

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Potenciál rozvoje autonomních vozidel s dopadem na mobilitu

David Kroulík

Bakalářská práce
2020

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **David Kroulík**
Osobní číslo: **D17584**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní management, marketing a logistika**
Téma práce: **Potenciál rozvoje autonomních vozidel s dopadem na mobilitu**
Zadávací katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

Zásady pro vypracování

Úvod

1. Současný stav oblasti autonomní mobility
 2. Kritický pohled na potenciál, perspektivy a vize uplatnění autonomní mobility
 3. Zhodnocení vývoje a návrh opatření k eliminaci překážek pro rozvoj a uplatnění autonomní mobility
- Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **40-50 stran**
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucí/ho**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

dle pokynů vedoucí/ho práce

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ivo Drahotský, Ph.D.**
Katedra dopravního managementu, marketingu
a logistiky

Datum zadání bakalářské práce: **31. října 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. července 2020**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jaroslava Hyršlová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 10. července 2020

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 27. 7. 2020

David Kroulík

Rád bych poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Ivu Drahotskému, Ph.D., za vstřícný přístup, poskytnuté materiály, ochotu a cenné rady při zpracovávání bakalářské práce.

ANOTACE

Práce se zaměřuje na postupný vývoj, budoucnost a vize v oblasti autonomní mobility. Řeší stránku technologickou, popisuje jednotlivé úrovně autonomních vozidel. Zabývá se také eliminací překážek pro rozvoj autonomní mobility.

KLÍČOVÁ SLOVA

doprava, autonomní mobilita, dopravní politika, alternativní pohony, budoucnost dopravy

TITLE

Development potential of the autonomous vehicles affecting the mobility.

ANNOTATION

The thesis focuses on the progressive evolution, future and vision in the area of the autonomous mobility. It describes technological aspect and single levels of the autonomous vehicles. The author also deals with the elimination of hindrance to development of the autonomous mobility.

KEYWORDS

transport, autonomous mobility, transport policy, alternative propulsion, future transportation

OBSAH

ÚVOD	9
1 SOUČASNÝ STAV V OBLASTI AUTONOMNÍ MOBILITY	10
1.1 Historie a vývoj autonomní mobility	10
1.2 Platforma pro autonomní vozidla.....	12
1.3 Úrovně automatizace.....	12
1.4 Testování autonomních vozidel	14
1.4.1 Testovací polygon u Sokolova	14
1.4.2 Testovací polygon u Stříbra	15
1.4.3 Testovací úseky v ČR.....	15
1.5 Přínosy zavádění autonomní dopravy	16
1.6 Úskalí zavádění autonomní dopravy	17
1.7 Dopravní a komunikační síť.....	17
1.8 Nezbytné vozidlové technologie a systémy	18
1.9 Autonomní autobusy	19
1.10 Autonomní nákladní vozidla	21
1.11 Autonomní motocykly	22
1.12 Nehody autonomních vozidel	22
1.13 Použité metody.....	23
2 KRITICKÝ POHLED NA POTENCIÁL, PERSPEKTIVY A VIZE UPLATNĚNÍ AUTONOMNÍ MOBILITY.....	25
2.1 Překážky pro uplatnění autonomní mobility	25
2.2 Postupný vývoj.....	26
2.3 Současná úroveň autonomní mobility	26
2.4 Uplatnění plně autonomní mobility (5. stupeň)	27
2.5 Neautonomní jízda	28
2.6 Vize autonomní mobility.....	29
2.7 Waymo	30
2.8 Mercedes	30
2.9 Tesla.....	30
2.10 Volvo.....	31
2.11 Omezení ekonomiky z důvodu koronakrize – dopad na vývoj, budoucnost.....	31
2.12 Vazba autonomní mobility na elektromobilitu.....	32

2.12.1	Elektrická síť	32
2.12.2	Časové hledisko	34
2.13	Doprava v klidu.....	34
2.14	Sdílení autonomních vozidel.....	36
2.15	Emise, životní prostředí	36
2.16	Shrnutí.....	37
3	ZHODNOCENÍ VÝVOJE A NÁVRH OPATŘENÍ K ELIMINACI PŘEKÁŽEK PRO ROZVOJ A UPLATNĚNÍ AUTONOMNÍ MOBILITY	39
3.1	Informovanost veřejnosti	39
3.2	Výzkum a vývoj.....	39
3.3	Opatření v úrovni technických překážek.....	40
3.3.1	Síť silnic	40
3.3.2	Značení (vodorovné, svislé).....	40
3.3.3	Mapové pokrytí	42
3.3.4	Datová síť.....	42
3.3.5	Řízení provozu	42
3.3.6	Návrh parkování.....	44
3.3.7	Návrh dobíjení.....	45
3.4	Opatření v úrovni společenských překážek.....	46
3.5	Opatření v úrovni legislativních překážek	47
3.6	Shrnutí.....	47
3.7	Dopravní politika České republiky pro období 2021-2027 s výhledem do roku 2050	48
	ZÁVĚR	50
	POUŽITÁ LITERATURA.....	52
	SEZNAM OBRÁZKŮ	55
	SEZNAM ZKRATEK.....	56

ÚVOD

Pojem doprava provází lidstvo už po tisíciletí. Snažíme se ji vylepšovat a rozvíjet. Dalším velkým krokem ve vývoji může být doprava autonomní. Tento typ dopravy se v posledních letech k běžným občanům dostává stále ve větší míře. Může za to větší zainteresovanost jednotlivých výrobců vozidel, kteří chtějí začít dodávat automobily schopné alespoň částečně automatizované jízdy. Tyto systémy (asistent brzdění, udržování v jízdním pruhu, detekce mrtvého úhlu atd.) jsou stále vylepšovány a jednou by v budoucnosti mohly vést až k nejvyššímu stupni automatizace, kde by zcela zaniknul pojem řidič a celá posádka by byla pouhými cestujícími bez absolutní nutnosti zásahu do řízení vozidla. Již dnes umí moderní vozidla sama zaparkovat či vyparkovat. Autonomní vozidla by také zvýšila plynulost a bezpečnost dopravy. V současné situaci je stále mnoho překážek k zavádění a rozvoji autonomní mobility. Mezi ně se řadí překážky technické, společenské a v neposlední řadě překážky legislativní. Poslední zmíněná oblast je z dnešního pohledu největším problémem rozvoje autonomních vozidel.

Cílem této práce je na základě analýzy jednotlivých faktorů ovlivňující rozvoj autonomní mobility navrhnout opatření, která by vedla ke zlepšení rozvoje a uplatnění autonomní dopravy.

1 SOUČASNÝ STAV V OBLASTI AUTONOMNÍ MOBILITY

Pojem autonomní mobility je v poslední době velmi často skloňován. Nelze ho však chápat pouze v oblasti soukromé osobní dopravy (např.: osobní automobily Tesla). Je třeba se zaměřit i na nákladní dopravu, městskou hromadnou dopravu (Toyota e-Palette pro LOH v Tokiu, či návrh varianty bezobslužného metra linky D v Praze atd.). Setkáváme se ale i s názory, že naše společnost nebude nikdy schopna dosáhnout nejvyššího stupně autonomní mobility.

Podle Vize rozvoje autonomní mobility (2017) je nutné na autonomní mobilitu nahlížet z různých pohledů, a ne pouze jako na technologie autonomního řízení. Dále Vize rozvoje autonomní mobility (2017) dodává, že je žádoucí zkoumat tuto problematiku také z hlediska provázanosti dopravního systému jak na úrovni mezinárodní, regionální, městské a v některých případech i přeshraniční regionální úrovni. Také sděluje, že dopravní problematice je nejvíce nutné se věnovat ve městech a aglomeracích, kde jsou nároky na dopravu největší, ale žádoucí je také zlepšení dopravní infrastruktury v odlehlých obcích a málo osídlených oblastech. Z důvodu stárnutí populace (podle prognóz výrazně naroste podíl obyvatel ve věku nad 70 let) je také důležité přemýšlet nad budoucností, která seniorům dodá odpovídající úroveň mobility a zajistí kvalitní život, totéž mohou vyžadovat také osoby se sníženou schopností pohybu a orientace, doplňuje Vize autonomní mobility (2017).

Pojem autonomie popisuje stav, kdy je určitý subjekt schopen samostatného rozhodování nebo fungování bez zásahu okolí.

1.1 Historie a vývoj autonomní mobility

Německý Spolkový výzkumný ústav silniční sítě (BASt) (akční plán, 2019, s.5) definuje autonomní vozidlo takto: „Vozidlo je samo řízeno bez lidského dozoru, přičemž při poruše účinnosti automatizovaných funkcí se samočinně přepne do režimu, který je pro posádku autonomního vozidla a okolní účastníky silničního provozu nejméně rizikový.“

Počátky autonomní mobility nejsou zcela přesně časově vymezitelné. Za první autonomní vozidlo, tak jak ho známe dnes, by se dal považovat podle Víta (2020) upravený Mercedes 250 Automatic z řady W114 viz obrázek 1, který ale nejezdil na běžných silnicích, nýbrž sloužil na testovací dráze Contidrom k testování pneumatik.



Obrázek 1 Autonomní vozidlo Mercedes 250 Automatic (Continental, 2018)

Na obrázku 1 je vyobrazena konstrukce mechanismu, která v kombinaci s počítačem umožňovala vozidlu měnit směr jízdy.

V současnosti lze podle Akčního plánu (2019) rozlišit tyto pojmy:

- Vozidlo s automatizovaným řízením (vybavené asistenčními systémy) umožňuje vykonávat některé jízdní úkony bez zásahu řidiče např. parkovací asistent.
- Plně autonomní (robotické) vozidlo je schopno vnímat prostředí a navigovat se k zadanému cíli bez lidského zásahu, stále monitoruje a vyhodnocuje stav dopravního prostoru po celou dobu jízdy, přičemž zajišťuje všechny bezpečnostní funkce.
- Datově propojené vozidlo sdílí informace s ostatními vozidly v reálném čase (nutnost připojení k datové síti-SIM karta).
- Datově propojené vozidlo s automatizovaným řízením komunikuje s ostatními auty a zároveň je samo automaticky řízeno
- Pokud je vozidlo datově propojené v reálném čase se zařízeními umístěnými na silniční síti nebo komunikuje s jinými vozidly, jedná se o kooperativní inteligentní dopravní systémy (C-ITS).

1.2 Platforma pro autonomní vozidla

Podle Akčního plánu (2019) vzniklo v 5 pracovních skupin, které v rámci „Platformy pro autonomní vozidla“ sestavily stanoviska a doporučení pro další rozvoj autonomní mobility v silniční dopravě:

- Pracovní skupina 1 „Právní aspekty“ definovala a shrnula oblasti právních předpisů, které je třeba ošetřit z důvodů zavádění autonomních vozidel (ochrana osobních údajů, testování a provoz vozidel, homologace, odpovědnost apod.)
- Pracovní skupina 2 „Společenské a etické otázky“ popsala hlavní témata dopadů rozvoje autonomní dopravy na společnost, aspekty autonomních vozidel (odpovědnost za způsobenou škodu nebo etické otázky), komunikaci mezi řidiči a interakci a dopady na jednotlivce.
- Pracovní skupina 3 „Technologie autonomního řízení“ popsala technologie dopravních prostředků (snímání, rozhraní), bezpečnost autonomních vozidel, jejich spolehlivost, zastupitelnost systémů a procesů v případě selhání apod.
- Pracovní skupina 4 „Dopravní, digitální infrastruktura, bezpečnost a prostorová data“ zkoumala bezpečnost a odolnost infrastruktury, poskytování nových mobilních služeb nebo prostorová data a jejich potřebnost pro provoz autonomních vozidel a odpovědnost za jejich sběr, parametry a garanci.
- Pracovní skupina 5 „Pilotní ověřování a posuzování shody“ se zabývala hlavními cíli pro testování autonomních vozidel v ČR kterými byly například: spolehlivost a bezpečnost autonomního silničního vozidla, ověřování bezpečnosti automatizovaných systémů a jejich způsobilost k provozu.

1.3 Úrovně automatizace

Snaha o zvyšování úrovně automatizace by měla vést nejen ke zvýšení bezpečnosti a tím snížení počtu smrtelných dopravních nehod na silnicích, ale také přispět k vyšší plynulosti dopravy a omezení kongescí. Také by to znamenalo omezení produkce škodlivých emisí z dopravy.

Vize rozvoje autonomní mobility (2017) popisuje, že dnešní běžně dostupná vozidla na trhu odpovídají v závislosti na typu vozidla a technické výbavě úrovním 1 - 3 a podle Vídeňské úmluvy (Úmluva o silničním provozu přijatá 8.11.1968 ve Vídni) a právního řádu za řízení vozidla v jakékoliv situaci zodpovídá řidič.

Podle Akčního plánu (2019) definovalo jednotlivé stupně automatizace řízení vozidla sdružení SAE ve standardu SAE J3016, viz obrázek 2.

Úroveň podle SAE*	Popis úrovně	Řízení vozidla	Sledování dopravní situace	Reakce na dynamickou dopravní situaci	Režimy jízdy (např. dálnice, město)
Dopravní situace sledována řidičem	0 BEZ AUTOMATIZACE - vozidlo řídí výlučně řidič - řidič zároveň sleduje dopravní situaci a reaguje na ni				žádné
	1 ASISTENCE ŘIDIČE - automat provádí úkony spojené buď s příčným pohybem, nebo s podélným pohybem vozidla (nikoli však obojí současně) - řidič neustále sleduje dopravní situaci a musí být připraven v případě potřeby převzít řízení				omezené
	2 ČÁSTEČNÁ AUTOMATIZACE - automat provádí úkony spojené jak s příčným pohybem, tak s podélným pohybem vozidla současně - řidič neustále sleduje dopravní situaci a musí být připraven v případě potřeby převzít řízení				omezené
Dopravní situace sledována vozidlem	3 PODMÍNĚNÁ AUTOMATIZACE - veškeré úkony jsou prováděny automatem - řidič musí být schopen v případě nutnosti převzít řízení				omezené
	4 VYSOKÁ AUTOMATIZACE - veškeré úkony jsou prováděny automatem bez nutnosti zásahu řidiče - automat pracuje v omezených režimech jízdy				omezené
	5 PLNÁ AUTOMATIZACE - veškeré úkony jsou prováděny automatem bez nutnosti zásahu řidiče (řidič neexistuje) - automat pracuje ve všech režimech jízdy				všechny

Obrázek 2 Stupně automatizace podle SAE J3016 (Akční plán, 2019)

- Stupeň 0 – Do této skupiny lze zahrnout stále většinu automobilů, které jezdí po našich silnicích. Řidič se musí maximálně koncentrovat na provoz a veškeré úkony provádí sám.
- Stupeň 1 – Tato skupina obsahuje systémy, které jsou schopny zajistit např. nevybočení z jízdního pruhu nebo udržovat konstantní vzdálenost od vozidla při jízdě po dálnici. Tyto varianty nelze kombinovat současně.
- Stupeň 2 – Zde je možné aplikovat jednotlivé body předchozího stupně současně. Tzn. vozidlo je schopno regulovat svůj směr a také zatáčet. Lze zahrnout i systém automatizovaného zaparkování nebo změnu jízdního pruhu.
- Stupeň 3 – Řidič přenechá řízení vozidlu, které je schopno zvládnout jízdu. V případě potřeby je řidič varovným signálem vyzván, aby převzal řízení do svých rukou. Tento stupeň automatizace lze využít např. na širokých dálnicích.
- Stupeň 4 – Automobil je schopen samostatné jízdy, avšak řidič ho v případě zájmu může stále sám ovládat. Zde už není bdělost řidiče vyžadována, pouze je upozorněn např. při

nepříznivém počasí či velkém větru. Pokud by však nereagoval, vozidlo umí samo bezpečně zastavit.

- Stupeň 5 – Nejsou přítomny žádné ovládací prvky (volant, pedály). Řidič je nucen pouze zadat cílovou destinaci a poté se o vše postará automobil.

