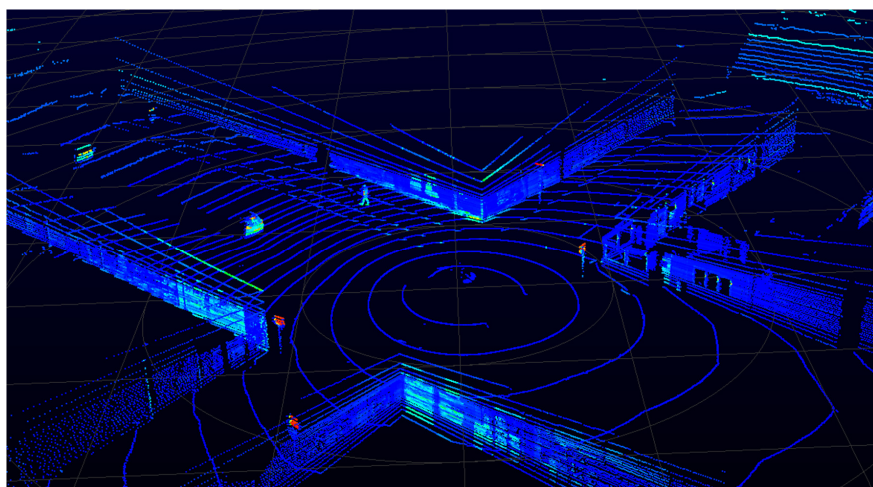


Kompetensuppbyggnad LiDAR

Publik rapport



Författare: **Jesper Ekstener**
Datum: **2020-02-04**
Projekt inom **Trafiksäkerhet och automatiserade fordon**

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation



Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	4
2 Executive summary in English.....	4
3 Bakgrund.....	5
4 Syfte och metod	5
5 Mål	5
6 Resultat och målpuppfyllelse	6
6.1 State of the art: LiDAR som fordonssensor (AP1)	6
6.2 State of the art: LiDAR som testutrustning (AP2)	6
6.3 Process for användning av LiDAR (AP3).....	6
6.4 Datahantering från prov (AP4)	6
6.4.1 Visualisering i VeloView	6
6.4.2 Linjedetektion	7
6.4.3 Punktmoln	7
6.5 Genomförande av mätserier (AP5)	8
6.5.1 Euro NCAP.....	8
6.5.2 Scanning för 3D-punktmoln.....	9
6.5.3 Prestanda som referenssystem.....	10
7 Spridning och publicering	11
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	11
7.2 Publikationer.....	11
8 Slutsatser och fortsatt arbete.....	11
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	11
10 Bilagor	12
10.1 Bilaga 1 – Rapport AP1 LiDAR & LiDAR som fordonssensor	12

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.

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Light Detection and Ranging (LiDAR) är en sensorteknik som använder ljus i specifika våglängder (vanligast runt 900nm och 1500nm) för att mäta avstånd till punkter. Genom att sätta ihop många av dessa punkter tillsammans med data för position och orientering av sensorn kan man skapa ett punktmoln likt en 3D-bild av omgivningen.

Under detta projekt har AstaZero genom litteraturstudier, demonstrationer, tester och dataanalys byggt upp kompetens kring LiDAR, främst som referenssystem i testverksamhet men även som integrerad fordonssensor. Den litteraturstudie som gjordes i början av projektet (Arbetspaket 1) gav en bild av tekniken som LiDAR-sensorer bygger på samt hur långt tekniken är gången i dagsläget. Sammanfattningsvis behöver sensorerna bli billigare och tillförlitligare innan de är redo att användas i hög skala i produktionsbilar. LiDAR-baserade referenssystem har valts ut och köpts in. Dessa har sedan använts i tester på provbanan. Ett antal Euro NCAP tester valdes ut för att se hur dessa "upplevs" genom LiDAR-sensorn. Resultatet visade att det enkelt går att urskilja de målobjekt som redan används. Enklare analyser av data har gjorts genom tillverkarens visualiseringsmjukvara där man bland annat kan mäta avstånd och reflektivitet.

