



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

**NÁVRHOVÉ PODMÍNKY PRO POLYGON
SPECIALIZOVANÝ NA AUTONOMNÍ VOZIDLA**

DESIGN CONDITIONS FOR A POLYGON SPECIALIZING IN AUTONOMOUS VEHICLES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Trhlík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR HÝZL, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Tomáš Trhlík
Název	Návrhové podmínky pro polygon specializovaný na autonomní vozidla
Vedoucí práce	Ing. Petr Hýzl, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Specifikační a zkušební normy z oblasti asfaltových poživ a směsí

Normy řady ČSN EN 13108 Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály

ČSN 73 6121 Stavba vozovek - Vrstvy z hutněných asfaltových směsí - Provádění a kontrola shody

Zkušební normy pro asfaltové směsi řady EN 12697

Firemní materiály

Internetové zdroje

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Základem práce bude rešerše o stávajících polygonech sloužících pro testování autonomních vozidel, a to jak z pohledu technologie vozovek, tak z projekčního hlediska. Na základě získaných znalostí pak budou navrženy vhodné vozovkové vrstvy respektující české technické předpisy, případně další parametry, které by měl polygon splňovat, aby byl uzpůsobený pro testování autonomních vozidel. Součástí práce by mělo být i zhodnocení zda je výhodné využívání stávajících ploch (např. letišť) nebo je spíše vhodná výstavba specializovaných polygonů.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Petr Hýzl, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je řešení stavajících polygonů sloužících pro testování autonomních vozidel, a to jak z pohledu technologie vozovek, tak z projekčního hlediska. V práci je zmíněno 9 nejvýznamějších světových testovacích polygonů a jejich popis návrhových parametrů. Jsou zde popsány jednotlivé stupně automatizací od zahraničních organizací zabývajících se výzkumem a vývojem v automobilovém průmyslu. Dále jsou popsány základní pokročilé systémy asistence řidiče, konektivita mezi vozidly a infrastrukturou. A také zhodnocení stávajících letištních ploch pro testování autonomních vozidel.

KLÍČOVÁ SLOVA

testovací polygon, specializovaný polygon, autonomní vozidlo, konektivita, pokročilé systémy asistence řidiče, úrovně automatizace

ABSTRACT

The aim of this diploma thesis is the research of building polygons for the testing of autonomous vehicles, from the point of view of road technology and also designing aspects. In the thesis are mentioned 9 most important world test polygons and their description of design parameters. There are described particular stages of automation from foreign organizations which are concerned with research and development in the automotive industry. In addition, there are described basic advanced driver assistance systems and connectivity between vehicles and infrastructure. Conclusion also contains the assessment of existing aerodrome test areas for autonomous vehicles.

KEYWORDS

proving ground, specialized polygon, autonomous vehicle, connectivity, advanced driver assistance systems, levels of automation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Tomáš Trhlík *Návrhové podmínky pro polygon specializovaný na autonomní vozidla*. Brno, 2018. 96 s., 4 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce Ing. Petr Hýzl, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Návrhové podmínky pro polygon specializovaný na autonomní vozidla* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11. 1. 2019

Bc. Tomáš Trhlík
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Návrhové podmínky pro polygon specializovaný na autonomní vozidla* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2019

Bc. Tomáš Trhlík
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Petrovi Hýzlovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce za čas, který mi v rámci konzultací poskytl a za všechny cenné připomínky. Dále bych rád poděkoval Ing. Janu Mazáčovi a Ing. Miroslavovi Štěpánovi za rady a pomoc při vypracování. Dále firmě Eurovia CS za podporu a shovívavost během studia, a nakonec bych chtěl poděkovat své přítelkyni Ing. arch. Ince Matouškové a mé rodině za podporu během studia i při vypracování diplomové práce.

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	AUTONOMNÍ VOZIDLA	11
2.1	Technické rozdělení jednotlivých stupňů autonomního řízení.....	12
2.1.1	SAE J3016 (Society of automobile engineers)	12
2.1.2	NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration).....	13
2.1.3	VDA (Verband der Automobilindustrie)	15
2.2	Pokročilé systémy asistence řidiče ADAS.....	17
2.2.1	Adaptive Cruise Control (ACC) - Udržování bezpečného odstupu	17
2.2.2	Autonomous emergency braking (AEB) – Automatické nouzové brždění	17
2.2.3	ACC Stop & Go – Udržování bezpečného odstupu s funkcí úplného zastavení.....	18
2.2.4	Lane Departure Warning (LDW) – Upozornění na vybočení z jízdního pruhu	18
2.2.5	Lane Change Assistant (LCA) – Asistent při změně jízdního pruhu.....	18
2.2.6	Brake Assistant System (BAS) – Systém asistence při brždění	19
2.2.7	Collision Mitigation System (CMS) – Systém zmírňování kolizí.....	19
2.2.8	Blind Spot Detection (BSD) – Kontrola slepého pozorovacího úhlu ...	19
2.2.9	Night Vision - Osvětlovací systémy, noční vidění	20
2.2.10	Driver Drowsiness Warning – Detekce únavy řidiče	21
2.3	Konektivita.....	21
2.3.1	V2I (Vehicle to Infrastructure) Vozidlo s infrastrukturou.....	21
2.3.2	V2V (Vehicle to Vehicle) Vozidlo s vozidlem	21
2.3.3	V2C (Vehicle to Cloud) Vozidlo s cloudovou službou	22
2.3.4	V2P (Vehicle to Pedestrian) Vozidlo s chodci	22
2.3.5	V2X (Vehicle to Everything) Vozidlo se vším okolo	22
2.3.6	C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems) kooperativní inteligentní dopravní systémy	22
2.3.7	Projekt C-ROADS Czech Republic.....	23
2.4	Podpurné technologie ADAS.....	25
2.4.1	Radar (Radio Detection and Ranging - rádiové rozpoznávání a zaměřování).....	25
2.4.2	Globální družicový navigační systém (GNSS).....	25
2.4.3	Kamerové senzory	26

2.4.4	Lidar (Light Detection And Ranging – světelná detekce a zaměřování)	26
2.4.5	Ultrasonic Forecast (ultrazvukový senzor)	27
3	TESTOVÁNÍ AUTONOMNÍCH VOZIDEL	28
3.1	Legislativa	28
3.1.1	Současný stav	28
3.1.2	Vídeňská úmluva o silničním provozu	29
3.1.3	Nutné změny v legislativě ČR	29
3.1.4	Znění novely zákona č. 361/2000 Sb. (zákon o silničním provozu)	30
3.2	Umístění testovacího polygonu na území ČR	32
4	TECHNOLOGIE VOZOVEK	33
5	VÝZNAMNÉ TESTOVACÍ POLYGONY VE SVĚTĚ	36
5.1	Seznam významných testovacích polygonů	36
5.1.1	Fowlerville Proving Ground	36
5.1.2	UTAC CERAM	39
5.1.3	Nardó Technical Center (NTC)	41
5.1.4	ATC Aldenhoven testing center	45
5.1.5	BOSCH Boxberg	51
5.1.6	BOSCH Juvincourt	55
5.1.7	IDIADA Applus+	60
5.1.8	ASTA ZERO	68
5.1.9	APZ Automotive Proving Ground Zala Ltd.	74
6	VYUŽITÍ STÁVAJÍCÍCH LETIŠTNÍCH PLOCH PRO TESTOVÁNÍ	80
7	ZÁVĚR	85
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	86
9	LITERATURA	88
10	SEZNAM OBRÁZKŮ	94
11	PŘÍLOHY	1
11.1	Průvodní dopis dotazníku	1
11.2	Dotazník k tématu diplomové práce	3

1 ÚVOD

Vývoj v automobilovém průmyslu udělal v posledních několika letech velký pokrok v oblasti aktivní bezpečnosti. Tuto oblast nově zaujímají vyspělé systémy asistence řidiče, které za nás například hlídají slepý úhel, vyjetí z jízdního pruhu vlivem nepozornosti, nebo zvýší tlak na brzdovém pedálu ve chvíli, kdy náš tlak je s ohledem na blížící se nebezpečí v dané rychlosti nedostatečný. To vše nás nyní přivádí k samotným úrovním autonomního řízení a problematice jeho testování. Dnes jsou vozidla běžně vybavena systémy, které odpovídají druhému stupni automatizace, tedy částečně autonomní, avšak testovacích polygonů umožňujících vývoj těchto systémů je v Evropě minimum.

Ve své práci se snažím o řešerši významných testovacích polygonů a jejich prvků, popis pokročilých systémů asistence řidiče, inteligentní dopravní infrastruktury a zhodnocení využití stávajících letištních ploch pro testování autonomních funkcí.

Toto téma jsem si vybral z vlastního zájmu a na základě podnětu od investiční skupiny Accolade, která plánuje v horizontu tří let realizovat testovací polygon specializovaný na autonomní vozidla v Západních Čechách odkud pocházím a jeho výstavba se mě bude nepřímo týkat.

2 AUTONOMNÍ VOZIDLA

Autonomní vozidlo během řízení v provozu musí reagovat na veškeré podněty a situace, musí shromažďovat informace pomocí senzorů a čidel na základě, kterých bude reagovat a provádět příslušný dynamický pohyb. Plně autonomní vozidla budou muset být vybavována komplexními systémy a scénáři. Při tzv. nepřetržité podpoře autonomního systému bude nutné, aby vozidlo neustále sledovalo dopravní situaci, nebylo omezeno žádnými povětrnostními vlivy a kdykoli úspěšně situaci vyhodnotilo. Následně se musí umět rozhodnout o akci, kterou na základě vyhodnocené situace uskuteční. [1]

Aktuálně se nacházíme na 2. úrovni autonomního řízení a vozidla na této úrovni jsou již běžně dostupná. Technický vývoj se však zabývá technologiemi, které spadají pod 4. úroveň. Tyto systémy vyvíjí i Český automobilový výrobce Škoda Auto, avšak před nasazením do provozu je nutné ještě připravit legislativu a funkční bezpečnost. Veškeré technologie agregátu brzdné soustavy a řízení musí mít zdvojený zdroj energie, aby byly jistěny pro všechny možné příčiny výpadku. Dnes tato zdvojená technologie znamená obrovské finanční náklady na vývoj a výrobu, což by ve finále bylo pro zákazníka neakceptovatelné. [2]; [1]

2.1 Technické rozdělení jednotlivých stupňů autonomního řízení

2.1.1 SAE J3016 (Society of automobile engineers)

Úrovně automatizace podle společnosti automobilových inženýrů SAE (Society of automobile engineers) [3]

Úroveň	Popis úrovně	Definice úrovně automatizace	Dynamické jízdní úlohy		Zpětná vazba na dynamické jízdní úlohy	Oblast, kde může autonomní vozidlo fungovat bezpečně
			Směrové a podélné řízení pohybu vozidla	Detekování a reakce na objekty a události		
Část nebo všechny dynamické jízdní úlohy provádí řidič						
0	Bez automatizace	Řidič ovládá všechny dynamické jízdní úlohy, i když je vozidlo vybaveno aktivním bezpečnostním systémem.	Řidič	Řidič	Řidič	n/a
1	Asistence řidiče	Specifický jízdná mód směrového nebo podélného pohybu vozidla realizován asistenčním systémem s ohledem na informace o jízdním prostředí	Řidič s pomocí jízdních asistentů	Řidič	Řidič	Omezena na určité módy řízení
2	Částečně autonomní	Specifický jízdná mód směrového nebo podélného pohybu vozidla realizován jedním nebo více asistenčními systémy s ohledem na informace o jízdním prostředí	Řídicí systém	Řidič	Řidič	Omezena na určité módy řízení
Všechny dynamické jízdní úlohy provádí autonomní systém			Řídicí systém	Řídicí systém	Řidič, který je připraven reagovat na odezvu řídicího systému	Omezena na určité módy řízení
3	Podmíněně autonomní	Specifický jízdní mód realizován autonomním systémem řízení ve všech aspektech dynamických jízdních úloh mimo stav, kdy je řidič vyzván k zásahu				
4	Vysoce autonomní	Specifický jízdní mód realizován autonomním systémem řízení ve všech aspektech dynamických jízdních úloh i v případě, kdy řidič náležitě nereaguje na výzvu systému	Řídicí systém	Řídicí systém	Řídicí systém	Omezena na určité módy řízení
5	Plně autonomní	Nepřetržitá podpora autonomního systému řízení za všech podmínek prostředí a událostí na pozemní komunikaci	Řídicí systém	Řídicí systém	Řídicí systém	Neomezena

Tabulka 1 Úrovně automatizace podle SAE [3]

2.1.2 NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration)

Úrovně automatizace podle Americké vnitrostátní správy bezpečnosti silničního provozu NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration)

Definice - Úrovně automatizace vozidel

Níže uvedené definice pokrývají celý rozsah automatizace řízení od vozidel, které nemají žádný automatizovaný řídicí mód (úroveň 0), až po vozidlo plně automatizované (úroveň 4). Organizace NHTSA má segmentovanou automatizaci vozidel rozdělenou do pěti úrovní, aby umožnila při projednávání tohoto tématu s ostatními zúčastněnými stranami jednodušší orientaci v oblasti automatizovaného řízení, na které organizace v současné době zaměřuje své úsilí. [4]

• Úroveň 0 - bez automatizace

Řidič je jediný, kdo provádí primární ovládání vozidla (brzda, řízení, škrticí klapka a hnací síla) a je vždy a pouze on odpovědný za sledování silničního provozu na pozemní komunikaci a za bezpečný provoz všech ovládacích prvků vozidla. Vozidla, která mají určitý systém podpory řízení, ale nemají žádnou kontrolu nad řízením, brzděním nebo škrticí klapkou by byly stále považovány za vozidla s úrovní automatizace 0. Zahrnují systémy, které poskytují pouze varování (např. varování před kolizí, varování při vybočení z jízdního pruhu, monitorování slepých míst, ad.), jakož i systémy poskytující automatizované sekundární ovládací prvky, jako jsou stěrače, světlomety, směrové signály atd. I když vozidlo s technologií komunikace typu vozidlo-vozdlo (V2V) by bylo také na této úrovni (0). [4]

• Úroveň 1 - Částečná automatizace

Automatizace na této úrovni zahrnuje jednu nebo více specifických autonomních funkcí, které fungují nezávisle na sobě a týkají se ovládání vozu. Řidič je jediný, kdo provádí primární ovládání vozidla, a je výhradně zodpovědný za bezpečnost, ale může rozhodnout o předání omezené kontroly nad vozidlem (např. funkčnímu prvku ACC (adaptivní tempomat). Systém také může automaticky převzít omezenou kontrolu nad primárním ovládáním vozidla (funkční prvek DSC-elektronická regulace jízdní stability). Automatizovaný systém může také poskytnout dynamickou podporu brzd (DBS), která pomáhá řidiči za určitých běžných jízdních situací nebo hrožících havárií vozidlo zastavit. Vozidlo může mít více asistenčních systémů kombinující podporu jednotlivých dynamických úloh řízení a technologií predikce havárie, ale nemůže nahradit řidiče a přebírat plnou zodpovědnost za jízdu. Závěrem neexistuje žádná kombinace autonomních systémů vozidla, která by pracovala jednotně, což by umožnilo, aby byl řidič odpojen od fyzického ovládání vozidla tím, že má zároveň své ruce z volantu a nohy z pedálů. Příklady specifických automatizačních systémů: adaptivní tempomat, automatické brzdění a vedení jízdního pruhu. [4]

• Úroveň 2 – Podmíněná automatizace

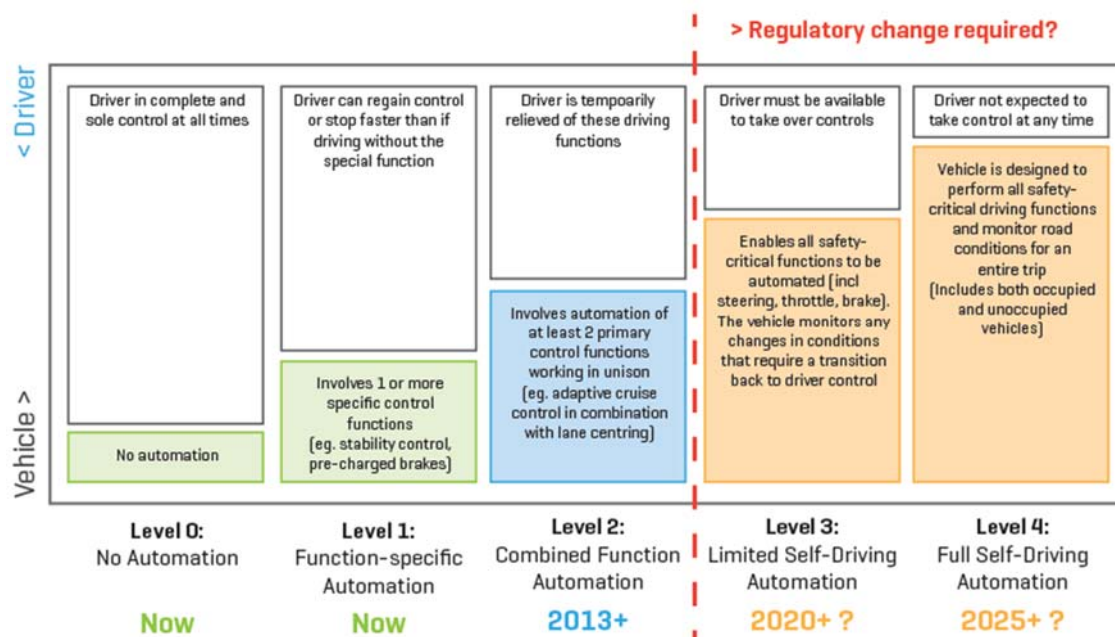
Tato úroveň zahrnuje automatizaci alespoň dvou primárních řídicích funkcí, které jsou navrženy tak, aby společně ulehčily řidiči ovládání automobilu. Vozidla na této úrovni automatizace mohou využívat sdílenou autoritu, kdy řidič předá aktivní primární řízení v určitých omezených jízdních situacích. Řidič je však stále zodpovědný za sledování provozu. Systém se může kdykoli bez varování vzdát kontroly nad ovládáním vozidla a řidič musí být okamžitě připraven k bezpečnému převzetí kontroly nad vozidlem. Příkladem kombinovaných funkcí umožňujících systém úrovně 2 je adaptivní tempomat v kombinaci s udržováním vozidla v jízdním pruhu. [4]

• Úroveň 3 – Vysoká automatizace

Vozidla na této úrovni automatizace umožňují řidiči předávat plnou kontrolu nad všemi kritickými bezpečnostními funkcemi v rámci určitého dopravního schématu a za těchto podmínek se řidič může spoléhat na vozidlo, které však monitoruje změny v daných podmínkách a bude případně vyžadovat přechod řidiče zpět k řízení primárních funkcí vozidla. Od řidiče se očekává, že bude k dispozici pro příležitostné řízení, ale přechod bude již časově dostatečně pohodlný. Vozidlo je navrženo tak, aby zajistilo bezpečný provoz během automatizovaného režimu jízdy. Příkladem by mohlo být automatizované nebo samoobslužné vozidlo, které může samo určit kdy systém již není schopen podporovat automatizaci a poté signalizovat řidiči, aby znovu bezpečně a s časovou rezervou převzal kontrolu nad řízením vozidla. Hlavním rozdílem mezi úrovní 2 a úrovní 3 je, že na úrovni 3 je vozidlo navrženo tak, aby se od řidiče neočekávalo neustálé sledování vozovky při jízdě. [4]

• Úroveň 4 - Automatizace s plným samočinným řízením

Vozidlo je navrženo tak, aby fungovaly všechny bezpečnostně kritické jízdní funkce a monitorování podmínek provozu po celou dobu trvání jízdního úkonu. Takový návrh předpokládá, že řidič poskytne navigaci vozidla vstupní informace o cílové destinaci, ale neočekává se, že bude k dispozici kdykoliv během jízdy. Konstrukce zajišťuje bezpečný provoz pouze na automatizovaný systém řízení vozidla. [4]



Obrázek 1 Úrovně automatizace podle NHTSA [5]

2.1.3 VDA (Verband der Automobilindustrie)

Úrovně automatizace podle Německého sdružení automobilového průmyslu VDA (Verband der Automobilindustrie)

- **Úroveň 0**

Na této úrovni neexistují žádné automatizované funkce řízení. Řidič provádí podélnou kontrolu vozidla (udržování rychlosti, zrychlení a brzdění) a boční (směrové) řízení. Neexistují žádné intervenující systémy, které na situace aktivně reagují, ale pouze systémy varovné, které například varují před vybočením z jízdního pruhu. [6]

- **Úroveň 1**

Na této úrovni může systém převzít buď podélné nebo boční ovládání vozidla, zatímco řidič nepřetržitě sleduje dopravní situaci. [6]

- **Úroveň 2**

Na této úrovni se hovoří o částečné automatizaci, jelikož řidič nyní může předat za určitých podmínek kontrolu nad podélným i bočním ovládáním vozidla. Během jízdy však řidič musí nepřetržitě sledovat vozidlo a provoz. Po celou dobu jízdy musí být schopen kdykoli a okamžitě převzít kontrolu nad vozidlem. [6]

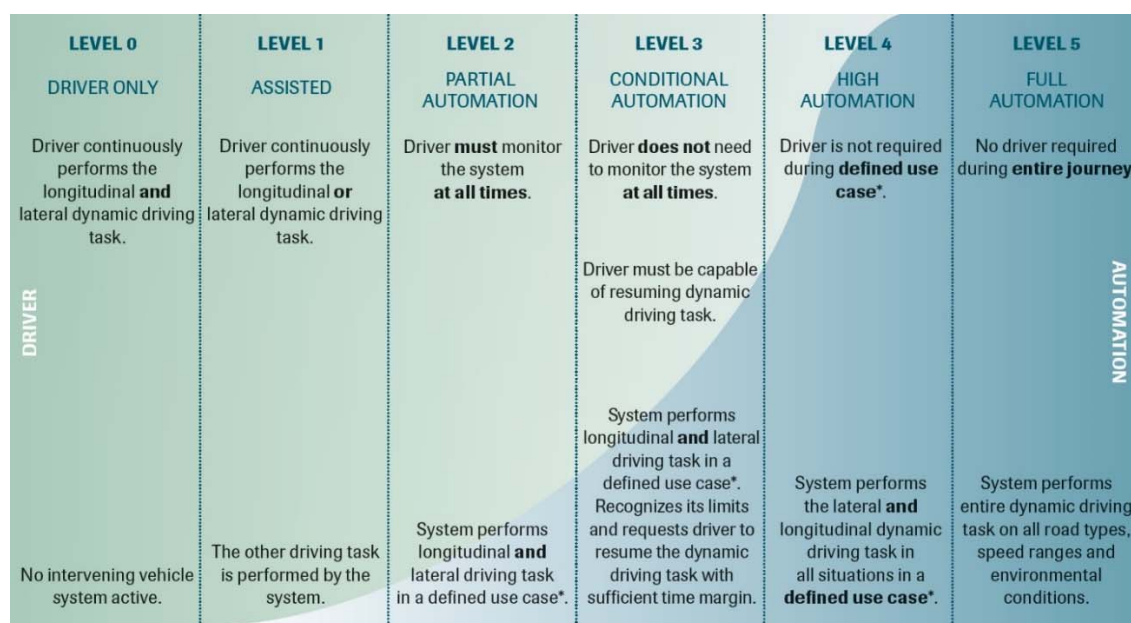
- Úroveň 3

Na této úrovni systém nezávisle rozpoznává své limity, tj. Místo, ve kterém se jeho funkce již nemohou vyrovnat s podmínkami prostředí. V takovém případě vozidlo požádá řidiče obnovit úlohu řízení. Řidič již nemusí průběžně monitorovat podélné a boční ovládání vozidla. Musí však být schopen pokračovat v jízdě, když ho systém signalizuje, a to s rezervou navíc. [6]

- Úroveň 4

Na této úrovni může řidič předat celý úkol jízdy do systému v konkrétních případech. Tyto scénáře se týkají typu silnice, rozsahu rychlosti a podmínek prostředí.

Posledním stupněm vývoje je řízení bez řidiče, úroveň 5. Vozidlo může zcela nezávisle plnit úkol plné jízdy na všech typech silnic ve všech rychlostních stupních a za všech okolních podmínek. V současné době nikdo nemůže říci, kdy bude dosaženo této úrovně automatizace. Výzkum a vývoj se zpočátku zaměřuje na automatizační úrovně pro částečně, vysoce a plně automatizované řízení. Úplně automatizovaná jízda po dálnicích bude pravděpodobně možná v příštím desetiletí.



Obrázek 2 Úrovně automatizace VDA [6]

2.2 Pokročilé systémy asistence řidiče ADAS

1. Adaptive Cruise Control (ACC)
2. Autonomous emergency braking (AEB)
3. ACC Stop & Go
4. Lane Departure Warning (LDW)
5. Lane Change Assistant (LCA)
6. Brake Assistant System (BAS)
7. Collision Mitigation System (CMS)
8. Blind Spot Detection (BSD)
9. Night Vision
10. Driver Drowsiness Warning (DDW)

2.2.1 Adaptive Cruise Control (ACC) - Udržování bezpečného odstupu

Funkční prvek ACC Adaptivní tempomat automaticky řídí rychlost vozidla a udržuje předem stanovenou minimální vzdálenost od vozidla jedoucího před vámi pomocí radarového snímače střední vzdálenosti (MRR), který se nachází v přední části vozu. Pokud radar nezachytí před sebou vozidlo či překážku, udržuje rychlost nastavenou řidičem. Pokud systém zaznamená pomalejší vozidlo v rozsahu radarového snímače, jemně snižuje rychlost uvolněním akcelérátoru nebo aktivním ovládáním brzdového systému. Pokud vozidlo změní jízdní pruh, nebo zrychluje, systém opět automaticky zrychlí na požadovanou rychlost řidiče. Usnadňuje tak jízdu v hustém provozu, která vyžaduje vysokou koncentraci řidiče. Využívá se především na dálnicích, krajských silnicích, městech, ale i v terénu. Aktivovaný systém předchází kolizním situacím, které nastávají při rychlé reakci na změnu rychlosti vozidla jedoucího před vámi a následné srážce s vozidlem za vámi. [7]

2.2.2 Autonomous emergency braking (AEB) – Automatické nouzové brždění

Funkční prvek AEB predikuje potenciální riziko srážky s vozidlem jedoucím před vámi a předchází jemu aktivací brzdového systému za pomoci víceúčelové kamery (MPC2) a radarovým snímačem (MRR). Ve chvíli kdy senzory zjistí, že vzdálenost mezi vozidly se kriticky zkracuje vzhledem k aktuální rychlosti, aktivuje nouzový brzdový systém. Pokud řidič nezareaguje na zvukovou, nebo vizuální výstrahu, systém začne sám pozvolna snižovat rychlost. Jakmile řidič zareaguje a stlačí brzdový pedál, systém okamžitě vypočítá potřebnou brzdovou sílu a v případě, že řidič spíná brzdový pedál nedostatečně, sám zvýší brzdový tlak, aby pomohl řidiči předejít potenciální kolizi. [8]



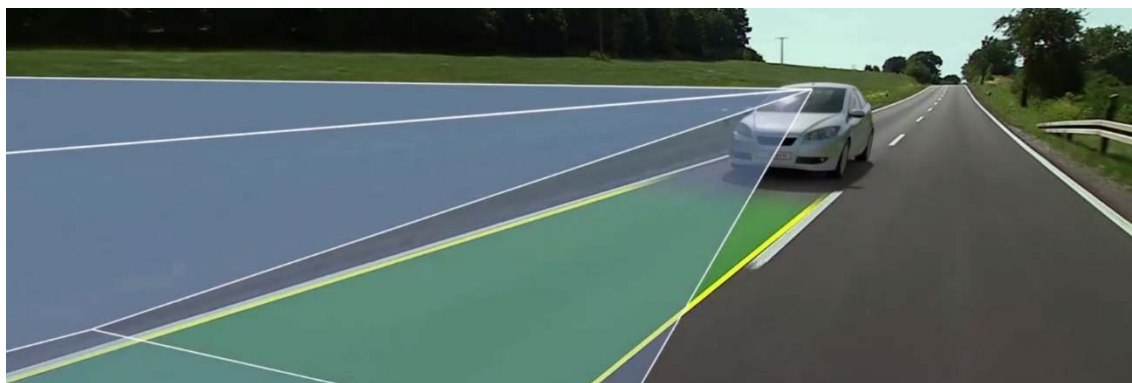
Obrázek 3 Automatické nouzové brždění [9]

2.2.3 ACC Stop & Go – Udržování bezpečného odstupu s funkcí úplného zastavení

Funkční prvek ACC Stop & Go napomáhá řidiči udržovat nastavenou vzdálenost k vozidlu jedoucímu před vámi i v rychlostech pod 30 km/h a ve chvíli kdy se vozidlo před vámi zastaví, může zpomalit až do úplného zastavení, k čemuž systém vyžaduje automatickou převodovku a senzory odpovídající běžnému systému ACC. Systém při úplném zastavení a obnovení jízdy ve velmi krátkém časovém úseku uvede vozidlo opět do pohybu. Pokud dojde k zastavení vozidla na delší dobu, je nutné, aby řidič systém manuálně opět reaktivoval. Tento asistent je vhodný při silném provozu a dopravních kongescích. [10]

2.2.4 Lane Departure Warning (LDW) – Upozornění na vybočení z jízdního pruhu

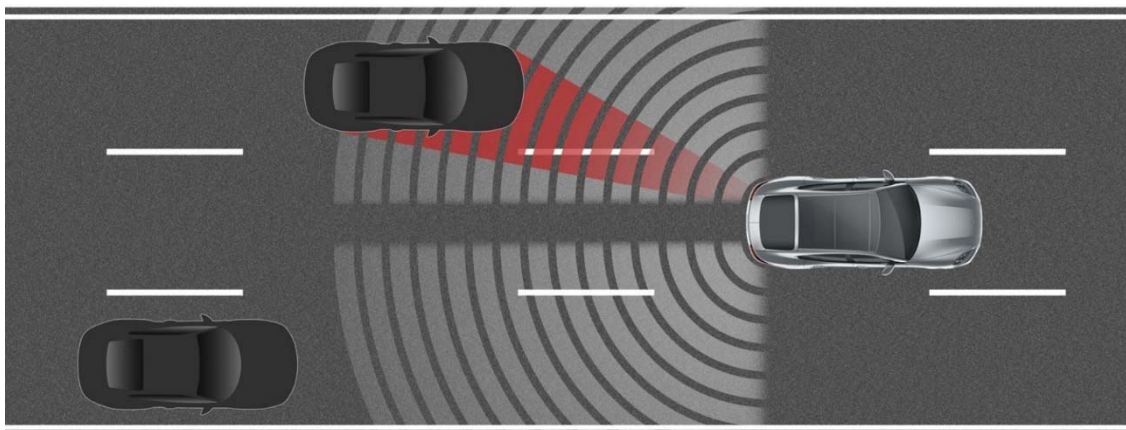
Funkční prvek LDW varuje před neúmyslným či nebezpečným odklonem od jízdního pruhu označeného vodorovným dopravním značením pomocí víceúčelové kamery (MPC2). Víceúčelová kamera detekuje značení jízdního pruhu a polohu vozidla, ve chvíli kdy systém zaznamená, že se vozidlo odklání neúmyslně či nebezpečně, varuje řidiče zvukovým, nebo hmatovým signálem. Systém při aktivaci směrových světel pro změnu jízdního pruhu žádný varovný signál řidiči nevyšle. [11]



