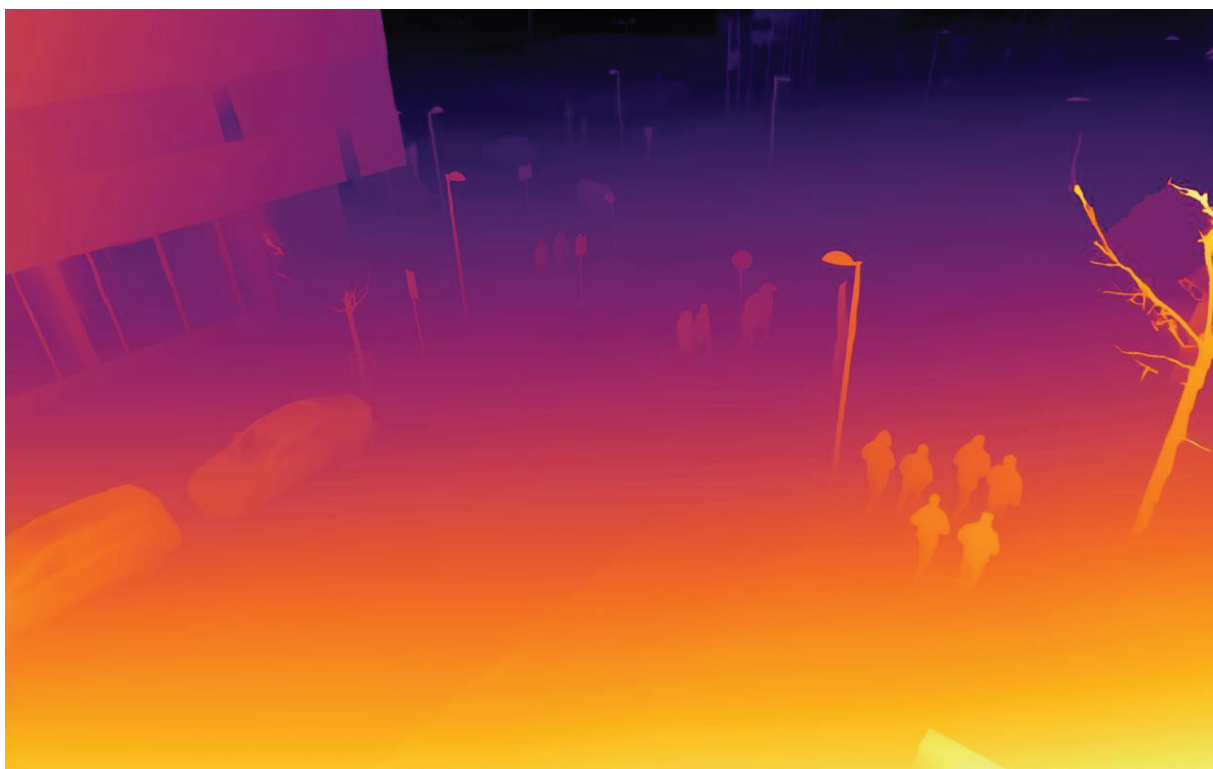


# Infrastrukturbaserade 3D-inmätningar för att förstärka trafiksäkerheten hos automatiserade fordon - 2021-05064

Publik rapport



Författare: Björn Crona, XENSE Vision AB  
Datum: 2023-04-30  
Projekt inom FFI Trafiksäker automatisering

**FFI** Fordonsstrategisk  
Forskning och  
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

# Innehållsförteckning

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

Syftet med projektet har varit att utvärdera hur väl infrastrukturbaserade 3D-inmätningar lämpar sig för att förstärka trafiksäkerheten hos automatiserade fordon. Förstudien har blivit både mycket större än först planerat och långt mer framgångsrikt än vad vi kunnat hoppas. Förutom att ha genomfört tänkta arbetspaket samt nå förväntade resultat så har studien även tagit många kliv mot områden som initialt var planerade till uppföljningsprojekt. Projektet har resulterat i framtagning av en produkt i TRL7.

