

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

METODIKA

Metodika zavádění inovativních
senzorových sítí s výstupem do dopravních
informačních a řídicích systémů



Výstup řešení projektu: *„Metodika zavádění inovativních sensorických sítí s výstupem do dopravních informačních a řídicích systémů“* je výsledkem řešení výzkumného projektu č. TA04031418, název projektu: Možnosti ovlivnění negativních dopadů dopravy na životní prostředí ve městech pomocí inovativních sensorických sítí s výstupem do dopravních informačních a řídicích systémů, z Programu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje „ALFA“, na výzkumné infrastruktuře pořízené z Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (CZ.1.05/2.1.00/03.0064).

Autoři: Mgr. Marek Ščerba
Mgr. David Bárta
Ing. Zuzana Švédová, Ph.D.
Ing. Roman Ličbinský, Ph.D.

Oponenti: Ing. Pavlína Velikovská, Ph.D.
CARDSolution s.r.o.
Blažejské náměstí 92/13, Olomouc
info@cardsolution.cz

Ing. Petr Bureš, Ph.D.
ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, ústav řídicí techniky a telematiky
Konvitská 20, Praha 1,
Burespe1@fd.cvut.cz

Metodika certifikována: 14. května 2018, č. j. 21/2018-710-VV/1

Certifikoval: Ministerstvo dopravy, Odbor ITS, kosmických aktivit a VaVal

Vydavatel: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

ISBN: 978-80-88074-59-5

Obsah

Obsah	3
Slovník pojmů	7
1. Úvod	9
1.1. <i>Cíl metodiky</i>	10
1.2. <i>Dedikace</i>	12
1.3. <i>Komu je metodika určena</i>	13
2. Analytická část	15
2.1. <i>Digitální Pasport parkovacích lokalit</i>	15
2.2. <i>Pasport stávajícího vybavení</i>	16
2.3. <i>Vytýčení oblasti s problémem interakce dopravy v pohybu a v klidu</i>	19
2.3.1. <i>Obecná charakteristika lokality</i>	19
2.3.2. <i>Analýza lokality z pohledu infrastruktury</i>	20
2.4. <i>Stanovení cíle zavedení sensorické technologie v dané lokalitě</i>	25
2.4.1. <i>Doporučení</i>	30
2.5. <i>Postup pro kvantifikaci vozidel hledajících místo k zaparkování</i>	31
2.5.1. <i>Všeobecné zásady</i>	31
2.5.2. <i>Příprava kvantifikace - projekt</i>	32
2.5.3. <i>Sensorické technologie pro kvantifikaci</i>	33
2.5.4. <i>Varianta 1: Průzkum provedený pomocí technologie ANPR v centrální oblasti</i>	33
2.5.5. <i>Varianta 2: Průzkum provedený dotazníkovým šetřením</i>	34
2.5.6. <i>Charakteristika přínosů projektu</i>	35
2.6. <i>Závěry analytické části</i>	37
3. Návrhová část systému Chytrého parkování	39
3.1. <i>Úvod k návrhové části</i>	39
3.2. <i>Detekční vrstva</i>	41
3.2.1. <i>Kamery pro monitorování dopravního proudu a / nebo kamery s funkcí čtení RZ vozidel (ANPR)</i> 41	
3.2.2. <i>Dopravní smyčky pro monitorování dopravního proudu</i>	41
3.2.3. <i>Magnetometry pro monitorování dopravního proudu</i>	41
3.2.4. <i>Kamery pro monitorování obsazenosti parkovacích ploch</i>	42
3.2.5. <i>Detektory obsazenosti parkovacích ploch (magnetická a IR čidla)</i>	42
3.2.6. <i>Závorové systémy</i>	43
3.2.7. <i>Radary</i>	44
3.2.8. <i>RFID</i>	44
3.2.9. <i>Zhodnocení detekční vrstvy</i>	46
3.3. <i>Komunikační vrstva</i>	46
3.3.1. <i>Lokální síť</i>	47
3.3.2. <i>Vzdálené síť</i>	48
3.4. <i>Vyhodnocovací vrstva - Centrální systém</i>	50
3.4.1. <i>Vstupní data Centrálního systému</i>	51
3.4.2. <i>Možné architektury Centrálního systému</i>	53
3.4.3. <i>Integrace dalších parkovacích prvků</i>	54
3.5. <i>Aplikační vrstva</i>	55
3.5.1. <i>Dohledová uživatelská aplikace</i>	55
3.5.2. <i>Mobilní a webová aplikace</i>	56
3.5.3. <i>Zobrazování informací na ZPI</i>	57
3.5.4. <i>Dohled nad platební morálkou</i>	57
3.5.5. <i>Správa koncových zařízení (platební terminály/automaty, závorové systémy)</i>	58
3.5.6. <i>Rozhraní pro sdílení dat</i>	59
3.6. <i>Zhodnocení návrhové části chytrého parkování</i>	60
4. Návrhová část Monitoringu stavu ovzduší	61
4.1. <i>Obecně</i>	61
4.1.1. <i>Strategická úroveň</i>	61

4.1.2.	Informační úroveň	61
4.1.3.	Naplňování požadavků na členské státy EU	62
4.1.4.	Klíčové problémy s řízením kvality ovzduší v EU	62
4.1.5.	Zdroje znečištění z dopravy	63
4.1.6.	Monitorování sítí environmentálních senzorů.....	65
4.1.7.	Hodnoty škodlivin, indexy a scénáře.....	66
4.1.8.	Požadavky na funkční charakteristiky, instalaci, provoz a údržbu AQ ITS stanice	67
4.1.9.	Účinná opatření pro snížení dopadů dopravy na kvalitu ovzduší	68
4.1.10.	Rozhodovací proces města	69
4.2.	<i>Shrnutí kapitoly Monitoring stavu ovzduší.....</i>	70
5.	Implementace a propojení do informačních řídicích systémů	71
5.1.	<i>SYNERGIE s ostatními systémy města</i>	<i>71</i>
5.1.1.	Chytré parkování v kombinaci s měřením kvality ovzduší	71
5.1.2.	Smart Cities	73
5.1.3.	Provázanost na systémy veřejné dopravy	73
5.1.4.	Systém rezidentního parkování	74
5.1.5.	Vytváření dopravního modelu	74
5.1.6.	Informace a komunikace s veřejností	75
5.2.	<i>Závěrečná doporučení</i>	<i>75</i>
6.	Ekonomické aspekty metodiky	77
7.	Srovnání novosti postupů.....	78
8.	Seznam použité související literatury	79
9.	Seznam zkratk.....	80
Přílohy		81
<i>Příloha č. 1: Politika regulace dopravy ve městě.....</i>		<i>81</i>
<i>Nízkoemisní zóny (NEZ)</i>		<i>81</i>
<i>Příloha č. 2: Specifikace parkovacích senzorů</i>		<i>87</i>
<i>Příloha č. 3: Metodika vyhodnocování funkčnosti a spolehlivosti systému chytrého parkování.....</i>		<i>95</i>

Seznam tabulek, schémat a obrázků

Tabulka 1: položky pro digitální pasport parkovacích lokalit.....	16
Tabulka 2: položky pro digitální pasport parkovacích lokalit uliční státní	16
Tabulka 3: pasport stávajícího vybavení závorové systémy.....	17
Tabulka 4: pasport stávajícího vybavení parkovací automaty/parkovací terminály	18
Tabulka 5: pasport stávajícího vybavení zobrazovací jednotky	19
Tabulka 6: Zjednodušený popis vyhodnocování obrazového záznamu na konkrétní lokalitě v Brně....	34
Tabulka 7: Srovnání detekčních technologií pro využití v systému Chytrého parkování – rozhodování	45
Tabulka 8: Využitelnost technologií pro různé typy parkovacích ploch.....	45
Tabulka 9: Souhrn základních vlastností IoT sítí.....	50
Tabulka 10: Klasifikace stanic pro měření kvality ovzduší (AQ ITS-S), používané referenční metody měření a známé tržní ceny/provozní náklady v ČR.....	66
Tabulka 11: Index kvality ovzduší a jednotlivé meze pro vybrané škodliviny	67
Tabulka 12: Typologie scénářů.....	70
Tabulka 13: Tabelární přehled rámce kroků před zavedením NEZ.....	84
Tabulka 14: cíle omezení vjezdu do zóny.....	84
Tabulka 15: regulace omezení vjezdu do zóny	84
Tabulka 16: omezení vjezdu dle typu vozidla	86
Tabulka 17: výhody a nevýhody omezení vjezdu dle typu vozidla.....	86
Tabulka 18: Možné diferenciacce podílu z tržeb mezi provozovatelem a správcem systému	96
Tabulka 19: Možné diferenciacce podílu z tržeb mezi provozovatelem a správcem systému	97
Tabulka 20: Stavby pozorované při testování přesnosti.....	98
Tabulka 21: Formulář pro zaznamenávání časových údajů	102
Schéma 1: Návrh architektury systému Chytrého parkování	40
Schéma 2: Schéma chytrého parkování – Lokální IoT	48
Schéma 3: Schéma chytrého parkování – Vzdálená IoT	48
Schéma 4: Schéma dat v Centrálním systému.....	52
Obrázek 1: Instalovaný detektor v místě s asfaltovým povrchem.....	22
Obrázek 2: Dlažební kostka s integrovaným detektorem (vhodné pro instalaci v historické zástavbě)22	
Obrázek 3:Vzorový příklad vhodného vodorovného dopravního značení	23
Obrázek 4: Vandalem zničený parkovací automat (Slovensko).....	24
Obrázek 5: Statistika dodržování rychlosti v dané lokalitě Prahy získaná systémem postaveným na magnetometrech průjezdu	26
Obrázek 6: Schematické řešení detekce parkovací plochy kamerovým systémem s dohledem nad platební kázní (SW – výsledek projektu SMARTNET, Eltodo, a.s.)	27
Obrázek 7: Zařízení pro provozní informace ZPI (výrobek společnosti SPEL, a.s.).....	28
Obrázek 8: Ukázka dopadu parkovací politiky postavené na sledování poptávky s velmi pozitivními výsledky prokázanými v San Francisku, kde byl nasazen sensorový systém SF Park na významné ploše města.....	28
Obrázek 9: Ukázka ze systému ve Westminsteru, kde je vybaveno cca 3500 parkovacích míst detektory s RFID čipem, který komunikuje s konkrétním vozidlem vybaveným parkovací kartou s čipem	29

<i>Obrázek 10: Ukázka rozmístění přenosných kamerových bodů při realizaci průzkumu v okolí ulice Rooseveltovy v Brně.....</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 11: Ukázka systému na bázi kamer (produktový list společnosti Designa, s.r.o.).....</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 12: Ukázka magnetických detektorů obsazenosti. Vlevo podpovrchový detektor a vpravo je znázorněn povrchový detektor (Zdroj: CITIQ, s.r.o.).....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 13: Ukázka magnetického detektoru integrovaného do dlažební kostky (Zdroj: CDV, v. v. i a CITIQ, s.r.o.).....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 14: Infračervený parkovací detektor s integrovanou RFID (aplikace ve Westminsteru).....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 15: Brána (stanice MASTER) v praktické aplikaci (CITIQ, s.r.o.).....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 16: Integrovaná platforma systému Chytrého parkování včetně připojení dat z dalších zdrojů. (Jedná se o výsledek SW projektu VaV TAČR, program Alfa – Smartnet, Eltodo, a.s.). SW vizualizuje data o parkování z několika zdrojů, tj. senzorické sítě, platebních terminálů a zobrazuje aktuální stav všech připojených zařízení.....</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 17: Výřez ze SW aplikace, která umožňuje řidiče navigovat na konkrétní volné obsazené místo. V aplikaci je rovněž poskytována informace o všech parkovacích zónách, místech včetně tarifů, adresy a dalších informací vycházející ze statických a dynamických dat v DATEX II (Jedná se o výsledek SW projektu VaV TAČR, program Alfa – Smartnet – Společnost CEDA, a.s.).....</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 18: Výřez ze SW aplikace, která umožňuje řidiče navigovat na konkrétní volné obsazené místo. V aplikaci je rovněž poskytována informace o všech parkovacích zónách, místech včetně tarifů, adresy a dalších informací vycházející ze statických a dynamických dat v DATEX II (Jedná se o výsledek SW projektu VaV TAČR, program Alfa – Smartnet – Společnost CEDA, a.s.).....</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 19: Informační tabule obsazenosti parkovacích míst umístěná na vjezdu do zóny, informace předcházejí zbytečnému kroužení.....</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 20: Vozidlo dohledu nad platební morálkou v Praze.....</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 21: City dashboard města Londýn, kterou se inspirovali mnohá další města.....</i>	<i>60</i>

Slovník pojmů

Smart City (Chytré město) - Město, které holisticky řídí a integračně naplňuje svou dlouhodobou kvalitativně a číselně vyjádřenou strategii rozvoje, jíž kultivuje politické, společenské a prostorové prostředí města s cílem zvýšit kvalitu života, svou atraktivitu, a omezit negativní dopady na životní prostředí. Město tento proces přechodu na uvědomělou kulturu chování podporuje nasazením vhodných organizačních i technologických nástrojů 21. století, plošným, integrovaným a otevřeným způsobem s cílem zajistit interoperabilitu různých systémů a technologií a jejich synergického využití. Kvalitou života v konceptu SC se pak míní digitální, otevřené a kooperativní prostředí města, které je zdravé, čisté, bezpečné a pro občany ekonomicky zajímavé.