Obrázek 4 Upozornění na vybočení z jízdního pruhu [11]

2.2.5 Lane Change Assistant (LCA) – Asistent při změně jízdního pruhu

Funkční prvek LCA varuje při změně jízdního pruhu před rychle se blížícími vozidly na silnicích a dálnicích s několika jízdními pruhy. Tento systém funguje za pomoci dvou radarových senzorů středního dosahu (MRR rear), které jsou umístěny na obou stranách vozidla v zadní části. Radary je snímán prostor cca 50m za vozidlem a cca 4m na každou stranu, ve chvíli kdy do tohoto prostoru vstoupí vozidlo a řidič neaktivuje směrová světla pro změnu směru jízdy, bude pouze informován světelnou signalizací umístěnou na zpětném zrcátku. Ve chvíli kdy mění směr a ve sledovaném prostoru se nachází vozidlo, bude řidič informován akustickým varováním. Jednotka je také schopna spočítat zbývající čas před potenciální kolizí. [12]



Obrázek 5 Asistent při změně jízdního pruhu [12]

2.2.6 Brake Assistant System (BAS) – Systém asistence při brždění

BAS je systém aktivní bezpečnosti, který umožňuje v případě nouzového brzdění vyvinout maximální brzdící účinek bez ohledu na sílu sešlápnutí brzdového pedálu. Systém sleduje rychlost sešlápnutí brzdového pedálu a zároveň tlak, kterým je nutné tento pedál sešlápnout. Na základě sledování těchto veličin vyhodnocuje možnost vzniku kritické situace. V případě, že je taková situace detekována, dojde ke zvýšení hydraulického tlaku v brzdě soustavě. Činnost systému umožňuje zkrátit brzdnou dráhu vozidla při nesprávné reakci řidiče. [13]

2.2.7 Collision Mitigation System (CMS) – Systém zmírňování kolizí

Systém předcházení kolizím je jedním z nejkomplexnějších systémů. Je navržen tak, aby se zabránilo nebo snížilo riziko srážky, nebo závažnosti nehody. Systém používá technologie a senzory jako jsou například RADAR, LiDAR a fotokamera (využívající rozpoznávání snímků) k detekci bezprostředního nárazu. GPS senzory mohou detekovat stávající infrastrukturu, jako jsou semaforey přes lokalizační databázi. Jakmile nastane stav potenciální kolize, systém CMS poskytne řidiči varování. Když dojde k bezprostřednímu stavu srážky s jiným vozidlem, samostatně bez jakéhokoli vstupu řidiče (brzděním nebo řízením) provede předem naplánovanou trajektorii úhybný manévr. Při nízkých rychlostech vozidel jako jsou rychlosti okolo 50 km/h je vhodné zabránit nárazům brzdícím manévrem, přičemž při vyšších rychlostech vozidla může být vhodnější vyhybat se kolizím, pokud jsou však trajektorie volné a umožní bezpečný úhybný manévr. [14]

2.2.8 Blind Spot Detection (BSD) – Kontrola slepého pozorovacího úhlu

Funkční prvek BSD informuje řidiče o přítomnosti vozidla jedoucího ve slepém pozorovacím úhlu za pomoci dvou ultrazvukových snímačů (USS6) umístěných na každé straně vozidla. Pokud se ve sledovaném prostoru nachází jiné vozidlo, řidič je upozorněn výstražným signálem ve zpětném zrcátku. Ve chvíli kdy řidič nezareaguje na varování a aktivuje směrová světla pro změnu jízdního pruhu, systém okamžitě spustí zvukovou výstrahu. Systém je také schopen rozpoznat stacionární objekty na

silnici, nebo v její blízkosti jako jsou např. zaparkovaná vozidla. V té chvíli při aktivaci směrových světel pro změnu směru jízdy, varování nespustí. [15]



Obrázek 6 Kontrola slepého pozorovacího úhlu [15]

2.2.9 Night Vision - Osvětlovací systémy, noční vidění

Systémy Night Vision využívají termografickou kameru pro zvýšení pozorovací vzdálenosti řidiče ve tmě, nebo špatném počasí, a to mimo dosah světlometů. Existují pasivní nebo aktivní nočního vidění. Pasivní systémy nočního vidění mají delší dosah a používají jednodušší obrazy. Používají infračervený snímač typicky v mřížce a hledají na vozovce teplé předměty. Snímačem je videokamera, která zachycuje infračervené spektrum těsně nad viditelným světlem. Snímač zobrazuje pohyblivý obraz na displeji palubní desky. Základem jsou sofistikované algoritmy, které detekují lidi a zvířata. Aktivní systémy nočního vidění mají kratší vzdálenost a používají živé obrazy. Používají infračervené osvětlovací těleso, které je někdy součástí clusteru světlometů, a rozsvítí se v infračerveném spektru. Obraz může být vyšší než pasivní. Silnice a budovy se zobrazují lépe. S aktivním systémem je možné fotoaparát namontovat výše ve vozidle, v klapce zpětného zrcátka, abyste získali lepší přehled. Stejně jako u běžných světlometů je rozsah aktivních systémů snížen v dešti, sněhu nebo mlze a účinnost se odráží s hranicí vzdálenosti. [16]



Obrázek 7 Noční vidění [16]

2.2.10 Driver Drowsiness Warning – Detekce únavy řidiče

Systém analyzuje chování řidiče v době prvních patnácti minut jízdy. Zaměřuje se především na způsob ovládání volantu. Na základě zkušenosti lze detekovat rozdíly v zásazích do řízení u unaveného a neunaveného řidiče. Unavený řidič se opakovaně dopouští nechtěných zásahů, řídí strnule, rychlé zásahy jsou provedeny s velkou amplitudou. Monitorováním chování řidiče systém automaticky vyhodnocuje míru jeho únavy, a pokud vyhodnotí, že je řidič unaven, vizuálním či auditivním signálem mu doporučí, aby si udělal pauzu. Systém však může řidiče chybně upozorňovat na únavu, pokud výrazně změní styl řízení. To může nastat například v situaci, kdy řidič po delší jízdě po dálnici sjede na komunikaci nižší třídy, kde je nucen častěji manévrovat volantem. [17]

2.3 Konektivita

2.3.1 V2I (Vehicle to Infrastructure) Vozidlo s infrastrukturou

Vozidlo k infrastruktuře (V2I) je novou generací inteligentních dopravních systémů (ITS). Technologie zachycuje data generovaná vozidlem a poskytuje řidiči informace o infrastruktuře. Sdílí informace o bezpečnosti, mobilitě nebo podmínkách souvisejících s životním prostředím. K používaným technologiím patří čtečky a kamery RFID (radiofrekvenční identifikace), semaforey, značení jízdních pruhů, pouliční osvětlení, svislé dopravního značení a informační systém parkovacích stání. Komunikace V2I je obvykle bezdrátová a obousměrná, data z komponent infrastruktury mohou být doručena do vozidla přes ad hoc síť a naopak. Podobně jako komunikace mezi vozidly (V2V) využívá V2I specifické kmitočty komunikace krátkého dosahu (DSRC-určená komunikace krátkého dosahu) pro přenos dat. [18] [19]

2.3.2 V2V (Vehicle to Vehicle) Vozidlo s vozidlem

Technologie komunikace vozidla s vozidlem (V2V) umožňuje vozidlům bezdrátově vyměňovat si informace o jejich rychlosti, umístění a směru. Tato technologie umožňuje vozidlům vysílat a přijímat všesměrové zprávy až desetkrát za sekundu, což vytváří širokou informační síť o dalších vozidlech v blízkosti. Vozidla vybavená příslušným softwarem (nebo bezpečnostními aplikacemi) mohou používat zprávy z okolních vozidel k určení možných havárií. Tato technologie pak může využívat vizuální, hmatatelné a zvukové výstrahy, nebo kombinace těchto výstrah a upozornit řidiče. Tato upozornění umožňují řidičům, s dostatečnou časovou rezervou reagovat na potenciální kolizní situace. Tyto komunikační zprávy V2V mají dosah více než 300 metrů a mohou odhalit nepřímo viditelné nebezpečí v provozu, v terénu nebo za zhoršených povětrnostních podmínek. Komunikační technologii V2V mohou využívat vozidla od osobních automobilů, nákladních automobilů, autobusů až po motocykly. Dokonce i jízdní kola a chodci budou moci jednoho dne využívat komunikační technologii V2V, aby se zvýšila jejich viditelnost pro motoristy. Navíc sdílené informace o vozidle, neidentifikují řidiče nebo vozidlo, ale jsou k dispozici

pouze technické parametry, které však znemožňují sledování vozidel a manipulaci se systémem. [20]

2.3.3 V2C (Vehicle to Cloud) Vozidlo s cloudovou službou

Technologie cloudové služby vyměňuje informace a data o poloze, defektech a kolizích mezi jednotlivými vozidly cloudového systému. To umožňuje vozidlu využívat informace od ostatních, ačkoli průmysl spojen s cloudem jako jsou energetika, doprava a inteligentní domy využívají IOT (Internet of Things). Internet věcí je v informatice označení pro síť fyzických zařízení, vozidel, domácích spotřebičů a dalších zařízení, která jsou vybavena elektronikou, softwarem, senzory, pohyblivými částmi a síťovou konektivitou, která umožňuje těmto zařízením se propojit a vyměňovat si data. Každé z těchto zařízení je jasně identifikovatelné díky implementovanému výpočetnímu systému, ale přesto je schopno pracovat samostatně v existující infrastruktuře internetu. [21]

2.3.4 V2P (Vehicle to Pedestrian) Vozidlo s chodci

Technologie komunikace vozidla s chodci snímá informace o svém okolním prostředí a komunikuje s jinými vozidly, infrastrukturou a osobními mobilními zařízeními. To umožňuje vozidlu komunikovat s chodci, cyklisty a dalšími účastníky silničního provozu. Tato technologie je určena ke zvýšení bezpečnosti a mobility na silnici. [22]

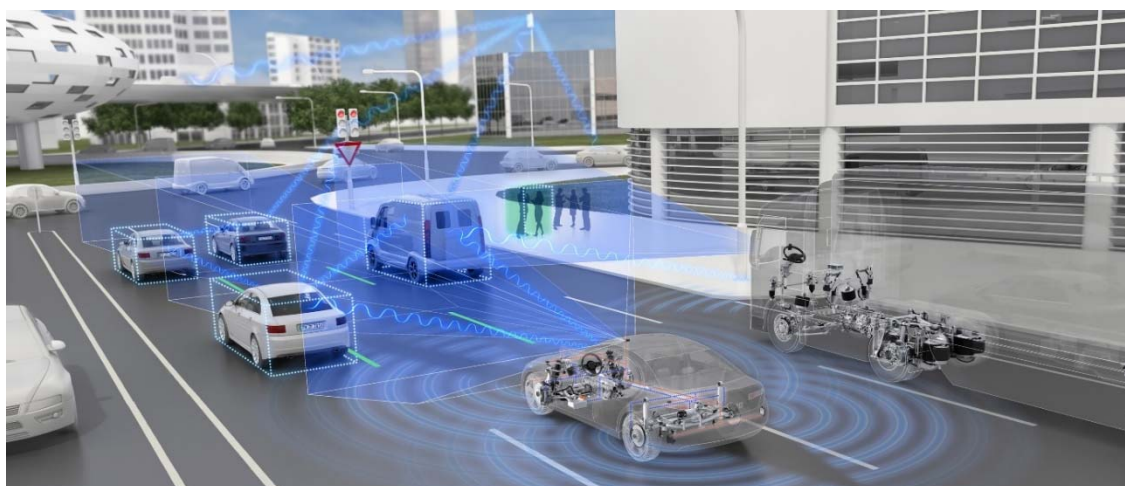
2.3.5 V2X (Vehicle to Everything) Vozidlo se vším okolo

Technologie propojuje všechny typy vozidel, infrastrukturu a vše okolo jedoucího vozidla. Toto připojení zahrnuje automobily, dopravní infrastrukturu, lodě, vlaky a letadla. Veškerá zařízení budou schopna mezi sebou komunikovat, sdělovat informace z inteligentního dopravního značení, podmínek na silnicích a dopravních proudů. [23]

2.3.6 C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems) kooperativní inteligentní dopravní systémy

Tyto systémy jsou založené na komunikaci a výměny dat mezi samotnými vozidly a také mezi vozidly a zařízeními na silniční infrastruktuře. Základní myšlenkou je schopnost vozidel předávat si zprávy týkající se aktuální dopravní situace, tedy vzájemná kooperace. Díky těmto informacím mohou řidiči včas zareagovat na varování systému, bezpečně zvládnout nečekanou situaci a zabránit tak případné nehodě. Kooperativní systémy bývají obecně označovány také jako V2X, pokud jde o přenos informací mezi vozidly jde o V2V (Vehicle to Vehicle). Naopak přenos mezi vozidlem a infrastrukturou nese označení V2I (Vehicle-to-Infrastructure). Kooperativní systémy ITS poskytnou řidičům informace o aktuální situaci v silničním provozu, přispějí k dopravní předvídatosti řidičů a významně přispějí k plynulosti silničního provozu i ke snížení nehod, zejména těch závažných. Včasné obdržení přesné informace je naprosto základní k tomu, aby řidič pohotově vnímal situaci v

silničním provozu a soustředil se na možný problém, např. vyhnout se náhlé překážce. Ucelenému přehledu o situaci v silničním provozu pomohou systémy C-ITS informacemi o možných nebezpečích souvisejících s různými povětrnostními podmínkami. Nesporným přínosem systémů C-ITS bude varování řidičů také o překážkách při jízdě za snížené viditelnosti (mlha, sněžení, hustý déšť apod.) jako např. varování o dopravní nehodě nebo o koloně před řidičem či o pomalu jedoucím vozidle údržby se světelným vozíkem. Jedna z významných položek provozních nákladů vozidla představuje spotřeba pohonných hmot. Tato položka je jednou z mála, kterou může řidič svou jízdou ovlivnit. Díky zlepšené informovanosti o dopravní situaci prostřednictvím C-ITS je možné jezdit se silničním vozidlem hospodárněji, snížit kongesce a exhalace a plynulejší jízdou zkrátit jízdní doby. Mezi přínosy patří rovněž zvýšení kapacity silniční sítě a především zvýšení bezpečnosti všech účastníků silničního provozu. Dále pak dopravní řídicí a informační centra obdrží díky C-ITS přesné a ucelené informace o aktuální dopravní situaci přímo z vozidel a díky tomu je možné efektivně a rychle řídit provoz. [25]



Obrázek 8 C-ITS [24]

2.3.7 Projekt C-ROADS Czech Republic

C-ROADS Czech Republic je projekt úzce spojený s mezinárodní iniciativou C-ROADS, jež byla výsledkem společné aktivity států ČR, Rakouska a Německa, zvláště spolkové země Dolní Sasko. Projekt si klade si za cíl harmonizaci a spolupráci při zavádění systémů C-ITS ve státech střední Evropy. Projekt je spolufinancován z Nástroje pro propojení Evropy (CEF Transport) z víceletého pracovního programu Evropské unie. Koordinátorem projektu je Ministerstvo dopravy ČR. Partnery projektu jsou ŘSD ČR, SŽDC, AŽD Praha s.r.o., ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Brněnské komunikace a.s., O2 Czech Republic a.s., T-Mobile Czech Republic a.s. a INTENS Corporation s.r.o. Dále se na projektu bude účastnit Vodafone Czech Republic a.s., a to v rámci konzultací technického řešení. [25]

Testované lokality projektu C-ROADS

V rámci projektu C-Roads Czech Republic se rozšíří pokrytí ITS koridoru ze silničního okruhu kolem Prahy (SOKP) po dálnici D5 do Plzně a po dálnici D11 do Hradce Králové. Dále bude vybavena část dálnice D1 v okolí Brna. [26]

Projekt však není zaměřen pouze na dálnice. Město Brno prostřednictvím společnosti Brněnské komunikace a.s. v úzké spolupráci s ŘSD ČR nastaví v rámci projektu systematický přístup k zavádění kooperativních systémů ve městě a vytvoří podmínky pro jejich efektivní nasazení. Cíleno bude zejména na optimalizaci dopravních toků na území města Brna, se zvláštním zřetelem na páteřní a tranzitní tahy. [26]

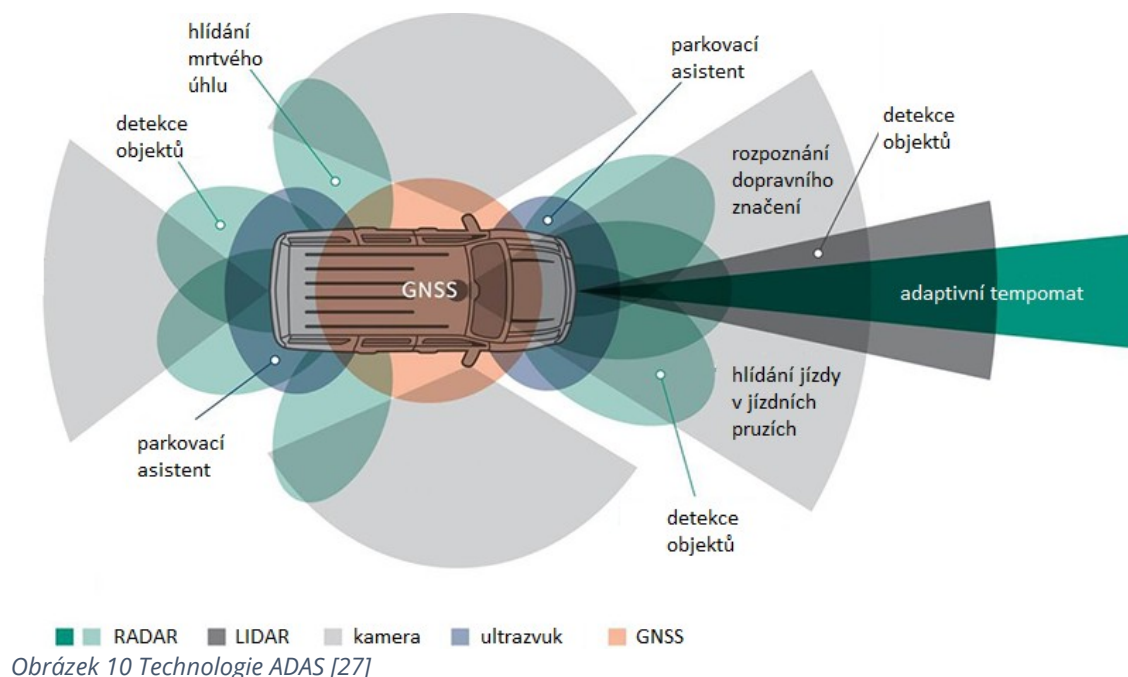


Obrázek 9 Testované lokality projektu C-ROADS Czech Republic [26]

V rámci projektu bude také testováno využití systémů C-ITS v městské hromadné dopravě, a to konkrétně v Plzni a v Ostravě, kde se dopravní podniky zavázaly poskytnout pro účely testování svá vozidla a infrastrukturu. V případě Ostravy bude také testováno varování řidiče jedoucího k přejezdu před přijíždějící tramvají, zvláště na jednokolejné meziměstské tramvajové trati. Výsledky mohou být využity při budování vlakotramvaje (tram-train) v ČR – systému umožňujícího přejíždění vozidel z železniční tratě na tramvajovou trať, popřípadě pro jízdu drážních vozidel po trati, která má smíšené rysy (například železniční trať vedená obcí po ulici). [26]

Testování je plánováno i na železničních přejezdech. Organizace SŽDC vyčlenila pro tyto účely dva zabezpečené přejezdy v Pardubickém kraji s cílem zvýšit bezpečnost a snížit tak počet zraněných a usmrcených lidí v důsledku střetu vlaku se silničním dopravním prostředkem informováním řidičů vozidel v blízkém okolí přejezdu o blížícím se vlaku. [26]

2.4 Podpurné technologie ADAS



2.4.1 Radar (Radio Detection and Ranging - rádiové rozpoznávání a zaměřování)

- Long Range Radar (LRR) - adaptivní tempomat ACC
- Medium Range Radar (MRR) - LCA změna jízdního pruhu
- Short Range Radar (SRR) - detekce překážek a chodců

Radarový senzor detekuje objekty a měří jejich relativní rychlost a polohu. Za tímto účelem má senzor anténní prvky, které současně vysílají a přijímají odražené radarové vlny ve frekvenčním pásmu mezi 76 a 77 GHz, které následně vyhodnocují. Porovnáním amplitud a fází signálu přijatých anténními prvky, lze vyvodit přesné hodnoty o poloze předmětů a z rozdílu frekvencí původního a odraženého signálu vypočítá rychlost. Měření pomocí technologie radaru je jedno z nejpresnějších a není ovlivněno povětrnostními vlivy jako jsou např. silný déšť nebo sněžení, proto je nadřazeno kamerové detekci. Hlavním využitím radaru u autonomních vozidel je udržování konstantní vzdálenosti od vozidla jedoucího vpředu. Jedná se o funkci adaptivního tempomatu. [28] [29]

2.4.2 Globální družicový navigační systém (GNSS)

GNSS je služba, která umožňuje za pomoci signálů z družic určování polohy s velkou přesností. Dalšími kritérii GNSS signálů jsou pak jejich aktuálnost v reálném čase, spojitost signálu a co nejširší pokrytí. Aplikace využívající signály GNSS se uplatňují nejen v silniční, železniční, letecké a námořní dopravě, ale i v dalších oblastech jako jsou telekomunikace, geodézie, zemědělství, vyhledávání ložisek nerostných surovin a těžba, ekologické pozorování Země. Důležité je včasné předvídání možných

přírodních kritických situací a katastrof a s tím spojená civilní bezpečnost na všech úrovních života společnosti. [30]

Využívání možností GNSS je i silným impulsem pro ekonomický a průmyslový rozvoj každé země. Jen trh s těmito produkty a službami roste ročně o 25 %. Očekává se, že v roce 2020 budou v provozu asi 3 miliardy přijímačů družicové navigace. Družicová navigace se stále více stává součástí každodenního života občanů, nejen v jejich automobilech a mobilních telefonech, ale také v rámci energetických rozvodných sítí nebo v bankovních systémech a mnoha dalších službách. [30]

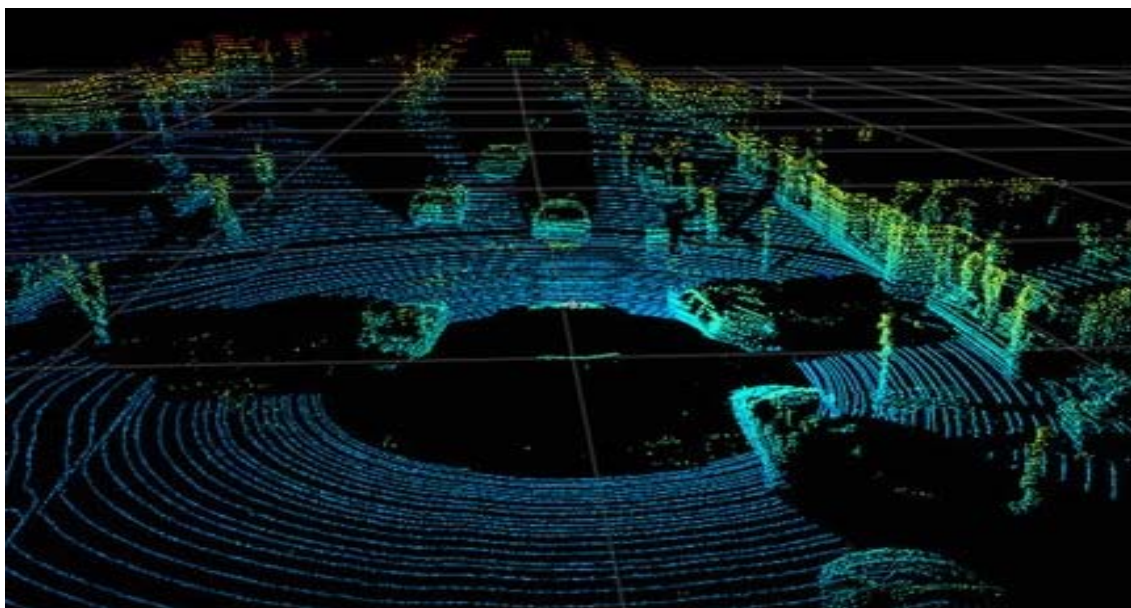
Autonomní rozvoj těchto systémů v rámci Evropy má zajistit právě projekt Evropské unie GNSS Galileo. [30]

2.4.3 Kamerové senzory

Jedním ze základních prvků, kterými vozidlo vytváří obraz prostředí, jsou stereokamery. Dvě čočky umožňují vytvářet zobrazení v prostorovém 3D. Na základě technologie dvou čoček a 3D zobrazení je možné odečítat vzdálenosti viděných objektů. Kamerový systém umožňuje pomocí softwaru rozpoznat svislé i vodorovné dopravní značení, semaforey a další informační prvky dopravní infrastruktury. Kamery jsou využívány také v asistenčních systémech. Kamerový systém pro autonomní vozidlo je rozmístěn po celém obvodu karoserie, ale s malou dohledovou vzdáleností. Používá se tedy kombinace kamer s různým dosahem. Rozlišovací vzdálenost kamer s krátkým dosahem je do třiceti metrů, u některých výrobců do šedesáti metrů. To jsou kamery, které se používají většinou na sledování bočního okolí. Kamery na sledování vpřed a vzad mají dosah sto až sto padesát metrů a kamery na sledování prostředí vpředu ve velké vzdálenosti mají dosah až 250 metrů. [31]

2.4.4 Lidar (Light Detection And Ranging – světelná detekce a zaměřování)

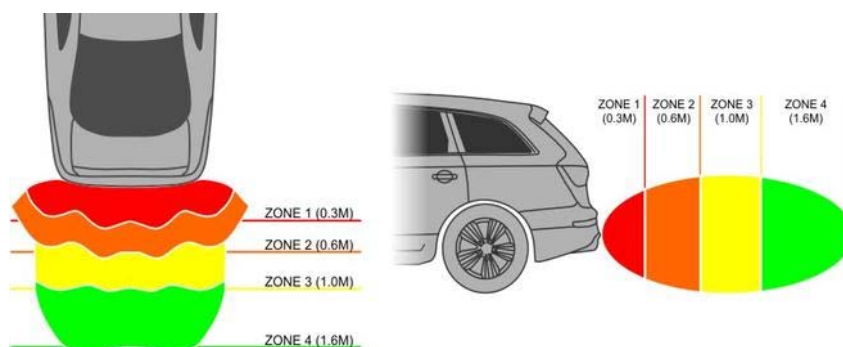
LiDAR je metoda dálkového měření vzdálenosti na základě výpočtu doby šíření pulsu laserového paprsku odraženého od snímaného objektu. Obvykle se využívá spektra 1064–1540 nm. LiDAR lze použít pro měření vzdálenosti, mapování terénu, detekce lidí a předmětů kolem vozidla a posoudit jejich rychlost a trasu, na které se pohybují. Výsledkem mapování je mračno bodů, které se po zpracování může interpolovat do podoby digitálního modelu povrchu či 3D modelů budov a jiných stacionárních i pohyblivých objektů. Po aplikaci filtrů je možné z mračna bodů získat digitální model terénu. Pomocí těchto informací může palubní počítačový systém určit nejbezpečnější způsob, jak se vozidlo s vlastním pohonem může dostat do cíle. LiDAR s vysokým rozlišením je rozhodující pro detekci objektů a vyhýbání se kolizím při všech rychlostech. Dokonalé rozlišení umožňuje snímači přesněji určit velikost, tvar a umístění objektů, přičemž nejmodernější čidla LiDAR dokáží detekovat objekty v rozmezí až 3 cm a některé se blíží i k 2 cm. [32]



Obrázek 11 Technologie LiDAR [32]

2.4.5 Ultrasonic Forecast (ultrazvukový senzor)

Ultrazvukový senzor slouží jako prostorový snímač pro výpočet vzdáleností od překážek a monitorování prostoru při parkování a manévrování. Systém podporuje funkce nouzového brzdění při nízkých rychlostech díky detekci přítomnosti velmi blízkých objektů a rychlejší reakci na různé náhle se objevující překážky (např. chodci). Ultrazvukové snímače pracují na principu sonického výškoměru, kterým se například netopýři orientují. Senzory vysílají krátké ultrazvukové impulsy, které se odrážejí od bariér. Echo signály jsou registrovány čidly a jsou vyhodnocovány centrální řídicí jednotkou. Detekční dosah do 5,5m a minimální rozsah detekce je až 0,15m a detekce přítomnosti objektu až do 0,03m. [33]



Obrázek 12 Ultrazvukový senzor [33]

3 TESTOVÁNÍ AUTONOMNÍCH VOZIDEL

3.1 Legislativa

3.1.1 Současný stav

Česká republika je smluvní stranou úmluvy o silničním provozu přijaté 8. 11. 1968 ve Vídni a členským státem Evropské unie. Proto je pro ni závazná výše uvedená právní úprava, a tedy i omezení z ní plynoucí, popř. české právní předpisy, které na ně navazují. Komerčně dostupná a vysoce technicky vybavená osobní vozidla však odpovídají v dnešní době stupni automatizace úrovně 1-3 s tím, že dle Vídeňské úmluvy o silničním provozu a českého právního řádu je za řízení vozidla vždy a za jakýchkoliv okolností zodpovědný řidič. [34]

V českém vnitrostátním právním řádu je problematika upravena následujícími zákony:

- Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu)
- Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích
- Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb.

Přičemž v rozporu s používáním autonomních vozidel (až do stupně 5) je zejména zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu). V rozporu jsou především následující ustanovení: § 2, který vymezuje základní pojmy a § 3, který stanoví základní podmínky účasti provozu na pozemních komunikacích (např. odst. 2: „řídít vozidlo nebo jet na zvířeti může pouze osoba, která je dostatečně tělesně a duševně způsobilá k řízení vozidla nebo jízdě na zvířeti a v potřebném rozsahu ovládá řízení vozidla nebo jízdu na zvířeti a předpisy o provozu na pozemních komunikacích.“) § 5, který stanoví povinnosti řidiče (např. věnovat se plně řízení vozidla)

Kromě zákona o silničním provozu, který brání využití autonomních vozidel a dalších dvou výše uvedených zákonů, které by bylo potřeba novelizovat, aby byly přizpůsobeny pro autonomní mobilitu, je zde řada dalších předpisů, které se týkají např. získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel, nebo taxislužby.