1.4 Testování autonomních vozidel

Nedílnou součástí implementování autonomní dopravy do dnešního světa je testování funkčnosti a provozuschopnosti. Zaručení pokroku a zlepšení těchto technologií může být zajištěno testováním. Podle Vizi rozvoje autonomní mobility (2017) neomezuje současná legislativa užívání automatizovaných vozidlových systémů, když je řidič schopen v případě nebezpečí nebo nefunkčnosti okamžitě deaktivovat automatizované funkce a vzít řízení pod kontrolu. To může probíhat buď v reálném provozu nebo na testovacích okruzích přímo určené k tomuto účelu.

Vize rozvoje autonomní mobility (2017) popisuje, že v současné době probíhá testování autonomních vozidel páté úrovně (minibusy s kapacitou do 15 cestujících) v městských podmínkách, kde se pohybují maximální rychlostí 20 km/h.

Nedílnou součástí testování je také komunikační infrastruktura budovaná v rámci projektu C-ROADS Czech Republic. Vize rozvoje autonomní mobility (2017, s.13) uvádí: *„V rámci tohoto projektu bude na některých úsecích české dálniční sítě vybudována pro testovací provoz infrastruktura pro technologii ITS G5 (5.9 GHz) a dále infrastruktura pro technologii LTE-V (Vehicle) určená pro komunikaci mezi vozidly (V2V) a rovněž vozidel s dopravní infrastrukturou (V2I) s cílem ověřit funkčnost technologie LTE-V v reálných podmínkách (funkce a parametry související s provozem technologie) a dále testovat konkrétní vybrané služby využívající systémy C-ITS (tzv. use-casy).“*

1.4.1 Testovací polygon u Sokolova

Podle Šidláka (2019) vznikne severně od města Sokolov do roku 2022 na ploše šest hektarů testovací okruh automobilky BMW, který ponese název BMW Group Vývojové centrum ČR a sloužit bude především k vývoji a následnému testování úplně nových technologií (autonomní jízda, vodíkové vozy, elektromobily atd.).

Autor dále uvádí, že má automobilka BMW již 3 testovací areály, které se nacházejí u Mnichova, ve Švédsku a ve Francii. Tyto areály byly však přestavěny z nějakého původního objektu jako např. letiště a nový polygon u Sokolova bude vystaven na „zelené louce“ přesně podle specifických potřeb automobilky dodává autor. Podle něho bude jedna část polygonu oválná dráha více než 7 km dlouhá, jež bude napodobovat nekonečnou rovinu, v další části se

bude simulovat městský provoz včetně nejrůznějších typů křižovatek, kruhových objezdů, a to nejen evropských, ale i takových, které se budují třeba v Asii či Americe. V neposlední řadě připomíná, že jeden menší ovál bude sloužit také k testování různých druhů dálničních sjezdů a nájezdů.

1.4.2 Testovací polygon u Stříbra

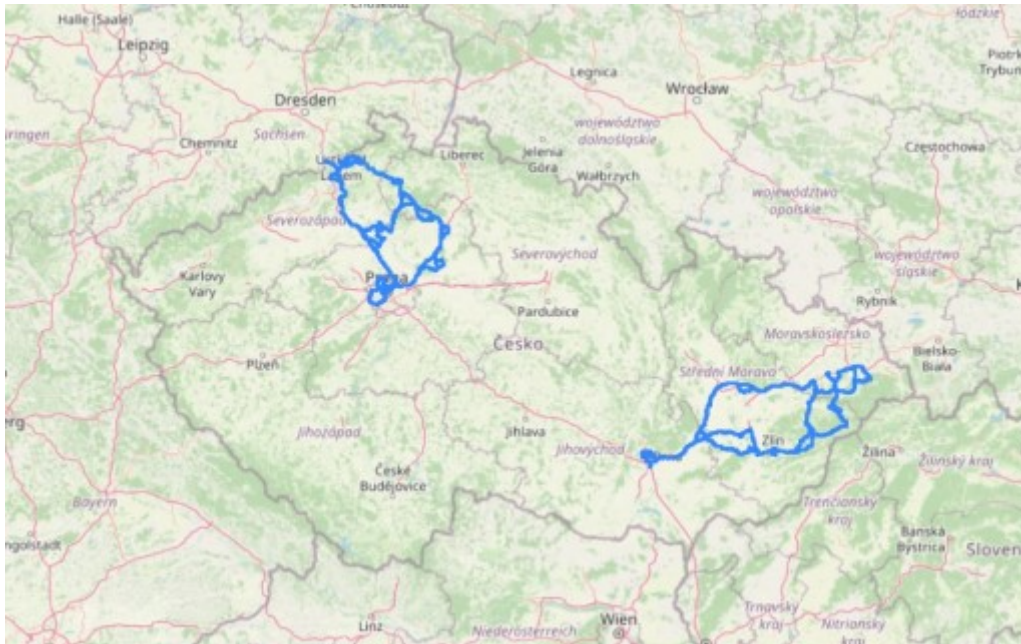
Společnost Accolade (Accolade, 2017) uvádí, že: „*Český polygon pro testování a certifikaci vozidel s autonomním řízením by měl do roku 2022 stát u západočeského Stříbra. Připravuje ho česká investiční skupina Accolade. Předpokládané náklady na vybudování polygonu dosáhnou několika miliard korun. Do České republiky přitáhne špičku automobilových vývojářů nejen z Evropy.*“

Autor dále uvádí, že na polygonu bude možno například ověřovat neustálou komunikaci vozidel mezi sebou jako v městském prostředí i s prvky městské infrastruktury nebo zde bude například možné zkvalitňovat i stávající asistenční technologie (čtení dopravních značek, adaptivní tempomat apod.)

1.4.3 Testovací úseky v ČR

Česká republika má první úseky komunikací, kde lze testovat autonomní vozidla v reálném provozu. Dle Srba (2020) mají tyto úseky zhruba 2 000 kilometrů a jsou rozděleny na dvě části – první část se nachází na území Slezska a Moravy a druhá část v Čechách, jak znázorňuje obrázek 3. Autor dále uvádí, že na projektu, který iniciovalo Ministerstvo dopravy se podílel Státní fond dopravní infrastruktury, Centrum dopravního výzkumu, společnost O2 Czech Republic, TÜV SÜD Czech, Roboauto a ČVUT v Praze. Tyto subjekty společně vytvořili Katalog testovací oblastí pro autonomní vozidla v běžném silničním provozu. Katalog lze vyhledat prostřednictvím webu a obsahuje databázi s informacemi o vybraných silnicích v ČR.

Po zaregistrování se do této aplikace lze bezplatně přihlásit. Podmínkou pro užívání je však report zpětné vazby o kvalitě poskytovaných informací pro který slouží předvytvořené formuláře. Celý tento systém má za cíl zlevnit a zjednodušit testování autonomních vozidel v reálném provozu. Podle CDV (2020) je projekt rozsahem i podobou světově unikátním nástrojem, díky kterému mohou vývojáři, technici a experti například detailně prozkoumat celý úsek, kde má proběhnout testování, které pak bude maximálně efektivní. Také lze celý systém přepnout do anglického jazyka z důvodu širšího využití a zatraktivnění ČR v mezinárodním postavení autonomní mobility, dodává CDV (2020).



Obrázek 3 Testovací úseky autonomních vozidel (CDV, 2020)

Obrázek 3 znázorňuje dva od sebe oddělené úseky. První se nachází v Čechách a z velkých měst zahrnuje Prahu, Mladou Boleslav a Ústí nad Labem. Druhý se rozprostírá na Moravě a ve Slezsku a trasa vede například přes Brno, Kroměříž či Zlín.

1.5 Přínosy zavádění autonomní dopravy

Vize rozvoje autonomní mobility (2017) uvádí, že hlavním přínosem zavedení autonomní dopravy bude zvýšení bezpečnosti. Také popisuje jak např. automatizovaná jízda v kolonách může snížit stres a tím i riziko případných nehod nebo incidentů, které řidiči ve stresu často zavíní.

Akční plán (2019) definuje přínosy do následujících bodů:

- Zvýšení účinnosti dopravního systému – provoz na silnici by mohl být plynulejší z důvodů jízdy vozidel těsněji za sebou, to by také vedlo ke zvýšení kapacity komunikací, snížení kongescí a zlepšení průjezdnosti křižovatek.
- Zvýšení bezpečnosti v dopravě – v současnosti převládají dopravní nehody způsobené lidským faktorem (více než 90 % všech nehod), které by měly být s nástupem autonomních vozidel eliminovány.
- Zlepšení dostupnosti dopravy a služeb mobility – rozvoj autonomní mobility umožní větší mobilitu skupin obyvatelstva, kteří např. kvůli zdravotním problémům nemohou řídit automobil.

- Snížení emisí – stále více rostoucí tlak na hledání alternativních pohonů (vodík, elektřina atp.), na využití veřejné hromadné osobní dopravy

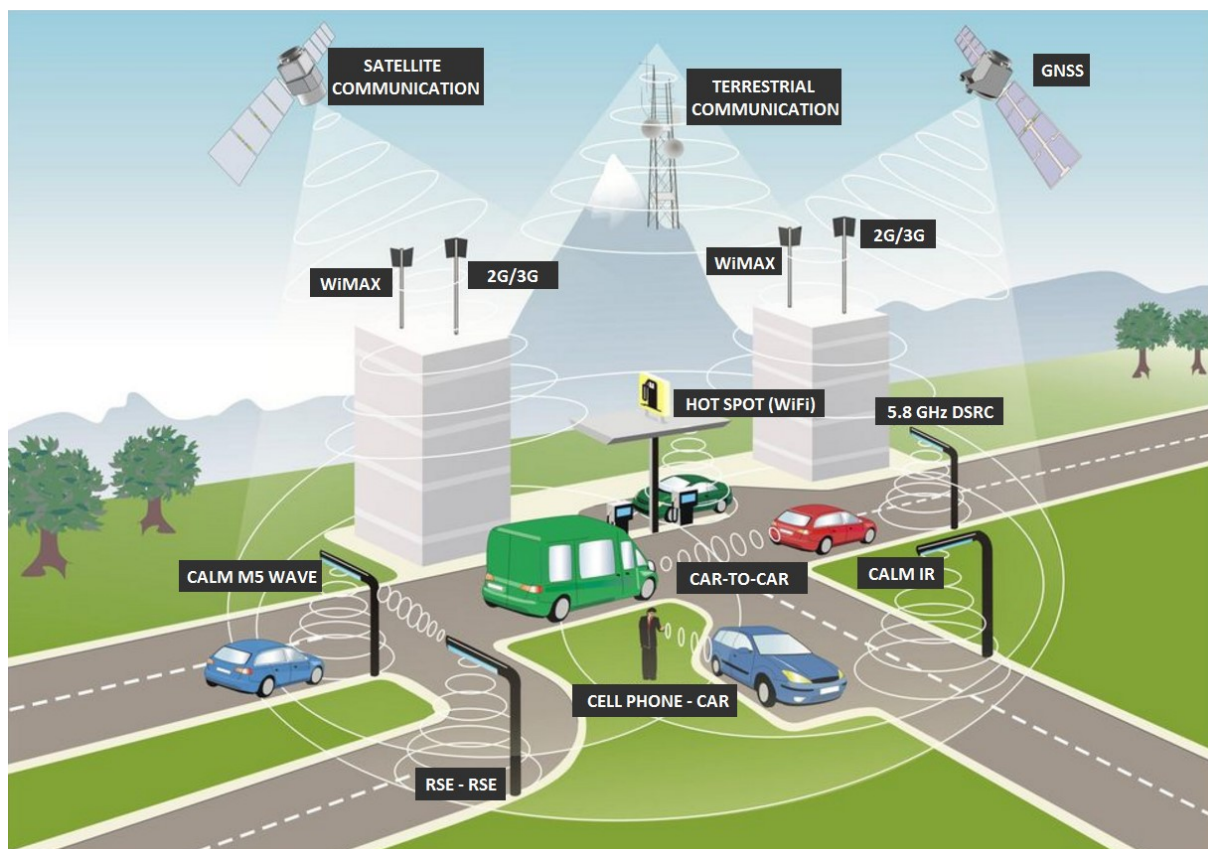
1.6 Úskalí zavádění autonomní dopravy

Je třeba také ale vzít v potaz možné hrozby. Některé jsou již známy, ale spousta bude vyvstávat až s postupným a čtenějším nasazením autonomie. Například dle Vize rozvoje autonomní mobility (2017) se řeší problém spojený s nenadálou situací, jako je poškození pneumatiky během jízdy a následné chování autonomního vozidla a to, jak by mělo upozornit uživatele vozidla a jak by měl být zajištěn bezpečný přechod na řízení manuální. Vize rozvoje autonomní mobility (2017) řeší také to, že je nutné, aby při přechodu z autonomního na manuální řízení byl řidič vůbec schopen řešit situace v dopravě a bezpečně řídit vozidlo, neboť čím vyšší bude automatizace, tím nižší s postupem času budou nároky na řidiče a na jejich dovednosti v řízení.

Zavádění autonomního řízení však bude mít vliv i na ostatní účastníky silničního provozu, bude nutné připravit účastníky na chování těchto vozidel a bude třeba vyučovat nejen v autoškolách o těchto technologiích, ale také v programech celoživotního vzdělávání, aby bylo možno reagovat na postupný vývoj nových technologií, dodává Vize autonomního rozvoje (2017).

1.7 Dopravní a komunikační síť

V současnosti nelze jednoznačně říci, jaké jsou požadavky na fyzickou dopravní infrastrukturu umožňující podporovat dvě nejvyšší úrovně automatizované jízdy a také není jasné, jaké úpravy stávající silniční infrastruktury budou nutné (nejrůznější stavební úpravy, které zabrání kolizním situacím) shrnuje Vize rozvoje autonomní mobility (2017). Na obrázku 4 můžeme vidět návrh telekomunikačního propojení infrastruktury.



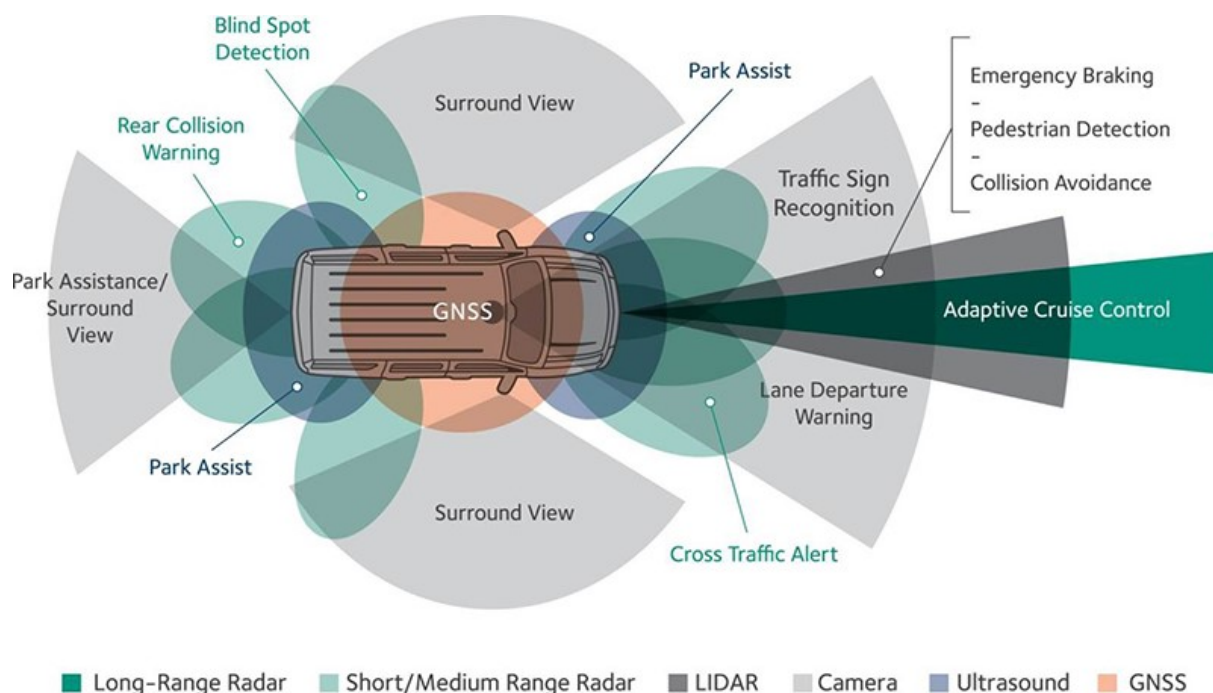
Obrázek 4 Příklad telekomunikačního propojení infrastruktury a vozidla nebo vozidel mezi sebou (Český kosmický portál, 2020)

Obrázek 4 znázorňuje nezanedbatelnou důležitost komunikační sítě, propojení jednotlivých vozidel v síti mezi sebou, uživatele, který je připojen pomocí chytrého telefonu. Také vyobrazuje komunikaci automobilů s dopravní infrastrukturou. Víze rozvoje autonomní mobility (2017) dodává, že je třeba garantovat chování komunikační sítě při kritických a mimořádných situacích, kterými mohou být dopravní kongesce a s nimi spojené nadměrné zatížení základové stanice BTS apod.