2 Executive summary in English

The aim for this project has been to increase the knowledge about LiDAR sensors at AstaZero. LiDAR (Light Detection and Ranging) is a technology where a sensor uses laser (in wavelengths around 900nm and 1500nm) to determine the distance between the sensor and a point which is illuminated by the sensor. By doing so and combining multiple points with data about the sensors position and orientation, it is possible to create point clouds, almost like 3D images. In an automotive context, these point clouds give an autonomous car a much more detailed picture of the surroundings than for example a radar sensor.

The project is divided into 5 different work packages (WP:s). In work package 1 and 2, State of the Art (SOTA) analyzes were made to investigate the technologies behind LiDAR sensors and what status the sensors have today. Both automotive LiDAR sensors and sensors for reference measurements was investigated. Regarding the automotive sensors, the conclusion was that the cost must be lower, and the robustness must increase before the sensors can be implemented into production-ready systems. For the reference system, a requirement specification was presented and from this, a LiDAR system was bought.

In work package 3, the focus was to build knowledge about the acquired LiDAR-system (A Velodyne VLP-16). Routines about how to install, handle and run the system was written.

Work package 4 contained "Data management from tests". In this work package a lot of work in Velodyne's visualization software VeloView was made. A manual that describes how to do simple analysis was written and some easier analysis (for example distances and reflectivity) was made for all the tests performed in WP 5. Some work to, from log files, automatically distinguish lane markings with the help of a script was made as well.

During work package 5, multiple predefined tests from Euro NCAP test protocols were performed with the LiDAR reference system. This was made to increase the comfort of using the system and to evaluate whether the LiDAR can see the target objects that is normally used during these tests. Results from the tests showed that the targets were easy to distinguish in the data that visualized the reflectivity intensity of the objects.

The conclusion of the project is that it has given AstaZero an increased competence in LiDAR technology and in using LiDAR-systems. This will benefit both customers and researchers since they will have the possibility to have both equipment and support for their projects.

3 Bakgrund

Med introduktionen av LiDAR (både som komplement och ersättare till kamera och radar) i nya bilar kommer behovet att testa och verifiera dessa system att öka. I takt med att utvecklingen går snabbare och nivån på förarstöd- och autonoma system ökar, kommer också kraven på tester att öka, både i antal och kvalitet. Det är viktigt att kompetens och förståelse kring dessa system byggs för att kunna tillmötesgå de nya kraven. Ett ökat och på vissa sätt nytt testbehov innebär både möjligheter och utmaningar, bland annat kan tester och målobjekt behöva anpassas till de nya sensorena beroende på hur dessa ser omgivningen jämfört med de som används idag. Det finns också utmaningar i att driftsätta avancerade mätsystem. Möjligheten som i första hand kommer uppstå är det ökade testbehovet och därmed också en ökad verksamhet. Projektet ämnar således adressera några av både möjligheterna och utmaningarna och totalt sett höja AstaZeros förmåga att stödja den forskning som bedrivs i området samt utveckling av förarhjälp- och autonoma system som stöds av LiDAR-baserade sensorsystem.

4 Syfte och metod

Projektets syfte har varit att bygga kompetens kring LiDAR. Dels att förstå hur tekniken fungerar för att kunna avgöra skillnader på olika sensorer och hur de påverkar mätningar och prestanda, men också att bygga kompetens kring hantering av testutrustningen som används i verksamheten samt kunna hantera den data som utrustningen genererar. Genom litteraturstudier och möten med kunniga personer inom industrin har deltagare i projektet fått en bra kunskap kring hur LiDAR och mätsystem baserade på LiDAR fungerar. För att bygga kompetens kring användningen av mätsystem har ett flertal tester gjorts och rutiner för hantering av utrustningen har tagits fram. Det har också gjorts enklare analyser av data samt tagits fram script för att i ett första steg kunna automatisera analysen.

5 Mål

Följande målsättningar (kursiv text) sattes då planeringen och projektansökan skapades, under varje mål redogörs kort huruvida målen har uppnåtts och vad som har åstadkommit.

