

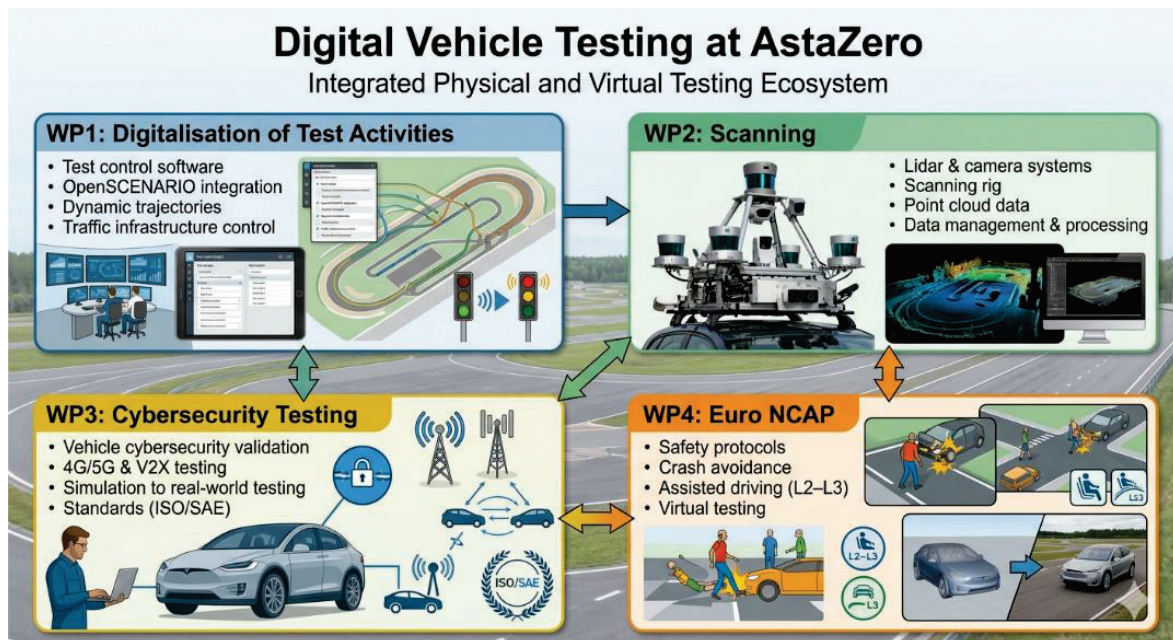
DVT

Digital Vehicle Testing at AstaZero

D.Nr: 2022-01648

Projektrapport

2026-04-30



Projekt inom: FFI - Fordonsstrategisk Forskning och Innovation

Författare: Fredrik Bergquist, Adam Eriksson, Greger Rognelund, Magnus Westling, Fredrik Åkeson, Mats Petersson, Stephan Ryrberg,

Projektpart: AstaZero

1 Innehåll

1	Innehåll.....	2
2	Introduktion och bakgrund	3
3	Projektmål, avgränsningar och förutsättningar	4
3.1	WP1 – Digitalisering av testaktiviteter	4
3.2	WP2 - Scanning.....	5
3.3	WP3 – Cybersäkerhetstestning.....	5
3.4	WP4 – Euro NCAP	5
4	Forskningsfrågor	6
4.1	WP1 – Digitalisering av testaktiviteter	6
4.2	WP2 - Scanning.....	6
4.3	WP3 – Cybersäkerhet testning.....	6
4.4	WP4 – Euro NCAP	7
5	Metodik.....	8
5.1	WP1 – Digitalisering av testaktiviteter	8
5.2	WP2 - Scanning.....	8
5.3	WP3 – Cybersäkerhet testning.....	9
5.4	WP4 – Euro NCAP	10
6	Projektets genomförande	10
6.1	WP1 – Digitalisering av testaktiviteter	10
6.2	WP2 - Scanning.....	11
6.3	WP3 – Cybersäkerhet testning.....	12
6.4	WP4 – Euro NCAP	12
6.5	WP5 – AstaZero 10 år	14
7	Resultat and slutsatser	17
7.1	WP1 – Digitalisering av testaktiviteter	17
7.2	WP2	18
7.3	WP3	18
7.4	WP4	19
8	Referenser.....	20
9	Bilagor	20

2 Introduktion

AstaZero har sedan företaget startade successivt utvecklat en strategisk plan. Vid projektets start bestod den av fyra fokusområden, där varje område hade en egen roadmap nedbruten i tydligt definierade mål. Projektet Digital vehicle testing organiserades i fyra arbetspaket – ett för varje fokusområde, enligt bild 1.



Bild 1. AstaZeros strategiska fokusområden.

Arbetspaketen:

- **WP1 – Digitalisering av testaktiviteter**
Syftet med arbetspaket 1 var att stärka de förmågor som AstaZero hade byggt upp i tidigare projekt avseende bland annat Test Control. Med detta menas förmågan att styra olika testfall med hjälp av digitala verktyg, vilket ger större möjlighet till noggrannhet och repeterbarhet än manuell testning.
- **WP2 – Scanning**
Dagens fordon är utrustade med sensorer som läser av omgivningen för att förse fordonens säkerhetssystem med nödvändig information. För att kunna träna och testa dessa system krävs tillgång till rå- och ground-truth-data. Samma typ av data kan användas för simulering där man exempelvis kan göra digitala kopior av intressanta verkliga trafikmiljöer.

Ett strategiskt mål för AstaZero, här effektiviserat i form av arbetspaket 2, har därför varit att bygga kompetens inom sensorsystem, samt att skapa förmåga att generera sådan sensordata och efterbehandla den.

- **WP3 – Cybersäkerhet testning**
Fordon är idag alltmer uppkopplade trådlöst via telenätet. Dock utgör sådan uppkoppling även ett säkerhetshot mot fordonen, då det är möjligt att fjärrledes ansluta till och påverka fordonens mjukvara. AstaZero siktar tillsammans med RISE på att tillhandahålla tjänster där säkerheten kan provas och säkerställas. Arbetspaket tre syftar till att utreda vilken typ av förmågor AstaZero skall söka utveckla och hur dessa bäst kan komplettera förmågorna hos RISE.
- **WP4 - Euro NCAP**
Ett central område för AstaZeros fokusområde *Future Test Site* är Euro NCAP, där avsikten är att AstaZero skall ta en ledande roll inom utvalda testområden. Det övergripande syftet för arbetspaket fyra var därför att stärka och profilera AstaZeros position som bidragande part inom Euro NCAPs arbete med utveckling av framtida testning av aktiva säkerhetssystem.

3 Projektmål, avgränsningar och förutsättningar

3.1 Projektmål WP1 – Digitalisering av testaktiviteter

Bakgrund och projektmål

Syftet med arbetspaket 1 var att stärka de förmågor som AstaZero hade byggt upp i tidigare projekt avseende Test Control. Med detta menas förmågan att i fordonstestning samtidigt styra flera objekt som målbärrarplattformar, trafikljus, drönare och även andra fordon enligt förutbestämda scenarier.

Genom att arrangera sådana scenarier kan aktiva säkerhetssystem hos fordon utvärderas. Det kan vara relativt enkla prov, där en människolik docka förflyttas ut i testfordonets körbana för att se om fordonets automatiska bromssystem ingriper korrekt. Det kan även handla om mer avancerade trafiksituationer där ett fordon ”tränger sig in” snävt framför ett testfordon i dess körfält, varpå testfordonets system skall ingripa.

