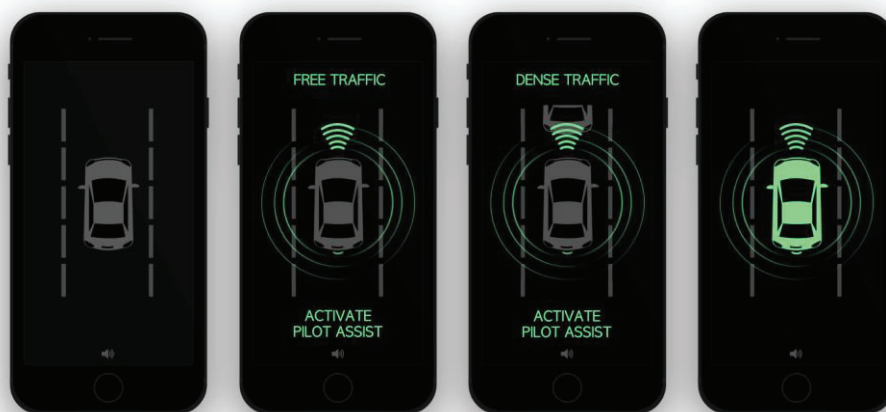


# Data Driven Användarupplevelse - DDUX

Publik rapport



Författare: **Casper Wickman**

Datum: **2022-08-29**

Projekt inom **Elektronik, mjukvara och kommunikation**

**FFI** Fordonsstrategisk  
Forskning och  
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

## Innehållsförteckning

<b>1 Sammanfattning .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Executive summary in English .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Bakgrund.....</b>	<b>6</b>
<b>4 Syfte, forskningsfrågor och metod .....</b>	<b>6</b>
<b>5 Mål .....</b>	<b>13</b>
<b>6 Resultat och måluppfyllelse .....</b>	<b>13</b>
<b>7 Spridning och publicering .....</b>	<b>18</b>
7.1 Kunskaps- och resultatspridning.....	18
7.2 Publikationer .....	18
<b>8 Slutsatser och fortsatt forskning .....</b>	<b>19</b>
<b>9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....</b>	<b>20</b>

### Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

Läs mer på [www.vinnova.se/ffi](http://www.vinnova.se/ffi).

# 1 Sammanfattning

Moderna bilar innehåller många avancerade system för att stödja bilföraren under manuell körning. Huvudsyftet är oftast att öka säkerheten men även att öka bekvämligheten för föraren. Dock kan det hos vissa förare förekomma ett motstånd att testa nya funktioner som man inte riktigt vet hur det fungerar, trots att man som kund har betalat dyra pengar för dessa. Av dess anledningar finns det ett motiv med att förarna faktiskt använder dessa system.

Syftet med detta projekt är att använda bilsignaler för att stimulera användandet av Advanced Driver Assist Systems (ADAS). I detta fall har fokus legat på stödsystem som stöttar föraren med både lateral och longitudinell manövrering. I de Volvobilar som används i projektet heter detta system Pilot Assist (PA). Traditionellt sett brukar denna typ av studier använda sig av mer kvalitativa datainsamlingsmetoder så som observationer, enkäter, intervjuer etc. Problemet med den typ av datainsamlingsmetoder är att försökspersonerna skall självrapportera sina upplevelser alternativt att forskaren skall tolka vad olika situationer och beteenden innebär. Detta är förstås adekvata metoder som både ger svar och stimulerar till nya frågeställningar men kan i vissa fall gagnas av att kompletteras med kvantitativa metoder. Detta projekt tas det kvantitativa perspektivet. Inom projektet har det undersökts hur långt man kan komma i förståelsen av användandet av vissa funktioner genom att endast använda signaldata från bilen. Projektet är ett samarbete mellan Volvo Cars och Chalmers Högskola och problemställningen och behovet av projektet har uppkommit inom industrin.

En stor del av projektet syftar till att ta fram nya metoder och verktyg för att kunna öka förståelsen för användandet av bilfunktioner men en viktig del har även varit att öka kunskapen om hur man kan stimulera förare till att använda ADAS system mer frekvent och i en mer lämplig kontext. För att studera användandet av PA har det i ett tidigare projekt mellan Chalmers och Volvo Cars analyserats bildata från 3000 användare som lästs ut under en period av sex månader. Analyser visar att användandet av PA skiljer sig beroende på hur lång resan är. För korta resor upp till 15 km används PA 1,2% av körcyklerna. På resor mellan 16-50 km ligger användandet på 7,4% och slutligen för resor över 51 km på 12,2%. Följaktligen kan det konkluderas att användandet stiger med längden på resan. Dock är PA ett utmärkt system som kan och bör användas både för korta och längre resor.

För att stimulera användandet av PA har det inom projektet utvecklats ett ”coaching” system (DCS) där bilsignaler analyseras i realtid för att identifiera trafikkontext, aktiviteter hos föraren och väderförhållanden för att vid rätt förutsättningar föreslå för föraren att det är ett lämpligt tillfälle att använda PA. Systemet är uppbyggt på så sätt att varje förare hanteras individuellt och att deras tidigare reaktioner på rekommendationer att använda PA styr hur fortsatt kommunikation med föraren utformas. Strategin ändras med andra ord över tid och per användare. Kommunikationen med föraren sker genom en mobiltelefon som monterats i bilen som en utökning av befintlig skärm. På mobiltelefonen kommuniceras information via grafik, text och audio. Systemet är designat för att över tid öka förarens förståelse för hur PA bör användas på ett säkert sätt och systemet är designat för att lära föraren funktionen. Förutom rekommendationer för när systemet är lämpligt att använda förmedlas även varningar till föraren då tex väglag, kontext eller andra omständigheter kräver förarens extra uppmärksamhet under användandet av PA.