3.1.2 Vídeňská úmluva o silničním provozu

Česká republika ratifikovala Vídeňskou úmluvu o silničním provozu a je tedy smluvní stranou této úmluvy. Tato úmluva má 75 smluvních stran. Úmluva byla přijata ve Vídni 8. listopadu 1968 a vstoupila v platnost v roce 1977. Jejím cílem je usnadnit mezinárodní silniční dopravu a zvýšit bezpečnost silniční dopravy. Stranou této úmluvy je mnoho států Evropské unie, např. Francie, Rakousko, Německo a další. [34]

Článek 8 Vídeňské úmluvy původně obsahoval v odstavci 1 povinnost, že každé vozidlo nebo jízdní souprava jedoucí jako jednotka musí mít řidiče. Zároveň bod 5 upřesňoval, že řidiči musí být vždy schopni řídit svá vozidla a musí vykonat všechna opatření potřebná k bezpečnosti ostatních účastníků provozu, kteří se přibližují. Článek 13 úmluvy rovněž v odstavci 1 vyžaduje, aby každý řidič vozidla za všech okolností ovládal vozidlo tak, aby byl schopen věnovat náležitou péči a pozornost řízení, a aby byl za všech okolností schopen provádět všechny potřebné manévry. [35]

V roce 2014 vlády Itálie, Francie, Německa a Belgie navrhly novelizovat článek 8 úmluvy za účelem umožnění autonomního provozu vozidel. Odůvodnění bylo takové, že za dopravními nehodami stojí převážně lidská chyba, a proto autonomní systémy mohou zvýšit bezpečnost. Novela úmluvy nabyla účinnosti 23. března 2016. [36]

3.1.3 Nutné změny v legislativě ČR

Pro testování a nasazení plně autonomních vozidel na pozemních komunikacích v ČR je třeba úprava následujících zákonů:

- Zákon č. 13/1997 Sb. – o pozemních komunikacích – zpracovat oblast testování autonomních vozidel do zvláštního používání pozemní komunikace
- Zákon č. 361/2000 Sb. – o provozu na pozemních komunikacích – zpracovat situaci, že vozidlo nemusí být ovládáno člověkem a stanovit pro tento případ odpovědnosti
- Zákon č. 56/2001 Sb. – o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb. – testování a homologace vozidel.²⁵
- Zákon č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla
- Zákon č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů
- Zákon č. 40/2009 Sb., Trestní zákoník
- Prováděcí předpisy

3.1.4 Znění novely zákona č. 361/2000 Sb. (zákon o silničním provozu)

Znění této novely zákona je čistě informativní a nejedná se o konečnou verzi. Stále probíhají neoficiální jednání, které stále nemají oficiální stanovisko. Jde pouze o aktuální zájem opoziční strany o implementaci takového zákona.

- doplnění § 2 písm. d)

Řidič je účastník provozu na pozemních komunikacích, který řídí motorové nebo nemotorové vozidlo anebo tramvaj; řidičem je i jezdec na zvířeti; řidičem je také ten, kdo aktivuje vysoce nebo plně automatizovanou funkci řízení a používá ji pro řízení vozidla, i když vozidlo sám neřídí [37]

- nový § 5 odst. 4

Řidič vozidla se smí během řízení vozidla pomocí vysoce automatizovaných nebo plně automatizovaných jízdních funkcí odvrátit od dění v provozu na pozemních komunikacích, má však povinnost okamžitě, nestanoví-li výrobce vozidla jinak, převzít řízení vozidla, pokud jej k tomu vysoce automatizovaný nebo plně automatizovaný systém vyzve nebo pokud rozpozná nebo na základě zjevných okolností musí rozpoznat, že již neexistují předpoklady pro využití vysoce nebo plně automatizovaných jízdních funkcí v souladu se stanoveným účelem. [37]

- nový § 10 a

Provozování motorového vozidla s aktivovanou vysoce nebo plně automatizovanou jízdní funkcí je přípustné, pokud je funkce používána řádně a v souladu se svým účelem. Motorovými vozidly s vysoce nebo plně automatizovanou jízdní funkcí se pro účely tohoto zákona rozumí vozidla s technickým vybavením: které může řídit příslušné motorové vozidlo po aktivaci, aby zvládlo úkol řízení, včetně podélné a příčné jízdy, které je po aktivaci schopno dodržovat dopravní předpisy týkající se provozu vozidla během vysoce nebo plně automatizovaného řízení, které může řidič kdykoli deaktivovat a převzít jeho řízení, které dokáže rozpoznat nutnost převzetí řízení vozidla jeho řidičem, které může jeho řidiči vizuálně, akusticky, hmatově nebo jiným způsobem zřetelně signalizovat požadavek na převzetí jeho řízení s dostatečným předstihem před předáním jeho řízení řidiči, a které je schopno upozornit na užití v rozporu s podmínkami použití systému. Výrobce motorového vozidla s vysoce nebo plně automatizovanou jízdní funkcí vydá v popisu systému závazné prohlášení, že vozidlo splňuje požadavky odstavce (2). [37]

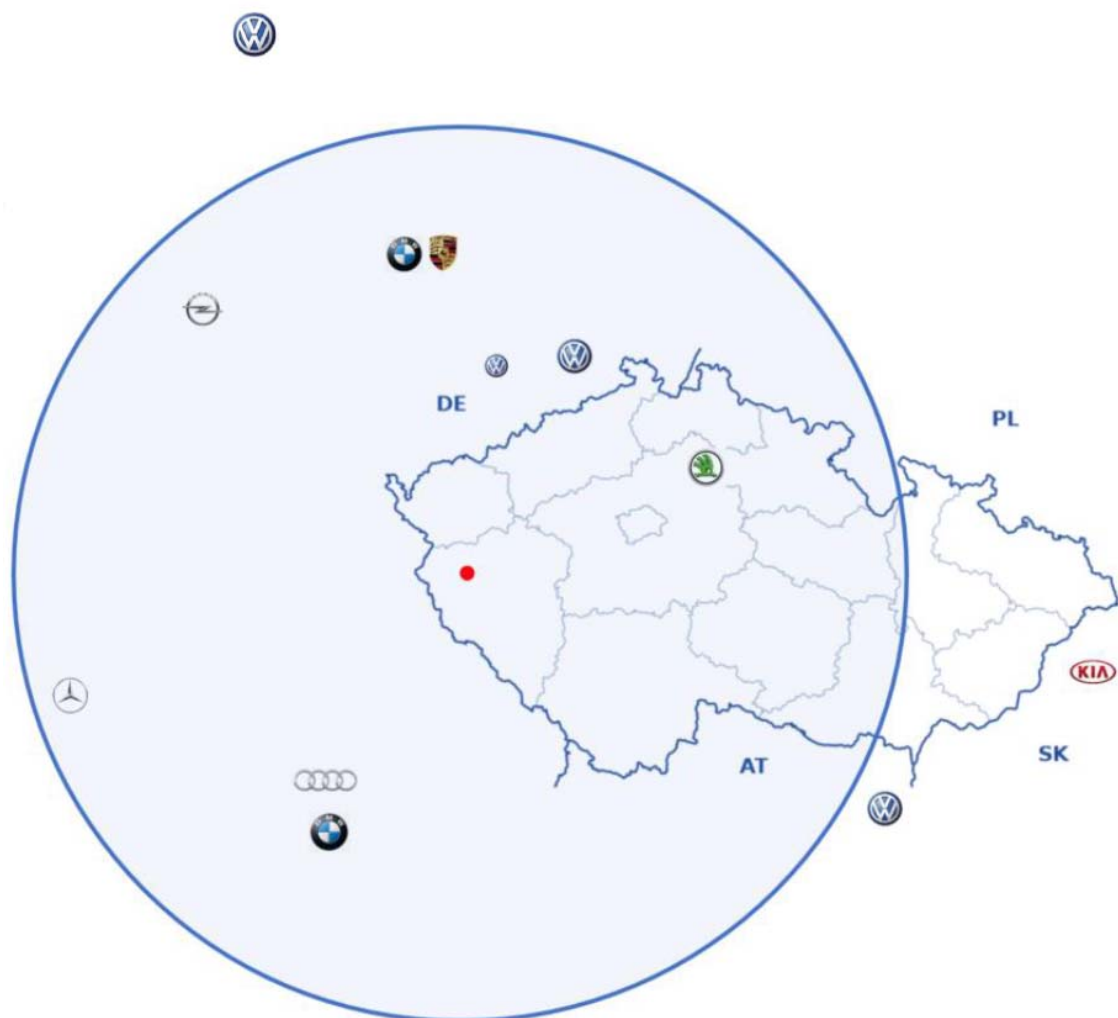
- nový § 10 b

Vozidlo s vysoce nebo plně automatizovanou jízdní funkcí podle §10 a zaznamenává během řízení vozidla prostřednictvím satelitního navigačního systému zjištěné údaje o místě a času předání řízení mezi řidičem a vysoce nebo plně automatizovanou jízdní funkcí. K záznamu dochází také tehdy, pokud je řidič systémem vyzván k převzetí řízení vozidla, nebo pokud dojde k technické závadě vysoce nebo plně automatizovaného systému. Údaje zaznamenané podle odstavce 1 jsou předány na

základě žádosti příslušným orgánům veřejné moci při vyšetřování dopravní nehody, které se vozidlo s vysokou nebo plně automatizovanou jízdní funkcí účastnilo. Tyto orgány jsou oprávněny takto předané údaje ukládat a dále zpracovávat. Předávání těchto údajů je možné pouze v rozsahu, který je v přímé souvislosti s prováděným vyšetřováním ze strany těchto orgánů. Ustanovení obecných právních předpisů o ochraně osobních údajů tímto nejsou dotčena. Provozovatel vozidla předá údaje zaznamenané podle odstavce 1 třetím osobám, pokud se jedná o údaje nezbytné pro uplatnění, uspokojení nebo obhajobu jejich právních nároků v souvislosti s dopravní nehodou a dotčené vozidlo s vysokou nebo plně automatizovanou jízdní funkcí se takové události účastnilo, Předávání těchto údajů je možné pouze v rozsahu, který je v přímé souvislosti s uplatněním, uspokojením nebo obhajobu právních nároků třetích osob v souvislosti s dopravní nehodou. Ustanovení obecných právních předpisů o ochraně osobních údajů tímto nejsou dotčena. Údaje podle odstavce 1 se zaznamenávají na dobu 6 měsíců. Pokud se však dotčené vozidlo vybavené vysoce nebo plně automatizovanou jízdní funkcí přímo účastnilo dopravní nehody, příslušné údaje se zaznamenávají na dobu 3 let. [37]

3.2 Umístění testovacího polygonu na území ČR

Podnět umístit na území ČR testovací polygon zaměřený na autonomní mobilitu a certifikaci vozidel s autonomním řízením vzešel od české investiční skupiny Accolade. Jedním z důvodů je ideální poloha České republiky vůči jednotlivým automobilovým výrobcům, jakožto potenciálním zákazníkům, především v sousedním Německu, Rakousku a Polsku. Dalším aspektem je konkurenční schopnost a příprava na přechod na vozidla s autonomním řízením, přínos výzkumu a inovací, testování inteligentní dopravní infrastruktury a také konektivity, nové pracovní možnosti a zvýšení zájmu pro zahraniční investory. Automobilový segment totiž tvoří v České republice celých 24,4 % veškeré průmyslové výroby, proto nemůžeme dále zaostávat oproti evropským zemím v realizaci výzkumných zařízení zaměřených na automobilový průmysl. Vzhledem k tomu že v Evropě již několik pokročilých testovacích polygonů funguje, mohlo by to v budoucnu pro nás znamenat odliv financí na výzkum, vývoj a investic do výroby. [38]



Obrázek 13 Výrobci automotive v Evropě [38]

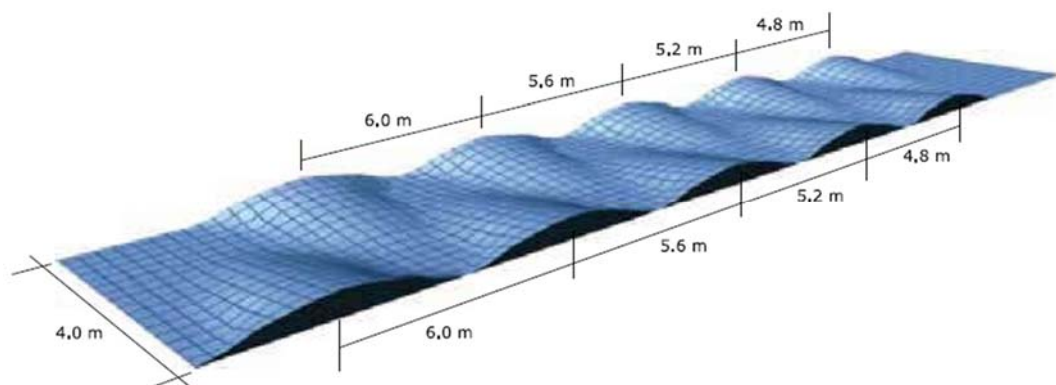
Ideální lokalita z pohledu marketingu leží v Západních Čechách v přímém napojení na dálniční síť a v ideální pozici vůči zákazníkům.

4 TECHNOLOGIE VOZOVEK

Pro testování vozidel na běžných testovacích polygonech se využívají převážně komfortní, únavové dráhy a úseky pro testování brzd. Jedná se o úseky odpovídající běžnému šířkovému uspořádání komunikace, avšak s rozdílnými druhy povrchů. Tyto povrchy mají simulovat široké spektrum vozovek, se kterými se vozidlo v reálném provozu může setkat.

Komfortní a únavové testovací úseky:

Jsou speciálně navrženy tak, aby testovaly trvanlivost karoserie a podvozku osobních i užitkových vozidel.



Obrázek 14 Sinová únavová trať [47]

Úseky s nízkým součinitelem tření μ :

Jedná se o krátké testovací dráhy s odlišnými druhy povrchů jako jsou například kamenné dlažby, asfaltové povrchy, betonové povrchy, čedičové povrchy, keramická dlažba ad. Každý z těchto povrchů má své specifické vlastnosti a odlišné povrchové tření pro simulaci zledovatělých, nebo zasněžených vozovek. Jejich součinitele povrchového tření μ se pohybují v rozmezí od 0,09 (mokrý keramická dlažba) do 0,95 (suchý asfaltový povrch). Plochy je ve všech případech možné zavlažovat pro snížení povrchového tření. Rozdílné typy povrchů slouží především pro testování brzdových systémů.



Obrázek 15 Platforma pro testování brzd [56]

Povrch ROCBINDA

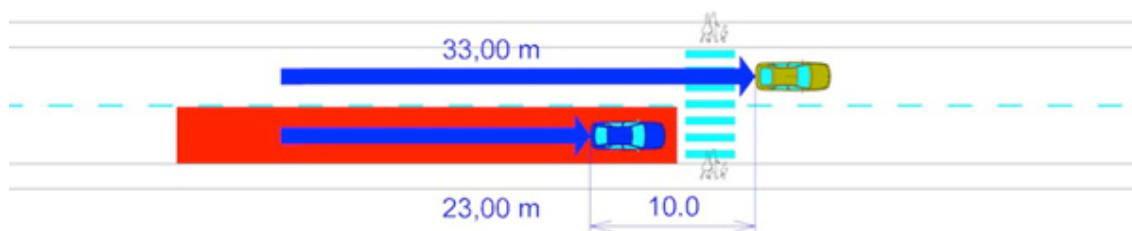
Vzhledem k mnoha výše uvedeným povrchům objevujících se na testovacích polygonech z celého světa, bychom neměli při návrhu nového polygonu zapomenout na dnes již rozšířený speciální polyurethanový nátěr ROCBINDA. V provozu na pozemních komunikacích se vyznačuje charakteristickou červenou barvou. Jedná se o nátěr zajišťující zkrácení brzdné dráhy vozidla o zhruba 33 % za mokra. Je vhodný na všechny nebezpečné úseky na silnicích, kde je třeba zajistit zvýšené brzdné účinky vozidel (směrové oblouky, sklonové poměry, příjezdy ke křižovatkám, přechodům pro pěší, sjezdy z dálnic atd.). Vylepšená technologie dnes již dovoluje provádět povrch v celé paletě barev. Mnoho různých aplikací jako je například vyznačení parkovacích míst pro vozidla tělesně postižených, cyklostezky, pruhy pro autobusy, pásy pro zklidnění dopravy a přechody pro chodce, jsou nyní možné skrze paletu standardních barev (červená, modrá, zelená, žlutá, bílá a další) buď s druhem kameniva pro chodce (0,8 – 1,5 mm) nebo s druhem kameniva na silnici (1 – 3 mm). Systém byl nezávisle testován a výsledky potvrdili, zatížení až do 3 500 těžkých nákladních vozidel za den po dobu 6 až 10 let na asfaltových i betonových površích. Dnešní autonomní systémy by tak mohli díky senzorům a čidlům reagovat na změnu barevného spektra vozovky a přizpůsobit tak nastvení trakce či podvozku k vlastnostem zlepšujícím povrchové tření již zmíněného povrchu. [39]



Obrázek 16 Povrch Rocbinda [39]

ROCBINDA - BEZPEČNOSTNÍ POVRCH SE ZVÝŠENOU DRSNOSTÍ

BRZDNÁ DRÁHA VOZIDLA ZA MOKRA PŘI 50 km/h



Obrázek 17 Brzdná dráha vozidla [40]

Testovací úsek replikující široké spektrum poruch tuhých i netuhých vozovek

Pro budoucí návrh testovacího polygonu zaměřeného na autonomní vozidla, by měl být příkladem zkušební okruh dlouhý 1,9 km vyvinutý mezinárodní korporací a automobilovým výrobcem Ford Motor Company. Jedná se o areál poblíž belgického města Lommel, který je mimo jiné zaměřený a specifický právě možnostmi testování vozidel na speciálně upravených vozovkách s nesčitelným množstvím poruch. Trať napodobuje přibližně 100 výmolů a poruch diagnostikovaných skupinou inženýrů společnosti Ford Motor Company ve více jak 25 zemích světa. Jedná se například o rozsáhlé mrazové trhliny, kaverny, výmoly, vyjeté koleje, rozbité historické dlažby ad. Začleněním těchto reálných rizik do testování autonomních vozidel můžeme vyvinout autonomní systémy schopné reagovat a bezpečně řešit takto náročné podmínky v běžném provozu. Polygon v Belgii byl navržen především pro testování odolnosti podvozku a zavěšení kol. Nyní dokonce Univerzita v Leedsu pilotuje projekt ve výši 4,2 milionu liber, který využívá pouličních robotů k automatickému vyhledávání a opravě výmolů na silnicích města. [41] [42]



Obrázek 18 Testovací areál Lommel [41]



Obrázek 19 Lommel testovací povrch [41]

5 VÝZNAMNÉ TESTOVACÍ POLYGONY VE SVĚTĚ

5.1 Seznam významných testovacích polygonů

č.	NÁZEV	ZEMĚ	POLOHA	WEBOVÁ ADRESA
1	FOWLerville	USA	Michigan	www.ftt-a.com/
2	UTAC CERAM	FR	Mortefontaine	www.utacceram.com/
3	NARDÓ	IT	Località Fattizze	www.porscheengineering.com/
4	ATC	DE	Aldenhoven	www.atc-aldenhoven.de/de/
5	BOSCH	DE	Boxberg	www.bosch-mobility-solutions.com/
6	BOSCH	FR	Juvincourt	www.bosch-mobility-solutions.com/
7	IDIADA	ESP	Santa Oliva	www.applusidiada.com/en/
8	ASTA ZERO	SWE	Sandhult	www.astazero.com/
9	APZ	HUN	Zalaegerszeg	www.zalazone.hu/en/

5.1.1 Fowlerville Proving Ground

Testovací polygon Fowlerville Proving Ground je otevřený po celý rok a zároveň pečlivě udržovaný, aby byly zajištěny konzistentní a opakovatelné výsledky testů. Strategicky umístěné zemní valy zvyšují estetickou úroveň areálu a zároveň zajišťují absolutní soukromí všech testovaných vozidel na trati. Parkovací plochy, garáže a kanceláře lze pronajmout podle potřeb zákazníka. [43]



Obrázek 20 Cestovací polygon Fowlerville

Popis jednotlivých součástí testovacího polygonu:

1 Silnice přímá

Čtyř pruhová silnice je dlouhá 1 370 m. Dva pruhy vedou na jih a dva pruhy vedou na sever. Na obou koncích jsou k dispozici obratiště. Každý směr má pruhy určené k rychlé a pomalé jízdě; krátké zastavení je povoleno na pomalém pruhu. Povrch z asfaltové směsi je rovný s nulovým podélným a příčným sklonem. Součinitel smykového tření μ povrchu vozovky odpovídá hodnotě 0,95 +/- 0,05. [43]

2 Trať s nízkým součinitelem tření μ

Testovací úsek obsahuje tři samostatné plochy. Každý materiál s různými součiniteli smykového tření. K dispozici je podzemní systém postřikovačů, který se používá k aplikaci vody na všech třech površích současně nebo odděleně. Jedna z těchto ploch široká 9 m a dlouhá 213 m je tvořena mokrou keramickou dlažbou s nízkým smykovým třením s hodnotami od 0,09 do 0,12 pro simulaci zledovatělé plochy, další široká 15,5m a dlouhá 213 m je tvořena čedičovou dlažbou pro simulaci zasněžené plochy s hodnotami smykového tření od 0,25 do 0,35, poslední plocha dlouhá 107 m je tvořena mokrým asfaltovým povrchem s hodnotou smykového tření 0,8 +/- 0,05. Přístupová komunikace k jednotlivým testovacím plochám dlouhá 411 m je tvořena suchým asfaltovým povrchem s hodnotou smykového tření 0,95 +/- 0,05. [43]

3 Dynamická platforma

Prostorná a všestranná asfaltová plocha určená pro širokou škálu testovacích procesů. Tři přístupové dráhy poskytují uživatelům flexibilitu při manévrování. Obsahuje testovací základnu vodorovného dopravního značení pro výzkum asistentů řídících polohu vozidla v jízdních pruzích správy bezpečnosti silničního provozu USA (NHTSA), např.: plná bílá, přerušovaná žlutá a Bottovy tečky (podélné vodorovné dopravní značení používané převážně v USA). Povrch platformy je rovný asfaltový s hodnotou smykového tření 0,95 +/- 0,05. Součástí jsou tři oddělené přístupové komunikace dlouhé 411 m. Průměr kruhové platformy je 305 m. [43]

4 Oválný okruh

Oválná dvoupruhová dráha o délce 4,8 km. Jednotlivé jízdní pruhy jsou široké 3,5m. Směrové oblouky jsou v dostředném sklonu odpovídajícímu hodnotě 7 %. Jižní směrový oblouk má poloměr 304 m a severní směrový oblouk má zmenšující se poloměr v hodnotách od 457 m do 304 m. Mezi přímé jsou dlouhé 1370 m. [43]

5 Platforma NVH (Hluková a vibrační dráha) se speciálními povrchy

Platforma hodnotící komfort jízdy, hluk a vibrace na speciálně navržených površích. Testovací platforma je dlouhá 1000 m a skládá se z porušeného betonového

povrchu a hrubého asfaltového povrchu. Součástí jsou kanalizační a dešťové poklopy a lokální opravy, které snižují jízdní komfort. [43]

6 Vlnitá a štěrková cesta

Vlnitá testovací plocha má délku 200 m a šířku 4,6 m. Skládá se z betonových prefabrikovaných silničních dílců se sinusovým průřezem v podélném směru, která simuluje zvlněný povrch komunikací. Štěrková cesta dle specifikace M22A (silniční štěrk) a standardů organizace Michigan Department of Transportation. Štěrková plocha navozuje reálné podmínky v silničním provozu. Tato cesta je dlouhá 182,9 m a široká 15,9 m. [43]

7 Rampy pro testování brzd

Tři samostatné nakloněné roviny se sklony 15 %, 20 % a 30 %. [43]

8 Plánovaný testovací úsek ADAS (pokročilé systémy asistence řidiče)

Plánovaný zkušební úsek ADAS se v současné době připravuje s předpokládaným termínem dokončení na podzim roku 2018. Úsek bude zahrnovat víceúčelovou platformu, městské intravilánové a extravilánové křižovatky, okružní křižovatky, dálniční rampy a systémy konektivity s okolím V2X. Budeme nabízet rozsáhlé testovací služby a podporu se specializovaným zkušebním vybavením včetně: GVT (3D model vozidla) pro testování autonomních brzdných systémů, platformy VRU (ochrana lehce zranitelných účastníků provozu). [43]

9 Garáže a kancelářské prostory 2

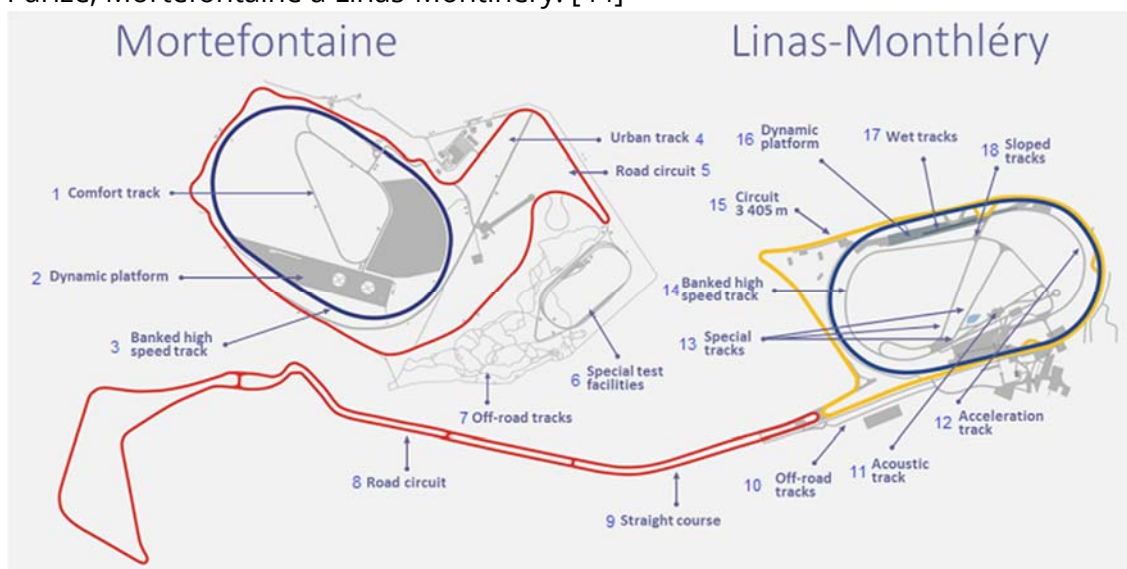
Zázemí o celkové ploše 6 000 m² plně vybavených garáží ručním a elektrickým nářadím. Dva nákladní a čtyři osobní elektrohydraulické zvedáky. Zařízení pro montáž a vyvážení pneumatik. Zařízení pro seřízení geometrie vozu a mobilní váhy, které jsou k dispozici na vyžádání. [43]

10 Prostory pro hodnocení vozidla

Prostory pro vyhodnocování stavu vozidel poskytují specializované inženýrské služby s nástroji pro zkušební zařízení, které podporují všechny vaše testovací vozidla. [43]

5.1.2 UTAC CERAM

Technická unie pro automobilový průmysl, motocykly a jízdní kola (UTAC) a výzkumné centrum aplikované na mobilitu (CERAM) je francouzská soukromá skupina založená v roce 2013, která působí v oblasti automobilového průmyslu. Utac Ceram provádí veškeré zkoušky potřebné k uvedení vozidel do provozu a porovnání shody s Evropskými směnicemi. Je jednou z certifikovaných laboratoří evropské organizace Euro NCAP. Tato skupina vlastní dvě zkušební centra poblíž Paříže, Mortefontaine a Linas-Monthléry. [44]



Obrázek 21 Testovací polygony Mortefontaine a Linas-Monthléry [44]

Popis jednotlivých součástí testovacího polygonu Mortefontaine:

1 Komfortní úsek

Jednosměrný okruh se zhoršeným povrchem vozovky s otvory a vlnami. Délka okruhu je 1500 m. Probíhá zde testování brzd a podvozku spolu s odolností karoserie a hodnocením komfortu jízdy. [44]

2 Dynamická platforma s integrovaným systémem zavlažování

Dynamická plocha navržená speciálně pro široké spektrum manévrů vozidel při testování. Plocha odpovídá 77 000 m² a tvoří pravoúhlý lichoběžník, její šířka je 130 m a délka 750 m. Součástí je 120 m dlouhá a 5 m široká přímá dráha s dlážděným povrchem vykazujícím nízký součinitel tření μ 0,2 (mokrý dráha). [44]

3 Nakloněný vysokorychlostní okruh

Oválný okruh se čtyřmi pruhy a asfaltovým povrchem bez pracovních spár podélných i příčných. Umožňuje jízdu bez směrového vedení vozidla o rychlosti až 200 km/h. Jízda je umožněna pouze v jednom směru. Délka okruhu je 3000 m, šířka je 15 m a převýšení klopení směrového oblouku je 7 m v úhlu 43°. Okruh umožňuje testování trakčního systému a odolnosti proti zatížení při vysoké rychlosti. [44]

4 Městský okruh

"Městské" testování na obousměrné komunikaci s rychlostním limitem 80 km/h. Okruh umožňuje montáž libovolného svislého dopravního značení. Délka okruhu je 1700 m s přímým úsekem dlouhým 800 m. [44]

5 Cestovní okruh

Dvoupruhový testovací okruh dlouhý 5200 m a široký 6 m, který obsahuje velké množství směrových a výškových oblouků pro různorodou dynamickou manipulaci s vozidlem. Okruh je jednosměrný a umožňuje simulovat běžné extravilánové prostředí. [44]

