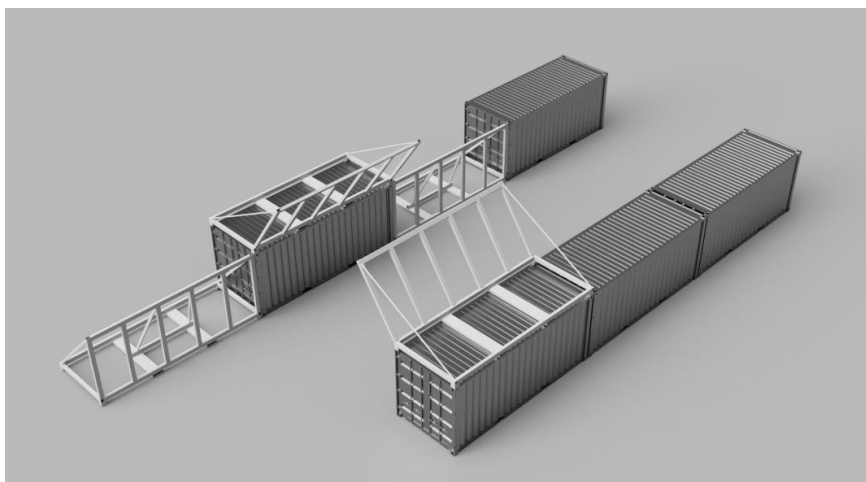


CITY 2.0

Publik rapport



Författare: Erik Aronsson (AstaZero)
Håkan Andersson (AstaZero)
Datum: 2019-07-03
Projekt inom Trafiksäkerhet & Automatiserade Fordon

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	3
3 Bakgrund.....	4
4 Syfte och metod	5
5 Mål	6
6 Resultat och måluppfyllelse - Arbetspaket 1	6
6.1 Konceptbeskrivning	7
6.2 Slutgiltigt Koncept	9
6.3 Kravspecifikation	14
7 Resultat och måluppfyllelse - Arbetspaket 2	15
7.1 Förändring av banlayout	15
7.2 Asfaltsyta.....	18
7.3 Logistikmiljö.....	19
7.3.1 Parkeringshus.....	20
8 Resultat och måluppfyllelse - Arbetspaket 3	22
8.1 Trådlösa nätverk	22
8.2 Fast datanätverk	23
8.3 Uppkopplade system och enheter.....	25
9 Spridning och publicering	26
9.1 Kunskaps- och resultatspridning	26
9.2 Publikationer.....	26
10 Slutsatser och fortsatt forskning	26

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

Staden på AstaZero består idag av fyra huskroppar som skapar en fyrvägs korsning där trottoarstenar, vägmarkeringar, skyltar och belysning kan alterneras efter behov. Dock har utvecklingen av sensorer tagit stora kliv framåt sedan AstaZero öppnade 2014 och det är tydligt att dagens sensorer i samma grad inte låter sig luras av de uppställda fasaderna – de börjar se igenom dem helt enkelt.

Då utvecklingen går mot mer och mer självkörande fordon kommer behovet att verifiera systemen att öka. Variationen av scenarion som behöver skapas för verifiering av självkörande fordon kommer sannolikt också vara hög – speciellt när det kommer till mer komplicerade miljöer som bebyggelse och olika infrastrukturutmaningar t.ex. rondeller i ett bebyggt område. Digitaliseringen av samhället och transportsystemet påverkar också testmiljön då det krävs att en realistisk digital- och kommunikationsmiljö kan återskapas för att kunna prova framtidens uppkopplade och automatiserade fordon och transportlösningar. Detta projekt syftar till att skapa större flexibilitet i de miljöer som AstaZero kan erbjuda både avseende fysiska strukturer som den digitala miljön.

2 Executive summary in English

Today's city area at AstaZero proving ground consist of 4 buildings, creating one main crossing where road signs, lighting etc., can be varied. 3 of the buildings are semi-permanent buildings, consisting of wooden boards on a wooden frame. Many of today's radar sensors "see through" these wooden boards and is limited to simulation of a certain type of scenarios.

As the trend is towards more and more self-driving vehicles, the need to verify the autonomous driving systems will increase. The variation of scenarios will hence probably also increase, especially complex scenarios as crossings in urban environment. The digitization of society and the transport system also affect the test environment and requires that a realistic digital and communication environment can be recreated and varied.

The project has come up with a concept of how today's city area could be modified in order to achieve the demands of future testing. In short, the concept consists of expanding today's asphalt surface, creating one large area for larger flexibility. The permanent wooden buildings should be replaced with standard shipping containers and custom-built frames where the façade can be interchanged. This will allow several different urban scenarios to be simulated and the asphalt surface may also be used to simulate large crossing scenarios such as roundabouts with various diameters and access roads. Finally, a concept of a two-story parking garage is presented which offers simulation and testing of maneuvering and parking for various vehicle systems and autonomous vehicles.

3 Bakgrund

När fordonsindustrin tillsammans med Chalmers och SP började planera för utformningen av AstaZero för 10 år sedan stod en stadsmiljö på listan för önskade miljöer. Då var detta något nytt och innovativt och skulle vara en fördel för forskning och utveckling av aktiva säkerhetssystem och sensorer för detta ändamål. Man valde då en fast fasadstruktur av trä som sedan tapetserades med bilder av en verklig stad för att skapa olika kontraster för främst kamera och bild.

AstaZero var tillsammans med Autolivs stadsmiljö "Carson city" först i världen med att ha en stad där man kan jobba med t.ex. "blind corner" scenarion och andra scenarion för sensorutveckling och verifiering.

Staden på AstaZero består idag av fyra huskroppar som skapar en fyrvägs korsning där trottoarstenar, vägmarkeringar, skyltar och belysning kan alterneras efter behov. Dock har utvecklingen av sensorer tagit stora kliv framåt sedan AstaZero öppnade 2014 och det är tydligt att sensorerna idag i samma grad inte låter sig luras av de uppställda fasaderna – de börjar se igenom dem helt enkelt.

Tittar man runt på banor idag som erbjuder provning för aktiva säkerhetssystem och sensorer för ändamålet så har de flesta satsat eller satsar på fortsatt fasta strukturer för att återskapa en stadsmiljö. Exempel på en sådan bana är K-City i Korea, CETRAN i Singapore eller Transpolis bana i Frankrike. Några går dock ett steg längre och funderar på att ha fasader av olika material för att kunna bistå sensorutveckling bättre, exempel här är American Center for Mobility. Då utvecklingen går mot mer och mer självkörande fordon kommer behovet att verifiera systemen att öka. Variationen av scenarion som behöver skapas för verifiering av självkörande fordon kommer sannolikt också vara hög – speciellt när det kommer till mer komplicerade miljöer som bebyggelse och olika infrastrukturutmaningar t.ex. rondeller i ett bebyggt område. Med detta i åtanke och med den kompetens och erfarenhet från provning som idag finns på AstaZero och med den dialog som AstaZero håller med fordonstillverkare och sensorutvecklare ses nu en annan väg att gå fram än den vedertagna med en statisk stadsmiljö. Genom att bygga fasader i flexibla mobila moduler där ytmaterialet kan alterneras, ges en större flexibilitet och möjlighet att återskapa de olika scenarion som kommer vara aktuella i framtiden, detta gäller inte bara i "City Area" på AstaZero utan även på andra banavsnitt.

Behovet av flexibilitet i den digitala miljön ökar också snabbt. Det kan handla om allt mellan att man behöver kunna simulera olika kommunikationsmiljöer t.ex. en brusig kommunikationsmiljö som i en storstad till nya lösningar för t.ex. VRU detektion eller kontrolltornslösningar för trafikstyrning. Här ses en tydlig trend bland olika testbäddar att man satsar hårt på att möjliggöra både testning av kommunikationsmiljöer, men också att skapa kommunikationsmiljöer för att göra den fysiska provningen mer realistiskt allt eftersom fordonen blir mer uppkopplade och påverkas av den digitala världen. AstaZero som idag har ett pre-5G installerat behöver därför säkerställa att detta kan utnyttjas maximalt för att kunna erbjuda en så realistisk och verklig testmiljö som möjligt.

4 Syfte och metod

Detta projekt syftar till att skapa större flexibilitet i de miljöer som AstaZero kan erbjuda både avseende fysiska strukturer som den digitala miljön. Resultatet kommer ge svensk industri och akademi möjligheten att skapa och skräddarsy stadsscenarioer både avseende fysiska attribut som fasader och material till digitala så som kommunikationsmiljöer och simulering av uppkoppling. AstaZero kommer därmed att bli världsledande på området och ha skapat en stor flexibilitet som kan byggas vidare på.

I och med att den nya miljön kommer att kunna stödja i större utsträckning än idag intelligent och digitaliserad infrastruktur med uppkopplade skyltar och trafikljus, uppkopplade korsningar, kontroltorsslösningar m.m. kommer testinfrastrukturen kunna utnyttjas av fler aktörer inom mobilitet än de traditionella fordonsrelaterade företagen.

Som en bonus kommer även de mobila fasadmodulerna att kunna användas på andra delar av banan som t.ex. High Speed Area för att kunna simulera längre scenarion och högre hastigheter. Genom detta resultat tar AstaZero ett kliv i sin utveckling och kommer definitivt vara världsledande i infrastruktur för sensorutveckling och verifiering.