Resultaten visar på att 3D-inmätningar i allmänhet, och med de stereokameror som utvecklats i projektet i synnerhet, är mycket lämpliga för att förstärka trafiksäkerheten hos automatiserade fordon och att en mycket god prestanda kan uppnås i detektion, klassificering, positionering och målföljning av alla relevanta objekt såsom olika fordon och människor.

## 2 Executive summary in English

The project "Infrastructure-based 3D-measurements to enhance traffic safety of automated vehicles" aims to evaluate how well infrastructure-based sensor data can enhance traffic safety. This is in the study limited to evaluate the quality of the data produced by the sensors and not how well they can be used by automated vehicles. In the pre-study a new system based on stereo cameras has been developed with both hardware and software solutions. The system has been installed at four different locations with different traffic scenarios, one on a test site where any kind of traffic patterns can be tested, one on a three-lane highway, one on a four-way intersection with traffic lights and one in a T-junction with a lot of pedestrians. This way it has been possible to test most kinds of traffic scenarios. It has been identified that automated vehicles will have a limited perception in dense traffic because of occlusions and to overcome this problem, data from infrastructure-based sensors could be a solution. For the vehicles to trust and make use of this data it is however key that the performance and accuracy of the system is very high. From the different test stations we have studied the performance and especially the possibilities to achieve high performance. We have concluded that our concept of combining the point clouds from several stereo cameras into one view for detection and tracking is an efficient way to overcome problems with occlusions from poles, trees and other vehicles. The performance on detection, classification, tracking and positioning can be really high and the main challenge is to achieve a zone large enough for good measurements.

The project is a good candidate for follow-on research studies and there have already been several studies and activities started that mostly investigate how the sensor data can be utilized by automated vehicles in the most efficient way.

Although it is the automated vehicles' usage of the data that really can answer the question of whether this can improve traffic safety, the possibilities with the data itself are very promising.

## 3 Bakgrund

Projektets bakgrund kommer från ett identifierat behov av att förstärka automatiserade fordons perception i tät och komplicerad trafik. Oavsett hur avancerade sensorer ett fordon har så kommer andra fordon att starkt begränsa synfältet i tät trafik. Det finns därför ett behov av att få stöd i perceptionen från andra håll. Dessa andra håll kan vara andra fordon eller mer traditionella sensorer i infrastrukturen. I många användarfall fungerar dessa tillvägagångssätt bra, men i tät trafik med fotgängare inblandade så är positioneringsnoggrannheten kritisk vilket får dessa tillvägagångssätt att inte fungera tillfredsställande. Projektet såg därför att 3D-baserade inmätningar skulle kunna sitta på lösningarna för många av dessa problem och ansatsen var att kunna testa hur väl detta kunde fungera ur sensorperspektiv. Frågeställningar kring hur väl detta kan användas av automatiserade fordon låg utanför projektplanen, men under projektets gång

har flera olika diskussioner och projekt startats tillsammans med fordons- och telekomindustrin för att börja titta på även dessa frågeställningar.

## 4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Syftet har varit att besvara huvudfrågan hur väl infrastrukturbaserade 3D-inmätningar lämpar sig för att förstärka trafiksäkerheten hos automatiserade fordon. Metoden har varit att ta fram ett stereokamera-baserat system som kan använda sig av flera olika stereokameror samtidigt för att undvika skymningseffekter och bygga upp större zoner. Dessa system har sedan installerats på olika platser för att kunna förfina prestandan och utvärdera den. Framför allt har det viktiga varit att få förståelse för hur bra prestandan skulle kunna bli och vilka faktorer som är begränsade.

## 5 Mål

Målet som det var formulerat i ansökan lyder: "Utvärdera hur väl infrastrukturbaserad 3D-inmätning lämpar sig för automatiserade fordon. Förbereda för fullständigt projekt. Uppnå högre säkerhet och mindre utsläpp."