1.8 Nezbytné vozidlové technologie a systémy

Autonomní vozidlo musí podobně jako řidič shromažďovat informace a na základě těchto informací pak rozhodnout a provést potřebný manévr. Víze rozvoje autonomní mobility (2017) sděluje, že je nutné do vozidla implementovat spolehlivé komplexní systémy, které budou neustále sledovat okolní situaci a získávat data, z nichž se po zpracování bude odvíjet chování vozidla.

Dle Víze rozvoje autonomní mobility (2017) již v současné době obsahují autonomní osobní vozidla následující technologie (obrázek 5):



Obrázek 5 Rozmístění a funkce jednotlivých technologií (Novatel)

Na obrázku 5 můžeme vidět jednotlivé technologie. Barevné plochy znázorňují oblasti, ve kterých se daná technologie využívá.

- kamera – vizuálně zachycuje aktuální situaci kolem vozidla
- radar – funguje na principu vysílání mikrovln do okolí, ty se pak následně odrazí od překážky zpět a ze získaných dat lze sestavit obraz okolí (např. hlídání mrtvého úhlu)
- lidar – stejný princip jako radar, místo mikrovln jsou ale vysílány laserové paprsky
- ultrazvuk – stejný princip jako radar nebo lidar, jsou vysílány ultrazvukové paprsky (parkovací asistent)
- přijímač GNSS – příjem polohy v reálném čase pro stanovení polohy a plánování trasy
- akcelerometr – zařízení, kterým měří zrychlení v jedné nebo více osách

1.9 Autonomní autobusy

Zavádění autonomní dopravy v oblasti městské hromadné dopravy skýtá velký potenciál. Podle Svatoše (2018a) byly v Aspernu na východě Vídně úspěšně otestovány samořiditelné autobusy, které bezpečně a bez problému opakovaně zvládly půlkilometrovou trasu od stanice metra k místnímu technologickému centru a zpět, a navíc se jim podařilo

i navázat spojení se semaforey. Autor dodává, že projekt podporuje také tamní ministerstvo dopravy a společným cílem je učinit z autonomního řízení v MHD běžnou záležitost.

Zhruba o rok později Nečásková (2019) uvádí, že ve Vídni bylo dočasně pozastaveno testování výše zmíněných autonomních autobusů kvůli nehodě, při které srazilo autonomní vozidlo ženu a ta následně utrpěla lehká zranění. Vozidlo by však mělo být naprogramováno tak, aby k takovýmto situacím nikdy nedošlo, dodává Nečásková (2019).

O zavádění autonomních autobusů se snaží také v Německu. Smartcityvpraxi (2019) sděluje, že autonomní elektrické minibusy francouzského výrobce Ligier EasyMile EZ10 druhé generace vozí cestující mezi vlakovým nádražím a centrem lázní ve městě Bad Birnbach. Tento typ minibusu znázorněn na obrázku 6 má podle Smartcityvpraxi (2019) následující specifikace:

- je 3,9 m dlouhý a 2,7 m vysoký a pojme 6 cestujících, mezi cestujícími sedícími ve dvou řadách po 3 je i dostatek místa pro invalidní vozík či kočárek
- asynchronní motor je schopen vyvinout rychlost až 40 km/h, cestovní rychlost je však 15 km/h
- lithium-iontové baterie vystačí až na 14 hodin provozu
- 3 řídicí systémy
 - optické, laserové senzory a GPS
 - senzory detekující statické i pohybující se objekty
 - bezpečnostní řetězec – nezávislý sled aktivit pro zabránění nehodě

Autor dále dodává, že celý projekt Německých státních drah (DB) je realizován ve spolupráci s okresem Rottal-Inn, městem Bad Birnbach, výzkumným a zkušebním ústavem TÜV Süd a dodavatelem vozidel EasyMile a také, že je provoz veden jako oficiální linka veřejné dopravy. Autor doplňuje, že do října 2019 ujel minibus celkem 21 000 km a přepravil více než 40 000 cestujících.



Obrázek 6 Autonomní elektrobuses Ligier EasyMile EZ10 (Deutsche Bahn, 2019)

Obrázek 6 znázorňuje autonomní elektrobuses a popisuje jednotlivé komponenty, které jsou nutné pro autonomní jízdu.

Ve Velké Británii byl prezentován autobus, který bude bez řidiče, pouze s pomocí mobilní aplikace na dálku testován v Bristolu na jedné lince, sděluje Košta (2020). Také dodává že pojme pouze 4 cestující, musí vydávat zvukové signály, aby upozornil ostatní účastníky provozu na svou přítomnost a je schopen dosáhnout rychlosti 40 km/h.

1.10 Autonomní nákladní vozidla

Snaha o zavádění autonomních kamionů by odbourala dosavadní překážky jako jsou například nedostatek kvalifikovaných řidičů nebo nutnost dodržování povinných přestávek v jízdě. Podle Koubka (2019) se stala švédská společnost Einride první automobilkou, jejíž bezpilotní nákladní vozidlo s názvem T-Pod, které uveze až 26 tun, se může zařadit do běžného silničního provozu. Koubek (2019) popisuje, že kamion nemá ani kabinu pro řidiče, pohání jej elektřina z akumulátorů a okolí monitoruje systémem kamer, radarů a senzorů.

Autor dále pokračuje, že kamerový záznam je přenášen operátorovi, který celý proces jízdy hlídá a v případě nenadálé situace je ihned připraven převzít kontrolu, v budoucnosti by jeden operátor mohl dohlížet až na deset takových vozidel. Maximální rychlost vozidla je 85 km/h, ale v době testování, které probíhá, má od úřadů dovolenou rychlost pouze 5 km/h, neboť se pohybuje na běžně přístupné komunikaci a vozí zboží ze skladu do přepravního terminálu

1.11 Autonomní motocykly

Autonomní osobní či nákladní vůz si lze poměrně dobře představit, ale u autonomního motocyklu nastává problém. Řidič, který řídí motocykl totiž musí se strojem „splynout“ v jeden celek. Je nutné přenášet hmotnost těla a tím měnit těžiště jednostopého vozidla ve směrovém oblouku z důvodu bezpečného průjezdu. Řidiči na motocykl usedají převážně za účelem zábavy a odreagování a je tedy zřejmé, že si ho chtějí řídit sami.

Podle Bílka (2018) by však autonomní prvky v motocyklech pomohly předcházet nehodám, neboť podle statistik je jízda na motocyklu mnohem více nebezpečná než v jiném dopravním prostředku. Společnost BMW představila autonomní motocykl, který byl sám schopen se vyvažovat a řídit a bez problémů zdolal závodní okruh doplňuje Bílek (2018). Také dodává, že cíl není vyvinout kompletně autonomní motocykl, ale integrovat vybrané autonomní systémy do klasických motocyklů, které by zajistily vyšší stabilitu v kritických situacích a vyšší bezpečnost řidičů jednostopých vozidel.

1.12 Nehody autonomních vozidel

K testování autonomních vozidel a jejich čtenějšímu nasazování do běžného provozu bohužel patří také nehody a havárie, které tento vývoj doprovázejí.

Mezi tragické nehody lze zařadit i tu z jara 2018 z dálnice 101 v Mountain View v Kalifornii. Podle Dusila (2018a) probíhala nehoda takto:

- řidič zapnul systém autopilot vozidla Tesla Model X 18 minut a 55 sekund před nárazem do bariéry podél silnice
- řidič byl autopilotem před samotným nárazem 2x vyzván k převzetí řízení, jednou vizuálně a jednou zvukově
- osm sekund před kolizí Tesla následovala před ní jedoucí auto, rychlostí 105 km/h (z vyšetřování bylo ale zjištěno, že Tesla měla v rámci systému autopilot nastavenou rychlost 120 km/h i přes to, že na komunikaci, po níž jela je maximální dovolená rychlost 105 km/h)

- sedm sekund před kolizí se vozidlo začalo stáčet doleva a opouštět původně zvolený pruh dálnice, poté začal vůz najíždět na dlážděnou krajnici komunikace
- čtyři sekundy před kolizí už Tesla předchozí vozidlo vůbec nesledovala
- jednu sekundu před nárazem vozidlo náhle zrychlilo ze 100 km/h na 114 km/h a následoval náraz do ochranné bariéry
- po nárazu se vůz roztočil ve směru hodinových ručiček a narazil do dvou dalších vozidel, poté vůz vzplanul a řidič neměl šanci na přežití

Mezi další tragické nehody lze například zařadit střet autonomního vozidla Volvo XC90 s cyklistkou, která přecházela komunikaci. Tento automobil provozovala společnost Uber. K nehodě došlo 18. března 2018 ve městě Tempe. Podle Marka (2019) přecházela žena vedoucí kolo špatně osvětlenou část komunikace, když se přiblížilo vozidlo přepnuté do plně autonomního režimu. Autor pokračuje, že vestavěný systém ve vozidle chodkyni včas zaregistroval. Tento systém byl ale vyřazen. Systém autonomního řízení společnosti Uber však selhal a chodkyni zaregistroval až příliš pozdě. Ve vozidle byl přítomen i tzv. „safety driver“, který má řešit nenadálé situace a případně převzít řízení, ale tento řidič údajně sledoval televizní show a nemohl tak zakročit a vozidlo zastavit, dodává Marek (2019). Obvinění na společnost Uber nepadne, to samé se však nedá říct o řidičce, která byla v průběhu nehody za volantem.

1.13 Použité metody

Analýza je podle Janíčka et al. (2013) metoda cílevědomého vědeckého poznání a zkoumání, podstatou této metody je rozkládání zkoumané entity na jednotlivé části. Autor dále pokračuje, že podle typu entit a charakteru cílového chování analýzy existuje dnes velmi velké množství různých analýz.

Další metodou je syntéza. Tato metoda je proces vytváření strukturovaných entit z jednotlivých prvků tím, že se mezi nimi vytvářejí vazby uvádí Janíček et al. (2013). Jak autor dodává, je to intelektuální postup, který na základě logiky či zkušenosti přechází od jednoduchých pojmů k složitějším. Syntéza je opakem analýzy.

Janíček et al. (2013) tvrdí, že v každé analytické činnosti se vyskytuje část úvah syntetických, totéž platí i opačně. Toto tvrzení vede k průniku analýzy a syntézy. Podle autora vypadá chronologie řešení daného problému takto:

- Na úvod řešení určitého problému se provede vstupní analýza problémové situace. Na základě výsledků této analýzy se zformuluje problém (převažuje syntetický přístup).

- Tvorba systému podstatných veličin, výběr metody řešení, posouzení bariér a překážek v řešení daného problému jsou činnosti analytického charakteru
- V konečné části řešení problému se nejdříve vyskytnou analytické činnosti v podobě analýzy dílčích výsledků řešení, ty pak přejdou do syntetické složky v podobě souhrnu o výsledcích řešení problému.

2 KRITICKÝ POHLED NA POTENCIÁL, PERSPEKTIVY A VIZE UPLATNĚNÍ AUTONOMNÍ MOBILITY

Vyspělé asistenční systémy pomáhající řidiči zvládnout krizových situací, jako např. asistent nouzového brzdění, asistent držení v jízdním pruhu, asistent pro jízdu v kolonách, adaptivní tempomat (lepší funkčnost s automatickou převodovkou) a další, jsou dnes dostupné už i v kategorii malých vozidel (Škoda Fabia, Volkswagen Polo, aj.). Dříve těmito systémy nebo jejich předchůdci disponovaly výhradně vozy nejvyšších tříd.

2.1 Překážky pro uplatnění autonomní mobility

Při snaze implementovat autonomní mobilitu do společnosti vyvstaly určité problémy a překážky. Není známo kolik jich vyvstane v budoucnu, neboť každý další posun na stupnici autonomní mobility (viz. kapitola 1.3) může přinášet nové a nové překážky, které v současné době nejsou známy. Mezi překážky současnosti lze zařadit tyto:

- **Technické** – v tomto segmentu by bylo třeba mít absolutně funkční a stále aktuální mapové podklady, aby se nestalo, že např. na nově vybudovaném kruhovém objezdu si bude vozidlo „myslet“, že následuje průsečná křižovatka, která už je nahrazena okružní. Další překážkou je nedostatečná infrastruktura, která by byla schopná zajistit komunikaci mezi vozidly, z důvodu předávání informací.
- **Společenské** – v budoucnosti by se mohlo stát, že vozidla budou více sdílena, aby se maximalizovalo jejich využití. To by mohlo přinést problémy lidem, kteří dnes berou svoje vozidlo i jako společenský status.
- **Legislativní** – V EU zatím chybí legislativa, která by ošetřovala provoz autonomních vozidel. Dalším problémem je ošetření etických otázek spojených s řešením mimořádných událostí.

Slováček (2020) uvádí, že mezi další body zpomalující příchod autonomní mobility lze zařadit např.: živé účastníky provozu, kteří uvažují odlišně než naprogramované počítače, silnice a dopravní značení, které může být poškozené, nebo zarostlé vegetací. Dále zmiňuje problém s pojištěním a leasingem takovýchto vozidel a podotýká, že tato vozidla jsou tak drahá, že nebudou kupována, ale jen pronajímána. V neposlední řadě autor zmiňuje problém sdílení dat a jejich bezpečnost, neboť při komunikaci mezi vozidly dochází k práci s tisíci GB dat a je třeba dbát na to, aby bylo možné tato data anonymizovat a zabránit tak jejich zneužití.

2.2 Postupný vývoj

Z historického hlediska začínaly vozidla na 0. stupni autonomie. Jednalo se například o Škodu Felici, nebo Škodu Fabii 1. generace apod. Uživatel takového vozidla ovládal všechny funkce zcela sám a byl maximálně upozorněn například na nízkou venkovní teplotu a s ní související nebezpečí námrazy. Těchto typů vozidel najdeme dnes na silnicích stále nejvíce.

Dalším posunem byl 1. stupeň autonomní mobility, který pouze podporuje řidiče. Ten musí být stále ve střehu, ovládá a hlídá dění kolem vozidla. Systém mu však může být nápomocen při některých samostatných úkonech jako je dobrzdění v koloně, adaptivní tempomat, který hlídá rychlost podle vozidla před sebou nebo například asistent hlídající nechtěné opuštění jízdního pruhu bez použití směrového světla.

Následující 2. úroveň je částečná automatizace. Tento systém už dokáže zkombinovat více než jeden úkon dohromady. Příkladem může být automatické parkování nebo vyparkování, které je provedeno za pomoci dat získaných ze senzorů a kamer okolo vozidla. Řidič pak jen volí řadící pákou podle pokynů na obrazovce, jestli pojedou vpřed nebo bude couvat, samotný manévr pak zvládne vozidlo autonomně. Dalším příkladem může být také kombinace asistenta pro jízdu v kolonách a adaptivního tempomatu. Vše funguje z důvodu zatím nedořešeného legislativního hlediska jen v určité rychlosti a za neztížených podmínek, neboť třeba hustý déšť by mohl v kombinaci se znečištěním senzorů značně omezit funkčnost a ohrozit tak posádku vozidla.

Další 3. úroveň je podmíněná automatizace. V této úrovni už automobil zcela přejímá řízení, má vozidlo zcela pod kontrolou. Zrychluje, zpomaluje, zatáčí, vyhýbá se překážkám. Řidič tedy může věnovat pozornost něčemu jinému, než je sledování okolní dopravní situace.

