinder på både långt och kort avstånd. Sensorerna har ej möjlighet att avgöra ett föremåls rörelseriktning.

Situationen kompliceras av att fordonet både kör på bilväg men även områden tänkta för gångare och cyklister. Omgivningen reagerar och agerar olika beroende på i vilken miljö de stöter på fordonet (Pelikan, 2021).

Under ruttens gång finns vissa förutbestämda stopp vid både gemensamma busshållplatser samt specifika hållplatser för de tre autonoma fordonen. De egna busshållplatserna är mer diskreta och är utmärkta med en rosa sugga samt en skylt likande en vägs skylt i storlek. Säkerhetsförarna Helttunen och Dickfelt rapporterade båda svårigheter kring påstigning vid dessa hållplatser. Många resenärer närmar sig fordonet innan det nått sin fysiska och digitala hållplats, vilket tvingar fordonet att stanna. Dörrarna till fordonet öppnas ej för ens fordonet nått hela vägen fram till hållplatsen vilket påstigande ej förstår. Därmed tvingas säkerhetsförarna kommunicera med resenärerna genom vinkningar och gester.

Som observerat tidigare av Hannah Pelikan, doktorand vid Linköpings Universitet, har fordonen inte förmågan att väja (Pelikan, 2021). Förarna bekräftar detta och påpekar att förändringar i omgivningen samt stora folkmassor och mycket trafik försvårar körningen, vilket tvingar säkerhetsförarna att ta kontrollen över fordonet.

Hannah Pelikan diskuterar även hur de tekniska limitationerna i kombination med fordonets begränsade hastighet på 20 km/h kan orsaka onödig frustration hos omgivningen och även medföra ökade säkerhetsrisker (Pelikan, 2021), information som bekräftas i intervjuer gjorda med säkerhetsförare Ari Helttunen samt Carl Dickfelt. Problem som fortsätter att uppstå även nio månader efter fordonen sattes i drift (Pelikan, 2021). Utöver att fordonen kan skapa frustration på grund av dess låga hastighet så agerar de helt laglydigt och rationellt vilket kan leda till att nya typer av olyckor kan uppstå då människor inte agerar och fungerar på samma sätt (Lervåg, 2020).

Lone-Eirin Lervåg berör likande utmaningar i en sammanfattande rapport där flertalet projekt med autonoma fordon i Norge analyseras utifrån hur de fungerat och bidragit med lärdomar inför framtiden (Lervåg, 2020). Bland annat frågor kring trafiksäkerheten relaterat till de tekniska begränsningarna lyfts. Lervåg påpekar problem som; hur agerar fordonet i förhållande till uttryckningsfordon? Kan nya typer av trafikolyckor uppstå på grund av fordonets låga hastighet? Utgör de omotiverade stoppen, till följd av känsliga och outvecklade sensorer, en säkerhetsrisk för passagerare i fordonet och omgivande trafikanter? Liknande problem utforskas och tas i beaktning under rapportens gång.

2. Begränsningar och frågeställning

Arbetet som genomförts har ej syftat till att ytterligare utreda tekniska begränsningar och svårigheter eller de juridiska och moraliska problem som uppstår då ett fordon kör förarlöst. Fokuset har snarare legat på att undersöka hur dagens situation och problembild kan förändras och gynnas av ytterligare kommunikationslösningar samt utveckling av digital infrastruktur.

3. Metod

Arbetet har genomförts med en grund i faktasökning där flertalet olika studier och rapporter lästs. Som komplement till efterforskningen utfördes en enkät kring resvanor och användning av digitala applikationer samt flertalet intervjuer med sakkunniga. Även en workshop med affärsutvecklingsavdelningen på Transdevs Huvudkontor och ett besök till Linköping och projektet *Ride the Future* genomfördes.

4. Bakgrund

4.1. Kommunikation

4.1.1. Extern kommunikation

Utöver de tekniska begränsningarna är det sociala samspelet mellan fordonet och dess omgivning, resenärer och resterande trafik en central del. Hannah Pelikan, delaktig i projektet *Ride the Future*, poängterar att trafikspamspelet mellan fordon, gångare, cyklister och passagerare är en avancerad social interaktion (Pelikan, 2021).

Kommunikation är väsentligt i denna sociala interaktion (Stanciu, o.a., 2018). Att kommunicera information och intentioner till omgivningen ökar förtroendet för fordonet (Alvarez, 2020) samt bidrar till att välgrundade och säkra beslut kan fattas. Missbedömning och missförstånd i trafiken är en stor orsak till trafikolyckor (Uttley, Lee, Madigan, & Merat, 2020) (Stanciu, o.a., 2018). Ett exempel på kommunikation i trafiken är en gångare som söker ögonkontakt med bilist (Tobias Lagström, 2015).

Tilliten till det autonoma fordonet är en förutsättning för att omgivningen ska ta till sig information som fordonet visuellt eller genom ljud kommunicerar (Yang, 2017). Yang poängterar att utan förtroende för fordonet kommer mycket kommunicerad information vara onödig. Genom olika kommunikationslösningar ökar tryggheten hos omgivningen samt förtroendet för det autonoma fordonet (Alvarez, 2020). Omgivningens och passagerarnas trygghet omkring fordonet är en viktig faktor att ta i beaktning för att autonoma fordon ska vara en hållbar och realistisk lösning (Roche-Cerasi, 2019).

Jeon Myounghoon konstaterar i en studie hur människans förtroende snabbt kalibreras utifrån egna upplevelser samt att exponering är ett effektivt sätt att få omgivning och resenärer att lita på fordonet (Myounghoon, 2019). Liknande observationer gjordes av Carl Dickfelt och Hannah Pelikan. De beskrev, i sina respektive intervjuer, hur omgivningen känner sig trygga och snarare agerar vårdslöst än försiktigt i interaktioner med fordonet.

Efter att ha fastslagit att kommunikationen mellan fordonet och omgivningen är betydelsefullt på många plan, blottas nya frågeställningar.

Vilken information som bör kommuniceras är en sådan. Olika situationer kan kräva att olika typer av meddelanden förmedlas. I en undersökning utförd av Chihab Nadri m.fl. konstaterades att fakta så som fordonets batteristatus samt nivå av autonomi ansågs som viktig och hjälpsam information (Nadri, 2021)

Utöver vilken information som kommuniceras behöver kommunikationssättet anpassas utefter sammanhanget. De två främsta sätten att kommunicera är visuellt eller genom ljud (Tobias Lagström, 2015), de båda har sina respektive för och nackdelar. Jeon Myounghoon menar på att en kombination av både audiell- samt visuell kommunikation är att föredra för att förmedla ett budskap, samt att detta även minskar tiden det tar att reagera på informationen som kommuniceras (Myounghoon, 2019).

Dessa kommunikationssätt kan ytterligare kategoriseras i verbal och icke-verbal kommunikation. Icke-verbal kommunikation innefattar all kommunikation som inte sker språkligt, till skillnad från verbal kommunikationen som sker med språket som verktyg genom exempelvis tal eller skrift (Nationalencyklopedin, 2022).

Icke verbal kommunikation används flitigt i dagens trafik och är centralt för att samspelet mellan förare och gångare ska fungera (Uttley, Lee, Madigan, & Merat, 2020). Samtidigt kräver dessa signaler tolkning av sammanhanget i större utsträckning än dess verbala motsvarighet (Stanciu, o.a., 2018). Språk och kultur kan påverka tolkningen av icke-verbal kommunikation (Uttley, Lee, Madigan, & Merat, 2020)

Den verbala och icke verbala kommunikationen kan i sin tur också delas upp i två underkategorier: allocentrisk och egocentrisk kommunikation.

Perspektivet utifrån vilket kommunikationen analyseras är vitalt när allocentrisk och egocentrisk kommunikation diskuteras. De meddelanden som är allocentriska ur omgivningens perspektiv är egocentriska sett utifrån fordonets och vice versa (Y.B. Eisma, 2020). Resonemangen nedan utgår ifrån omgivningens synvinkel.

Allocentrisk kommunikation från omgivningens perspektiv bygger på att informationen ger en indikation om hur fordonet ska bete sig i en speciell situation, inte hur omgivningen ska agera. Denna kommunikationsmetod syftar till att upplysa och varna övriga trafikanter för fordonens beteende.