Systemet har implementerats på 20 så kallade Co-Dev bilar. Dessa bilar är tjänstebilar för de anställda på Volvo Cars och är tillgängliga för utvecklingsavdelningarna för att implementera utrustning för testning. Data samlades in under en 6 månaders period. Användarna valdes ut bland förare som tidigare data visat använder PA väldigt sparsamt. Resultatet från studien visar att det genomsnittliga antalet aktiveringar av PA innan installationen av DCS var 2,27% för testgruppen med en liten variation kring medelvärdet. Användandet av PA ökade gradvis efter att DCS installerats och steg till 11,76% efter tre månaders användning för hela gruppen. De delen av gruppen som utmärktes av hög användning (7 användare) steg användningen av PA till hela 23,3%. Resultaten visar även att förarna själva tar initiativet till att använda PA utan att rekommendationer förmedlas.

## 2 Executive summary in English

In modern cars there are an expanding number of advanced functions. Not only is the number of functions increasing but also the complexity of each function. Customers sometimes find the usage of those complex function too intimidating to explore and to even use. Advanced Driver Support Systems (ADAS) is one example of functions that has a lower usage than expected. ADAS functions can support the driver both with the steering of the car and braking/acceleration.

This project is cooperation between Volvo Cars and Chalmers University of Technology. The purpose of the project is to use car signals to understand the usage of ADAS functions and support the driver to learn and use the system in the right context. In the project, the focus has been on the function Pilot Assist (PA), which is a ADAS system that Volvo Cars provides that helps the driver with both longitudinal and lateral support. In a preceded project between Volvo Cars and Chalmers, the current usage of PA has been studied. Data has been collected from company cars from employees at Volvo Cars. Those cars are called Co-Dev company cars and are equipped with a data collection device (WICE) that allows reading of signals on the CAN and Flex Ray busses and sends the data to database at the end of each driving cycle. The analysis of the usage of PA was conducted during a period of six month from 3000 cars in USA, Europe and China. The results shows that PA is used from 1,2% to 12,2% of the driving cycles depending on the length of the tip. The longer the trip the more PA is used. This low usage of PA has been the trigger to conduct this project.

In the project a driver “coach” system (DCS) has been developed to teach the driver how and when to use PA. The system collects data with the WICE unit and sends it in real time to a back-end system where an algorithm analyzes the data. Based on the traffic context, road and weather conditions and the drivers previously usage of PA the algorithm sends out messages to the driver. The messages are designed to first teach the driver how to activate PA and then propose when to use PA. The system starts to promote usage in sparse traffic with good traffic and weather conditions. As the driver starts the use PA in this context the system starts to also promote usage in dense traffic. The system adapts timing and frequency of messages depending on the development of each user. The system is built around categorization of drivers depending on their usage of PA. Driver category 1 represent a novice driver that uses PA very seldom or never. Higher driver categories represent driver that uses PA in different contexts with a good

frequency. When the driver has reached a certain level, all communication ends and the driver is considered as an acknowledged in PA usage.

DCS conveys three different types of messages; recommendations to use PA, warnings when the driver should pay extra attention to the driving task due to traffic or weather conditions and finally a warning if the driver uses PA when exceeds the speed limit with 20 km/h. All messages are multi-modal and uses both graphics, text, and audio messages. The messages are sent to a separate mobile phone that has been installed in the cars. The mobile runs a single-app application that starts automatically when the car starts.

The driver coach system has been implemented in 20 Co-Dev cars with users that has been selected based on the preceded project. Drivers with very low or no usage of PA was selected for the study. Firstly, data was collected to understand the current usage of PA in the participant group. Secondly, the coach system was activated and coached the drivers during a period of four month.

The result shows that PA usage for the whole group increased from 2,27% to 11,7% after four months of usage. If the most frequent PA users (7 users) are analyzed separated, the increase goes from 4,72% to 23,3%. This is a significant increase that shows that the system has an impact on the learning and usage of PA. But on the other hand, the group with lowest usage of PA did not show almost any increase of usage. The result also shows that the number of PA activations during a drive cycle where PA has been activated at least once decreased. This indicates that drivers start to understand the system and activates PA when the prerequisites for the system are fulfilled. The result also showed that the length of each activation increased from 3,85% to 4,8% of the total driving time.

In the project application it was stated that following results was expected in the project:

- *New validated method for data collection, analysis and synthesis*
- *New methods to analyse and understand fulfilment of design intent for driver support functions*
- *New method to modify native on-board system in production cars*
- *Development and implementation of new prototype platform (communication pipe-line) for data collection and data input to production cars*
- *Licentiate thesis and doctoral thesis - Publication of several research papers*
- *New knowledge of how users can be stimulated to use certain systems*

*Methods and tools developed in this project will be applicable in a more general sense including usage of any function.*

Within this project all of the above results have been delivered except for “*New method to modify native on-board system in production cars*”. The reason for this is that an implementation of the coaching app in the native on-board system of the cars would have been too complicated and time consuming. The decision was taken to use a separate mobile device instead.

The project has contributed to two of FFI's overarching goals:

- *Increasing the Swedish capacity for research and innovation, thereby ensuring competitiveness and jobs in the field of vehicle industry*
- *Promoting cooperation between industry, universities and higher education institutions*

The project has been a very close cooperation between academia and industry where the boundaries between the parties has been almost dissolved in terms of access of data and facilities. The developed system has been designed in such way that it can be applied in a more generic manner and be used for other studies without almost any modifications. Publications has been written with other institutes in both Sweden and Germany during the project.

The project has also contributed to the goals of the sub-program in terms of

- *Development methods for verification and validation*
- *Digital user interface*

A new method for combining quantitative and qualitative data has been developed in the project. The project has generated new knowledge of how users of advanced systems in a car context can be introduced to complex functions and increase usage of those.

Future research based on the findings in this project should focus on how communication with a driver should be designed in order to be non-intrusive but still useful and still being adoptable to different individuals and their needs.

### **3 Bakgrund**

Fordonsindustrin har under de senaste årtionden genomgått en märkbar transformation från klassisk hårdvaru-till mer mjukvareinriktade produkter. Dagens bilar innehåller mängder av elektriska komponenter så som sensorer, aktuatorer, processorer och avancerade kontrollsystem. Resultatet är en högteknologisk och avancerad produkt med mängder av funktioner. I centrum av detta finns människan som skall förstå, använda och interagera med denna produkt i en alltmer komplex och tät trafiksituation. För att avlasta och stötta förarna under manuell körning erbjuds idag av de flesta biltillverkare avancerade körstödssystem för att öka säkerheten och bekvämligheten för föraren. Dessa system sammanfattas som Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). Dessa system erbjuder olika grader av automation som hjälper till att manövrerar bilen i longitudriktning genom acceleration och retardation samt lateral riktning genom styrning. Tidigare forskning visar att många förare har svårt att till fullo förstå hur dessa system fungerar, vilka begränsningar de har och när de är lämpliga att använda. Dessutom har kunderna betalt för dess system som de i många fall inte använder. Ett steg för att utveckla och erbjuda ADAS anpassade för människans begränsningar är att tolka och förstå förarens behov och beteenden vid användning av ADAS. Detta projekt behandlar det området.