6 Zvláštní testovací úseky

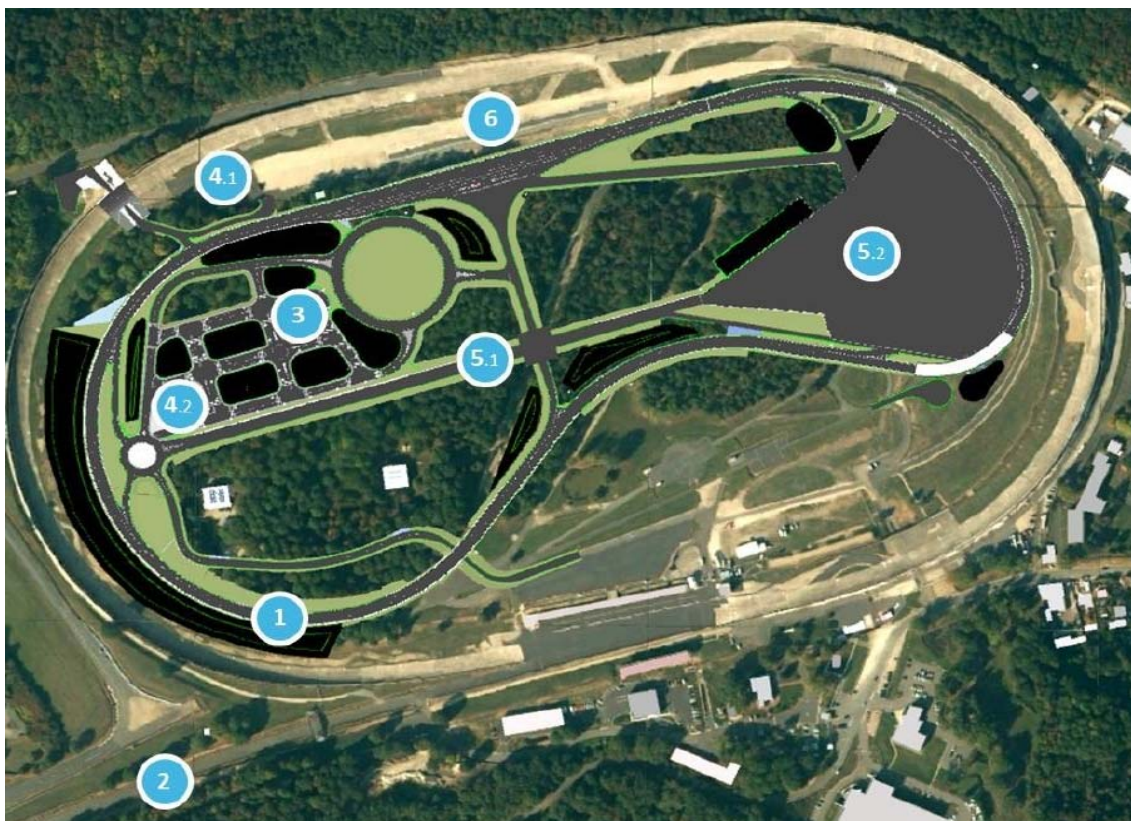
Dlážděná dráha dlouhá 800 m s mělkými výmoly v intervalu 2 m. Vodní brod se slanou vodou hluboký 0,1 m, dlouhý 60 m a široký 3 m. Prachový tunel dlouhý 80 m. Vlnitý úsek dlouhý 80 m. Štěrkový úsek dlouhý 130 m a široký 6 m. Překážky jako jsou chodníky, rychlé stoupání a klesání. [44]

7 Terénní okruh

Na ploše 4 hektarů zalesněných pozemků se rozprostírá okruh se 3 úrovněmi obtížnosti (zelená, modrá a červená). Součástí okruhu jsou přírodní i umělé překážky. Celková délka je 10 000 m. [44]

Projekt TEQMO®

Utac Ceram od roku 2018 uvede nový projekt TEQMO®, jedná se o zcela nové inovační centrum pro testování a výzkum autonomních vozidel. Testovací areál se nachází uprostřed testovacího polygonu Linas-Montlhéry a bude obsahovat 12 km zkušebních tratí a přidružených zařízení jako jsou dálkový okruh s tunely a mosty, městskou zónu, parkovací zóny a dynamickou platformu pro testování funkcionalit systémů ADAS v rámci Euro NCAP vč. kooperativních dopravních systémů C-ITS. [45]



Obrázek 22 Návrh projektu TEQMO® [45]

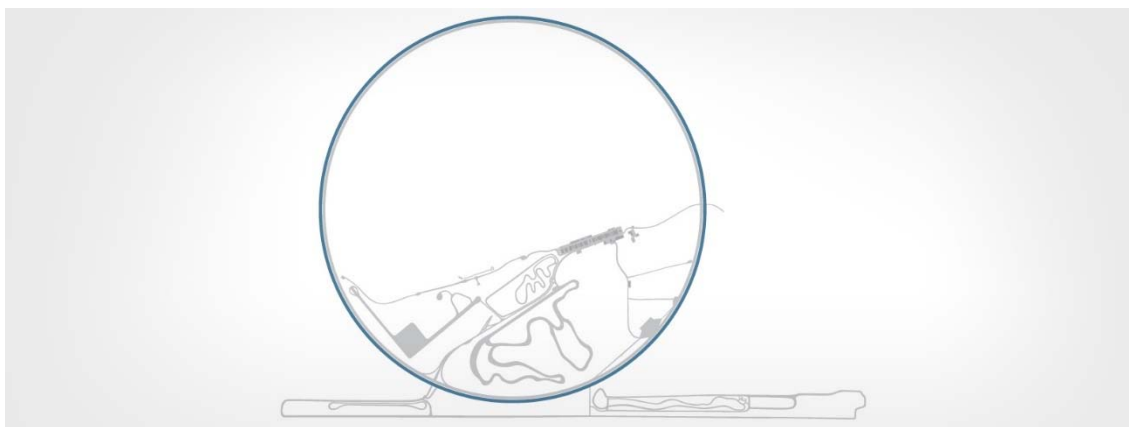
5.1.3 Nardó Technical Center (NTC)

Testovací areál se rozkládá na celkové ploše 700 hektarů a jeho součástí je více než 20 zkušebních tratí a zařízení pro různé druhy testovacích činností. Všechny tratě a zařízení mají vysoké standardy bezpečnosti a soukromí. V květnu 2012 převzala technické středisko Nardò v Apulii v jižní Itálii společnost Porsche Engineering. Testovací středisko bylo založeno v roce 1975 a dnes je jedním z nejdůležitějších a nejznámějších zkušebních polygonů na světě. Testovací polygon je i nadále zcela veřejný a přístupný všem výrobcům automobilů. Charakteristickým rysem technického centra Nardò je jeho kruhová dráha o délce 12,6 km a průměru 4 kilometry. [46]



Obrázek 23 Testovací polygon Nardó [46]

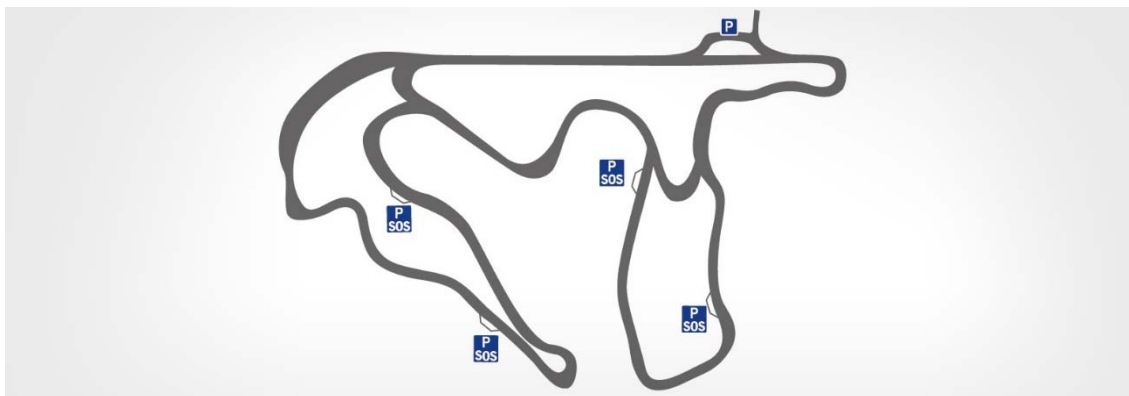
Vysokorychlostní okruh



Obrázek 24 Vysokorychlostní okruh [46]

Tato zkušební dráha je dokonalým kruhem o rozměru 12,6 km, s různými otvory a rychlostí v řadě a o průměru 4 km. Vzhledem k nízkému parabolickému profilu je odstředivá síla kompenzována a řidiči mají pocit jízdy v přímém pruhu. Tyto jedinečné vlastnosti trati umožňují vysokorychlostní testování pro automobily a motocykly s maximální bezpečností. [46]

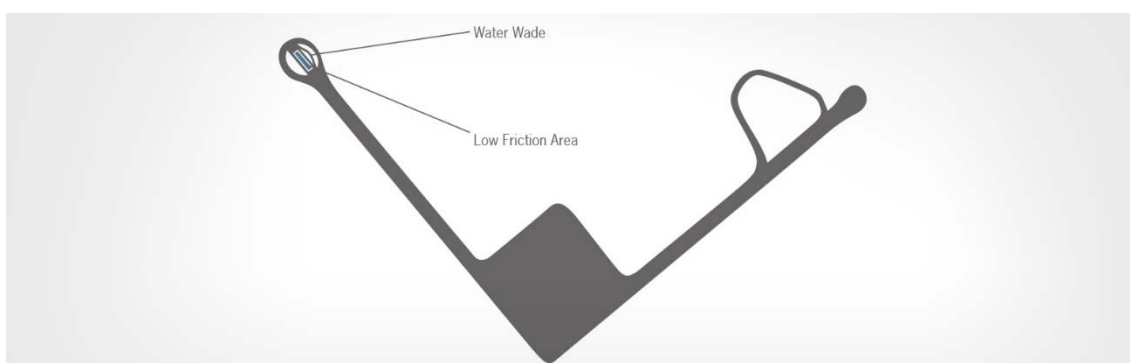
Manipulační trať



Obrázek 25 Manipulační dráha [46]

Manipulační dráha má délku 6,2 kilometrů a je jedním z nejdůležitějších bodů našeho zkušebního centra. Skládá se ze 16 křivek s různými poloměry a rychlosti zakřivení, přičemž dráha se rovná závodní dráze. Složení křivek a přímých drah může poskytnout užitečné výsledky pro trvanlivost, spolehlivost, dynamiku vozidel a zkoušky pneumatik u osobních i motorových vozidel. [46]

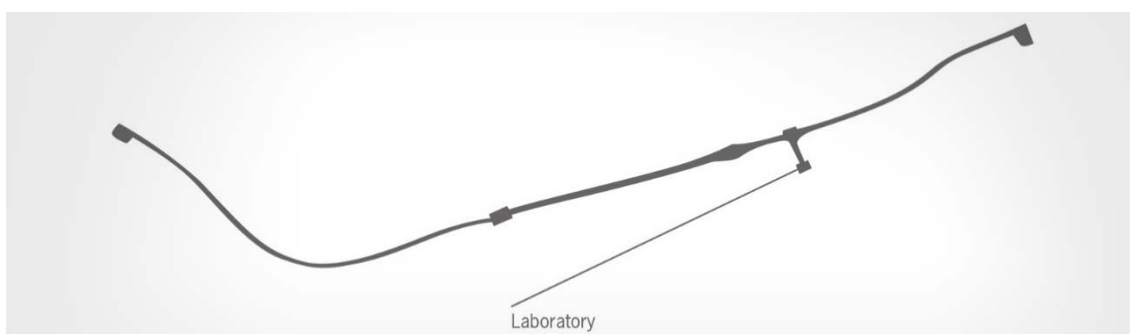
Dynamická platforma



Obrázek 26 Dynamická platforma [46]

Automobilová dynamická platforma s velkou plošinou a dvěma přímými pruhy zrychlení / zpomalení je vhodná pro automobily a motocykly, které potřebují velký prostor pro brzdění, manipulaci a testy výkonu. Na konci druhého přímého pruhu je také oblast s nízkým třením a vodní vlnou. [46]

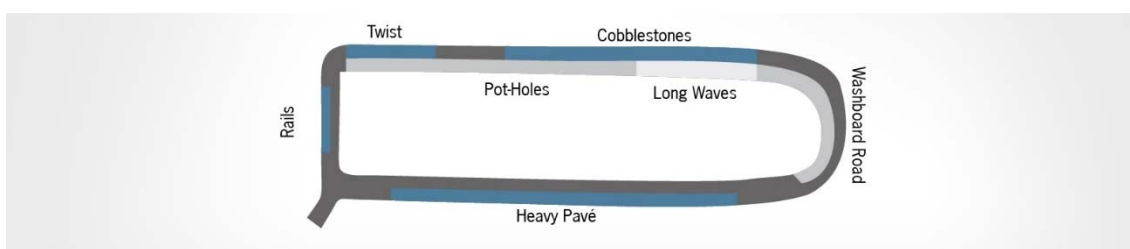
Hluková trať



Obrázek 27 Hluková trať [46]

Tato dráha má celkovou délku 2100 m a má dvě různé oblasti, které jsou vybaveny pro objektivní analýzu vnějšího hluku. Povrch první oblasti má certifikaci ISO 10844 pro vlastnosti asfaltu. [46]

Trať se speciálními povrchy

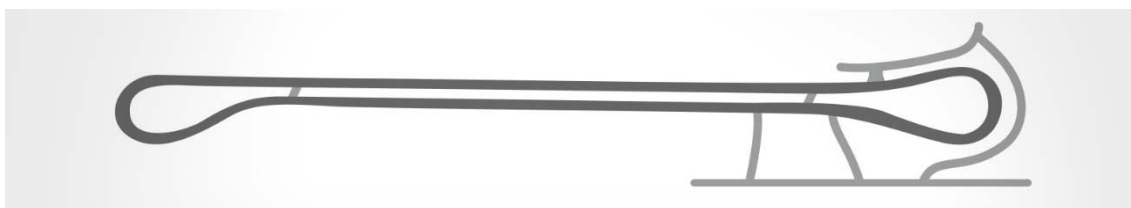


Obrázek 28 Speciální povrchy [46]

Tato trať nabízí sedm druhů různých povrchů vozovek pro testování vozidel v délce 1,15 km [46]:

- Dlažební kostky
- Twist
- Heavy Pavé
- Hrnce (kladné, záporné, levé a pravé)
- Dlouhé vlny
- Umyvadlo silnice
- Rails

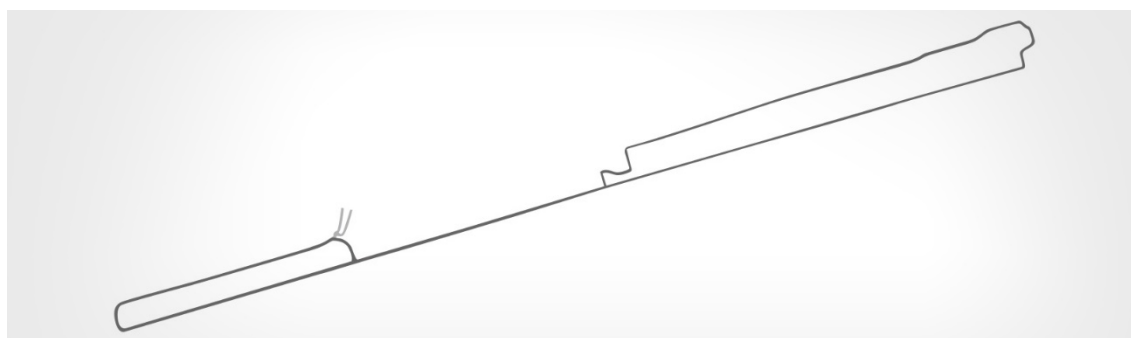
Prachový a kamenitý okruh



Obrázek 29 Off-road okruh [46]

Okruh je dlouhý 2,1 km a jedná se o off-roadovou trať ve tvaru smyčky. Trať je pokryta prachem, štěrkem a umožňuje testování spolehlivosti na daném povrchu. Šířka okruhu je 10 m. [46]

Africký okruh

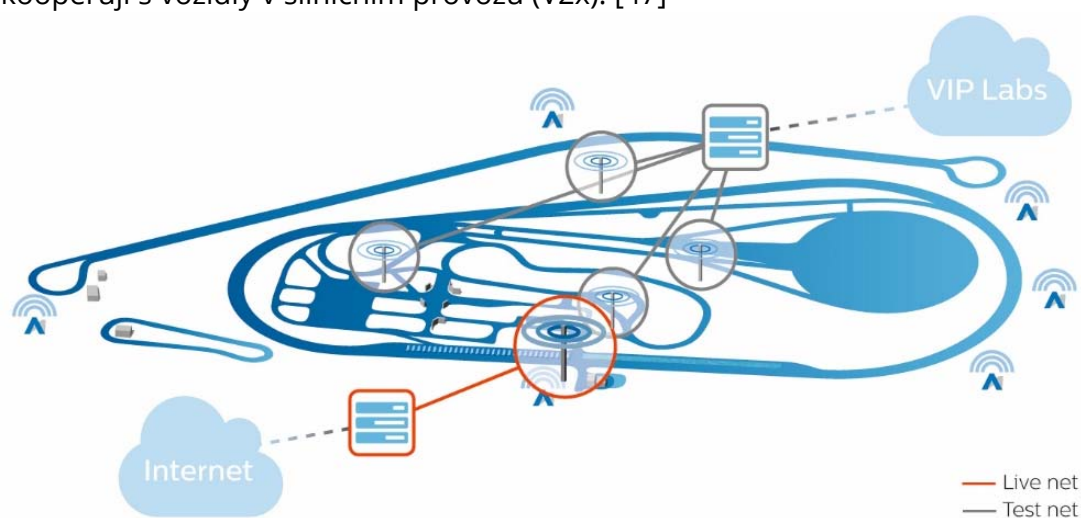


Obrázek 30 Africký okruh [46]

Okruh je simulací typických afrických off-road podmínek. Jedná se o nejdelší off-roadovou trať v NTC s různými přístupovými body. Trasy lze přizpůsobit podle individuálních požadavků klienta. Délka je 10 500 m a šířka 4 m. [46]

5.1.4 ATC Aldenhoven testing center

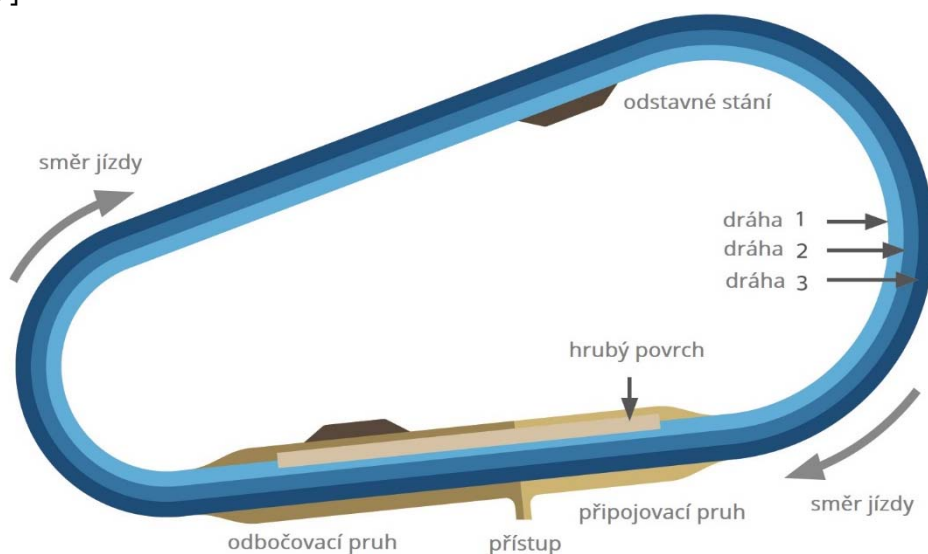
Testovací centrum Aldenhoven je moderní testovací centrum. Dvanáct testovacích okruhů umožňuje simulovat téměř všechny situace z reálného provozu. Aldenhoven testovací centrum je ve vlastnictví Düren a RWTH Aachen, které je otevřeno všem automobilovým společnostem, zejména malým a středním podnikům. Mezi zákazníky patří výrobci a dodavatelé vozidel, poskytovatelé výzkumných a vývojových služeb, univerzity a výzkumné instituce. Od roku 2016 areál disponuje novými křižovatkami, které byly rozšířeny v roce 2018 na plnohodnotné městské zkušební prostředí. Městské prostředí je pokryto simulovaným signálem z evropského družicového navigačního systému Galileo. Díky pokrytí nejvyspělejší mobilní sítí může testovací areál nabídnout dalších bezdrátové standardy, které kooperují s vozidly v silničním provozu (V2x). [47]



Obrázek 31 Testovací polygon ATC Aldenhoven [47]

Oválný okruh

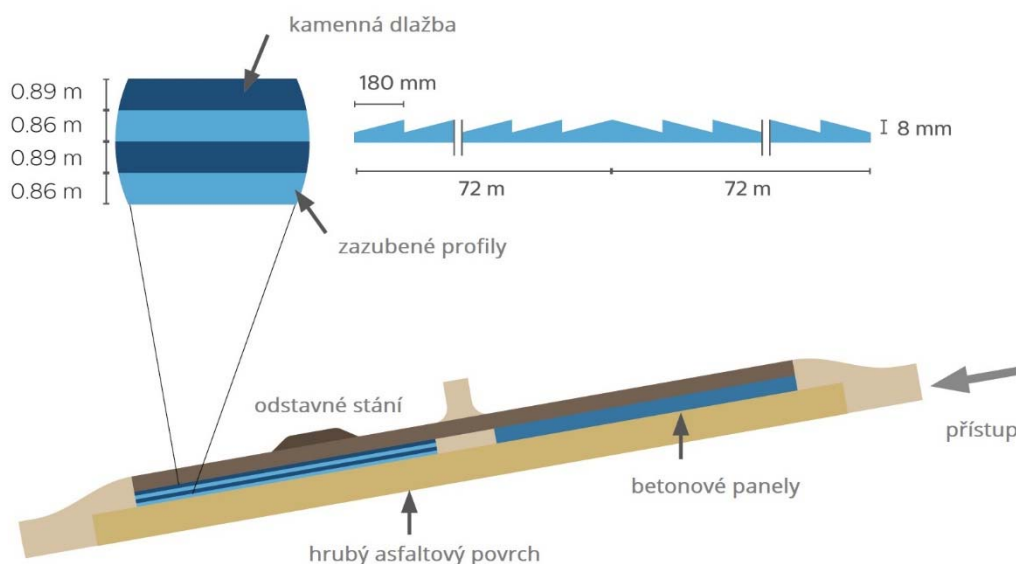
V roce 2018 nově přestavěný tří pruhový okruh je dlouhý 2 km. V závislosti na poloměru a úhlu naklopení je možné jet až 120 km/h bez působení boční odstředivé síly. [47]



Obrázek 32 Oválný okruh ATC [47]

Šířky pruhů jsou 3,75, 3,75 a 4,0m. Délky jednotlivých drah jsou 2,074, 2,097 a 2,12 km. Severní směrový oblouk má poloměr 186,5m a jižní 113,5m. Maximální nápravové zatížení je 10 t. Přímé úseky jsou dlouhé 400m a podélný sklon není větší než 0,4%. Povrch je asfaltový. [47]

Hrubá dráha

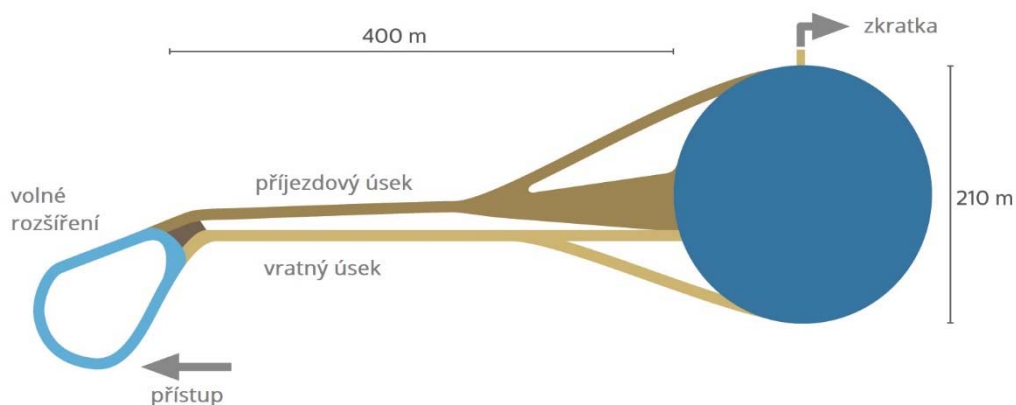


Obrázek 33 Hrubá dráha [47]

Délka asfaltové dráhy je 400 m, šířka 5,0 m. Podélný sklon 0,3 % a příčný sklon 3,5 %. Délka betonových panelů je 175 m, šířka 3,5 m. Délka zazubených profilů a kamenné dlažby je 144 m. Maximální zatížení na nápravu je 10 t. [47]

Dynamická platforma

Plocha pro testování dynamiky vozidla kruhového tvaru o průměru 210 m. Může být použita pro dynamické testy i testy automatizovaných systémů. Od roku 2018 je plně přizpůsobena pro bezpečnostní zkoušky dle Euro NCAP protokolu. [47]

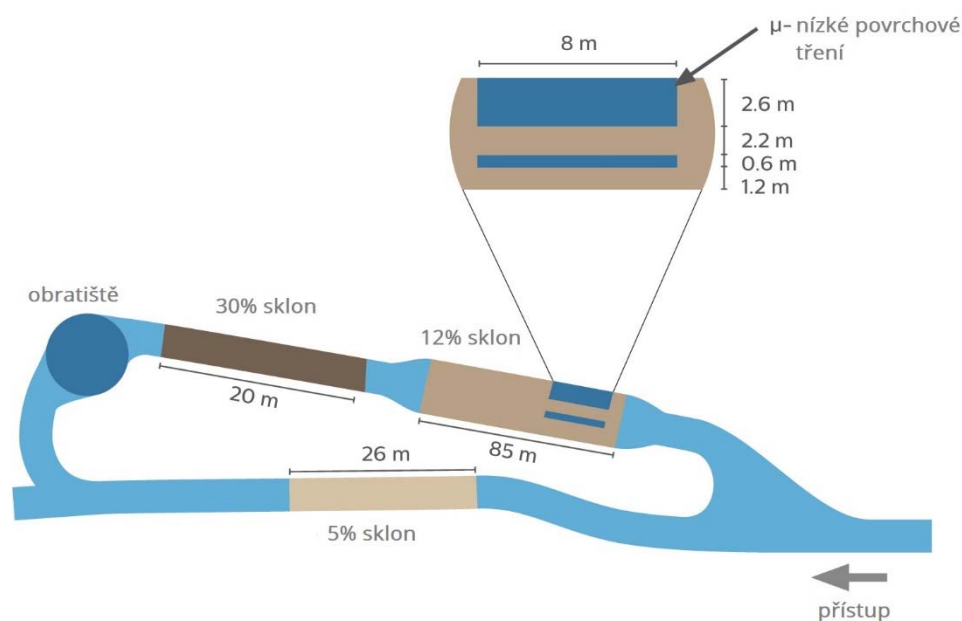


Obrázek 34 Dynamická platforma [47]

Délka příjezdové komunikace je 400 m, maximální zatížení na nápravu je 10 t. Celkový sklon povrchu platformy je menší než 1 %. Povrch je asfaltový. [47]

Sklonová oblast

Úsek svahů poskytuje sklony 5%, 12% a 30%. [47]



Obrázek 35 Sklonová oblast [47]

Povrch jednotlivých svahu je asfaltový. K dispozici je zavlažovací technologie pro aplikaci souvislého 2 mm vodního filmu. Povrch s nízkým součinitelem povrchového tření je vytvořen z asfaltového laku (Avertol BF). Maximální zatížení na nápravu je 10 t. [47]

Městské prostředí

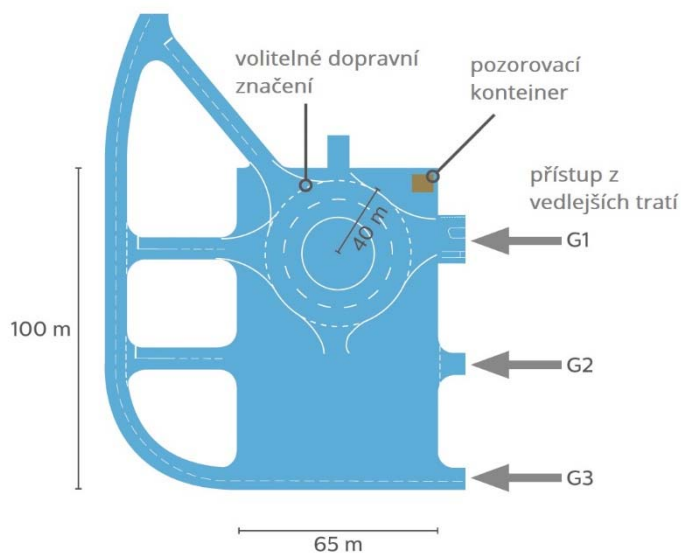
Umožňuje simulaci téměř všech dopravních situací, které se vyskytují v centru města, a to díky křižovatkám, parkovišti, multifunkční oblasti veřejnému a vybavení. V roce 2017 byla společností Vodafone nainstalována zkušební mobilní komunikace, 5G a laboratoř, která je přímo propojena s vývojovým parkem Vodafone Labs v Düsseldorfu. Laboratoř 5G Mobility poskytuje jedno z nejmodernějších vývojových a testovací prostředí pro kooperativní a autonomní vozidla na světě. [47]



Obrázek 36 Městské prostředí [47]

Multifunkční prostor

Multifunkční oblast se rozkládá na ploše 65 x 100 m² s maximálním podélným sklonem 1 %. Součástí je několik přístupových komunikací a pozorovací objekt. [47]

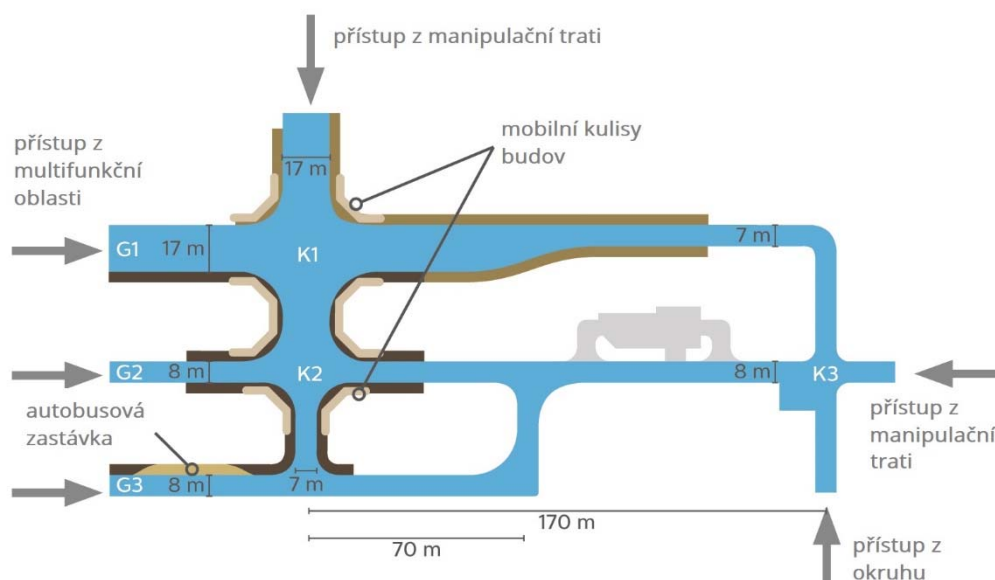


Obrázek 37 Multifunkční prostor [47]

Povrch je asfaltový s nulovým příčným sklonem. Celá plocha je k dispozici pro individuální požadavky na vodorovné dopravní značení. [47]