Den första delen med att se på lämpligheten har följts väl och finns tydligt beskrivet under 6 Resultat och måluppfyllelse.

Den andra delen med att förbereda för fullständigt projekt har på samma gång både följts och inte. Detta finns ytterligare beskrivet under 8 Slutsatser och fortsatt forskning, men kortfattat så har förstudien redan resulterat i uppföljningar inom flera andra projekt och målet med ett fullständigt projekt som specifikt följer på denna förstudie har därför tagits bort.

Den sista delen med att uppnå högre säkerhet och mindre utsläpp var nog lite naivt formulerat. Inom förstudien så har teknik tagits fram som har mycket goda förutsättningar att uppnå dessa mål i framtiden, men det har så klart inte uppnåtts under förstudien.

## 6 Resultat och måluppfyllelse

Förstudien har i första hand försökt förstå vilka begränsningar som finns för olika områden och hur bra prestandan inom dessa områden skulle kunna bli. Eftersom prestandan kontinuerligt kommer att förbättras och nya funktioner tillkomma så har det inte varit målet i detta projekt att nå en så hög prestanda som möjligt utan mer visa på funktionalitet.

Initialt i projekt avsågs att använda färdiga tredjepartsprodukter i så stor utsträckning som möjligt och många olika tester och optimeringar gjordes med kommersiella stereokameror och byggsatser på prototypnivå. Även om vissa av dessa hade en hel del tilltalande aspekter så föll de tillslut på en eller annan begränsning inom prestandan som gjorde att de inte fullt ut gick att använda för tilltänkt tillämpning. Detta resulterade i att vi under projektets gång tog fram en egen hårdvara som grundar sig på stereokamerateknik men även lämnar konfigurationsmöjligheter för att ha med ytterligare kameror eller andra sensorer. Detta resulterade i att projektet både tog längre tid och blev dyrare än först avsett, men resultaten blev samtidigt oerhört mycket bättre och har resulterat i en produkt i sent prototypstadiet, enligt vår bedömning TRL7, som vi bedömer har goda kommersiella möjligheter.

För att kunna testa flera olika sorts trafiksituationer har vi installerat sensorer på fyra olika platser som tillsammans täcker in mycket av det vi vill kunna testa. Dels på en testbana där valfria trafiksituationer kan skapas. Dels på en trefilig motorväg. Dels i en fyrvägskorsning med trafikljus och dels i en T-korsning utan trafikljus och stor andel fotgängare.

Följande är förstudiens olika arbetspaket och hur arbetet med dessa har fortskridit under projektet:

#### **Följa alla fordon, oskyddade trafikanter samt andra objekt genom hela trafikplatsen.**

Detta har genomförts väl. Det går att få väldigt hög prestanda inom detta område men utmaningarna ligger inom hur stor zon som kan täckas in med tillfredsställande prestanda samt hur objekt som skyltar och träd skymmer i zonen om det inte finns kompletterande sensorer som täcker in dessa områden från andra vinklar. Just delen med hur vi kan kombinera inmätningar från flera olika situationer för att sedan detektera objekt är något som vi ser som en väldigt stor styrka med vår lösning.

#### **Utföra klassificering på alla objekt.**

Här har vi sett hur punktmolnen från stereoinmätningarna är ett oerhört effektivt verktyg för att kunna klassificera med hög prestanda. Att kombinera det med neural nätverksklassificerare för gråskalebilder gör det ännu mer effektivt och gör att klassificeringen kan bli ännu mer finmaskig. Under projektets gång har fokus legat mer på hur klassificeringen ska göras och vad som är möjligt att uppnå snarare än att få till högsta möjliga prestanda med en specifik klasstabell. Det viktigaste just med ett fokus mot automatiserade fordon är att förstå vilken klassdata som är viktig för fordonet och hur pass säker denna är. I diskussion med fordonsbranschen ser vi att det finns stora möjligheter att kunna förbättra trafiksäkerheten genom att till exempel kunna förstå vilka fotgängare som är barn och att kunna skilja ut en fotgängare som åker sparkcykel. Detta är ett område där vi fortsatt arbetar mycket aktivt och som lämpar sig väl för olika former av uppföljningsstudier.