### **4 Syfte, forskningsfrågor och metod**

I projektet har fokuset varit att studera system för både lateralt- och longitudinellt stöd. Då projektet är ett sammabete mellan Volvo Cars och Chalmers har fokus varit på det system som Volvo Cars erbjuder i sina produkter. Systemet är ett klassiskt ADAS och heter Pilot Assist (PA). Traditionellt sätt när man studerar denna typ av system i riktig körkontext används oftast olika typer av kvalitativa datainsamlingsmetoder så som observationer, intervjuer, enkäter etc. Dessa metoder kan i vissa fall ha brister då de

bygger på forskarens tolkning eller användarens egenrapportering av en upplevelse. I detta projekt har det valts att gå i motsatt riktning och undersöka hur väl man kan använda kvantitativa datainsamlingsmetoder i form av signaler från bilen för att studera förarens förståelse och beteende kopplat till PA användning. Det finns stora fördelar med detta angreppssätt då det enkelt går att skala upp försök och att i realtid analysera datan. Det huvudsakliga forskningshypotesen för projektet har varit att

*Hur kan användare (bilförare) stimuleras och läras att förstå essensen av funktioner i syfte att öka ett adekvat användande av funktionen och förbättra upplevelsen*

Baserat på forskningshypotesen har togs följande forskningsfrågor fram inför projektansökan.

- RQ1: Hur kan antaganden baserade på analys av bilsignaler valideras?
- RQ2: Vilken data skall användas för att utvärdera förutsättningarna för ökad användning av studerade system?
- R3: Hur påverkas en förändrad och förbättrad design av systemet användandet?

Då projektet fokuserar på att använda bil-signaler för att förstå förarbeteende så har det till stor del styrt de metoder som används i projektet. Både kvantitativa och kvalitativa metoder har använts i kombination, framför allt under projektets analysfas som mycket handla om att förstå användandet av PA och orsakerna till användandet. Nedan följer en sammanfattning av de primära metoder som tillämpats under projektet

- Litteraturstudie: I början av projektet genomfördes en omfattande litteraturstudie för att sammanfatta state-of-the-art forskning inom området.
- Enkätundersökningar: Denna metod har använts vid flera tillfällen under projektet för att främst validera slutsatser baserade på kvantitativa data.
- Fältstudie: Samtliga tester som gjorts med deltagare har varit i riktiga trafik med produktionsbilar. Dels när data samlats in för att förstå användandet av PA och under de studier där det utvecklade systemet för att stötta och lära förare att använda PA mer frekvent och adekvat har testats.

Detta projekt är en fortsättning på ett tidigare samarbete mellan Volvo Cars och Chalmers där syftet var att förstå användandet av PA. Under det tidigare projekt samlades data in från 3000 tjänstebilar som används bland anställda hos Volvo Cars. Dessa tjänstebilar kallas Co-Dev bilar för att Volvo Cars har medgivande från tjänstebilinnehavaren att installera provutrustning i bilarna för att kunna genomföra diverse tester i riktig körkontext. Samtliga bilar är utrustade med en datainsamlingsenhet (WICE) som i realtid läser bilsignaler enligt specifikation per bil och sparar lokalt i enheten. Vid avslutandet av varje körcykel skickas insamlade data till central databas på Volvo Cars. Ur denna databas har den kompletta Co-Dev flottan analyserats med avseende på användning av PA. Data från de tre största marknaderna USA, Europa och Kina har använts. Under denna fas har även användare identifierats som inte använder PA trots att de har det installerat i sina bilar. Dessa användare har senare varit testpersoner i för detta projekt. Analyser visar att användandet av PA skiljer sig beroende på hur lång resen är. För korta resor upp till 15 km används PA 1,2% av kör cyklerna. På resor mellan 16-50 km ligger användandet på 7,4% och slutligen för resor över 51 km på 12,2%. Analysen visade även att användandet skiljer sig mellan marknader.

Baserat på dessa tidigare resultat skapades detta projekt i syfte att försöka påverka förare till att använda PA i högre grad och på så sätt att det bidrar till en säkrare och bekvämare körning.

### Implementering av ”coach” system för ökat PA användande

Stor del av projektets tid och resurser har gått till att utveckla ett system som erbjuder en ”coaching” funktion för att få förare att öka både användningen och ett korrekt användande av funktionen PA. Systemet kommer benämnas Driver Coach System (DCS) framöver. Grundarkitekturen för DCS finns illustrerad i figur 1 nedan.