Här krävs ingen inläsning av omgivningen från fordonets sida då det endast kommunicerar sina egna intentioner och förmedlar dessa vidare till övriga trafikanter (Y.B. Eisma, 2020).

Till skillnad från allocentrisk kommunikation bygger den egocentriska på ett meddelande som informerar andra trafikanter om hur de ska agera. Om gångaren har förutsättningarna att tolka informationen rätt är denna typ av kommunikation väldigt effektiv. Den egocentriska kommunikationen kräver att fordonet har kapaciteten att analysera sin omgivning på rätt sätt så att informationen som kommuniceras är relevant och pålitlig (Y.B. Eisma, 2020). Det finns dock en risk att informationen kan feltolkas (Uttley, Lee, Madigan, & Merat, 2020).

4.1.1.1. Visuell kommunikation

Visuell kommunikation är ett vanligt förekommande kommunikationssätt hos autonoma fordon (The Turnsignal blog, 2021). Här har ett nytt begrepp introducerats, *eHMI* (external human machine interface). Tanken bakom *eHMI* är, som Joost de Winter skriver inspirerat av Marcel Duchamp, att "få det osynliga att bli synligt". Med detta sagt handlar *eHMI* om att kommunicera den information omgivningen vanligtvis kan få genom föraren.

Flera menar att den visuella kommunikationen sker genom ögonkontakt mellan gångaren och föraren (Vishal Onkar, August 2021) och att det därmed krävs en form av ögonkontakt mellan gångaren och det autonoma fordonet. *Land Rover Jaguar* inspirerades av detta i skapandet av en autonom fordonsprototyp med ögon längst fram på fordonet för att replikera människoögon. Andra menar att kommunikationen genom *eHMI* bör ske med hjälp av enkla symboler samt text som de flesta kan förstå. Denna lösning testade bland annat *Smart*. Bilmärken såsom *Mercedes* har också testat andra innovativa lösningar, exempelvis användningen av ljus som projicerar ett övergångsställe.



Figur 1- Prototyp Smart kommunikationslösning

Flera menar att den visuella kommunikationen sker genom ögonkontakt mellan gångaren och föraren (Vishal Onkar, August 2021)

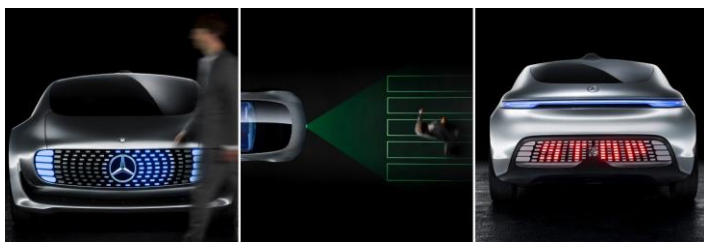
och att det därmed krävs en form av ögonkontakt mellan gångaren och det autonoma fordonet. *Land Rover Jaguar* inspirerades av detta i skapandet av en autonom fordonsprototyp med ögon längst fram på fordonet för att replikera människoögon. Andra menar att kommunikationen genom *eHMI* bör ske med hjälp av enkla symboler samt text som de flesta kan förstå. Denna lösning testade bland annat *Smart*. Bilmärken såsom *Mercedes* har också testat andra innovativa lösningar, exempelvis användningen av ljus som projicerar ett övergångsställe.

Det finns många förslag på visuella effekter som kan appliceras. Hannah Pelikan påpekar i vår intervju att diversiteten som finns i detta område tyder på att det rätta svaret inte finns hittills och att det inte heller finns en tydlig vetenskaplig linje bakom idéerna som utforskats. Det handlar mer om att experimentera och testa i riktiga trafiksituationer och se reaktioner än att basera alla lösningar på forskning teorier.

Visuell kommunikation kan ytterligare grupperas i verbal samt icke verbal kommunikation.

- Verbal, visuell kommunikation

Den verbala visuella kommunikationen kräver att mottagaren först ansteränger sig för att läsa meddelandet innan det kan tolkas (Carmona, Guindel, Garcia, & Escalera, 2021).



Figur 2- Prototyp Mercedes kommunikationslösning

grad men innebär även en minskning av missförstånd däremot att det kräver tid för gångaren att ta åt sig informationen vilket kan vara problematiskt i trafiksituationer.

Forskning har gjorts för att förstå tolkningsprocessen kring användningen av ord. Utöver detta begränsas språklig kommunikation av att språket som används kan läsas av omgivningen vilket ställer krav på mottagarens läskunnighet men också förståelse för språket (Skarpsvärd, 2016). Dock har kommunikation genom ord kapaciteten att förmedla komplexa budskap vilket dels kan informera gångaren i högre (Katja Cline, 2013).Komplexiteten gör

- **Icke-verbal, visuell kommunikation**

Icke-verbal visuell kommunikation innefattar alla budskap som förmedlas genom symboler, ljus och färg effekter, med andra ord all visuell kommunikation som kommuniceras på ett intuitivt sätt. Fördelarna med denna typ av kommunikation är att tolkningstiden är väldigt kort (BULL, 2001). Informationen som förmedlas är även extremt rationell eftersom intuitiv information oftast har en tydligare förklaring än ord. Utmaningen med denna typ av visuell kommunikation kommer vara att uttrycka meddelanden som alla kan förstå (Rani, 2016).



Figur 3 - Fordonsprototyp
Jaguar Land Rover

Även för icke-verbal, visuell kommunikation exempel där allocentrik kommunikation används. Volvo laborerade med detta i olika prototyper där grundidén var att med hjälp av belysning längs med bilens sidor kommunicera fordonets intentioner. Alex Gaio, PhD på Trinity College i Dublin menar också på att denna typ av eHMI är en lösning som skulle kunna appliceras. En alternativ, forskningsbaserad lösning är *Land Rovers* prototyp som kännetecknas av fordonets stora ögon. Som är menade att ersätta den ögonkontakt som omgivningen söker med en bilförare (Siri Hegna Berge, 2022).

Kommunikation med hjälp av symboler visar tydligt för gångaren hur den ska agera när fordonet är i närheten. Smart testade detta genom att använda sig av pilar som beskriver hur gångaren ska gå.

4.1.1.2. Audiell kommunikation

Kommunikation genom ljud – audiell kommunikation – har enligt Tobias Lagerström en förmåga att väcka uppmärksamhet på ett sätt som visuella effekter ej kan, vilket anses vara en tydlig fördel (Nationalencyklopedin, 2023)(Tobias Lagerström, 2015). Kommunikation via ljud kräver heller inte visuellt fokus samt är att föredra vid kommunikation med synskadade (Shuller, 2021). Samtidigt kan, ljud i dagens högteknologiska värld där hörlurar används flitigt, undgå många (Tobias Lagerström, 2015).

I intervju med säkerhetsförarna Dickfelt och Helttunen framgick det att de två olika fordonen har små skillnader i deras ljudrepertoar. *Easy Mile EZ10 gen.2* "plingar" när den närmar sig en hållplats, när den avgår samt vid abrupta inbromsningar eller nödstopp. Det samma gäller *Navya DL 4 Arma* men med ett adderat varningsljud då hinder kommer nära. En tuta finns inkluderad i båda fordonen som säkerhetsföraren har tillgång till.

Hannah Pelikan påpekar i intervju att ljudkommunikation snarare handlar om när ljudet förekommer än vilken typ av ljudeffekt. Hon menar att tajmingen är den viktiga faktorn för att mottagaren ska förstå budskapet.

För att ett ljud ska vara effektivt bör man ta hänsyn till hur det upplevs. Å ena sidan vill vi trafiken undvika att ljudet ska ha en skrämmande och uppstressande effekt. Å andra sidan behöver det samtidigt dra åt sig uppmärksamhet för att det ska vara effektivt. Båda dessa variabler behöver övervägas (Myoungsoon, 2019).

- **Icke-verbal kommunikation genom ljud**

Enligt Nadri genererar icke-verbal kommunikation en mer intuitiv respons och tar kortare tid att processa (Nadri, 2021). Människan är duktig på att tolka icke-verbala ljud så som melodier och rytmer, därmed är icke-verbal kommunikation ett effektivt sätt att kommunicera (Shuller, 2021). En studie visar även att icke-verbalt ljud har bättre förmåga att uppmärksamma lyssnaren på omgivningen än verbalt-ljud (Nadri, 2021). I studien kombinerades ljud med en visuell display.