AstaZero har under flera års tid utvecklat en egen programvara för Test Control – ATOS (Automated vehicle Test Operating System). Från att ha varit ett internt utvecklingsprojekt har ATOS successivt närmat sig en mognadsnivå som möjliggör användning även av andra parter. I projektet gjordes ansatsen att ta de sista stegen för detta.

- Ett **projektmål** var således att göra ATOS tillgängligt som Öppen källkod, med erforderlig dokumentation och guidelines.

Funktionsprov av automatiserade fordon utförs även i simulerade miljöer, där man ofta använder harmoniserade format för att beskriva testscenarierna, exempelvis ASAM-standarden OpenScenario. Ett stort önskemål har varit att kunna använda OpenScenario som beskrivning av fysiska testscenarier. Ett hinder är dock att OpenScenario genererar kontrollsignaler som är tänkta endast för simulerade miljöer och inte tar hänsyn till de fysikaliska begränsningar och den dynamik som finns i verklig miljö.

För att möjliggöra användning av OpenScenario i ATOS behövde en ny metod utvecklas, kallad dynamiska trajektorier. En (klassisk) trajektoria betecknar den rutt ett testobjekt skall färdas i ett visst scenario och beräknas för varje objekt baserat på objektets position och hastighet. Detta fungerar bra i scenarier där varje objekt rör sig individuellt, men dåligt om objektens trajektorier är beroende av positionen hos andra objekt i längre förlopp.

- Som **projektmål** ansattes att utveckla en metod att hantera dynamiska trajektorier.
- Ett kopplat **projektmål** var att genomföra demonstration av dynamiska trajektorier med utvalt testfall från Euro NCAP.

En förutsättning för att kunna styra testobjekt är att dessa är möjliga att kommunicera med. Det finns flera fjärrstyrbara produkter på marknaden, exempelvis olika målbärrarplattformar, men inte alla har öppna kommunikationsprotokoll. I en strävan efter att nå bred användbarhet för ATOS och liknande kontrollsystem arbetar AstaZero för användning av öppna interface, exempelvis ISO 22133.

- **Projektmålet** här syftar till att integrera AstaZeros Flexible target carrier med ATOS genom ISO 22133 och demonstrera i ett testscenario.

En komponent i floran av styrbara objekt är trafikinfrastruktur i form av exempelvis trafikljus eller styrda grindar.

- Som **projektmål** ansattes att möjliggöra styrning av utvald infrastruktur, tillgänglig på AstaZeros testbana.

3.2 Projektmål WP2 - Scanning

Dagens fordon är utrustade med sensorer, exempelvis lidar, radar och kamera, som läser av omgivningen för att förse fordonens säkerhetssystem med nödvändig information. Machine Learning som blir allt viktigare inom utvecklingen av sensorbaserade ADAS och AD system behöver tillgång till ground-truth-data och rå-data för att kunna tränas och testas.

AstaZero har i sin strategiska plan ett tydligt mål att bygga kompetens runt AD-sensorer och hur system baserade på dessa kan testas.

AstaZero har även inom området ett växande behov av att kunna generera sådan sensordata för såväl forskningsprojekt som i samarbete med industripartners. WP2 syftade således till att utveckla en så kallad Ground truth-plattform för att kunna samla högkvalitativ sensordata.

AstaZero kunde samtidigt genom detta arbete, uppfylla målet att stärka kompetens inom sensorområdet, såväl på komponentnivå som systemnivå samt av efterbearbetning av data.

3.3 Projektmål WP3 – Cybersäkerhet testning

Projektmål

Syftet med arbetspaket WP3 var att definiera och etablera AstaZeros roll inom testning av fordons-cybersäkerhet samt att ta fram en strategisk plan för hur AstaZero kan utveckla kapacitet för att stödja svensk fordonsindustri med cybersäkerhetsrelaterade tester.

Arbetspaketet skulle särskilt belysa hur AstaZero kan bidra till att möta krav från nya branschstandarder och regelverk såsom ISO/SAE 21434:2021 (Road vehicles - Cybersecurity engineering) och FN-reglemente UNECE R155 (Cyber Security and Cyber Security Management Systems). I projektbeskrivningen formulerades målet att utveckla en sammanhållen kedja av testmetoder, från virtuella simuleringar och HIL-testsystem vidare till fullskalig fordonstestning på provbana, för att möjliggöra validering av cybersäkerhet i fordon.

Avgränsningar

Projektet fokuserade på strategisk analys, kravinsamling och planering. Det omfattade inte implementering av fullskaliga testtjänster eller uppbyggnad av ny fysisk testinfrastruktur. Projektet avgränsades också från att omfatta bredare IT-säkerhet utanför fordonsdomänen. När RISE under projektets gång utsågs till teknisk tjänst för UNECE R155/R156, justerades WP3:s inriktning för att undvika överlapp. AstaZero fokuserade därmed på att identifiera kompletterande roller och möjligheter inom praktisk testverksamhet, snarare än att etablera sig som certifierande instans.

Förutsättningar

Arbetspaketet byggde på antagandet att det finns ett växande behov av oberoende testmiljöer för cybersäkerhet i fordon, särskilt i ljuset av nya regulatoriska krav. AstaZeros befintliga testanläggning med avancerad kommunikationsinfrastruktur (bl.a. 5G-nät från Ericsson) samt etablerade samarbeten med RISE utgjorde viktiga förutsättningar för att kunna utveckla relevanta testmetoder och tjänster. Projektet förutsatte också att synergier kunde uppnås genom att kombinera AstaZeros testmiljöer med RISE:s djupa cybersäkerhetskompetens.

3.4 Projektmål WP4 – Euro NCAP

Det övergripande syftet för arbetet inom WP4 var att stärka och profilera AstaZeros position som bidragande part inom Euro NCAPs arbete med utveckling av framtida testning av aktiva säkerhetssystem. Ett särskilt utpekat mål var att ta ett ledarskap inom arbetet med framtida *Truck label*.

4 Forskningsfrågor

4.1 Forskningsfrågor WP1 – Digitalisering av testaktiviteter

För WP1 gällde forskningsfrågan dynamiska trajektorier.

Inom testning av vissa fordonssystem är det en tillgång att kunna fördefiniera testfall och sedan få dessa utförda automatiskt. Man kan då skapa ett testbibliotek som kan återanvändas och testfallen blir repeterbara samt effektivt utförda.

Ett inbyggt problem är att föremål som skall följa olika trajektorier inte kommer att kunna göra det exakt. Det finns alltid vissa avvikelser mellan önskad och verklig position eller hastighet. Om man då skall arrangera ett testscenario där de olika objektens rörelser är beroende av varandra behövs ett adaptivt system som kan räkna om trajektorierna samtidigt som scenariot genomförs.

Detta gav den första forskningsfrågan:

- Hur kan man åstadkomma ett testkontrollsystem som kan hantera de naturligt förekommande avvikelser som uppstår hos objekt som styrs relativt varandra, med hjälp av dynamiska trajektorier?

Vidare är det önskvärt att kunna genomföra så stor del av testningen som möjligt automatiserat, exempelvis genom att kunna återställa testobjekten till rätt startposition och startriktning genom en startpunktssignal eller scriptkommando.

Detta gav den andra forskningsfrågan:

- Hur kan dynamiska trajektorier användas för att åstadkomma en startpunktsfunktion?

4.2 Forskningsfrågor WP2 - Scanning

I arbetet att utveckla en scanningsrigg finns flera potentiella forskningsfrågor med såväl stor bredd som omfattning. En grundläggande del handlar om systemdesign, där man analyserar lämplig konstruktion baserat på kravbild avseende kvalitet på insamlad rådata samt hur insamlingen kan göras effektivt.