För att uppnå de mål som sattes upp i projektet skapades 3 arbetspaket (AP) för att effektivt dela upp och fördela arbetet. Indelning av arbetspaketen följer arbetsflödet. Nedan redovisas de metoder som var tänkta att tillämpas på varje AP:

Arbetspaket 1 – Modulära mobila fasader

AstaZeros industripartners och övriga nyttjare av infrastrukturen kommer att tillfrågas om vilka parametrar som de anser viktiga för provning i stadsmiljö. Det kan vara höjd på fasaderna, antal moduler, förslag på ytmaterial som ska vara tillgängliga, förmåga att simulera en realistisk kommunikationsmiljö, simulera effekter som canyoning vid höga hus samt andra egenskaper som anses av vikt för att kunna iscensätta en så verklig miljö som möjligt. Utöver AstaZeros industripartners kommer företag som Ericsson och även RISE och akademien att tillfrågas om eftersökta egenskaper.

I det internationella nätverk av testbäddar för aktiva säkerhetssystem och självkörande fordon kommer AstaZero att få del av ett arbete som University of Michigan gjort på uppdrag av American Center for Mobility där man studerat olika material och dess effekt på sensorer. Detta blir viktiga parametrar till specifikationen av ytmaterial.

En prototyp kommer tillverkas och funktionen utvärderas genom att testa att flytta runt modulen, byta ytmaterial och testa stabilitet under prov.

Arbetspaket 2 – Banlayout för "City Area"

AstaZeros industripartners samt övriga nyttjare av infrastrukturen kommer tillfrågas angående behov och scenarion som kan tänkas passa "City Area" och som idag inte finns stöd för på övriga områden på banan. AstaZero kommer också att utvärdera de intryck man fått från besök på andra liknande testanläggningar för att se om där finns något att lära sig.

Baserat på detta kommer en specifikation på hur ytan skall nyttjas att tas fram samt också ritningar för ev. ombyggnationer.

Specifikation på lämpliga material för mobila kantstensstrukturen ska också tas fram tillsammans med hur mycket (längdmått) som kan tänkas behövas baserat på diskussionen med industripartners och övriga nyttjare.

Arbetspaket 3 – Digital infrastruktur för stadsmiljö

Arbetet kommer att genomföras i nära dialog med Ericsson som tillhandahåller 5G nätet på AstaZero. För att hitta lämpliga positioner av microcellerna (mindre 5G-basstationer) i stadsmiljön kommer vederbörliga simuleringar, mätningar och inspektioner att göras. Placeringen av cellerna rent fysiskt (t.ex. i lyktstolpar) kommer baseras på Ericssons förslag och lösningar.

Förslag på utrustning för intelligenta trafikljus och skyltar kommer tas fram och prototyper kommer ev. inhandlas.

5 Mål

Arbetspaket 1 - Modulära mobila fasader

Målet för arbetspaketet var att ta fram kravspecifikation och ritningar för modulära mobila fasader. Stadsmiljön skapas av mobila fasadmoduler där ytskikten ska kunna varieras beroende på den provning som skall genomföras.

Målet var också att bygga en prototyp på en mobil väggmodul. Detta mål har reviderats under projektets gång och ändrades till att endast ta fram en digital prototyp för vidare evaluering och studerande av kravuppfyllnad.

Arbetspaket 2 - Banlayout för "City Area"

Målet för arbetspaketet var att ta fram en banlayout över nästa generations stadsmiljö. Layouten skulle också specificera hur miljön ska förberedas för digital infrastruktur som t.ex. uppkopplade skyltar/trafikljus men också för utveckling av t.ex. smarta korsningar (VRU-detektion) och kontrolttornslösningar.

Arbetspaket 3 - Digital infrastruktur för stadsmiljö

Målet för arbetspaketet var att ta fram en specifikation och kravställning kring digital infrastruktur. Kommunikationsmiljön i staden kommer också att utvecklas för att möjliggöra simulering av olika belastningar på kommunikationsnätet och andra scenarion som har påverkan på uppkopplad mobilitet.

6 Resultat och måluppfyllelse - Arbetspaket 1

Under projektets gång togs en rad koncept fram för evaluering. Flexibilitet och modularitet var ledord i konceptframtagningen. En rad koncept togs fram för vidare evaluering under projektets gång. Då en stor flexibilitet krävs, baseras i stort sett alla koncept på någon form av grundbyggsten med utbytbara paneler för att möjliggöra ändring av struktur och material i fasader.

Projektet har funnit att det i dagsläget inte finns någon kund som kan ge ett konkret svar på vad dom har för framtida behov för testning. Slutledningen är att material och fysiska egenskaper måste vara flexibla och utbytbara för att framtidsäkra nästa generations stadsmiljö.

De koncept som togs fram i projektet redovisas i 6.1, det slutgiltiga konceptet samt kravspecifikation presenteras i 6.2 och 6.3.

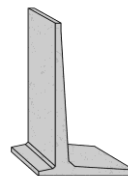
6.1 Konceptbeskrivning

Nedan presenteras de olika koncept som togs fram och evaluerades under projektets gång.

Koncept 1 – ”T-stöd”

Beskrivning av koncept:

Konceptet består av att använda vanligt förekommande T-stöd i betong som baselement. T-stöden lyfts på plats sida vid sida för att skapa en solid vägg alternativt kombineras med utanpåliggande ram för montage av önskat panelmaterial.



Figur 1: T-stöd i betong

Fördelar:

- Befintlig teknik
- Stabilt fundament

Nackdelar:

- Eventuellt många mindre delar som måste monteras upp/ner vid flytt
- Dyra byggelement
- Tung element vid förflyttning

Koncept 2 – ”Legobetong”

Beskrivning av koncept:

På marknaden finns flera varianter av byggelement i betong som används till att skapa avgränsare inom jordbruk eller grustag etc. Samma betongelement skulle kunna användas för att bygga upp en temporär struktur på vilken man kan fästa olika paneler för att simulera olika material.



Figur 2: Legobetong ©XXX

Fördelar:

- Befintlig teknik
- Stabilt fundament
- Hög anpassningsbarhet

Nackdelar:

- Många mindre delar som måste monteras upp/ner vid flytt
- Dyra byggelement

Koncept 3 – ”Reklamskylt”

Beskrivning av koncept:

På marknaden finns flera varianter av byggelement i betong som används till att skapa tillfälliga reklampelare och informationsskyltar. På betongblocken monteras en fackverkskonstruktion där paneler i olika material sedan kan fästas.



Figur 3: Reklamskylt

Fördelar:

- Delvis befintlig teknik
- Stabilt fundament
- Hög anpassningsbarhet

Nackdelar:

- Många mindre delar som måste monteras upp/ner vid flytt

Koncept 4 – ”Stålpall”

Beskrivning av koncept:

En stålräm agerar båda bottenstruktur och support för väggpaneler. Betongblock kan placeras på stålrämen för stabilitet.



Figur 4: Stålpall

Fördelar:

- Stor anpassningsbarhet, flera olika modulstorlekar och former kan tillverkas.

Nackdelar:

- Dyr lösning då allt måste designas och tillverkas från grunden

Koncept 5 – ”Fraktcontainer”

Beskrivning av koncept:

Kulisser eller kvarter som byggs upp med hjälp av fraktcontainrar. Paneler kan monteras på containern för att simulera olika material och egenskaper hos fasader.



Figur 5: 20" standardcontainer

Fördelar:

- Stor anpassningsbarhet
- Delvis befintlig teknik
- Billiga byggblock

Nackdelar:

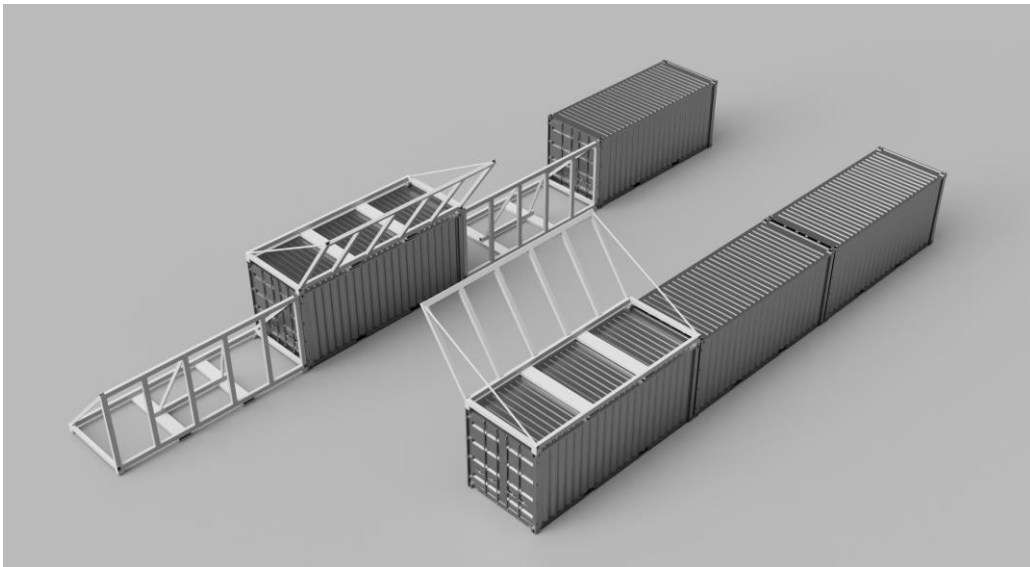
- Otymlig hantering
- Kräver speciell lastmaskin

6.2 Slutgiltigt Koncept

Projektet har kommit fram till att det i dagsläget inte finns någon intressent som konkret vet vilka material dom kommer önska testa sensorer eller annan utrustning emot eller kan säga vad för material dom önskar testa i framtiden. Det är därför viktigt att lösningen för mobila fasader är flexibel och enkelt kan modifieras för att simulera olika fasadmaterial. Det slutgiltiga konceptet är en blandning av koncept 4 och 5 och består huvudsakligen av 4 delar.