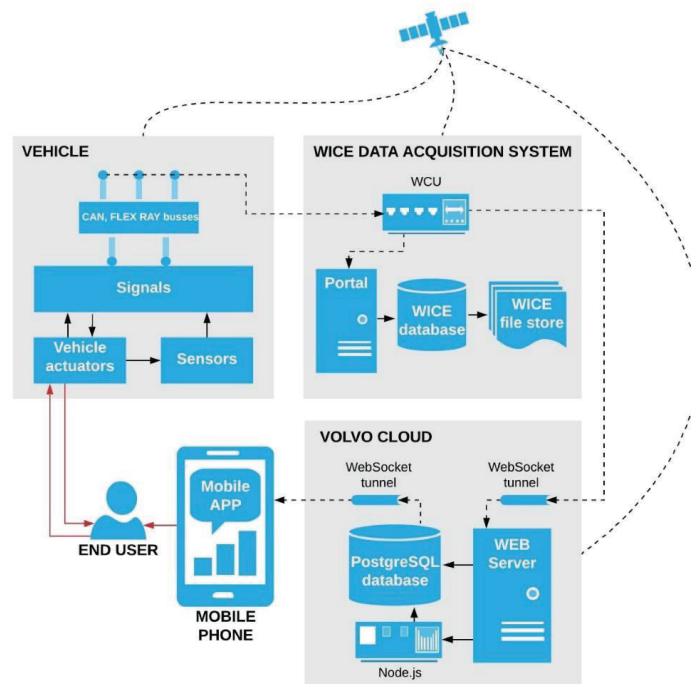


Figure 1. Grundarkitekturen för Driver Coaching System

Signaler från sensorer och aktuatorer i bilen kommuniceras på CAN och Flex Ray bussarna som sammanlänkar hårdvaran i bilen. I varje Co-Dev bil är utrustad med en WICE enhet som läser tillgängliga signaler på CAN och Flex Ray och skickar dessa till en web-server. WICE enheten kan programmeras utifrån det behovet av olika signaler i ett så kallat mätuppdrag. Signalerna sänds i realtid till en web-server där de analyseras i realtid enligt utvecklad algoritm. Algoritmen avgör vilken kommunikation som sedan skall förmedlas till föraren via en applikation som körs på en fast monterad mobiltelefon i bilen, se figur 2. Mobilen är konfigurerad på så sätt att endast den för projektet utvecklade applikationen kan köras. Applikationen startar så fort bilen startats. Algoritmen som styr alla händelser för systemet är baserad på att varje individ hanteras separat beroende på var de är i sitt lärande och användande av PA. Varje förare klassificeras i en skala mellan 1-9 beroende av hur de använder PA. 1 motsvarar en förare som inte alls använder PA och de högre nivåerna motsvarar en förare som använder PA i flera olika typer av körkontexter. När en förare når en viss kategorisering så avbryts till slut all kommunikation till föraren och föraren anses nu ha lärt sig PA för de aktuella kontexterna.





Figure 2. Fast monterad mobiltelefon i bilen som fungerar som kommunikationsgränssnitt mellan DCS och förare.

DCS processar signalerna från bilen för att sedan skicka rekommendationer till föraren. Kommunikationen till föraren består av rekommendationer, varningar och misstag. Tabell 1 nedan visar de olika meddelande som kommuniceras till föraren

Tabell 1. Meddelanden som kommuniceras till förare

Event	Eventkod	Kommentar
Gles trafik	Rekommendation 1	Användandet av PA i gles trafik underlättar att hålla rätt hastighet och hålla bilen i filen. Detta leder till en säkrare körning då det stimulerar ett minder aktivt körbeteende i termer av omkörningar, byte av fil etc.
Tät trafik	Rekommendation 2	Användandet av PA i tät trafik gör körningen mer behaglig då justering av hastighet sker automatiskt och underlättar att hålla ett säkert avstånd till bilen framför. Detta leder till ett bättre "flyt" i körningen vilket ökar säkerheten.
Användandet av PA inom lågfarsområden	Varning 1	Grafik- och audiomedelände påvisar att PA systemet kan missa små objekt eller gångare och uppmanar föraren att fokusera på körningen.
Användandet av PA vid dålig sikt	Varning 2	Grafik- och audiomedelände påvisar att PA systemets prestanda kan minska under dessa förhållanden och uppmanar föraren att fokusera på körningen.

Användandet av PA vid kraftig nederbörd	Varning 3	Grafik- och audiomedelande påvisar att PA systemets prestanda kan minska under dessa förhållanden och uppmanar föraren att fokusera på körningen.
Användandet av PA vid halt väglag	Varning 4	Grafik- och audiomedelande påvisar att PA systemets prestanda kan minska under dessa förhållanden och uppmanar föraren att fokusera på körningen.
Användandet av PA vid hastighetsöverträdelse	Misstag 1	Grafik- och audiomedelande påvisar att det inte är lämpligt att använda PA i hastigheter 20 km/h över hastighetsgräns och uppmanar föraren att sänka farten.

DSC använder sig både av grafisk-, text- och audiell kommunikation. Grafik och text används vid varje tillfälle då något kommuniceras medan den audiella kommunikationen används vid första tillfället en ny kommunikation introduceras (se tabell 1). Efter första användandet av audiellt meddelande så återkommer det audiella stödet mindre frekvent. Syftet är att föraren skall få hjälp att förstå och tolka grafiken och även få en förklaring till varför en rekommendation, varning eller misstag förmedlas utan att störa föraren varje gång av ett audiellt meddelande.

De grafiske meddelandena för rekommendationer visas i figur 3. Den vänstra bilden visar hur systemet ser ut när PA ej är aktiverat. Den vänstra mittenbilen visar grafiken för rekommendationen att aktivera PA i gles trafik. Den högra mittersta bilen visar rekommendationen för att aktivera PA vid tät trafik. Den högra bilden visar att PA är aktivt.



Figur 3. Grafiska meddelanden för rekommendationer.

I Figur 4 visas de grafiska meddelandena för varningar. Den vänstra bilden visas när PA är aktivt och hastighetsgränsen understiger 30 km/h. Den vänstra mittersta bilden visas när PA är aktivt och om bakre eller främre dimljus är påslagna. Den högra mittersta bilen visas om PA är aktivt och halt väglag har identifierats av bilen eller via andra bilar som kommunicerar halt väglag på vägen längre fram. Den högra bilden visas om PA är aktiverat och vindrutetorkarna är aktiva på högste hastighet antingen för manuell kontroll eller via regnsensor.



Figur 4. Varningar som visas för föraren när PA är aktiverat och ändringar sker i körkontexten som kan påverka prestandan på PA eller kräver högre uppmärksamhet av föraren.

Figur 5 visar det enda misstaget som kommuniceras till föraren. Misstag förmedlas när hastigheten överskrids med 20 km/h samtidigt som PA är aktivt.



Figur 5. Misstag som förmedlas till föraren

För att kunna monitorera status på bilarna samt detektera de olika körkontexterna och omgivande förutsättningar har signalerna angivna i tabell 2 nedan används.