Sedan 1 juli 2019 behöver alla nya elfordon vara utrustade med ett AVAS system (Acoustic Vehicle Alerting System) som substitut till traditionella bilars motorljud. Detta syftar till att uppmärksamma omgivningen på fordonet. I hastigheter under 20 km/h behöver ljudet förekomma och ha en ljudstyrka på minimum 56 dB (Klemensberger, 2019). Markku Huhtanen, bussansvarig på Transdev Sverige, beskriver i vår intervju hur detta system ännu är under utveckling samt att det inte finns någon standard kring hur detta artificiella motorljud behöver låta. Nick Gang med flera påpekar i en studie att många associerar elfordon och framför allt självkörande fordon mer mer futuristiska läten (Gang, Mok, Sibi, & Chafe, 2018). Vi kan se exempel på hur detta influerat utformningen av AVAS hos exempelvis Volvo Cars, där ljudeffekterna skiljer sig från det klassiska motorljudet (VOLVO Lastvagnar, 2021).

- Verbal kommunikation genom ljud

Verbalt ljud tar till skillnad från icke-verbala signaler längre tid att lyssna in med tanke på att man behöver höra hela ordet för att förstå budskapet. Detta är i sin tur mer ansträngande än att tolka en icke verbal signal (Nadri, 2021). Jeon Myoungsoon beskriver dock i en studie hur den verbala ljud upplevs mindre störande än den icke-verbala motsvarigheten (Myoungsoon, 2019).

Förmågan att kunna kommunicera mer komplexa budskap är en fördel med de verbala signalerna. På grund av dess språkliga natur har dock den verbala kommunikationen en mer begränsad målgrupp. Med tanke på dagens globalisering kan förståelse för det lokala språket vara en tydlig barriär då verbala meddelanden tillämpas (Skarpsvärd, 2016).

Om vi avser kommunikationen mellan fordonet och dess omgivning behöver vi ta trafiksituationens natur i beaktning menar Hannah Pelikan. Hon påpekar att tiden det tar att förstå och ta till sig verbal kommunikation är ett hinder på grund av trafikens hastighet. De icke verbala signalerna är enligt henne därför att föredra eftersom de kan förmedla budskap snabbare och mer effektivt (Stanciu, o.a., 2018).

4.1.2. Intern kommunikation

Utöver samspelet med omgivningen är resenärens och passagerarnas trygghet en annan viktig del i ett fungerande trafiksamspel (Misdariis, Cera, & Rodriguez, 2019). Vissa av de parametrar som påverkar resenärens upplevda trygghet är svåra att påverka, ålder, kön och tidigare erfarenheter är några exempel (Paddeu, Shergold, & Parkhurst, 2020). Kommunikation med resenären är dock en åtgärd som ökar tryggheten hos passageraren (Oliveira, o.a., 2018)

Kommunikationen i fordonet är kritisk (Yan, Rampino, Zhao, & Giandomenico, 2022) då den ersätter interaktionen som annars sker med en mänsklig förare (Hallewell, o.a., 2022). Specifikt kommunikation av fordonets intentioner har en stor inverkan på den upplevda tryggheten. Många passagerare vill känna att de är medvetna om hur fordonet agerar och i sin tur ha kontroll över situationen (Oliveira, o.a., 2018).

Resenärer önskar transparens och tydlighet kring fordonets beteende (Yan, Rampino, Zhao, & Giandomenico, 2022) och i utformningen av kommunikationslösningar behöver därför en empatisk approach anammas där resenärernas behov och önskemål står i fokus (Hallewell, o.a., 2022). I studier av passagerares behov nämns fordonets rutt, tidsangivelser för rutten, hastighet, nivå av autonomi, avvikande händelser och fordonets intentioner som viktiga kommunikationspunkter (Khan, 2019) (Hallewell, o.a., 2022) (Oliveira, o.a., 2018) (Intellias, 2019). Ytterligare behövs information om hur passagerare agerar vid en eventuell olycka tillhandahållas på ett tydligt sätt (Miller, Chng, & Cheah, 2022).

I intervjuer med säkerhetsförarna Dickfelt och Helttunen framkom att flertalet passagerare ställer frågor riktade till förarna gällande fordonets beteende och funktion. Förarna menar att denna kommunikation, driven av nyfikenhet och en vilja att förstå, behöver ersättas och vara möjlig med digitala hjälpmedel. Generellt minskar även tryggheten hos resande när signaler från föraren elimineras (Khan, 2019).

Inom den generella populationen finns dock kraftiga variationer och det är därför viktigt att inte fokusera för mycket på den enskilda individen utan se till vad den stora massan efterfrågar (Hallewell, o.a., 2022). Trots det ska inga grupper diskrimineras eller uteslutas. Individer med varierande förutsättningar och funktionsvariationer har andra behov och har i allmänhet lägre förtroende för autonoma fordon. Även deras inställning till fordonen generellt är mindre optimistisk (Miller, Chng, & Cheah, 2022). Att kommunicera hur en operatör kan nås, hur man agerar vid en olycka samt information vid närmandet av en hållplats anses kritiskt av dessa grupper (Miller, Chng, & Cheah, 2022).

Sättet ett budskap förmedlas kan vara direkt eller mer subtilt. Beroende på budskapets innebörd behöver dessa två kommunikationssätt avvägas (Misdariis, Cera, & Rodriguez, 2019). Nicolas Misdariis uppmärksammar hur vardagliga och familjära ljud kan appliceras på ett självkörande fordon för att på ett subtilt sätt informera och upplysa passagerare. Exempelvis ljud från blinkers vid sidledsförflyttning nämns som ett subtilt sätt att inte en känsla av kontroll och trygghet hos passageraren eftersom man tydligt förstår fordonets intentioner (Misdariis, Cera, & Rodriguez, 2019). Sådana vardagliga ljud kan även öka passagerares fokus på och medvetenhet om vad som sker i omgivningen (Gang, Mok, Sibi, & Chafe, 2018). Man menar också att denna typ av ljud utlöser en intuitiv respons som baseras på tidigare trafikupplevelser.

Vid mer komplicerade och viktiga budskap behövs ett tydligt kommunikationssätt, här är en visuell display att föredra (Khan, 2019). Sättet informationen kommuniceras behöver också anpassas för

att vara inkluderande. Behovet av både audiell och visuell kommunikation är obestridligt (Miller, Chng, & Cheah, 2022).

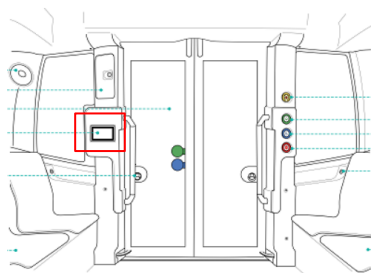
Kommunikation är, som belyses av tidigare källor, viktig för passagerarens upplevelse. Överkommunikation kan dock ha motsatt effekt på den upplevda tryggheten och är därför viktigt att undvika (Khan, 2019). För många signaler samtidigt leder till förvirring snarare än det förtydligande och den trygghet som kommunikation ska medföra (Khan, 2019).

Även komforten är något som påverkar den upplevda tryggheten (Paddeu, Shergold, & Parkhurst, 2020). Att resan är behaglig är en stor drivkraft och faktor som påverkar resenärens inställning till fortsatt resande och upplevelsen av resan (Hallewell, o.a., 2022). Små saker så som temperatur och inredning är komponenter som spelar in i upplevelsen av komfort och där med trygghet (Paddeu, Shergold, & Parkhurst, 2020).

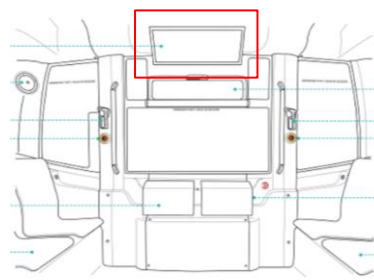
Inredningen påverkar dock mer än bara komforten. För individer med funktionsvariationer är en standard kring inredning central för att lättare kunna lära sig att navigera fordonen, detta gäller även placeringen av knappar, informationskällor och andra kommunikationsmedel (Miller, Chng, & Cheah, 2022).