Sensorická síť – soubor senzorů svázaných do jednoho celku, ideálně v rámci jedné komunikační sítě internetu věcí, mající za cíl plošně detekovat určitý jev

IoT – internet věcí, je propojení jednotlivých zařízení prostřednictvím internetu bez aktivní účasti člověka. Zařízení mohou být třeba automobily, domácí spotřebiče, nositelné doplňky nebo různé senzory a čidla, které si spolu vyměňují informace nebo spolupracují

LoRa - technologie radiové modulace pro komunikaci prvků internetu věcí s nízkou spotřebou energie; je patentovanou technologií původně vyvinutou společností Cycleo (Grenoble, Francie) využívající bezlicenční radiová pásma na 169 MHz, 433 MHz, 868 MHz (Evropa) a 915 MHz (Severní Amerika). Nad touto fyzickou vrstvou existují dva konkurenční protokoly: LoRaWan a Ultra narrow band

SIGFOX – ultra narrow band technologie pracující v pásmu 868MHz (Evropa) a 902MHz (Severní Amerika) s velkým dosahem signálu schopným prostoupit i pevné objekty, což jej činí vhodnou pro pokrytí velkých oblastí a zajištění konektivity i pro objekty v podzemí; technologie vyžaduje součinnost mobilního operátora

NB IoT – narrow band rádiová technologie, standardizovaná v rámci 3GPP, využívající pásma telekomunikačních operátorů (LTE); zaměřuje se na pokrytí indoor aplikací

IQRF – česká radiová komunikace pracující v podobných pásmech jako LoRa, vyžaduje instalaci lokální komunikační infrastruktury, a tím umožňuje přenášet větší množství dat s velkou četností

MaaS – mobilita jako služba (Mobility as a Service) je konceptem integrujícím všechny přepravní služby v daném regionu umožňující kombinovat cestování všemi dostupnými prostředky. Je rozšířením stávajícího systému integrované dopravy (IDS) o nové koncepty sdílení (car sharing, bike sharing, car pooling atp.). V ideálním případě tak organizátor dopravy (nebo město nebo kraj) umožňují cestujícím platit měsíční poplatky (paušál, měsíční faktura) za využití dopravní služby

Chytré parkování – je konceptem stavícím na kontinuálním monitorování obsazenosti parkovacích míst majícím za cíl technologicky podpořit parkovací strategie města a zavést

komplexní a jednotný parkovací systém na území města/kraje s integrací všech koncových zařízení do jednoho celku s jasným a definovaným cílem např. zavést výkonové zpoplatnění, kde cena zohledňuje poptávku (viz 9, 10), sledovat časovou a platební kázeň či motivovat řidiče, aby parkovali v parkovacích domech, nebo snáze vyhledali volná parkovací místa

Systém monitorování dopravní zátěže (Traffic Burden Monitoring System, TBMS) - nízkonákladový monitorovací systém, který umožňuje plošné zjišťování aktuální i dlouhodobé dopravní zátěže, např. pro účely analytické části plánů udržitelné mobility (SUMP) nebo Akčních plánů kvality ovzduší, skládající se ze dvou částí: sledování dopravního provozu na každé ulici (nebo na všech komunikacích) a monitorování kvality ovzduší pomocí AQ ITS stanic

ITS stanice kvality ovzduší (Air Quality station (AQ ITS-S)) – stanice používaná za účelem dlouhodobého monitoringu kvality ovzduší; s ohledem na předpokládaný zdroj škodlivin z dopravy by měla být schopna kvalitně a přesně měřit koncentrace oxidů dusíku, a to přístroji pracujícími na principu referenční metody (EN 14211), tj. stanice třídy C. Za účelem zpřesnění informací může být stanice rozšířena o přístroj k měření koncentrací pevných částic pracující na principu nefelometrie (stanice třídy B) a přístroj pro měření koncentrací benzenu (stanice třídy A), pracující na principu referenční metody (EN 14622-3)

M2M – (komunikace machine-to-machine) tedy vzájemná komunikace mezi stroji. Umožňuje bezdrátově i kabelem komunikovat navzájem společně propojenými zařízeními, které mají stejné, nebo podobné možnosti. To vše bez nutnosti jakéhokoliv lidského zásahu

Cloud - Cloud computing je na internetu založený model vývoje a používání počítačových technologií. Lze ho také charakterizovat jako poskytování služeb či programů servery dostupnými z internetu s tím, že uživatelé k nim mohou přistupovat vzdáleně, například pomocí webového prohlížeče, klienta elektronické pošty, nebo databáze

SUMP – Jedná se o zkratku Plánů udržitelné městské mobility. „Strategický plán vytvořený pro uspokojení potřeb lidí a podniků ve městech a jejich okolí za účelem zlepšení kvality života.“ Je postaven na stávající praxi a bere náležitě v úvahu integrační, participační a hodnotící principy.“ (www.mobilityplans.eu)

KPI – (Key Performance Indicators) jsou klíčové ukazatele výkonnosti. Jedná se o indikátory, ukazatele či metriky výkonnosti přiřazené k procesu, službě, organizačnímu útvaru, nebo systému v rámci řízení dopravy. Indikátory vyjadřují požadovanou úroveň vlastností (výkonnost) daného systému (kvalitu, efektivnost nebo hospodárnost)

1. Úvod

Doprava v klidu je pro většinu českých měst problémem, se kterým se snaží dlouhodobě pracovat. Nicméně se vzrůstajícím počtem osobních vozidel se problémy neustále prohlubují a hledání efektivních řešení je stále více aktuálním tématem. Lze předpokládat, že bez realizace nutných a vhodných opatření bude docházet k eskalaci dopravních problémů.

Příčiny problémů lze hledat v postupném socio-ekonomickém rozvoji české společnosti, kdy vlastnictví osobního vozidla je považováno za samozřejmost a výraz osobní prestiže. Oproti tomu na veřejnou dopravu je stále pohlíženo jako na systém pro sociálně slabší. V nedávné minulosti bylo proto trendem rozvíjet dopravní systém ve městech ve prospěch individuální dopravy a vybuďovala se taková dopravní infrastruktura, která umožňuje uspokojit potřeby po využívání osobních vozidel. Lidé si na tento fakt zvykli a poptávka po osobní individuální dopravě je neustále vyšší. V situaci, kdy poptávka převyšuje nabídku dopravní infrastruktury, vznikají významné negativní dopady. Dopravní kongesce a neustálé hledání volných parkovacích míst se postupně stávají realitou, která se následně projevuje v postupném snižování kvality života obyvatel s ohledem na kvalitu ovzduší a hluku. Nedostatečná podpora parkování rezidentů je rovněž téma, které není dostatečně a efektivně řešeno, a to i přesto, že rezidenti jsou pro centrální oblasti měst velice důležití. Ne zcela fungují kontrolní mechanismy platební morálky řidičů, která je nízká, což samozřejmě generuje problémy s neefektivním výběrem finančních prostředků pro koncepční rozvoj parkovacího, resp. dopravního systému.

Vedle výše uvedených trendů je důležité zmínit, že na parkovací politiku a na parkovací systémy se do současnosti nepohlíželo systematicky a parkovací systémy nebyly a stále nejsou vytvářeny centralizovaně a integrovaně. Parkovací zóny a parkoviště jsou neustále vybavovány zařízeními, která neumožňují vzájemnou kompatibilitu (závorové systémy, parkovací automaty, zóny uličního stání apod.), a zavádění jednotné parkovací politiky na geograficky vymezených územích je prakticky vyloučeno. Tento fakt neumožňuje aplikovat scénáře centrálního způsobu řízení statické dopravy v návaznosti na dopravu v pohybu např. na základě parkovacích zón a nastavených tarifů s ohledem na obsazenost parkovišť, parkovacích domů, případně P+R. Není tak možné efektivně reagovat na poptávku po konkrétních parkovacích lokalitách, nebo objektech s cílem efektivního využívání všech parkovacích míst ve městech s návaznou spoluprací s jinými dopravními systémy. Především se může jednat o propojení se systémy monitoringu kvality ovzduší, systémy veřejné dopravy, nebo bikesharingu, případně carsharingu.

S přicházejícími moderními technologiemi, které jsou založené na detekci obsazenosti konkrétních parkovacích míst (senzorické sítě) je možné mnohem lépe shromažďovat údaje o obsazenosti konkrétních lokalit/zón uličního stání, které byly do současné doby nedostupné. I v tomto ohledu je možné chápat, že doposud nebyla aplikována centralizovaná parkovací schémata, jelikož bez monitoringu významného počtu parkovacích míst v rámci uličního stání, nebylo stěžejní budovat takto centrálně pojaté parkovací

systémy. Díky novým technologiím (detekční, komunikační) a existenci evropské normy DATEX II je v současné době možné a především důležité budovat jednotnou parkovací strategii a samostatné SW moduly v dopravně informačních centrálách (pro účely této metodiky je tento přístup nazván „Systém chytrého parkování“).

Takto koncipovaný systém by měl poskytovat základní část řešení pro udržitelné cestování ve městě, podporovat prostředky udržitelné městské mobility (přestupní uzly a vazby) a silně regulovat parkování ve městě. Tento přístup by měl být součástí SUMP, které jsou v ČR stále na začátku své implementace. Rovněž otázka efektivního plánování by měla být podporována vhodnými technologiemi ICT/ITS a dostupnými datovými zdroji. Zároveň by měla být zvažena úroveň jednotných a jednoduchých plateb (bezkontaktních, mobilních apod.) za využití služeb ve městech (veřejná doprava, parkování, městské služby apod.) a vzájemných synergických efektů (např. využití P+R snižuje cenu MHD). Společně se sběrem dat by měly být aplikovány nové marketingové strategie měst.

1.1. CÍL METODIKY

Cílem této metodiky je podat rámcový postup, jak zavádět inovativní sensorické sítě (především sítě detektorů monitorujících obsazenost parkovacích míst ve městech a sítě monitorovacích stanic pro měření kvality ovzduší), které mají výstup do dopravních informačních, dispečerských, popř. řídicích systémů. Tento cíl je motivován potřebou měst, případně krajů, získat návod, jak užívat nové nástroje konceptu „chytrých měst“ s možností regulace individuální automobilové dopravy v centrálních oblastech na základě reálných informací o obsazenosti uličních parkovacích míst, o znečištění ovzduší v lokalitě a aktuálních informacích o dopravním provozu. Metodika se svým zaměřením orientuje zejména na implementaci sensorických sítí v místech, kde dlouhodobě existuje problém interakce dopravy v klidu a dopravy v pohybu. Dalším cílem dokumentu je rovněž návrh koncepčního přístupu k problematice parkování jako celku. Na vhodně koncipovaný systém dopravy v klidu je možné také pohlížet jako na nástroj pro možnost řízení a ovlivňování dopravy v pohybu. V první analytické části je popsán postup, jak vhodně analyzovat problémové lokality a jaké jsou dostupné metody pro kvantifikaci vozidel, která hledají místo k parkování ve městech, které prokazatelně a zbytečně způsobují dopravní problémy. Zároveň tato část definuje, jaké existují externí vlivy způsobené dopravou a jak ovlivňují život obyvatel ve městech, s ohledem na možnosti využívání exaktních metod měření kvality ovzduší. Metodika následuje koncepční evropské iniciativy využívání inteligentních dopravních systémů pro plánování nízkouhlíkové mobility v koordinované podobě s Koncepcí výzkumu, vývoje a inovací v rezortu dopravy do roku 2030 a také dle Akčního plánu rozvoje inteligentních dopravních systému (ITS) v ČR do roku 2020 (s výhledem do roku 2050).

Teoretický základ metodiky je založen na faktu, že v exponovaných lokalitách až 30 % dopravních kongescí ve městech je způsobeno vozidly, která se snaží najít volné místo k zaparkování¹

Předpokladem je, že bude-li řidiči poskytnuta informace o aktuálním stavu, kde je možné zaparkovat, na jakou dobu, za kolik a jak se má orientovat v problémové lokalitě, sníží se počet vozidel, která hledají místo k zaparkování a „krouží“ v dané lokalitě a dále problémy s dopravou takto eskalují. V návaznosti na výstupy inovativních systémů, které poskytují tato užitečná data, budou veřejné správě poskytovány informace plynoucí z kontinuálního sběru dat o dobách a naplněnosti parkovacích ploch, parkovacích míst, pohybu vozidel v jednotlivých ulicích města či lokalitách s častým výskytem dopravních kongescí a návazným překračováním imisních limitů.