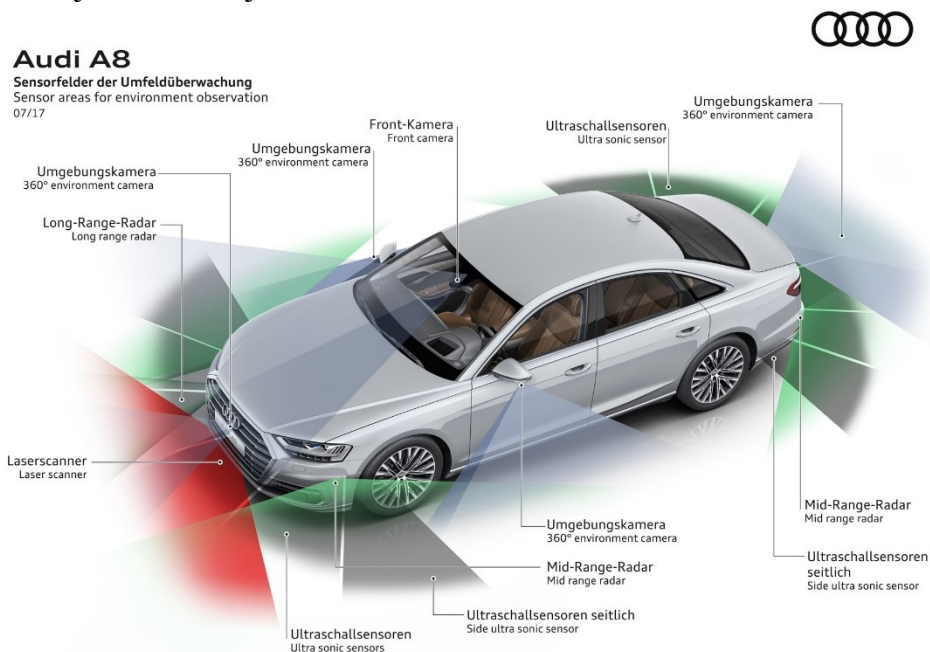
Vize budoucnosti se upíná k 4. a 5. úrovni autonomního řízení, kde bude mít na starosti vše pouze počítač. U předposledního stupně bude řidič vyzván k převzetí řízení pouze při velmi nepříznivých podmínkách jako je například husté sněžení. Při nepřevzetí řízení bude umět vozidlo bezpečně zastavit. V poslední úrovni nebudou ve vozidle již přítomny standartní prvky řízení, které dnes známe (volant, řadící páka, pedály). Řidič pouze zvolí požadovanou cílovou destinaci a bude přepraven.

2.3 Současná úroveň autonomní mobility

V současné době dosahují běžně prodávaná vozidla (s ohledem na výbavu) většinou na první případně druhou úroveň autonomie. To znamená, že jsou schopna vykonat více úkonů najednou. Mohou auto udržet v jízdním pruhu, dokáží vykonat i předjížděcí manévr, ale řidič

je nucen na vše dohlížet. Toto lze v dnešní době nejlépe aplikovat na dálnicích v bezvadném stavu.

Podle odborníka z oboru doc. Ing Iva Drahotského, Ph.D. má nyní společnost Audi vyvinutý software pro dosažení třetí úrovně autonomní mobility, ale z důvodů nevyřešené odpovědnosti za provoz vozidla se tato společnost rozhodla, že tento systém nebude do svých modelových řad aplikovat a počká. Také dodává, že pokud se stanoví potřebná legislativa, tak Audi poté začne aplikovat čtvrtou úroveň autonomie a třetí se případně úplně vynechá. Na obrázku 7 můžeme vidět popis jednotlivých zařízení a kamer, které snímají okolní prostředí a umožňují autonomní jízdu. Jedná se o model Audi A8.



Obrázek 7 Audi A8, autonomní hardware (Motor Authority, 2020)

2.4 Uplatnění plně autonomní mobility (5. stupeň)

V debatě kolem posledního stupně autonomní mobility se mezi odborníky převládají dva názory. Jedna strana tvrdí, že se blížíme poslednímu stupni autonomie a druhá naopak, že tento stav nebude nikdy uskutečnitelný.

Muselo by být zajištěno absolutní pokrytí sítěmi 5G případně 6G, které by umožnily komunikaci mezi vozidly v reálném čase. Dále by musela dopravní infrastruktura disponovat dopravním zařízením schopným komunikovat s autonomními vozidly a navzájem mezi sebou. Také by bylo třeba všechny komunikace uvést do bezvadného stavu. Nedílnou součástí by bylo vyřešení legislativy v rámci autonomní mobility. Nutná by byla úprava zákona o provozu na pozemních komunikacích, zákona o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla apod. Důležitým faktorem v této oblasti by bylo postavení pojišťoven k takového

situaci, ovšem například při řešení dopravní nehody by bylo snazší prokázat viníka jednoduchou analýzou dat pořízených z vozidla.

Další problematikou by byla oblast sběru dat (Big Data), která by se musela někde shromažďovat a ukládat. Je třeba zajistit, aby tato data nemohla být zneužita, či jinak napadena. Lze uvažovat také nad tím, aby nedocházelo v domácích podmínkách k neoprávněné úpravě softwaru automobilů ke zvýšení maximální dovolené rychlosti apod. Už dnešní automobily lze upravit tak, aby se například nespouštěl systém Stop-Start, který vypíná motor při zastavení vozidla nebo není obtížné najít a demontovat pojistku, která vyřadí z činnosti signalizaci nezapnutí bezpečnostních pásů. To navazuje také na problematiku využití autonomních vozidel k trestné činnosti, nebo napadení systémů hackery, které by mohlo vést například k omezení funkčnosti celého systému.

Lze řešit také otázku toho, zda by mohla být přepravována sama jedna osoba pod vlivem alkoholu. Na tuto situaci mohou vzniknout dva pohledy. První, že na jednu osobu ve vozidle bude stále pohlíženo jako na řidiče i když už ve skutečnosti neřídí, a tedy by nemohla být přepravena. Nebo druhý, že se pojem „řidič“ úplně vytratí a osoba bude moci být přepravena jako například ve veřejné dopravě.

Další otázkou je získání řidičského průkazu a jeho vlastnění. Zda by bylo nutné dělat autoškolu, případně jaký by byl styl výuky nebo jestli by uživatele autonomního vozidla proškolil sám automobil či by autonomním vozidlem mohl cestovat každý bez ohledu na znalosti dopravního provozu či věku a řidičské průkazy by tak zanikly.

2.5 Neautonomní jízda

Lze přemýšlet nad otázkou, která by nastala v případě absolutní autonomie. Zda by bylo možné v případě zájmu autonomní vozidlo řídit. Zatím je vize pátého stupně taková, že vozidlo nebude vybaveno ovládacími prvky (volant, pedály). Co by bylo s lidmi, kteří mají řízení jako koníček. Zůstal by podíl neautonomních vozidel. Otázkou je, jak by fungovala infrastruktura, která by byla již plně automatizovaná, s vozidly, která by byla ovládána člověkem. V tomto případě by se dalo počítat například s variantou, že by vozidla řízená člověkem byla vybavena určitým „počítačem“, který by dovedl komunikovat s automatizovanou infrastrukturou a řidič by tak do jisté míry mohl řídit svůj vůz sám. Také by mohla být vytvořena databáze vybraných úseků komunikací, které by sloužily právě pro neautonomní jízdu a řidiči by se tak zde mohli zabavit řízením svého vozidla.

2.6 Vize autonomní mobility

Podle BASF (2016) bude vize mobility spočívat v plně autonomních vozidlech. Cestující tak bude moci ve vozidle pracovat nebo číst knihu, bude si moci v rámci cesty online najít parkovací místo. Dále autor uvádí, že auta budou spolu schopna komunikovat a dát si včasné varování v případě potenciálního nebezpečí. Autonomní vozidla podle této vize bude pohánět elektrická energie, kterou bude možno dobíjet i za jízdy po komunikaci vybavené bezdrátovým nabíjením, které dnes můžeme znát například z mobilních telefonů. Auto pohybující se po komunikaci, která bude vybavena nabíjecími body umístěnými pod asfaltem se tak bude na principu magnetického pole kontinuálně dobíjet. Součástí podle BASF (2016) bude také inteligentní řízení dopravy, které bude spočívat na komunikaci mezi vozidly při řešení křižovatek nebo i přechodu chodce přes komunikaci, to znamená, že už nebude svislé dopravní značení okolo komunikací a vodorovné značení může být variabilní v závislosti na okolních podmínkách. Změnu prodělá také hromadná doprava. Ze zastávek zmizí veškeré informativní tabule a jízdní řády, vše bude obslouženo pomocí chytrého mobilního telefonu.

KMPG (2017) uvádí, že bude třeba propojení všech následujících oblastí:

- Pojištění
- OEM
- Maloobchod
- Dodavatelé
- Finance
- Infrastruktura
- Zákazníci
- Telekomunikace
- Zdravotní péče
- Vláda
- Poskytování servisu mobility
- Poskytování fleetového servisu
- Software a technologie
- Energie
- Média a zábavní průmysl
- Servis, opravy

2.7 Waymo

Vize automobilu bez řidiče vznikla v roce 2009 v Googlu, před založením dceřiné společnosti Waymo. Tato společnost apeluje podle Máry (2019a) na to, aby americký úřad pro bezpečnost silniční dopravy (NHTSA) upustil od některých bezpečnostních kritérií, která počítají s přítomností řidiče a s tím, že může pomoci tradičních ovládacích prvků převzít kontrolu nad vozidlem. Mára (2019a) pokračuje, že po prozkoumání a úpravě těchto bezpečnostních standardů by bylo možné se zaměřit na další detaily, jako je například rozmístění sedadel posádky po interiéru plně autonomních vozidel, neboť by kroky jako je například tento, mohly vést k včasnému nasazení automobilů bez tradičních ovládacích prvků.

2.8 Mercedes

Společnost Mercedes-Benz spustila svůj první parkovací autonomní systém 4. úrovně. Tento systém je podle Máry (2019b) instalován v parkovacích garážích stuttgartského Mercedes-Benz Musea, kde byl pilotní program spuštěn již v roce 2017, od roku 2018 je systém zpřístupněn veřejnosti. Nyní systém přichází s dalším vylepšením a to takovým, že už ve vozidle nemusí být přítomen řidič, který na vše dohlížel a v případě potřeby mohl zasáhnout a zastavit vozidlo. Nyní řidič přistaví svůj vůz na speciální místo před parkoviště, vystoupí a pomocí aplikace ve svém telefonu dá příkaz k zaparkování a vůz poté zcela sám vyhledá vhodné parkovací místo a zaparkuje, doplňuje Mára (2019b).

O bezpečný průběh parkovacího procesu se podle Máry (2019b) starají senzory Bosch, kterými je celé parkoviště osazeno a které monitorují jízdu a předávají si informace o vozidle. V případě detekování nenadálé překážky ihned informují vozidlo, a to je neprodleně zastaveno. Výhoda takového parkování spočívá v úspoře místa, neboť vozidla zaparkují vždy ukázněně do vymezeného prostoru a také není potřeba taková šířka parkovacího místa, neboť není třeba otvírat dveře a vystupovat, což může vést k navýšení kapacity až o 20 % parkovacích míst oproti běžnému parkovišti.

2.9 Tesla

Tesla Motors v čele s Elonem Muskem má nyní v nabídce 3 modely. Jedná se o Tesla Model S, Tesla Model 3 a Tesla Model X. Všechny 3 typy vozidel je možné objednat s autopilotem, který je schopný sám zatáčet, zrychlovat a brzdít uvnitř jízdního pruhu. Podle oficiálních stránek Tesla (2020) budou v budoucnosti díky softwarovým aktualizacím k dispozici tyto funkce:

- Autopilot podle navigace – aktivní navádění od nájezdu ke sjezdu z dálnice

- Funkce přivolání – pomocí chytrého telefonu bude možné si vůz přivolat například z garáže nebo z parkoviště
- Automatické parkování – paralelní a podélné parkování jedním dotykem na displeji
- Automatická změna jízdního pruhu – vozidlo dokáže samostatně změnit jízdní pruhu na dálnici z důvodu předjetí pomaleji jedoucího automobilu

2.10 Volvo

Severský výrobce Volvo vyvinul a představil v roce 2019 ve spolupráci s Uberem autonomní model XC90, který lze vidět na obrázku X. Podle Svatoše (2019b) je tento model prvním vozem sériové výroby, který je v kombinaci se systémem automatického řízení schopen zcela samostatné jízdy. Autor dále pokračuje, že kvůli případné poruše a neohrožení bezpečnosti patří k nejdůležitějším funkcím tohoto automobilu několik záložních systémů, které jsou v případě selhání systému primárního schopny zasáhnout a vozidlo bezpečně zastavit. Společnost Uber na toto vozidlo instaluje další přídavné senzory, které mají za úkol zajistit bezpečný provoz a manévrování v městském prostředí, dodává Svatoš (2019b).



Obrázek 8 Volvo XC90 (Prokopec, 2019)

Na obrázku 8 je vyobrazeno Volvo XC90 a na střeše jsou instalovány přídavné senzory vyvinuté společností Uber.

2.11 Omezení ekonomiky z důvodu koronakrize – dopad na vývoj, budoucnost

Ke konci roku 2019 se postupně do celého světa rozšířil nový typ koronaviru a velmi razantně ochromil i ekonomiku. Dopad koronaviru z důvodu uzavírání obchodů a továren bude i v oblasti automotive. Podle IRozhlasu (2020) stály linky výrobních závodů Škoda Auto, a.s. od 18. března po dobu téměř šesti týdnů. Automobilka Hyundai postoupila odstávku také.

Jak uvádí Svatoš (2020c) tak finanční propad z důvodu koronaviru se dotkl i společnosti Ford, která odloží zavedení autonomního vozidla taxislužby až na rok 2022 a nebude investovat do projektů, které nejsou prozatím výdělečné. Autor dále pokračuje, že Ford tvrdí, že chce tento čas také využít k lepšímu pochopení chování zákazníků, které se s velkou pravděpodobností po koronaviru změní, a poté jim nabídnout lepší služby.

Záchranou mají být enormní půjčky pro jednotlivé státy, které by mohly zmírnit současnou situaci, ovšem do budoucna budou představovat velký problém nejen pro automotive.

2.12 Vazba autonomní mobility na elektromobilitu

Pojem autonomní mobilita je často nesprávně spojován a zaměňován s pojmem elektromobilita. Požadavky na dobíjení elektromobilů budou postupem času růst. Akční plán (2017) udává, že se dobíjení rozdělí mezi veřejné a neveřejné dobíjecí body. Už v současné době při poměrově malém procentu elektromobilů k vozům konvenčního pohonu se setkáváme s několika druhy konektorů, skrz které lze elektromobil dobíjet. V případě zvyšující se automatizace by bylo žádoucí tyto konektory co nejvíce sjednocovat. Tuto problematiku už zkoumá společnost Volkswagen. Ta podle Sedláčka (2019) zahájila spolupráci s firmou Ford a investovala do amerického startupu Agro AI, který zkoumá vývoj neuronových sítí pro autonomní dopravní systémy. Autor uvádí, že Volkswagen pracuje na vývoji autonomního robotického zařízení, které by bylo schopno naprosto samostatně připojit 150 kW nabíječku k vozidlu. Otázkou však zůstává, jak by fungoval tento systém, když zásuvky mají některé elektromobily po straně vozidla a někde u přední masky. Bylo by totiž nezbytně nutné mít předem vymezené parkovací místo u této automatizované nabíječky. Tudíž by vozidlo s předním nabíjením nemohlo využít nabíječku koncipovanou pro nabíjení boční a naopak.