Křižovatky

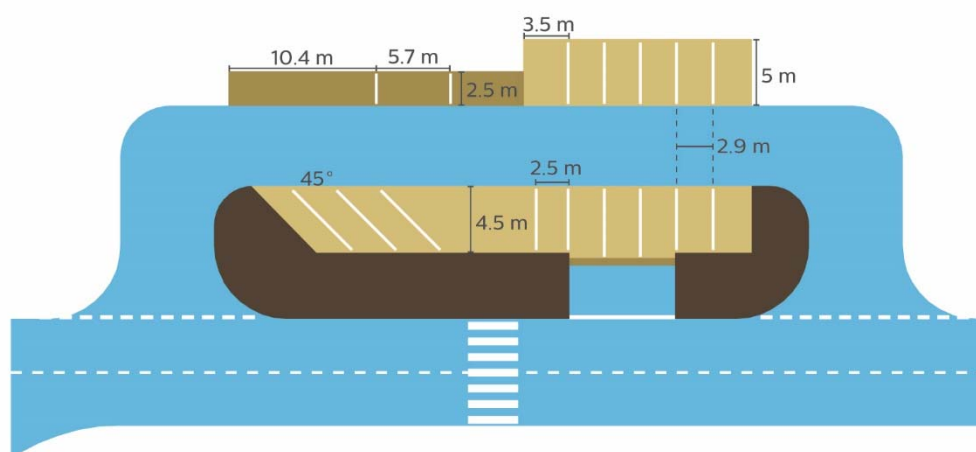
Testovací plocha s několika úrovněnými průsečnými i stykovými kříženími s dvoupruhovými i vícepruhovými větvemi pro testování autonomních funkcí a konektivity vozidla s dopravní infrastrukturou (V2X). [47]



Obrázek 38 Křižovatky [47]

Parkoviště

Prostor pro testování parkovacích asistentů a senzorů obsahuje několik typů parkovacích stání jako jsou kolmé, podélné nebo šikmé. Hranici parkovacích stání tvoří jak obrubníky, zatravněné plochy, tak zábradlí. [47]

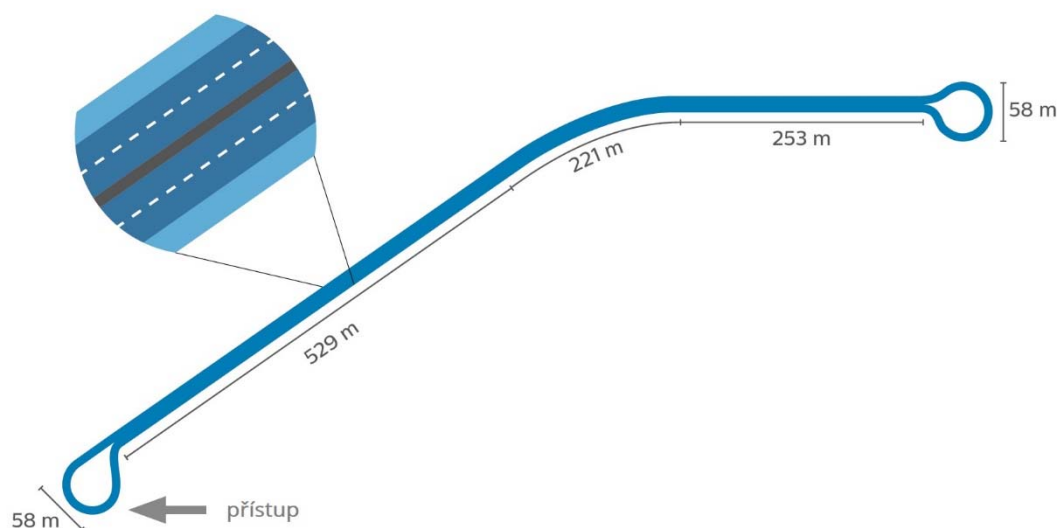


Obrázek 39 Parkoviště [47]

Povrch parkoviště je asfaltový. Celkem obsahuje 3 podélné stání, 12 kolmých stání s rozdílnou délkou a 3 šikmé stání pod úhlem 45°. Podélný i příčný sklon odpovídá hodnotě 1 %. Možné umístění parkovacích senzorů. [47]

Dálnice

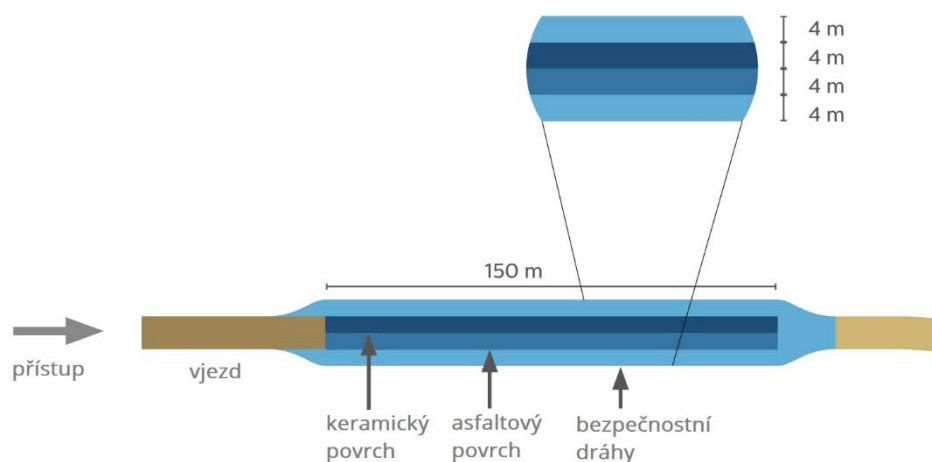
Testovací úsek dálnice, délka hlavního přímého úseku je 529 m a délka sekundárního přímého úseku je 253 m. Délka směrového zaoblení trasy je 221 m. Střední dělicí pás je tvořen 0,81 m vysokým betonovým svodidlem. Dálnice je čtyřpruhová obousměrná. [47]



Obrázek 40 Dálniční úsek [47]

Testování brzd

Brzdná zkušební dráha je dlouhá 150 m a je tvořena dvěma povrchy, a to asfaltovým a dlážděným keramickým. Každý z pruhů má šířku 4 m. Podélný sklon je nulový a příčný sklon 0,5 %. Povrch je zavlažovaný při konstantní tloušťce 2 mm vodního filmu pro snížení povrchového tření. Mokrý keramický povrch má hodnotu součinitele smykového tření 0,1 a mokrá asfaltový povrch hodnotu 0,6. Suchý asfaltový povrch má hodnotu součinitele smykového tření 0,9. Maximální zatížení na nápravu je 10 t. [47]



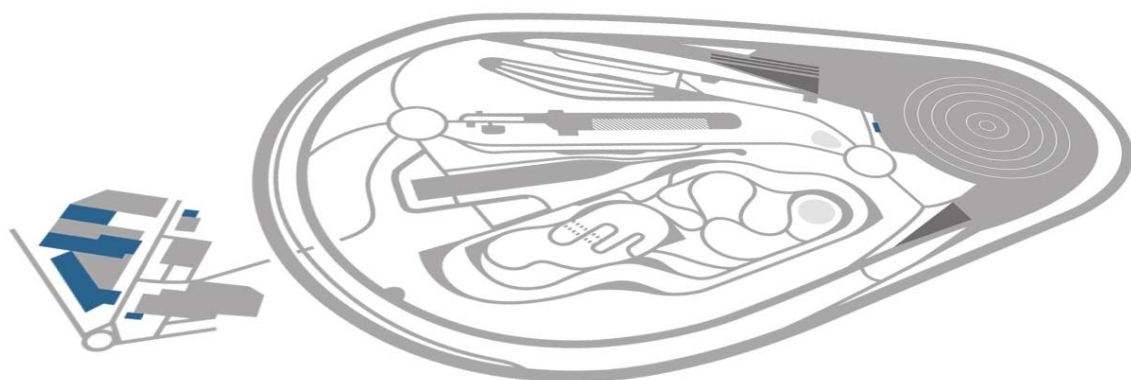
Obrázek 41 Testování brzdového systému [47]



Obrázek 42 ATC Aldenhoven - areál pro testování autonomních funkcí [47]

5.1.5 BOSCH Boxberg

Testovací areál Boxbergu má celkovou rozlohu 94 ha, s velkým počtem různých zkušebních tratí o celkové rozloze 25 ha. Areál je obklopen tříkilometrovým vysokorychlostním okruhem. Všechny ostatní zkušební tratě jsou umístěny uvnitř okruhu. [48]



Obrázek 43 Testovací polygon BOSCH Boxberg [48]

Vysokorychlostní ovál



Obrázek 44 Vysokorychlostní okruh Boxberg [48]

Vysokorychlostní ovál je určen pro zkoušky v rozsahu rychlostí až 200 km/h. Je vybaven třemi pruhy, každý široký 3,75 m a odstavným pruhem šířky 3,0 m. Standardní směr jízdy je proti směru hodinových ručiček. Speciální svodidlo s výplní v dolní části obklopuje celý vysokorychlostní ovál a umožňuje tak bezpečné využití i pro motocykly. [48]

Oblast jízdní dynamiky



Obrázek 45 Dynamická platforma Boxberg [48]

Kruhová dynamická platforma s asfaltovým povrchem o průměru 300 m, kde je možné provádět velké množství testů od brzdných manévru až po zkoušky dle protokolů Euro NCAP. Pro jízdu v kruhu je vodorovné dopravní značení k dispozici o poloměrech 25, 50, 60, 80, 100 a 120 m. V případě potřeby může být část dynamické platformy zaplavena vodou. Kruhová plocha je navíc opatřena vodorovným značením pro manipulační stopu a pro různé standardní změny jízdního pruhu. [48]

Stopy pro měření brzd



Obrázek 46 Testování brzd Boxberg [48]

Brzdové zkoušky lze provádět na zaplavitelných drahách s různými povrchy vozovky a koeficienty tření. [48]

- | | |
|--------------------|---------------------------------|
| 1. Keramika | 5. Beton |
| 2. Asfalt | 6. Vodní plocha pro aquaplaning |
| 3. Dlažba | 7. Hrubý čedič |
| 4. Čedič (leštěný) | |

Manipulační okruh



Obrázek 47 Manipulační okruh [48]

Na manipulačních okruzích 1 a 2 lze manipulaci s vozidlem testovat v extrémně zakřivených směrových obloucích. Za tímto účelem poskytují naše manipulační okruhy řadu různých poloměrů zaoblení, křivkových svahů, stoupání na svazích a sjezdové svahy. [48]

Manipulační okruh 1

Manipulační okruh 1 je určen pro vyšší rychlost jízdy a vzhledem k poloměru směrového zaoblení v rozsahu mezi 48 m a 101 m je vhodný pro všechny typy vozidel. [48]

Manipulační okruh 2

Poloměr směrového zaoblení této dráhy je mezi 15 m a 115 m. V některých případech mají křivky dostředný, nebo odstředný sklon. To vede ke zvýšení stupně obtížnosti. Určité části okruhu se také mohou zavlažovat. Navíc je zde směrové zaoblení se zvýšeným klopením vozovky. Manipulační okruh 2 není vhodný pro užitková vozidla a autobusy. [48]

Multifunkční oblast



Obrázek 48 Multifunkční plocha [48]

Multifunkční oblast má velikost 250 m x 40 m a nachází se západně od manipulačního okruhu. Tato oblast zahrnuje zrychlovací dráhu a je vhodná pro jakýkoli druh zkoušek vozidel. Kromě toho je možné použít tuto oblast pro rozsáhlé testování asistenčních systémů řidiče. [48]

Komfortní a únavová trať



Obrázek 49 Komfortní a únavová trať [48]

Testovací trať poskytuje devět různých povrchů vozovky a je vhodná pro rychlosti až do 50 km/h. Přídavná silniční trať, umístěná ve vnitřní kruhové dráze, je určena pro rychlosti až do 100 km/h. Povrchy tvoří různé typy dlážděných vozovek s příčnými retardéry, prohlubněmi a poruchami. Součástí je i šterková trať, která zahrnuje pokrytou šterkovou dráhu o délce 80 m. [48]

Testovací rampy (5 % až 30 %)

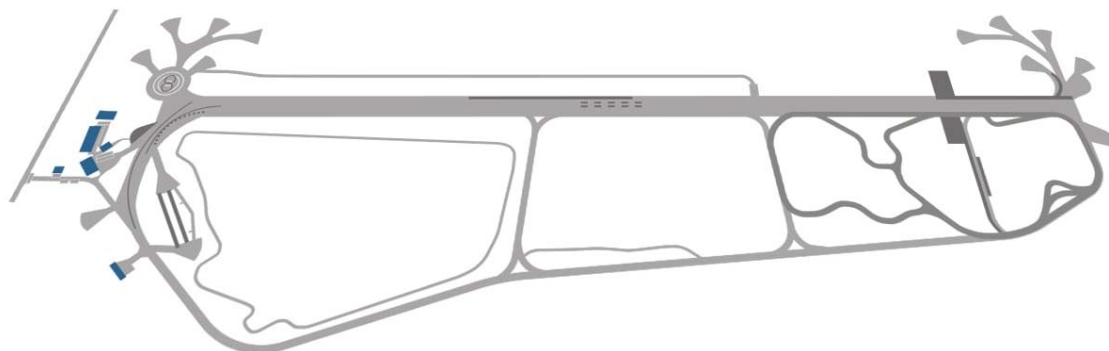


Obrázek 50 Testovací rampy [48]

Rampy jsou určeny pro zkoušení systémů řízení trakce a pro zkoušky při sjezdu ze svahu. Aby bylo možné provádět testy s rozdílným součinitelem povrchového tření μ , byly integrovány tzv. mokré dlaždice do svahů se sklonem 5, 10, 15 a 20 %. Trať se stoupáním 30 % je koncipována jako vjezd do garáže. Poskytuje také speciální sklon pro naklápění vozidla. [48]

5.1.6 BOSCH Juvincourt

Rozprostírá se na ploše více než 120 ha. Areál Juvincourt nabízí 4,2 km dlouhý okruh a 25 různých testovacích tratí. Polygon poskytuje ideální prostředí pro provádění zkoušek osobních vozidel, dodávek a motocyklů. [49]



Obrázek 51 Testovací polygon BOSCH Juvincourt [49]

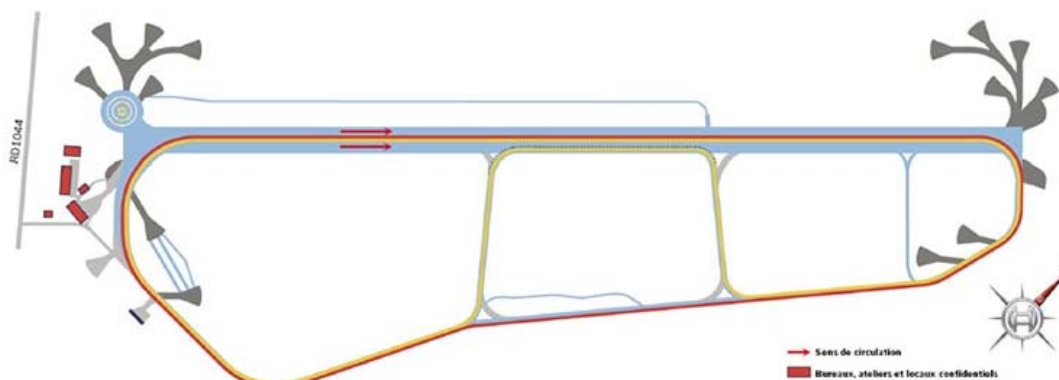
Manipulační okruh



Obrázek 52 Manipulační okruh [49]

Celkem 1,8 km dlouhý uzavřený okruh pro dynamické vyhodnocení chování vozidla. Různorodé použití s libovolným typem zaoblení, sklonem a odchylkou pro progresivní a různorodou jízdu. Šířka dráhy je 6,5 m. [49]

Okruhy



Obrázek 53 Areál Juvoncourt [49]

Součástí testovacího polygonu je přímý úsek široký 50 m. Umožňuje provádět velké množství různých testů jako jsou například zkoušky AEB systémů dle protokolů Euro NCAP. První okruh má délku 4,2 km, s pěti pravostrannými směrovými zaobleními a jedním levým s asfaltovým povrchem. Druhý okruh je 4,8 km dlouhý a obsahuje sedm pravostranných směrových zaoblení a 3 levostranné. [49]

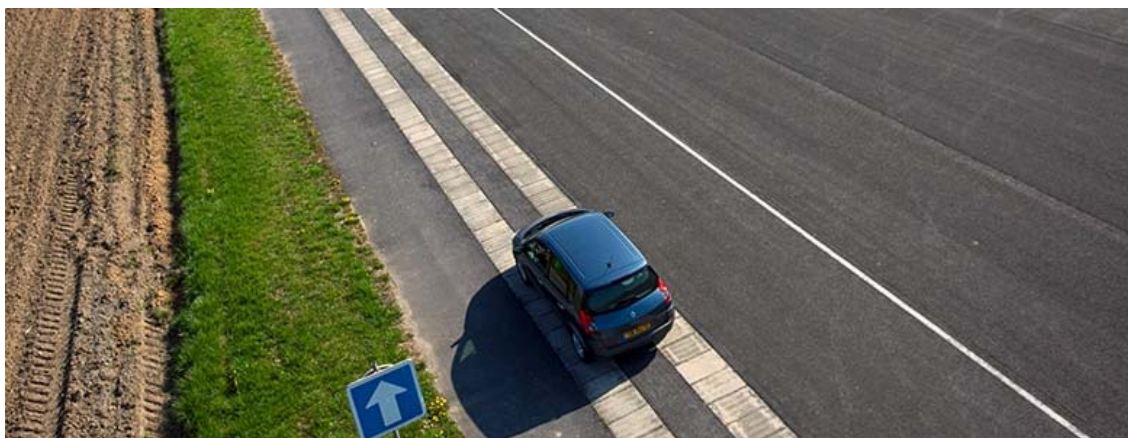
Svahy



Obrázek 54 Testovací svahy [49]

Testy na svazích o čířce 6 m a třemi různými parametry sklonů. Trať ASR se sklonem 15 % obsahuje plochu s keramickou dlažbou o šířce 1,2 m a délce 20 m (keramické desky o rozměrech 40 x 40 cm), která je navržena, aby zajistila prokluz pneumatiky. Simulovaný výjezd z garáže lemovaný trubkami po obou stranách (o průměru 25 mm). Výjezd je dlouhý 20 m a 2,5 m široký je umístěný na 15 % svahu. Dále obsahuje trať se sklonem 30 % s topným systémem, který je připojen k 50 Hz elektrickému systému. Další tratí je na 15 % svahu každých 53 cm uspořádáno celkem 24 rychlostních nárazů o šířce dvou metrů. Proměnný sklon se používá k provádění statických testů s různými sklony. Svah se může pohybovat v rozmezí od 3 do 33 %, v přírůstcích o 3 %.[49]

Trať hluku a vibrací



Obrázek 55 Trať hluku a vibrací [49]

Trať se skládá ze dvou 300 m dlouhých sínusových profilových proužků o celkové šířce 2,25 m, vlnové délce 130 mm a výšce vlny 2 mm. [49]

Úsek s různými typy povrchů



Obrázek 56 Úsek s různými typy povrchů [49]

Trať "Lapize" nabízí porušený povrch vozovky s kavernami a různými strukturami povrchu vozovky. Je dlouhá 105 m, široká 5,5 m a poruchami s proměnlivou hloubkou od 1 do 10 cm. Šterkový úsek s vápencovým šterkem o tloušťce vrstvy 6 cm, frakce 0/4 a 10/14, je položen na ploše větší než 2000 m². Povrch je vyrovnán na vyžádání před každou zkouškou. Trať ze souvislé vrstvy přírodního těženeho písku z řeky Loiry slouží k naplnění umělého brodu pro těžká nákladní vozidla, hlouka až 0,4 m, šířka 4 m a délka úseku je 32 m. [49]

Standardní kilometr



Obrázek 57 Kilometrový úsek [49]

Slouží pro kalibraci přístrojů pro měření vzdálenosti. Na okraji hlavního okruhu je vyznačena přímka o délce 1 km. Povrch je asfaltový a široký 3 m. [49]

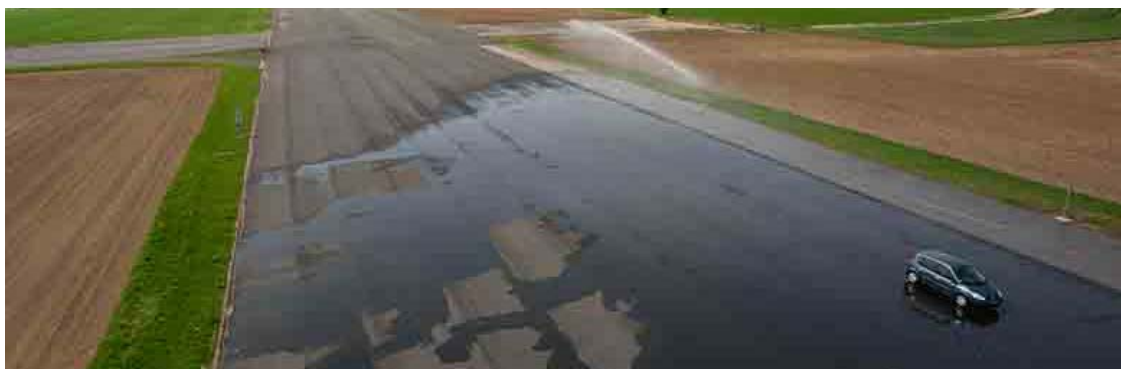
Trať překážek



Obrázek 58 Pevná překážka [49]

Na okraji testovací trati je umístěno několik překážek, které jsou vyznačeny svislým značením. Jedná se o prohlubně široké 3 m a 0,55 m dlouhé s hloubkou 40 mm. Hrby široké 3 m a 0,55 m dlouhé s výškou 20 mm. Rampy široké 3 m a 6 m dlouhé s výškou 50 mm. A v závěru PVC hrb široká 3,4 m a dlouhý 0,4m s výškou 50 mm. [49]

Mokrá betonová a asfaltová dráha



Obrázek 59 Zavlažovaná dráha [49]

Na ploše s povrchy z asfaltové směsi a betonového krytu se pomocí postřikovací technologie aplikuje souvislá vodní vrstva. Technologie postřiku má výkon mezi 10 a 50 m³ za hodinu a provádí postřik ze vzdálenosti 29 až 58 metrů. Betonová dráha se skládá z přímého úseku o délce 200 m a šířky 7 m, následované směrovým zaoblením o poloměru 50 m a 55 m. Asfaltový povrch je dlouhý 150 m a široký 40 m. [49]

Obložené prahové a sinusové dráhy

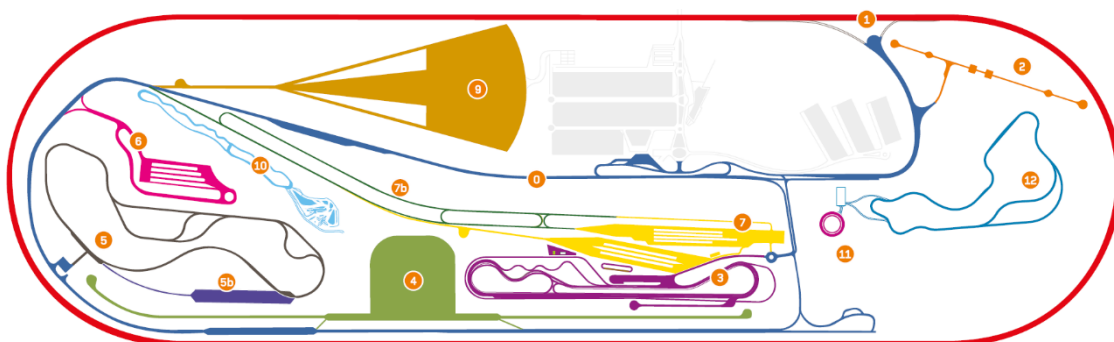


Obrázek 60 Komfortní a únavová trať [49]

Dlážděný úsek se skládá ze dvou částí, každý 40 metrů dlouhý. První část je rovná a hladká, druhá část má nepravidelné hrboly a jámy. Dráha s prahy obdélníkového tvaru, 60 cm dlouhé a 1,5 m široké jsou až 7 cm vysoké. Dále se trať skládá ze sinusových vln, které jsou 3 cm vysoké a 4 m široké. Vzdálenost mezi vlnami se postupně snižuje. [49]

5.1.7 IDIADA Applus+

Technologické centrum o rozloze 331 ha se nachází poblíž Barcelony. Centrum poskytuje designové, testovací, inženýrské a homologační služby pro automobilový průmysl po celém světě. Nabízí také kompletní služby pro ADAS a automatizované vozy v celém vývojovém cyklu, od koncepční fáze až po závěrečnou validaci. Tyto služby zahrnují kompletní podporu implementace funkcí, kombinující znalosti funkčních požadavků, procesy vývoje softwaru, zkušenosti s integrací hardwaru a nejmodernější simulační a testovací nástroje. Dále je možné testovat konektivitu a inteligentní dopravní systémy ITS. [50]

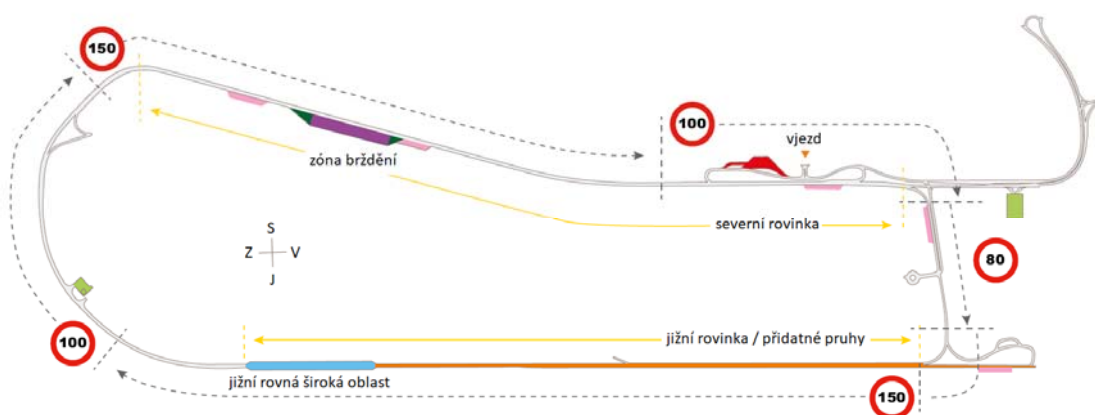


Obrázek 61 Testovací polygon IDIADA Španělsko [50]

Obecný přehled testovacího okruhu a individuální číslování tratí.

0	Hlavní trať	6	Testovací kopce
1	Vysokorychlostní okruh	7	Přímé brzdné plochy
2	Testovací dráha hluku	7b	Komfortní trať B a město Sim
3	Únavová trať A / Komfortní trať A	9	Dynamická platforma B
4	Dynamická platforma A	10	Off Road trať
5	Suchý manipulační okruh	11	Mokrý kruh
5b	Dynamická platforma C	12	Mokrý manipulační okruh

Trať 0 - Hlavní trať



Obrázek 62 Hlavní trať [50]

Celková délka 5333 m
 Délka jižní rovinky 1620 m
 Podélný sklon 0 %
 Jižní široká rovinka (délka) 300 m
 Jižní široká rovinka (šířka) 20 m
 Zóna brždění (délka) 250 m
 Zóna brždění (šířka) 10 m
 Zóna brždění (délka nájezdu) 100 m

Celková délka	5333 m
Délka jižní rovinky	1620 m
Podélný sklon	0 %
Jižní široká rovinka (délka)	300 m
Jižní široká rovinka (šířka)	20 m
Zóna brždění (délka)	250 m
Zóna brždění (šířka)	10 m
Zóna brždění (délka nájezdu)	100 m

Trať 1 - Vysokorychlostní okruh

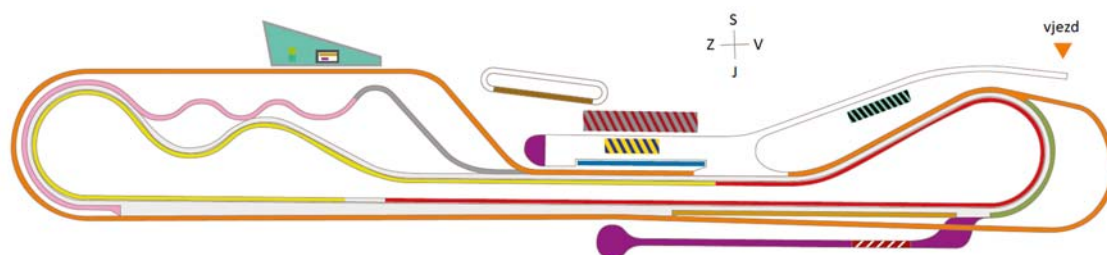
- | | | | |
|--|--|--|------------------|
| | Obecná silnice | | Rovinky |
| | Plochý úsek s podélným
přechodem 0% | | Směrové zaoblení |
| | Jižní rovná široká oblast | | Brzdné zóny |
| | Benzínka | | Parkoviště |
| | Parkovací plocha s výtahem | | Wifi zóna |
| | Parkoviště | | |
| | Zóna brždění | | |
| | Přístupová zóna | | |



Obrázek 63 Vysokorychlostní úsek [50]

Maximální rychlost	200 km/h
Maximální klopení	80 % (38.66°)
Poloměr směrového oblouku	471 m
Podélný sklon (severní přímý úsek)	- 0,3 %
Podélný sklon (jižní přímý úsek)	+ 0,3 %
Příčný sklon (přímá)	1,0 %

Únavová trať A



Obrázek 64 Únavová trať [50]

	Lesní trať		Slaná vodní voda
	Dlážděná belgická plocha (I)		Twist road
	Dlážděná belgická plocha (II)		Zkušební oblast
	Dlážděná silnice		Obrubníky
	Opravený asfalt		Vstupy
	Zakřivená silná cesta		Komfortní silnice
	Splash road		Blátivá vodní voda
	Waterwade		Simulace rampy přívěsu

Zvlněný beton	145 m
Díry s vodou	220 m
Oblast štěrku	455 %
Zvlněný beton s kameny	420 m
Vodní brod (nastavitelná hloubka)	50 m x 4 m x (0-50 cm)
Vodní brod se slanou vodou	20 m x 4 m x (0-50 cm)
Lesní trať	1950 m
Dlážděný blok I	827 m
Dlážděný blok II	922 m
Opravený asfalt	149 m
Oblast Stop & Go (zastavit a jít)	300 m
Obrubníky	250 mm, 200 mm, 150 mm, 100 mm

Komfortní trať A

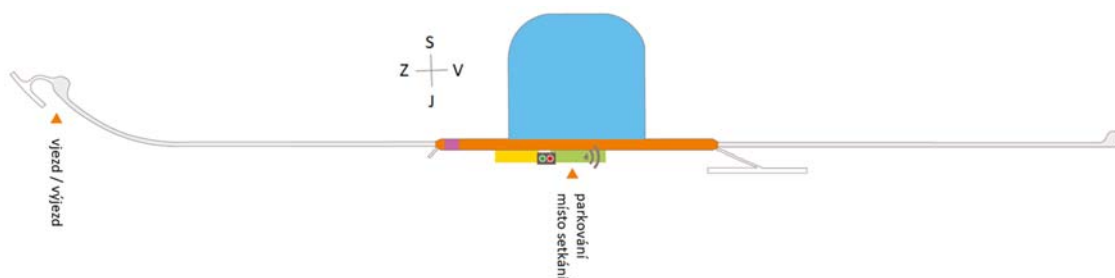


Obrázek 65 Komfortní trať [50]

- | | |
|---|--|
|  Plynulá vrstva |  Špatně udržovaná silnice |
|  Symetrický profil |  Spodní část |
|  Asymetrický profil 90° |  Vana 1 |
|  Asymetrický profil 180° |  Vana |

Dynamická platforma A (DP-A)

Rozměry platformy jsou 250 m x 250 m, akcelerační úseky na oboustranách platformy jsou dlouhé 850 m. Zaoblení platformy v poloměru 24 m. Příčný i podélný sklon se rovná 0 %.