Efter genomfört projekt ska AstaZero ha ökat sin kunskap och förmåga avseende:

- *LiDAR-system som integreras i fordon och kommer att bli en kompletterande sensor till dagens kamerasytem och radar.*
 - ✓ AstaZero har byggt kunskap kring varför en LiDAR i vissa fall fungerar bättre (eller sämre) än dagens kamera- och radarsystem och hur de kan komplettera varandra för att öka prestanda i ett ADAS- eller AD-system.
- *Översikt över hur målobjekt behöver anpassas för att säkerställa att verifiering av LiDAR-system. Valt ut ett LiDAR-system och införskaffat det till banan.*
 - ✓ Mätningar på bil- och fotgängarmål har gjorts för att se hur de uppfattas av sensorn. LiDAR system har införskaffats.
- *Upprättat processer och rutiner för installation av systemet på fordon, praktiskt handhavande samt hur man tar hand om den genererade datan.*
 - ✓ Instruktioner för installation, användning och dataanalys har tagits fram.
- *Ha förmågan att konvertera datan på ett format som kan användas av visualiserare och simuleringsverktyg.*
 - ✓ Genom valet av sensortillverkare kan data direkt samlas in i ett format som kan användas för visualisering. Simulering har inte berörts.

6 Resultat och måluppfyllelse

Här presenteras resultatet från det arbetet som gjorts under respektive arbetspaket.

6.1 State of the art: LiDAR som fordonssensor (AP1)

Under AP1 gjordes en litteraturstudie som resulterade i en rapport (Bilaga 1 – Rapport AP1 LiDAR & LiDAR som fordonssensor).

I rapporten berörs LiDAR i allmänhet och teorin bakom tekniken samt skillnaden på olika typer av sensorer. Här presenteras också ett antal olika företag som jobbar med LiDAR som fordonssensor.

6.2 State of the art: LiDAR som testutrustning (AP2)

Alternativen för LiDAR som en testutrustning är få. Det finns egentligen två olika varianter i dagsläget. Den första lösningen är ett referenssystem där flera enklare sensorer kopplas samman för att ge en god överblick kring ett fordon. Denna lösning kräver en mer permanent installation av referenssystemet, vilket gör det svårt att enkelt flytta det mellan fordon. Dessa referenssystem är ofta integrerade med bilens egna system.

Den andra varianten består av större och mer avancerade sensorer, dessa är ofta roterande och kan därför, beroende på placering, täcka in ett helt fordon med endast en sensor. Dessa är enklare att flytta mellan fordon och fungerar mer som ett externt system som skickar rena mätdata, till exempelvis en loggutrustning. Sensorn som köpts in faller under denna kategori och är en Velodyne VLP-16.

Under detta arbetspaket genomfördes även två demonstrationer av Velodyne-sensorer på AstaZero. Detta låg också som underlag för de sensorer som senare valdes ut.

6.3 Process for användning av LiDAR (AP3)

Det har tagits fram två manualer för användning och hantering av de LiDAR-sensorer som köpts in. En manual beskriver hur man installerar och startar upp sensorn, den andra beskriver hur man använder sensorn under test och tar bland annat upp hur man spelar in loggfiler.

6.4 Datahantering från prov (AP4)

Datahantering har genom projektet behandlats på tre olika sätt. Under större delen har programmet VeloView använts. Det är en visualiseringsmjukvara som är direkt kompatibel med Velodyne-sensorer. VeloView har främst använts för att samla in data, men är också ett verktyg i processen för att installera sensorer och går att använda för att göra enklare analyser. En annan del av AP4 har varit att ta fram ett script för att i efterhand kunna detektera linjer från insamlade data. I AP4 har även data från andra referenssystem samlats in för att kunna bygga upp 3D-punktmoln baserat på den LiDAR-data som samlas in.