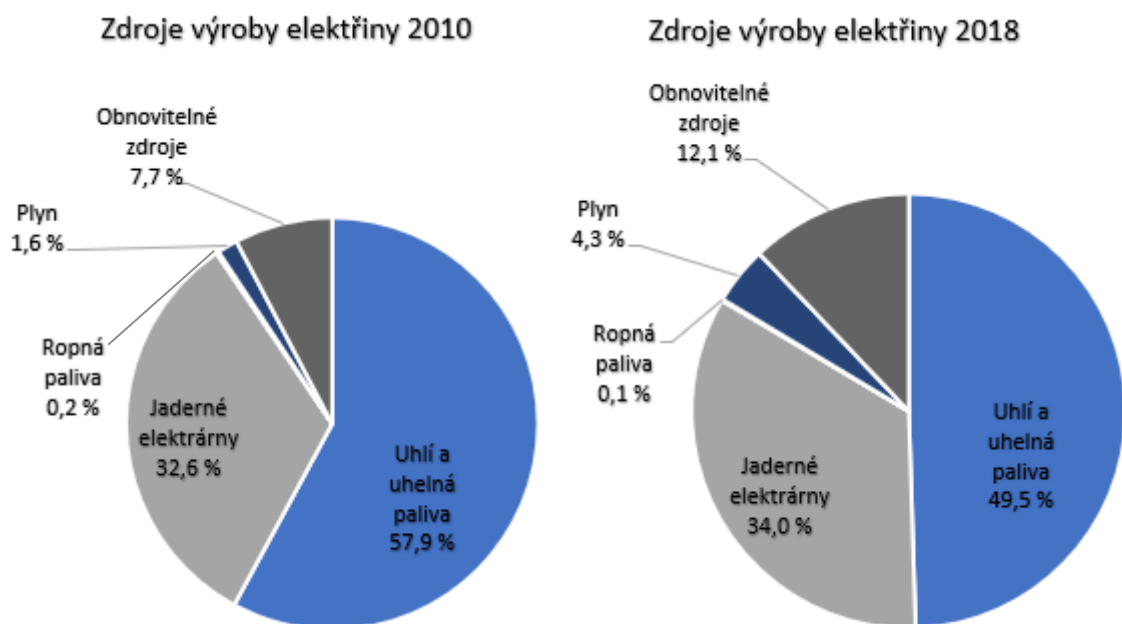
Také by bylo třeba uvažovat například nad hlediskem počasí a povětrnostních podmínek, jestli by například silný déšť, či mráz nebo poryv větru neznemožnil robotovi napojení k síti a nezkomplikoval tak situaci uživateli vozidla.

2.12.1 Elektrická síť

Ve vazbě k elektrifikaci vozidel je nutno zmínit také elektrickou síť. Stále narůstá tlak na snižování emisí produkovaných vozidly. Výrobci se snaží vyhovět přísným normám EU a hledají tak alternativní pohony jakými mohou být kromě elektrické energie například LNG, LPG, CNG, vodík apod.

S rostoucím nástupem elektromobilů rostou také nároky na elektrickou síť. Snaha akumulovat elektrickou energii do baterie elektromobilu a tím zmírnit lokální emise je

pochopitelná. Nelze však zapomínat na samotnou výrobu energie a to, že výfuk už sice není na vozidle, ale je přesunut na jiné místo a to tam, kde se energie vyrábí. Z obrázku 9 je patrné, že jak v roce 2010, tak v roce 2018 zabírá majoritní část při výrobě elektrické energie uhlí a uhelná paliva, která jsou nejméně ekologická. Druhou pozici obsadily jaderné elektrárny. Nedílnou součástí řetězce je také distribuce elektrické energie. Cesta, jak dostat energii z elektrárny do akumulátoru vozidla. Zvyšující se poptávka po elektromobilech by v důsledku potřeby jejich nabíjení mohla vést až k přetížení sítě a tzv. blackout, který by ochromil všechny v dané oblasti. Z obrázku 9 je dále patrné, že nárůst vyrobené elektřiny z obnovitelných zdrojů je pouze 4,4 %.



Obrázek 9 Zdroje výroby elektřiny v letech 2010, 2018 (Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2020)

Důležitou součástí je také bezpečnost celého systému nabíjení. Podle Košťála (2010) musí být nabíjecí konektory chráněny před neúmyslným a neoprávněným manipulováním během nabíjení speciální pojistkou, která zajistí, že nedojde k rozpojení konektorového spoje v průběhu nabíjení. Autor také dodává, že když jsou konektory v nepropojeném stavu, musí být bez napětí.

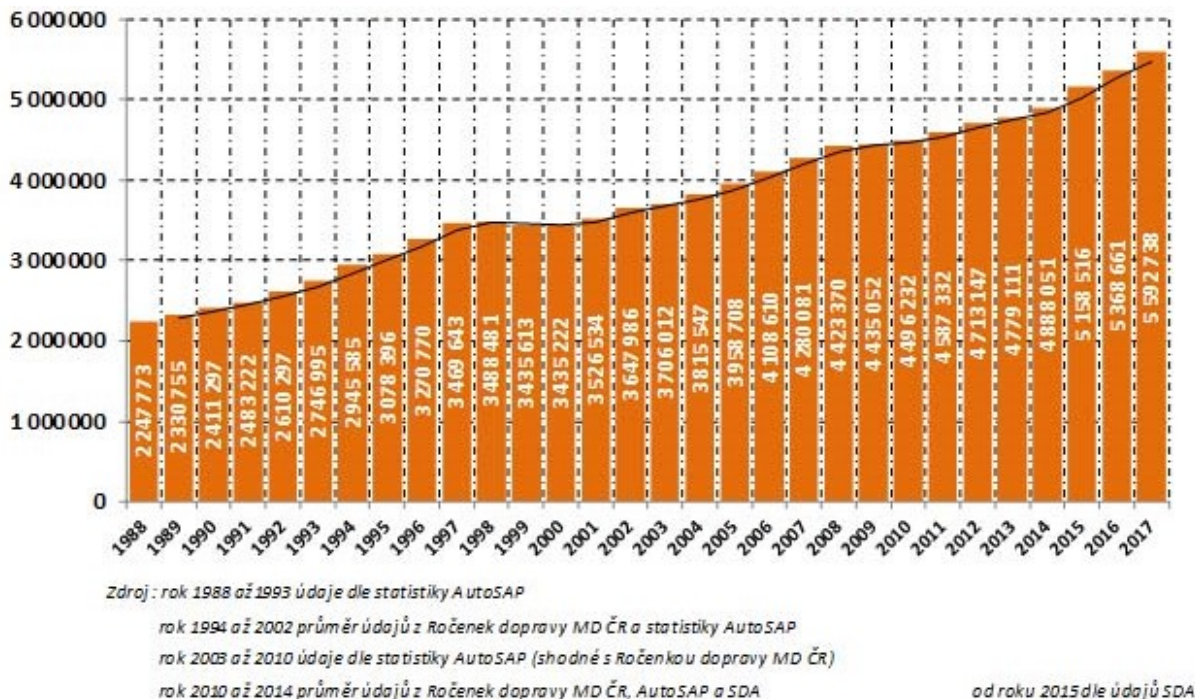
Dusil (2018b) sděluje, že kdyby byla všechna pražská evidovaná vozidla (cca 1 155 000) poháněna elektrickou energií a při úvaze denního průměrného nájezdu 30 km by spotřeba elektrické energie (při průměrné spotřebě 20kWh/100 km) byla 2 529 450 MWh, což činí necelých 43 % z celkové roční spotřeby energie hlavního města. Tato situace absolutní elektrifikace však v dohledné době nenastane, jestli vůbec.

2.12.2 Časové hledisko

Už při jednoduchém zamyšlení je jasné, že doba doplnění pohonných hmot do spalovacího motoru bude násobně nižší než dobítí elektromobilu elektrickou energií. V ČR je k 17.2.2020 podle dat Ministerstva průmyslu a obchodu celkem 7 094 čerpacích stanic, z toho 4 008 veřejných. Dobíjecích stanic se v současnosti na českém území nachází okolo 300. Odbavení u čerpací stanice je možné realizovat v řádu minut. Navíc s využitím mobilní aplikace na čerpacích stanicích Benzina, kde lze naskenovat QR kód a zaplatit prostřednictvím mobilního telefonu bez jakéhokoliv kontaktu s obsluhou se tento čas ještě snižuje. U nabíjení elektromobilů může být tato doba v řádu desítek minut nebo dokonce hodin. Záleží na kapacitě baterie a na typu nabíječky. Pro příklad lze uvést nabití vozu Hyundai Kona EV s kapacitou baterie 64 kWh. Tento vůz by se z 10 % na 80 % nabíjel na dobíjecí stanici o výkonu 100 kW přibližně 45 minut. Nutno podotknout, že stanice s takovým výkonem se na našem území počítají v řádu jednotek. Realističtější je provést nabití na stojanu o výkonu 50kW, kde by nabíjecí čas byl cca 60 minut. Stále se jedná pouze o 80% nabití baterie, další energie se už dostává do baterií o poznání pomaleji.

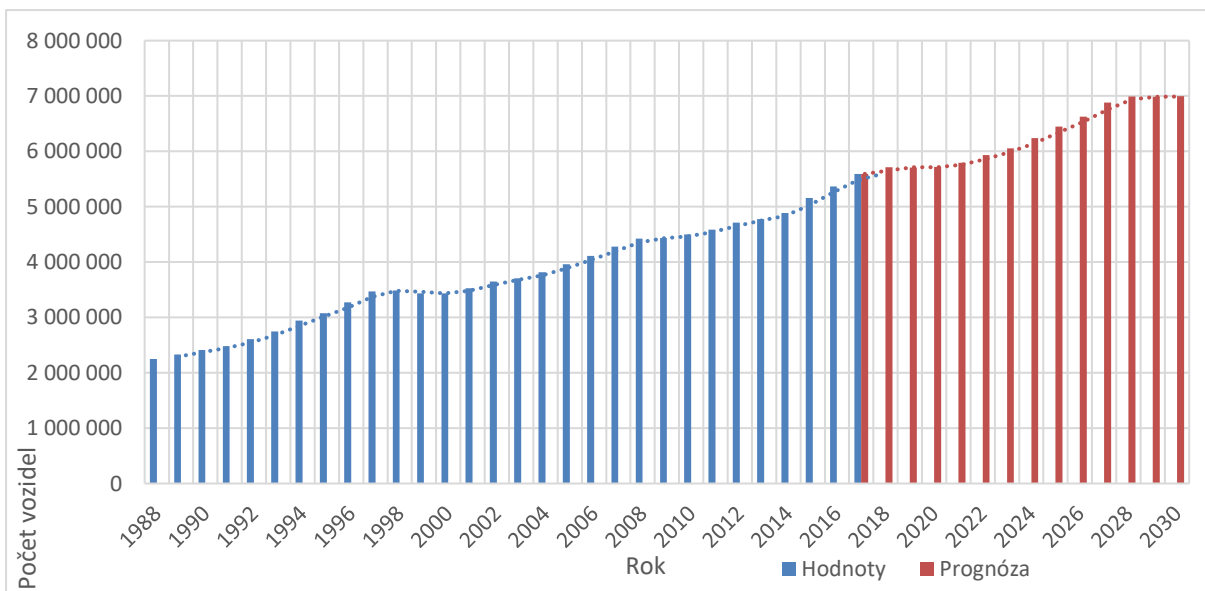
2.13 Doprava v klidu

S problémem parkování se v běžném životě setkáváme stále častěji. Na obrázku 10 můžeme vidět vývoj počtu registrovaných vozidel v ČR (5 592 738 v roce 2017). Podle ČSU (2020) měla Česká republika v roce 2017 10 579 526 obyvatel. Vydělením těchto dvou čísel zjistíme, že na jednoho obyvatele ČR včetně novorozenců i seniorů v roce 2017 připadá 0,53 automobilu.



Obrázek 10 Počty registrovaných OA v ČR (UAMK, 2018)

Z uvedeného obrázku 10 lze sledovat vzestupnou tendenci počtu registrovaných vozidel na území ČR. V současné situaci koronavirové krize se dá předpokládat nepatrné zploštění křivky růstu, ale do budoucna bude podle predikce na obrázku 11 následovat bezpochybně další růst. V roce 2030 by se mohla hodnota dostat k hranici sedmi milionů registrovaných osobních vozidel v ČR.



Obrázek 11 Predikce vývoje počtu registrovaných osobních vozidel v ČR (UAMK, 2018 upraveno autorem)

Obrázek 11 udává odhad vývoje počtu registrovaných vozidel do roku 2030. Interval spolehlivosti byl stanoven na 95 %.

Silicím problémem nejenom velkých měst jsou nedostatečná parkovací místa. Tyto problémy jsou řešeny úpravou stávajících komunikací, hledáním nových parkovacích ploch, restrikcemi a poplatky za parkování, stavbou podzemních nebo patrových parkovacích domů, neboť plošná kapacita měst není nekonečná a aut stále přibývá. Při hledání parkovacího místa se značně zvyšuje dopravní zátěž města. Dochází ke zvýšení úrovně hluku a větší spotřebě pohonných hmot.

Při masovějším nástupu autonomních vozidel by mohlo dojít ke scénáři, že při snaze o ušetření peněz za parkování nebo při nedostatečné kapacitě parkovacích míst v dané oblasti by autonomní vozidla jezdila po dané oblasti bez smyslu a bez přepravovaných osob, než by je zase uživatel přivolal a nechal se přepravit jinam. Toto by jednoznačně neeliminovalo problémy s kongescemi ani s dopadem na životní prostředí (zbytečná spotřeba elektrické energie, emise vznikající otěrem pneumatik apod.).

2.14 Sdílení autonomních vozidel

Jedním z přípustných řešení problémů s kongescemi a parkováním by mohlo být sdílení vozidel mezi více uživateli. Změnilo by se tak pojetí dnešního vnímání z pohledu vlastnictví vozidla. Zavedení sdílení autonomních vozidel by vedlo k razantnímu úbytku potřebných dopravních prostředků na zlomek současného stavu. Podle Bureše (2019) se sdílení automobilu v ČR rozšiřuje už v dnešní době. Nejedná se o autonomní automobily ale o klasické, řízené vozy. Bureš (2019) dodává, že tyto služby fungují primárně na území hlavního města Prahy. Existuje několik poskytovatelů sdílených vozidel, někdo nabízí výhradně elektromobily, jiní zase cílí na studenty a zaměstnance univerzit konstatuje Bureš (2019).

2.15 Emise, životní prostředí

Za předpokladu stále stupňujících se nároků EU na snižování emisí bude nástup autonomie doprovázet i změna pohonu vozidel. Příchod alternativních pohonů, kterými jsou elektrická energie nebo vodík by mě tyto emise do značné míry omezit. V případě využití elektropohonu se jedná o eliminaci lokálních emisí, neboť se nedostávají do ovzduší v místě průjezdu vozidla, ale v místě výroby elektrické energie.

Emise však nevychází pouze z výfuků, dalším typem jsou tzv. „nevýfukové“ částice. Tyto částice vznikají z brzd, pneumatik nebo vířením prachu kolem komunikací. Podle Bendla (2011) se hmotnost jedné pneumatiky osobního auta v průběhu její životnosti zmenší v průměru o 1 až 1,5 kg. Dále dodává, že se část vetře do komunikace, ale větší část se přemění

na prachové částice různé velikosti a že s rostoucí rychlostí vozidla vzniká z pneumatik více částic. Čím menší částice, tím hůře, neboť částice pod 10 mikrometrů pronikají do dýchacích cest a částice menší než 2,5 mikrometru se dostanou až do plicních sklípků, kde se mohou vstřebávat do krevního oběhu, dodává autor. Kolman (2020) tvrdí, že podle firmy Emissions Analytics může být znečištění způsobené otěrem pneumatik a brzd až 1000x horší než to, které produkuje výfuk spalovacího motoru automobilu. Také dodává, že trend těžkých SUV s většími pneumatikami tento problém prohlubuje ještě více.

Při provozu vozidel na pozemních komunikacích dochází také k obrušování brzdových destiček, kotoučů a brzdových bubnů. Podle Bendla (2011) je průměrný otěr brzdového obložení u osobního vozidla 10 až 20 mg/km, u lehkých nákladních vozidel 30 mg/km a u těžkých nákladních automobilů až 80 mg/km.