- Standard fraktcontainer
- Fast modul
- Tiltbar modul
- Materialpanel

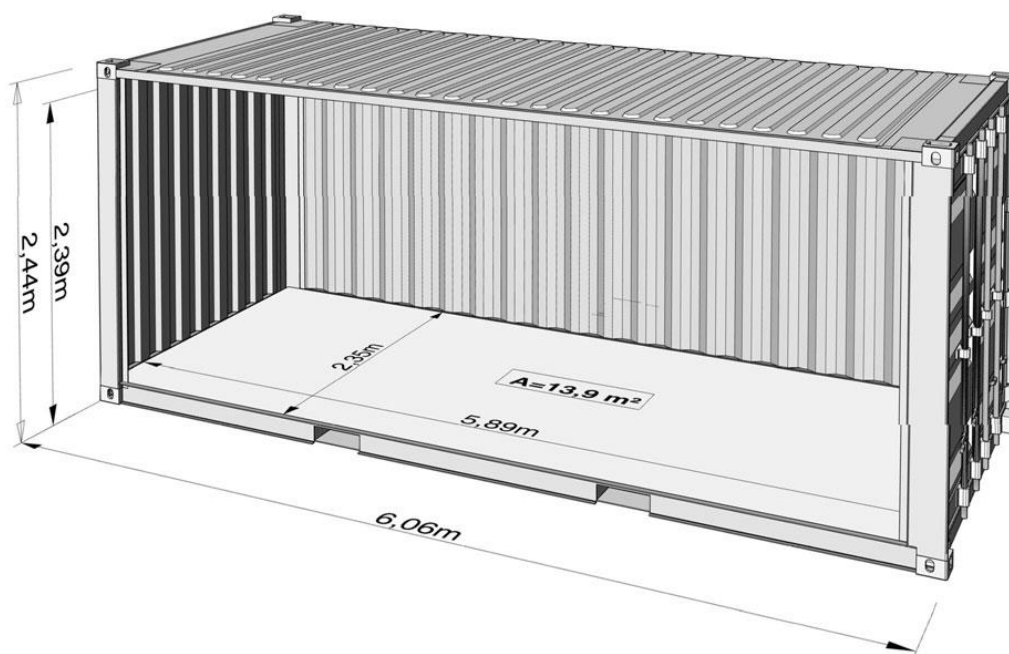
Genom dessa 4 olika byggmoduler kan olika stadsmiljöer enkelt byggas upp och simuleras. Standard container tillsammans med den fasta och tiltbara modulen utgör grundbyggstenarna för fasadstrukturen. Den fasta och den tiltbara modulen används tillsammans med lösa materialpaneler för att simulera en fasad då dessa moduler endast består av ett fackverk i stål. Detta gör också att dom kan användas för att simulera skyltfönster och andra fasadtyper i glas. Den tiltbara modulen är primärt tänkt att användas för att simulera "urban canyoning" genom att placera den ovanpå en standardcontainer och där fasaden tillas inåt för att störa kommunikationsutrustning.



Figur 6: Exempelbild på simulerad gatumiljö

Standard 20" fraktcontainer

Fraktcontainers finns i en rad olika storlekar och utföranden. Det som förenar dem är standardisering av yttermått och infästningspunkter. Att utnyttja containers som grundbyggstenar i den mobila fasadstrukturen är fördelaktigt både ur ett kostnadsperspektiv och befintlig teknik kring hantering av containers.



Figur 7: 20" standardcontainer © www.bigboxcontainers.co.za

Den containerstorlek som projektet valt att använda som grundbyggsten är 20-fots containern (6,06m). Detta då storleken är hanterbar med mindre eller mellanstora truckar/materialhanterare samtidigt som storleken på övriga byggmoduler reduceras. 10-fots containrar kan med fördel användas till hörn på byggnader och/eller om en annan fasadstruktur är önskvärd närmare en korsning.

Projektet tror att vid flertalet scenarion går det att använda containerväggar som fasad för att simulera en byggnad. I de fall där man önskar att ändra fasadmaterial eller utseende på fasaden kan man enkelt utrusta flertalet containers med fästen för de materialpaneler som presenteras nedan.

En ytterligare fördel med standardcontainers är att om behov/önskemål av stora stadsmiljöer uppstår kan externa containers hyras in temporärt för att bygga upp större byggnader eller miljöer.

Fast containermodul

Syftet med den fasta modulen är att möjliggöra simulering av glasfasader såsom skyltfönster och andra fasader som består huvudsakligen av glas.



Figur 8: Konceptförslag på fast modul

Den fasta containermodulen bygger på en bas identisk med en standard 20” fraktcontainer. Modulen kan utgå från en standardcontainer där väggar och gavlar kapas bort eller byggs från scratch genom en ramkonstruktion med standardiserade containerhörn. Containerhörnen är en grundförutsättning för att möjliggöra placering och fastlåsning ovanpå en standard 20 fots container, se Figur 9 för exempelbild på containerlås som används för att låsa samman staplade containers. Detta för att förhindra att modulen kan välta eller glida av containern.

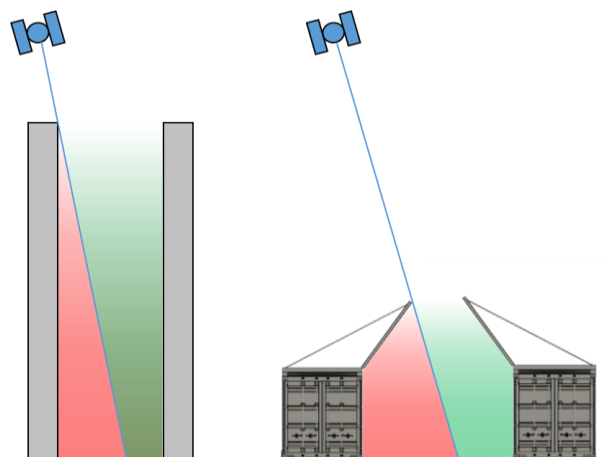


Figur 9: Containerlås © www.graysonline.com

Modulen ska också utrustas med fickor för truckgafflar för enkel hantering och för att möjliggöra stapling av den fasta modulen ovanpå en standardcontainer. På den vertikala delen av modulen monteras de olika materialpaneler som önskas.

Tiltbar containermodul

I en stadsmiljö finns det många faktorer som kan störa signaler från olika kommunikationssystem. Det är främst effekten av höga byggnader i kombination med smala gator som skapar en så kallad "urban canyon". För att kunna simulera denna effekt har ett koncept där fasadelementen kan lutas inåt och därmed skapa en "urban canyon" effekt tagits fram. Tanken är att med en lägre och enklare, byggnad simulera effekterna av höghus i en stadsmiljö, se Figur 10 för en skiss hur denna simulering av ett höghus med en lägre byggnad åstadkoms.



Figur 10: Simulering av kommunikationsstörning i stadsmiljö

Modulen är snarlik den fasta modulen med skillnaden att den lodräta sidan där de utbytbara panelerna är fästa kan tiltas. Olika grader av störning kan varieras med olika material på materialpanelerna. Modulen gör det också möjligt att simulera husfasader där fasaden inte är vinkelrät mot gatuplanet och där t.ex. en radarreflektion inte ger samma reflektion som en vinkelrät fasad.



Figur 11: Konceptförslag på tiltbar modul

Materialpanel

Vid de tillfällen man önskar att ändra på fasadens material och/eller fysiska utformning kan detta göras med hjälp av det panelkoncept som tagits fram. Panelerna är tänkte att följa de standardstorlekar på skivor som används i byggbranschen, 1.22 x 2.44 m, där det längre måttet stämmer väl överens med normalhöjden på en standardcontainer. Tanken med panelstorlekarna är att 2 personer ska kunna hantera panelerna utan hjälpmedel såsom truck eller lyftkran, glasfasader är dock undantaget. Vid de tillfällen där endast en slät panel är önskad kan panelen utgöras av ett billigt och lätt tillgängligt material såsom OSB-skiva eller plywood.



Figur 12: Exempel på panelutseende

För att visuellt simulera fasaddetaljer, fönster, dörrar kan paneler med dessa detaljer tas fram. Om det endast är visuell och fysisk korrekthet som behöver åstadkommas kan dessa detaljer tillverkas i lättviktsmaterial t.ex. cellplast och sedan monteras på en OSB- eller plywood-skiva för att efterlikna en fasad, se Figur 12 för exempel på utseende hos paneler. För att simulera glasfasader såsom skyltfönster kan glaspaneler monteras på en fast modul.