Vidare finns frågor gällande efterbehandling av insamlad data där man kan undersöka metoder för att uppnå önskad kvalitet på exempelvis punktmoln, dataannotering och tillämpbarhet för tester av AD-fordon.

Avseende databehandling och dess användning finns områden som berör computer vision, machine learning och deep learning. Exempel på framtida metoder och forskningsområden som skulle kunna nyttja data från en scanningsplattform är 3D-gaussian splatting, end-to-end network inom Automotive för både ADAS och AD, positionering, lokalisering och sensorsimulering.

- Projektet har av dessa områden fokuserat på systemdesign och efterbehandling av data.

4.3 Forskningsfrågor WP3 – Cybersäkerhet testning

Inom WP3 formulerades ett antal centrala forskningsfrågor för att styra arbetet. Dessa frågor uttryckte vilka utmaningar projektet behövde besvara för att uppnå sina mål:

- **Hur ska en effektiv test- och valideringsmetodik för fordonscybersäkerhet utformas?** Denna fråga syftade på hur man kan bygga en sammanhängande kedja av tester från virtuell miljö till verklig provbana för att upptäcka sårbarheter och verifiera att ett automatiserat fordon är cybersäkert. Här ingick att bestämma vilka testfall, verktyg och miljöer som behövs för att täcka fordonets olika angreppsytor (ECU:er, kommunikationsgränssnitt som 5G/V2X, sensorer m.m.) på ett sätt som följer etablerade standarder (t.ex. ISO/SAE21434) och riktlinjer (t.ex. SAE J3061, IEC62443) samt uppfyller regulatoriska krav (UNECE R155).

- **Vilka specifika krav och gap föreligger för att AstaZero ska kunna erbjuda cybersäkerhetstestning?** Denna forskningsfråga adresserade identifiering av kravbilden (från standarder, regelverk och kundbehov) och analys av nuvarande kontra önskade förmågor. Med andra ord: *vad* krävs i form av kompetenser, utrustning, processer och samarbeten för att AstaZero ska bli en ledande testbädd för fordonscybersäkerhet, och *var* finns de största gapen jämfört med dagens läge? Frågan inkluderade exempelvis krav på testutrustning (t.ex. nätverkssimulatorer, intrångsdetekteringssystem), behov av kompetens inom etisk hacking/penetrationstest av fordon, samt organisatoriska förberedelser för att hantera sekretess och säkerhet i testdata.
- **Hur bör AstaZero positionera sig och samarbeta inom ekosystemet för fordonscybersäkerhetstestning?** Eftersom RISE under projektets gång blev utsett till teknisk tjänst för certifiering enligt R155/R156, uppkom frågan om AstaZeros optimala roll i förhållande till RISE och andra aktörer. Här utforskades hur ett partnerskap mellan AstaZero och RISE bäst kan utformas t.ex. att AstaZero fokuserar på praktisk testverksamhet och provbana-infrastruktur, medan RISE hanterar formella revisions- och certifieringsuppdrag för att tillsammans erbjuda svenska fordonsindustrin ett komplett stöd inom cybersäkerhet. Denna forskningsfråga berörde också hur AstaZero kan delta i forskningsprojekt, standardiseringsarbete och nätverk (nationellt och internationellt) för att hålla sig i framkant på området.

Dessa forskningsfrågor låg till grund för WP3 och besvarades genom arbetspaketets aktiviteter, från insamling av krav till strategi för vidare utveckling, vilket säkerställde att arbetet höll en röd tråd mot projektmålen.

4.4 Forskningsfrågor WP4 – Euro NCAP

AstaZero är en aktivt deltagande part i Euro NCAP:s arbetsgrupper som syftar till att arbeta fram nya testmetoder och bedömningsramar för framtida ratingarbete. Inom projektet tog man sig genom arbetet i dessa grupper and följande frågor:

Hur kan testmetoder, bedömningsprotokoll och tekniska ramverk utvecklas och harmoniseras för att stödja Euro NCAP:s roadmap mot 2030 och säkerställa en robust, jämförbar och framtidssäker utvärdering av avancerade säkerhetssystem (ADAS/AD), inklusive både fysiska och virtuella testmetoder? AstaZero deltar i följande arbetsgrupper:

- **AEB/AES:**
Hur kan befintliga säkerhetsprotokoll vidareutvecklas för att bättre utvärdera kollisionssundvikande system?
- **Assisted Driving (L2–L3):**
Hur kan standardiserade test- och bedömningsmetoder tas fram för att objektivt jämföra och kommunicera prestanda hos assisterade körsystem?
- **Virtual Testing (VTA):**
Hur kan virtuella testmetoder integreras för att möjliggöra kostnadseffektiv och skalbar testning av komplexa och kritiska scenarier?
- **HMI & DMS:**
Hur kan interaktionen mellan förare och fordon harmoniseras för att säkerställa förarengagemang och säker användning av automatiserade system?
- **SAS & V2X:**
Vilka funktioner och testmetoder krävs för framtida system som anpassar hastighet och möjliggör informationsdelning mellan fordon och omgivning?
- **Truck Label:**
Hur kan utvärderingsprotokoll utvecklas för att inkludera tunga fordon i Euro NCAP:s säkerhetsbedömning?

5 Metodik

5.1 Metodik WP1 – Digitalisering av testaktiviteter

ATOS Open source

AstaZero har under flera års tid utvecklat en egen programvara för Test Control – ATOS (Automated vehicle Test Operating System). Från att ha varit ett internt utvecklingsprojekt har ATOS successivt närmats sig en mognadsnivå som möjliggör användning även av andra parter.

Ett sätt att åstadkomma det är att tillgängliggöra mjukvaran i så kallad öppen källkod, eller open source. Det skulle innebära att ATOS blir tillgänglig att använda gratis, modifiera och vidare distribuera för andra aktörer, som i gengäld förväntas bidra till fortsatt utveckling av programmet.

En konsekvens är att man ger bort resultatet av ett eget arbete utan krav på ekonomisk ersättning, vilket kan ses som en nackdel. En annan konsekvens är att den struktur man har utvecklat kan komma att användas i större utsträckning än om man behåller mjukvaran för sig själv. Strukturen kan då potentiellt etableras som en standard, vilket är en fördel.

Syftet med att göra just ATOS till öppen källkod var att söka stödja fordonsindustrin såväl nationellt som internationellt genom att erbjuda vad som sågs vara en användbar plattform för testning av AD- och ADAS-funktioner. En fråga att lösa var dock på vilket sätt mjukvaran skulle tillgängliggöras för att fortfarande ha möjlighet att bedriva egen utveckling mot kunder i proprietära moduler. En studie genomfördes där man utvärderade vilka licensalternativ som passade bäst ihop med företagets mjukvarustrategier.

I ett parallellt arbete beslöts att författa en vetenskaplig artikel om ATOS. Detta för att ytterligare underlätta spridning av plattformen såväl online som på konferenser, samt att skapa en tydlig referens i andra publikationer.

Dynamiska trajektorier.

Dynamiska trajektorier syftar till att lösa problemet med att rörelser hos fysiska föremål som skall fjärrstyras inte är ideala, dvs objekten följer inte styrsignalerna exakt. För att förstå hur man kan kompensera för de avvikelser som uppstår behövdes dels skapas modeller för de objekt man vill styra, dels välja metod för att beräkna hur objektet bäst skall styras till den tänkta trajektorien, samt undersöka vad som krävs för att integrera en sådan metod i ATOS arkitektur.

Vidare tänktes de dynamiska trajektorierna demonstreras i ett testfall från Euro NCAP. Här genomfördes en studie av de testscenarier som idag är etablerade för att välja ett fall med lämplig tillämpning för demonstration av dynamiska trajektorier.