Velkým problémem je také otěr vozovek vznikající při jízdě vozidla. Bendl (2011) uvádí, že velké problémy vytváří zimní obutí se hřeby, např. v Helsinkách, kde se toto obutí užívá i v době, kdy není vozovka pokrytá ledem či sněhem. Bendl (2011) dále sděluje: „*Otěry však překvapivě vznikají i působením relativně měkké pneumatiky o menší tvrdosti na povrch vozovky. Při adhezi a valení vzorku pneumatiky totiž vzniká vzdušné proudění, a to až s nadzvukovou rychlostí (slyšíme je jako hluk pneumatik), proniká do mikropórů povrchu komunikace, a rovněž tlakové vzdušné mikrorázy (Machova diskontinuita) rozrušují vlastní materiál silnice spolu s tlakovým působením hmotnosti celého vozidla (vytlačování kolejí, hnětení a rozpraskání živičného povrchu).*“ Dodává, že rozptyl intenzity otěrů komunikací je značný, neboť se může u osobních automobilů pohybovat v rozmezí od 4 do 150 mg/km, u těžkých užitkových vozidel od 20 do 750 mg/km.

Dále se domnívá, že pokud se budou výfukové emise snižovat, tak budou emise z otěrů v celkových emisích z dopravy stále větší podíl, to znamená, že pro snížení zdravotních rizik je potřeba se zaměřit na rizikové látky, které se otěry uvolňují do ovzduší.

Tvorbu otěru lze eliminovat také úpravou stylu při řízení vozidla. Při ekologické jízdě může vyspělý řidič snížit vyprodukované emise o 10 až 20 %.

2.16 Shrnutí

Ze druhé kapitoly vyplývají následující závěry:

- Mezi překážky rozvoje můžeme zahrnout tyto druhy: technické, společenské a legislativní, které v současné době omezují rozvoj a nástup autonomní mobility nejvíce.

- Jednotliví výrobci automobilů jsou již vybaveni technologiemi, které by byli schopni implementovat do svých vozidel (jedná se o radary, lidary, senzory a kamery).
- Autonomní mobilita bývá často spojována s elektromobilitou. Z tohoto důvodu se bude zvyšovat poptávka po elektrické energii. Nároky také vzrostou v oblasti distribuce el. energie, kterou zakončují dobíjecí stanice. Ty jsou v dnešní době málo výkonné, a tudíž je čas dobíjení vysoký. Počet dobíjecích stanic by byl k většímu nástupu elektromobilů nedostatečný.
- Stále stoupající počet vozidel může být hrozbou. Parkování vozidel je problémem již v dnešní době a pokud se podle prognózy do roku 2030 počet vozidel v ČR přiblíží 7 mil. bude třeba vykonat určitá opatření.
- Tlak na snižování emisí vypouštěných spalovacími motory. A opomíjené „nevýfukové“ emise, které vznikají otěrem pneumatik o vozovku a také obrousováním brzdových kotoučů, destiček a bubnů. Tyto emise však nejsou regulovány, a přitom je jich násobně více než emisí vypuštěných z výfuků.
- Značné omezení chodu ekonomiky z důvodu koronakrize a tím i zpomalení vývoje a výzkumu v oblasti autonomních vozidel.
- Nutnost minimalizace nehod způsobených autonomními vozidly, které mají za následky lidské životy.

3 ZHODNOCENÍ VÝVOJE A NÁVRH OPATŘENÍ K ELIMINACI PŘEKÁŽEK PRO ROZVOJ A UPLATNĚNÍ AUTONOMNÍ MOBILITY

Rozvoj autonomní mobility k pátému stupni (plně autonomní jízdě) čeká rozhodně dlouhá cesta, jestli vůbec bude tato úroveň dosažena. Lze však za pomoci příslušných opatření na jednotlivých úrovních eliminovat překážky k rozvoji alespoň částečného autonomního řízení.

3.1 Informovanost veřejnosti

Nové technologie v lidech mohou vzbuzovat odpor, obavu a nedůvěru. Tomu je třeba zamezit včasnou osvětou o problematice autonomní mobility. Je třeba šířit povědomí o tom, co je to autonomní mobilita a že se jí s největší pravděpodobností alespoň v částečné míře nevyhneme. Je důležité veřejnosti představit výhody a také rizika která mohou nastat při aplikaci autonomní mobility, aby se obyvatelé mohli rozhodnout o užívání této technologie. Dnešní společnost má totiž problém s ověřováním pravosti informací, proto by měl tento blok informací přicházet od důvěryhodné instituce.

Autor navrhuje tyto informace šířit prostřednictvím televizních spotů, či novinových článků, neboť toto jsou, pro dříve narozené, vyhledávaná média. Mladší lidé mohou čerpat tyto informace z webu či sociálních sítí. Povědomí o autonomní mobilitě by bylo třeba šířit i v autoškolách, reagovat na postupný vývoj v oblasti automobilového průmyslu a podle toho také příslušně upravit průběh výcviku v autoškolě. Jako příklad lze uvést, že pokud by v budoucnosti byla všechna vozidla vybavena automatickou převodovkou, tak ztrácí smysl žáky učit řídit vozidla s převodovkou manuální apod.

3.2 Výzkum a vývoj

Nedílnou součástí rozvoje autonomní mobility je výzkum a vývoj v této oblasti. Mělo by být zájmem ČR se angažovat v otázkách autonomní mobility se sousedními státy kterými jsou například Německo a Rakousko a usilovat o navázání spolupráce z důvodu vytvoření nových oblastí výzkumu v ČR. Součástí by měla být také spolupráce se státy mimo Evropu, kterými jsou USA, Čína apod. Tyto spolupráce by také mohly posílit pozici ČR v oblasti autonomního řízení. Autor navrhuje posílit také tyto oblasti:

- Informovanost okolních států, upozornit na možnost zahraničních subjektů testovat autonomní vozidla v ČR

- Vytvořit fond na dlouhodobé financování výzkumu a vývoje v oblasti autonomní mobility
- Více angažovat do výzkumu a vytváření nových myšlenek střední a vysoké školy

3.3 Opatření v úrovni technických překážek

Technické překážky jsou jedním z druhů, které je třeba eliminovat příslušnými opatřeními. Autor dále rozděluje tyto překážky do jednotlivých bodů, popisuje problematiku a nastiňuje možná řešení těchto problémů.

3.3.1 Síť silnic

Pro silniční síť v ČR je nutné, aby byly komunikace řádně označeny vodorovným i svislým dopravním značením. Dále autor doporučuje zvýšit úroveň kvality silnic a dálnic z pohledu celistvosti povrchu, aby nenastala situace, při které nebude autonomní vozidlo schopno například zaregistrovat výtluku na silnici (může nastat při kombinaci deště a slunce), výmol se zaplní vodou a sluneční paprsky odrážející se od povrchu vozovky mohou zabránit systému detekovat tuto překážku. Po vjetí do takového výmolu by mohlo dojít k poškození vozidla či ke ztrátě kontroly řízení a ke smyku, kterému by systém autonomního řízení nemusel být schopen zabránit. Stejný problém může nastat po zašpinění čidel, senzorů či kamer. Autor tedy dále navrhuje systém na bázi ostřikovačů, který by byl schopen dané nečistoty odstranit (dnes se používají např. ostřikovače světlometů vozidel). Druhou variantou by byla kontrola senzorů a čidel uživatelem vozidla. Ten by mohl dostávat v daných intervalech pokyn k tomu, že má obejít vozidlo a zkontrolovat stav příslušných senzorů a kamer.

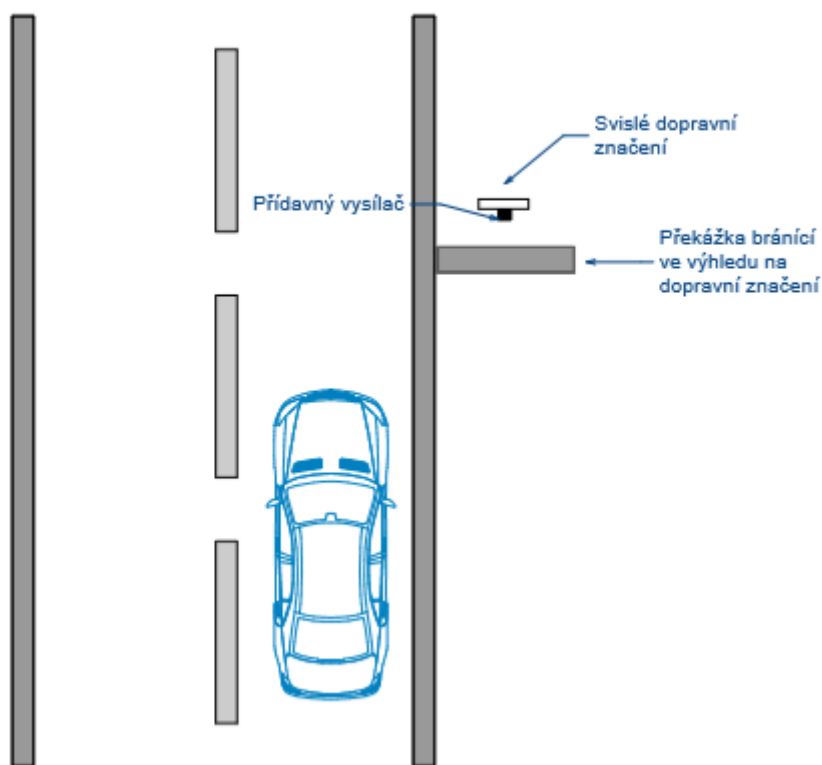
Předpoklad fungování autonomních vozidel je také ten, že budou tyto automobily mezi sebou schopny komunikovat, nelze aplikovat autonomní dopravu bez propojení jednotlivých „článků“ v této oblasti. Může však nastat výpadek sítě zprostředkovávající komunikaci mezi vozidly. Vozidla by tedy mohla být dočasně nadále v činnosti, aby nedošlo ke kolapsu dopravní sítě. Autor v tomto případě ale navrhuje učinit vybraná omezení, aby se nesnížila bezpečnost. Mezi takové omezení může patřit dočasné snížení nejvyšší povolené rychlosti. Dále by bylo nutné o výpadku sítě a přechodu do „off-line“ režimu informovat i posádku vozidla, aby nebyla překvapena zmíněnou nižší cestovní rychlostí apod.

3.3.2 Značení (vodorovné, svislé)

S příchodem autonomních vozidel (od 3. stupně) se nedá předpokládat úplná změna a digitalizace systému dopravního značení. Bylo by však vhodné, s postupným příchodem

autonomní mobility také začít postupně budovat platformu, která by značení pro tyto typy vozidel podporovala. V současnosti a blízké budoucnosti však budou vozidla schopna rozeznávat a číst dopravní značení a podle toho tak uzpůsobovat styl jízdy. Je tedy nutné stanovit pravidla pro umístění značek.

Bylo by žádoucí mít i alternativní formu značení, kterou by moderní technologie ve vozidlech byly schopny přijmout a zpracovat. To by bylo užitečné např. v případě vychýlení značky, nebo pokud by značka byla zarostlá vegetací, či by se před ní postavilo vozidlo, které by znemožnilo přímý kontakt se značkou (znázorňuje obrázek 12). Tento problém se může vyskytnout zejména při umístění přenosného svislého dopravního značení, které nemusí být umístěno přesně tak, jak by zrovna umělá inteligence potřebovala, pro správné vyhodnocení (příliš nízko, velký sklon apod.). Dále je nutné udržovat v odpovídající kvalitě značení vodorovné, zejména v místech rozdělování pruhů (který pruh je průběžný, který odbočovací apod.)



Obrázek 12 Čtení dopravních značek (Autor)

Obrázek 12 popisuje situaci, kdy k přečtení dopravní značky brání vozidlu překážka. V tomto případě je svislé dopravní značení opatřeno vysílacím zařízením, které by do určité vzdálenosti umožnilo komunikaci s projíždějícím vozidlem (vybavené kompatibilním přijímačem) a tím mu předalo informaci, která je vyobrazená na značce. Pokud by tam bylo

omezení rychlosti, tak vozidlo, aniž by bylo fyzicky schopno dopravní značku rozpoznat, by upravilo rychlost podle značení a tím by se dalo předcházet nehodám.

Další oblastí je proměnné dopravní značení, které je využíváno především na dálnicích. Tyto značky mohou zobrazovat vše potřebné co stávající situace vyžaduje. V návaznosti na autonomní mobilitu a typ komunikace V2I (komunikace mezi vozidly a infrastrukturou) by tyto značky mohly komunikovat přímo s autonomními vozidly a obráceně by také vozidla mohla dodávat data, která by pak mohla být zobrazována na dané značce. Například údaje o hustotě provozu.

3.3.3 Mapové pokrytí

Nedílnou součástí spolehlivé a bezpečné funkce autonomních vozidel jsou také mapové podklady. Ty musí být vyhotoveny s co největší přesností a být pravidelně aktualizovány. Tyto podklady by podle autora měly obsahovat nejen přehled komunikací, ale také další součásti, jako jsou např. svodidla, ostrůvky pro přecházení chodců, přechody pro chodce, chodníky, vyznačená parkoviště, lampy veřejného osvětlení případně i zvýšené nebezpečí výskytu zeleně bránícího rozhledu do křižovatky apod. Dále podle návrhu autora by měla autonomní vozidla umět porovnávat tyto mapové podklady s aktuální situací a mít možnost průběžné aktualizace na základě „naskenovaných“ údajů. Pro sběr dat je nutné vytvořit novou samostatnou platformu, do které by se postupně začaly zadávat údaje o všech komunikacích a jejich vybavení.

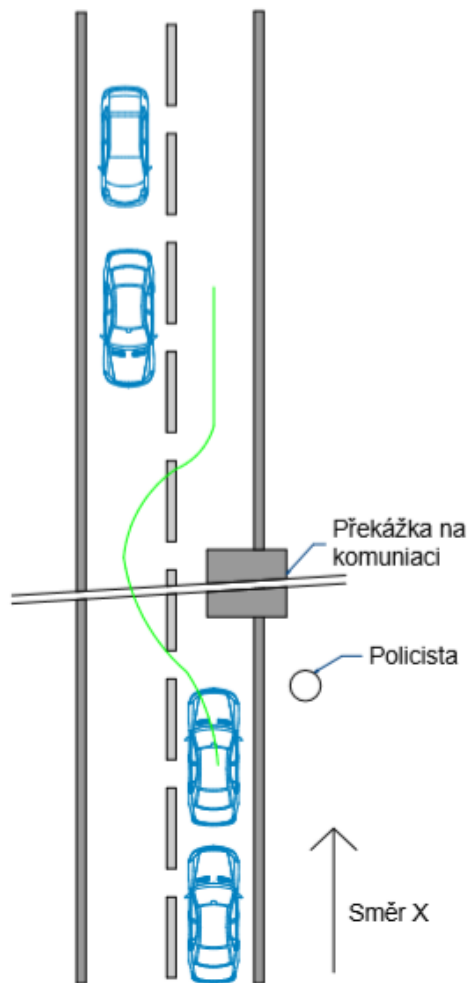
3.3.4 Datová síť

Pro funkci a možnost komunikace všech systémů dopravní infrastruktury je také nezbytnou součástí stabilní a rychlá datová síť. Zejména při dálničních rychlostech je rychlost odezvy velmi důležitá, neboť rozhodování ve vysokých rychlostech je potenciálně více nebezpečné než při provozu v obci. V současné době má většina našeho území pokrytí sítěmi 4G LTE. V budoucnosti nastane přechod k sítím 5G. Podle CTU (2020) bude hlavním přínosem těchto sítí změna užívání stávajících zařízení, 5G sítě disponují kapacitou propojit tisíce těchto zařízení v jeden okamžik a otevírají tím prostor k vývoji nových služeb. Autor tedy navrhuje podporovat přechod k sítím páté generace, aby mohla být postupně zajištěna bezproblémová komunikace mezi vozidly navzájem a mezi vozidly a dopravní infrastrukturou.

3.3.5 Řízení provozu

Řízení provozu v nenadálých situacích (dopravní nehoda, uzavírka, objížďka) se bude s příchodem autonomní mobility muset rozšířit o další složku. Tou by měla podle autora být

online komunikace mezi vozidly, infrastrukturou a také mezi osobou, která bude danou situaci řídit. Na obrázku 13 můžeme vidět návrh možného řešení situace, kdy se na komunikaci stala například dopravní nehoda nebo do jednoho jízdního pruhu zasahuje spadlý strom apod.