Materialmodulerna är tänkta att utrustas med ett enkelt fäste i bakkant och montering sker genom att panelen hängs på modulerna. För att panelerna ska vara möjliga att hantera för 2 personer utan mekanisk lyfthjälp bör dom inte väga mer än ca 45 kg. Panelernas baksida behöver vara plan för att möjliggöra montage, alternativt kan baksidan anpassas till modulernas fackverk.

Panelerna kan tillverkas i olika tjocklekar ifall man önskar simulera t.ex. övergången mellan 2 fasader. Alternativt kan hela moduler placeras offset och/eller med mellanrum för att efterlikna 2 tätt liggande byggnader vars fasader inte ligger i samma plan.



Figur 13: Visualisering av panelmontage på modul

6.3 Kravspecifikation

En kravspecifikation har tagits fram för vidare utveckling av mobila fasader.

Önskemål/Krav		Kommentar
Min/Max Längd, modul [m]	3,03 / 6,058 m	Längd på 10" och 20" - container
Min/Max Höjd, modul [m]	- / 2,591 m	Standardhöjd för containers
Min/Max Bredd, modul [m]	2,438 / 2,438 m	Standardbredd för containers
Min/Max Höjd, panel [m]	- / 2,44 m	Standardhöjd för byggsivor
Min/Max Bredd, panel [m]	- / 1,22 m	Standardbredd för byggsivor
Behov av simulering av dörrar/fönster eller andra oregelbundenheter i fasadstrukturen?	Ja	Utsträckning och detaljnoggrannhet kan varieras med hjälp av utbytbara paneler
Max vikt (modul)	2.8t	Flyttbar med mindre teleskoptruck/hjullastare.
Max vikt (panel)	45 kg	Hanterbar och monteringsbar för 2 personer
Designad för max vindstyrka	27 m/s (10 min)	Baserat på max uppmätt vindstyrka från vindstatistik för SMHI mätstation Borås (nr 72450) mellan årtalen 1944-1997. Vindstyrkan är angiven som medelvärde under 10 min med samplingsfrekvens av 1 gång/tim, mät höjd 10 meter över mark.
Sensorriktighet:		
Typ av system?	Kamera / Radar / Lidar	Beroende på testobjekt/önskemål från industri och/eller akademi
Önskvärda ytmaterial:	- Trä - Metall - Betong - Glas	Beroende på testobjekt/önskemål från industri och/eller akademi
Behövs Canyoing eller andra kommunikationsstörande effekter simuleras?	Ja	Utbredning beroende av önskemål/krav
Stöd för montage av kommunikationsutrustning, belysning etc.?	Ja	
Korrosionsbeständighet/Livslängd m.a.p. fukttålighet?	15 år	Kan variera beroende på material i paneler
Tolerans på planhet vid installation?	Lutning max 1 %	

Tabell 1: Kravspecifikation mobila fasader

7 Resultat och måluppfyllelse - Arbetspaket 2

Dagens stadsmiljö är uppbyggd av 4 kvarter där 3 av kvarteren utgörs av permanenta trästommar med en foto-tapet för att visuellt ge intrycket av en stadsmiljö. Permanenta fasader begränsar starkt de scenarion man i dagsläget kan simulera och de tester man kan genomföra för att testa olika sensorsystem. Då framtidens behov har varit svåra att säkerställa är flexibilitet av högsta vikt vid planeringen av en ny miljö.

Ett behov som projektet har identifierat är att stadsmiljön även i framtiden kan kombineras med de andra banorna på AstaZero. Detta för att skapa möjligheten till långa körscenarion med varierande miljö. Stadsmiljön behöver även utökas med ett vägnät med variation av fasta korsningar och nivåskillnader. Förslaget på den nya stadsmiljön har delats in i 3 delar som beskrivs mer ingående i kapitel 7.1 – 7.3.

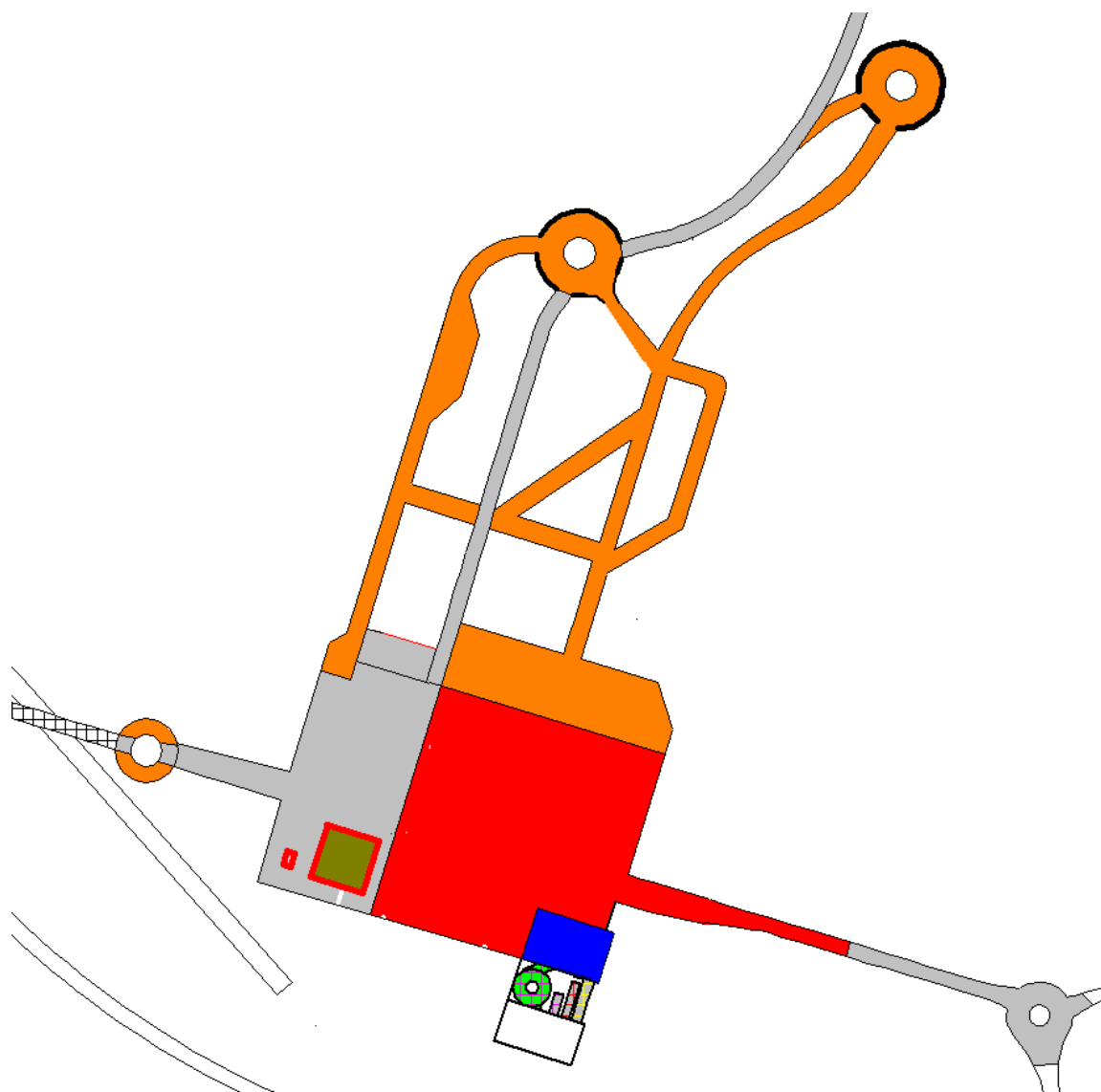
Under hösten 2018 genomförde AstaZero en workshop tillsammans med våra industripartners för att få en samlad behovsbild av hur staden behöver förändras. Under våren 2019 genomförde vi som komplement till workshopen en behovsanalys. Dessa båda aktiviteter resulterade i att en framtida stadsmiljö behöver innehålla följande

- Stor asfaltsyta med få fasta byggnader eller strukturer
- Kapacitetsökning för provning mot EuroNCAP protokoll
- Plats för att simulera logistikscenarion med utrustning som t.ex. lastkajer
- Möjlighet att prova självparkerade system på öppen parkering och i parkeringshus
- Vägnät med variation av korsningar, rondeller och uppför- och nedförsbackar
- Möjliggöra flera samtida användare

7.1 Förändring av banlayout

Utifrån workshopen och behovsanalysen har en ny banlayout tagits fram. Målsättningen har varit att skapa en så flexibel provningsmiljö som möjligt. Den enklaste lösningen för att erbjuda en flexibel provningsmiljö är att bygga en stor plan asfaltsyta där vägar, korsningar och rondeller målas upp med hjälp av linjer. Vi har valt att göra en kombination av fast vägnät och öppen asfaltsyta. Detta för att kunna erbjuda våra kunder en bredare användning av staden och för att banan lättare ska kunna delas av fler samtida användare.