4.1.2.1. Applicerade lösningar i dagsläget

Vid studiebesök i Linköping studerades de existerande, interna kommunikationslösningarna. I dagsläget finns två visuella displayer samt högtalare installerat. Informationen som förmedlas på de visuella displayerna varierar mellan de olika fordonen. Konsekvent används dock den mindre av skärmarna som en kontrollpanel för föraren. Passagerardisplayen, som är större till storleken, visar antingen rutten eller den digitalt inlästa miljön. Högtalarna används inte för tillfället. Ljudisoleringen är ej fullständig utan en del ljud från omgivningen hörs även inuti fordonet, exempelvis fordonets plingande och ljudet från AVAS.



Figur 4 3: Kontrollpanel



Figur 54: Större passagerar-display

4.2. Resenärapplikation

En resenärapplikation är en applikation som syftar i att guida resenären under sin färd. I dagsläget har man i Ride The Future projektet utvecklat en hemsida med tillgång till en realtidskarta samt en funktion där man kan ange hur många resenärer som väntar vid hållplats. Enlig Per Bröms, digitalinfrastrukturansvarig i projektet *Ride the Future*, är framtidsvisionen att inkludera den autonoma tjänsten i Östgötatrafikens existerande resenärapplikation. Eftersom fordonen är fortsatt labila finns i dagsläget ingen garanti att alla tre konstant är i drift, vilket är den främsta anledningen att projektet ej ännu accepterats som en del av det kollektiva trafiknätet i Östgötatrafikens applikation.

För att komma fram till bästa möjliga lösning genomfördes en enkät på Transdevs huvudkontor samt i *Ride the Futures* ledningsgrupp. Målet var att på ett mer konkret sätt förstå resenärernas behov och önskemål. Flertalet frågor ställdes, allt från öppna frågor med möjlighet för längre svar till att betygsätta idéer. Totalt deltog 69 personer.

Enkätens resultat visar först och främst att drygt 80% av deltagarna använder huvudmännens applikationer. Utöver detta noteras frekvensen på resenärapplikationernas användning. 75% använder applikationerna varje vecka eller på daglig basis.

Deltagarna fick möjligheten att uttrycka åsikter kring resenärapplikationerna. Majoriteten anser att applikationerna har ett enkelt och användbart gränssnitt men att det finns viss avsaknad av realtidsinformation samt att missledande information ofta förekommer. De föreslagna resvägarna som applikationerna ger är endast baserade på det mest tidseffektiva alternativet. Förmågan att kunna ge bredare och mer anpassade förslag finns ännu inte.

I enkäten uttrycktes flertalet önskemål utifrån existerande resenärapplikationer. Att informationen som kommuniceras ska vara pålitlig och stämma överens med verkligheten är ett av dessa. Utöver

det fanns också en vilja om att ge personligt baserad information. Till sist anser även 70% att resenärapplikationer bör använda sig av notiser. Trots detta riktar sig denna kritik mot resenärapplikationerna. Rapporten syftar i att inkludera autonoma fordon i våra resenärapplikationer och ej i att utveckla dessa.

4.2.1. Google Maps

I vår enkät på Trandevs huvudkontor samt på Ride the Future ledningsgrupp fick vi möjlighet att samla in diversifierade åsikter kring Google Maps. I den stora helheten hade deltagarna en positiv syn på applikationen. Feedbacken berörde främst tekniken med realtidsinformation som inte alltid stämmer. Gällande strukturen i applikationen hävdade fler deltagare att interfacet upplevs klumpigt.

Under enkätens gång fick vi även möjlighet att fråga de medverkande kring potentiella förbättringsförmågor. Önskemålen som främst kom upp gäller biljettsystem eftersom det i dagsläget inte finns möjlighet att köpa biljett i applikationen. Utöver detta finns även önskemål till en utökad frihet när det kommer till resesökandet. Dels att kunna välja sina färdmedel men också att kanske inte alltid behöva hitta den snabbaste rutten utan den som svarar på ens behov på bästa sätt. (Exempelvis: "Jag vill gå 20 min och inte åka tunnelbana"; "Jag vill åka förbi Gamla Stan för att se på Stockholms Slott".)

Interfacet i applikationen är enbart en karta med en enkel sökruta. Applikationen ger även en inblick i omgivande faciliteter, exempelvis restauranger, sevärdheter, parker, livsmedelsbutiker. Genom att kunna kommentera kring platser kan man som resenär anpassa sin resa och göra ett intelligent val kring möjligheterna som finns. Som resenär är fördelen med *Google Maps* att den fungerar som en global applikation som är uppkopplad till andra faciliteter och möjliggör för allmän planering.

Vid reseplanering kan användaren välja vilka färdmedel hen vill tillämpa. Applikationen ger sedan förslag på möjliga resvägar. När det gäller kollektivtrafik kan man välja mellan ett antal förslag som dels indikerar tid, färdmedel och hela resans process. Väljer man att resa med bil, cykel eller att gå ritar *Google Maps* upp olika rutter på kartan. Tjänsten inkluderar flertalet färdmedel och kombinerar reseplanering med annan livsstilsrelaterad information. Eftersom applikationen också kan användas globalt oavsett region eller land är den smidig och inkluderande.

4.2.2. Huvudmännens applikation

En annan applikation som många resenärer använder är huvudmännens egna applikationer. Enkäten visar att 58 av 70 deltagare använder huvudmännens applikationer, tydliga konkurrenter till *Google Maps*.

Huvudmännen använder enbart kartor som ett stöd för att visuellt visa resenärerna resans rutt och stationer till skillnad från *Google Maps* där kartan utgör en betydligt större del av interfacet. Utöver det är huvudmännens applikationer mer begränsade till endast kollektivt resande. När man söker en resa får man upp alternativ på rutter med tid, färdmedel samt stationsnamn angivet och kan därefter visualisera resan på den geografiska kartan. Det som kan noteras är att vägvisningens precision inte är optimal. Som användare får man endast tillgång till byte, spår och en visuell bild över hur linjerna går snarare än ledsagning till och emellan hållplatser.

Utöver sökfunktionen finns också möjlighet att se avgångar och ankomsttider vid alla hållplatser och stationer. På så sätt kan man komponera sin egen resa vid behov. I applikationen finns även möjlighet att köpa digitala biljetter.

Huvudmännens applikationer är till skillnad från *Google Maps* mer anpassade för just kollektivtrafik och kräver därför att användaren har koll på området för att de ska vara effektiva.

5. Problem

Som beskrivet i kontextbeskrivningen har fordonet vissa tekniska begränsningar som kräver utveckling men det finns även problem som går att dämpa med mer analoga lösningar.

Vägen till ett helt autonomt samhälle är ännu lång. Fordonsutveckling kommer driva oss framåt i denna fråga men omgivningens acklimatisering ska ej förringas.

I dagsläget är fordonens intelligens inte tillräckligt hög för att en mer omfattande omgivningsanalys ska kunna göras. Fordonen kan därför ej ta dynamiska och smarta initiativ till skillnad från en mänsklig förare. De har exempelvis ej förmågan att ta initiativet att väja. Fordonen agerar även konsekvent i den mån att de alltid stannar på samma ställe i förhållande till en busshållplats i stället för att anpassa sig efter var resenärerna står eller hur de agerar, som en bussförare hade gjort.

Intelligensen kräver också att fordonen ska kunna förstå skillnaden på olika hinder. Ett löv måste kunna tolkas annorlunda än en cykel eller en människa. Fordonen har inte kapacitet att kunna förutsäga och läsa omgivningen på ett intelligent sätt. Förmågan att kunna förstå rörelseriktning och om ett objekt är farligt eller ofarligt är också en utmaning som fordonets intelligens inte hittills lyckas lösa. Dessa begränsningar resulterar i att fordonen endast har en drifhastighet på 10–20 km/h.