Rámec popisovaného metodického přístupu k zavádění inovativních sensorických sítí do dopravních informačních a řídicích systémů je primárně rozdělen na část analytickou, návrhovou a část synergie s jinými dopravními systémy.

Dokument je rozdělen do těchto faktických skupin:

- 1) Analýza oblastí, kde dlouhodobě vzniká problém interakce dopravy v klidu a v pohybu
- 2) Postup pro kvantifikaci vozidel hledajících místo k zaparkování
- 3) Architektura sensorických sítí a výběr vhodných sensorů a způsobu komunikace
- 4) Identifikace zdroje znečištění a jejich detekce
- 5) Implementace a propojení do informačních a řídicích systémů
- 6) Nástroje pro regulaci dopravy ve městě a volba cíle regulace dopravy ve městě (legislativa)
- 7) Interpretace dat v rámci komplexního modelu města/kraje

Ad 1) V metodice jsou předloženy postupy s jasným cílem identifikace problémových oblastí s následným využitím vhodných sensorů v síťové aplikaci do jednoho uceleného, nejlépe zónového systému. Plánovaným záměrem těchto analýz by mělo být omezení počtu vozidel vjíždějících do centrálních oblastí měst, zejména tam, kde je identifikován zhoršený stav ovzduší. Zároveň musí být snahou snížit procento vozidel hledajících místo k parkování (ať už v širším okolí, nebo v centrální oblasti měst). V této části je rovněž doporučen postup k pasportizaci současného stavu, který by měl vést k celkové digitalizaci parkování ve městech.

Ad 2) Cílem této části je v definovaných lokalitách zaznamenat počet vozidel hledajících místo k zaparkování, které vytvářejí dopravní problém, generují emise, hluk a další negativní vlivy, kterým se dá předejít díky efektivnímu poskytování informací řidičům o volných kapacitách a dalším návazným opatřením. Jedná se o významný vstup pro identifikaci rozsahu problému, sledování účinnosti systému a kontrolu nastavených monitorovacích indikátorů (KPI).

¹ Hui Zhao, 2012

Ad 3) Tato část je věnována způsobům možné integrace dat z různých datových zdrojů (kvalita ovzduší, obsazenost parkovacích kapacit apod.) do dispečerského, nebo informačního modulu, který dokáže vstupy z instalované sítě detektorů porovnávat a následně užívat pro dopravně regulační zásahy pomocí řídicích scénářů. Nastavená architektura systému je pro implementaci a následný rozvoj velice důležitá a měla by být vždy nastavena na jasně definovaných a pokud možno standardních datových formátech a způsobu datové komunikace.

Ad 4) Identifikace zdroje znečištění a jejich dlouhodobý monitoring pomocí většího počtu spolehlivých měřicích stanic ve spojitosti s konkrétními opatřeními, umožní městům adekvátně reagovat na špatnou kvalitu ovzduší efektivní regulací dopravy v klidu, např. zvýšením parkovného při existenci flexibilního zpoplatnění.

Ad 5) Volba detekčních systémů, které jsou vhodné pro poskytování spolehlivých datových sad pro ovlivňování dopravy a návazného poskytování dopravních informací by měla probíhat na základě dostatečně provedených analýz a důkladného průzkumu trhu. Identifikace zdrojů znečištění a jejich detekce předpokládá znalost vztahů zatížení dopravy v klidu a relevantních dopadů. Na základě provedeného reálného testování několika senzorických stanic bylo zjištěno, že doposud jedinou spolehlivou metodou jsou referenční metody měření kvality ovzduší podle daných evropských norem, viz dále. V metodice jsou proto uvedeny zdroje znečištění a vybrané látky, jejichž monitorování vede ke konkrétním opatřením při jejich překročení.

Ad 6) Jedním z navrhovaných opatření je nastavení progresivního tarifu zpoplatnění parkování v návaznosti na průběžné vyhodnocování dat o imisích a překročení přípustných hodnot, o naplněnosti parkovacích kapacit, o platební morálce v jednotlivých lokalitách apod. Systém, který umožňuje poskytovat data o obsazenosti parkovacích lokalit, je pro účely této metodiky nazýván systémem „Chytrého parkování“. Metodika dále uvádí požadavky na konkrétní detekční stanice (detekce plynů a pevných částic, obsazenosti parkovacích míst, dopravních intenzit apod.), požadavky na data, požadavky na zkoušení a údržbu s následným návrhem možných výsledných opatření, která musí být vždy založena na přesných a spolehlivých informacích.

Ad 7) Interpretace dat v rámci komplexního modelu města/kraje je jedním z důležitých faktorů, jak plánovat budoucí rozvoj mobility ve městech. Datová základna z co možná nejširšího počtu zdrojů dokáže dostatečně přesně simulovat skutečný pohyb osob, vozidel a zboží ve městech. Taková data jsou nenahraditelným vstupem pro tvorbu modelu mobility města/kraje a hraje významnou roli pro koncepční rozvoj urbánních sídel.

1.2. DEDIKACE

„Metodika zavádění inovativních senzorických sítí s výstupem do dopravních informačních a řídicích systémů“ je výsledkem řešení výzkumného projektu č. TA04031418, název projektu: Možnosti ovlivnění negativních dopadů dopravy na životní prostředí ve městech pomocí

inovativních sensorických sítí s výstupem do dopravních informačních a řídicích systémů (Hlavní řešitel: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. a další účastníci projektu společnost CEDA, a.s., a ELTODO, a.s.), z Programu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje „ALFA“, na výzkumné infrastruktuře pořízené z Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (CZ.1.05/2.1.00/03.0064).

Cílem projektu byl vývoj, instalace, zkoušení sensorické sítě a následná datová integrace do unikátního celku s možností poskytování užitečných informací koncovým uživatelům se záměrem snížení negativních vlivů dopravy na životní prostředí a zdraví obyvatel v městských oblastech.

Součástí hlavního cíle projektu bylo vytvoření kompletní analýzy současného stavu řešení dopravy v klidu a jejich vazeb a možné dopady na řízení dopravy v definované zatížené oblasti. Byly zkoušeny moderní detekční technologie pro analýzu hlukového a dopravního zatížení s přímou vazbou na znečištění ovzduší. Následná integrace datových výstupů do samostatného softwarového modulu řídicí ústředny umožnila realizovat moderní způsoby ovlivňování dopravy v závislosti na dopravních podmínkách a aktuálním stavu kvality ovzduší pomocí navržených scénářů.

Dále byly pro vypracování metodiky využívány poznatky celé řady výzkumných projektů, zejména pak projektů následujících:

- Projekt Center kompetence TAČR – RODOS - Centrum pro rozvoj dopravních systémů
- Projekt Ministerstva dopravy - Zajištění interoperability systémů ITS a kontinuity služeb na základě specifikací vydaných EK
- Projekt TAČR – program GAMA – Vynálezy pro dopravu – dílčí úkol Dlaždice pro dlažbu parkovacích ploch
- Projekt Central Europe – SOLEZ – Smart řešení podporující nízko-emisní zóny a další opatření pro snižování uhlíkové zátěže v evropských městech
- Projekt TAČR – program Alfa – INTEGDOTA – Integrovaný systém sledování kontaminace životního prostředí dopravou

1.3. KOMU JE METODIKA URČENA

Uplatňování konceptu „Smart Cities“, který je moderním urbanistickým směrem, jehož základní vizí je efektivně a systematicky podporovat rozvoj a propojení kvalitní energetické, telekomunikační, dopravní a environmentální infrastruktury, je jednou z velkých výzev pro představitele měst a krajů. Jedná se o moderní a zároveň koncepční trend poslední let. V současné době dochází k enormnímu rozvoji nových technologií, komunikačních sítí a ICT. Tento rozvoj je doprovázen novými koncepcemi dopravy a snahou o optimalizaci dopravy v centrálních oblastech měst a zvýšenému nárůstu nabízených produktů a služeb. Ty jsou promovány neustále větším počtem podnikatelských subjektů. Pro představitele měst, krajů a státní správy je velice složité se v tomto prostředí orientovat a volit vhodná, ověřená a spolehlivá řešení.

Tato metodika je výsledkem nezávislého výzkumu a vývoje technologií spojených s koncepcí „chytré dopravy“, které se budou v blízké budoucnosti instalovat a využívat. Nicméně do situace, kdy budou tyto trendy a technologie užívány v běžné praxi, je nutné poskytovat ucelené a ověřené informace a rady, jak k těmto technologiím přistupovat a posuzovat jejich vhodnost. Je nutné hledat způsoby, jak mezi různými technologiemi volit s ohledem na celkovou dopravní koncepci měst a krajů, ale také s ohledem na spolehlivost a přesnost takových systémů. Zároveň je důležité neustále sledovat kontinuální a rychlý vývoj ICT technologií a udržovat rozvoj dopravních informačních a řídicích center.

Tato metodika má za cíl poskytnout obecná doporučení pro postupné zavádění systémů „chytrého parkování“ v návaznosti na možnosti zavedení těchto systémů do komplexního informačního a řídicího systému měst s možností regulovat intenzity individuální automobilové dopravy v centrálních oblastech měst a návazných negativních vlivů na kvalitu ovzduší a života obyvatel.

Proto je tato metodika primárně určena:

- Úředníkům měst (vedoucím odborů dopravy, urbanistům, správcům majetku apod.)
- Úředníkům krajů
- Organizátorům veřejné dopravy a dopravním podnikům (potenciálním budoucím provozovatelům MaaS – Mobility jako služby)
- Správcům dopravní infrastruktury (včetně železniční)

a další široké odborné veřejnosti:

- Dopravním inženýrům a projektovým kancelářím
- Akademickým a výzkumným pracovníkům

Vzhledem k povaze této metodiky je možné hovořit dále i o společnosti jako celku, která bude z realizace výsledků v praxi těžit. Zde je možné uvažovat zejména následující kategorie socio-ekonomických přínosů: zvýšení bezpečnosti dopravy (všech účastníků dopravy), snížení stresu souvisejícího se zdržením v dopravních kongescích, úspora času uživatelů, zvýšení informovanosti řidičů, snížení emisí výfukových exhalací, podpora šetrnějších módů dopravy na životní prostředí apod.

2. Analytická část

V této kapitole jsou popsány konkrétní kroky vedoucí k účelné implementaci senzorické sítě. První krok se vztahuje k nutné **digitální pasportizaci** parkovacích lokalit a současného vybavení na území města, které je pro účely parkování instalováno a užíváno.

V následném druhém kroku by se mělo přistoupit k samotnému **vytýčení regulovaných oblastí** (parkovacích zón) a následně jejich **charakteristikám**, na jejichž základě je možné vybrat vhodnou **detekční technologii systému „Chytrého parkování“** pro konkrétní oblast. Kromě těchto uvedených kroků je nutné také stanovení cíle uvažované senzorické technologie, nebo kombinaci technologií.

Technologie by měla být vždy navržena a následně realizována až po stanovení souboru uživatelských požadavků („co od systému očekáváme“).

2.1. DIGITÁLNÍ PASPORT PARKOVACÍCH LOKALIT

Prvním krokem strategického přístupu k regulaci parkování a nastavení funkčních scénářů pro ovlivňování dopravy v klidu je zmapování skutečné parkovací kapacity města. **Vyhrazené parkovací prostory** mimo pozemní komunikace jsou jen částí z celkového počtu míst, která řidiči využívají pro odstavení osobních vozidel. Větší část vozidel parkuje v ulicích a náhodných místech, kdy nejsou tato místa vyhrazena, nebo zřetelně označena (případně pouze symbolicky). V drtivé většině případů nejsou parkovací kapacity jednoznačně identifikovány (podle čísel), nejsou mapovány (digitální lokalizace), chybí pasport jejich vlastností a není zaznamenána jejich struktura. Z těchto důvodů by měla v prvním kroku vzniknout analýza současného stavu parkovacích kapacit se zaznamenáním těchto prostor do digitální evidence, která by měla v minimální podobě obsahovat následující položky:

Typ parkovací plochy	<u>Hlídané parkovací plochy</u> závorové systémy, P+R apod.
	<u>Parkovací objekty soukromé</u> parkovací domy, garáže s možností parkování rezidentů
	<u>Parkovací objekty veřejné</u> parkovací domy, garáže pouze pro veřejnost
	<u>Uliční stání</u> stání na místních komunikacích
Název	Ulice, parkoviště, případně bližší popis sledovaného úseku
Způsob parkování	podélné, kolmé, šikmé či jiné

Označení parkovacích míst	vodorovné značení, vodorovné značení s identifikací a jiné
Existence parkovacího automatu nebo jiného parkovacího systému v daném úseku	Lokalizace pro závorový systém, parkovací automat apod
Odhad počtu parkovacích míst a stanovení šířky komunikace	Odhady by měly být stanoveny s ohledem na ČSN 73 6056 a ČSN 73 6110
Informace o dopravním značení ovlivňujícím parkování	zákaz stání, zákaz zastavení, privátní parkování, invalidé

Tabulka 1: položky pro digitální pasport parkovacích lokalit

Další samostatnou kategorií parkovacích kapacit pro jejich evidenci jsou uliční stání

Uliční stání	Speciálně vyhrazené pruhy
Uliční stání pro vlastní aktivity	Dovážka zboží, komerční účely, logistická vykládka. Pod.
Stání pro soukromé subjekty	Veřejná správa, nemocnice, soukromé parkovací plochy atd

Tabulka 2: položky pro digitální pasport parkovacích lokalit uliční stání

Při pasportu by se měli zpracovatelé také zaměřit na dlouhodobě stojící vozidla, která blokují parkovací místa a omezují možnosti údržby a dalších aktivit.