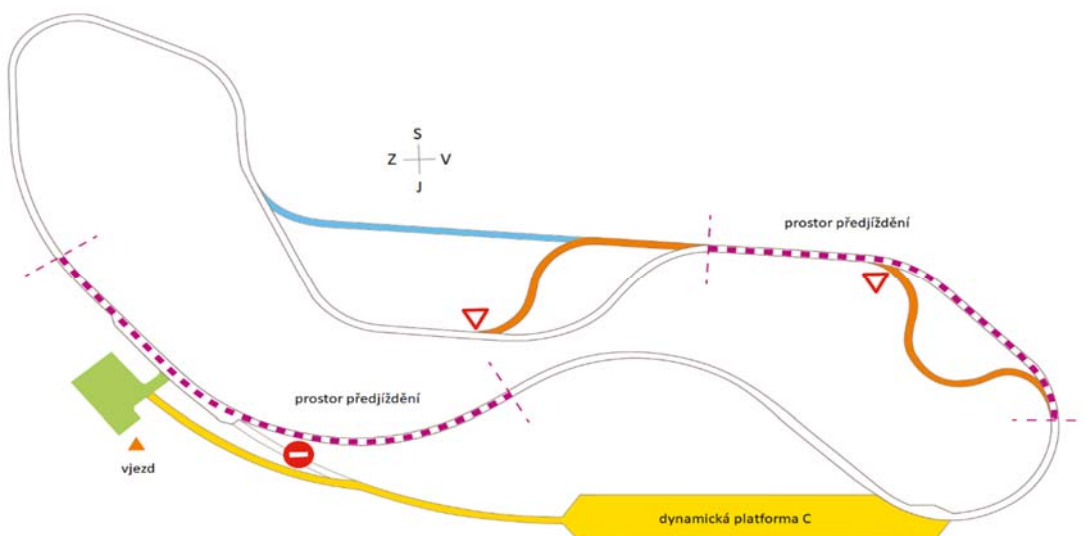


Obrázek 66 Dynamická platforma [50]

-  Dynamická platforma
-  Slalom
-  Akcelerační úseky
-  ISO III povrch
-  Parking / zázemí
-  Zařízení
-  Wifi zóna

Manipulační okruh, Dynamická platforma C

Směr jízdy proti směru hodinových ručiček. Celková délka 2158 m. Délka volitelných okruhů 1770 m. Šířka pruhu na okruzích 7 m. Součinitel smykového tření odpovídá hodnotě 0,8. Rozměry dynamické platformy C jsou 300 m x 40 m. [50]

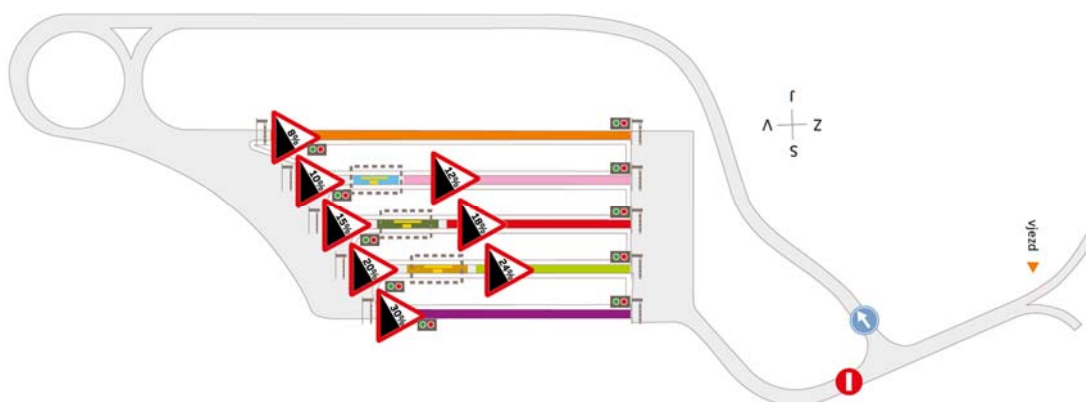


Obrázek 67 Manipulační okruh a dynamická platforma [50]

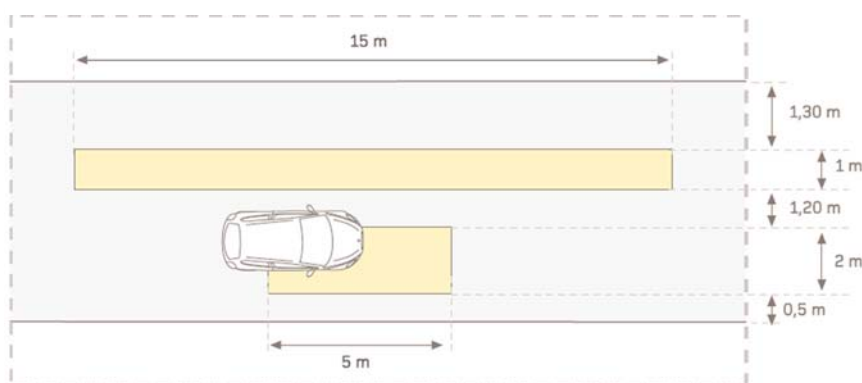
- Hlavní Hlavní okruh – bílá barva
Otevřený pořád
Obecná konfigurace, uživatelé mají při jízdě přednost
- Alternativní obvod – oranžová barva
Otevřený pořád
Alternativní konfigurace, uživatelé musí vždy dát přednost
- Uzavřený obvod – modrá barva
Normálně zavřeno
Uživatelé se musí obrátit na ovládací věž, pokud chtějí použít toto uspořádání.
- Dynamická platforma C – žlutá barva
- Parkovací plocha s výtahem
- Oblast předjíždění (hlavní okruh)

Testovací svahy

- | | |
|--|---|
| Sklon 8 % délka 188 m | Sklon 20 % délka 37,6 m |
| Sklon 10 % délka 26,5 m | Sklon 24 % délka 25 m |
| Sklon 12 % délka 102 m | Sklon 30 % délka 66 m |
| Sklon 15 % délka 36,8 m | Málo přilnavý povrch |
| Sklon 18 % délka 51 m | Připojení k testovacím drahám |

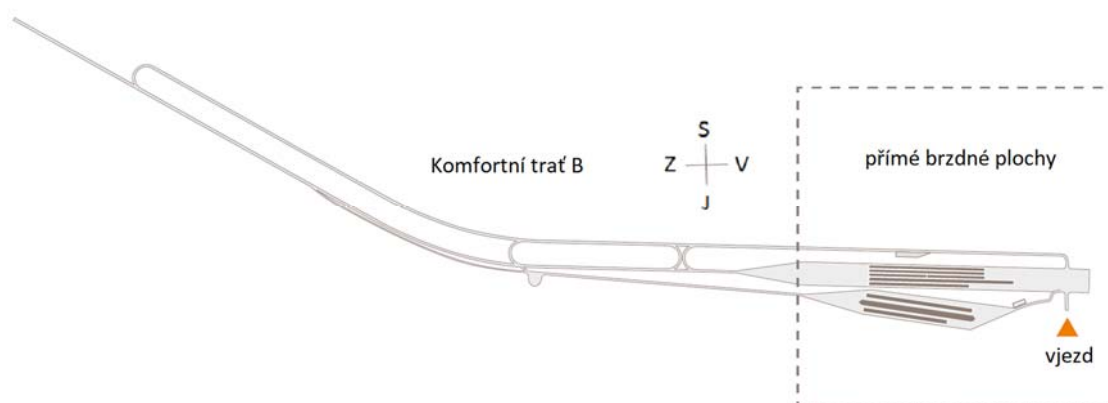


Obrázek 69 Testovací svahy [50]

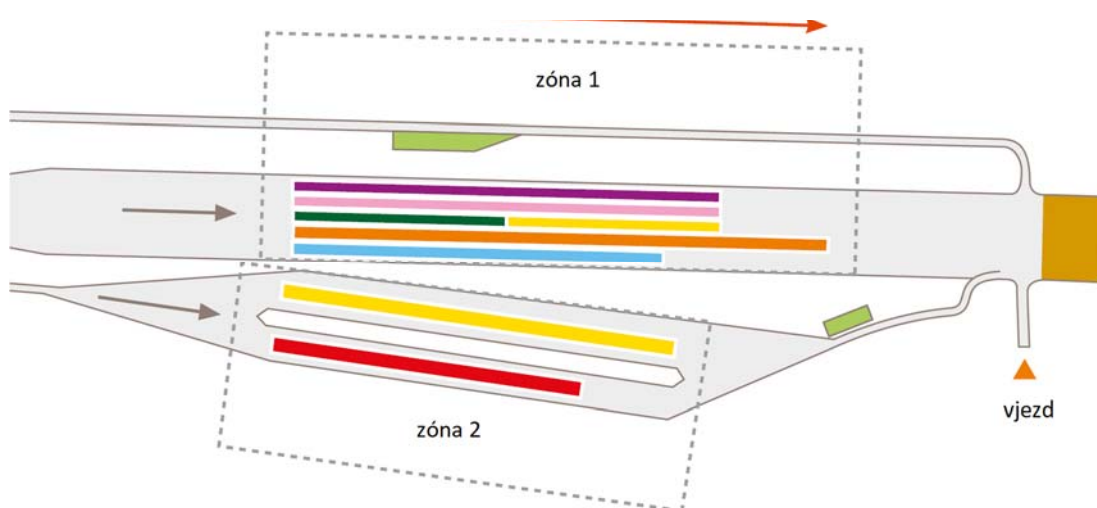


Obrázek 68 Detail testovacích svahů [50]

Přímé brzdné plochy



Obrázek 71 Brzdné plochy [50]



Obrázek 70 Brzdné plochy detail [50]

- Štěrková bezpečnostní plocha
- Parkoviště

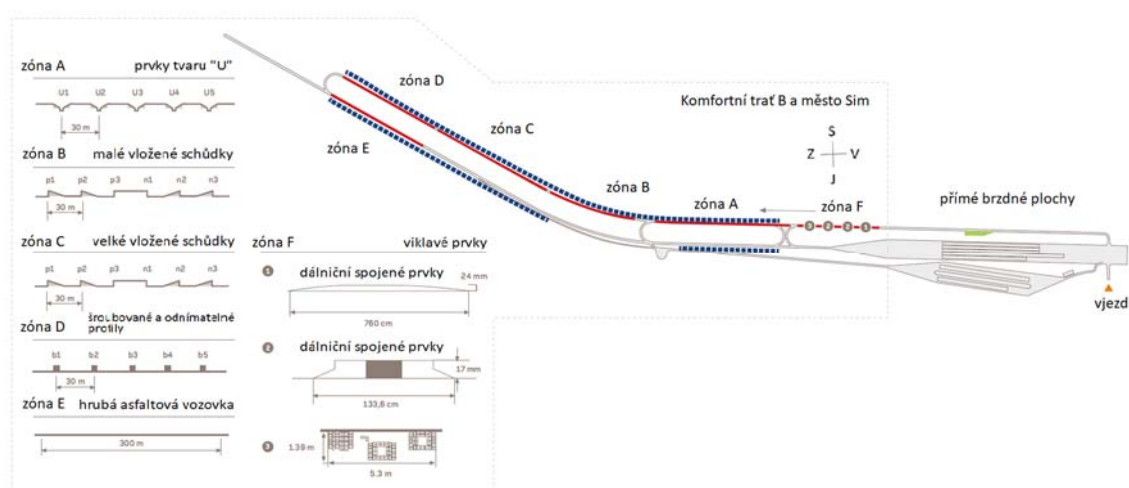
Povrchy zóny 1

- Beton
- Čedičové dlaždice
- Asfalt B
- Asfalt A
- Keramické dlaždice

Povrchy zóny 2

- Aquaplaning na rovině
- Asfalt A
- Odtoková plocha
- Suchý asfalt

Komfortní trať B a město Sim

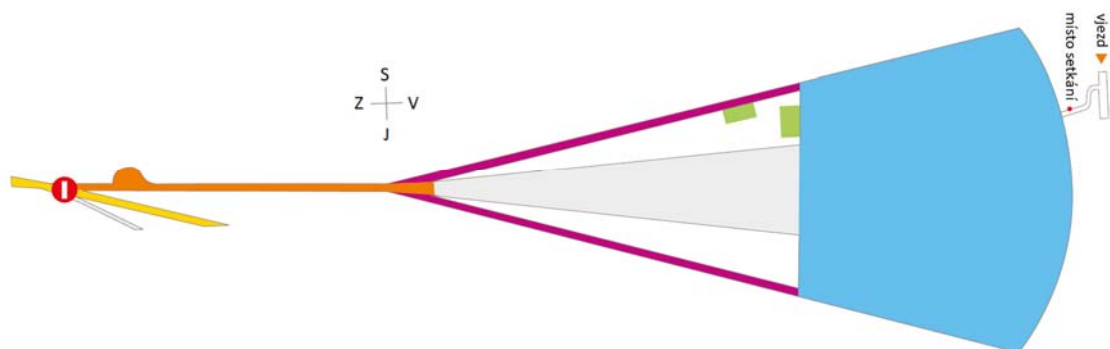


Obrázek 72 Komfortní trať [50]

- Komfortní trať
- Parkovité
- Oblast města Sim

Dynamická platforma B

Poloměr dynamické platformy je 300 m. Rozměry lichoběžníku jsou 400 m délka, 15 – 100 m šířka. Centrální akcelerační trať je dlouhá 300 m a široká 4 m. Tangenciální akcelerační trať je dlouhá 450 m a široká 4 m. Podélný a příčný sklon je roven 0%. [50]



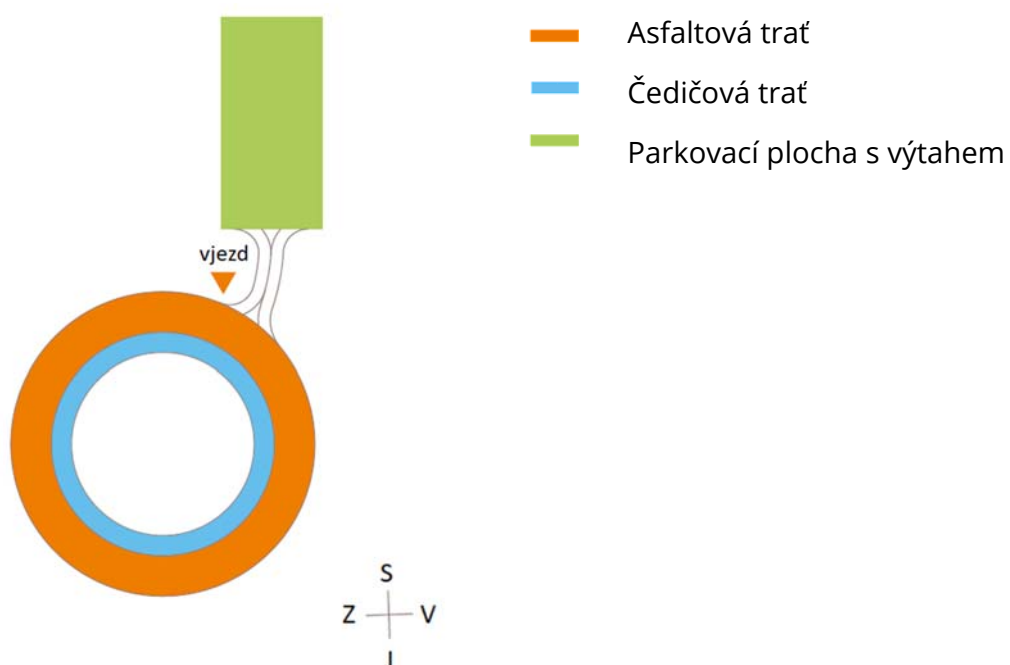
Obrázek 73 Dynamická platforma B [50]

- Dynamická platforma
- Lichoběžníková oblast
- Centrální přístup
- Tangenciální přístupy
- Přístup z hlavní silnice pouze s povolením vedoucího bezpečnosti
- Parkoviště

Mokrý kruh

Čedičový povrch s vnitřním poloměrem 22,5 m a vnějším poloměrem 27,5 m.

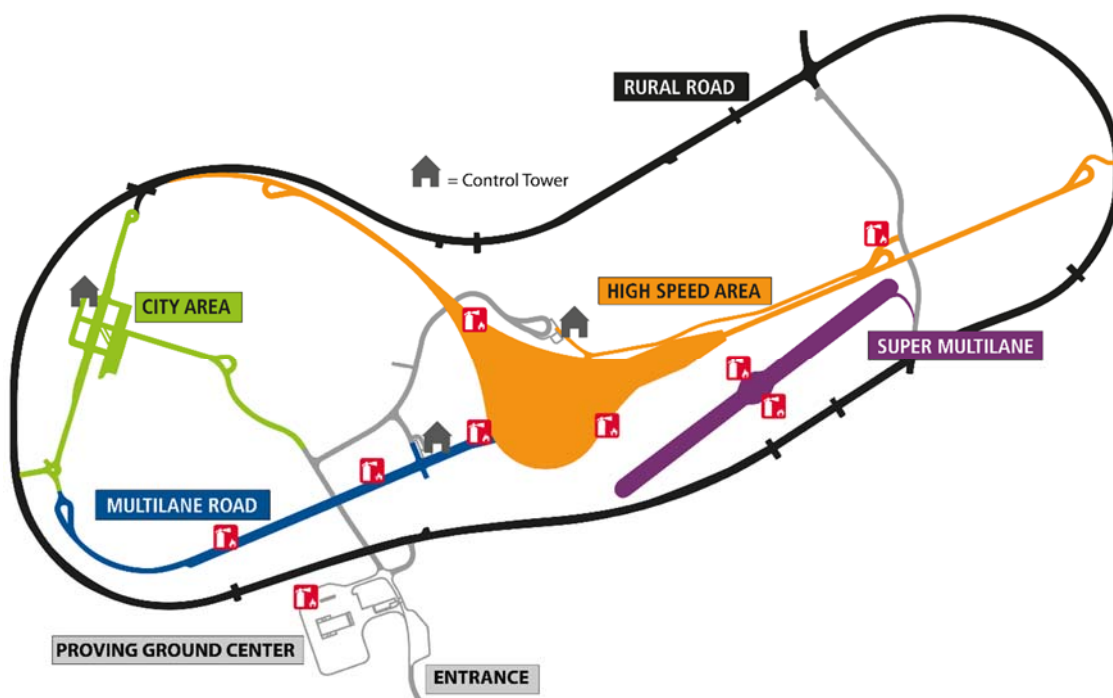
Asfaltový povrch s vnitřním poloměrem 27,5 m a vnějším poloměrem 37,5 m. [50]



Obrázek 74 Mokrý okruh [50]

5.1.8 ASTA ZERO

AstaZero je první nezávislé testovací středisko na světě zaměřené na autonomní bezpečnost silničního provozu. Testovací polygon umožňuje testovat pokročilé bezpečnostní systémy a jejich funkce pro všechny druhy provozu a dopravní situace. To umožňuje výzkum, vývoj a certifikaci budoucích autonomních systémů vozidel. Areál funguje jako mezinárodní prostředí otevřené pro výrobce automobilů, dodavatele, zákonodárce, univerzity a vysoké školy z celého světa. Název je kombinací ASTA Active Safety Test Area a Zero, což se týká vize švédského parlamentu o bezpečnosti silničního provozu, která má za cíl nulové ztráty na životech a vážně zraněných v provozu na pozemních komunikacích. [51]



Obrázek 75 Testovací polygon Asta Zero [51]

Široký vícepruh (Super Multilane)

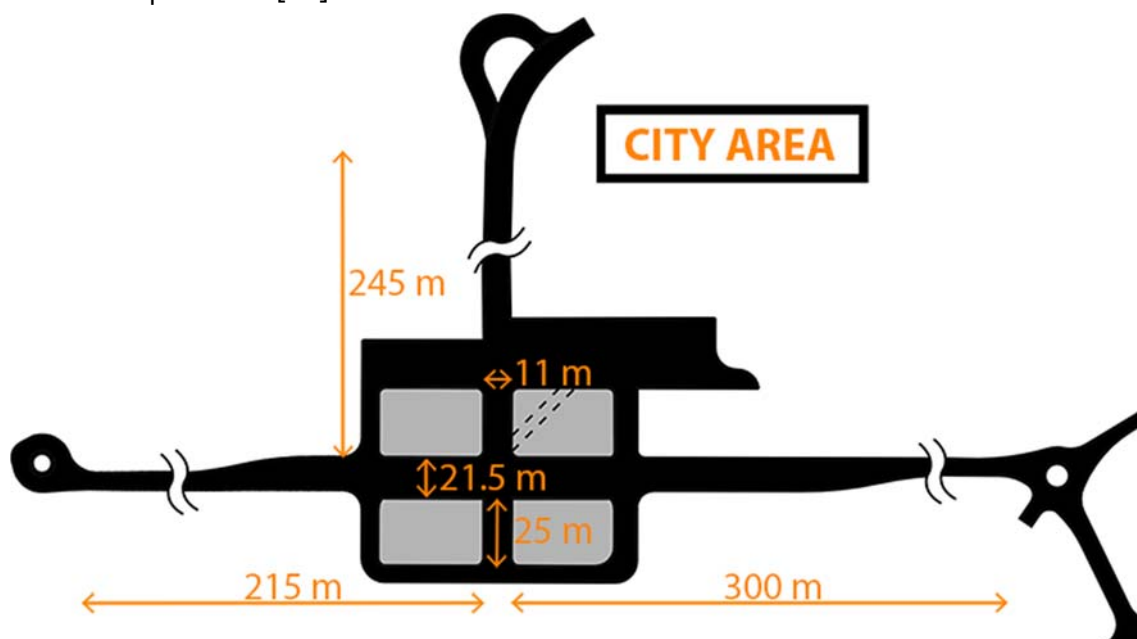
Délka je 700 m včetně příjezdové komunikace, šířka je rozdílná a to 15 m a 13 m. Uprostřed vícepruhového úseku je simulovaný příkop s šířkou 10 m. Účelem této části je poskytnout možnost testování "detekce krajíc vozovek". Je tedy možné vyjet ze silnice s nízkým rizikem nehody. Příkop je rovný s příčným sklonem 2 %. Uprostřed je navržené úrovňové křížení pro zkušební scénáře s protínající se dopravou, chodci, cyklisty nebo vozidly. Celková délka křižovatky je 60 m a šířka 30 m. Na trati je aktuálně určité množství vodorovného značení s možností přidání značení dočasného. Testovací trať poskytuje zázemí pro všechny testy Euro NCAP jako AEB systémy aktivní bezpečnosti. Kromě těchto hodnotových testů existují další možnosti, jak využít testovací úsek. Trať je dimenzována jak pro lehká, tak pro těžká nákladní vozidla. Konstrukce umožňuje dvěma nezávislým zkušebním týmům provádět testy ve stejnou dobu. [51]



Obrázek 76 Široký vícepruh [51]

Městské prostředí (City Area)

Městské prostředí se používá především pro testování schopnosti vozu komunikovat s okolní infrastrukturou, aby se zabránilo kolizím s městskou hromadnou dopravou, cyklisty, chodci nebo jinými lehce zranitelnými účastníky silničního provozu. [51]



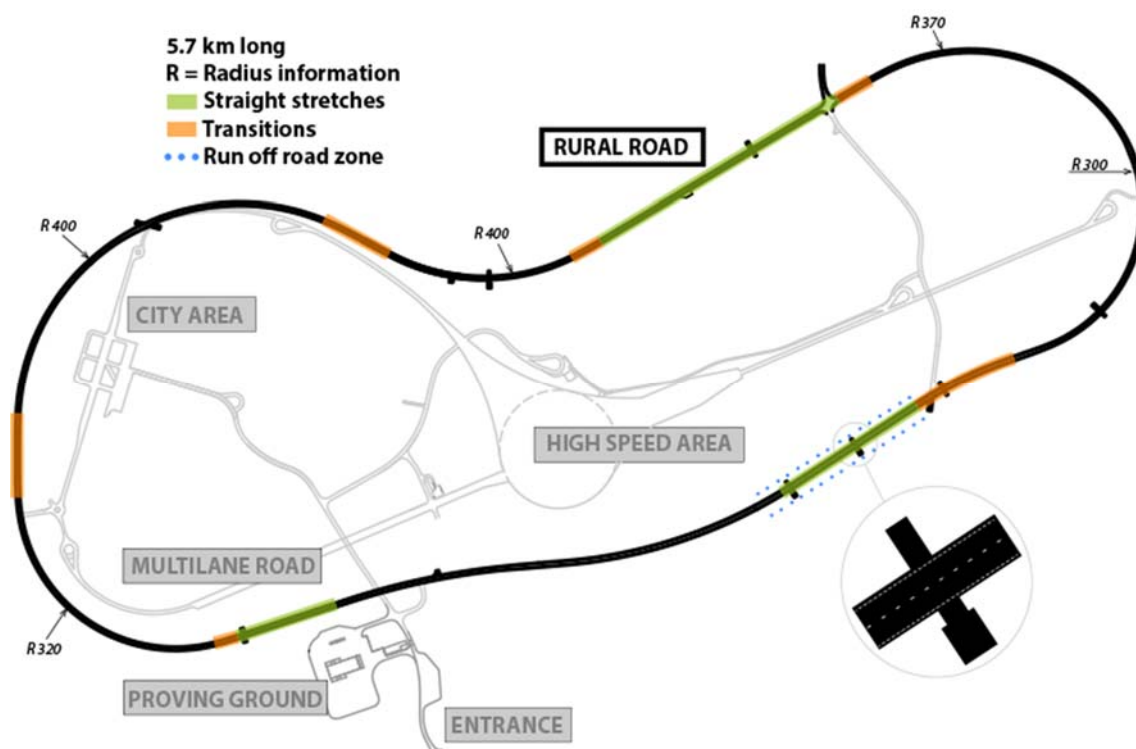
Obrázek 77 Městské prostředí [51]

Oblast města se skládá ze 4 bloků a zahrnuje řadu různých podoblastí, jako jsou městská centra s různými šířkami a uličkami, autobusovými zastávkami, chodníky, pouličním osvětlením a stavebními kulisami. Dále silniční systém s různými druhy zkušebních prostředí, jako jsou kruhové objezdy, styková křižovatka, točna a "laboratoř". Napojení na vedlejší komunikace se vyskytují na dvou místech. Oblast

města je založena na poměrně rovinném povrchu s kulisami, které napodobují budovy jak vizuálně, tak i technickými parametry pro snímání jednotlivými senzory jako jsou například radar, LiDAR apod. Oblast města je osvětlena veřejným osvětlením, které lze vypnout v kterýchkoli částech. [51]

Venkovská silnice (Rural road)

Okruh je speciálně navržen pro různé testy chování řidiče a je plná náhlých překážek současně s monotónním prostředím, které usnadňuje řidiči ztrátu koncentrace. [51]



Obrázek 78 Mimoměstský okruh [51]

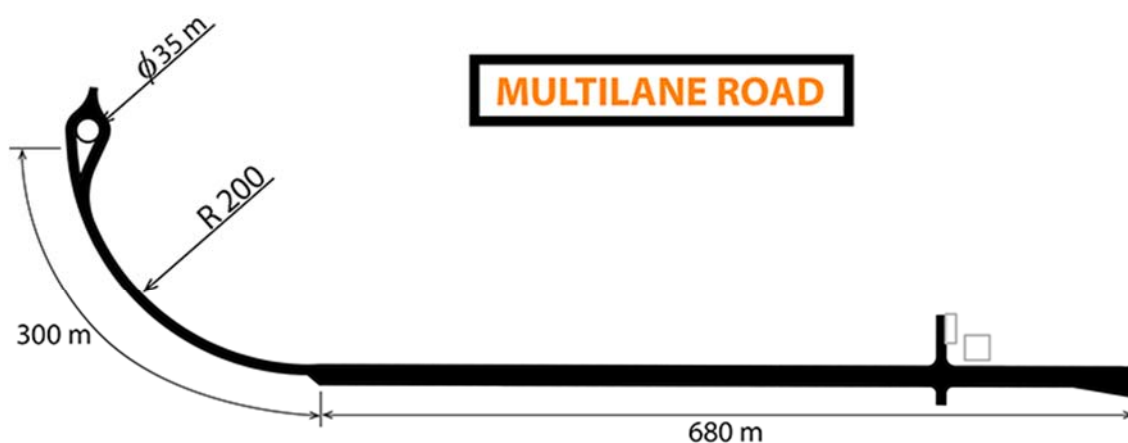
Okruh je dlouhý přibližně 5,7 km. Polovina je určena pro 70 km/h a druhá polovina pro 90 km/h. Na několika místech se v blízkosti trati rozšiřují křoviny nebo listnaté stromy, které umožňují skrýt překážky před právě projíždějícími zkušebními vozidly. K dispozici jsou také dvě styčné křižovatky a křižovatka, kterou bude možné na přání zákazníka libovolně upravit dle požadavků norem a předpisů odpovídající zemi investora. Maximální podélný sklon v úseku je 4,5 %, komunikace je navržena jako dvoupruhová obousměrná se čtyřmi inteligentními informačními tabulemi. [51]