Integrering av FTC med ATOS via ISO 22133

Arbetet att integrera styrningen av AstaZeros egenutvecklade Flexible target carrier, en målbärrarplattform, med ATOS genom ISO 22133 utfördes som ett konstruktionsarbete i nära samverkan mellan hårdvaruteamet och mjukvaruteamet.

Styrning av infrastrukturobjekt

På AstaZeros testbana finns i utrustningssortimentet en handfull olika digitala skyltar och trafikljus. I ett första steg inventerades och studerades dokumentationen av dessa objekt. Därefter valdes det objekt för vilket det fortsatta arbetet att implementera styrningen ansågs ha bäst förutsättningar.

5.2 Metodik WP2 - Scanning

Fysisk scanningsrigg

Tekniken inom scanningssensorer går fort framåt. Det som idag räknas som hög prestanda kommer inom några år vara medelmåttigt och ännu längre fram otillräckligt. Att satsa på det absolut bästa för maximal

livslängd blir dock mycket kostsamt. Arbetet med att designa den fysiska scanningsriggen baserades därför på ett iterativt tillvägagångssätt gällande kravställning, litteraturstudier och marknadsundersökningar för att hitta komponenter som erbjuder en bra balans mellan prestanda, kostnad och livslängd.

Vidare önskades en plattform med en fysisk utformning som skulle medge installation på olika fordon. Tanken var från start att plattformen skulle bäras av takräcken på valfritt fordon. För detta ändamål valdes att konstruera en lättviktsprofil i aluminium, med dimensioner som ansågs passa tillämpningen. På profilen skulle finnas plats att monteras såväl de komponenter som planerades att köpas in i ett första steg, samt framtida utökningar om behov skulle uppstå.

Scanningsrigg mjukvara

För att scanningshårdvaran skulle kunna generera önskade data behövdes även en mjukvara till plattformen utvecklas. Här valdes ett agilt arbetssätt där man utgick från grundläggande antaganden om mjukvarans bas samt funktionsbeskrivning på en hög nivå. Sedan utvecklades funktionaliteten i gradvisa steg som utvärderades successivt. Denna ansats är lämplig när man vet vad funktionerna har för syfte men inte har hela bilden av hur det skall åstadkommas.

5.3 Metodik WP3 – Cybersäkerhet testning

Projektet inleddes med en litteraturstudie och omvärldsanalys, där relevanta standarder, regelverk och forskningsrapporter inom fordonscybersäkerhet granskades. Bland annat studerades innehållet i ISO/SAE21434, utkastet ISO5083 (säkerhet för automatiserade fordon), UNECE R155/R156, samt branschpraxis som SAE J3061, för att extrahera krav och riktlinjer. Parallellt kartlades aktuell litteratur om fordonens attackytor och hotbild (t.ex. vad tidigare studier identifierat gällande angrepp via ECU:er, OBD-port, sensorer etc.). Denna fas genomfördes tillsammans med RISE:s experter inom cybersäkerhet, vilket gav projektet insikter och råd baserat på praktisk erfarenhet.

Nästa steg var insamling av intressentkrav och behov. Projektgruppen genomförde möten med utvalda industriaktörer samt interna workshops med AstaZero/RISE-personal. Syftet var att förstå vilka konkreta cybersäkerhetstesttjänster potentiella kunder efterfrågar och vilka kompetenser de värderar. Samtidigt drog man nytta av RISE:s erfarenheter från liknande uppdrag, där experter inom RISE bidrog med råd kring hotanalys och test av cybersäkerhet. All insamlad information kompilerades och dokumenterades systematiskt enligt bilaga *WP3 Strategic Plan*.

Med utgångspunkt i litteraturstudier, strategiska diskussioner och interna workshops identifierade projektgruppen ett antal behov och utvecklingsområden för att AstaZero ska kunna etablera sig inom cybersäkerhetstestning. Dessa behov, som beskrivs i bilaga *WP3 Strategic Plan*, omfattar bland annat teknisk infrastruktur, kompetensförsörjning, processutveckling och samverkan med externa aktörer. Exempelvis lyfts behovet av att arbeta aktivt med standarder som ISO/SAE 21434 och UNECE R155, att utveckla testmetoder för C-ITS och V2X, samt att bygga upp kapacitet för att stödja certifieringsnära provning i samarbete med RISE.

Behoven är inte strukturerade som en formell kravspecifikation, men utgör tillsammans en tydlig målbild för vad som krävs för att AstaZero ska kunna erbjuda relevanta cybersäkerhetstjänster. Med denna målbild som grund genomfördes en gap-analys enligt bilaga *WP3 Strategic Plan*, där AstaZeros dåvarande förmågor jämfördes med de identifierade utvecklingsområdena. Analysen omfattade bland annat tillgång till testutrustning, personalens kompetens inom cybersäkerhet, samt organisatoriska förutsättningar för att hantera känslig information och bedriva säker testverksamhet. Resultatet blev en konkret uppställning av åtgärdsbehov såsom investeringar i viss testutrustning, kompetensutveckling inom specifika områden, eller rekrytering av specialister. Dessa resultat dokumenterades som rekommendationer i bilaga *WP3 Strategic Plan*.

5.4 Metodik WP4 – Euro NCAP

WP4 Metodik

Metodiken har baserats på en integrerad och iterativ ansats där AstaZero aktivt deltagit i Euro NCAP:s arbetsgrupper för att bidra till utvecklingen av framtida testprotokoll och roadmapen mot 2030. Arbetet har kombinerat kontinuerlig dialog och förankring med industri och myndigheter med explorativ testning av nya system, scenarier och metoder inom områden som AEB/AES, assisterad körning, HMI/DMS, SAS och V2X.

Parallellt har virtuella testmetoder utvecklats och validerats för att möjliggöra kostnadseffektiv testning av komplexa och kritiska scenarier. För att fördjupa kunskapsbasen har även riktade forskningsuppdrag genomförts i nära koppling till projektet, där resultaten löpande har återförts till både Euro NCAP-arbetet och industrin. Sammantaget har metodiken präglats av ett nära samspel mellan forskning, testning, standardiseringsarbete och industriell samverkan.

6 Projektets genomförande

6.1 Genomförande WP1 – Digitalisering av testaktiviteter

ATOS som öppen källkod

Efter utvärdering av olika licensalternativ föll valet på Mozilla Public License (MPL) 2.0. Detta alternativ bedömdes ge en bra balans mellan syftet att sprida och tillgängliggöra plattformen ATOS och samtidigt bibehålla möjligheten till proprietär utveckling av egna moduler i exempelvis kunduppdrag.

Dynamiska trajektorier.

Syftet med de dynamiska trajektorierna är att kunna genomföra fysiska tester baserade på scenarier beskrivna enligt standarden OpenScenario. Som slutmål ansattes en funktionalitet där man i ATOS importerar en scenario-fil i formatet OpenScenario, och därefter skall systemet vara redo att köra testet. ATOS hade dock inte eget stöd för att omvandla innehållet i ett OpenScenario till trajektorier åt testobjekten. För att lösa detta genomfördes ett arbete att integrera simuleringsprogrammet *esmini* (Environment simulator minimalistic) i ATOS för att där generera trajektorierna åt testet.

Det behövdes även en generisk fysikalisk modell som kan beskriva de olika testobjektens styregenskaper, att ha som bas åt trajektorieberäkningarna. Arbetet utgick från en enkel så kallad "cykelmodell" som modifierades till mer fordonslika proportioner med avseende på axelavstånd, hjulbredd och möjliga styrvinklar.