Tabell 2. Bilsignaler som används i projektet

Traffic condition variables	Description
Speed limit	to identify the allowed speed (0-130 km/h)
Vehicle speed	to see the deviation from speed limits (0-198 km/h)
Event time	to consider possible rush hour (t, h)
Event date	to distinguish the workday from the weekend/holidays etc. (date)
Distance to the vehicle in front	to decide the traffic conditions (0-255 km)
Road condition variables	Description
Ambient temperature	to exclude slippery road conditions ( $-2^{\circ}\text{C} < t > 2^{\circ}\text{C}$ )
Lane detection status	to secure ADAS performance on the road (On/Off)
Speed limit	to identify the road type (0-130 km/h)
Turn indication status	to clarify if the driver plan the maneuver at the time of notification
Road curvature	to estimate PA ability to handle the road curvature
Weather condition variables	Description
Wiper status	to detect heavy rain or snow: wiper statuses 5-7 (overall range 0-7)
Fog light front	to control bad visibility conditions (e.g. fog, mist) (On/Off)
Fog light back	to control bad visibility conditions (e.g. fog, mist) (On/Off)
Ambient temperature	to clarify precipitation (t, °C)
Event date/time	to record the seasonal change (date/t, h)
PA variables	Description
PA status is on	to identify when the system was in use (PA_act)
PA activation is requested	to identify the driver's requests for function activation (PA_req)
PA status is stand-by mode	to identify the situation when the system is not providing support (PA_stb)
PA status is off	to identify when the system was not used (PA_off)
PA_available	signal tells if PA is possible to activate (checks the PA preconditions prior activation)
Total Driven Distance km	to decide the type of driving activity
Activation Distance, km	to calculate the distance with PA
Activation Duration time, min	to calculate the use time of PA

All respons från förarna på de olika grafiska och audiella meddelandena sparas i databas för respektive användare. Data har senare analyserats separat i Power BI.

DCS installerades i 20 Co-Dev bilar till förare som inte använder PA över huvud taget eller mycket moderat. Kön fördelningen för deltagarna var 15 män och 5 kvinnor. Övertaget av män beror på att våra urvalskriterier inte medgav jämnare fördelning. Valet av deltagare styrdes av både tidigare anläggande av PA, personernas roll på Volvo (skall ej jobba med utveckling av liknande system) och andra praktiska parametrarna så som att tjänstebilen inte skulle bytas under testperioden då det skulle krävas en ominstallation av utrustning och mjukvara etc.

Data har samlats in under perioden januari-april 2022.

Efter insamling av data genomfördes en kvalitativ enkätundersökning bland förarna för att verifiera resultaten från testfasen som helt och hållet är baserade på kvantitativa signaldata från bilarna och det installerade "Coach" systemet. Verifieringen har genomförts med samma deltagare som har haft DCS installerat i sina bilar. Studien genomfördes i två steg där deltagarna fick svara på en djupgående enkät innan start av insamling av data och en enkät efter att alla data samlats in. Syftet var att få användarnas egen syn på deras beteendeförändring kopplat till användandet av PA.

## 5 Mål

Målet med projektet var att utveckla ny metod och verktyg för att förbättra förståelsen för hur olika funktioner används för att öka ett adekvat användande av funktionen. Målet med projektet har bevarats genom hela projektet men det har dock skett några justeringar i jämförelse med ansökan. Den största skillnaden är att i ansökan angavs att funktionerna farthållare, adaptiv farthållare och Pilot Assist (PA) skulle vara föremål för projektet. Dock har det under projektets gång avgränsats till att endast inkludera Pilot Assist när det gäller implementering av ”coach” systemet DCS. En av orsakerna till begränsningen är att PA i någon mening inkluderar de båda andra funktionerna då PA supporterar manövrering av bilen i både lateral och longitudinell riktning. Dessutom visade resultaten från tidigare projekte att PA används i mycket lägre utsträckning än adaptiv farthållare vilket gjorde det till en mer lämplig funktion att studera. PA är dessutom mindre robust i jämförelse med adaptiv farthållare. Omgivande omständigheter så som synliga vägmarkeringar och väder gör att funktionen inte alltid kan aktiveras vilket skapar större komplexitet för förståelsen för funktionen. Det är med andra ord en svårare funktion för användaren att förstå logiken bakom och därmed mer intressant att studera.

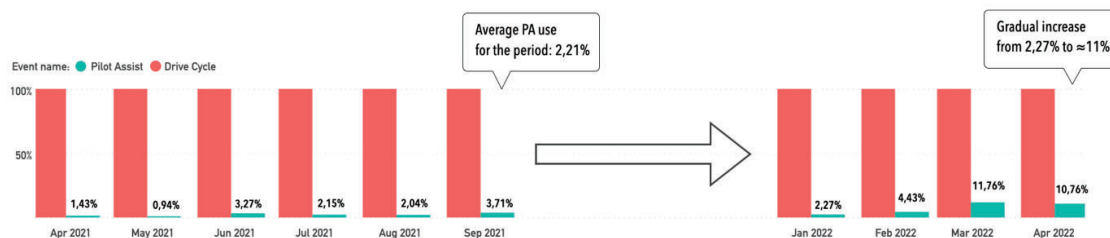
## 6 Resultat och måluppfyllelse

Resultaten från projektet kommer här beskrivas utifrån huvudstudien i projektet. Måluppfyllelse för projektet beskrivs efteråt.

### Resultat från implementering och utvärdering av ”coach” system

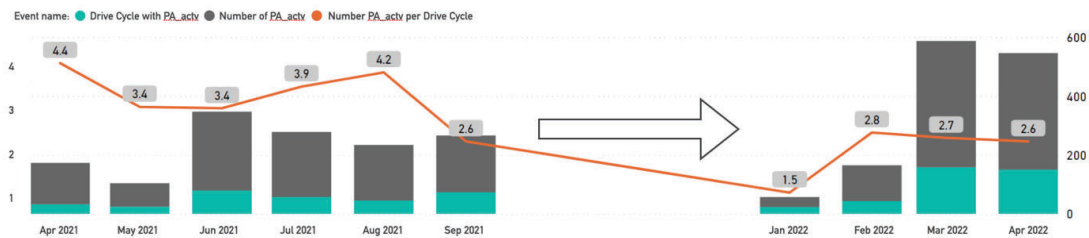
Den slutgiltiga analysen baseras på 17 av de 20 bilar som deltagit i studien. Mängden data som samlats in från 3 av bilarna var inte tillräckligt omfattande för att kunna inkluderas i analysen. Bristen i datamängd beror att dessa användare oväntat fick byta bil under datainsamlingsperioden vilket resulterade ominstallation av utrusning så som WICE enhet, mobiltelefon och mjukvara. Data saknas därför för omkring en månad för dessa deltagare.