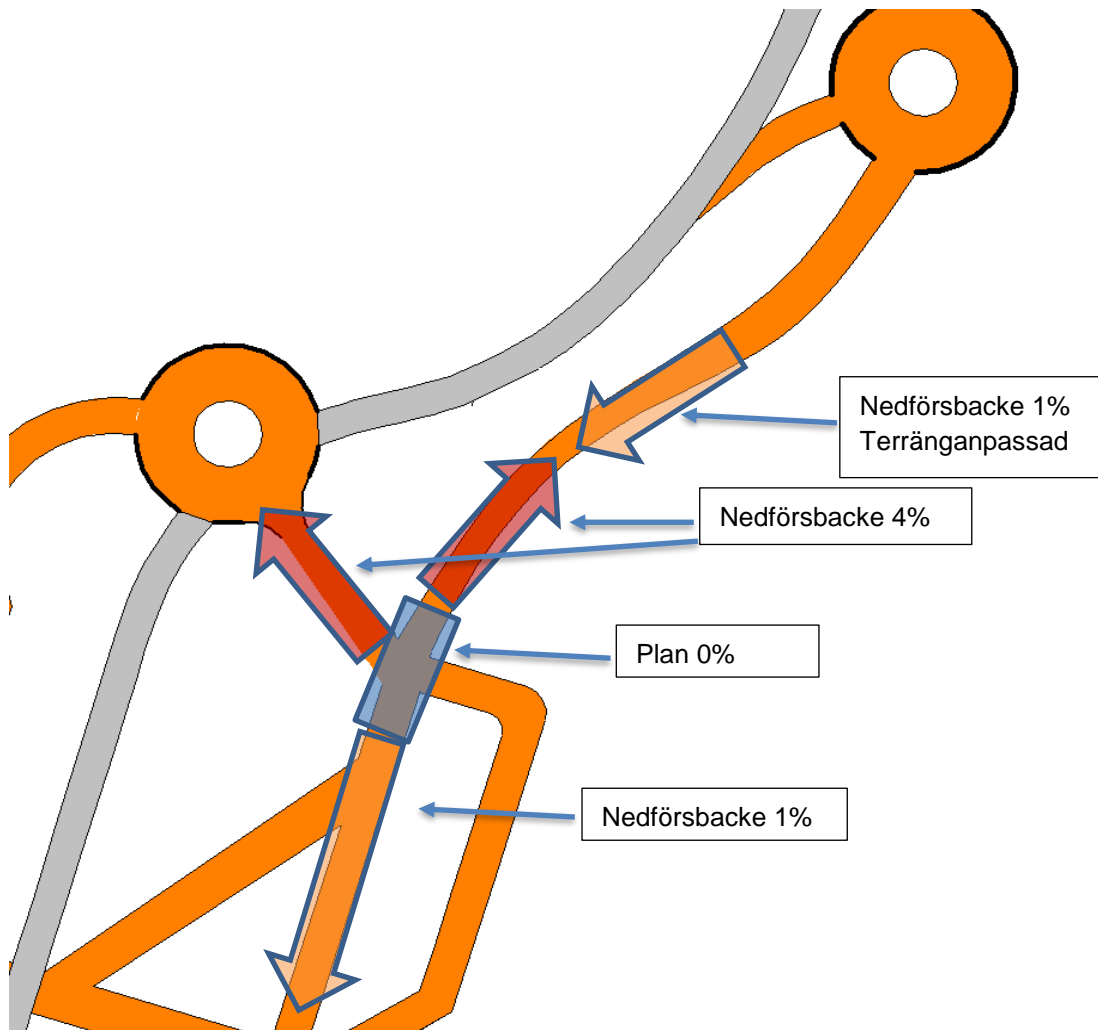
I Figur 14 visualiseras den nya layouten för staden. Vägar och ytor som måste byggas är markerade orange färg och grå färg markerar ytor och vägar som finns idag som inte behöver förändras. Röd färg markerar det område där vi måste genomföra en justering av lutningen. I det rödmarkerade området lutar ytorna i flera riktningar och mer än 1%. Då det ofta finns krav inom provmetoden på max 1% lutning på vägbanan där testen utförs, ansåg vi att det var relevant att göra en justering av lutningarna så att området kan användas för provning mot olika lagkravstester och ratingstester. Höjdskillnaden som måste justeras är 0,75m och lutningen är nedför från höger till vänster i Figur 14. Effekten av denna justering är att accelerationssträckan till höger i Figur 14 kommer luta nedför in mot stadsmiljön vilket vi bedömer som positivt.



Figur 14: Översiktsbild banlayout City 2.0

I behovsanalysen vi genomförde framkom det är viktigt att kunna erbjuda provning i uppför- och nedförsbackar. En av AstaZeros kunder har påvisat problematik med att matcha kartdata med kameradata i variation av uppför- och nedförsbackar och detta anses vara ett gemensamt problem för de som utvecklar funktioner för självkörande fordon. I den föreslagna banlayouten har vi valt att placera en korsning som högsta punkt i vägnätet med fyra anslutande vägar. Två av dessa ansluter med lutning på 4% vilket är en rimlig lutning av väg upp till en korsning, en beskrivning av denna korsning finns i Figur 15. Det är inte endast jämförelsen mellan kartdata och sensorsinformation som är intressant för denna del av vägnätet, uppförsbackar är intressant då de flesta sensorsystem, kamera, radar och lidar inte kan se över backkrön vilket medför att informationen om ett eventuellt korsande fordon identifieras sent.

Denna plats kan med fördel även användas för utprovning av uppkopplade fordonssystem då positionsinformation från andra fordon kan vara ett stöd för att hantera denna typ av trafiksituation.



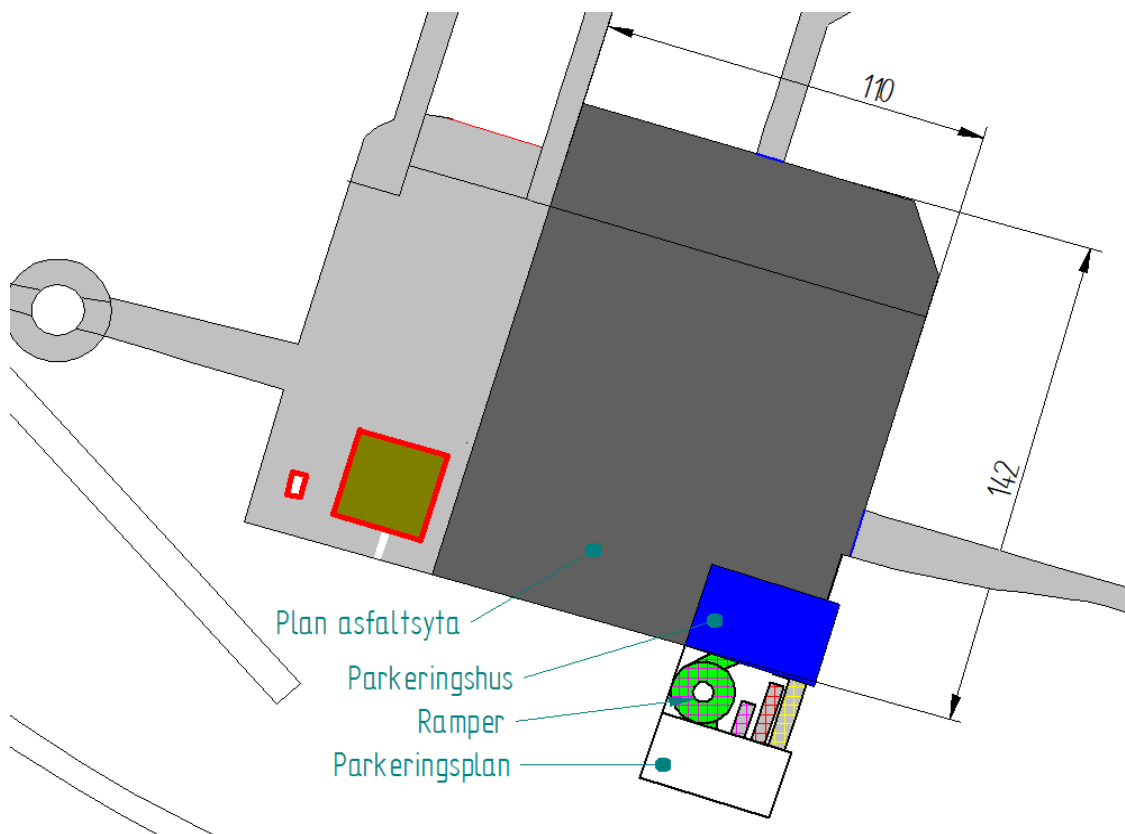
Figur 15: Beskrivning av utformning av backar.

Rondeller är en viktig provningsmiljö då det är utmanande för sensorsberoende system att hantera rondellsituationer. Vi kan temporärt bygga upp rondeller på den planerade asfaltsytan men vi bör även erbjuda fasta rondeller för att öka realismen i provningsgenomförandet. För att kunna utforma de permanenta rondellerna i stadsmiljö studerades rondeller i Sverige och i Tyskland och det var tydligt att det finns en stor variation av rondeller, utformning och storlek. Rondeller med en radie runt 20 m bedömer vi är relativt vanlig i stadsmiljö vilket också är tillräckligt stor för en lastbil att köra igenom. Fyra fasta rondeller är inkluderade i designen med radien 20 m. Det behöver övervägas om rondellerna ska asfalteras helt för att kunna anpassa den inre radien i rondellen utifrån provbehov.