Vidare behövdes en bra metod för att beräkna den dynamiska trajektorien så att testobjekten har möjlighet att följa denna utan alltför krävande datorberäkningar. Valet föll ganska snart på Bézierkurvor, som är mycket vanligt förekommande inom datorgrafik och används för att snabbt parametrisera släta ytor. Med denna metod behöver bara några få kontrollpunkter anges, så kan trajektorien beräknas i realtid.

I åsyftad tillämpning kan ett föremål som har en given utgångspunkt och utgångsriktning fås att röra sig mot en given slutpunkt och slutriktning i en "mjuk" rörelse. Under test beräknas kontinuerligt nya kontrollpunkter fram, baserade på scenariots önskade positioner och faktiska positioner.

Integrering av FTC med ATOS via ISO 22133

Arbetet att integrera styrningen av AstaZeros egenutvecklade Flexible target carrier, en målbärrarplattform, med ATOS genom ISO 22133 utfördes som ett konstruktionsarbete i nära samverkan mellan hårdvaruteamet och mjukvaruteamet.

Styrning av infrastrukturobjekt

För projektmålet att styra infrastruktur valdes ett befintligt trafikljus. I ett första steg utnyttjades möjligheten att via WiFi ansluta till trafikljuset och en enkel app för smartphone konstruerades för att kontrollera trafikljusets färger. Emellertid ansågs behovet vid tillfället så begränsat att en fortsatt integration i ATOS inte fullföljdes. Dock är bedömningen att detta steg är överkomlig om behovet av att styra trafikljus blir tydligare.

6.2 Genomförande WP2 - Scanning

Fysisk Scanningsrigg

I arbetspaket 2 byggdes en fysisk rigg i form av en lättviktskonstruktion av aluminium, där det finns plats att montera både de sensorer som planerades att köpas in i ett första steg (GNSS, IMU, kamera och lidar), samt framtida utökningar om behov skulle uppstå. Konstruktionen kan enligt uttalat mål monteras på vilken bil som helst, givet att denna har ett takräcke.

Scanningsrigg mjukvara

Efter att ha tagit fram en första systemskiss påbörjades utvecklingen av den mjukvara som skulle samla data från plattformens sensorer till en lagringsenhet. Man valde att utveckla mjukvaran i Open-source-plattformen ROS (Robot operating system), vilket erbjuder en bred och flexibel utvecklingsmiljö lämpad för insamling av sensordata.

Första iterationen nyttjade både ROS1 och ROS2 för att logga data från sensoruppsättningen. Redan i detta steg prövades att inkludera viss realtidsbehandling för att begränsa mängden data som loggades. Man ville även pröva funktioner som tänktes ge bättre förutsättningar att skapa ett punktmoln.

Tester av den första implementationen visade delvis bra resultat, men dessvärre växte den loggade datamängden ohållbart fort. Realtidsprocesseringen krävde mer datorkraft än förväntat och behövde därmed köras på mer kraftfull hårdvara än planerat.

I nästa iteration prövades att byta format på den data som sensorerna genererade. Detta minskade datamängden från kamera- och lidarenheterna tillräckligt för att loggningen skulle räcka till. Därmed kunde databehandlingen i stället göras i efterhand. Systemet designades om till att baseras på olika så kallade dockernoder, med ansvar att tillhandahålla datan för en användare vid förfrågan. I och med ändringen minskade behovet av kraftfulla processorer. Systemet bedöms kunna köras på en genomsnittlig dator med linuxinstallation.

Under testcyklerna nyttjades, förutom realtidsdata från sensorplattformen, även loggad data och simulering för att utvärdera hur systemet hanterar data från andra typer av sensorer.

Det färdiga systemet har förmåga att logga data från kamera, lidar, GNSS och IMU, med möjlighet att lägga till fler sensordatakällor vid behov. Systemet kan även övervakas "remote" för att kontrollera prestanda, om någon nod är inaktiv, om data inte samlas i den tänkta hastigheten, eller om datamängden börjar bli för stor.

Plattformen, dvs både sensoruppsättning och mjukvara, har under projektiden kunnat utvärderas i skarpa fall inom andra forsknings- och utvecklingsprojekt. Detta har både demonstrerat plattformens duglighet och givit värdefull återkoppling på hur systemet kan förbättras. Som exempel nämns ett testfall där plattformen användes för att positionera ett AD-fordon i realtid under körning på AstaZeros provbana. Med hjälp av plattformen blev testningen markant smidigare och förutsättningarna för ett lyckat test ökade betydligt, jämfört med vad som annars hade varit fallet.

6.3 Genomförande WP3 – Cybersäkerhet testning

Arbetet i WP3 har genomförts i flera steg som tillsammans syftade till att definiera AstaZeros roll inom cybersäkerhetstestning och att skapa en strategisk grund för fortsatt utveckling. Inledningsvis genomfördes en behovsanalys där projektgruppen, baserat på litteraturstudier, interna diskussioner och strategiska överväganden, identifierade ett antal utvecklingsområden. Dessa beskrivs i bilaga *WP3 Strategic Plan* som möjliga satsningar, exempelvis arbete med ISO/SAE 21434, utveckling av testmetoder för C-ITS och V2X, samt samverkan med RISE. Behoven är inte strukturerade som en formell kravspecifikation men utgör tillsammans en strategisk målbild för AstaZeros framtida utveckling inom området cybersäkerhet.

Med denna målbild som utgångspunkt genomfördes en gap-analys, där AstaZeros befintliga kapabiliteter jämfördes med de identifierade behoven. Analysen omfattade bland annat tillgång till testutrustning, kompetens inom cybersäkerhet, samt organisatoriska förutsättningar för att hantera känslig information och bedriva säker testverksamhet. Resultatet dokumenterades i form av rekommenderade åtgärder, såsom investeringar i testutrustning, kompetensutveckling inom specifika områden och förstärkning av organisationen.

Baserat på insikterna från gap-analysen formulerades en strategisk inriktning för AstaZeros fortsatta arbete inom cybersäkerhet. I bilaga *WP3 Strategic Plan* presenteras prioriterade utvecklingsområden, investeringsmål och beslutskriterier. Dessa omfattar både tekniska och organisatoriska åtgärder. Från att aktivt medverka i standardiseringsarbete och säkerställa efterlevnad av cybersäkerhetsstandarder (t.ex. ISO 27000-serien, TISAX), till att utveckla testkapacitet för uppkopplade fordonssystem och fördjupa samarbetet med RISE och industrin. Den strategiska inriktningen utgör en långsiktig väg framåt för att stegvis bygga upp AstaZeros erbjudande inom cybersäkerhetstestning.

Ett nära samarbete med RISE har varit en viktig del av arbetspaketet. RISE:s experter, från avdelningen Datavetenskap, har bidragit med rådgivning i behovsanalys och gap-analys, vilket har stärkt kvaliteten i arbetet. Samarbetet omfattade även gemensamma diskussioner om rollfördelning i det nationella ekosystemet, där AstaZero positionerades som en kompletterande aktör till RISE:s roll som teknisk tjänst för UNECE R155/R156. Detta samarbete har lagt grunden för en fortsatt gemensam utveckling av cybersäkerhetstjänster riktade mot fordonsindustrin.

6.4 Genomförande WP4 – Euro NCAP

Arbetet inom WP4 har under projektperioden präglats av ett kontinuerligt och aktivt deltagande i Euro NCAP:s arbetsgrupper samt ett nära samspel mellan testning, metodutveckling och forskningsinsatser. AstaZero har haft en tydlig roll i att både bidra till och påverka utvecklingen av framtida säkerhetsprotokoll inom centrala områden såsom Autonomous Emergency Braking/Steering (AEB/AES), Lane Support System (LSS), Assisted Driving (AD), Virtual Testing (VTA), Driver Monitoring System (DMS), Speed Assist Systems (SAS), HMI, V2X samt Truck Label.