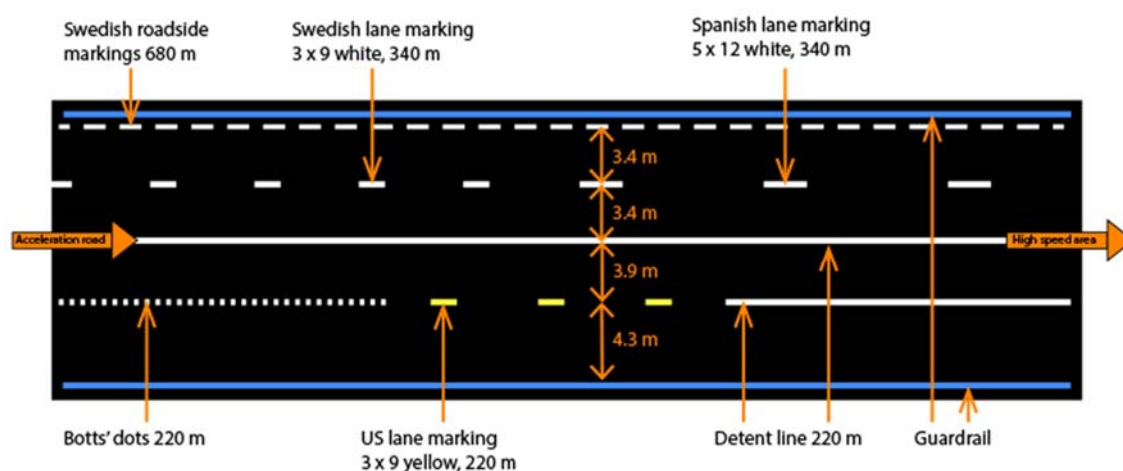
Obrázek 79 Mimoměstský okruh foto [51]

Vícepruhová trať (Multilane road)

Na trati lze testovat několik různých scénářů, jako jsou změny jízdních pruhů, různé kolizní scénáře a přechodové scénáře. [51]



Obrázek 80 Vícepruhová trať [51]



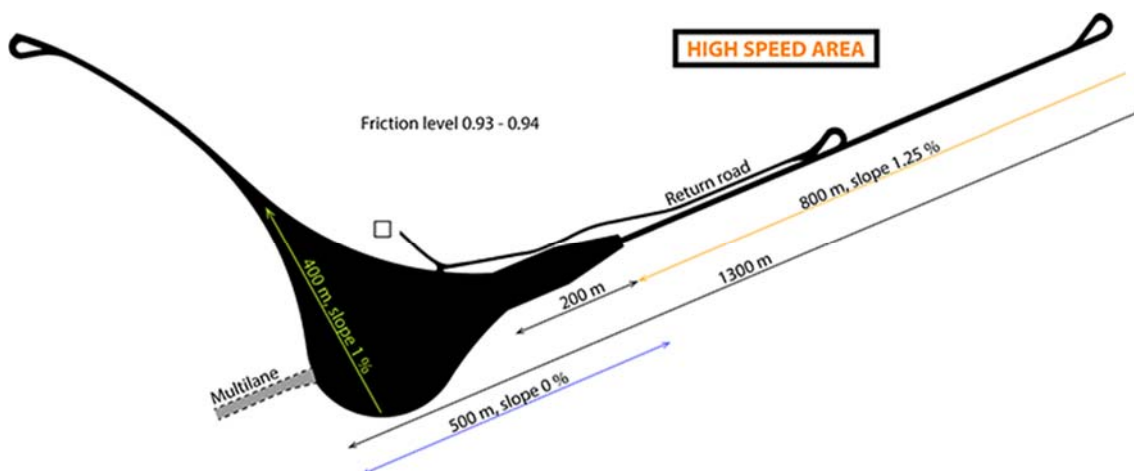
Obrázek 81 Detail vícepruhové trati [51]

Úsek s mezinárodní vodorovným dopravním značením má délku 700 m a je připojený k vysokorychlostnímu okruhu. Je možné změnit směr jízdy v různých jízdních pruzích, stejně jako vybudovat dočasnou centrální bariéru. Celá oblast je osvětlena běžným veřejným osvětlením. Osvětlení je navrženo ve čtyřech sekcích, které lze individuálně zapínat a vypínat tak, aby se snadno měnili změny mezi osvětleným a zatemněným prostředím. To umožní provádět testy simulující průjezd obcemi či nasvětlené přechody pro chodce. [51]



Obrázek 82 Fotografie vícepruvé trati [51]

Vysokorychlostní okruh (High Speed Area)



Obrázek 83 Vysokorychlostní okruh [51]

V oblasti vysokorychlostního provozu lze provést řadu různých testů vyhýbání se, včetně manévru při velmi vysokých rychlostech. Testy jsou možné díky komplexním znalostem technologie měření a polohování společnosti AstaZero. [51]

Vysokorychlostní oblast je spojena s vícepruhovou tratí (Multilane road) a skládá se z kruhu o průměru 240 m. Příčný sklon odpovídá 1 % a podélný sklon je zcela nulový. Platforma vysokorychlostního provozu má dvě komunikace pro zrychlení. Kromě dvou akceleračních silnic je také možné použít vícepolohovou silnici pro zrychlení, což znamená, že vozidla mohou vstoupit do oblasti vysokorychlostního provozu ze tří různých směrů. Povrch je asfaltový. [51]



Obrázek 84 Dynamická platforma [51]

Areál testovacího polygonu

Testovací polygon AstaZero se skládá z několika objektů, včetně recepce, návštěvnického centra, konferenčních místností, oddělených pracovních prostor pro návštěvníky. Kancelářské prostory jsou nabízeny s možností dlouhodobého i krátkodobého pronájmu. Prostorné garáže je možné využít také ke krátkodobému i dlouhodobému pronájmu a mohou být přizpůsobeny požadavkům každého zákazníka. Bezpečnost a ochrana soukromí jsou vysoce prioritní. [51]



Obrázek 85 Zazemí testovacího areálu Asta Zero [51]

5.1.9 APZ Automotive Proving Ground Zala Ltd.

Zalaegerszeg je jedinečné testovací centrum, která se zaměřuje na jízdu a jízdní stabilitu nejen konvenčních, ale i autonomních a elektrických vozidel. Jedná se tedy o moderní zkušební prostor zaměřený na aktuální a budoucí požadavky automobilového průmyslu. Tento projekt je podpořený Maďarskou vládou od roku 2016 a má za cíl pomoci posílit kapacity v oblasti výzkumu a vývoje. Výstavba celého areálu je rozdělena do tří etap a dokončení poslední etapy, která je určena inteligentním městským zónám a konektivité se uvažuje v roce 2022. [52]



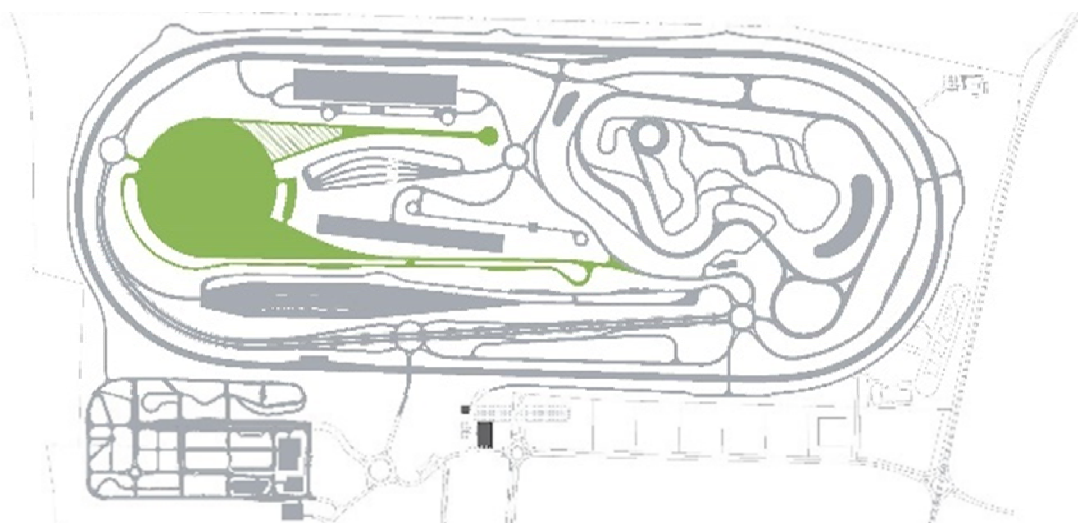
Obrázek 86 Testovací polygon APZ [52]

Prvky Tratě s fázemi výstavby



Obrázek 87 Fáze výstavby [52]

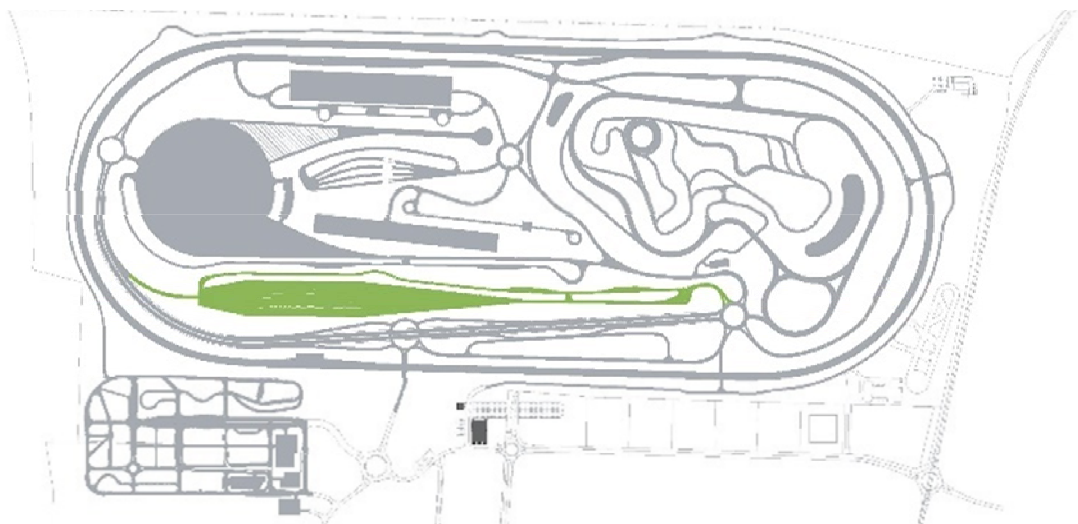
Dynamická platforma



Obrázek 88 Dynamická platforma [52]

Dynamická platforma je prostorný asfaltový povrch, který je vhodný pro provádění vysokorychlostních manévřů v bezpečném prostředí. Tato platforma je zkušebním místem pro testy stability, brzd a manipulaci ve vysokých rychlostech do 200 km/h. [52]

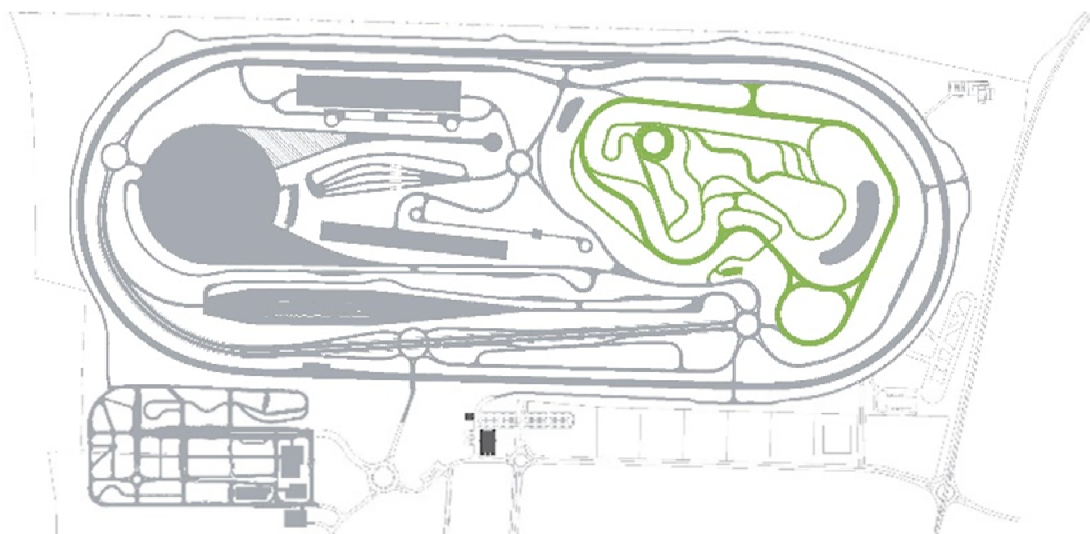
Brzdová plošina



Obrázek 89 Brzdová trať [52]

Brzdová plošina je navržena tak, aby mohla zajistit optimální prostředí pro zkoušky ABS, ATC a ESP s 8 různými typy povrchů a systémem zavlažování, který poskytuje bezpečné podmínky pro vysokorychlostní testování automobilů a nákladních automobilů. Modul je spojen s vnitřními komunikacemi na obou stranách, což umožňuje provádět vysokorychlostní testy. [52]

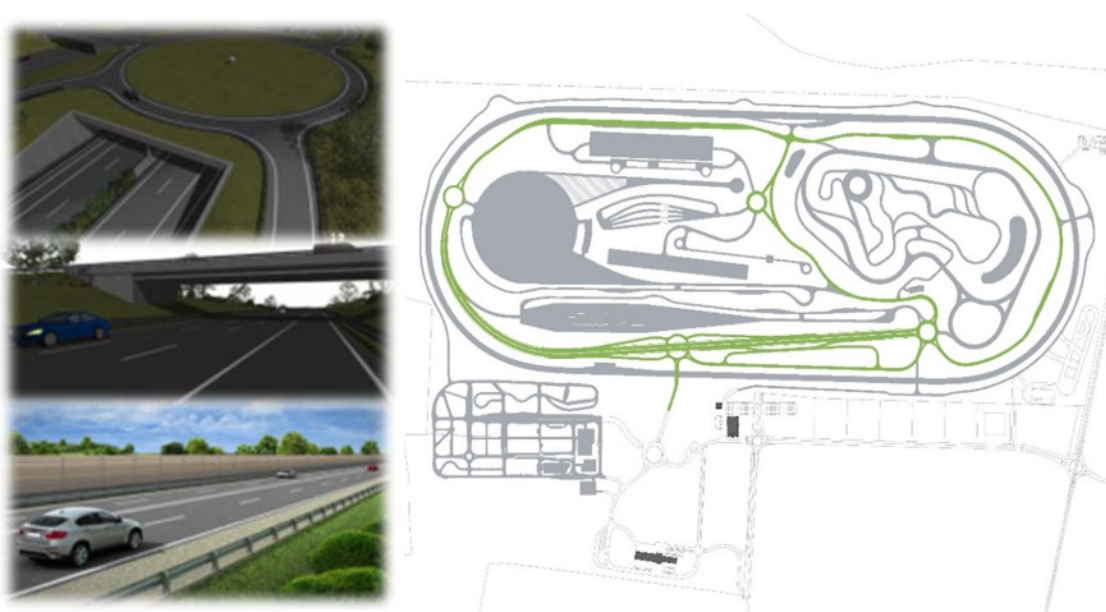
Manipulační dráha



Obrázek 90 Manipulační dráha [52]

Vysokorychlostní a nízkorychlostní manipulační okruhy jsou navrženy pro optimální testování ESP a dalších dynamických prvků vozidel. Zavlažovací systém je v určitých částech manipulačního okruhu. [52]

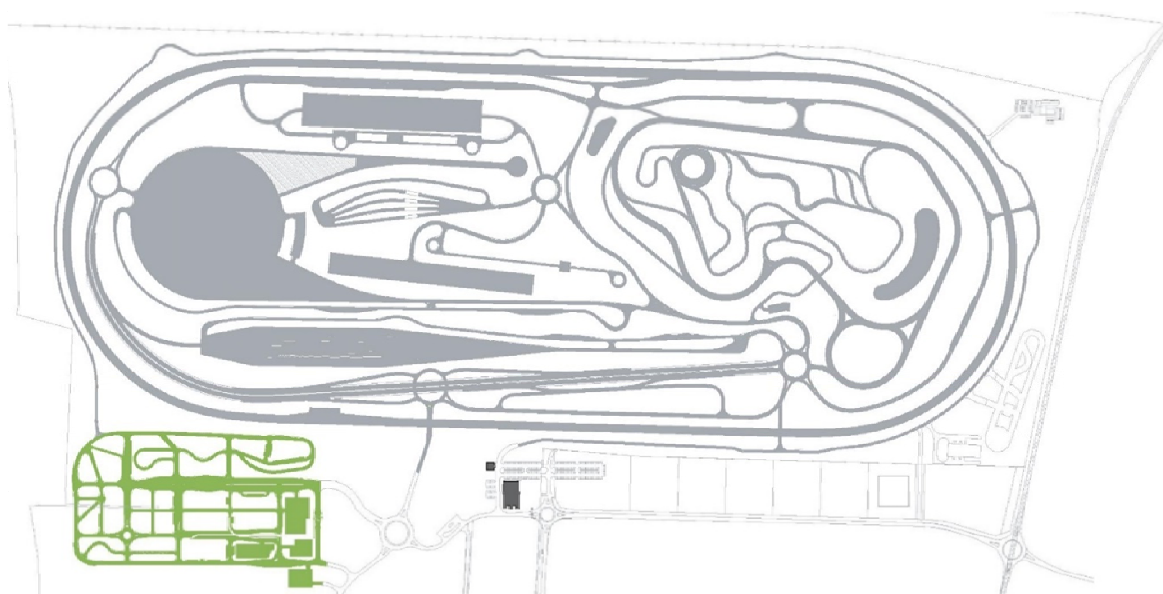
Vozovky - silnice, dálnice



Obrázek 91 Městský a meziměstský okruh s úrovňovými i mimoúrovňovými stavebními objekty [52]

Vnitřní komunikace s více úseky poskytují zkušební prostředí pro městské, meziměstské a rychlostní komunikace, které vyhovují standardům bezpečnosti silničního provozu. Tyto tratě umožňují provádět vysokorychlostní testy za reálných podmínek. V této části jsou navrženy různé typy objektů jako jsou například tunely, nadjezdy, okružní křižovatky, mimoúrovňové křižovatky ad. [52]

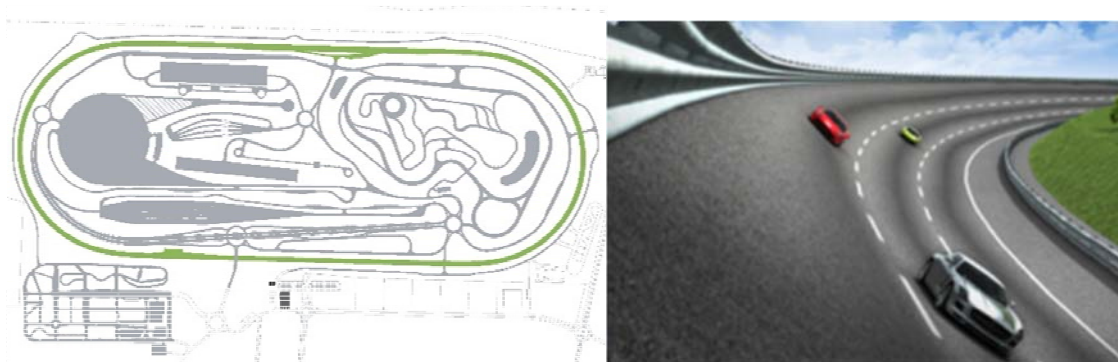
Intelligentní městská zóna I. – ulice



Obrázek 92 Intelligentní městská zóna I [52]

Intelligentní zóna je městská oblast, která poskytuje reálné podmínky provozu v uzavřeném prostoru. Obsahuje různé typy a druhy povrchů včetně dopravního značení. Různé typy budov a fasády jsou umístěny v celé testovací zóně. K dispozici jsou veškeré komunikační technologie jako jsou WiFi, mobilní technologie (testovací síť 5G) a inteligentní dopravní systémy. [52]

Vysokorychlostní ovál



Obrázek 93 Vysokorychlostní ovál [52]

Vysokorychlostní oválná trať umožňuje provádět testy v rychlostech přibližně 200 km/h. Vysokorychlostní ovál bude plně pokryt komunikačními technologiemi V2I. [52]

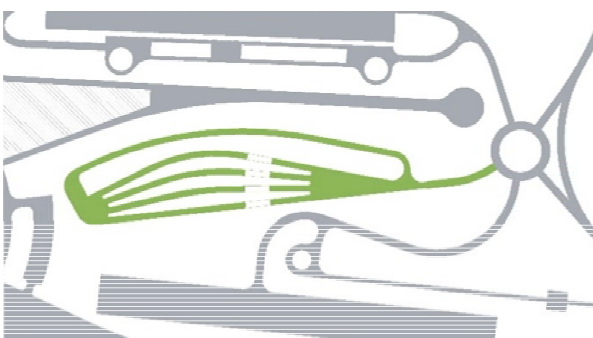
Porušené cesty



Obrázek 94 Komfortní a únavová trať [52]

Modul porušených komunikací má 8 definovaných ploch s maximální konstrukční rychlostí 50 km/h. [52]

Svahové tratě



Obrázek 95 Svahové tratě [52]

Různé svahy navržené s povrchy s vysokým a nízkým koeficientem tření a systémy zavlažování. [52]

Vodní nádrže



Obrázek 96 Vodní nádrže [52]

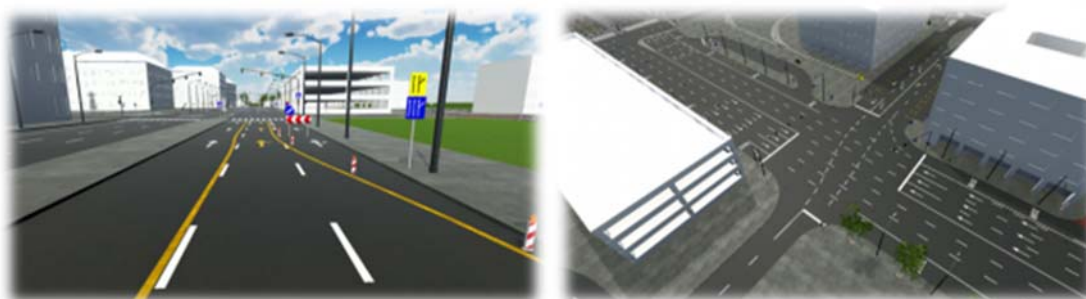
Mělké a hluboké vodní nádrže umožňují provádět zkoušky odolnosti proti vodě. [52]

Vývoj Inteligentních městských zón



Obrázek 97 Inteligentní městské zóny Zala [52]

Dopravní situace



Obrázek 98 Městské prostředí Zala APZ [52]

Speciální prvky



Obrázek 99 Křižovatky testovacího polygonu APZ [52]

6 VYUŽITÍ STÁVAJÍCÍCH LETIŠTNÍCH PLOCH PRO TESTOVÁNÍ

Využití stávajících letištních ploch je vhodné především pro testování systému autonomního nouzového brždění (AEB). Další funkcionality asistenčních systémů autonomního vozidla již vyžadují náročnější podmínky pro testování, a proto není vhodné se zaměřovat s dalším vývojem na stávající letištní plochy. Pro plnohodnotné testování autonomních vozidel bude nutné navrhnout specializovaný polygon. Testování systémů AEB není nijak náročné na sklonové či šířkové uspořádání, a proto všem podmínkám letištní plochy zcela vyhovují. Podmínky pro testování nastavilo nezávislé konsorcium EuroNCAP (European New Car Assessment Programme), pro které je testování AEB jednou z priorit. Zavedením těchto testů do portfolia společnosti se zasloužil především dnešní razantní vývoj asistenčních systémů a také nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 78/2009, které stanovilo požadavek na výbavu nových vozidel od 24. února roku 2011 o systémy, které detekují razantní brždění řidičem a podporují ho zvyšováním brzdného tlaku v brzdovém okruhu. Dalším významným krokem bylo nařízení (ES) č. 661/2009 ze dne 13. července 2009, které zavedlo od listopadu 2011 povinnost montovat do nových aut ESP, tedy elektronický stabilizační systém. V nadcházející časovém horizontu nebude dlouho trvat a začne se projednávat i povinné zavedení asistentů nouzového brždění (AEB). [53]

AEB je pokročilá bezpečnostní technologie, která může řidičům pomoci vyhnout se nebo snižovat srážky s jinými vozidly nebo zranitelnými účastníky silničního provozu.

Systémy AEB se v současné době dělí do třech kategorií, které popisují reakce systému na různé druhy překážek:

Městský

Aplikace brzd v situacích s nízkou rychlostí, kde může nastat kolize v městském prostředí, jako jsou například kongesce, nepozornost na křižovatkách nebo kruhových objezdech. [54]

Meziměstský

Použití brzd ve vysokých rychlostech, k předcházení kolizí v meziměstských podmínkách, jako jsou například srážky se zvěří, zhoršené povětrnostní na dálnicích a při nepozornosti. [54]

Pěší a lehce zranitelní účastníci provozu

Použití brzd v situacích, kdy dojde k neočekávanému vstupu chodce do vozovky. [54]

Letiště Hradčany u Mimoně

Jedním z často využívaných je letiště Hradčany u Mimoně, toto letiště již několik let slouží jako pozemní zkušební dráha pro mnoho systémů řízení vozidel. Její předností je především přerušený letecký provoz, díky němuž je možné areál využívat pro jiné aktivity. Aktuálně se krajské město Liberec zabývá možnostmi jeho dalšího využití například pro sportovní účely. Hlavní dráha je letiště je dlouhá 2700 m a 90 m široká. [55]



Obrázek 100 Letiště Hradčany u Mimoně [55]

Testování AEB systémů dle protokolu EURO NCAP

Cílové vozidlo Euro NCAP (EVT)

Testy se provádí pomocí vozu Euro NCAP Target V1 (EVT). Model EVT replikuje vizuální, radarové, LIDARové atributy typického osobního vozidla a je ovlivnitelný při diferenciálních rychlostech do 50 km/h bez poškození testovaného vozidla nebo EVT. [55]



Obrázek 101 Cílové vozidlo (EVT) [55]

Cílové vozidlo (EVT) je navrženo pro práci s následujícími typy snímačů:

- Radar (24 a 77 GHz)
- LIDAR
- Fotoaparát
- Optický senzor (PMD) (*Photonic Mixing Device*)

Zkušební podmínky

Testovací trať

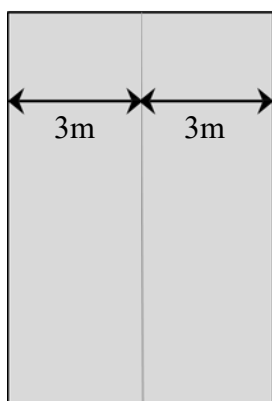
Testy je nutné provést na suchém povrchu (bez viditelné vlhkosti) na cementobetonové nebo asfaltové ploše s konzistentním příčným a podélným sklonem mezi hodnotami 0% a 1%. Zkušební plocha musí odpovídat hodnotě smykového tření 0,9. Povrch nesmí obsahovat žádné nepravidelnosti (např. velké spáry nebo praskliny, kryty šachet nebo reflexní knoflíky), které mohou způsobit abnormální měření senzorů v boční vzdálenosti 3,0 m na obě strany zkušební dráhy a s podélnou vzdáleností 30 m před testovaným vozidlem při ukončení testu. Přítomnost vodorovného dopravního značení jízdních pruhů je povolena. Zkoušky však mohou být prováděny pouze v oblasti, kde vodorovné dopravní značení jízdního pruhu je shodné s testovacími podmínkami. [55]

Povětrnostní podmínky

Zkoušky je možné provádět pouze v suchých podmínkách při okolní teplotě nad 5°C a do 40°C. Nesmí se snižovat viditelnost v závislosti na zvýšené klimatické vlhkosti. Vodorovná viditelnost v úrovni povrchu vozovky musí být větší než 1 km. Rychlost větru musí být nižší než 10 m/s, aby se minimalizovala porucha EVT a testovacího vozidla. Osvětlení přírodního prostředí pro denní zkoušky musí být v testovací oblasti větší než 2000 luxů bez silných stínů. [55]

Okolí

Na zkušebním povrchu nesmí být žádná další vozidla, překážky, jiné předměty nebo osoby, které by mohly způsobit abnormální měření senzorů v boční vzdálenosti 3,0 m na obě strany testovací dráhy a v podélné vzdálenosti 30 m. Zkušební oblasti, kde musí testovací vozidlo projet pod nadzemními informačními tabulemi, mosty, portály nebo jiné významné konstrukce, nejsou povoleny. [55]



Obrázek 102 Šířkové uspořádání dle EURO NCAP [55]

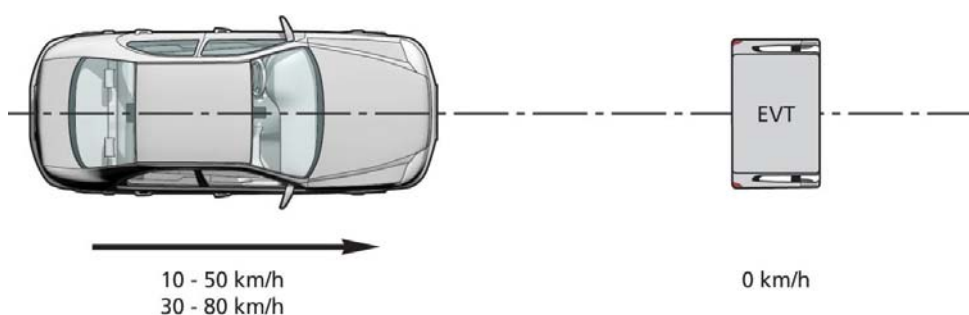
Testovací scénáře

Výkonnost systému AEB na testovacím vozidle je posuzována ve scénářích CCRs, CCRm a CCRb, jak je znázorněno na obrázcích níže. Pro účely testování předpokládáte přímkovou trasu rovnající se osově dráze, ve které došlo ke kolizi, tzv. Zkušební dráhy. Ovládejte testovací vozidlo pomocí vstupů řidiče nebo pomocí alternativních řídicích systémů, které mohou modulovat ovládací prvky vozidla podle potřeby pro provádění testů. [55]

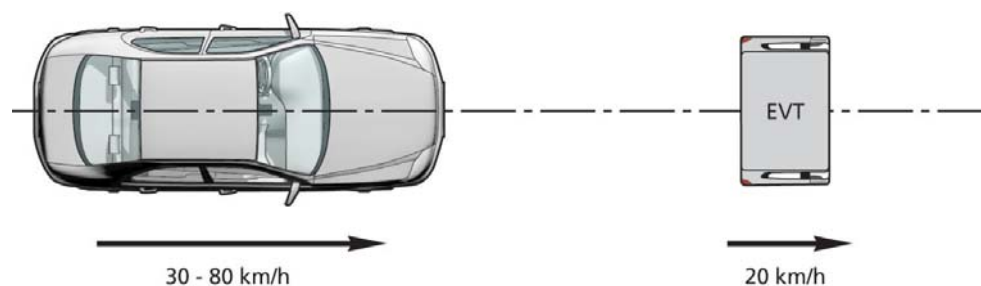
Car-to-Car Rear Stationary (CCRs) – kolize, ve které vozidlo směřuje dopředu směrem k jinému stacionárnímu vozidlu a čelní konstrukce vozidla zasahuje do zadní konstrukce druhého. [55]

Car-to-Car Rear Moving (CCRm) – kolize, ve které se vozidlo pohybuje dopředu směrem k jinému vozidlu, které se pohybuje konstantní rychlostí, a čelní konstrukce vozidla narazí na zadní konstrukci druhého vozidla. [55]

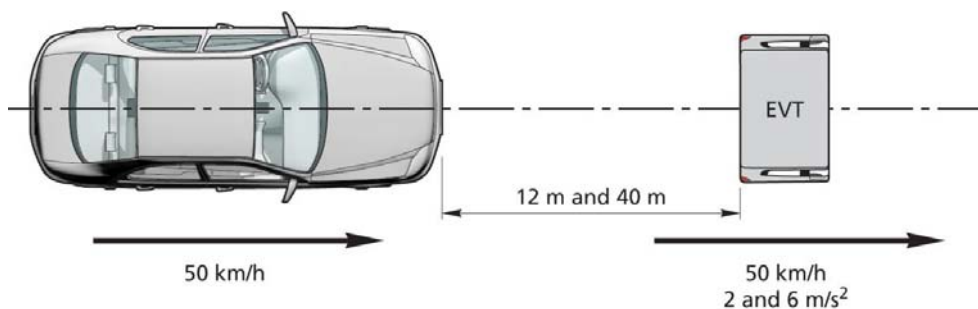
Car-to-Car Rear Braking (CCRb) – kolize, ve které se vozidlo pohybuje dopředu směrem k jinému vozidlu, které se pohybuje konstantní rychlostí a pak zpomaluje, a čelní konstrukce vozidla narazí na zadní konstrukci druhého vozidla. [55]



Obrázek 104 Testovací scénář CCRs [55]



Obrázek 103 Testovací scénář CCRm [55]



Obrázek 105 Testovací scénář CCRb [55]

Zkoušky CCRs a CCRm budou prováděny se zrychlením po 5 km/h nebo 10 km/h v rozsahu rychlostí uvedených v tabulkách níže. [55]

CCRs				
	AEB + FCW kombinace		pouze AEB	pouze FCW
	AEB	FCW		
AEB Městský	10-50 km/h	-	10-50 km/h	-
AEB Meziměstský	-	30-80 km/h	30-80 km/h	30-80 km/h

CCRM				
	AEB + FCW kombinace		pouze AEB	pouze FCW
	AEB	FCW		
AEB Meziměstský	30-70 km/h	50-80 km/h	30-80 km/h	50-80 km/h

Forward Collision Warning (FCW) – audiovizuální varování, které je vozidlem automaticky poskytováno v reakci na zjištění pravděpodobné kolize, která upozorní řidiče. [55]

Testy CCRb se budou provádět s pevnou rychlostí 50 km/h pro testované vozidlo i EVT se všemi kombinacemi zpomalení 2 a 6 m/s² a vzdáleností 12 a 40 m. [55]

CCRb			
		AEB+FCW kombinace, pouze AEB a pouze FCW	
		2 m/s ²	6 m/s ²
AEB Meziměstský	12m	50 km/h	50 km/h
	40m	50 km/h	50 km/h

Požadované zpomalení EVT musí být dosaženo během 1,0 sekundy a nesmí se měnit o více než $\pm 0,25 \text{ m/s}^2$ požadované úrovně v kterémkoli okamžiku až do konce zkoušky. [55]

7 ZÁVĚR

Výstupem této diplomové práce je shrnutí a popis nejvýznamnějších světových testovacích polygonů, které se zabývají problematikou testování pokročilých autonomních systémů a konektivity s okolním prostředím a dopravní infrastrukturou. Byly zde vyjmenovány základní pokročilé systémy, veškeré typy konektivity a inteligentní kooperativní dopravní systémy (C-ITS), včetně mezinárodního projektu C-ROADS, do kterého je Česká republika spolu s Rakouskem a Německem úzce zapojena a klade si za cíl harmonizaci a spolupráci při zavádění systémů C-ITS ve státech střední Evropy. Jsou zde shrnuty a popsány tři světově nejpoužívanější rozdělení jednotlivých úrovní autonomního řízení od třech nezávislých výzkumných ústavů a asociací. Dále je popsán současný stav české legislativy s ohledem na danou problematiku a změny, které je nutné zavést pro testování a nasazení plně autonomních vozidel na pozemních komunikacích v ČR.