Tekniken är självklart en central punkt men det finns även andra problem som går att lösa utan signifikant utveckling av fordonens hård och mjukvara. Människorna i omgivningen bidrar också till problembildning. Det finns en tydlig skillnad mellan människans och fordonets intelligens, den ena är irrationell och den andra är rationell. Människor reagerar olika när de interagerar med autonoma fordon. Vissa förstår sig inte på fordonet vilket leder till bristande förtroende. Den andra utnyttjar fordonets rationalitet. Barn som springer framför fordonet på skoj eftersom de är medvetna om att fordonet stannar är ett exempel menar Alex Gaio.

Ännu är tekniken inte i fas med samhällets krav och förväntningar på fordonen. I denna övergångsfas uppstår därför ett fundamentalt problem; omgivningen förstår eller respekterar inte fordonens förutsättningar och begränsningar.

Ytterligare finns utmaningar gällande den inställning omgivningen har till fordonet. I ett framtidsscenario där fordonen kör förarlöst uppstår brister i resenärernas förtroende för fordonet.

5.1 Kommunikationsproblem

5.1.1. Extern kommunikation

Tidigare resonemang visar på en del problem som uppstår givet fordonets tekniska förutsättningar. Kommunikation kan säkerligen vara en viktig del i att underlätta och dämpa de problem som i nuläget förekommer. Kommunikationen är dock inte i sig ändamålet utan endast ett verktyg. Vi behöver därför fortsatt vara noggranna med att informationsutbytet har ett tydligt syfte.

För mycket kommunikation kan göra mer skada än nytta. Vikten av ett budskaps tydlighet har framkommit tydligt av ovanstående källor och kan även appliceras som ett argument i detta fall. Tydligheten bidrar till ändamålsenlighet och en säkrare trafikinteraktion.

Ett problem givet tidigare resonemang är att informationen som förmedlas kan feltolkas baserat på sammanhang och kommunikationstyp. De beskrivna för och nackdelarna med visuell-, audiell-, allocentrisk- och egocentrisk kommunikation målar upp ett scenario där inget är rätt eller fel. En avvägning behöver därför göras då ett kommunicerat budskap behöver vara snabbt att processa men i balans med att det ska förstås rätt och inte feltolkas. Som sagt sker interaktioner i trafiken väldigt snabbt. Ett budskap som tar lång tid att förstå och ta del av kan därför undgå många och utgöra en säkerhetsrisk då det kräver fokus under en längre period.

En annan utmaning är att kommunicera på ett sätt så att så många som möjligt kan ta del av budskapet. Tidigare källor beskriver hur språkliga barriärer och eventuella syn eller hörselnedsättningar kan försvåra detta. Även mer vardagliga tekniska lösningar, så som hörlurar, sätter käppar i hjulen. Samtidigt får man vara realistisk. Ingen kommunikationstyp är perfekt. Om vi ser till dagens samhälle finns många innovativa lösningar för att jobba runt detta problem. Men samtidigt når långt ifrån all kommunikation samtliga trafikanter.

5.1.2. Intern kommunikation

Som nämnt tidigare är inkludering och att nå alla målgrupper en utmaning i extern kommunikation. Men även internt i fordonet behöver kommunikationslösningar och andra tekniska innovationer vara utformade med alla resenärer i åtanke. Att möta människors stora variationer i förmåga, förutsättningar och inställning är en stor utmaning.

Utöver det är det en fin balansgång mellan att kommunicera tillräckligt och att överkommunicera. Givet tidigare utläggning vet vi att tillräckligt med kommunikation är vitalt för att säkra resenärupplevelsen och öka tryggheten. Samtidigt kan för mycket kommunikation ge motsatt effekt. Utmaningen här är att hitta den rätta jämvikten mellan de två, både i mängden kommunicerad information samt kommunikationssätt.

5.2. Problem kopplat till resenärapplikation

Kopplat till resenärapplikation finns självklart också flertal problem och utmaningar. Inledningsvis är tekniken i dagsläget inte tillräckligt utvecklad för att fungera optimalt i daglig drift. Ett exempel på detta är realtidsinformationen i applikationerna som inte alltid stämmer överens med verkligheten.

Den artificiella intelligensen bakom tjänsterna kan för tillfället endast generera enklare reseförslag snarare än rutter anpassade efter mer specifika önskemål. Specifikt huvudmännens applikationer är bristande i denna aspekt då de endast innefattar kollektiva färdmedel.

Ett annat stort problem knutet till tekniken är lokaliseringsförmågan som applikationerna har. Idag finns inte förmågan att kunna ge en detaljerad, realtidsbaserad beskrivning. Applikationerna kan endast färdbeskriva med flera meters marginal vilket är ett problem på små avstånd. Förhoppningsvis kan 5G underlätta i kombination med mer detaljrika stations och rikttningsbeskrivningar.

I enkäten uttrycktes ett önskemål om en komplett livsstilstjänst där reseplanering kombineras med generell livsplanering. I utformandet av en sådan lösning är svårigheten att ge varje enskild resenär friheten att själv välja sina färdmedel samtidigt som applikationen hjälper till att hitta den smartaste lösningen utifrån användarens förfrågan.

Fordonen i projektet *Ride the Future* driftas ej utifrån en fast tidtabell. Att kommunicera och beräkna fordonens ankomsttid är därför en utmaning. Faktumet att det ej finns en garanti att alla fordonen är i drift påverkar tidsprognosen.

Slutligen uppstår en utmaning då konceptet *Ride the Future* ska introduceras i en applikation anpassad efter traditionell kollektivtrafik med statistiska tidtabeller. Med tanke på att man i framtiden planerar ett *on demand system* finns en utmaning i applikationens guidning och information vid byten.

6. Lösningar

6.1. Kommunikation

6.1.1. Extern kommunikation

6.1.1.1. Parametrar för resonemang

Utifrån hur tidigare källor resonerat kring olika kommunikationsmetoder har tre olika parametrar för definierats.

- Överensstämmande parametrar

För att kunna garantera en säker och effektiv framtid med autonoma fordon behöver vi använda oss av kommunikation. Olika situationer kräver anpassning av kommunikationen men trots det kan vissa generella slutsatser dras.

Snabba beslut är essentiellt i trafiken och kommunikationen behöver därför vara tydlig men samtidigt lätt att ta till sig och förstå snabbt. Verbal kommunikation kan ses som fördelaktig eftersom användandet av ord förklarar ett budskap på ett tydligt sätt med minskad risk för feltolkning. Givet trafikens krav på hastighet i förståelsen och agerandet baserat på budskapet är verbal kommunikation inte perfekt. Av den anledningen är det bättre att prioritera kommunikation som snabbt kan förstås och tolkas i stället för en som förstås rätt men för sent.

Utöver tidsperspektivet är icke-verbalkommunikation effektivare utifrån ett inkluderande perspektiv. Verbal kommunikation bygger på ett skrivet meddelande och kräver därför språklig kunskap men även att mottageren är läskunnig.

Sammanfattningsvis ska många parametrar stämma för att den verbala kommunikationen ska kunna fungera i trafiken. Trots att budskapet som den verbala kommunikationen förmedlar kan vara mer begripligt, kan inte givet att det ska appliceras i trafiken värderas högre än tolkningstid och förmåga att förstå.

- Situationsbaserade parametrar

Sättet ett budskap presenteras på är en väsentlig del i utformningen av en kommunikationslösning. Generellt sätt är allocentrisk kommunikation mer vanligt i trafiksammahang, exempelvis: trafikljus, blinkers, motorljud osv. Att upplysa omgivningen på ens egna intentioner och handlingar minskar risken för missförstånd och är säkrare än att uppmana andra till handling. Likt hur en bilist avråds från att vinka fram gångare vid ett övergångsställe bör autonoma fordon låta sin omgivning analysera och ta beslut på egen hand. Detta betyder ej att allocentrisk kommunikation är det enda som bör användas.

En problematik uppstår i situationer där den som utför handlingen inte befinner sig i direkt fara men där konsekvenserna av handlingen utgör en säkerhetsrisk för andra. Ett allocentriskt budskap bygger på att trafikanten är medveten om följderna av sina handlingar vilket kräver ett mer komplext meddelande för att kommunicera. Egocentrisk kommunikation är mer effektiv i att uppmuntra ett positivt beteende i dessa situationer.