Informace jsou nedílnou součástí vytvoření celkové bilance a nastavení funkčních centralizovaných schémat. Při naplňování centrální strategie je vhodné významné provozovatele soukromých parkovacích kapacit zahrnout do jednání o zapojení do centrální koncepce.

2.2. PASPORT STÁVAJÍCÍHO VYBAVENÍ

Součástí pasportu by měla být rovněž evidence stávajících prvků, resp. koncových zařízení, která jsou v době pasportu již instalovaná. Veškerá zařízení by měla být pasportizována, lokalizována a přiřazena k výstupům provedených v kroku 1 (kap. 3.1). Při pasportu stávajícího vybavení by měly být především zaevidovány tyto informace:

Stávající závorové systémy

Položka	Detailnější popis
Název a lokalizace zařízení	
Datum pořízení a životnost komponenty	
Pořizovací cena	
Dodavatel zařízení	

Vlastnosti řídicího systému	možnost integrace datových výstupů z těchto zařízení do centrálního prvku (má zařízení možnost sdílet data?)
Vlastnosti řídicího systému	možnost povelování řídicího systému z centrálního prvku třetí strany na základě definovaného formátu a komunikačního protokolu (např. pro dálkové zaslání RZ vozidla, které zaplatí přes mobilní aplikaci, změna tarifu, resp. scénáře tarifu)
Možnost evidence obsazenosti parkovací plochy	Jaká je spolehlivost této informace
Možnost zjištění aktuálního stavu zařízení	v provozu, mimo provoz zda je možné tuto informaci poskytovat pomocí datové věty.
Jaké jsou další technologie na lokalitě vybavené závorovým systémem	platební terminál, průjezdové detektory, kamery na čtení RZ, apod.
Evidence vjezdového a výjezdového stojanu	Způsob evidence vozidla, kamera na čtení RZ, bezkontaktní karty a jaké čtečky QR kódů Zásobník papírových štítků (včetně identifikace stavu zásobníku), zbývají papír pro tisk účtů, zásobník mincí, stav displeje, stav komunikace, otevřená/zavřená servisní dvířka apod.

Tabulka 3: pasport stávajícího vybavení závorové systémy

Stávající parkovací automaty/parkovací terminály

Název a lokalizace zařízení	
Datum pořízení a životnost komponenty	
Pořizovací cena komponenty	
Dodavatel zařízení	
Třída parkovacího automatu dle EN 12414	
Vlastnosti řídicího systému	možnost integrace datových výstupů z těchto zařízení do centrálního prvku (možnost sdílet data s třetí stranou)
Vlastnosti řídicího systému	možnost SW úpravy pro možnost

	povelování platebního terminálu třetí stranou resp. Centrálním prvkem (např. změna scénáře tarifu)
Technologické možnosti platebního terminálu	Způsob platebních metod (mince, bankovky, platební karty, SMS platba, případně jiné bezkontaktní způsoby platby)
	Zasílání stavu zařízení a procesů (vložená bankovka, platba kartou apod.), zbývající papír, stav mincovníku, stav displeje, stav napájení, stav komunikace apod.
	Způsob napájení
	Možnost VOiP komunikace – obousměrně s operátorem U platebních terminálů uličního stání také možnost zanesení informací o RZ parkujícího vozidla
Zůstatková hodnota	

Tabulka 4: pasport stávajícího vybavení parkovací automaty/parkovací terminály

Zobrazovací jednotky – ZPI

Název a lokalizace zařízení	
Datum pořízení a životnost komponenty	
Pořizovací cena	
Dodavatel zařízení	
Vlastnosti řídicího systému	možnost integrace datových výstupů z těchto zařízení do centrálního prvku (Má zařízení možnost sdílet data
Vlastnosti řídicího systému	možnost povelování řídicího systému z centrálního prvku třetí strany na základě definovaného formátu a komunikačního protokolu (změna počtu volných parkovacích míst
Možnost zjištění aktuálního stavu zařízení	v provozu, mimo provoz apod.) a zda je možné tuto informaci poskytovat pomocí datové věty).
Technická specifikace ZPI	velikost písma, max. počet zobrazovaných

	informací, barva výstupů apod.)
Zůstatková hodnota zařízení	

Tabulka 5: pasport stávajícího vybavení zobrazovací jednotky

2.3. VYTÝČENÍ OBLASTI S PROBLÉMEM INTERAKCE DOPRAVY V POHYBU A V KLIDU

2.3.1. Obecná charakteristika lokality

První krok souvisí s výběrem lokality, nebo lokalit, kde je velký předpoklad, že sensorické sítě naplní požadovaný efekt, kterým je **zmírnění negativních dopadů interakce dopravy v klidu a dopravy v pohybu**, kdy zásadním problémem je nedostatek parkovacích míst a řidiči nejsou dostatečně informováni o dostupnosti volných kapacit a proto hledají místo k zaparkování v exponované lokalitě.

Vzhledem k tomu, že zcela zásadní při identifikaci lokality jsou již schválené strategie města, je nutné analyzovat celkový stav mobility z globálního pohledu a navazovat dalšími postupnými kroky, jak je uvedeno v následujících bodech.

A) Strategie města

Implementace sensorických sítí s cílem zlepšit interakci dopravy v klidu a pohybu musí být v souladu s existujícími strategiemi města. Jedná se např. o Strategický či územní plán města, SUMP, Generel dopravy (včetně generelu, nebo strategie parkování), Akční plán kvality ovzduší, Plán dopravní telematiky, Plán nasazení sítě Internetu věcí (IoT).

V těchto strategiích jsou v obecné rovině stanoveny cíle a většinou stanoveny zóny, ve kterých platí společná pravidla, která dopravu omezují (tj. zóny 30, regulace rezidentního a návštěvnického parkování, nízkoemisní zóna, pěší zóna apod.). Tyto zóny vyvolávají potřebu **nabídnout v sousedních lokalitách parkovací kapacity (např. P+R, P+G atp.)** s další možností přestupu na alternativní druhy dopravy. S tímto vzniká potřeba poskytovat informace v reálném čase o obsazenosti parkovacích kapacit s možností navigace na parkovací místa. Dále v souvislosti s přestupem na veřejnou dopravu vzniká další potřeba propojení informací do informačních systémů VD. Soubor všech těchto informací je možné získat nasazením sensorických sítí právě v těchto a v přilehlých lokalitách.

B) Důležitá místa města

Vzhledem k tomu, že vzniká velká poptávka po parkovacích místech v důležitých/atraktivních oblastech města, je potřeba zohlednit významnou společenskou a ekonomickou roli těchto oblastí obce. Z hlediska dopravy se jedná o **existující či nové dopravní uzly** (např. při podpoře rozvoje polycentrických měst). Z hlediska rozvoje obce se jedná o **centra měst či místa historického či kulturního dědictví**. Z hlediska obchodu a kvality života se jedná o lokality, které jsou charakteristické **vysokým pohybem chodců** (např. obchodní centra, pošta, úřady apod.). Důležitá místa obce jsou pro nasazení sensorických sítí velmi vhodná.

C) Geografické podmínky města

Atraktivita míst s ohledem na parkování je také dána geografickými podmínkami města. Výškopis a polohopis hrají důležitou roli pro stanovení lokalit, kde interakcí dopravy v klidu a v pohybu dochází ke znečištění. Jedná se například o geograficky daná úzká hrdla, tj. např. mosty, či úpatí v kopcovitém terénu města. Tyto lokality svou polohou představují významné dopravní atraktory a jako takové vyžadují regulační zásah města postavený na dostupnosti dat o pohybu vozidel a stavu ovzduší.

D) Místa se špatnou dopravní situací či špatnou kvalitou ovzduší z dopravy

Na základě pasportu dostupných dat o intenzitách dopravního proudu v dané oblasti lze vyhodnotit, kde dochází během dne ke zhoršení propustnosti dopravní sítě. Na základě tohoto vyhodnocení lze následně určit lokality, kde je potřeba sledovat:

- Stav hodnot sledovaných imisních veličin a hluku
- Interakci dopravy v klidu a pohybu (sledování vozidel směřující „nikam“, pouze na neznámé parkovací místo)

Zdrojem dat o dopravních intenzitách mohou být:

- Dopravní centra (dopravní průzkumy, směrové průzkumy, FCD data, analýza velkých dat ze signalizačních sítí mobilních operátorů atp.)
- Dopravní detektory (kamery na křižovatkách, indukční smyčky, strategické detektory apod.)

Tento krok souvisí s provedením analýzy stávajících sensorických technologií a vytvořením architektury spolupracujících subsystémů, které jsou součástí nastavené architektury² komplexního systémového řešení v obci/měště.

2.3.2. Analýza lokality z pohledu infrastruktury

Součástí každé implementace musí být užší charakteristika vybrané lokality zejména z důvodu možnosti vybrat vhodnou sensorovou technologii pro danou lokalitu. Obecně pak platí, že je zaručena účinnost investice do sensorických technologií, pokud jsou nasazeny plošně. Následně je možné propojovat data o pohybu vozidel s daty o dopravě v klidu (obsazenost parkovacích míst přes řídicí systémy, regulace na základě koncentrace škodlivin).

Zejména je nutné sledovat následující parametry/aspekty:

A. Z pohledu současného stavu parkování v konkrétní oblasti

V první řadě je nutné provést opakovaný denní a noční průzkum chování parkujících v konkrétní lokalitě. Zejména by měly být analyzovány tyto parametry konkrétní monitorované lokality:

² Architektura je obecný koncept, ve kterém je systém logicky, fyzicky, datově a organizačně propojen. Architektura dává možnost uchopit systém z pohledu otevřených rozhraní do něj a z něj.

- **Analýza stávající úrovně organizace dopravy v klidu**, jejíž součástí by mělo být zjištění účinnosti platebních podmínek, včetně technické podpory a účinnosti represivních opatření při porušení podmínek parkování. Rovněž by mělo být posouzeno, zda je možné upravit, resp. možnosti optimalizace stávající uspořádání parkovacích kapacit. V tomto bodě je třeba poznamenat, že zvýšením parkovacích kapacit v centru města dojde ke zvýšení intenzity dopravy (dopravní indukce), proto by mělo být spíše uvažováno zřízení parkovacích kapacit mimo centrální oblast a vytvoření podporu jiných dopravních módů, které zabezpečí pohodlné a rychlé cestování do centrálních oblastí. Tento fakt je velice důležitý. I přesto, že je cílem snižovat intenzity individuální dopravy v centrech, tak je nutné zachovat, resp. zvyšovat intenzitu návštěvníků.
- **Analýza přepravních vazeb:**
 - počet dojíždějících vozidel do města (spádovost individuální dopravy)
 - analýza uličního stání (obsazenost, obrátkovost)
 - akceptace platebních a jiných pravidel (procentuální zastoupení neplatících, dodržování zaplacené délky stání apod.)
 - počet cest vozidel do centra (obyvatelé města z okrajových částí, obyvatelé jiných obcí/měst, turisté)
 - počet cest rezidentů v rámci města (spádovost rezidentů)
 - kapacity rezidentního parkování na území města (počet nelegálních stání, počet vozidel parkujících na dané ulici)
 - počet vozů zásobování v centru a doby zásobování
- **Analýza vývoje kongescí v blízkém okolí.** Pro tento úkol mohou být využita dopravní data z přilehlých světelně řízených křižovatek, případně z jiných zdrojů (velice vhodným zdrojem jsou data ze systému FCD). V případě, že taková data nejsou k dispozici, je vhodné na určitou dobu (min. 1 měsíc) osadit dopravní detektory v přilehlé lokalitě a vyhodnotit dopravní zátěž.