#### **Prediktera framtida bana.**

Detta område har inte tagit upp så stor del av projektet som var tänkt från början. Dels såg vi att det är viktigare att uppnå hög prestanda på övriga delar och dels så insåg vi komplexiteten i frågan. Hur ska detta rapporteras till fordon och hur ska fordon kunna fatta beslut på prediktioner? Ska alla möjligheter tas med eller bara den med högst sannolikhet? I projektet så testade vi trots allt att göra lite enklare modeller och kunde se att på platser där en majoritet av fordonen svängde så gjorde även prediktionsmodellen det vilket uppfyllde vårt mål om att estimerade bättre än en enkel extrapolering.

#### **Kontinuerligt skicka information om alla objekt såsom, position, storlek, klass och estimerad framtida bana.**

Detta har framgångsrikt implementerats både mot ett användargränssnitt och mot molnlösning som sedan kan skicka vidare informationen till automatiserade fordon. Vår kunskap har stärkts kring nödvändiga format, fördröjningar och liknande.

#### **Utvärdera prestanda.**

Mindre fokus har lagts på att utvärdera prestandan i enskilda installationer vid specifika tillfällen. Det intressanta är vad som är möjligt att uppnå, framför allt när automatiserade fordon väl börjar använda sig av teknologin, men även på lite kortare sikt. Vi har därför inte försökt optimera någon prestanda och heller inte detaljerat utvärderat den. Det vi kan se är att det går att uppnå väldigt hög prestanda redan nu och vi har identifierat vilka områden som kan ytterligare förbättras och hur.

#### **Bidrag till FFI:s mål**

Framför allt har förstudien kunnat bidra till vissa mål på delprogramnivå inom FFI Trafiksäker automatisering. Det handlar främst om integration mellan fordon och infrastruktur, inklusive system för fordonslokalisering. Även säkerheten för trafikanter utanför fordonet har varit en viktig del, och i uppföljningsprojekt så kommer säkert detta att kunna spela en stor roll för att hjälpa till att skapa säkrare automatiserade fordon.

## 7 Spridning och publicering

### 7.1 Kunskaps- och resultatsspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Framför allt i kommunikation med partners och potentiella kunder
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Har redan startat och planeras att fortsätta med ännu fler projekt. Se under 8 Slutsatser och fortsatt forskning
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Har redan applicerats till stor del inom produktutvecklingsprojekt
Introduceras på marknaden	X	Är redan i startgroparna för kommersiell försäljning
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

### 7.2 Publikationer

Inga andra publikationer än denna rapport har gjorts. Det är inom olika uppföljningsprojekt som intressanta publikationer kan ske.

## 8 Slutsatser och fortsatt forskning

Projektet har visat att det stereokamerasystem som har tagits fram under projektets gång har mycket goda förutsättningar för att med hög prestanda kunna detektera, klassificera, positionera och följa olika objekt samt skicka detta till automatiserade fordon med låg fördröjning. Hur väl detta sedan verkligen skulle kunna förbättra säkerheten hos automatiserade fordon är fortfarande oklart, men heller inte en del av förstudien. Just olika frågeställningar kring hur fordon bäst kan använda denna typ av data är områden som lämpar sig mycket väl för fortsatt forskning och där projekt som hänger ihop med detta redan har inletts eller planeras.