I övrigt kan det vara intressant att applicera egocentrisk kommunikation när utmaningar inte är allt för stora och där man kan tolerera missförstånd eftersom nackdelarna inte blir lika problematiska.

Ytterligare, behövs visuell kommunikation jämföras med ljud. Omgivningen är central i avvägningen och en distinktion mellan gångare och andra fordon bör därför göras. Givet en gångares lägre rörelsehastighet har individen längre tid på sig att tolka ett budskap samt korrigera sitt agerande. Ett fordon, antingen cyklist eller bil, rör sig betydligt fortare och kräver därför att kommunikationen går att ta del av på längre håll för att kunna anpassa sin rutt.

Visuell kommunikation går att se på längre håll så länge sikten är fri och är därför att föredra om målgruppen är andra fordon. Audiell kommunikation undgår dessutom många bilister då de helt enkelt inte hör ljudeffekterna. Även gångare kan utan problem ta del av visuella budskap på samma sätt som fordon. I större folkmassor blir den grafiska kommunikationen dock meningslös för de som ej befinner sig närmst fordonet. Samtliga behöver ha uppmärksamhet och fri sikt mot fordonet för att den visuella kommunikationen ska vara effektiv.

Audiell kommunikation kräver ej en trafikants koncentration på samma sätt som visuell kommunikation. I situationer där fordonet ej är synligt för samtliga är ljudkommunikation ett effektivt sätt att kommunicera. Gångare och folkmassor är den främsta målgruppen för audiell kommunikation då denna drar åt sig uppmärksamhet på nära håll och når alla i en större grupp. Bilister eller trafikanter med hörlurar är dock otillgängliga för denna typ av kommunikation vilket är en tydlig begränsning.

Sammanfattningsvis har alla synvinklar både för- och nackdelar. I utformningen av lösningsförslag kan specifika situationer utvärderas och grupperas utifrån givna parametrar.

6.1.1.2. Lösningsförslag

Givet de begränsningar och problem som fordonen stöter på i vardaglig drift har tre kommunikationspunkter utformats.

- Håll avstånd till fordonet

För att undvika oprovocerade, hårda inbromsningar från fordonets sida krävs att omgivningen håller avstånd till fordonet. De abrupta inbromsningarna utgör en säkerhetsrisk för resterande trafik. Här krävs att så många trafikanter som möjligt informeras för att säkerhetsriskerna ska minimeras

Trots att allocentrisk kommunikation är en mer använd kommunikationstyp i trafiken kan egocentrisk kommunikation vara fördelaktigt i denna situation. Tidigare i projektet *Ride the Future* har det allocentriska budskapet "jag bromsar hårt om omgivningen kommer för nära" kommunicerats verbalt på en skylt längst bak på fordonet, vilket inte gav någon märkbar positiv effekt på omgivningens beteende. Den egocentriska motsvarigheten "håll avstånd" är betydligt tydligare och utgör ingen fara ifall budskapet feltolkas. Säkerhetsrisken ligger snarare i konsekvenserna av den hastiga inbromsningen, ytterligare ett argument för egocentrisk kommunikation.

Som avhandlat tidigare är visuell kommunikation att föredra i kommunikationen med andra fordon vilket stämmer även i denna situation. Dock utgör inte andra fordon den enda målgruppen, utan även enstaka gångare och större folkmassor behöver uppmärksammas på budskapet. I kommunikationen med dessa är ljud en mer effektiv metod. En kombination av dessa kommunikationssätt är därför optimal.

Genomgående ska lösningen vara icke-verbal och egocentrisk. När det kommer till ljud har *Navya DL4 Arma* i dagsläget en implementerad ljudeffekt som uppmunar omgivningen att hålla avstånd. Fordonet plingar svagt till en början men ljudet intensifieras och förekommer med högre frekvens när ett föremål närmar sig ytterligare. Effekten har varit framgångsrik i sitt syfte och bör därför implementeras i större utsträckning även på övriga 2 fordon.

Ett visuellt exempel skulle kunna vara att applicera animerande pilar som pekar utåt på fordonets front. Detta syftar i att informera trafikanter om att de måste hålla sig utanför fordonets bromszon för att undvika att fordonet tvärnitar.

- **Provocerad inbromsning**

Som tidigare källor beskrivit finns flertalet fördelar med att ett autonomt fordon kommunicerar sina intentioner. Inbromsningar som är ett resultat av omgivningens agerande, exempelvis då en gångare väntar vid ett övergångsställe, är värda att signalera för att underlätta i trafiksamspelet.

Allocentrisk kommunikation har många fördelar och är som sagt generellt att föredra eftersom det är det primära kommunikationssättet i dagens trafik. Med tanke på kommunikationens viktiga roll vid inbromsning är det mer intressant att använda allocentrisk kommunikation eftersom en feltolkning kan ha stora konsekvenser. En redan implementerad lösning i detta syfte är bromsljus. Det är en väl etablerad och allmänt accepterad lösning som tillämpar allocentrisk kommunikation.

Informationen som kommuniceras är mest central för den som befinner sig närmst fordonet. Det är även fördelaktigt om informationen kan utläsas på längre avstånd för att underlätta omgivningens förmåga att ta emot informationen. Visuell kommunikation är att föredra givet syftet, målgruppen och förutsättningarna. Det enda som talar för användningen av ljud är att man inte behöver ha blicken riktade mot fordonet. Som beskrivet tidigare tittar gångare som vana omkring sig för att analysera trafiksituationen och därav mot fordonet.

Givet diskussionen ovan behöver fordonet en kommunikationslösning som är allocentrisk, visuell och icke verbal. Därmed skulle ett intressant förslag vara att applicera bromsljus även fram på fordonet. Dels uppfyller bromsljus ovanstående kriterier, men skulle inte heller vara en drastisk förändring eftersom det redan appliceras i dagsläget bak på fordon. Här måste dock en annan färg än röd tillämpas av juridiska och trafiksäkerhetsmässiga skäl.

- **Inbromsning vid hållplats**

I dagsläget upplever förarna att resenärer vid hållplatserna ej förstår när fordonet saktar in och stannar. För att minska denna källa till konflikt bör fordonen uppmärksamma omgivningen vid inbromsning samt kommunicera när den digitala hållplatsen nåtts.

Syftet är att påpeka för resenärerna som väntar vid hållplatsen att fordonet närmar sig och håller på att sakta in men ännu inte har stannat helt. Det finns ett värde i att kommunicera under inbromsningen men att kommunikationen upphör när fordonet stannat, som en ytterligare signal att det är okej att närma sig fordonet och stiga ombord. Eftersom kommunikationen ska väcka uppmärksamhet och målgruppen är gångare bör den ske genom ljud.

Fordonet vill uppmärksamma resenärerna på sin egen handling och rörelse snarare än att uppmana omgivningen till handling. Allocentrisk kommunikation lämpar sig därför bättre i detta scenario. Ett egocentriskt budskap "vänta medan jag saktar in, stig sedan ombord" riskerar att bli otydligt och svårt att kommunicera.

Ett exempel på en lösning som uppfyller dessa kriterier; allocentrisk, audiell, icke-verbal, kan vara ett plingande ljud en bit innan fordonen närmar sig hållplatsen. Ljudet upphör när fordonet stannat. Här kan exempelvis tidigare använda ljud effekter implementeras för att öka kontinuiteten. Som Hannah Pelikan poängterade är det centrala inte hur ljudet låter, snarare när det förekommer.

6.1.2. Kommunikation inuti fordonet

6.1.2.1. Kommunikationssätt

Situationen inuti fordonet är skiljer sig på många sätt från den utanför fordonet. Inuti fordonets ställs inte lika höga krav på att kommunikationens tidseffektivitet, en utvärdering av olika kommunikationssätt behöver därför åter göras.

Som beskrivet tidigare är verbal kommunikation väldigt tydlig jämfört med sin icke-verbala motsvarighet. Detta innebär dock en längre tolkningstid och reaktionstid. Vid kommunikation av information som ej behöver uppfattas snabbt är verbal kommunikation att föredra då verbal kommunikation är tydligare vid mer komplexa budskap. Källorna ovan betonar dessutom vikten av att kommunikationen inuti fordonen ska vara just tydlig och transparent, inte lämna resenärerna förvirrad och med obesvarade frågor.