B. Z pohledu SÍTĚ je sledováno:

- **Stávající využití sensorických technologií/detektorů.** Pro zajištění spolupráce je žádoucí analýza existujících systémů, které jsou v dané lokalitě nebo v její blízkosti. Jedná se o indukční smyčky, strategické detektory, detektory na křižovatkách, kamerový systém městské policie, parkovací automaty apod.
- **Telekomunikační pokrytí daných lokalit.** Vzhledem k tomu, že zcela zásadní komponentou pro komunikaci sensorických sítí je telekomunikační síť, je třeba v oblasti, pro kterou je systém plánován, analyzovat dostupnost technologií (např. existující městská rádiová či optická síť, národní síť internetu věcí, např. SIGFOX, LoRa, NB-IoT, pokrytí sítěmi mobilních operátorů). Konkrétní informace o těchto sítích jsou uvedeny v kapitole 4.
- **Pokrytí napájecí infrastrukturou.** Řídicí jednotku s internetovou konektivitou (router) je potřeba napájet, je tedy žádoucí monitorovat možnosti napájení v dané lokalitě (např. existující sloupy veřejného osvětlení pod

stálým/přechodným napětím a jejich nosnost a použitelnost). Také je vhodné zvážit možnost použití fotovoltaických zdrojů energie (slunné, stinné místo) v závislosti na energetických požadavcích konkrétních komponent systému.

- **Existující prvky rušení a stínění.** Pro účinné fungování sensorické technologie je žádoucí odladit rušivé elementy, kterými jsou např. vzrostlé stromy či vysoká zástavba, vysoká členitost lokality, tj. např. mnoho vzájemně propojených křivolakých uliček, nasazené zabezpečovací systémy budov, které jsou zdrojem telekomunikačního rušení atp. Pro magnetické sensory může být významným rušivým prvkem tramvajová trať, kdy přítomnost tramvají (především rozjíždění a brzdění) mohou ovlivňovat přesnost měření.

C. Z pohledu DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURY je sledován:

- **Povrch vozovky**
 - **Asfaltový povrch.** Sensorická technologie může být umístěna pod povrch vozovky. K zapravení senzoru je možné využít studenou asfaltovou směs



Obrázek 1: Instalovaný detektor v místě s asfaltovým povrchem

- **Dlažební kostky.** Např. v historickém centru města, kde je povrch z **dlažebních kostek**, je možné využít senzorů integrovaných do **dlažebních kostek**, které nenaruší stávající kulturně historickou hodnotu místa



Obrázek 2: Dlažební kostka s integrovaným detektorem (vhodné pro instalaci v historické zástavbě)

- **Betonový povrch.** Opět je možné použít studenou asfaltovou směs, nebo pro dosažení „šedého“ odstínu je možné použít komponentní zálivkovou hmotu či příslušnou cementobetonovou maltu
- **Počet jízdních pruhů.** Vyšší počet jízdních pruhů, tj. 4 a více zvýhodňují neintrusivní technologická řešení postavená na detekci pomocí jednoho zařízení (tj. kamery, radaru, lidarů apod.)
- **Geografická členitost parkovací plochy ve vztahu k parkovacím sensorovým technologiím.** Velikost a tvar parkovací plochy určuje vhodnost k použití kamerového systému oproti osazení parkovacích míst detektory. Lokality bez prvků stínění (stromy, vysoké budovy) s vysokou koncentrací parkovacích míst (např. nákupní centra) jsou vhodné pro plošnou detekci kamerovým systémem s možností synergického využití např. pro detekci podezřelého, nebo kriminálního chování
- **Absence dopravního značení.** Technologie rozpoznání obrazu i systémy obsazenosti parkovacích míst jednotlivými senzory mohou mít problémy s optimálním rozmístěním či se spolehlivou detekcí parkujících vozidel, pokud nejsou tato místa vymezena vodorovným dopravním značením.



Obrázek 3: Vzorový příklad vhodného vodorovného dopravního značení

D. Z pohledu **SPOLEČENSKÉHO VLIVU** je sledováno:

- **Hrozby vandalizmu.** Výběr technologie by měl také zohlednit historii kriminality a projevů vandalizmu v dané lokalitě, tj. reálnou životnost/odolnost systému, a dále i spolehlivost systému.



Obrázek 4: Vandalem zničený parkovací automat (Slovensko)

- **Ochrana osobních údajů** vs. Kriminalita. Rozlišení potřeby monitorovat vozidla na páteřních (tj. sběrných) komunikacích např. z důvodu možného výskytu pohybu odcizených vozidel a potřeby monitorovat dopravní zátěž v ulicích města; tj. zvážit vyšší nároky na ochranu osobních údajů a GDPR, a to i s ohledem na soukromí občanů (je vhodnější upřednostnit technologie anonymizované detekce všude tam, kde je to možné). V této souvislosti je také nutné zvážit přijetí technologií veřejností, kdy jsou mnohem lépe vnímány „anonymní“ technologie, např. oproti kamerovým systémům
 - Z pohledu environmentálního vlivu sledujeme **vliv počasí a ostatních vlivů** (např. přítomnost stromů znevýhodňuje využití analýzy obrazu z kamerových systémů, nebo spolehlivost infračervených detektorů je náchylná díky spadanému listí, prachu či sněhu)
- E. Z pohledu investičních a provozních nákladů jsou sledovány**
- **Náklady.** Vedle pořizovací ceny by předmětem výběrového řízení měly být i provozní náklady, tj. náklady na datovou konektivitu, potřebnou údržbu systému a sledování provozu systému (monitoring stavových událostí); nicméně je nutné zohlednit i náklady spojené se složitostí projektové přípravy (stavební povolení, složitost připojení se na stávající komunikační síť, složitost instalace z hlediska času i stavebních prací, tj. dopravně inženýrská opatření s dopadem na omezení dopravy). Je doporučeno vzít v úvahu náklady na systém za celou dobu jeho životnosti.

2.4. STANOVENÍ CÍLE ZAVEDENÍ SENZORICKÉ TECHNOLOGIE V DANÉ LOKALITĚ

Účelem tohoto kroku je definování hlavních cílů, kterých chce investor resp. zadavatel dosáhnout nasazením sensorické technologie ve vybrané lokalitě.

Na základě takto vybraného cíle nebo souboru několika cílů je možné následně provést výběr sensorických technologií a stanovit jejich rozmístění na infrastruktuře. Vstupem do tohoto výběru jsou i výsledky hodnocení charakteristiky lokality. Tyto vybrané sensorické technologie jsou pak subsystémy sensorické sítě a umožňují propojení do informačních a řídicích systémů. Regulace je pak možná přímo na základě zjištěného stavu v reálném čase.

Jedná se o následující cíle:

A. Cíl 1: Monitorování dopravní zátěže (Traffic Burden Monitoring System, TBMS)

Účel: Stanovení metrik pro monitorování dosažených cílů a nastavení regulačních opatření v dané lokalitě.

Popis: V obecné rovině se jedná o systém umožňující monitorování dopravní zátěže, který je nízkonákladový a je definovatelný jako monitorovací systém internetu věcí (IoT). Skládá se ze dvou subčástí:

- Sledování dopravního proudu
- Monitoring kvality ovzduší

Umožňuje plošné zjišťování aktuální i dlouhodobé dopravní zátěže i v menších ulicích a uličkách.

Při posuzování, čeho by mělo být dosaženo, je možno brát v úvahu následující scénáře:

Scénář A.1: Sensorická technologie monitoruje počet vozidel, která vjíždějí a vyjíždějí z dané lokality. Systém je založený na detektorech dopravního proudu (např. magnetometrech) rozmístěných na všech ulicích města (dané zóny), které umožňují počítat vozidla. Na vjezdu do zóny také umožňuje získat délku a rychlost projíždějících vozidel, což zlepšuje informace pro účely modelování dopadu dopravy na kvalitu ovzduší. Kontinuálním srovnáváním údajů lze vypočítat obsazenost uličních parkovacích stání v lokalitě (samozřejmě za předpokladu, že jsou detektory dostatečně přesné a spolehlivé). Počet vozidel na ulici pak může být modelován na model hluku a kvality ovzduší na každou ulici/menší oblast zóny a jako takový pomáhá vedení města rozlišovat místa s naléhavou potřebou zásahu pomocí opatření Akčního plánu kvality ovzduší.

Scénář A.2: Sensorická technologie monitoruje lokálně kvalitu ovzduší. Vzhledem k tomu, že modelování kvality ovzduší může být velmi nepřesné kvůli nedostatečné informaci o typu motoru a stáří projíždějících vozidel, musí být monitorovací systém podporován **lokálním monitoringem kvality ovzduší**. To se provádí zaváděním ITS stanic kvality ovzduší (Air Quality stations, AQ ITS-S) příslušné třídy. Minimální přípustná třída pro TBMS je třída C. (viz níže). Výhodou sítě AQ ITS-S je její mobilita, tj. umožňuje čas od času změnit místo měření, a tak sensorově pokrýt oblast hustou sítí pro měření kvality ovzduší. Údaje ze sítě AQ ITS-S

slouží ke zdokonalení modelu (historická analýza dat), rozpoznávání dalších zdrojů znečištění (např. vytápění domácností, průmysl) a poskytnutí cenných údajů pro hodnocení účinnosti akcí/opatření kvality ovzduší a získání argumentů pro komunikaci s veřejností.

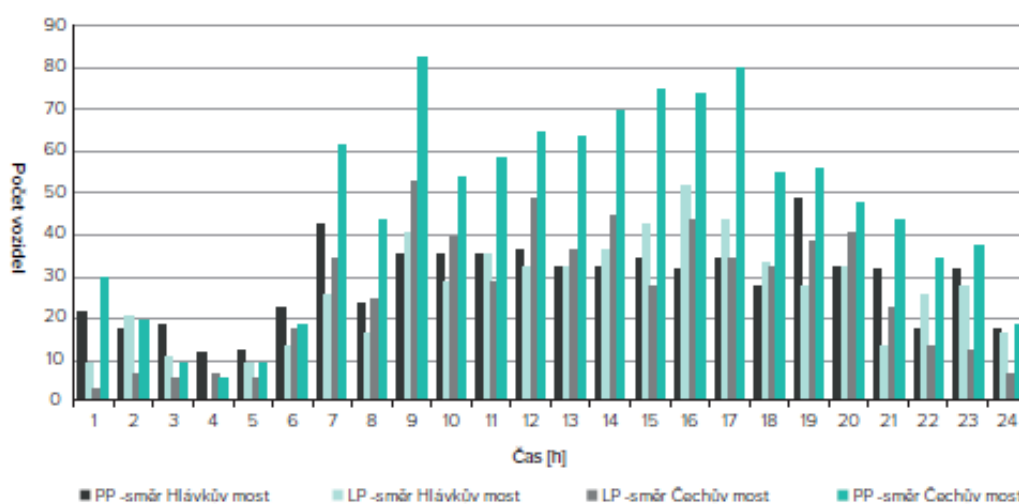
Scénář A.3: Sensorická technologie digitálního zpracování obrazu (např. kontur vozidla, osob, registračních značek) vozidel vjíždějící do lokality

Město může využít stávající kamerovou síť a skrze analýzu obrazu poskytovat podobné údaje o dopravní zátěži ulic, které jsou již detekcí pokryty. Stávající kamerový systém tak může kromě monitoringu kriminality či streamovaného videa poskytovat i dlouhodobé statistiky o mobilitě na dané ulici. Monitoring se neomezuje jen na vozidla, lze také počítat chodce a cyklisty. Protože je nutné vždy monitorovat ucelenou oblast, je vhodné stávající rozmístění této sítě kamerového systému doplnit jak o nové kamery (zejména v místech s vysokým pohybem osob), tak o systém TBMS.

Provozně nákladnějším způsobem monitoringu pak může být sledování vjezdu a výjezdu vozidel z dané lokality pomocí kamerového systému se čtením registračních značek. Nakládání s těmito osobními daty je však velice problematické s ohledem na směrnici GDPR.

Scénář A.4: Sensorická technologie monitoruje dodržování požadované rychlosti

Jednou z přidaných hodnot systému TBMS je možnost dlouhodobého anonymního sledování rychlosti. Kontinuální měření dokáže odhalit dobu a míru překračování rychlosti, a tudíž i nebezpečnost dané lokality s ohledem na dopravní provoz. Data tak lze použít jak pro výběr jízdního pruhu a směru pro efektivní dohled policie v nejhorších lokalitách (viz obrázek níže, pravý pruh ve směru na Čechův most), tak i přijetí opatření pro zklidnění dopravy či zavedení zón 30. Systém také umožňuje zpětně posoudit a vyčíslit dopady zavedení takových opatření.