7.2 Asfaltsyta

För att maximera flexibiliteten samt möjliggöra flera olika scenarion bör dagens fasta kulisser ersättas med en stor plan asfaltsyta. Projektets förslag är att utöka den yta som idag består av både asfalt och grusytor enligt Figur 16, den mörka ytan är den föreslagna nya plana asfaltsytan. En plan asfaltsyta möjliggör med hjälp av dom mobila fasadelementen, beskrivna i kapitel 6.26.2, en flexibel och framtidssäker testmiljö.

Asfaltsytan möjliggör också simulering av olika trafikscenarion och korsningar. Med hjälp av lösa väglinjer, kantstenar samt mobila fasadelement kan komplexa korsningsscenarion enkelt simuleras och modifieras efter behov och önskemål.



Figur 16: Översiktsskiss på föreslagen layout City 2.0

Nuvarande layout tillåter sammankoppling med kringliggande bansegment och det tror projektet kommer vara en ökande efterfrågan i framtiden. Möjligheten att kunna erbjuda längre körsekvenser där stadsmiljö kan varieras med andra vägmiljöer skapar en större flexibilitet, t.ex. kan landsvägen kopplas ihop med en korsning för att sedan övergå till en 4-vägs korsning i stadsmiljö.

Asfaltsytan ska även kunna användas för vissa EuroNCAP tester och framför allt de som berör provning med fotgängare och cyklister. Förslagsvis så kan EuroNCAPs specificerade korsning målas upp med permanenta väglinjer. En förutsättning för att ytan ska kunna användas för EuroNCAP provning är att asfaltsytan lutning justeras enligt tidigare beskrivning.

7.3 Logistikmiljö

För att simulera logistiktransporter samt logistikterminaler/lastkajer har befintliga terminaler och lastkajer studerats. Vidare har riktlinjer för lastkajer och dess omgivning studerats för att få en djupare förståelse kring behoven och de olika utmaningar som kan uppstå kring dessa.

Flera olika lösningar diskuterades initial i projektet:

- Implementera lastkajer i fasaden på det föreslagna parkeringshuset som är beskrivet i kapitel 7.3.1.
- Modifiera den befintliga kontorsbyggnaden i City och bygga en sektion med lastkajer.
- Bygga permanenta lastkajer längs med någon av sidorna på den föreslagna asfaltsytan.

Dessa förslag skulle alla innebära att den fria ytan framför och simulerade tillfartsvägar omkring lastkajerna skulle bli begränsade i sin utformning. Efter att ha studerat befintliga miljöer för lastkajer och generella riktlinjer för dessa drogs slutsatsen att avstånden mellan lastkajer och utformningen av dessa är snarlikt men utformning av vändytor och tillfartsvägar ofta är anpassade efter de ytor som har funnits tillgängliga vid byggnation av lastkajen/logistikterminalen. Detta leder till en stor variation i möjliga scenarion och där inte alltid de riktlinjer som finns nödvändigtvis uppfylls. Den slutsats som drogs var att en mobil lastkaj skulle möjliggöra simulering av olika miljöer utan att begränsa området framför eller runt lastkajerna. Ett koncept på en mobil lastkaj togs därför fram. Konceptet bygger på ett konventionellt lastbilssläp som byggs om med lastkajer utmed vardera långsidan. För att i ännu större mån möjliggöra olika scenarion utrustas en sida med plana lastkajer, där lastbilar backar till 90 grader mot fasaden. Den andra sidan utrustas med lastkajer som ligger i 45 grader mot fasaden. Lösningen innebär också att man kan använda lastkajen på andra bansegment vid behov. Det är tillräckligt med 3 lastkajer på var sida av släpvagnen för att simulera alla möjliga scenarion, se Tabell 2.

Lastkaj nr:	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
1	Ledig	Upptagen	Ledig	Upptagen
2	Ledig	Ledig	Ledig	Ledig
3	Ledig	Ledig	Upptagen	Upptagen

Tabell 2: Scenarion för lastkaj

Se Figur 17 för en exempelbild på hur en möjlig mobil lastkaj baserat på en lastbilssläpvagn skulle kunna se ut.

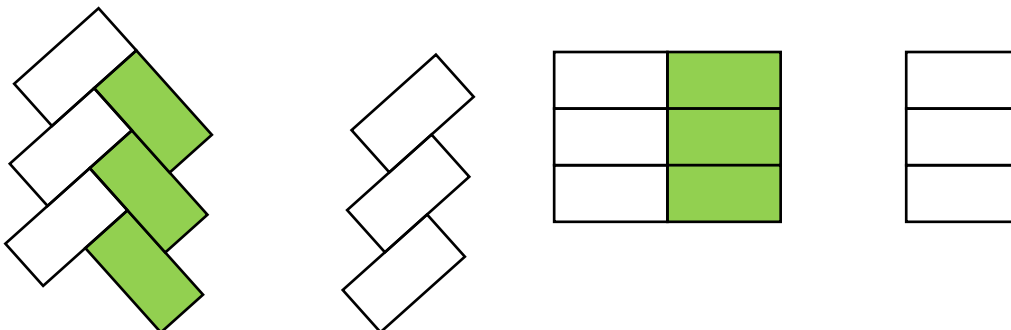


Figur 17: Visualisering av koncept för mobil lastkaj

7.3.1 Parkeringshus

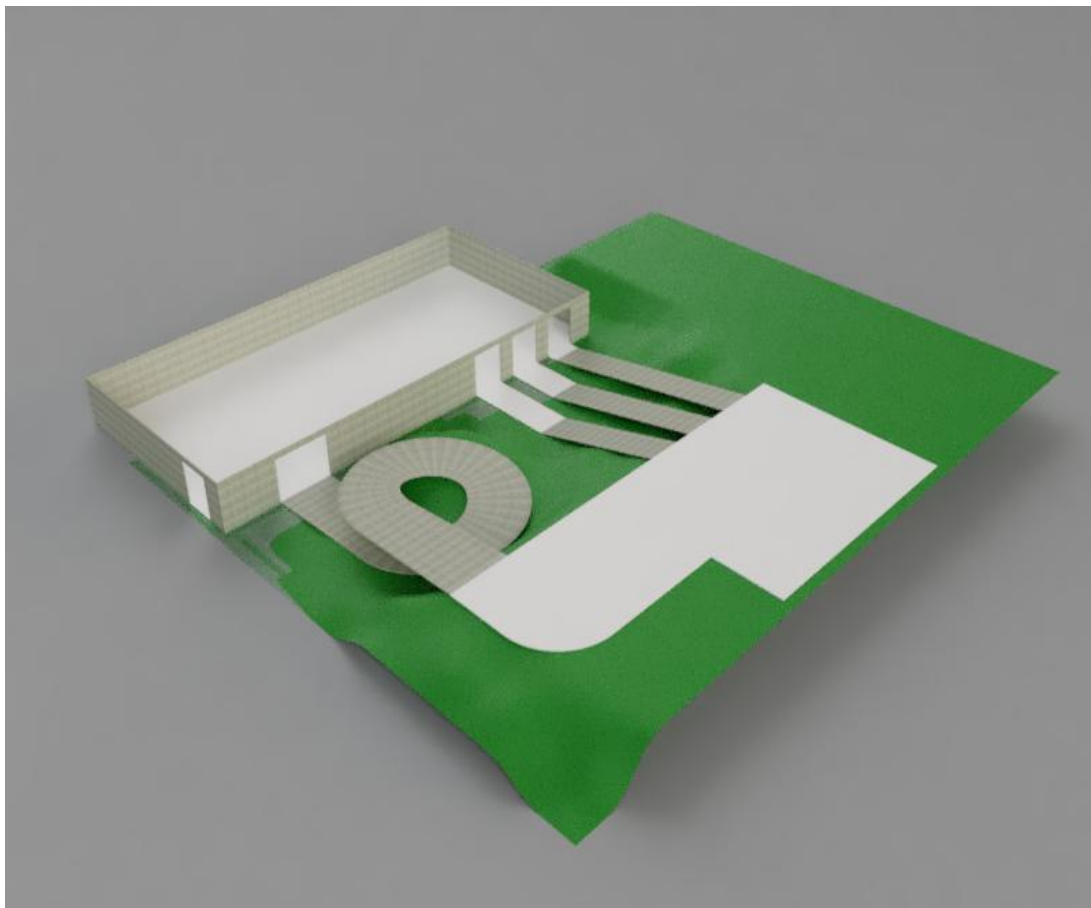
För att möjliggöra testning och utveckling av autonoma parkerings och manövreringssystem finns ett behov av en flexibel miljö där olika parkeringsscenarion kan simuleras. Det koncept på ett parkeringshus som tagits fram bygger på ett lägre plan med väggar och tak samt ett övre plan utan tak men eventuellt med låga väggar. Det övre planet kan utrustas med tak i ett senare skede ifall ett behov av detta uppkommer.