6.4.1 Visualisering i VeloView

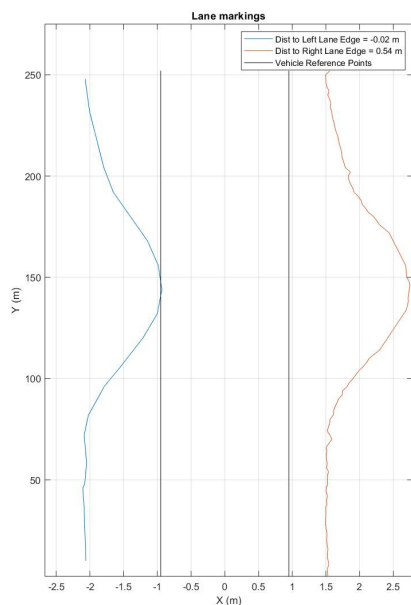
VeloView är Velodyne's egna visualiseringsmjukvara och den har under projektet använts till att göra enklare analyser av LiDAR-data, både i "livedata" samt loggad data. Bland annat kan man genom att titta på data live göra justeringar på sensorns position i realtid. VeloView har också använts för att göra enklare mätningar av avstånd mellan sensorn och olika punkter i datan. VeloView läser den PCAP¹-data som kommer direkt ifrån sensorn. Det är ett filformat som Velodyne själva har utvecklat, och det går att exportera till CSV-format för export till andra mjukvaror.

¹ Packet Capture

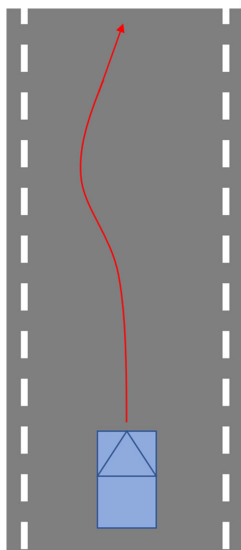
6.4.2 Linjedetektion

För att i projektet få möjlighet att arbeta med ett konkret exempel från verksamheten valdes ett LKA²-test ur Euro NCAP³:s testprotokoll för LSS⁴-tester. När dessa tester körs i den dagliga verksamheten används referenser inmätta med INS⁵- & GNSS⁶-system för att avgöra var i testfordonets koordinatsystem vägmarkeringarna befinner sig.

Under testerna som kördes i detta projekt byttes referenssystemet baserat på INS & GNSS ut mot en LiDAR-sensor. Datat från LiDAR:n kördes sedan genom ett MATLAB-script som filtrerar ut ointressanta punkter och detekterar de linjer närmast testfordonet. Utifrån dessa punkter skapas en referenslinje utmed vägmarkeringarna och den linjen kan sedan användas för att utvärdera ett prov. Figur nedan visar hur detta ser ut där vägmarkeringarnas avstånd till testfordonet (X) förändras över den körda sträckan (Y). Avståndet visas utifrån fordonets koordinatnät, därför är fordonets referenser konstanta och linjerna ser ut att "flytta på sig". Figur visar fordonets bana i verkligheten.



Figur 1



Figur 2

Kommenterad [HB1]: Varför är Vehicle Reference Points i figur 1 konstanta?

Kommenterad [JE2R1]: Förklaring tillagd

6.4.3 Punktmoln

Under projektet har ett betaprogram från Oxford Technical Solutions (OxTS) använts för att få en grundläggande förståelse gällande skapande av punktmoln. Genom att kombinera data från en LiDAR med positionsdata från ett INS-system kan man "platsbestämma" varje enskild punkt som LiDAR:n samlar in. För att få ett bra resultat från en mätning/scanning krävs att båda systemen är noga inställda och inmätta.

² Lane Keeping Assist

³ European New Car Assessment Programme

⁴ Lane Support Systems

⁵ Inertial Navigation System

⁶ Global Navigation Satellite System

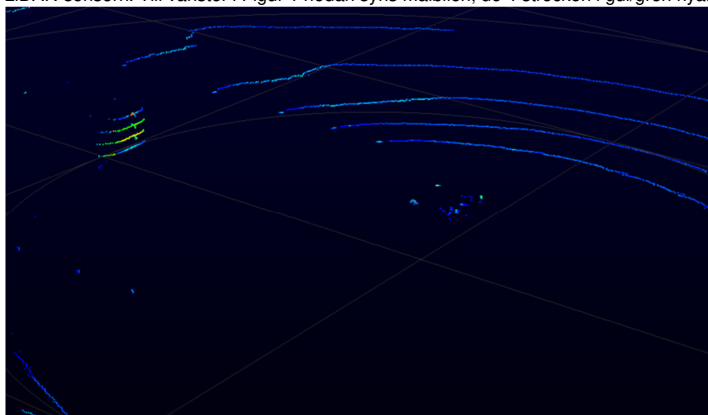
6.5 Genomförande av mätserier (AP5)

6.5.1 Euro NCAP

Euro NCAP-tester är en central del av verksamheten på AstaZero. Därför valdes olika tester ut från Euro NCAP:s testprotokoll och genomfördes samtidigt som data samlades in med LiDAR-systemet. Nedan presenteras 4 olika test som genomfördes.