Visuella displayer ansågs vara det föredragna sättet att kommunicera med passagerare. I detta resonemang poängterades att visuell kommunikation inte är störande utan uppmärksammar och informerar resenärerna på deras villkor. Ett inkluderande kommunikationssätt behöver dock appliceras vilket innebär att både visuell och audiell kommunikation måste förekomma. Den generella populationen måste också avses och balansen mellan visuell och audiell kommunikation bör anpassas därefter.

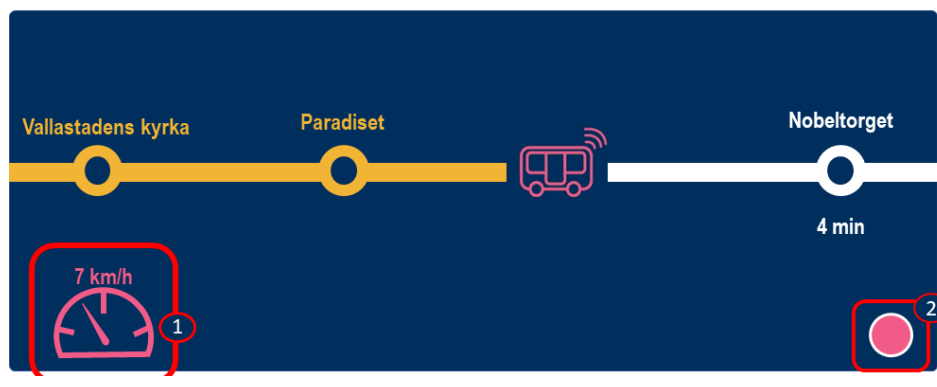
Huruvida budskapet ska kommuniceras allocentriskt eller egocentriskt, utifrån resenärens perspektiv, bör baseras på meddelandets väsentlighet. I situationer där snabba ageranden krävs, exempelvis vid fara, är egocentrisk kommunikation ett måste för att mana passagerare att agera på ett visst sätt. Å andra sidan, när informationen endast är trygghetsingivande är ett allocentriskt kommunikationssätt att föredra. Tidigare källor inskräper vikten av att kommunicera fordonets intentioner och planerade rutt för att öka trygghet vilket ligger i linje med ett allocentriskt budskap.

6.1.2.2. Lösningsförslag

- Ska kommuniceras hela tiden

Viss information behöver resenärer ständigt ha tillgång till. Tidigare källor lyfter fordonets hastighet, rutt med beräknad ankomsttid och huruvida fordonet kör autonomt eller inte som viktiga kommunikationspunkter. Informationen är ej tidskritisk utan budskapet behöver endast nå passageraren om hen är intresserad av meddelandet. I tidigare utläggning påpekas att en visuell display är det föredragna sättet att kommunicera med resenärer ombord. En visuell display (se figur 3 för exempel) som förmedlar ovannämnda budskap anses därför vara det främsta lösningsförslaget. Displayen förmedlar all information på ett tydligt sätt utan att vara överväldigande eller störande. I lösningen tillämpas verbal kommunikation i kombination med symboler som känns igen från andra färdmedel och sammanhang vilket ökar tydligheten i den icke-verbala kommunikationen. Genom att tillämpa symboler så som hastighetsmätaren som känns igen från andra fordon blir budskapet tydligt och lätt att förstå.

För de som ej kan ta del av synlig information bör en knapp installeras för att ackommodera den visuella lösningen. Då knappen trycks in presenteras all visuell information audiellt i högtalarsystemet, en lösning som i dagsläget appliceras vid vissa kollektiva busshållplatser.



Figur 65: visuell display

1: hastighetsmätare

2: Indikation om att fordonet är i autonomt läge, färgen förändras vid manuell drift

I ett framtidsscenario då säkerhetsföraren befinner sig på distans är det viktigt att lätt kunna komma i kontakt med personen i fråga. En knapp bör därför monteras, när den trycks in rings föraren upp. Vid uppringning förändrats utseendet av den visuella displayen för att indikera att föraren kontaktas, i kombination med ett klassiskt ringsignals ljud för synskadade. Ett eventuellt videosamtal bör visas på den digitala displayen samtidigt som förarens röst spelas i högtalarsystemet. Genom att tillhandahålla ett smidigt sätt att komma i kontakt med ansvarig personal blir övergången mellan den traditionella förarrollen och den digitala inte lika drastisk. Medvetenheten om att någon övervakar situationen ökar också tryggheten hos passagerarna.

- Situationsspecifik kommunikation

Utöver informationen som ständigt är tillgänglig finns budskap som är mer situationsspecifika. I tidigare diskussion lyfts information om när fordonet närmar sig hållplatsen som en viktig punkt. Denna information kommuniceras redan visuellt i föregående display (figur 3) men för att möta allas behov måste budskapet även förmedlas audiellt. Andra kollektiva färdmedel använder klassiska hållplatsutrop som meddelar passagerare om att fordonet närmar sig en hållplats samt vilken nästa hållplats är, en optimal lösning även för den autonoma trafiken. Att återanvända existerande lösningar skapar kontinuitet och minskar även tiden det tar att förstå lösningen och budskapet.

Av tidigare källor lyftes kommunikation vid avvikande beteenden som en möjlig lösning för att öka förståelsen för fordonen ytterligare. Förslaget syftar till att informera passagerare om varför fordonet agerar som det gör. Även om detta i sig troligen kommer öka tryggheten hos passagerare så är risken för överkommunikation överhängande. Fordonen agerar i dagsläget avvikande väldigt ofta och ytterligare kommunikation vid dessa tillfällen är antagligen i dagsläget mer störande än hjälpsamt ur resenärernas synpunkt. Dessutom är ljudisolationen i fordonen inte total, och med tanke på de yttre ljudeffekter som förekommer (externa kommunikationslösningar) finns redan en audiell påminnelse om fordonets beteende. Om vi ser till framtiden där tekniken är mer utvecklad och färre avvikelser är detta dock en tydlig och viktig punkt att ha med sig.

Då en farosituation uppstår krävs tydlig information. Informationen bör kommuniceras med hjälp av egocentrisk kommunikation där fordonet uppmanar passagerare att agera på ett visst sätt utifrån vad situationen kräver. Som nämnt av tidigare källor litar inte alla på fordonen i den utsträckning att de är villiga att acceptera fordonets direktiv, därav behöver detaljer kring situationen och vad faran innebär kommuniceras. Samtidigt måste tydlighet prioriteras för att budskapet ska nå fram över huvud taget. Informationen behöver nå alla resenärer och behöver därför kommuniceras både audiellt i högtalarsystemet och visuellt på passagerardisplayen.

6.2 Resenärapplikation

För att komma fram till en lösning som fungerar finns flera kriterier som behövs uppfyllas. Framtidsvisionen är sömlöst inkludera den autonoma tjänsten som vilken annan tjänst som helst. Fordonens flexibla tidtabell kräver vissa åtgärder och funktioner som kommunicerar position i realtid, liksom på hemsidan, samt antal lediga platser i bussen. Ytterligare behövs en effektiv och pålitlig tidsprognos utformas som med hög precision kan garantera att resenären hinner med sitt anslutande färdmedel och kommer fram i tid. Den främsta anledningen att den autonoma tjänsten ej är inkluderad i östgötatrafikens applikation är just på grund av att trafiken ej är pålitlig ur ett tidsperspektiv. Prognosen är därför essentiell.

Målet är att bygga en intuitiv, kommunikativ och informationsrik applikation som är begriplig och strukturerad. Genom användarvänlig och tydlig design kommer man kunna på ett enkelt och effektivt sätt sprida information. Som påpekat i den genomförda enkäten menar ett flertal att applikationerna som används är röriga och saknar struktur, vilket design kan lösa.

Förslagsvis bör den autonoma trafiken ses som ett helt vanligt färdmedelsalternativ. På så sätt smälter tjänsten in bra och kommer troligen användas i större utsträckning. Eftersom trafiken ej är lika pålitlig och tidsstyrd som övrig kollektivtrafik behövs en realtidsuppdatering av information tillhandahållas.