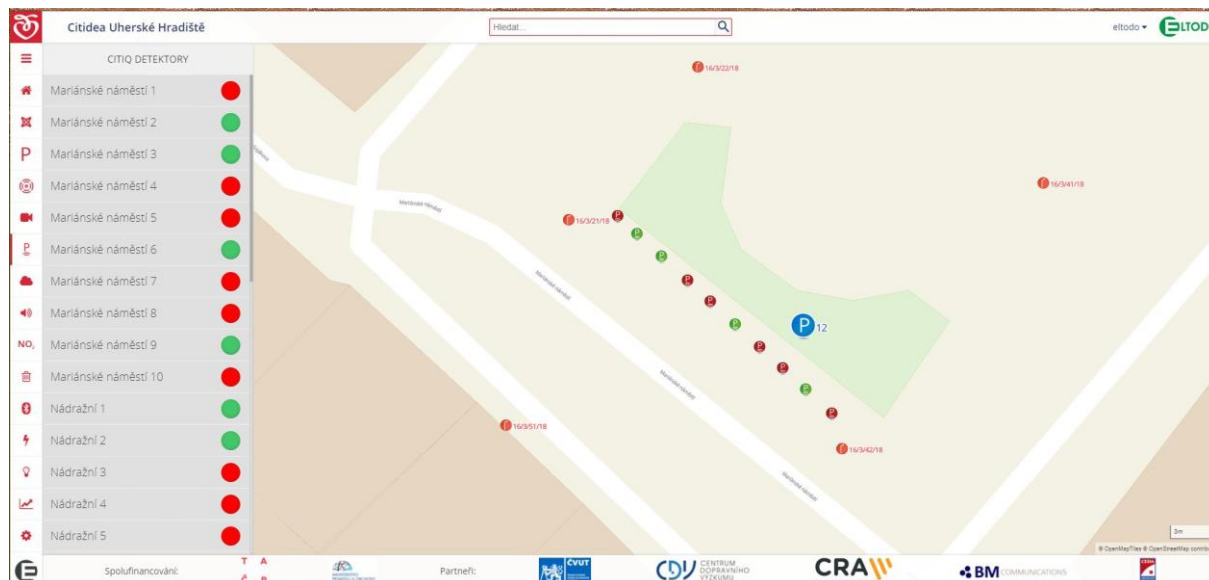
Obrázek 5: Statistika dodržování rychlosti v dané lokalitě Prahy získaná systémem postaveným na magnetometrech průjezdu

B. Cíl 2: Detekce obsazenosti parkovacích kapacit

Účel: Sledování obsazenosti parkovacích míst umožňuje:

- Informovat řidiče o volných/obsazených parkovacích místech
- Vytvářet přesné statistiky obrátkovosti/obsazenosti konkrétních parkovacích míst a vést statistiky o platební morálce řidičů
- Možnost navádět řidiče na volná parkovací místa pomocí informačních tabulí nebo mobilních aplikací
- Mít k dispozici dostatečné analýzy pro definování dalšího rozvoje (parkovací politika, SUMP apod.)

Popis: Systém detekce obsazenosti parkovacích míst v dané oblasti se využívá především na místech s vysokou fluktuací, kde se řidičům nabízí on-line informace s možností navigace na volná parkovací místa. Každé parkovací místo je monitorováno senzorem ve vozovce (magnetometr, IR detekce, smyčkové detektory) nebo je detekce řešena pomocí kamery, radaru nebo ultrazvukem, které poskytují údaje o obsazenosti širší oblasti.



Obrázek 6: Schematické řešení detekce parkovací plochy kamerovým systémem s dohledem nad platební kázní (SW – výsledek projektu SMARTNET, Eltodo, a.s.)

Při posuzování, čeho by mělo být dosaženo, je možno brát v úvahu následující scénáře:

Scénář B.1: Předávání informací v reálném čase řidičům o stavu parkovací kapacity prostřednictvím aplikace nebo zobrazovacích proměnných tabulí

Sensorické technologie detekují stav obsazenosti parkovacích míst (uliční stání, parkovací plochy, P+R). Informace jsou zasílány do centrálního serveru, kde dochází k vyhodnocení obsazenosti místa, nebo jsou vyhodnoceny přímo lokálním systémem. Data ze serveru či z lokální řídicí jednotky jsou zasílána do mobilní/webové aplikace s mapovým podkladem nebo do zobrazovací proměnné tabule (například do Zařízení pro provozní informace ZPI). Díky efektivnímu poskytování informací o volných kapacitách řidičům je možné snížit počet kroužících vozidel hledajících místo k zaparkování v dané lokalitě, pokud je poskytnuta

informace o parkovací kapacitě před vjezdem do lokality, což umožňuje nabídnout řidiči alternativu a do lokality vozidlo nenavádět. Zatímco mobilní aplikace může poskytovat i informace o trendu obsazenosti (např. výhled na dalších 10 minut), ZPI mohou plnit funkci řízení dopravy, tj. odklánění dopravního provozu např. při výskytu dopravní zácpy nebo významných hladin znečištění ovzduší.



Obrázek 7: Zařízení pro provozní informace ZPI (výrobek společnosti SPEL, a.s.)

Scénář B.2: Výkonové zpoplatnění parkování

Senzorická technologie detekuje stav poptávky po parkování a postupně se příslušné ceny parkovného optimalizují takovým způsobem, aby motivovaly řidiče, aby zaparkovali své auto v parkovacích domech (mimo uliční parkování), nebo v zónách/lokality, které nejsou tolik vytíženy. Je postaveno na snaze regulovat parkování tak, aby standardní úroveň obsazenosti uličního stání byla přibližně 85 %, což nabídne volná parkovací místa řidičům, kteří by jinak při hledání volného parkovacího místa kroužili. Výše ceny parkovného tak odpovídá reálně změřené poptávce, kdy při překročení hranice 85 % se cena mírně zvyšuje, zatímco při nižší obsazenosti se cena snižuje. Možnost změnit cenu parkovného lze nastavit například na každé tři měsíce. Systém také slouží k **úpravě doby zpoplatnění parkování** v závislosti na skutečné poptávce na určitém místě, což umožňuje potřebnou flexibilitu parkovací politiky (zdroj 9, 10).



Obrázek 8: Ukázka dopadu parkovací politiky postavené na sledování poptávky s velmi pozitivními výsledky prokázanými v San Francisku, kde byl nasazen sensorový systém SF Park na významné ploše města

C. Cíl 3: Dohled nad platební kázní a obrátkovostí

Účel: Systém umožňuje dohled nad platební kázní a obrátkovostí

Popis: Sensorická síť umožňuje dlouhodobě sledovat obsazenost jednotlivých míst. Při porovnání s daty z parkovacích terminálů je možné velmi rychle a v téměř reálném čase zjistit, jaká je platební kázeň na jednotlivých parkovacích plochách. Aby to bylo možné, musí být platební terminály ohledně sdílení dat minimálně třídy B1 podle EN 12414, neboť umožňují on-line komunikaci s centrálním serverem. Pro systém „Chytrého parkování“ metodika doporučuje nasazovat parkovací terminály vyšší třídy B2. Jen tak je zajištěno, že lze

v téměř reálném čase sledovat a vyhodnocovat také data o vydaných lístcích a případně i provedených transakcích. Systém je vhodné kombinovat i s personalizovanou mobilní aplikací, kdy si uživatel nastaví svou registrační značku a strážník při kontrole kromě vizuální kontroly lístku přistupuje do databáze uživatelů mobilní aplikace. I zde se nabízí synergie v podobě aplikace pro navádění na volná parkovací místa a platební aplikací. Je vhodné, aby parkovací mobilní aplikace měla také funkčnost prodloužení nebo zkrácení doby zaparkování bez nutnosti dostavit se k vozidlu. Tím se systém „Chytrého parkování“ stává komplexním a technologicky a datově integruje všechny potřebné komponenty pro regulaci dopravy v klidu.

D. Cíl 4: Elektronický systém rezidentního parkování a city logistiky

Účel: Systém umožňuje odlišit zaparkovaná vozidla rezidentů, handicapovaných nebo vozidel, která mají speciální povolení parkování na konkrétních místech (např. zásobování).

Popis: Jedná se o systém, který je založen na aktivním rozpoznání zaparkovaného vozidla na konkrétním parkovacím stání nebo ve vyhrazené lokalitě. Systém se skládá z aktivního prvku na infrastruktuře (kde např. součástí magnetického detektoru je RFID čip), který umožní komunikaci s aktivním/pasivním prvkem ve vozidle (např. rezidentovou parkovací kartou s čipem). V centrálním serveru lze ke konkrétnímu parkovacímu stání přiřadit informaci o zaparkovaném vozidle (rezident, handicapovaný apod.) z aktivní karty. Jedná se o nepřenosnou kartu, která je vždy vztažena ke konkrétní RZ vozidla. V případě, že vozidlo tuto parkovací kartu nemá, podléhá povinnosti zaplatit za čas parkování formou platební aplikace nebo parkovacího automatu. Systém lze realizovat také aktivním zařízením (Tagem) ve vozidle, které komunikuje se sítí na vyhrazené lokalitě (není párována s konkrétním parkovacím místem). Lokalita je vybavena stanicí Master, který je např. instalována pouze v místech parkovací lokality pro rezidenty, nebo v lokalitách/zónách „Chytrého parkování“.



Obrázek 9: Ukázka ze systému ve Westminsteru, kde je vybaveno cca 3500 parkovacích míst detektory s RFID čipem, který komunikuje s konkrétním vozidlem vybaveným parkovací kartou s čipem

Scénář D.1: Realizace elektronické peněženky

Přímá komunikace mezi senzorem a identifikátorem ve vozidle umožňuje nositeli karty ve vozidle platit za parkování ve vyhrazených lokalitách dávkově (např. 1x měsíčně), jelikož je vždy systémem zaregistrován při příjezdu a odjezdu vozidla z vybavených parkovacích stání. Takto postavený systém může lépe reagovat na flexibilní tarifikaci na základě detekovaného stavu kvality ovzduší nebo na hodiny dopravní špičky konkrétních dnů. Stejně jako výše uvedený systém, lze realizovat pomocí komunikační sítě v zónách/lokalitách a aktivním zařízením ve vozidle komunikující s touto sítí. Takto koncipovaný systém je z výše uvedených nejnákladnější a prozatím nejsou známy informace o takto aplikovaném systému. Nicméně je vhodné sledovat vývoj v této oblasti a lze předpokládat, že podobně koncipované systémy budou v budoucnosti realizovány.

Pozn. Tento systém nebude dále v metodice rozpracován.

Scénář D.2: Systém rezidentního nebo předplaceného parkovacího stání

Držitel aktivního prvku ve vozidle s předplacenou částkou za parkování, nebo po zaplacení poplatku za rezidentní parkování, je oprávněn využívat označené parkovací lokality bez nutnosti opětovných plateb na lokalitě.

Pozn. Tento systém nebude dále v metodice rozpracován.

Scénář D.3: Systémový přístup k city logistice

V centrálních oblastech měst je možné vyhradit určený počet míst podnikatelským subjektům a poskytnout k nim omezený počet parkovacích karet. Systém může být nastaven na povolení stání pouze ve vyhrazených parkovacích dnech/hodinách. Zároveň je možné rezervovat čas dovážky a vykládky zboží.

2.4.1. Doporučení

Kontinuální monitoring znečištění ovzduší se zpracovává pro lokality, kde při procesu kvantifikace počtu vozidel hledajících místo k zaparkování bylo zaznamenáno větší procento a je tedy předpoklad, že bude indikováno větší znečištění ovzduší.

Senzorická síť složená z většího počtu na sebe napojených sensorických technologií může vzniklý stav eliminovat nebo významně omezit.

Aby bylo dosaženo zlepšení stávajícího stavu, lze doporučit sestavit systém z následujících částí.

Systému monitorování dopravní zátěže (TBMS), který je cenově dostupný, a tudíž vhodný pro plošný monitoring dopravy (řešení zóny)

Systému chytrého parkování, který slouží pro monitorování atraktivních parkovacích ploch a uličního stání s vysokou obrátkovostí (řešení lokality) a umožňuje být komunikačně kompatibilní se systémem TBMS

Platebního a navigačního systému, který skrze připojené platební terminály a mobilní a webové aplikace umožňuje dohled nad platební kázní a zavedení systému výkonového zpoplatnění parkování.

Správnou lokalizací monitorovacích míst (bodů) ve vybrané lokalitě bude dosaženo získání dostatečného množství relevantních dat k návrhu série opatření vedoucích obecně ke zlepšení celkového znečištění ovzduší.

Protože nasazení technologií, jejich provoz a údržba nejsou zanedbatelnou investicí, je nutné zvážit možná synergická využití i pro jiné účely a **budovat komunikační pokrytí uvážlivě** a se zapojením všech relevantních odborů města a městských firem. Propojení energetických, telekomunikačních či dopravních účelů se svozem odpadů, veřejným osvětlením atp. v rámci jedné komunikační sítě může vést k celoměstskému komunikačnímu standardu pro senzory a sensorické sítě od různých dodavatelů a pro různé účely a lze postupně a stavebnicově neustále celý systém rozšiřovat, doplňovat a obnovovat za nová technologická řešení.