CCRs/m

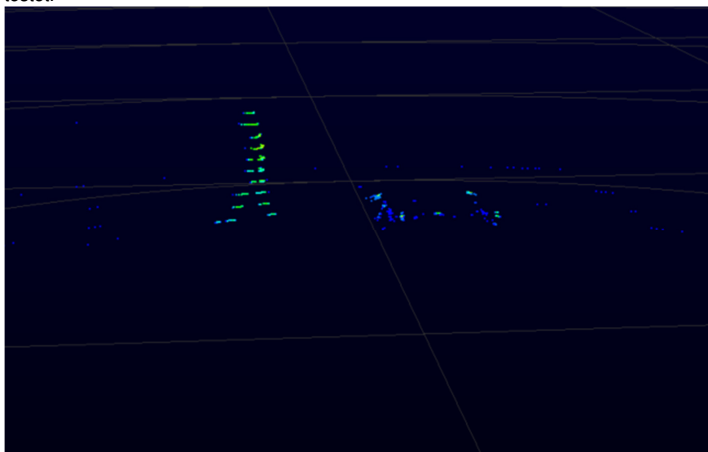
Car-to-Car stationary/moving är ett AEB-test där testbilen närmar sig en målbil bakifrån. Tester med en hastighetsskillnad på 10 km/h, 20 km/h och 30 km/h kördes för att se hur målbilen uppfattades av LiDAR-sensorn. Till vänster i Figur 1 nedan syns målbilen, de 4 strecken i gul/grön nyans.



Figur 1

CPNA

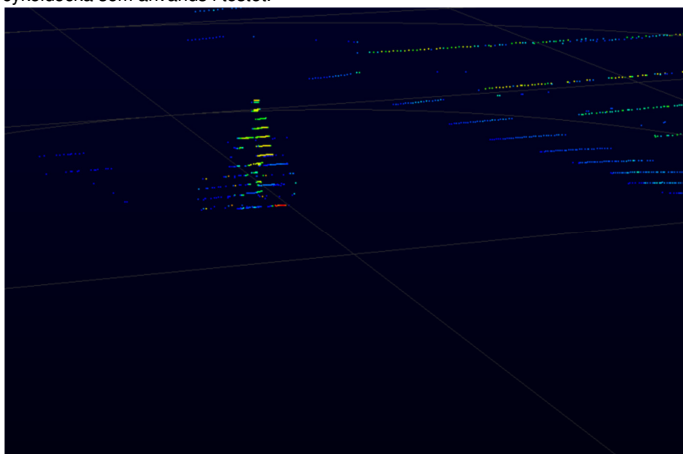
Car-to-Pedestrian Nearside Adult, är ett AEB-test som efterliknar en vuxen fotgängare (docka) som kliver ut på gatan framför en bil från höger sida sett. Tester kördes där fotgängaren rör sig i 5 km/h och testbilen kör mot dockan i 10 km/h, 20 km/h och 30 km/h. I Figur 2 nedan syns den docka som används i testet.