Det nedre planet byggs utan inner väggar för att skapa en flexibel yta. För att möjliggöra olika parkeringsscenarion och miljöer behövs en öppen yta med mobila hinder bestående av både flyttbara väggar samt pelare i olika dimensioner. För att underlätta placering samt montering av dessa flyttbara hinder kan krokar och/eller ett rutnät monteras i taket. Man kan då snabbt återskapa olika scenarion genom att hänga de flyttbara hindren i taket. Upphängningen i tak leder också till att dom kan köras på av testfordon utan att riskera att dessa välter och skadar testfordon eller kringliggande utrustning. Hindren konstrueras lämpligen i ett lättviktsmaterial för att underlätta hantering samt minimerar åverkan på testfordon i händelse av en påkörning.



Figur 18: Simulering av olika parkeringsscenarion

Fel! Hittar inte referenskälla.för exempel på olika utformningar på parkeringsscenarion för test, dom grönmarkerade parkeringsrutorna är avsedda för testning.



Figur 19: Visualisering av koncept på parkeringshus

Syftet med det övre planet är att möjliggöra test av förflyttning mellan olika plan. Genom att utnyttja nivåskillnaden i terrängen utanför den nuvarande stadsmiljöns sydöstra del kan ett planskilt parkeringsplan byggas. Nivåskillnaden mellan planen skulle motsvara nivåskillnaden mellan två våningsplan i ett konventionellt parkeringshus. Denna lösning blir mer kostnadseffektiv kontra ett fristående parkeringshus med 2 eller flera plan. Det övre och nedre planet kan bindas samman med flertalet olika ramper där utformning och lutning varierar. En cirkulär ramp bör utformas med dubbla filer för att möjliggöra test av olika kurvradier samt möte med andra fordon. Det övre däckat kan även användas för att simulera parkeringsscenarion i utomhusmiljö.

8 Resultat och måluppfyllelse - Arbetspaket 3

En uppdaterad stadsmiljö på AstaZero måste erbjuda goda möjligheter att ansluta digital utrustning vilket ställer krav på många anslutningspunkter till elnät och fast och trådlös nätverksuppkoppling med access till internet. Vi har utifrån vår erfarenhet efter 5 års drift av anläggningen samt med hjälp av intervjuer med våra industripartners tagit fram ett förslag till utbyggnad av den digitala infrastrukturen. Vi har även haft god support av Ericsson i framtagandet av anpassningar till cellulära nätverk som t.ex. LTE och 5G.

8.1 Trådlösa nätverk

På AstaZero idag finns det ett antal olika uppkopplingsmöjligheter till trådlösa nätverk. Vi har tre olika cellulära nätverk, privat LTE-nätverk, LTE-Advance och 5G-nätverk. Det privata LTE-nätverket har ingen anslutning mot internet för att öka säkerheten i kommunikationen. Syftet med detta nät är att ha robust uppkoppling för applikationer som inte kräver stor bandbredd, som t.ex. trafikledningssystemet på AstaZero. Vi ser inte att detta nät behöver byggas ut för att förbättra provningsmöjligheterna i staden utan endast justera om nödvändigt för att garantera uppkoppling vid ändring av den fysiska infrastrukturen.

LTE-A (Advance) är ett cellulärt nät som Ericsson installerat på AstaZero och har täckning över större delen AstaZero inkluderat staden. Detta nät har liknande prestanda (bandbredd och responstid) som 5G. Planen inför hösten 2019 är att bygga ut detta nät så att vi har täckning över hela anläggningen och redundans.

På AstaZero finns även ett 5G uppkoppling med endast en cell i drift för tillfället. Utbyggnaden av 5G på AstaZero som genomförs av Ericsson kommer innefatta ett heltäckande nät över hela anläggningen med viss redundans. Ericsson planerar att utbyggnaden ska vara klar och driftsatt under 2019 eller i början av 2020 beroende på tillgång till lämpliga frekvensband. Utöver det heltäckande 5G-nätet kommer det finnas behov av mindre lokala basstationer så kallade microceller. Syftet för microceller är att skapa täckning av ett mindre område där krav ställs på korta responstider i den digitala uppkopplingen som t.ex. distribuera positioneringsinformation mellan fordon i en vägkorsning eller trafikplats. Microcellerna har ett kompakt format och är anpassade att kunna installeras i lyktstolpar eller husfasader. En microcell kräver strömförsörjning och bör anslutas till internet via fibernät. Då microcellerna erbjuder stor bandbredd och korta responstider ställs höga krav på den fasta uppkopplingen av microcellen. En microcell kräver minst två dedikerade fiberpar för att hantera dataflödet. Ericsson bedömer att de bör ha möjlighet att installera minst tio microceller i stadsmiljön för vissa provningar vilket är dimensionerande för fibernätet i staden. Ericsson anser inte att det finns ett behov av fast placering utav microceller utan är mer intresserade av att göra temporära installationer vilket ställer krav på ett flexibelt fibernätverk som är lättåtkomligt oavsett önskad placering.

I utveckling av V2X (Vehicle-to-everything) funktioner finns det behov av två olika typer av nät, Dedicated Short Range Communication (DSRC) eller C-V2X. DSRC bygger på WiFi teknik och C-V2X använder cellulära nät som LTE eller i framtiden 5G. Båda har sina fördelar och i intervjuer med våra industripartners framgår det att de utvecklar teknik som stödjer både DSRC och C-V2X. Detta medför att vi bör kunna erbjuda båda uppkopplingarna i stadsmiljön. Det finns några globala skillnader av DSRC, i Europa finns en egen standard som heter ITS-G5, detta skall inte förväxlas med det cellulära nätet 5G utan namnet är ett derivat från frekvensbandet (5,9 GHz). I USA heter standarden WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments).

Utvecklingen av V2X applikationer går mest mot C-V2X, i och med att 5G introduceras på marknaden ökar möjligheterna C-V2X. På AstaZero kan vi nyttja både LTE-A och 5G som kommunikationslänk för applikationer och utrustningar som använder C-V2X.

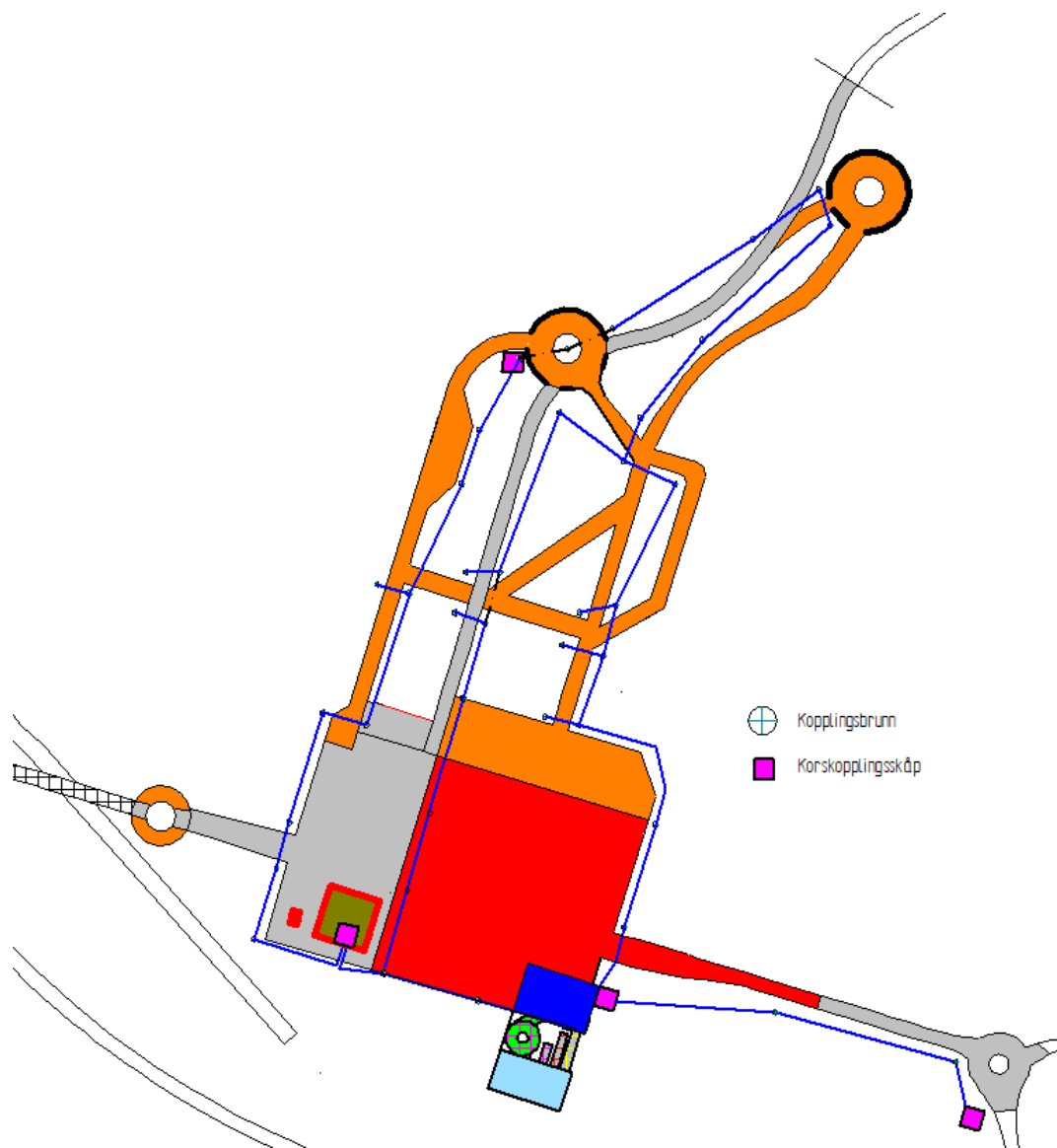
För DSRC behöver vi inte bygga upp någon fast infrastruktur då det är punkt-till-punktkommunikation. Vi behöver däremot investera i RSUer och OBUer som beskrivs i 8.3. Vid investering av enheterna behöver vi säkerhetsställa att enheterna klarar av både den Europeiska standarden G5 och den Amerikanska WAVE. Då våra kunder ser fördelar att kunna testa och utvärdera funktioner för både G5 och WAVE.