Under projektperioden har Euro NCAP gjort en stor uppdatering av sitt ratingsystem för personbilar med införande i januari 2026. Strategin med ratingens fyra pelare fortsätter. Dock har Euro NCAP gått ifrån de tidigare fyra kategorierna:



De nya kategorierna nedan återspeglar bättre säkerhetens tidsmässiga faser under ett olycksförlopp:



I och med ändringen justerades namnen på Euro NCAPs arbetsgrupper för att passa den nya strukturen.

Inom AEB/AES har AstaZero deltagit i utvecklingen av kommande protokoll över flera cykler, medan arbetet inom Assisted Driving har fokuserat på att integrera "AD grading" som en del av det officiella Euro NCAP-ratingen samt att driva utvecklingen mot mer robusta ADAS-system. AstaZero har även tagit en aktiv roll i att utveckla framtida test- och bedömningsmetoder inom detta område.

Ett viktigt framsteg under projektperioden är utvecklingen av virtuella testmetoder (VTA), där AstaZero bidragit till metodutveckling samt genomfört ett sidoprojekt för att jämföra simulering med fysisk provning. Detta arbete har haft tydliga synergier med näraliggande forskningsaktiviteter och bidragit till att möjliggöra testning av mer komplexa och kritiska scenarier på ett kostnadseffektivt sätt.

Parallellt med metod- och protokollutvecklingen har AstaZero genomfört två skarpa officiella ratingprojekt inom Euro NCAP, avseende Volvo EX90 samt Scantias tunga fordon inom ramen för Truck Label. Dessa projekt har inte bara verifierat utvecklade metoder i praktiken utan även stärkt AstaZeros position som en operativ och betrodd test- och certifieringsaktör.

Vid sidan av detta har omfattande arbete genomförts inom P-NCAP-arbetsgruppen, där AstaZeros testlab haft en viktig roll i att harmonisera testutförande och vidareutveckla protokoll. Genom att fysiskt testa och verifiera föreslagna scenarier och metoder innan implementering har arbetet bidragit till att säkerställa att protokollen är robusta, reproducerbara och praktiskt genomförbara.

Inom HMI-området har deltagandet i arbetsgruppen varit begränsat, men AstaZero har istället drivit ett sidoprojekt kring utvärderingsmetoder för HMI, vars resultat har återförts till Euro NCAP. Arbetet inom SAS har följt plan med fokus på utveckling av framtida protokoll, medan V2X-området haft begränsad aktivitet under delar av projektperioden.

En särskilt betydelsefull del av arbetet är utvecklingen av Truck Label, där AstaZero haft en ledande roll. Under projektperioden har Truck Label lanserats med stor framgång och de första tunga lastbilarna har blivit betygssatta enligt Euro NCAP:s metodik. Detta utgör ett viktigt steg mot att kunna etablera ett säkerhetsrelaterat "footprint" för logistikkedjan och stödjer Euro NCAP:s långsiktiga mål att minska antalet dödsfall och skadade inom godstransporter.

Vidare har projekten VERDAS 1 och 2 initierats som direkta avknoppningar från detta arbete. Dessa projekt har mottagits mycket väl inom Euro NCAP och har resulterat bland annat i utvecklingen av

Technical Bulletin CA 002 Verification conditions for robustness layers Crash Avoidance.
<https://www.euroncap.com/crash-avoidance/>. Vilken innehåller mer realistiska verifieringsmetoder som speglar verklig trafikmiljö för robusthetsprovning av ADAS bil/fotgängare samt bil/cykel prestanda.

Ett centralt syfte med VERDAS har varit att säkerställa att de testscenarier som används vid rating bättre speglar fordonens prestanda i verklig trafik. Genom att öka variationen och komplexiteten i scenarierna minskas möjligheten att optimera fordon enbart för testbaneförhållanden, samtidigt som kraven på robust funktion i verkliga miljöer ökar. Detta bidrar till en starkare koppling mellan Euro NCAP-resultat och faktisk trafiksäkerhet samt till ökad konsumentacceptans av systemen.

AstaZero har under perioden även uppnått ackreditering för att certifiera Truck Label, vilket ytterligare befäster anläggningens roll som en ledande testsite inom området. Genom sitt aktiva deltagande och sin spetskompetens inom analys och verifiering (A&V) samt telekom har AstaZero etablerat en stark position inom Euro NCAP:s arbete, inklusive ledande roller inom Truck Label och utveckling av protokoll för robusta ADAS-system.

Sammanfattningsvis har arbetet i stort följt plan, med undantag för externa begränsningar i deltagandet inom HMI och V2X. Arbetet har resulterat i betydande bidrag till utvecklingen av framtida säkerhetsprotokoll, stärkt AstaZeros internationella position samt skapat konkreta effekter i form av nya metoder, forskningsprojekt och implementerade bedömningsmetoder.

6.5 Genomförande WP5 – AstaZero 10 år

2014 slog AstaZero första gången upp portarna på testbanan i Sandhult. Kunder från fordonsindustrin kunde äntligen få tillgång till en oberoende fullskalig testanläggning för avancerade säkerhetssystem.

Samtidigt påbörjades ett arbete att bygga upp företagets kompetens inom området. Detta skedde i verksamhetens direkta kontakt med kunderna, men även i de första kompetensutvecklingsprojekten som till största delen fann finansiering hos **FFI**. Genom åren har forskningsgruppen växt och totalt har över 150 projekt genomförts, antingen i samverkan med andra parter eller som egna kompetensprojekt. Drygt en tredjedel av alla projekt har finansierats genom just **FFI**, med en merpart inom kompetensbyggande.

Projekten och dess innehåll har successivt växt fram och breddats i takt med att kompetensen har ökat och skapat förutsättningar för ny forskning. En stor del av projekten har lett vidare till antingen direkta fortsättningsprojekt eller projekt där tidigare resultat kommer till nytta på annat sätt. Sammantaget har dessa projekt givit en omfattande kunskapsbank hos AstaZero, samt bidragit till fruktsamma och produktiva samarbeten med såväl industrin som akademi och myndigheter.

Det är svårt att på ett komplett sätt åskådliggöra hur alla projekt relaterar till varandra, men man kan få en indikering i nedanstående lista, där utvalda **FFI-projekt** redovisas och i förekommande fall även direkt kopplade projekt.