2.5. POSTUP PRO KVANTIFIKACI VOZIDEL HLEDAJÍCÍCH MÍSTO K ZAPARKOVÁNÍ

Současný přístup v řízení dopravy se zaměřuje primárně na vozidla jedoucí z místa A do místa B. Této skutečnosti je pak přizpůsobena také řídicí logika. Ovšem při interakci dopravy v klidu a pohybu dochází k těžko předvídatelnému vlivu dopravy směřující „nikam“, pouze na neznámé parkovací místo, což činí z dopravního proudu těžko predikovatelnou soustavu navzájem se ovlivňujících vozidel. V současné době nemůžeme určit, o jak závažný problém se jedná a jaký je jeho skutečný vliv na životní prostředí v České republice. V této souvislosti jsou níže popsány konkrétní způsoby, které umožňují analyzovat a vyčíslit externí škody, které způsobují vozidla hledající místo k zaparkování v konkrétních zónách/oblastech.

Tyto údaje mohou být následně srovnány s údaji po aplikaci (nejlépe plošného) systému chytrého parkování. Zároveň mohou být podkladem pro stanovení KPI.

2.5.1. Všeobecné zásady

Klíčem k posouzení jakou regulaci parkování nastavit ve vybrané lokalitě a jakou sensorickou technologii následně vybrat, je **kvantifikace vozidel**, která hledají místo k zaparkování.

Účelem kvantifikace vozidel hledající místo k zaparkování je:

- Stanovení metrik pro monitorování dosažených cílů v rámci nastavené regulace
- Stanovení cílových hodnot sledovaných veličin (po zavedení regulace parkování ukázat, jak se změnil stav)
- Podklad pro rozhodování³ o celoplošné detekci
- Podklad o rozhodování rozšíření placeného stání
- Podklad pro rozhodování o systému rezidentního parkování

³ Základní systém slouží pro osazení vybraných parkovacích míst technologií detekující přítomnost vozidla, čímž umožní online monitoring (obsazenosti konkrétního parkovacího místa, procentuálního vytižení parkoviště atp.)

Veličiny ke sledování jsou:

- % počet vozidel hledajících místo k zaparkování
- Zjištění reálné doby strávené při hledání volného parkovacího místa
- Emise/Imise
- Hluk

Za účelem získání relevantních dat by měla kvantifikace dodržovat několik zásad, které jsou uvedeny dále v textu.

Způsob zjišťování množství emisí a hluku je uveden podrobněji v kapitole 5.

Níže uvedený princip, jak kvantifikovat vozidla hledající místo k zaparkování, byl pilotně otestován a ověřen v okolí ulice Rooseveltovy v Brně.

2.5.2. Příprava kvantifikace - projekt

Kvantifikace vozidel hledajících místo k zaparkování v dané lokalitě je realizována v časovém období podle předem stanoveného harmonogramu definovaného v projektu. Projekt je zpracován pro celou lokalitu se zohledněním situace v jednotlivých ulicích lokality.

Projekt musí obsahovat následující části:

A. Lokalizaci monitorovacích bodů

Při návrhu monitorovacích míst a osazení sensorickými technologiemi se zohledňují výsledky predikce odborníkem a znalost lokality.

Je nutné připravit následující body:

- Posouzení sběrných komunikací přivádějící a odvádějící vozidla do dané lokality
- Mapový podklad ve vhodném měřítku s přesnou identifikací měřicích bodů v dané lokalitě, včetně GPS souřadnic měřicích bodů

Počet i přesné situování monitorovacích bodů závisí na konkrétní situaci v trase silniční komunikace nebo dané odstavné plochy. Je vhodné, aby tato místa byla přesně definována a to zejména z důvodu přípravy samotné instalace a zajištění opakovatelnosti kvantifikace v případě potřeby. Tato potřeba může vzniknout například výstavbou nového parkovacího domu.

Postup lokalizace míst pro kvantifikaci v předmětné lokalitě je vhodné dopředu konzultovat s objednatelem kvantifikace a kompetentními zástupci samosprávy. V případě umístění monitorovacího bodu na soukromém pozemku nebo infrastruktuře (sloup veřejného osvětlení, nosné prvky dopravního značení apod.) je třeba získat souhlasné stanovisko.

B. Návrh projektu musí zohledňovat požadavky zadavatele nebo kompetentních orgánů zejména v těchto bodech

- Stanovení frekvence sběru údajů
- Způsob vyhodnocení a archivace dat

C. Projekt musí zohlednit také případné návrhy uzavírek spojených s instalací sensorické technologie

D. Projekt musí obsahovat inženýrskou dokumentaci spojenou s instalací sensorické technologie

- Geodetická dokumentace

2.5.3. Sensorické technologie pro kvantifikaci

Výběr sensorické technologie pro kvantifikaci musí vycházet z:

- Analýzy stávajících sensorických technologií/detektorů osazených v dané lokalitě
- Možnosti využití přenosných kamer s vysokým rozlišením s možností postprocesingu v prostředí kanceláře
- Telekomunikačního pokrytí dané lokality
- Pokrytí napájecí infrastrukturou
- Existujících prvků rušení a stínění
- Rozsahu finanční prostředků pro provedené kvantifikace

2.5.4. Varianta 1: Průzkum provedený pomocí technologie ANPR v centrální oblasti

Popis: Obecným principem tohoto způsobu je rozmístění potřebného počtu kamer s možností záznamu obrazu a vyhodnocení registrační značky vozidla. Mohou existovat dva způsoby:

- 1) Kamery s možností digitálního zpracování obrazu v místě instalace se vzdáleným přenosem dat
- 2) Kamery, které vyhotoví obrazový záznam, který je následně nahrán do speciálního SW, který umožní vyhodnotit registrační značky vozidel

U první varianty je zapotřebí počítat s vyššími náklady na pořízení záznamu a vyššími nároky na schvalovací proces (nutná instalace na stávající infrastrukturu). Na druhou stranu se může jednat o dlouhodobější průzkum.

U druhé varianty se očekává spíše krátkodobé měření (dny), přičemž jednotlivé kamerové body by měly být manuálně obsluhovány.

Pro měření a následné vyhodnocení je použit potřebný počet (vycházející z projektu) záznamových zařízení, které v předem definovaných místech zaznamenají registrační značky projíždějících vozidel.

Rozmístění jednotlivých kamer by mělo korespondovat s možnými trasami vozidel ve sledované oblasti tak, aby bylo možné zaznamenat matici přepravních vztahů na větším územním celku.

Organizace průzkumu:

- Rozmístěním kamer na základě zpracovaného projektu

- Zpracováním inženýrské dokumentace (napojení kamer na síť veřejného osvětlení)



Obrázek 10: Ukázka rozmístění přenosných kamerových bodů při realizaci průzkumu v okolí ulice Rooseveltovy v Brně

Vyhodnocení z ANPR:

	Kroužící vozidla za účelem parkování	Projíždějící vozidla
Popis trasy	<ul style="list-style-type: none"> • Vozidla, která vjela do zóny a uvnitř zóny se otáčela a změnila směr jízdy (případně ji opět opustila = nenašla volné parkovací místo) • Vozidla, která vjela do zóny a uvnitř zóny se otáčela a změnila směr jízdy a poté zajela do garážového stání u Janáčkovy divadla (nenašla volné místo a zajela do garáže) 	<ul style="list-style-type: none"> • Vozidla, která vjela do zóny v libovolném směru a opustí ji bez otáčení se v zóně • Vozidla, která se již vyskytovala v zóně a opustila ji (již parkující vozidla, která opustila zónu)

Tabulka 6: Zjednodušený popis vyhodnocování obrazového záznamu na konkrétní lokalitě v Brně

2.5.5. Varianta 2: Průzkum provedený dotazníkovým šetřením

Popis:

Dotazníkové šetření se využívá buď jako doplnění průzkumu provedeného systémem kamer, nebo jako samostatné řešení tam, kde není možné využít kamer (z ekonomických nebo jiných důvodů). Obecně lze říci, že dotazníkové průzkumy mohou nashromáždit dostatek informací, aby mohly nahradit data získaná ze směrových průzkumů pomocí kamerových systémů. Je však zapotřebí mít dostatečný počet respondentů. Kamerové průzkumy mohou výsledky průzkumu kalibrovat, nebo účinně rozšířit.

Organizace průzkumu:

Dotazníkové šetření se provádí formou „face to face“, v rámci něhož jsou osloveni řidiči automobilů parkujících v dané lokalitě. Řidičům jsou položeny otázky a na základě odpovědí dochází k vyhodnocení stavu.

Jedná se o následující otázky:

1. *Důvod návštěvy v oblasti.*
2. *Jak často jezdíte do této oblasti?*
3. *Jak dlouho trvalo, než jste v této oblasti zaparkoval/a?*
4. *Hodnocení intenzity dopravy při cestě do oblasti.*
5. *Hodnocení jednoduchosti/složitosti při hledání volného místa pro zaparkování.*
6. *Jste rezident?*
7. *Kolik je Vám let?*
8. *Pohlaví.*
9. *Počet osob ve vozidle.*
10. *Použili byste aplikaci, která navádí na volná parkovací místa?*

Vyhodnocení dotazníkového šetření:

Průzkum je vhodné provést před zavedením regulace parkování jako podklad pro zjištění situace před realizací a následně je vhodné stejný dotazníkový průzkum provést po realizaci opatření.

Zavedení detekčních technologií v oblasti parkování patří mezi tzv. veřejně prospěšné projekty. Smyslem těchto projektů je zvýšit užitek jakýchkoli subjektů. Tedy prospět občanům. Realizace by měla přinést pozitivní efekt. Dotazníkové šetření tedy může být doplněno otázkami vztahujícími se k ukazatelům kvality konkrétního opatření.

Tedy v případě, že součástí regulace parkování bude například detekce volných parkovacích míst a jejich progresivní zpoplatnění, bude v dotazníku položena otázka typu např.:

Jste spokojeni s nastaveným tarifním zpoplatněním?

2.5.6. Charakteristika přínosů projektu

Na závěr analytické části uvádíme souhrn základních přínosů zavedení systému „Chytrého parkování“ se vzájemnou kompatibilitou systému monitorování kvality ovzduší. Tyto přínosy by měly být součástí zpracované Studie proveditelnosti, která by měla předcházet návrhu a implementaci systému. Mezi nejvýznamnější přínosy zavedení takového systému řadíme:

A. Přínosy pro uživatele systému

Zavedením systému začínají platit jasná pravidla pro uživatele; v případě provozu parkovacích ploch soukromým subjektem i pro veřejné provozovatele. Město má přehled, jak celý systém parkování funguje, kolik finančních prostředků získá, o jaké lokality je stále největší zájem, v jakých časech a při jakých příležitostech, nicméně jeho zásadním přínosem je provázanost s dalšími agendami města. Například propojení s veřejnou dopravou či systémem městských kol (bikesharing) lze provést pomocí jednotného platebního nástroje (platební karty, mobilní aplikace) a uživatel tak může sbírat pozitivní body za šetrnější chování. Systém „Chytrého parkování“ s flexibilní tarifikací a provázanost na systém monitorující kvalitu ovzduší má potenciál významně ovlivnit počet vozidel v centru měst: jednak pozitivně vedenou mediální kampaní a jednak také dostupnými informacemi o

obsazenosti parkovišť a výši flexibilních tarifů, které jsou dynamicky upravovány na základě imisních hodnot, nebo jiných spouštěcích scénářů. Systém může mít přínos v podobě zvýšení kvality života v centru měst.

B. Ekonomické přínosy

Parkovací systémy jsou jedním z mála inteligentních dopravních systémů, které mohou vytvářet přímý zisk pro pokladnu města. Z pohledu koncepce Chytrého města by měly být tyto finance (nebo určitá část financí) alokována do předem vyhrazeného fondu (např. fond mobility, fond rozvoje ITS apod.). Jedním z předpokladů ekonomicky pozitivní bilance zavedení systému je nastavení pravidel pro správu systému. Město může provozovat a provádět servis systému ve vlastní režii (naprostá kontrola nad tržbami, transparentnost apod.) nebo může využít dodavatele systému také pro provozování a servis systému „Chytrého parkování“, přičemž tento dodavatel může být motivován flexibilní částkou odměny/resp. sankcemi za přesnost a spolehlivost systému. Mezi aspekty ekonomických přínosů především řadíme:

- **Zvýšení platební morálky.** Ze zkušeností ze zahraničí lze předpokládat až dvojnásobné zvýšení platební kázně za předpokladu, že dohled bude prováděn efektivně. Systém Chytrého parkování poskytuje dohledovým složkám přesné a lokalizované údaje spojené s porušování platební kázně. Systémy detekce mohou být instalovány také v místech zákazu stání/zastavení. V momentu porušení pravidel může hlídka opět velice efektivně a rychle zasáhnout.
- **Flexibilní tarifikace** může do veřejného rozpočtu přinést více financí.