Figur 2

CBNA

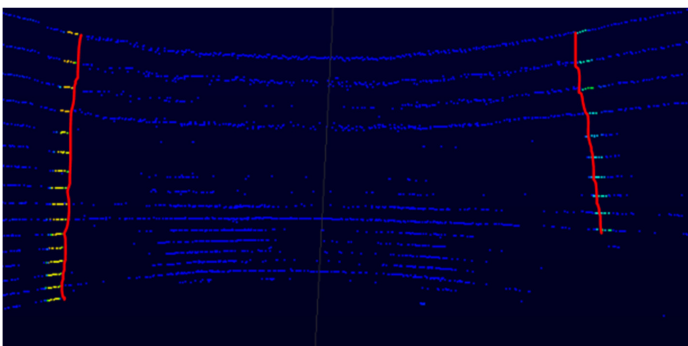
Car-to-Bicyclist Nearside Adult är ett AEB-test som efterliknar en cyklist (docka) som åker ut på gatan framför en bil från höger sida sett. Vanligtvis åker cykeldockan i 15 km/h men i detta test stod den stilla framför testbilen som kördes mot dockan i 10 km/h, 20 km/h och 30 km/h. I Figur 3 nedan syns den cykeldocka som används i testet.



Figur 3

LKA

LKA är en del av LSS-testerna och testar bilens förmåga att hålla sig inom vägmarkeringar. Testet kördes för att se hur LiDAR-sensorn uppfattar dessa vägmarkeringar. I Figur 4 nedan visas hur linjerna kan urskiljas (grönt/gult/orange mot blått) från asfalten. Den röda linjen är tillagd i efterhand för att visa var linjens kant finns.



Figur 4

6.5.2 Scanning för 3D-punktmoln

Under projektets senare del har det gjorts flera scanningar i samarbete med ett annat FFI-projekt: Digitalt AstaZero. Genom att utföra dessa har vi byggt kunskaper kring vad som är viktigt vid just mätningar för skapandet av punktmoln. Det har även gjorts scanningar med fokus på vägmarkeringar för att dessa ska kunna ha extra hög noggrannhet i punktmolnen.

6.5.3 Prestanda som referenssystem

Att kunna använda LiDAR-systemet som referenssystem är möjligt. Men för den information och med den noggrannheten som AstaZero idag behöver i många tester räcker de vanligaste LiDAR-systemen inte till. Det är främst två punkter som påverkar detta.

1. Datats frekvens:

För att köra många test krävs en frekvens på minst 100Hz och det når inte LiDAR-sensorn upp till.

2. Objektspårning:

Från LiDAR-data krävs handpåläggning för att kunna spåra objekt under ett test. Detta är något som saknas i det system som används idag.

Kommenterad [HB3]: Om det finns inbyggt idag, varför behövs handpåläggning och varför räcker detta inte till?

Kommenterad [JE4R3]: Felskrivning, det saknas idag.



7 Spridning och publicering

Förutom denna rapport har inga publiceringar från projektet gjorts. Syftet med projektet har främst varit att bygga kompetens inom företaget för att kunna gynna oss, våra industripartners och övriga kunder. Det är också mellan dessa parter som kompetens och information kommer spridas.

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Parallellt med detta projekt har AstaZero drivit FFI-projektet "Digitalt AstaZero". Kompetens som byggts i detta projekt gällande hantering av LiDAR-sensorer och datainsamling har en direkt koppling till Digitalt AstaZero. Den hårdvara som köpts in under detta projekt kommer fortsättningsvis också att användas i projektet Digitalt AstaZero.

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Kompetens och utrustning från projektet planeras att användas i FFI-projektet "CONVICTION".
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Projektet har möjliggjort framtida utveckling av ett LiDAR-baserat referenssystem för linjedetektion.
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

7.2 Publikationer

Projektet har inte genererat några publikationer.

8 Slutsatser och fortsatt arbete

Projektet har uppfyllt de målsättningar som gjordes innan projektstart. Genom de olika arbetspaketen i projektet har AstaZero förbättrat kompetensen kring LiDAR och hur LiDAR används inom fordonsindustrin. AstaZero har också byggt kompetens kring användning av LiDAR som referensmätningssystem. Detta ger oss möjligheten att stödja våra kunder som finns i närliggande industrier samt forskningsprojekt inom området. Fortsatt arbete kommer ske genom att bistå andra projekt med utrustning och support.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

AstaZero är ensam part i projektet, kontaktpersoner från AstaZero är:

Monica Ringvik
Teknikchef
Monica.ringvik@astazero.com

Jesper Ekstener
Testingenjör
Jesper.ekstener@astazero.com

10 Bilagor

10.1 Bilaga 1 – Rapport AP1 LiDAR & LiDAR som fordonssensor