8.2 Fast datanätverk

AstaZero har ett utbyggt fibernät för nätverkskommunikation inom och utanför AstaZero. Fibernätverket finns tillgängligt utmed alla banor och så även i staden. Det finns även en stor mängd kanalisation nedgrävd för framtida utbyggnad av fibernät och kopplingsbrunnar med 200 m mellanrum. Efter att anläggningen nu varit i drift i snart 5 år ser vi ett utökat behov av kanalisation och kopplingsbrunnar för fibernätverk och strömförsörjning framför allt i staden. Det är inte nödvändigt att installera fiberrör i all kanalisation men det måste finnas möjligheter att snabbt utöka nätet genom förberedd kanalisation. En utbyggd kanalisation minskar behovet av temporära dragningar av kablage för strömförsörjning och nätverksuppkoppling vilket ger en möjlighet till en robustare installation av temporär utrustning.

Dagens och framtida trådlösa nätverk ställer höga krav på den fasta nätverksuppkopplingen. En 5G basstation kräver minst två dedikerade fiberpar för anslutning mot server. Detta medför att vi behöver dimensionera upp fibernätet i stadsmiljö och uppkoppling mot AstaZeros serverrum för cellulära nät som ligger i kontrollrummet vid Höghastighetsytan. För att garantera uppkoppling till de tio microcellerna som Ericsson specificerat krävs det 20 fiberpar i stadens fibernät och som sedan ska vidare till serverrummet. Utöver detta bör det finnas lediga fiberpar för att ansluta provning- och forskningsutrustning som vi bedömer kommer ha ett behov av ca 10 fiberpar. En lämplig kanalisation för fibernät och strömförsörjning bör se ut som Figur 20. I framtagandet av detta nätverk har vi beaktat att det bör finnas ett ringnätverk i stadsmiljön för att bland annat kunna erbjuda ett redundansnät. Lämpliga anslutningspunkter är vid korsningar och utmed den stora asfaltsytan. Det är inte lämpligt att placera kopplingsbrunnar mot mitten av den stora asfaltsytan då detta kan ha negativa effekter för vissa provningsgenomföranden. Då väggmodulerna kommer att flyttas runt för att simulera olika situationer är det utmanande att hitta en layout av kopplingsbrunnar som täcker alla tänkbara konfigurationer men den föreslagna layouten ger access till fibernät och strömförsörjning för de flesta konfigurationer av väggmodulerna.

I layouten av det fasta nätverket finns det fyra korskopplings-skåp som ger access till nätverket utanför staden t.ex. ringnätverket på AstaZero. I dessa skåp bör det finnas utrymme för att installera kompletterande hårdvara.



Figur 20: Kanalisation för datanätverk och strömförsörjning

8.3 Uppkopplade system och enheter

Idag finns det teknik som möjliggör att fordon kan dela information och ta emot information från andra fordon, enheter i väginfrastrukturen och molnbaserat data som t.ex. kartdata. De flesta uppkopplade system använder tidigare beskrivna C-V2X eller DSRC för att dela eller inhämta information. Ett exempel på ett uppkopplat system är ett trafikljus som har kontrolleras med hjälp av en RSU (Road Side Unit). En RSU kan användas för många olika applikationer då den kan anpassas till tillämpningen.

När vi intervjuade våra industripartners om behov av digitala system och V2X-infrastruktur på AstaZero var det detta som förväntades finnas tillgängligt på anläggningen i framtiden.

- Minst 8 st RSUer med möjlighet att koppla upp via både C-V2X och DSRC.
- Två On Board Unit (OBU) för att enkelt kunna erbjuda uppkoppling till AstaZeros installerade RSUer. Valet av OBU ska erbjuda möjlighet att anpassa gränssnitten mellan OBU och fordonsbaserade funktioner eller system.
- Stativ för att temporärt kunna installera RSUer inom banområdet, antal 8 st
- Trafikljus som går att flytta till lämpliga platser och det ska även finnas möjlighet att hänga dessa i en så kallad portal, antal 2 st.

Leverantörerna Cohoda wireless och Consignia har kontaktats för att hitta lämpliga produkter för installation i staden och på övriga bandelar på AstaZero. Båda leverantörerna har ett stort urval av produkter och de erbjuder även utrustning som är lämplig för utveckling av V2X funktioner. Det finns fler leverantörer på marknaden men många av dessa saknar öppna utvecklingsmiljöer vilket utesluter dem som leverantörer då vi måste ha möjlighet att genomföra anpassningar till olika tillämpningar.

Det finns ett stort antal standardiserade funktioner/meddelanden för V2X kommunikation och i listan nedan är de som anses viktigast att kunna prova på AstaZero enligt våra industripartners.

- Emergency Electronic Brake Lights (EEBL), Föraren informeras om en hård inbromsning längre fram på vägen och får på så sätt god tid på sig att anpassa hastigheten
- Hazardous Location Warning
- Green Light Optimal Speed, Rekommenderad hastighet för grön våg.
- Time To green, anger tiden tills trafikljuset övergår till grönt ljus.
- Emergency vehicle approaching, information att räddningsfordon är på väg.
- Adverse weather condition, väderinformation
- Roadwork, varnar i ett tidigt skede att det finns ett vägarbete utmed vägen.
- Human presence on the road
- V2X locate, med hjälp att nyttja positionsinformation från RSUer och andra fordon kan positionen på det egna fordon räknas ut med hög noggrannhet. En förutsättning för denna funktion är att det finns fler än en RSU eller OBU i området.

9 Spridning och publicering

9.1 Kunskaps- och resultatspridning

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	
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	
Introduceras på marknaden	X	Förprojektering pågår och det finns ett kalkyleringsunderlag framtaget av SWECO. Inkluderas i utbyggnadsplanerna som fått namnet AstaZero MKII
Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut		

Tabell 3: Kunskaps- och resultatspridning

9.2 Publikationer

Inga publiceringar har gjorts inom projektet.

10 Slutsatser och fortsatt forskning

Projektet anser sig ha funnit en flexibel och framtidssäker lösning på en uppdaterad stadsmiljö. Konceptet går att variera både vad gäller material och utseende. Om behovet att öva i fysiska stadsmiljöer i framtiden minskar kan den plana asfaltsytan nyttjas till simulering av andra scenarion. Förslaget ger ett bredare utbud av provningsmöjligheter i staden och större möjligheter för att ha flera samtida kunder på banområdet vilket ökar tillgänglighet till denna provningsmiljö.

Arbetspaket 1 - Modulära mobila fasader

Konceptet bör tas vidare till prototypstadiet för att säkerställa funktion och utvärdering enligt kravspecifikationen.

Arbetspaket 2 - Banlayout för "City Area"

För fortsatt forskning rekommenderas att vidare studera olika scenarion som är möjliga att återskapa på den asfaltsyta som är föreslagen i kapitel 7.2 och undersöka om storleken på den föreslagna ytan är tillräcklig.

Banlayouten har förankrats med AstaZeros industripartners som ställer sig väldigt positiva till förslaget. Detaljer som korsningar och rondeller exakta placeringar och detaljer för dessa behöver arbetas igenom tillsammans med industripartners och forskare.

AstaZero har anlitat SWECO för att ta fram en kostnads kalkyl för ombyggnationen av staden enligt föreslagen layout för att få fram ett underlag för eventuell investering

Arbetspaket 3 - Digital infrastruktur för stadsmiljö

Uppkopplade fordon är fortfarande nytt utvecklingsområde för våra industripartner och leverantörer som Ericsson. I intervjuerna vi genomfört har vi inte fått tydliga kravställningar på vad som vi behöver erbjuda i en framtida stadsmiljö. Det vi måste säkra idag är att den digitala infrastrukturen i stadsmiljön utformas så att den lätt kan anpassas till nya behov. Centralt är att säkerhetsställa fast uppkoppling för 5G och annan utrustning via fiberrör. Ericsson har uttryckt att fibertillgången kommer att vara avgörande för utbyggnad av 5G på AstaZero.

Microcellerna som planeras att installeras i stadsmiljön kommer på sikt att kunna erbjuda möjligheten att programmeras för att utföra vissa beräkningar och uppgifter. Ericssons benämning på detta är *Mobile edge computing* som kan ses som en molntjänst. För att kunna ge forskare och kunder kompetent support i framtiden ser vi det som viktigt att bygga kompetens kring denna molntjänst som kommer vara en viktig funktion för självkörande fordon.