Další částí bylo navázání kontaktu s jednotlivými testovacími institucemi za pomoci anonymního dotazníku, který je přílohou této práce, avšak bez jediné odezvy a zpětné vazby. Žádná z institucí totiž neposkytne informace a vlastní know-how, aby podpořila výstavbu konkurenčního polygonu. Z tohoto důvodu jsem byl odkázán na úzký kruh veřejných informačních zdrojů.

Chtěl bych na základě získaných informací také zmínit, že při samotném návrhu testovacího polygonu zaměřeného na výzkum a vývoj vozidel s autonomním řízením, bude nutné provést rozsáhlou analýzu aktuálních řídicích systémů a jejich kritické hranice funkčnosti. To nám pomůže získat povědomí o nutných návrhových parametrech pro budoucí testovací prostředí. Také by bylo vhodné navázat spolupráci s nezávislým konsorciem Euro NCAP, které provádí široké spektrum testů hodnocení bezpečnosti vozidel, což by přineslo další potřebné podněty pro samotný návrh. V neposlední řadě bych zmínil výrobce automobilů a budoucí klienty, kteří by se na samotném návrhu měli také podílet.

Součástí práce bylo zhodnocení, zda je výhodné využívat stávajících letištních ploch pro testování nebo návrh výstavby specializovaných polygonů. S touto problematikou jsem se obrátil na společnost IDIADA, která vlastní dva rozsáhlé testovací polygony ve Španělsku a Číně. Na základě rozhovoru a získaných informací, které jsou v této práci zmíněny je výhodnější návrh specializovaných polygonů, jelikož stávající letištní plochy umožňují testovat pouze úzké spektrum pokročilých autonomních systému.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ABS	protiblokovací systém
ACC	adaptivní tempomat
ADAS	pokročilé asistenční systémy řidiče
AEB	automatické nouzové brždění
ATC	Aldenhoven testovací centrum
AŽD	automatizace železniční dopravy
BAS	systém asistence při brždění
BSD	kontrola slepého pozorovacího úhlu
CCRB	scénář kolize, ve které se vozidlo pohybuje dopředu směrem k jinému vozidlu
CCRM	scénář kolize, ve které se vozidlo pohybuje dopředu směrem k jinému vozidlu
CCRs	scénář kolize, ve které vozidlo směřuje dopředu
CEF	nástroje pro propojení Evropy
CERAM	výzkumné centrum aplikované na mobilitu
C-ITS	kooperativní inteligentní dopravní systémy
CMS	systém zmírňování kolizí
ČR	Česká Republika
ČVUT	české vysoké učení technické
DBS	dynamická podpora brzd
DSC	elektronická regulace jízdní stability
DSRC	určená komunikace krátkého dosahu
ES	Evropská společnost
ESP	elektronický stabilizační program
EVT	Cílové vozidlo Euro NCAP
FCW	audiovizuální varování
GNSS	globální družicový navigační systém
GVT	3D model vozidla pro testování autonomních brzdných systémů
IOT	internet věcí
ISO	mezinárodní organizace pro normalizaci
ITS	inteligentní dopravní systémy
LCA	asistent při změně jízdního pruhu

LDW	upozornění na vybočení z jízdního pruhu
LiDAR	světelná detekce a zaměřování
LKAS	varování při vybočení z jízdního pruhu
LRR	radar s dlouhým dosahem
MRR	radar se středním dosahem
MRR	radarový snímač střední vzdálenosti
MRR	radarový senzor středního dosahu
NCAP	Evropský program pro hodnocení nových vozů
NHTSA	Americká vnitrostátní správa bezpečnosti silničního provozu
NTC	Nardó technické centrum
NVH	hluk, vibrace, hrubost
PMD	optický senzor
RaDAR	rádiové rozpoznávání a zaměřování
ŘSD	ředitelství silnic a dálnic
SAE	společnost automobilových inženýrů
SRR	radar s krátkým dosahem
SŽDC	správa železniční dopravní cesty
TEQMO	inovační centrum pro testování a výzkum autonomních vozidel
UTAC	Technická unie pro automobilový průmysl, motocykly a jízdní kola
V2C	vozidlo s cloudovou službou
V2I	vozidlo s infrastrukturou
V2P	vozidlo s chodci
V2V	vozidlo s vozidlem
V2X	vozidlo se vším okolo
VDA	Německé sdružení automobilového průmyslu
VRU	ochrana lehce zranitelných účastníků provozu
WiFi	bezdrátová komunikace v počítačových sítích

9 LITERATURA

- [1] Ministerstvo dopravy. VIZE ROZVOJE AUTONOMNÍ MOBILITY. In: Czechspaceportal [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: http://www.czechspaceportal.cz/files/files/ITS_new/Ostatn%C3%AD/Vize%20rozvoje%20autonomn%C3%AD%20mobility.pdf
- [2] Cesta k plné automatizaci v řízení. In: Skoda-kariera [online]. 27.9.2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.skoda-kariera.cz/blog/2018-09-27-cesta-k-plne-automatizaci-rizeni>
- [3] Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles: J3016™. In: <https://wiki.unece.org/> [online]. 2016 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: https://wiki.unece.org/download/attachments/40009763/%28ITS_AD-10-08%29%20SAE_J3016_Taxonomy%20and%20Definitions%20for%20Terms%20Related%20to%20Driving%20Automation%20Systems.pdf?api=v2
- [4] NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION, NHTSA. Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles. In: Nhtsa [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: https://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated_Vehicles_Policy.pdf
- [5] NHTSA. Levels of driving automation. In: GreATERauckland [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.greATERauckland.org.nz/2015/10/13/the-ministry-of-transport-and-driverless-cars/levels-of-vehicle-automation-identified-by-nhtsa/>
- [6] VDA. Automation From Driver Assistance Systems to Automated Driving. In: VDA[online]. 2015 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.vda.de/dam/vda/publications/2015/automation.pdf>
- [7] NHTSA. Evaluation of Adaptive CruiseControl Interface RequirementsOn the National Advanced DrivingSimulator. In: Nhtsa [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/812172-evaladaptvcruisecontrlintrfcrequiremntnads.pdf>
- [8] Automatic Emergency Braking Systems (AEBS). In: Unece [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2009/wp29grrf/AEBS-LDW-01-06e.pdf>
- [9] KIA. AEB. In: Blogmedia.dealerfire [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://blogmedia.dealerfire.com/wp-content/uploads/sites/216/2015/12/kia-autonomous-emergency-braking.jpg>

- [10] Reichardt, E. ACC stop & go simulation and visualization [online]. In: . Technische Universiteit Eindhoven, 2007 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://pure.tue.nl/ws/files/4409797/658310.pdf>
- [11] BOSCH. Lane Departure Warning. In: Bosch-mobility-solutions [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driver-assistance-systems/lane-departure-warning/>
- [12] BOSCH. Lane Change Assistant. In: Bosch-mobility-solutions [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driver-assistance-systems/lane-change-assist/>
- [13] What is Brake Assist. In: Lifewire [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/what-is-emergency-brake-assist-534810>
- [14] PERINTIS eJournal. Current Collision Mitigation Technologies for Advanced Driver Assistance Systems – A Survey. In: Researchgate [online]. 2016 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/311981545_Current_Collision_Mitigation_Technologies_for_Advanced_Driver_Assistance_Systems_-_A_Survey
- [15] BOSCH. Blind Spot Detection. In: Bosch-mobility-solutions [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driver-assistance-systems/side-view-assist/>
- [16] Jeff Aherne. ADAS to Autonomous: Night Vision. In: Blog.carandus [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://blog.carandus.com/2018/01/adas-autonomous-night-vision/>
- [17] Detekce únavy řidiče. In: Adas.upol [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://www.adas.upol.cz/system-unava.html>
- [18] Vehicle to infrastructure (V2I or v2i). In: Whatis.techtarget [online]. 2017 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://whatis.techtarget.com/definition/vehicle-to-infrastructure-V2I-or-V2X>
- [19] Vehicle-to-Infrastructure (V2I) Resources. In: Its.dot [online]. 2017 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.its.dot.gov/v2i/>
- [20] NHTSA. What is V2V communication. In: Nhtsa [online]. 2017 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/vehicle-vehicle-communication#32071>

- [21] Connected Vehicle Cloud Platforms. In: Abiresearch [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.abiresearch.com/market-research/product/1022093-connected-vehicle-cloud-platforms/>
- [22] Vehicle-to-Pedestrian (V2P) Communications for Safety. In: Its.dot [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: https://www.its.dot.gov/research_archives/safety/v2p_comm_safety.htm
- [23] Siemens. Vehicle-to-X (V2X) communication technology. In: Mobility.siemens [online]. 2015 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/en/road-solutions/urban/trends/siemens-vehicle-to-x-communication-technology-infographic.pdf>
- [24] 3 ZF Connected Mobility. In: News.cision [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://news.cision.com/zf/i/3-zf-connected-mobility,c2439812>
- [25] Datově propojená vozidla (C-ITS). In: Czechspaceportal [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/its---inteligentni-dopravni-systemy/oblasti-rozvoje-its/datove-propojena-vozidla-c-its/>
- [26] Testované lokality. In: C-roads [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://c-roads.cz/c-roads/testovane-lokality/>
- [27] High-Precision GPS for Autonomous Vehicles. In: Novatel [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.novatel.com/industries/autonomous-vehicles/#technology>
- [28] BOSCH. Long Range Radar Senzor. In: Bosch-mobility-solutions [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driver-assistance-systems/left-turn-assist/long-range-radar-sensor/>
- [29] BOSCH. Mid range radar senzor. In: Bosch-mobility-solutions [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: [https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driver-assistance-systems/predictive-emergency-braking-system/mid-range-radar-sensor-\(mrr\)/](https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driver-assistance-systems/predictive-emergency-braking-system/mid-range-radar-sensor-(mrr)/)
- [30] GNSS - Global Navigation Satellite System. In: Czechspaceportal [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/>
- [31] Martin HORÁK. Roboauto – silniční vozidlo bez řidiče. In: Dspace5.zcu [online]. 2017 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z:

https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/26916/1/Horak_Martin_bakalarska_prace.pdf

- [32] Velodyne LiDAR. How LiDAR Technology Enables Autonomous Cars to Operate Safely. In: Velodynelidar [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://velodynelidar.com/newsroom/how-lidar-technology-enables-autonomous-cars-to-operate-safely/>
- [33] BOSCH. Ultrasonic senzor. In: Bosch-mobility-solutions [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driver-assistance-systems/construction-zone-assist/ultrasonic-sensor/>
- [34] TRANSPORT AND COMMUNICATIONS: Convention on Road Traffic Vienna, 8 November 1968. In: Treaties.un [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: https://treaties.un.org/Pages/ViewDetailsIII.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XI-B-19&chapter=11&Temp=mtdsg3&lang=en
- [35] ÚMLUVA O SILNIČNÍM PROVOZU (Vídeň 1968) [online]. In: . [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: http://www.autoskolamorava.cz/soubory/videnska_umluva_cz.pdf
- [36] Gesley, J. Germany: Road Regulations Amended to Allow Autonomous Vehicles. In: Loc [online]. 2016 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://www.loc.gov/law/foreign-news/article/germany-road-regulations-amended-to-allow-autonomous-vehicles/>
- [37] Novela zákona č. 361/2000 Sb. zákonem č. 193/2018 Sb.,. In: Cspsd [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: https://www.cspsd.cz/storage/files/novela_361_193_2018.pdf
- [38] Accolade. Accolade připravuje testovací polygon pro autonomní auta u Stříbra. In: Accolade [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://accolade.eu/aktuality/92/accolade-pripravuje-testovaci-polygon-pro-autonomni-auta-u-striba>
- [39] Rocbinda. Rocbinda™. In: Rocbinda [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://rocbinda.com/jpproducts/highways/>
- [40] Rocbinda - bezpečnostní povrch se zvýšenou drsností. In: Udrzbasilnic [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://udrzbasilnic.cz/sluzby/rocbinda-barevne-povrchy-vozovek>
- [41] Ford. Bumpy Commute? Try Our Road to Hell!. In: Social.ford [online]. 2016 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://social.ford.co.uk/bumpy-commute-try-our-road-to-hell/>

- [42] Zachary Ho. Ford Creates Driving Hell. In: Autoworld [online]. 2016 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://autoworld.com.my/news/2016/04/08/ford-creates-driving-hell/>
- [43] Fowlerville Proving Ground. In: Ftt-a [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://ftt-a.com/>
- [44] Proving grounds. In: Utacceram [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.utacceram.com/proving-grounds>
- [45] Projekt TEQMO®. In: Utacceram [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.utacceram.com/teqmo>
- [46] Nardó Technical Center. In: Porscheengineering [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://www.porscheengineering.com/nardo/en/services/testing/testtracksandfacilities/>
- [47] ATC - Aldenhoven Testing Center. In: Atc-aldenhoven [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.atc-aldenhoven.de/de/strecken.html>
- [48] BOSCH Boxberg Proving ground. In: Bosch-mobility-solutions [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/mobility-services/proving-grounds/proving-ground-boxberg/>
- [49] BOSCH Juvincourt Proving ground. In: Bosch-mobility-solutions [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/mobility-services/proving-grounds/proving-ground-juvincourt/>
- [50] Test tracks Spain. In: Applusidiada [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: https://www.applusidiada.com/en/service/test_tracks-1328274864265?selectedtrack=1328274861238#testtrack
- [51] Asta Zero proving ground. In: Astazero [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://www.astazero.com/>
- [52] APZ Automotive Proving Ground Zala Ltd. In: Zalazone [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://zalazone.hu/en/track-vision/track-elements/>
- [53] Asistent nouzového brzdění nezbytností. In: Uamk [online]. 2018 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://www.uamk.cz/garaz/75-autostyl/autostyl-garaz/2168-uamk-asistent-nouzoveho-brzdeni-nezbytnosti>
- [54] AUTONOMOUS EMERGENCY BRAKING (AEB). In: Stopthecrash [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://www.stopthecrash.org/aeb/>

- [55] Bc. Patrik Zíta. Simulation of AEB system testing. In: Dspace.cvut [online]. 2017 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/73267/F2-DP-2017-Zita-Patrik-Final_thesis_Patrik_v2.pdf?sequence=1#page=38&zoom=100,0,496
- [55] Euro NCAP. TEST PROTOCOL – AEB systems. In: Cdn.euroncap [online]. 2015 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <https://cdn.euroncap.com/media/17719/euro-ncap-aeb-test-protocol-v11.pdf>
- [56] NATRAX: Testbed of automotive tech. In: Autocarpro [online]. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://www.autocarpro.in/feature/natrax-testbed-automotive-tech-29120>

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Úrovně automatizace podle NHTSA [5]	15
Obrázek 2 Úrovně automatizace VDA [6]	16
Obrázek 3 Automatické nouzové brždění [9]	17
Obrázek 4 Upozornění na vybočení z jízdního pruhu [11]	18
Obrázek 5 Asistent při změně jízdního pruhu [12]	19
Obrázek 6 Kontrola slepého pozorovacího úhlu [15]	20
Obrázek 7 Noční vidění [16]	20
Obrázek 8 C-ITS [24]	23
Obrázek 9 Testované lokality projektu C-ROADS Czech Republic [26]	24
Obrázek 10 Technologie ADAS [27]	25
Obrázek 11 Technologie LiDAR [32]	27
Obrázek 12 Ultrazvukový senzor [33]	27
Obrázek 13 Výrobci automotive v Evropě [38]	32
Obrázek 14 Sinová únavová trať	33
Obrázek 15 Platforma pro testování brzd	33
Obrázek 16 Povrch Rocbinda [39]	34
Obrázek 17 Brzdná dráha vozidla [40]	34
Obrázek 18 Testovací areál Lommel [41]	35
Obrázek 19 Lommel testovací povrch [41]	35
Obrázek 20 Cestovací polygon Fowlerville	36
Obrázek 21 Testovací polygony Mortefontaine a Linas-Montlhéry [44]	39
Obrázek 22 Návrh projektu TEQMO® [45]	41
Obrázek 23 Testovací polygon Nardó [46]	41
Obrázek 24 Vysokorychlostní okruh [46]	42
Obrázek 25 Manipulační dráha [46]	42
Obrázek 26 Dynamická platforma [46]	43
Obrázek 27 Hluková trať [46]	43
Obrázek 28 Speciální povrchy [46]	44
Obrázek 29 Off-road okruh [46]	44
Obrázek 30 Africký okruh [46]	44
Obrázek 31 Testovací polygon ATC Aldenhoven [47]	45
Obrázek 32 Oválný okruh ATC [47]	46
Obrázek 33 Hrubá dráha [47]	46
Obrázek 34 Dynamická platforma [47]	47
Obrázek 35 Sklonová oblast [47]	47
Obrázek 36 Městské prostředí [47]	48
Obrázek 37 Multifunkční prostor [47]	48
Obrázek 38 Křižovatky [47]	49
Obrázek 39 Parkoviště [47]	49
Obrázek 40 Dálniční úsek [47]	50
Obrázek 41 Testování brzdového systému [47]	50
Obrázek 42 ATC Aldenhoven - areál pro testování autonomních funkcí [47]	51
Obrázek 43 Testovací polygon BOSCH Boxberg [48]	51
Obrázek 44 Vysokorychlostní okruh Boxberg [48]	52

Obrázek 45 Dynamická platforma Boxberg [48]	52
Obrázek 46 Testování brzd Boxberg [48]	53
Obrázek 47 Manipulační okruh [48]	53
Obrázek 48 Multifunkční plocha [48]	54
Obrázek 49 Komfortní a únavová trať [48]	54
Obrázek 50 Testovací rampy [48]	54
Obrázek 51 Testovací polygon BOSCH Juvincourt [49]	55
Obrázek 52 Manipulační okruh [49]	55
Obrázek 53 Areál Juvoncourt [49]	56
Obrázek 54 Testovací svahy [49]	56
Obrázek 55 Trať hluku a vibrací [49]	57
Obrázek 56 Úsek s různými typy povrchů [49]	57
Obrázek 57 Kilometrový úsek [49]	58
Obrázek 58 Pevná překážka [49]	58
Obrázek 59 Zavlažovaná dráha [49]	59
Obrázek 60 Komfortní a únavová trať [49]	59
Obrázek 61 Testovací polygon IDIADA Španělsko [50]	60
Obrázek 62 Hlavní trať [50]	60
Obrázek 63 Vysokorychlostní úsek [50]	61
Obrázek 64 Únavová trať [50]	62
Obrázek 65 Komfortní trať [50]	62
Obrázek 66 Dynamická platforma [50]	63
Obrázek 67 Manipulační okruh a dynamická platforma [50]	63
Obrázek 68 Detail testovacích svahů [50]	64
Obrázek 69 Testovací svahy [50]	64
Obrázek 70 Brzdné plochy detail [50]	65
Obrázek 71 Brzdné plochy [50]	65
Obrázek 72 Komfortní trať [50]	66
Obrázek 73 Dynamická platforma B [50]	66
Obrázek 74 Mokrý okruh [50]	67
Obrázek 75 Testovací polygon Asta Zero [51]	68
Obrázek 76 Široký vícepruh [51]	69
Obrázek 77 Městské prostředí [51]	69
Obrázek 78 Mimoměstský okruh [51]	70
Obrázek 79 Mimoměstský okruh foto [51]	71
Obrázek 80 Vícepruhová trať [51]	71
Obrázek 81 Detail vícepruhové trati [51]	71
Obrázek 82 Fotografie vícepruhové trati [51]	72
Obrázek 83 Vysokorychlostní okruh [51]	72
Obrázek 84 Dynamická platforma [51]	73
Obrázek 85 Zazemí testovacího areálu Asta Zero [51]	73
Obrázek 86 Testovací polygon APZ [52]	74
Obrázek 87 Fáze výstavby [52]	74
Obrázek 88 Dynamická platforma [52]	75
Obrázek 89 Brzdová trať [52]	75
Obrázek 90 Manipulační dráha [52]	76

Obrázek 91 Městský a meziměstský okruh s úrovněnými i mimoúrovňovými stavebními objekty [52]	76
Obrázek 92 Inteligentní městská zóna I [52]	77
Obrázek 93 Vysokorychlostní ovál [52]	77
Obrázek 94 Komfortní a únavová trať [52]	78
Obrázek 95 Svahové tratě [52]	78
Obrázek 96 Vodní nádrže [52]	78
Obrázek 97 Inteligentní městské zóny Zala [52]	79
Obrázek 98 Městské prostředí Zala APZ [52]	79
Obrázek 99 Křižovatky testovacího polygonu APZ [52]	79
Obrázek 100 Letiště Hradčany u Mimoně [55]	81
Obrázek 101 Cílové vozidlo (EVT) [55]	81
Obrázek 102 Šířkové uspořádání dle EURO NCAP [55]	82
Obrázek 103 Testovací scénář CCRm [55]	83
Obrázek 104 Testovací scénář CCRs [55]	83
Obrázek 105 Testovací scénář CCRb [55]	84

11 PŘÍLOHY

11.1 Průvodní dopis dotazníku

Předmět: Výzkum problematiky spojené s testováním autonomních vozidel

Vážený pane Nováku, (Vážení kolegové)
dovolte mi, abych se Vám představil. Jmenuji se Tomáš Trhlík, jsem studentem Stavební fakulty Vysokého učení technického v Brně, obor Konstrukce a dopravní stavby. Součástí ukončení mého studia je diplomová práce, jejíž téma zní „Návrhové podmínky pro polygon specializovaný na autonomní vozidla“ (Design conditions for a polygon specializing in autonomous vehicles).

Chtěl bych Vás tímto požádat o malou spolupráci na mém projektu diplomové práce. Výsledky tohoto dotazníku mohou být dokumentem pro pochopení problematiky spojené s testováním autonomních vozidel a sloužit jako podklad k dalšímu výzkumu ministerstva dopravy ČR a vysokého učení technického v Brně.

Veškerá data budou zpracována anonymně, výsledky budou zveřejněny jako celek, nikdy ve spojení s danou institucí či konkrétní osobou. V případě vašeho zájmu Vám zašlu závěrečnou zprávu o výzkumu.

Vaše stanoviska jsou pro mě velice důležitá a značně napomohou ke zpracování mé závěrečné práce.

Prosím o zaslání vyplněného dotazníku do 30.11.2018.

Velmi si vážím Vaší spolupráce a předem děkuji za vyplnění.

S úctou
Bc. Tomáš Trhlík
Ústav pozemních komunikací
Fakulta stavební
VUT v Brně
Veveří 331/95
602 00 Brno
E-mail: tomas.trhlik@vut.cz

Dear Sir or Madam

My name is Tomáš Trhlík and I am a graduate student in Constructions and Traffic Structures programme at the Faculty of Civil Engineering at Brno University of Technology. I am presently conducting research entitled "Design conditions for a polygon specializing in autonomous vehicles".

I am writing you this email as I am in the process of gathering data through the survey that will be used in the research. I am kindly inviting you to participate in the research study by completing the attached survey. The data collected will provide useful information related to testing of autonomous vehicles and serve as a basis for further studies conducted by the Ministry of Transport of the Czech Republic and Brno University of Technology.

Kindly note that all information will remain confidential. This the data will be presented only on an aggregated basis and no information about contributors on an individual basis will be disclosed. If you would like to receive the executive summary results of the research please email me at the email address provided below.

Please be informed that the survey needs to be completed before November 30, 2018.

I highly appreciate your cooperation and support in this particular research endeavour.

Thank you in advance for the time taken and response submitted.

Sincerely,

Bc. Tomáš Trhlík

Ústav pozemních komunikací
Fakulta stavební
VUT v Brně
Veveří 331/95
602 00 Brno

E-mail: tomas.trhlik@vut.cz

11.2 Dotazník k tématu diplomové práce

Název práce: Návrhové podmínky pro polygon specializovaný na autonomní vozidla
Title of thesis: Design conditions for a polygon specializing in autonomous vehicles

- 1) Jaké typy a druhy vozidel umožňuje testovat váš polygon?
 - (a) Vozidla se spalovacími motory.
 - (i) Osobní vozidla.
 - (ii) Nákladní vozidla.
 - (iii) Motocykly.
 - (iv) Osobní vozidla s alternativním způsobem pohonu.
 - (b) Jiné, prosím doplňte.
- 2) Na jaké ploše se rozkládá váš testovací polygon a jakou plochu zastává servis a zázemí?
- 3) Z jakých součástí se váš polygon skládá.
- 4) Je polygon nějak specializován na autonomní vozidla? Pokud ano, jakými jednotlivými prvky.
- 5) Jak rozsáhlá je komunikační infrastruktura a jaké dopravní systémy využíváte pro testování komunikace s vozidly?
- 6) Jakými návrhovými parametry či technickými předpisy se řídíte při návrhu jednotlivých testovacích úseků, urbanistických celků a infrastruktury?
- 7) Jakými technologiemi a povrchy jste schopni simulovat povětrnostní podmínky?
- 8) Z jakých materiálů a směsí navrhujete jednotlivé povrchy vozovek, zpevněných a nezpevněných ploch?
- 9) Jaké druhy stavebních objektů, jako jsou např. tunely, mosty, ad., obsahuje váš testovací polygon a jakými normami jste se řídili jejich při návrhu?
- 10) Jsou součástí vašeho polygonu vodní plochy či toky, případně jakým způsobem pracujete s tímto živlem?
- 11) Jakým způsobem hospodaříte s vodou, kterou spotřebováváte na provoz polygonu? Je recyklována?
- 12) Je Váš polygon otevřen pro testování všem společnostem nebo je určen jen pro určitý okruh klientů?
- 13) Které funkčnosti ADAS (advanced driver assistance systems) a autonomního řízení se u vás testují?

SURVEY TO THE TOPIC OF „DESIGN CONDITIONS FOR A POLYGON SPECIALIZING IN AUTONOMOUS VEHICLES“

Název práce : Návrhové podmínky pro polygon specializovaný na autonomní vozidla

Title of the thesis: Design conditions for a polygon specialized in autonomous vehicles

1. What types of vehicles can be tested in your proving ground (polygon) construction?
 - (a) Internal combustion engine vehicles i.
 - (i) Passenger cars.
 - (ii) Trucks.
 - (iii) Motorcycles.
 - (iv) Passenger cars with alternative propulsion systems.
 - (b) Other. Please specify: _____
- 2) What area is covered by the proving ground? What area is covered by the operations and maintenance area?
- 3) From which parts is the proving ground composed?
- 4) Is the proving ground somehow specialized on testing autonomous vehicles? If so, in which way?
- 5) How extensive is the communication infrastructure and what transport systems do you use for the communication with vehicles?
- 6) What design conditions and specifications or technical regulations and standards do you implement while designing testing sections, urbanistic units and infrastructure?
- 7) What simulation software, technology and surfaces are you able to use to simulate weather conditions?
- 8) What materials and mixtures are used on different road, paved and unpaved surfaces?
- 9) What types of building and nonbuilding structures are part of the proving ground? What technical regulations and standards were used while building them?
- 10) Is there any type of water surface in the polygon? How is the water element included?
- 11) How does water management (operational water withdrawal and water consumption) of polygon work? Is water reclaimed after?
- 12) Is the proving ground open to any client or only to a certain group of clients?
- 13) Which ADAS features (Advanced Driver-Assistance Systems) and autonomous driving features are tested in the polygon?