En bra prioritering är att placera den viktigaste informationen högst upp och en avvägning mellan budskapen som kommuniceras behöver här göras. Metoden som används för att kommunicera informationen ska smälta in bra med existerande design för att minimera risk för förvirring.

På grund av att bussarnas mindre storlek är det centralt att kommunicera hur många som för plats i fordonets som anländer till hållplatsen. Utöver tidsangivelse och rutt är detta det viktigaste budskapet, och placeras därefter.

Nästa prioritet är antalet bussarna i trafik. Med tanke på att driften inte kan garanteras måste detta också kommuniceras. På så sätt kan resenären göra en egen bedömning av alternativen som ges vid behov. Ett alternativ till den autonoma resan behöver alltid ges så att fordonen ses som ett alternativ snarare än något att blint förlita sig på.

Sist kommer realtidskartan. Den är minst prioriterad eftersom det redan finns en kartfunktion där rutten visas. I fallet med de autonoma fordonen underlättar det dock att se hur de rör sig och var de befinner sig för att kunna väga de två resealternativen. Realtidskartan skapar kontinuitet i sättet den autonoma tjänsten tillämpats, med avseende på *Ride the Futures* hemsida.

Slutligen är det också viktigt att informera resenären på ett verbalt sätt att disangivelsen endast är en prognos och att det bygger på en matematisk beräkning och ej en tidtabell, här anges även prognosens precision.



Figur 7: Applikationsskiss av Ride the Future I Östgötatrafikens app.

7. Slutsats

Under arbetets gång har flertalet olika synvinklar på samspelet mellan autonoma fordon och övrig trafik utforskats. Med utgångspunkt i olika kommunikationssätt har utvecklingsområden och lösningsförslag som kretsar kring intern och extern kommunikation samt digital infrastruktur presenterats. Generellt sätt kan vi konstatera att det krävs nya innovativa lösningar för att integrera autonoma fordon i trafiken samt att öka användarvänligheten av tjänsten.

Resenärernas inställning och upplevda trygghet samt bekvämlighet är central. Användarnas behov och åsikter behöver därför stå i centrum då nya lösningar utformas. Ur kommunikationssynpunkt behöver trafikens hastighet tas i beaktning då det ställer krav på att information som kommuniceras behöver vara lätt att ta till sig. När olika kommunikationssätt jämförs finner en både för och nackdelar med respektive kategorier, varje situation behöver därför utvärderas specifikt med avseende på målgrupp och budskap. Utifrån den specifika situationen och de problem som identifierats har ett flertal potentiella lösningsförslag utformats.

I dagens samhälle som tenderar att digitaliseras alltmer behövs det helt klart nya innovativa funktioner i våra resenärapplikationer för att få kollektivtrafikbranschen att moderniseras. Syftet med resenärapplikationerna kommer vara att öka tryggheten hos resenärer genom att ge de tillgång till en stor mängd trovärdig information på ett enkelt och smidigt sätt. Många existerande applikationer är lika varandra i flera avseenden men givet enkäten som genomfördes finns viss utvecklingspotential hos de flesta applikationer.

8. Referenser

- Alvarez, W. M. (2020). *Response of Vulnerable Road Users to Visual Information from Autonomous Vehicles in Shared Spaces*.
- BULL, P. (2001). *Nonverbal Communication*.
- Carmona, J., Guindel, C., Garcia, F., & Escalera, A. d. (2021). *eHMI: Review and Guidelines for Deployment on*.
- Carsten, O., & Martens, M. (2019). *How can humans understand their automated cars? HMI principles, problems and solutions*.
- Dey, D., & Terken, a. (2017). *Pedestrian Interaction with Vehicles: Roles of Explicit and Implicit Communication*.
- Dimitra Dodou, J. d. (June 2020). *External human-machine interfaces: Gimmick or necessity?*
- Gang, N., Mok, B., Sibi, S., & Chafe, C. (2018). *Don't Be Alarmed: Sonifying Autonomous Vehicle*.
- Hallewell, M., Hughes, N., Large, D., Harvey, C., Springthorpe, J., & Burnett, G. (2022). *Derriving personas to inform HMI design for future autonomous taxis: a case study on user requisement elicitation*.
- Intellias . (den 3 April 2019). *What's Really Important about Designing Human Machine Interfaces for Autonomous Vehicles?* Hämtat från Intellias Blog: <https://intellias.com/what-s-really-important-about-designing-human-machine-interfaces-for-autonomous-vehicles/>
- Khan, M. D. (2019). *An investigation into trust between an SAV and its passengers*. KTH.
- Klemensberger, P. (den 02 07 2019). *Ny lag tvingar elbil, laddhybrid och hybrid att låta*. Hämtat från Teknikens värld: <https://teknikensvarld.expressen.se/nyheter/bil-och-trafik/elbil-laddhybrid/ny-lag-tvingar-elbil-laddhybrid-och-hybrid-att-lata/>
- Lervåg, L.-E. (2020). *Automated shuttle services in public transport. Lessons learned from the smart feeder research project in norway*. European transport conference.
- Miller, K., Chng, S., & Cheah, L. (2022). *Understanding the acceptance of shared autonomous vehicles among people with different mobility and communication needs* .
- Misdariis, N., Cera, A., & Rodriguez, W. (2019). *Electric and Autonomous Vehicle: from Sound Quality*.
- Myounghoon, J. (2019). *Multimodal displays for take-over in level 3 automated vehicles while playing a game*. Glasgow.
- Nadri, C. (2021). *Novel Auditory Displays in Highly Automated Vehicles: Sonification*.
- Nationalencyklopedin. (den 20 09 2022). *Nationalencyklopedin*. Hämtat från icke-verbal-kommunikation: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/icke-verbal-kommunikation>
- Oliveira, L., Luton, J., Iyer, S., Burna, C., Mouzakitis, A., Jennings, P., & Birrell, S. (2018). *Evaluating how interfaces influence the user interaction with fully autonomous vehicles*.
- Paddeu, D., Shergold, G., & Parkhurst, I. (2020). *Passenger comfort and trust on first-time use of a shared autonomous shuttle vehicle*.
- Pelikan, H. R. (2021). *Why Autonomous driving is so hard: the social dimension of traffic*. Linköping.
- Rani, D. K. (2016). *COMMUNICATION BARRIERS*.
- Roche-Cerasi, I. (2019). *Public acceptance of driverless shuttles in Norway*.
- Shuller, B. W. (2021). *Towards Sonification in Multimodal and User-friendly*.
- Siri Hegna Berge, M. H. (2022). *Do cyclists need HMIs in future automated traffic? An interview study*.
- Skarpsvärd, E. (2016). *Påverkan på kommunikationen vid språkskillnader*.
- Stanciu, S., Eby, D., Molnar, L., St Louis, R. ..., Zanier, N., & Kostyniuk, L. (2018). *Pedestrians/Bicyclists and Autonomous Vehicles: How Will They Communicate?*

- The Turnsignal blog. (2021). *The eHMI: How Autonomous Cars Will Communicate With the Outside World*. Hämtat från The Turnsignal blog: <https://www.theturnsignalblog.com/blog/ehmi/>
- Tobias Lagström, V. M. (2015). *AVIP - Autonomous vehicles' interaction with pedestrians*. Göteborg: Chalmers Universitet.
- Uttley, J., Lee, Y. M., Madigan, R., & Merat, N. (2020). *Road user interactions in a shared space setting: Priority and communication in a UK car park*.
- Vishal Onkhar, J. S. (August 2021). *Towards the detection of driver-pedestrian eye contact*. Delft University .
- VOLVO Lastvagnar. (den 27 05 2021). *Volvo Lastvagnar adderar unikt ljud till sina elektriska lastbilar*. Hämtat från VOLVO Lastvagnar: <https://www.volvotrucks.se/sv-se/news/press-releases/2021/may/volvo-trucks-adds-unique-sounds-to-its-electric-trucks.html>
- Y.B. Eisma, A. R. (2020). *External human-machine interfaces: Effects of message*. Delft Univeristy .
- Yan, M., Rampino, L. R., Zhao, H., & Giandomenico, C. (2022). *Implications of Human-Machine Interface for inclusive shared autonomous vehicles*.
- Yang, S. (2017). *Driver behavior impact on pedestrians' crossing experience in the conditionally autonomus driving context*.