Det genomsnittliga antalet aktiveringar av PA innan installationen av DCS var 2,27% för testgruppen med en liten variation kring medelvärdet. Användandet av PA ökade gradvis efter att DCS installerats och steg från 2,27% upp till 11,76% efter tre månaders användning. Se figur 6.



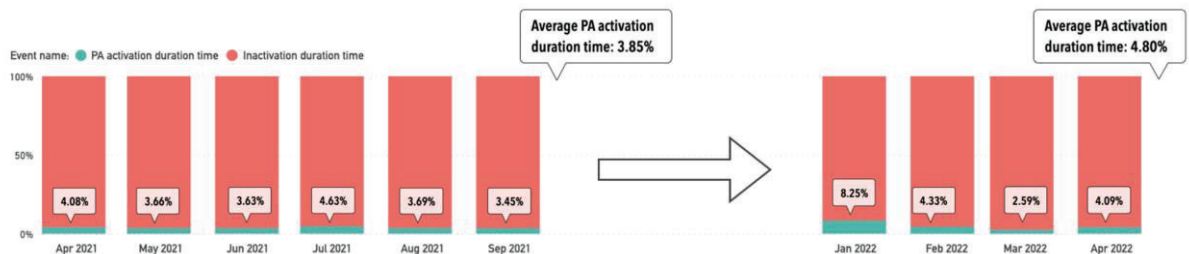
Figur 6. Ökningen av användandet av PA efter att DCS installerats

I motsats till den ökade användning av PA så sjunk antalet aktiveringar per körcykel där PA har aktiverats under den perioden som DCS var installerat mellan januari till april. Innan installation så aktiverades PA i snitt 3.65 gånger under en körcykel där PA används minst en gång. Efter installation så minskade detta till 2,05 gång i snitt. Detta kan låta som ett misslyckande men det påvisar också att användarna har börjat förstå när det är lämpligt att använda systemet och därmed aktiverat det vid sådana tillfällen då PA fungerar att använda. Se figur 7. Den röda linjen visar antalet aktiveringar av PA under en körcykel där PA aktiverats minst en gång.



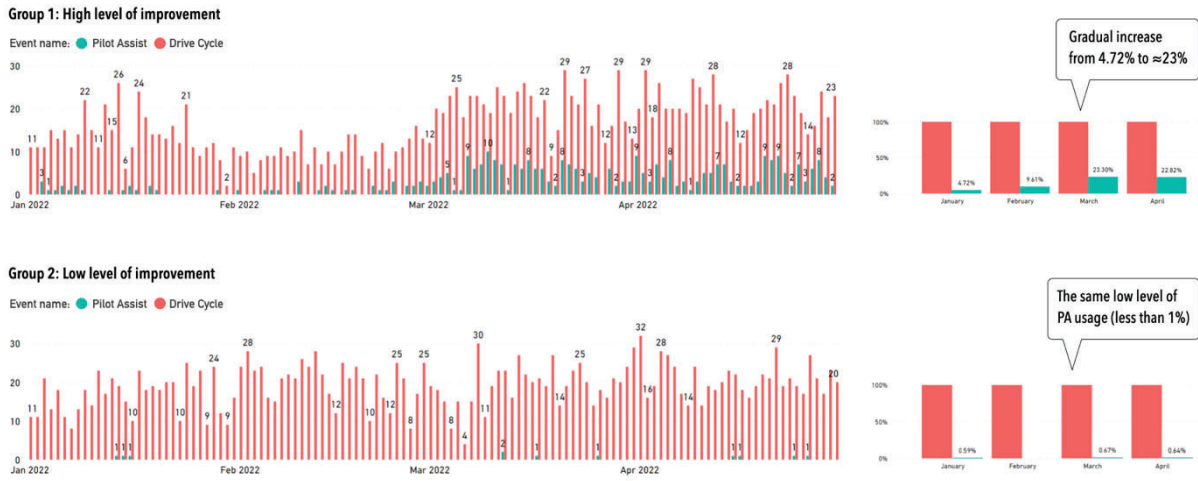
Figur 7. Användandet av PA per körcykel där PA aktiverats minst en gång.

Då en PA aktivering kan pågå från några sekunder till i princip timmar så skulle det vara missvisande att endast beakta det ökade antalet PA aktiveringar. Med andra ord är längden av PA aktiveringar också intressant. Längden av aktiva PA perioder är den faktiska tiden som föraren använde systemet. Under perioden innan installation av DCS så användes PA 3.85% av den totala körtiden medans efter installation så ökade detta till 4,8%.



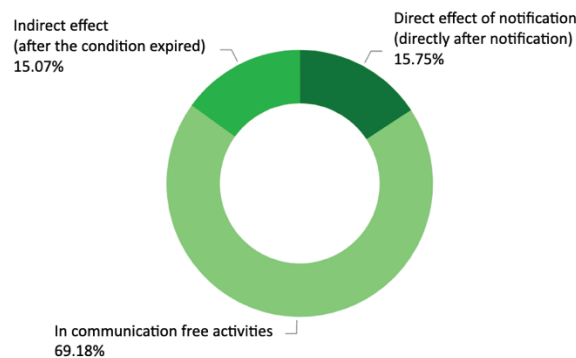
Figur 8. Ökningen av längden för varje PA användning

Alla användare i gruppen utvecklade inte sitt användande av PA lika mycket. Av den anledningen har vi delat upp användarna i två sub-grupper med de som visade en hög grad av utveckling och en med de som visade en obefintlig ökning av användandet av PA. Grupp 1 som ökade sin användning kraftigt bestod av 7 förare och de hade innan testet en genomsnittlig användning som låg på 4,72% och ökade till 23,3%. Se översta grafen i figur 9. Grupp 2 ökade inte sin användning alls trots installation av DCS.