Projektnamn	Fortsättning på...	Följdes av...
ASCETISM - AutonomouS and Connected vehicle Testing using Infrastructure Sensor Measurements	Chronos 2	SAFRAN
AstaZero suitability - Competence needed for verification of active safety systems and autonomous vehicles	LIDAR	VAMLAV, Vädergenerering
AstaZero suitability - Digital AstaZero		VAMLAV
AstaZero suitability - Test technology for verification of active safety systems and autonomous vehicles		AT-AT
AT-AT - Autonomous Testing of Autonomous Test Objects	Chronos 2	
A-TEAM 1,2,2b - Advanced Test Equipments Advanced Methods		
ATLAS - Advanced Test Methods Leading to an Autonomous Transport System		
CHRONOS 1 - C-ITS Test System for Tomorrow 's Transportation System		Chronos 2
CHRONOS 2	Chronos 1	ATAT, EVIDENT
City 2.0		
Conviction	HiFi Radar Target	
Development of competence regarding LIDAR at AstaZero	Conviction	
Digital AZ		
DVT - Digital Vehicle Testing at AstaZero (detta projekt)		
Elsparkeykel förstudie (Oskyddade trafikanter - Elsparkcykel)		
Enhanced ADAS - Improving drivers' experience, acceptance and trust in assistance systems		
Enhanced ADAS 2		
ETAVEP - Enablers for Testing Autonomous Vehicles at Existing Proving grounds		PreMAT
EuroNCAP and Internationalization, AstaZero		
EVIDENT - Etablera Virtuell Validering och Verifiering av ADAS- och AD-funktioner		
EXPanding Odd TEST coverage (EXPOTEST)		
FTC - Flexible Target Carrier	Chronos 1, Chronos 2, iTRANSIT	
HiFi Radar Target		CONVICTION
Network-RTK Positioning for Automated Driving (NPAD)		DINPAS

Projektnamn	Fortsättning på...	Följdes av...
Pre study - Verification of active safety systems using chassis dynamometer		
PreMAT - Predictive Monitoring for Autonomous Trucks	ETAVERP	
Prestudy - Safety self driving vehicles (SAE level 4/5) at AstaZero		
Prestudy about tools and methods for integration of test beds and test platforms		
Realistic Simulation of Vehicles for safer, more robust and cheaper development of autonomous vehicles		
RealSim4AD (ZZ-top) - Realistic Simulation of Vehicles for safer, more robust and cheaper development of autonomous vehicles		
Robotcykel - Self-driving bikes for more realistic development and testing of, in vehicle, systems for bike safety		Robotcykel II
Robotcykel II	Robotcykel I	
SAFRAN - Samverkan för Framtidens Standardiserade Testdomän	ASCETISM	
SEVVOS (AI-SEE) - Simulation and emulation of waterspray for validation of optical sensors	SUS	
Simulation and AR/VR-visualization of AstaZero		
SPICE - Sensor Properties for Indoor Testing and City Environment		DryZone
Spray 1		Spray 2
Spray 2	Spray 1	
SUS - Sensor Testing in Adverse Visibility Conditions	Vädergenerering	SEVVOS
Säkerhet lv4/5 fordon på banan (Förstudie)		
Testeffektivisering ADAS		
V2X2 - V2X and connected infrastructure		
VAMLAV - Validation of Mapping and Localization for Autonomous Vehicles		
VERDAS 1 - Verification methods for Robust Driver Assist System performance		VERDAS 2
VERDAS 2 - Verification methods for Robust Driver Assist System performance 2	VERDAS 1	
Verifiering av aktiva säkerhetssystem i chassidynamometer (Förstudie)		
Vulnerable road users - Escooter		
Vädergenerering - Generate weather at AstaZero	Spray 2	SUS

7 Resultat and slutsatser

7.1 Resultat WP1 – Digitalisering av testaktiviteter

ATOS som öppen källkod

ATOS släpptes 2023 som Open source på licensen Mozilla Public License (MPL) 2.0. [1].

2025 publicerades den vetenskapliga artikeln "ATOS: An Open-Source Platform for Testing AI-Based Automated Vehicle Systems in Integrated Simulated and Physical Scenarios " [2]. Artikeln, som samfinansierades av detta och andra kompetensprojekt, beskriver ATOS (AV Test Operating System) som är utvecklat för att automatisera och orkestrera komplexa testscenarier för avancerade förarstödsystem (ADAS) och automatiserade körsystem (AD).

ATOS tillhandahåller ett enhetligt ramverk, så långt möjlig baserat på standarder som exempelvis ISO/TS 22133:2023, vilket integrerar simulering och fysisk testning. Systemet möjliggör samordnade experiment där virtuella fordon, simulerade miljöer och verkliga testobjekt interagerar inom samma scenario. Vidare föreslås i artikeln en metod för att utvärdera repeterbarheten hos automatiserade testorkestreringssystem, vilket är avgörande för tillförlitlig validering av säkerhetskritiska fordonsfunktioner.

Artikeln presenterades vid IEEE-konferensen om artificiell intelligens 2025 (IEEE CAI 2025) och publicerades i IEEE Xplore. Arbetet belyser vikten av öppen och automatiserad testinfrastruktur för validering av AI-baserade fordonssystem. ATOS-plattformen har nu släppts som öppen källkod och är avsedd att användas av forskningsinstitutioner, fordonstillverkare och testanläggningar som utvecklar och validerar avancerade körsystem.

Dynamiska trajektorier.

Konceptet kunde med lyckat resultat demonstreras både i skrivbordssimulering och i fysiskt prov.

I skrivbordssimuleringen genomfördes ett scenario från Euro NCAP – ett omkörningsscenario med en så kallad cut-in. Här skall ett fjärrstyrt fordon göra ett snävt filbyte in framför ett provobjekt, vars system skall reagera på definierat sätt. Detta scenario lämpade sig väl för dynamiska trajektorier då tidpunkten för filbytet är beroende av båda fordonens position. Testet som skrevs som ett Open Scenario utföll enligt förväntan och med gott resultat.

Vidare prövades startpunktsfunktion i olika simulerade varianter, där ett objekt efter genomfört scenario automatiserat körde tillbaka till rätt startposition och utgångsriktning.

I den fysiska demonstrationen kördes en lastbil via dynamiska trajektorier ett varv runt landsvägsbanan på AstaZero. Styrningen upplevdes dock som instabil där fordonet snarare "ormade" sig fram än att följa en rät linje. Här behövs ett fortsatt arbete för att utröna hur en stadigare styrning kan åstadkommas.

Integrering av FTC med ATOS via ISO 22133

Integrationen av styrningen av FTC med ATOS via ISO 22133 genomfördes i samverkan mellan hårdvaruteamet och mjukvaruteamet till ett lyckat resultat där plattformen kunde styras med scenarier från ATOS.

Styrning av infrastrukturobjekt

Resultatet av arbetet blev en mobiltelefonapp som ansluter till ett av anläggningens trafikljus via wifi och kan styra vilka trafikfärger som skall tändas. Då efterfrågan av fortsatt integration i ATOS vid tillfället var låg fullföljdes inte detta arbete. Dock är läget gynnsamt för detta sista steg när behovet uppstår.

7.2 Resultat WP2 - Scanning

AstaZero har inom projektet konstruerat en fysisk scanningsplattform med tillhörande kontrollmjukvara, samt utvecklat ett efterbehandlingsystem. Plattformen har redan levererat data till andra forskningsprojekt och industripartners samt skapat möjligheter för ytterligare samarbeten på ett sätt som tidigare inte var möjligt. Vidare kan plattformen användas inom bland annat Euro NCAP-tester, vilka idag rör sig mot metoder baserade på att samla data från verklig körmiljö för validering av ADAS-system.

Arbetspaket 2 har bidragit med stärkt kompetens inom lidar-, kamera-, GNSS-, IMU- och radar-datainsamling. Projektet har också gett kunskap om hur man kan hantera och nyttja sensor fusion för target tracking och lokalisering, vilket ger viktig insikt i hur sådana funktioner kan testas.

Arbetet med plattformen har också genererat tankar och idéer runt potentiella forskningsfrågor för framtida arbete. Systemet ger exempelvis underlag för studier inom computer vision, sensor fusion och lokalisering samt möjliggör simuleringar inom perceptionslager.