Obrázek 13 Řešení překážky na komunikaci (Autor)

Obrázek 13 popisuje situaci, kdy se na komunikaci vyskytla překážka. Tato varianta návrhu spočívá v řízení autonomních vozidel policistou, který bude vybaven výpočetním zařízením (tablet), skrz který bude schopen komunikovat s autonomními vozidly a řídit tím dopravu. Tento systém by podle autora mohl pracovat na principu Wi-Fi, nebo případně komunikovat přes 5G síť.

Policista by zakreslil objízdnu trasu ve směru X ve svém tabletu do přesných aktuálních map (na obrázku znázorněno zelenou křivkou), tato křivka by pak dočasně sloužila jako osa průjezdu pro automobily jedoucí ve směru X. Pomocí dané technologie by se tento pokyn dostal do jednotlivých vozidel stojících v kongesci. Tato vozidla by pak informovala ostatní automobily přijíždějící k tomuto dopravním omezení a vozidla dostatečně vzdálená by

mohla využít objízdne trasy, aby se v místě omezení zamezilo zvětšování kolony. Z opačného směru by se jízda v úseku dopravního omezení nezměnila a policista by pouze potvrdil prostřednictvím tabletu, že vozidla pojedou ve svém jízdním pruhu, jako by projela za standartní situace. Poté by nastavil časovač, díky kterému by jela danou dobu jedna strana a poté strana druhá, přičemž vozidla jedoucí ve směru X by plynule objížděla překážku po stanovené křivce. Systém by také uměl dynamicky reagovat na počet vozidel z jednotlivých stran a podle toho upravit časové intervaly pouštění v jednotlivých směrech.

Neboť v následujících letech a nejbližších desetiletích nebude zastoupení autonomních vozidel 100%, budeme se v běžném provozu stále setkávat s vozidly řízenými lidmi, pro které budou muset platit stejná pravidla, jak je tomu dnes. Souběžně s výše uvedeným systémem by tedy muselo fungovat např. značení semaforem, které by bylo pro řidiče a jejich neautonomní vozidla.

Dalším bodem je zavedení zařízení, schopného rozpoznat policistu pro případné řízení křižovatky z důvodu opravy světelného signalizačního zařízení apod. Nastávají situace, které je nutné řešit zásahem lidského činitele (řízení křižovatky). V tomto případě autor navrhuje, aby měl policista nebo osoba oprávněná k řízení provozu ve svém oděvu speciální čip, který by dokázalo přibližující se vozidlo načíst a přešlo tak do režimu, ve kterém by bylo schopné pomocí kamer rozeznat příkazy policisty. Tyto příkazy by musely být jasně definované a nahrané v systémech všech vozidel totožně, aby nemohlo dojít k nedorozumění nebo záměně. Příslušný policista nebo pověřená osoba by pak byla proškolená o všech pokynech, které jsou akceptovatelné s autonomními vozidly. Případně by se to dalo kombinovat se situací vysvětlenou na výše zmíněném obrázku 13.

Další variantou by bylo řízení provozu bez fyzické přítomnosti osoby oprávněné řídit provoz. Autor se zamýšlí nad návrhem, kdy by měl určitý operátor ve svém středisku na starost danou část města, kterou by prostřednictvím kamerových záznamů a dat shromažďovaných z vozidel spravoval. Také by měl oprávnění řešit situace, jakými jsou dopravní nehody apod. A to vše pouze online, na dálku, příkazy pro jednotlivá autonomní vozidla.

3.3.6 Návrh parkování

Pro autonomní vozidla nejvyššího stupně by bylo vhodné vybudovat oddělená parkoviště (výstavba nových nebo rekonstrukce stávajících parkovišť) neboť při parkování autonomního vozidla lze na parkovacím místě ušetřit až 20 %. Důvodem je to, že není potřeba otevřít dveře při parkování, a tak lze vedle sebe vozidla parkovat těsněji bez hrozby jakéhokoliv

poničení při otevírání dveří apod. Uživatel vozidla by ho opustil na příslušném místě a o vše ostatní už by se autonomní automobil postaral sám.

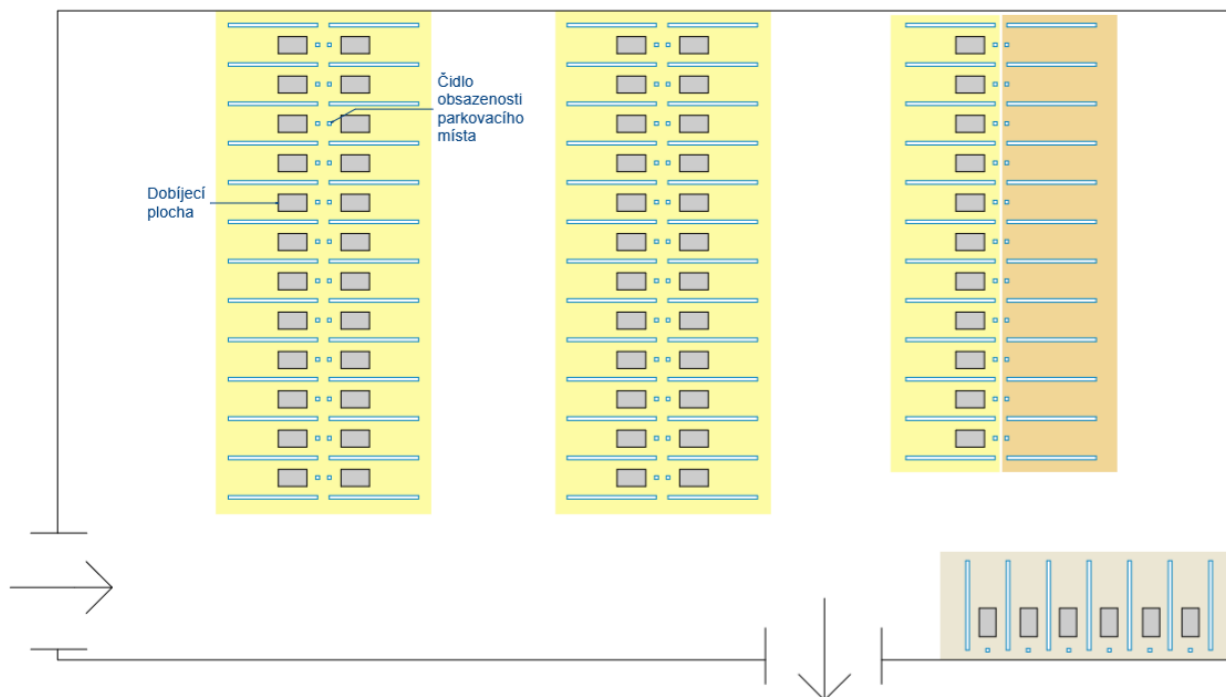
3.3.7 Návrh dobíjení

Při zaparkování autonomního vozidla, které bude s největší pravděpodobností poháněno elektrickou energií by bylo žádoucí nabíjení akumulátorů. Autor navrhuje parkoviště, které by bylo rozděleno do dvou částí. V menší části by byly pouze parkovací místa bez nabíjení pro případ kdy by vozidlo jelo pouze krátkou vzdálenost a baterie by byly téměř plné. V druhé části by byla parkovací místa vybavena v podlaze indukčním nabíjením. Každé parkovací místo by obsahovalo čidlo, které by v systému zobrazovalo, zda je volné či obsazené a podle toho by se příjíždějící vozidla mohla rozhodnout, kde zaparkovat. Při zaparkování by započalo nabíjení baterie a po skončení nabíjení by byla vypořádána platba za spotřebovanou energii. Transakce by proběhla z nahané platební karty, či předplacené karty určené k dobíjení a parkování. Výše sumy by byla oznámena majiteli vozidla prostřednictvím aplikace v chytrém telefonu a on by následně autorizoval transakci a platba by byla provedena.

Bylo by třeba také uvažovat o případě, kdy by se kapacita parkoviště naplnila. Autonomní vozidla by byla poslána vyhledat jiné parkovací možnosti, mohla by však nastat situace, že by bylo poblíž autonomní vozidlo, které už nemá dostatek energie v akumulátorech na další jízdu. V této situaci je nutné přidat ještě třetí typ parkovacích míst. Tato místa jsou nazvána autorem jako tzv. nouzové parkování. Tato místa by byla vybavena bezdrátovým nabíjením, ale nebyla by dostupná pro každé vozidlo. Pouze pro vozidla, která by měla kapacitu baterie nižší než např. 15 %. Poté by byl umožněn vjezd tomuto vozidlu na nouzové stání, kde by setrvalo pouze po dobu částečného nabití a pokud by se za dobu nabíjení neuvolnilo standartní parkovací místo, vozidlo by po provedení platby za nabití opustilo areál parkoviště a vydalo se hledat jinam.

Z ekonomického hlediska by byly bezdrátové nabíjecí prvky v podlaze instalovány pouze v části parkovacího místa. To by rozhodovalo o způsobu zaparkování vozidla, v závislosti na tom, jestli má plochu určenou k dobíjení v přední nebo v zadní části automobilu.

Celý online systém by byl napojen a komunikoval by s ostatní infrastrukturou pomocí 5G sítí.



Obrázek 14 Schéma návrhu parkoviště (Autor)

Obrázek 14 popisuje řešení parkoviště pro autonomní vozidla. Parkovací místa ve žluté oblasti jsou vybavena dobíjecí plochou integrovanou v podlaze. Hnědý pás parkovacích míst vpravo je určen pro parkování autonomních vozidel na jiný než elektrický pohon či pokud automobily nevyžadují dobítí. Poslední typ parkovacího místa je na obrázku vpravo dole (šedý pás). Tyto místa slouží k výše zmíněnému nouzovému parkování, kde bude pouze provedeno částečné dobítí, aby bylo vozidlo schopno vyhledat jiné parkovací prostory. Všechna parkovací místa jsou opatřena čidlem, které je schopno rozlišit, zda je místo zaplněné či nikoliv. To slouží k výpočtu obsazenosti parkoviště.

Tato parkovací místa s bezdrátovým nabíjením by podle autora měla být rozmístěna také v centrech měst a lokalitách, kde se nachází například restaurace, obchodní domy apod. aby se například při návštěvě obchodu mohl akumulátor vozidla alespoň částečně dobít.

3.4 Opatření v úrovni společenských překážek

Mezi opatření v úrovni společenských překážek patří především etické hledisko. Postupné nasazování autonomní dopravy bude vyvolávat nejrůznější otázky etického zaměření. Například rozhodování vozidla v krizových situacích. Zda bude upřednostňovat bezpečnost posádky vozidla, či bude řešení nenadálé situace vést k tomu, aby bylo ohroženo co nejméně životů, upřednostnění mladších před staršími apod. Všechny tyto aspekty by měl řešit etický kodex. Tento kodex by měl být také vázán na příslušnou legislativu. Do čtvrté úrovně řízení by

podle autora měl nést veškerou odpovědnost řidič, neboť pokud tento systém není zcela vyspělý a soběstačný, pak role řidiče bude stále aktuální.

Problémem ve společnosti může také být shromažďování dat o všech vozidlech a jejich cestách. To by někteří mohli vnímat jako možnou hrozbu ztráty soukromí při cestování. Tato databáze by tedy musela mít vysokou úroveň zabezpečení, aby nemohlo dojít ke krádeži nebo zneužití těchto dat. Útočník by například mohl ze získaných dat vysledovat, že konkrétní rodina nyní odjíždí na dovolenou a následně by mohl vykrást byt apod. Z tohoto důvodu autor navrhuje vyvinout systém na obdobném principu, na kterém pracuje Blockchain. Blockchain je v současné době rozvíjející se technologie, která funguje na decentralizovaném principu v oblasti kryptoměn. To znamená, že záznamy dat jsou chráněny proti neoprávněnému zneužití z vnějšího okolí. Tato technologie skýtá veliký potenciál a mohla by být různě modifikována pro odlišné potřeby.

3.5 Opatření v úrovni legislativních překážek

Je žádoucí úprava právních předpisů. Je nutné mimo osoby jako řidiče vozidla také zavést pojem, který bude akceptovat samotnou „věc“ jako součást provozu na pozemních komunikacích. Dále by bylo třeba definovat povinnosti a práva provozovatelů i majitelů autonomních vozidel. Je nutné také iniciovat a podílet se na změnách Vídeňské úmluvy o silničním provozu.

3.6 Shrnutí

V této části jsou shrnuty nejdůležitější body, které by bylo vhodné vyzdvihnout v rámci eliminace překážek autonomní mobility:

- Je nutné včasně, objektivně, pravdivě informovat veřejnost o autonomní mobilitě. Sdílet výhody, ale také úskalí, která mohou autonomní vozidla doprovázet. Informace by měly přicházet z důvěryhodných zdrojů.
- Podstatnou složkou rozvoje je také výzkum a vývoj v této oblasti. Je třeba se zaměřovat a oslovovat zahraniční státy. Také je žádoucí zapojovat do výzkumu mladé lidi ze středních a vysokých škol, umožnit jim participaci na nejrůznějších projektech.
- Při budování nových komunikací kalkulovat s vybavením nutným pro budoucí provoz těchto vozidel. Zajistit tak alespoň stavební připravenost této infrastruktury.
- Vyvíjet a testovat moderní svislé dopravní značení opatřené vysílačem, které umožní rozpoznat dopravní značku i pokud je zakryta překážkou.

- Stanovit přesné požadavky na digitální mapy pro autonomní mobilitu. Koordinovat tyto požadavky se zahraničím, aby byla zajištěna kontinuita s okolními státy. K průběžné aktualizaci mapových podkladů by přispívala sama vozidla jejich shromažďovanými daty.
- Nutnost iniciovat přechod na síť páté generace. Ty budou kvalitním základem pro komunikační rozhraní mezi vozidly a infrastrukturou.
- Vedle stávajících způsobů řešení dopravních omezení také budovat automatizované řízení dopravních nehod policistou, nebo z řídicího střediska (na dálku). Tato osoba by měla oprávnění na dočasné snížení maximální povolené rychlosti apod. Naučit vozidla rozpoznat pokyny osoby oprávněné k řízení dopravy.
- Budování parkovišť, která mohou při stejné zastavěné ploše mít větší kapacitu.
- Vývoj a výzkum technologií umožňující bezdrátové dobíjení autonomních elektromobilů.
- Vypracovat etický kodex, který popíše řešení etiky autonomních vozidel a jejich chování v krizových situacích.
- Zajistit bezpečnou, nenapadnutelnou platformu pro sběr a uchovávání dat z jízd a chování autonomních vozidel.
- Podílet se na změnách Vídeňské úmluvy o silničním provozu, řešit otázky autonomní mobility na úrovni EU.

3.7 Dopravní politika České republiky pro období 2021-2027 s výhledem do roku 2050

Na základě dokumentu poskytnutého vedoucím práce doc. Ing. Ivem Drahotským, Ph.D., *Dopravní politika České republiky pro období 2021-2027 s výhledem do roku 2050* lze popsat následující. Udržení mobility v ČR v budoucnosti závisí na nepřeberném množství aspektů. Uvedený dokument definuje mobilitu takto: „*Mobilita je realizace vazeb pomocí fyzického pohybu mezi místy, důležité jsou potřeby po mobilitě. I v tomto případě je možné ovlivňovat potřeby po mobilitě tak, aby byla co nejmenší. Lze ji ovlivňovat např. vhodnými nástroji plánování rozvoje města. Příkladem může být humanizace veřejného prostoru, která sníží potřeby cestovat za příznivým prostředím z důvodů relaxace. Hranice mezi mobilitou a přístupností není ostrá a oba pojmy se do značné míry překrývají.*“

Mobilitu v osobní dopravě ovlivňuje HDP, neboť s jeho růstem roste i životní úroveň obyvatel, to se pak projevuje vyšší mobilitou, především ve volném čase. Opatření v této oblasti nejsou v kompetenci pouze dopravní politiky. Týkají se širší hospodářské politiky státu. Je třeba

se zaměřovat na využití nových forem práce a minimalizovat dojíždění. Další oblastí je účelné a funkční budování a rozvíjení měst, aby nové projekty generovaly nižší potřebu po mobilitě.