Figur 9. Översta figuren illustrerar den ökade användningen av PA i gruppen med största ökning. Den nedre figuren visar motsvarande för den gruppen med minst ökning.

För att kunna bedöma hur väl förarna har utvecklat sin förståelse för PA har även tidpunkten då förare valt att aktivera PA i förhållande till när rekommendationer har kommunicerats till föraren analyserats. Tre olika aspekter har mätts. Dels om föraren har valt att aktivera PA direkt när rekommendationen visas. Direkta aktiveringar inkluderar alla PA aktiveringar som genomförts innan meddelandet avslutats. Indirekta aktiveringar har definierats som aktivering som har skett efter det att meddelandet har kommunicerats men inom körcykeln. Den sista kategorin inkluderar aktiveringar som skett utan att någon meddelande har kommunicerats under den körcykeln. I figur 10 nedan visas resultatet. Direkta aktiveringar utgörs av 15,75% av det totala antalet aktiveringar av PA, indirekta 15,07% och aktiveringar utan att meddelande har aviserats utgör 69,18%. Resultaten tyder på att kommunicerade rekommendationer har påverkat föraren att aktivera PA men även att förarna snabbt har lärt sig systemet och börjat att använda det utan rekommendationer. Detta är såklart önskvärt då syftet har varit att gradvis lära användarna hur systemet skall användas och i vilka kontexter.



Figur 10. Fördelningen mellan direkta, indirekta och spontana aktiveringar av PA

## Måluppfyllelse

Enligt ansökan för projektet angavs att detta projekt primärt skulle bidra till FFI:s övergripande mål genom att:

- *Increasing the Swedish capacity for research and innovation, thereby ensuring competitiveness and jobs in the field of vehicle industry*
- *Promoting cooperation between industry, universities and higher education institutions*

Projektet har varit ett nära samarbete mellan Svensk bilindustri och akademi. Gränserna för de olika parterna har varit extremt transparenta och alla hinder för samarbete och fri rörlighet av personer och kunskap har eliminerats. Exempel på detta är att anställda på Chalmers har fått användarkonton på Volvo Cars som externa konsulter vilket innebär att personer har fått tillgång till nödvändiga system inom Volvo Cars, utrustats med företagsdatorer och har haft access till behövlig information och faciliteter.

Systemet som utvecklades inom projektet har under projektets gång vidareutvecklats till att uppfylla mer möjligheter än vad som var nödvändigt för projektets genomförande. Programvaran som styr WICE enheterna har modifierats och utvecklats för att kunna sända data i realtid och innehålla mätupdrag som kan abonnera på valfria signaler tillgängliga i bilarna utan att behöva programmeras om. Hela back-end systemet för hantering av data och styrning av algoritmer har också designats på ett mer generiskt sätt så att andra behov inom bilindustrin kopplat till utläsning och analys av signaler kan tillgodoses.

Volvo Cars har under projektets gång allokerat mer resurser än vad specificerats i ansökan då företaget förstår och värdesätter nyttan med projektet. Resultatet från projektet utgör nu en värdefull tillgång för framtida testning av nya innovationer kopplat till användning av signaldata från bilar.

Under projektet initierades ett nytt samarbete med University of Cologne och Karlsruhe Institute of Technology i Tyskland. Dessa två universitet bedriver forskning med liknande inriktning. Samarbetet resulterade i publikation 8 i projektet publikationslista och visar på ett ökat samarbete mellan universitet och institutioner för högre utbildning.

I ansökan angavs följande:

*The project will have most impact on the following sub-program research fields:*

- *Development methods for verification and validation*
- *Digital user interface*

Inom projektet har metodik utvecklats för att kombinera användandet av kvalitativa och kvantitativa data för att stärka validitet av resultat. Dessa metoder har utvecklats i samarbete med annan forskargrupp på Chalmers. Genom att samarbeta tvärs akademiska grupperingar har kraftfull metod utvecklats som tjänar både akademi och industri. Metoderna beskrivs i publikation 4 och 7 i projektets publikationslista.

Angreppssättet att successivt presentera och lära ut användandet av en avancerad funktion är något som bilindustrin generellt sätt brister inom. Det gäller generellt inom bilindustrin och framför allt om man jämför med andra branscher så som mjukvaruutveckling. Oftast refereras det till en användarmanual där kunden själv skall leta upp informationen och lära sig funktionen separerat från körtillfället. I detta projekt tas ett nytt angreppssätt där användaren långsamt introduceras till en funktion och där lärandet anpassas till respektive individs progress. De lyckade resultaten från projektet som visar att det faktiskt går att applicera ett realtidsbaserat lärande under körning ger ny kunskap om hur digitala multi-modala interaktioner bör designas i framtida bilar.



I ansökan angavs även följande:

*The following results are expected in the project:*

- *New validated method for data collection, analysis and synthesis*
- *New methods to analyse and understand fulfilment of design intent for driver support functions*
- *New method to modify native on-board system in production cars*
- *Development and implementation of new prototype platform (communication pipe-line) for data collection and data input to production cars*
- *Licentiate thesis and doctoral thesis - Publication of several research papers*
- *New knowledge of how users can be stimulated to use certain systems*

*Methods and tools developed in this project will be applicable in a more general sense including usage of any function.*

Samtliga av dessa punkter utom en har levererats under projektet. Det som inte genomfördes var att utveckla ny metod för att modifiera system i bilen med produktionsstatus (punkt på rad 3 ovan). Avsikten med denna punkt när ansökan skrevs var att utveckla en front-end applikation som kunde köras via en av produktions-skärman i bilen. Rent tekniskt hade det varit möjligt men det skapar andra problem som skulle innebära för stora insatser och risker för att lösa inom ramen för projektet. I stället valdes att montera en separat mobiltelefon bredvid produktions-skärmen som fungerade som en utökad yta till skärmen för kommunikation.

Under hela projektets gång har en doktorand varit del av bemanningen. Doktoranden har tagit licentiatexamen under projektet och har även skrivit sin doktorsavhandling. Dock har ej disputationen ägt rum än. Projektet har resulterat i 10 vetenskapliga publikationer.