7.3 Resultat WP3 – Cybersäkerhet testning

Arbetspaket WP3 har resulterat i flera viktiga insikter och dokumenterade underlag som tillsammans utgör en strategisk grund för AstaZeros fortsatta arbete inom cybersäkerhetstestning. Projektet har identifierat ett antal utvecklingsområden och behov som är centrala för att AstaZero ska kunna etablera sig som en relevant aktör inom området. Dessa behov beskrivs i bilaga *WP3 Strategic Plan* som strategiska inriktningar och möjliga satsningsområden. Exempelvis lyfts behovet av att arbeta med standarder som ISO/SAE 21434 och UNECE R155, att utveckla testmetoder för C-ITS och V2X, samt att bygga upp kapacitet för att stödja certifieringsnära provning i samverkan med RISE.

En central slutsats från projektet är att AstaZero har flera styrkor som kan utgöra en grund för cybersäkerhetstestning såsom avancerad testinfrastruktur, erfarenhet av fordonstestning och etablerade samarbeten, men att dessa behöver kompletteras med specifik kompetens inom cybersäkerhet, utrustning och processer. Detta bekräftades genom den gap-analys som genomfördes inom ramen för WP3, där nuvarande förmågor jämfördes med de identifierade utvecklingsbehoven. Analysen resulterade i en uppsättning rekommenderade åtgärder, bland annat investeringar i testutrustning, kompetensutveckling inom cybersäkerhet samt behov av att utveckla interna processer och kapacitet för att hantera cybersäkerhetsrelaterad testverksamhet.

Vidare har projektet formulerat en strategisk inriktning för hur AstaZero kan utveckla sitt erbjudande inom cybersäkerhet. Denna inriktning omfattar både tekniska och organisatoriska åtgärder. Från att aktivt delta i standardiseringsarbete och säkerställa efterlevnad av cybersäkerhetsstandarder, till att utveckla testkapacitet för uppkopplade fordonssystem och fördjupa samarbetet med RISE och industrin. Bilaga *WP3 Strategic Plan* innehåller en översikt över dessa inriktningar samt vägledande beslutskriterier för framtida prioriteringar.

Slutligen har WP3 bidragit till att tydliggöra AstaZeros roll i det nationella ekosystemet för cybersäkerhet i fordon. Genom projektets arbete har det blivit tydligt att AstaZero bör fokusera på att erbjuda praktisk testverksamhet och demonstrationsmiljöer, medan RISE som under projektets gång utsågs till teknisk tjänst för UNECE R155/R156 hanterar formella certifieringsuppdrag. Denna kompletterande rollfördelning har stärkts genom det nära samarbetet mellan parterna under projektets gång.

WP3 har därmed uppfyllt sitt syfte att skapa en strategisk grund för AstaZeros framtida arbete inom cybersäkerhet. Projektet har resulterat i en tydlig inriktning, identifierade utvecklingsbehov och ett fördjupat samarbete med RISE vilket sammantaget ger goda förutsättningar för att AstaZero ska kunna etablera sig som en ledande test- och innovationsmiljö för cybersäkra fordon i Sverige.

7.4 Resultat WP4 – Euro NCAP

Arbetet inom WP4 visar att utveckling och harmonisering av testmetoder, bedömningsprotokoll och tekniska ramverk för Euro NCAP effektivt kan uppnås genom en integrerad ansats där aktivt deltagande i arbetsgrupper kombineras med explorativ testning, fysisk verifiering, virtuella metoder och nära samverkan med industri. Resultaten visar att denna kombination möjliggör robusta, jämförbara och framtidssäkra utvärderingar av avancerade säkerhetssystem, i linje med Euro NCAP:s roadmap mot 2030.

För **AEB/AES** har arbetet bidragit till vidareutveckling av befintliga protokoll genom införande av mer varierade och realistiska scenarier. Genom initiativ som VERDAS och VERDAS 2 har testfallen i högre grad anpassats för att spegla verklig trafik, vilket minskar möjligheten att optimera system enbart för testbanor och istället stärker systemens verkliga säkerhetsprestanda.

Inom **Assisted Driving (L2–L3)** har utvecklingen av standardiserade test- och bedömningsmetoder, inklusive integrationen av ”AD grading”, möjliggjort mer objektiva jämförelser mellan system. Detta bidrar till ökad transparens gentemot konsumenter samt driver utvecklingen mot mer robusta och säkra ADAS- och ADS-funktioner.

För **Virtual Testing (VTA)** visar resultaten att en kombination av fysisk och virtuell testning är nödvändig för att hantera ökande systemkomplexitet. Genom att utveckla och validera simuleringsmetoder, samt jämföra dessa med fysisk provning, har projektet visat hur virtuella tester kan integreras för att möjliggöra skalbar, kostnadseffektiv och mer heltäckande utvärdering av kritiska scenarier.

Inom **HMI och DMS** visar resultaten att harmonisering av interaktionen mellan förare och fordon kräver både metodutveckling och experimentell verifiering. Genom riktade studier och sidoprojekt har AstaZero bidragit till att utveckla utvärderingsmetoder som säkerställer att föraren förblir engagerad och redo att ta över kontrollen, vilket är centralt för säker användning av automatiserade system.

För **SAS och V2X** pekar resultaten på vikten av att utveckla nya testmetoder som fångar dynamiska och kontextberoende funktioner, såsom hastighetsanpassning till omgivning och informationsdelning mellan fordon och infrastruktur. AstaZeros bidrag, särskilt inom telekomområdet, har varit viktiga för att definiera framtida krav och teststrategier inom dessa områden, även om utvecklingstakten varierat mellan arbetsgrupperna.

Inom **Truck Label** har projektet visat hur utvärderingsprotokoll kan utvecklas och implementeras för tunga fordon. Den framgångsrika lanseringen och genomförandet av de första ratingarna innebär ett konkret steg mot att inkludera godstransporter i Euro NCAP:s säkerhetsarbete. Detta möjliggör i förlängningen ett säkerhetsrelaterat ”footprint” för hela logistikkedjan.

Arbetet inom **P-NCAP** har ytterligare stärkt resultaten genom att säkerställa att nya protokoll harmoniseras och kvalitetssäkras genom fysisk testning före implementering. Detta har visat sig vara en avgörande metod för att säkerställa reproducerbarhet och praktisk tillämpbarhet.

Projektet visar att framtidens säkerhetsutvärdering kräver ett systemperspektiv där:

- testscenarier speglar verklig trafik (följs upp i VERDAS-projektet),
- fysisk och virtuell testning kombineras (VTA),
- protokoll utvecklas iterativt genom test och verifiering (P-NCAP),
- samt att nära samverkan mellan forskning, industri och standardiseringsorgan upprätthålls.

Detta arbetssätt har inte bara lett till konkreta resultat i form av nya och uppdaterade protokoll (26 inom VERDAS), genomförda ratingar och implementerade metoder, utan även etablerat en robust modell för hur Euro NCAP:s framtida utveckling kan stödjas på ett effektivt och hållbart sätt.

Sammanfattningsvis visar resultaten att ett integrerat arbetssätt – där forskning, testning, simulering och standardiseringsarbete bedrivs parallellt och i nära samverkan med industri och internationella aktörer – är avgörande för att utveckla relevanta, robusta och framtidssäkra säkerhetsprotokoll. Projektet har därmed inte bara bidragit till metodutveckling utan även till konkreta implementeringar som stärker trafiksäkerheten på systemnivå.

Slutligen vill projektet särskilt lyfta fram att AstaZero under perioden uppnått ackreditering för att certifiera Truck Label, vilket ytterligare befäster anläggningens roll som en ledande testsite inom området.

8 Referenser

1. <https://github.com/RI-SE/ATOS>
2. V Jarlow, L Wikander, S Thorén, R Brenick, X Hu, T Kero: ATOS: An Open-Source Platform for Testing AI-Based Automated Vehicle Systems in Integrated Simulated and Physical Scenarios, 2025

9 Bilagor

- WP3 Strategic Plan