V nákladní dopravě se jedná o vztah mezi cenou dopravy a ostatních článků logistického řetězce. S nárůstem internetového obchodování narůstá i mobilita. Rozvážkové přepravy zboží běžné spotřeby je nutné zefektivnit z těchto důvodů:

- na rozdíl od veřejné hromadné dopravy osob, která je ve městě organizována a optimalizována (linkové vedení, jízdní řády, přestupy, informační systémy, vyhledávače spojení atp.), jde o neorganizovaný a neoptimalizovaný, v zásadě chaotický systém s řadou protisměrných přeprav a prázdných jízd,
- na rozdíl od veřejné hromadné dopravy osob, která je z podstatné části bezemisní a nízkoemisní (metro, tramvaje, trolejbusy, elektrobusy), jsou k přepravě zboží vesměs používány emisní automobily.
- poměr přepravní práce (netto tkm) a dopravní práce (brutto tkm) je velmi nízký, často pod 1 % (automobil o hmotnosti v řádu tun přepravuje zboží o hmotnosti jednotek kg, zatím co v dálkové dopravě je to kolem 50 %)

Automatizované a autonomní řízení již v dnešní době představuje pro ČR dynamicky se rozvíjející oblast, která je v součtu s automobilovým průmyslem příležitostí k posílení konkurenceschopnosti a dalšímu vývoji dopravy jako celku. Mezi další související prvky související s autonomní mobilitou můžeme zařadit mobilní služby, budování chytrých měst a regionů, internet věcí (IoT), umělou inteligenci apod.

Mezi další oblast, která je důležitou součástí pro bezpečnou a funkční autonomní mobilitu v budoucnosti patří kosmické aktivity. Tato oblast souvisí zejména s následujícími systémy:

- družicová navigace (doprava, letectví, nová řešení pro žel. dopravu a MHD, nezbytné pro ITS, drony, podmínka pro autonomní mobilitu)
- družicová telekomunikace (logistika, vodní a letecká doprava, nový způsob řízení letového provozu)
- pozorování Země (předpověď počasí, plánování liniových staveb, monitoring dopadů dopravy na životní prostředí)

Tento oddíl (3.7) popisuje informace, které byly čerpány z dokumentu „*Dopravní politika České republiky pro období 2021-2027 s výhledem do roku 2050*“. Nastiňuje rozsáhlost problematiky udržení mobility a popisuje vybrané body s ní spojenou.

ZÁVĚR

Autor se v této práci zaměřil na otázku autonomní mobility a s ní spjaté překážky bránící dalšímu rozvoji. Tato práce je rozdělena do třech částí.

V první části byl shrnut současný stav autonomní mobility. Autor zde popisuje historický vývoj, dále také vysvětluje úroveň automatizace autonomních vozidel, zaobírá se také testováním autonomních vozidel na území České republiky. Také zmiňuje přínosy a úskalí doprovázející autonomní mobilitu. Také líčí a vysvětluje, jaké vozidlové systémy a technologie jsou pro tato vozidla nepostradatelné. Dále popisuje to, že při představě pojmu autonomních vozidel se nejedná pouze o vozidla osobní. Tento pojem zasahuje také do oblasti nákladní dopravy, hromadné dopravy či dokonce do oblasti jednostopých vozidel. V první části také autor nastiňuje dopravní nehody, které jsou s autonomní mobilitou spojeny.

V druhé části práce se autor zaměřuje na překážky pro uplatnění autonomní mobility, rozebírá také vizi, která může v daleké budoucnosti nastat. Poté popisuje vybrané společnosti a jejich známé systémy a funkcionality. Autor se také zmiňuje o elektromobilitě, která bude s největší pravděpodobností doprovázet nástup autonomních vozidel a podrobně rozebírá energetickou síť a také zkoumá časové hledisko nabíjení baterií. Dále autor upozorňuje na fakt vypouštěných emisí a porovnává emise, které produkují spalovací motory s emisemi způsobenými otěrem pneumatik a brzdových komponent.

V poslední části autor uvádí návrhy, které by mohly eliminovat překážky rozvoje autonomní mobility. Dodává, že mezi zásadní body patří například i informovanost veřejnosti, která musí být včasná a z důvěryhodných zdrojů. Také dodává, jaké volí kanály pro přenos informací pro jednotlivé skupiny obyvatelstva. Dále jsou navrhována opatření v úrovni technických překážek. V této části autor navrhuje systém řízení v případě nehod a nenadálých situací na komunikaci. Také se zabývá návrhem centrálního řízení určité části města odpovědným pracovníkem. Dále schematicky řeší možnost parkování a dobíjení autonomních vozidel. Také navrhuje systém rozeznávání svislých dopravních značek, který by fungoval i v případě, že by značka byla zakryta jakoukoliv překážkou. Popisuje také etické hledisko, které je další nezanedbatelnou součástí celého souboru autonomní mobility a vyzdvihuje nezbytnost tvorby etického kodexu, který bude řešen jak na úrovni České republiky, tak na evropské úrovni.

Závěrečný oddíl (3.7) popisuje na základě podkladu „*Dopravní politika České republiky pro období 2021-2027 s výhledem do roku 2050*“ problematiku udržení mobility. Snahou autora bylo zapracovat aktuální dění v oblasti dopravní politiky.

Cílem této práce je návrh jednotlivých opatření vedoucích ke zlepšení rozvoje a uplatnění autonomní mobility.

Autonomní mobilita je velký fenomén dnešní doby. Cesta k aplikaci do běžných životů obyvatel je však, dle výše uvedeného, velmi dlouhodobá záležitost. Nedílnou součástí rozvoje bude také dostatek finančních prostředků, které by podpořily rozvoj a výzkum. Vzhledem k situaci, která nastala na přelomu roku 2019/2020 a rozšíření viru po celém světě a tím výraznému zpomalení ekonomiky z důvodu celoplošných restrikcí a s tím spojených výdajů se dá předpokládat, že nejen oblast vývoje autonomní mobility pocítí výrazné zpomalení. Zadlužení jednotlivých zemí jsou velmi vysoká a finanční prostředky s největší pravděpodobností nyní budou třeba v úplně jiných oblastech.

POUŽITÁ LITERATURA

- ACCOLADE, 2017. Accolade připravuje testovací polygon pro autonomní auta u Stříbra. *Accolade* [online]. [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://accolade.eu/aktuality/92/accolade-pripravuje-testovaci-polygon-pro-autonomni-auta-u-stribra>
- AKČNÍ PLÁN, 2019. Akční plán autonomního řízení. *Ministerstvo dopravy* [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.komora.cz/legislation/14-19-akcni-plan-autonomniho-rizeni-t-8-2-2019/>
- BASF. Mobility in the city of tomorrow. In: *Youtube* [online] 22.3.2016 [cit 2020-07-16]. Kanál uživatele BASF. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=znq46xf26mQ&feature=emb_title
- BENDL, Jiří, 2011. Jiří Bendl: To byste nevěřili, kolik emisí z ořerů pneumatik, asfaltu a brzd dýcháme. *Ekolist*. [online]. [cit. 2020-07-14]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/jiri-bendl-to-byste-neverili-kolik-emisi-z-oteru-pneumatik-asfaltu-a-brzd-dychame>
- BÍLEK, Petr, 2018. BMW představilo autonomní motocykl, jeho systémy by měly pomoci zabránit nehodám. *oTechnice* [online]. [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://otechnice.cz/bmw-predstavilo-autonomni-motocykl-jeho-systemy-by-mely-pomoci-zabranit-nehodam/>
- BUREŠ, David, 2019. Sdílení aut v Česku: Jaké modely lze půjčit? Kde? A kolik stojí? *Auto*. [online]. [cit. 2020-07-18]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/sdileni-aut-v-cesku-jake-modely-lze-pujcit-kde-a-kolik-carsharing-stoji-130648>
- CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU, 2020. Vznikl Katalog testovacích oblastí pro autonomní vozidla. *Centrum dopravního výzkumu*. [online]. [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/tisk/vznikl-katalog-testovacich-oblasti-pro-autonomni-vozidla/>
- CONTINENTAL, 2018. Elektroniky řízeno: Před 50 lety uvedla společnost Continental na start své první auto bez řidiče. *Continental* [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.continental.com/cs-cz/pro-m%C3%A9dia/tiskov%C3%A1-sd%C4%9Blen%C3%AD/automatizovan%C3%A1-j%C3%ADzda-152660>
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, 2020. Obyvatelstvo. *Český statistický úřad*. [online]. [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/obyvatelstvo_lide
- DOPRAVNÍ POLITIKA ČESKÉ REPUBLIKY PRO OBDOBÍ 2021-2027 S VÝHLEDEM DO ROKU 2050. Ministerstvo dopravy ČR, 2020.
- DUSIL, Tomáš, 2018a. Asi nejznámější nehoda Tesly: Reakce autopilota sekundu po sekundě. *Auto* [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/asi-nejznamejsi-nehoda-tesly-reakce-autopilota-sekundu-po-sekunde-123768>
- DUSIL, Tomáš, 2018b. Elektromobily a blízká budoucnost: Opravdu zkolabuje rozvodná síť? *Auto*. [online]. [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/elektromobily-a-blizka-budoucnost-opravdu-zkolabuje-rozvodna-sit-112974>

- FREI, Martin, 2020. Jak vyrobit ekoskandál: Otěr z pneumatik je prý tisíckrát horší než emise dieselu. *Aktuálně*. [online]. [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/jak-vyrobit-skandal-oter-z-pneumatik-je-pry-tisickrat-horsi/r~d9fd4d5a639a11eaaabd0cc47ab5f122/>
- IROZHLAS, 2020. Automobilka Škoda Auto obnovila po šesti týdnech výrobu. Fungovat bude ve dvousměnném provozu. *iRozhlas*. [online]. [cit. 2020-07-13]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/ekonomika/skoda-auto-automobilka-vyroba-provoz-obnova-koronavirus-odstavka-smeny_2004270733_tzr
- JANÍČEK, Přemysl et al., 2013. *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4127-7
- KOLMAN, Stanislav, 2020. Pneumatiky znečišťují prostředí 1000x víc než výfukové plyny, varuje studie. *Auto*. [online]. [cit. 2020-7-14]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/pneumatiky-znecistuji-prostredi-1000x-vic-nez-vyfukove-plyny-varuje-studie-133663>
- KOŠTA, Jiří, 2020. Autonomní autobusy Capri by mohly nahradit řidiče MHD. *eFORMULE* [online]. [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: <https://formulee.cz/autonomni-autobusy-capri-by-mohly-nahradit-ridice-mhd/>
- KOUBEK, Vilém, 2019. Bez řidiče na cestách: Autonomní kamion T-Pod testuje ostrý provoz. *100+1* [online]. [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: <https://www.stoplusjednicka.cz/bez-ridice-na-cestach-autonomni-kamion-t-pod-testuje-ostry-provoz>
- KPMG. Mobility 2030: Beyond transportation. In: *Youtube* [online]. 20.4.2017 [cit. 2020-07-16]. Kanál uživatele KPMG. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=4B7mZFU2sB4&feature=emb_rel_pause
- MÁRA, Ondřej, 2019a. Blíží se revoluce v řízení? Waymo se chce zbavit volantů i pedálů. *Auto*. [online]. [cit. 2020-07-21]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/blizi-se-revoluce-v-rizeni-waymo-se-chce-zbavit-volantu-i-pedalu-130914>
- MÁRA, Ondřej, 2019b. Mercedes-Benz spouští první plně autonomní parkovací systém. *Auto*. [online]. [cit. 2020-07-22]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/mercedes-benz-spousti-prvni-plne-autonomni-parkovaci-system-130271>
- MAREK, Antonín, 2019. První smrtelná nehoda autonomního vozu: Uber vyvázl bez trestu, kdo ponese vinu. *Auto Road*. [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://autoroad.cz/zajimavosti/95683-prvni-smrtelna-nehoda-autonomniho-vozu-uber-vyvazl-bez-trestu-kdo-ponese-vinu>
- NEČÁSKOVÁ, Pavlína, 2019. Vídeň kvůli nehodě přerušila testování autobusů bez řidičů. Jedna žena je lehce zraněná. *iRozhlas* [online]. [cit. 2020-07-08]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-svet/samoridici-autonomni-autobus-bez-ridice-viden-nehoda_1907182307_per
- SLOVÁČEK, Petr, 2020. Autonomní auta za rohem. Nebo je to všechno jinak. *Auto* [online]. [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/autonomni-auta-za-rohem-nebo-je-to-vsechno-jinak-134619>

SMARTCITYVPRAXI, 2019. Autonomní elektrické minibusy v Bad Birnbachu vozí na pravidelné lince cestující od vlaku do centra. *Smart city v praxi* [online]. [cit. 2020-07-08]. Dostupné z: http://www.smartcityvpraxi.cz/zajimave_projekty_276.php

SRB, Luboš, 2020. ČR má první úseky v běžném provozu, kde lze snadno a levně testovat autonomní auta. *Elektrické Vozy*. [online]. [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/cr-ma-prvni-useky-kde-lze-snadno-a-levne-testovat-autonomni-auta>

SVATOŠ, Patrik, 2018a. Vídeň úspěšně testuje autonomní autobusy. *fDrive* [online]. [cit. 2020-07-08]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/viden-uspesne-testuje-autonomni-autobusy-2555>

SVATOŠ, Patrik, 2019b. Volvo věří autonomním autům. První takové odhalilo společně s Uberem. *fDrive*. [online]. [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/volvo-veri-autonomnim-autum-prvni-takove-dnes-odhalilo-spolecne-s-uberem-3860>

SVATOŠ, Patrik, 2020c. Ford odkládá své robotaxi na rok 2022. Důvodem je koronavirus. *fDrive*. [online]. [cit. 2020-07-21]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/ford-odklada-sve-robotaxi-na-rok-2022-duvodem-je-koronavirus-5319>

ŠIDLÁK, Martin, 2019. Víme, jak bude vypadat tajný testovací okruh BMW u Sokolova. *Auto iDnes* [online]. [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/testovaci-areal-bmw-sokolov-podkrusnohori.A190930_140321_automoto_fdv

TESLA, 2020. Models. *Tesla*. [online]. [cit. 2020-07-18]. Dostupné z: https://www.tesla.com/cs_cz/models

VÍT, Jaroslav, 2020. Autonomní auta jezdila už před půl stoletím. Mercedesy tak testovaly gumy. *Auto iDnes* [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/contridrom-autonomni-vuz-budoucnost-doprava-bezpecnost-mercedes.A190107_132452_automoto_taj

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Autonomní vozidlo Mercedes 250 Automatic	11
Obrázek 2	Stupně automatizace podle standardu SAE J3016.....	13
Obrázek 3	Testovací úseky autonomních vozidel	16
Obrázek 4	Příklad telekomunikačního propojení infrastruktury a vozidla nebo vozidel mezi sebou	18
Obrázek 5	Rozmístění a funkce jednotlivých technologií	19
Obrázek 6	Autonomní elektrobuses Ligier EasyMile EZ10.....	21
Obrázek 7	Audi A8, modelový rok 2017	27
Obrázek 8	Volvo XC90	31
Obrázek 9	Zdroje výroby elektřiny v letech 2010, 2018.....	33
Obrázek 10	Počty registrovaných OA v ČR.....	35
Obrázek 11	Predikce vývoje počtu registrovaných osobních vozidel v ČR.....	35
Obrázek 12	Čtení dopravních značek.....	41
Obrázek 13	Řešení překážky na komunikaci	43
Obrázek 14	Schéma návrhu parkoviště (autor)	46

SEZNAM ZKRATEK

BTS	Base Station System Systém základových stanic
CDV	Centrum dopravního výzkumu
C-ITS	Cooperative Intelligent Transport Systems
ČSU	Český statistický úřad
ČVUT	České vysoké učení technické
IoT	Internet of Things Internet věcí
ITS	Intelligent Transportation System
LTE	Long term evolution Vysokorychlostní mobilní síť
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration Národní úřad bezpečnosti dálničního provozu v USA
OA	Osobní automobil
SAE	Society of Automotive Engineers Sdružení odborníků z oblasti leteckého, dopravního a automobilového průmyslu