Projektet Entice inom initiativet Avancerad Digitalisering där XENSE Vision deltar tillsammans med Volvo Cars, Telenor och KTH, tittar bland annat på hur mycket fordonet kan lita på den data som levereras av sensorer i infrastrukturen. Projektet är på många sätt en fortsättning på denna förstudie som börjar titta på en del av de öppna frågor som finns med ett fokus på hur fordonet kan ha användning av infrastrukturbaserade 3D-inmätningar. XENSE Visions deltagande i projektet hade aldrig kunnat ske utan arbetet som utförts i denna förstudie.

XENSE Vision blev hösten 2022 antagna till MobilityXlab där startups samarbetar med partnerföretag som är 7 av de största företagen inom Mobilitet och Telekommunikation i Sverige. Inom MobilityXlab så driver XENSE Vision ett pilotprojekt med två av partnerföretagen. I projektet är fokus att se på hur stereokameror i infrastruktur kan förstärka ett fordons perception och hur denna data effektivast skickas till fordonet. Projektet lyfter således upp några av de allra viktigaste aspekterna som behöver undersökas som en följd av denna förstudie. Även detta projekt hade inte kunnat ske utan det arbete som har utförts i förstudien.

Projektet Replay Traffic fick i december 2022 finansiering utav Skyltfonden. I projektet kommer XENSE Vision att visualisera historiska trafikdata så att det är möjligt att analysera orsaker till kritiska situationer i trafiken. Projektet har ingen koppling till automatiserade fordon men däremot till stereokameror monterade i infrastruktur med högsta möjliga prestanda. Även här har förstudien varit en avgörande grund att bygga vidare på för att kunna utföra projektet.

Utöver dessa påbörjade projekt finns flera olika projekt i planeringsstadiet som alla på ett eller annat sätt bygger vidare på resultaten utifrån denna förstudie.

I förstudien så låg fokus så gott som uteslutande på de egna stereokamerasystem som utvecklades. Det skulle kunna vara intressant att titta på vilka andra sorts sensorer som skulle kunna användas för ändamålet och vilka styrkor och svagheter de har. Vi ser framför allt att lidar skulle kunna vara en intressant sensorteknologi. Även radar skulle kunna ha en del fördelar.

De allra mest intressanta aspekterna för fortsatt forskning ligger inom hur det automatiserade fordonet på bästa sätt kan tillgodogöra sig den data som sensorerna i infrastrukturen kan skicka. Hur hanteras på bästa sätt fördröjningar och osäkerheter i positionering och klassificering? Till vilken grad ska beslut i fordonet baseras på detektioner gjorda utanför fordonet? Hur kan fordonets egen perceptionsförmåga bli förstärkt med data från infrastruktur? Det finns många fler relaterade frågeställningar som förtjänar fortsatt forskning.

## 8.1 Jämställdhet

Detta är ett delkapitel vi själva har lagt till eftersom vi upplever att det saknas i slutrapportmallen. I ansökan är jämställdhet en viktig aspekt och det bör även följas upp efter projektet.

Att projektet skulle utföras av män var väl känt från början eftersom alla anställda på XENSE Vision (enda parten i förstudien) är män. Att ha med jämställdhetsaspekter i våra frågeställningar och planer för framtiden har varit viktigt samtidigt som det är en utmaning. Vi har i många av de kontakter som tagits med andra aktörer försökt få in ett kvinnligt perspektiv när det är möjligt och försökt utmana oss själva i när sådana aspekter kan finnas. En av de viktigaste aspekterna vi har kunnat fånga upp är att män oftare kör bil och att åtgärder som ökar säkerheten och tillgängligheten för oskyddade trafikanter är ett sätt att förbättra jämställdheten i trafiken. Framför allt så ser vi att infrastruktursensorer som kommunicerar med både uppkopplade fordon och trafikljus skulle kunna hjälpa till att prioritera buss-, gång- och cykeltrafik samt öka säkerheten och tillgängligheten för barn, äldre samt personer med funktionsnedsättningar.

## 9 Deltagande parter och kontaktpersoner

XENSE Vision AB

Björn Crona, [bjorn.crona@xensevision.com](mailto:bjorn.crona@xensevision.com)