## 7 Spridning och publicering

### 7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Då projektet har varit utmanande att lösa rent tekniskt så har många olika avdelningar inom Volvo Cars varit inblandade. Detta har medfört att projektet har presenterats brett över hela företaget. Bara det till synes enkla uppdraget att identifiera vilka signaler som behövdes för att bygga den styrande algoritmen som analyserar bilsignalerna och fattar beslut om vilka meddelanden som skall kommuniceras har krävt kontakt med mängder av funktionsägare på Volvo Cars. Projektet har även presenterats på forum för spridning av forskningsresultat hos både Volvo Cars och på Chalmers. Flera av resultaten från projektet har presenterats på vetenskapliga konferenser och publicerats i vetenskapliga tidskrifter.

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	x	Projektet har bidragit till förståelsen för hur avancerade funktioner kan läras ut till förare under körning.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	x	Utvecklad pipe-line för läsning av data, analys och syntes kommer användas i framtida liknande testning för nya innovationer inom bilindustrin.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	x	Det är osäkert att vid denna tidpunkt kunna garantera att resultaten kommer att implementeras i produkt. Dock finns det stor sannolikhet för att nyförvärvad kunskap kommer utredas för implementation.
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

### 7.2 Publikationer

1. Orlovska, J., Wickman, C. and Söderberg, R., 2019. Capturing Customer Profile Enables in-Vehicle User Identification: Design for Data-Based User Behavior Evaluation. In Research into Design for a Connected World (pp. 665675). Springer, Singapore. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-981-135977-4\\_56](https://doi.org/10.1007/978-981-135977-4_56).
2. Orlovska, J., Novakazi, F., Wickman, C., & Soderberg, R. (2019, July). Mixed-Method Design for User Behavior Evaluation of Automated Driver Assistance Systems: An Automotive Industry Case. In Proceedings of the Design Society (Vol. 1, No. 1, pp. 1803-1812). Cambridge University Press.

3. Orlovska, J., Wickman, C., & Söderberg, R. (2020). Naturalistic driving study for Automated Driver Assistance Systems (ADAS) evaluation in the Chinese, Swedish and American markets. *Procedia CIRP*, 93, 1286-1291.
4. Orlovska, J., Novakazi, F., Lars-Ola, B., Karlsson, M., Wickman, C., & Söderberg, R. (2020). Effects of the driving context on the usage of Automated Driver Assistance Systems (ADAS)-Naturalistic Driving Study for ADAS evaluation. *Transportation research interdisciplinary perspectives*, 4, e100093-e100093.
5. Orlovska, J., Wickman, C. and Soderberg, R., 2020, May. The use of vehicle data in ADAS development, verification and follow-up on the system. In *Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference (Vol. 1, pp. 2551-2560)*. Cambridge University Press.
6. Orlovska, J., Wickman, C. and Söderberg, R., 2020. Design of a data-driven communication framework as personalized support for users of ADAS. *Procedia CIRP*, 91, pp.121-126.
7. Novakazi, F., Orlovska, J., Bligård, L. O., & Wickman, C. (2020). Stepping over the threshold linking understanding and usage of Automated Driver Assistance Systems (ADAS). *Transportation research interdisciplinary perspectives*, 8, 100252.
8. Ebel, P., Orlovska, J., Hünemeyer, S., Wickman, C., Vogelsang, A., & Söderberg, R. (2021). Automotive UX design and data-driven development: Narrowing the gap to support practitioners. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 11.
9. Orlovska, J., Wickman, C., & Söderberg, R. (2021). Real-time Personalized Driver Support System for Pilot Assist Promotion in Different Traffic Conditions. *Procedia CIRP*, 104, 26-31.
10. Orlovska, J., Wickman, C., Söderberg, R., Bark, D., Carlsson, C., & Gustavsson, P. (2022). Design and implementation of PA Coach application: a first validation study. Submitted to: *Transportation research interdisciplinary perspectives*, (Submitted: 2022, June 29).

## 8 Slutsatser och fortsatt forskning

Sammanfattningsvis kan nämnas att båda projektparter anser att i detta projekt har varit extremt fruktsamt och uppfyllt de förväntningar som ställdes på projektet. En av de stora slutsatserna är att det faktiskt är möjligt att designa interaktion för lärande i en bilkontext. Även i den relativt enkla multi-modala form som implementerats i detta projekt. Detta resultat kommer bli föremål för fortsatta utredningar inom Volvo Cars då det anses att introduktion av avancerade funktioner i dagens moderna bilar är nödvändig. Inte bara växer funktionsutbudet utan funktionerna ökar även i komplexitet. För många funktioner är samspelet mellan människa och vad funktionen utför svårbegripligt och

kräver tillvänjning, transparens och vägledning för att funktionen skall användas av föraren över huvud taget. Detta gäller i synnerhet funktioner för hel- och semiautomatisering så som PA, parkeringssupport, olika typer av backhjälp och i framtiden system för autonom körning. Detta projekt har visat att det finns metoder som effektivt kan stödja ett kontinuerligt lärande under användning vilket kommer inspirera till fortsatt arbete inom området.

Framtida forskning inom området bör fokusera på hur personifierad kommunikation mot en förare bör utformas. Alla individer är olika och störs i olika grad av påtvingad information. I den design som utformades i detta projekt kunde inte föraren interagera med applikationen förutom genom att följa rekommendationer, varningar och påtalade misstag. Det fanns ingen möjlighet för användaren att anpassa hur meddelanden förmedlades, hur ofta de skulle förekomma etc. Ett lärande system som detta bör vara mycket mer sofistikerat utformat för att fungera i en produktionsklar produkt. Här behövs mer forskning.

## 9 Deltagande parter och kontaktpersoner



### **Casper Wickman**

Senior Technical Leader, UX | Design

+46 (0)723 716087

[casper.wickman@volvocars.com](mailto:casper.wickman@volvocars.com)



**CHALMERS**

### **Rikard Söderberg**

Prefekt vid Institutionen för industri- och materialvetenskap.

Professor på avdelningen för Produktutveckling och  
föreståndare för Wingquist Laboratory.

+46 (0)31 7728617

[rikard.soderberg@chalmers.se](mailto:rikard.soderberg@chalmers.se)