C. Přínosy environmentální

- **Úspora pohonných hmot.** Na základě zjištění z dopravních průzkumů před a po realizaci opatření je vyčísleno, kolik pohonných hmot se ušetří vlivem redukce vzdálenosti ujeté průměrným vozidlem při hledání volného parkovacího místa. Úspora je převedena na finanční prostředky s pomocí průměrných cen pohonných hmot.
- **Úspora emisí skleníkových plynů.** Průměrný počet km ujetých před a po zprovoznění efektivně fungujícího parkovacího systému se promítne i do produkce emisí skleníkových plynů, zejména oxidu uhličitého (CO₂). Pokud dosáhneme snížení procenta vozidel hledajících místo k zaparkování a docílíme distribuci informací o volných parkovacích kapacitách přes různá média, ovlivníme produkci skleníkových plynů. Významného snížení produkce skleníkových plynů dosáhneme právě v době špatných rozptylových podmínek, kdy mohou být aplikovány scénáře zvýšení tarifů za parkování. Takto koncipovaný systém může výrazně redukovat počet vozidel mířících do centrální oblasti obce. Jako protiopatření může být podpořena ekologická veřejná doprava.

- **Snížení hlukového zatížení.** Snížením procenta vozidel, které nemůžou najít místo k zaparkování, se významně sníží vliv těchto vozidel na dopravní proud na tazích, které sousedí s lokalitami zatíženými vysokou obsazeností parkovacích míst. Zvýšením plynulosti dopravy se sníží podíl i hlukového zatížení v těchto místech.

D. Úspora času

Čas ušetřený s mobilní aplikací nebo jinými akčními prvky systému Chytrého parkování při hledání parkovacího místa je převeden na finanční jednotky s pomocí údajů o finanční hodnotě času (VT – Value of Time). Můžeme vycházet např. z metodiky HDM4.

2.6. ZÁVĚRY ANALYTICKÉ ČÁSTI

Každá lokalita, která je identifikována jako problematická s ohledem na parkování (např. vysoká intenzita vozidel, vysoká obsazenost, vozidla hledající místa k parkování, parkovací plochy v blízkosti centrální oblasti měst apod.) vyžaduje průzkum na místě odborníkem, který zná výhody a nevýhody jednotlivých technologií, a dokáže městu navrhnout variantní řešení s ohledem na podmínky uvedené v článcích 3.3.1 a 3.3.2. Lokalita by měla být vždy posouzena jako celek, od sběrné komunikace přivádějící vozidla do dané lokality až po jednotlivé ulice.

Město pro odborné posouzení musí poskytnout informace uvedené v 3.3.2, a to zejména ohledně svého záměru dané lokality (širší kontext plánované zóny, parkovací politika či zklidnění dopravy atp.), existujících technologických sítí (např. dostupná optická síť, napájecí infrastruktura, existující detektory v sousedství, možnosti propojení závorových systému do komplexního modulu v centrálním systému, existující sítě internetu věcí) a samozřejmě možnosti rozpočtu.

Kromě posouzení lokality s ohledem na podmínky uvedené v 3.3.2 a možnosti rozpočtu je vhodné, zvláště při vyšších investicích, provést dostatečně specifický dotazníkový průzkum a v určitých případech také průzkum pomocí kamerových systémů.

V případě zjištění, že v dané lokalitě je počet vozidel hledajících místo k zaparkování vysoký a míra obsazenosti parkovacích míst v lokalitách/zónách je vyšší než požadovaná (např. více než 85% v průběhu dne), je možné:

- **Lokalitu považovat za vhodnou pro zavedení celoplošné detekce** (celoplošná detekce je vždy nejnákladnějším řešením. Proto musí návrhář systému zohlednit atraktivitu dané lokality, obrátkovost a cenu parkovného, ale i cenu a možnosti technologií. Také by měl přihlídnout k počtu vozidel hledajících místo k zaparkování
- **Detekční technologie soutěžit jako technologicky neutrální bez definice konkrétní technologie, nebo jako službu poskytování informací o obsazenosti parkování např. na dobu 5 let.** V případě zjištěných omezení, např. stínění stromy, bezprostřední

blízkost tramvajové tratě atp. je vhodné, aby posuzovatel označil technologie, jejichž přesnost a spolehlivost by mohla být podmínkami narušena.

- **Zajistit kontinuální sběr dat o obsazenosti parkovacích ploch pomocí detekční technologie.**
- **Požadovat SW řešení, které pracuje s reálnými daty z instalovaných technologií, který umožní dlouhodobé vyhodnocení parkování k účelům úpravy tarifní politiky nebo například porovnání a vyčíslení rozdílu ve výběru parkovacích poplatků mezi aktuálně provozovaným systémem (data z platebních terminálů) a systémem zaznamenávající obsazenost (data o reálném využívání parkovací plochy).**
- **Vytvořit samostatný modul Chytrého parkování v centrálním systému Dopravně informačního centra (DIC) města, definovat rozhraní tohoto modulu a navzájem provázat s jinými moduly DIC pro možnost nastavení flexibilních tarifů parkovacích zón v závislosti na rozptylové podmínky, organizované akce v městském prostoru (např. vánoční trhy, koncerty apod.), nebo provázat se systémy zpoplatnění veřejné dopravy, bikesharingu apod.**

3. Návrhová část systému Chytrého parkování

3.1. ÚVOD K NÁVRHOVÉ ČÁSTI

Chytré parkování je jedním ze základních prvků konceptu “Chytrých měst”. Mnohdy je pojem “Chytré parkování” chybně vnímán pouze jako systém, který umožňuje zaznamenat obsazenost konkrétních parkovacích míst senzory, které jsou instalovány na každém parkovacím místě, nebo pomocí kamer, které využívají digitálního zpracování obrazu, který umožní identifikovat obsazenost parkovacích míst. **Systém Chytrého parkování** zakládá svou existenci na soustavách **detekčních systémů a koncových zařízeních**, která svá měření a veškeré procesy a zjištění dokáží přenosovou soustavou předat k centrálnímu zpracování, například v centru dopravních informací.

Po zpracování dat jsou informace ukládány do databáze a jsou využívány aplikační vrstvou, popř. jsou následně používány k analytickým úkonům. Mezi jednotlivé subsystémy „**Chytrého parkování**“ také vedle výše zmíněných detekčních systémů obsazenosti řadíme závorové systémy, parkovací automaty, nebo detektory průjezdu vozidel (na parkovištích, nebo v ulicích měst, kde jsou rovněž uliční parkovací stání).

Hlavním principem je tedy vytvoření **jednotného integrovaného systému na geograficky vymezeném území**. Z mnoha různých, již uvedených důvodů, je proto dopravu v klidu ve městech nutné řešit jako komplexní systém v několika po sobě jdoucích krocích, neboť jen tak lze z nově instalovaných či stávajících systémů získat maximální užitek. Pro účely této metodiky je systém chytrého parkování rozdělen do následujících vrstev:

- Detekční vrstva
- Přenosová/komunikační vrstva
- Vyhodnocovací vrstva
- Aplikační vrstva

Tato metodika se především věnuje technologii, kterou lze použít pro efektivní řešení pouličního parkování v návaznosti na ostatní formy parkování (parkovací domy, parkovací plochy se závorovými systémy, parkovací automaty apod.). Tato technologie přináší vedlejší užitek například i pro dopravní a územní plánování a cenné informace pro strategické plánování města.

Díky rozvoji technologií internetu věcí (IoT) a inovativních sensorických sítí je možné do komplexního systému integrovat také informace o obsazenosti uličních parkovacích stání. V minulosti tyto technologie nebyly dostupné, proto se nejevilo vytváření celistvých parkovacích systémů (SW modulů v dopravně informačních centrech) jako logický krok. Především s ohledem na chybějící informace o čtených uličních parkovacích místech.

Důležité

Chytré uliční parkování je souborem senzorů a přenosových technologií, které umožňují dlouhodobě vyhodnocovat obsazenost konkrétních parkovacích míst, jejich obrátkovost,

procentuální využití a v kombinaci s informacemi z platebních terminálů (včetně mobilních plateb) také sledovat platební kázeň a to i v reálném čase. Takto realizovaný systém umožňuje zavádět regulační schémata v rámci celého města a umožňuje být samostatným a zároveň spolupracujícím systémem v rámci komplexního dopravně informačního a řídicího systému města/kraje. Takový systém ve své cílové podobě dokáže regulovat dopravu za pomoci flexibilních tarifů na základě reálné poptávky po konkrétních parkovacích místech/lokality/zónách a motivovat řidiče k využívání parkovacích domů, nebo vhodných parkovacích ploch v podobě P+R, nebo jiných přestupních uzlů na šetrnější dopravní módy.

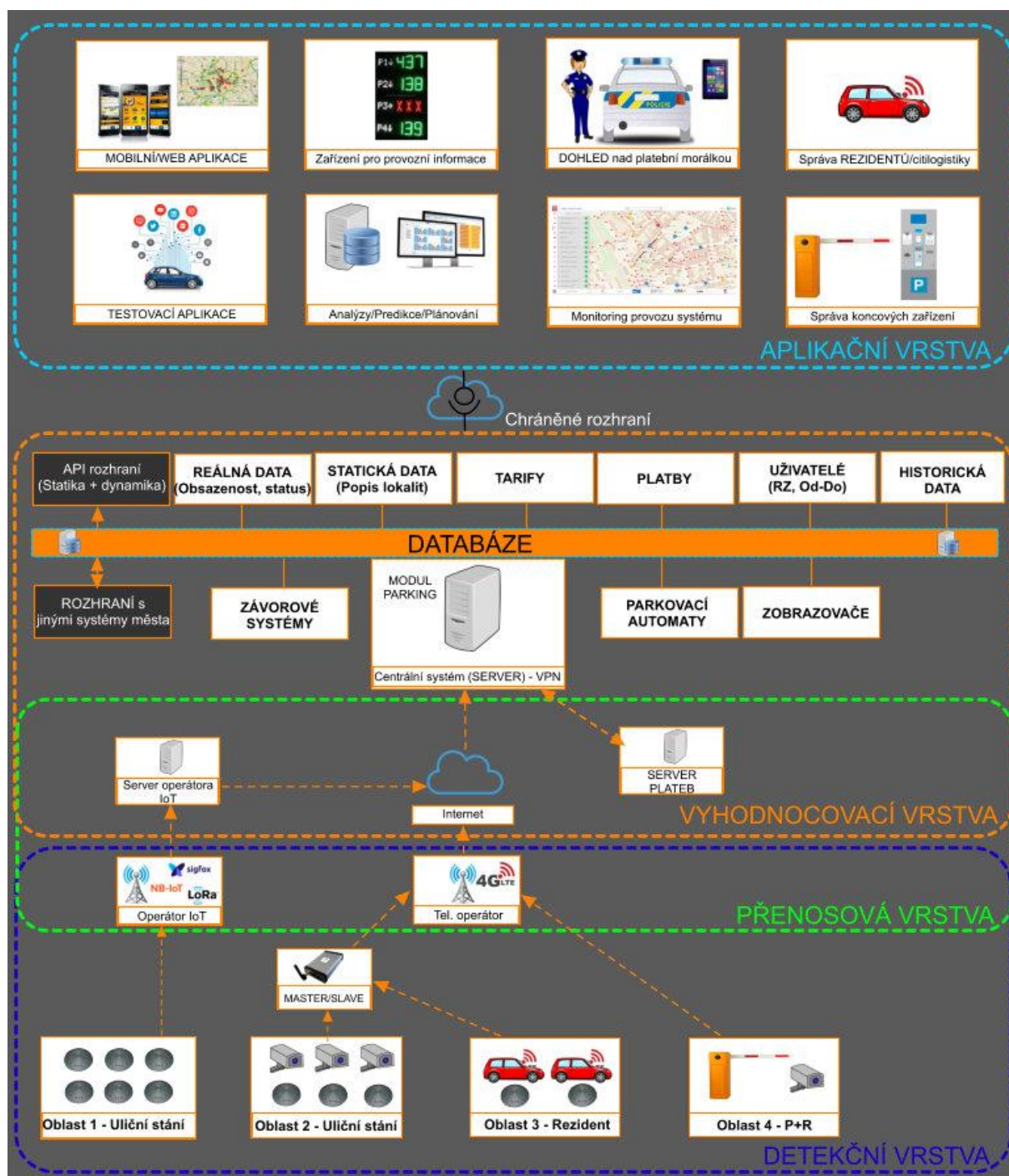


Schéma 1: Návrh architektury systému Chytrého parkování

3.2. DETEKČNÍ VRSTVA

Detekční vrstva je složena z detektorů, které umožňují zaznamenat jedoucí, resp. stojící vozidla na konkrétních parkovacích místech. Na trhu jsou dostupné detektory, které jsou postaveny na různých fyzikálních principech. Detektory mají své výhody i nevýhody, a proto je nutné se seznámit s jejich primárními možnostmi použití. Výběr vhodné technologie odvisí od potřeb koncového uživatele a výsledků provedených analýz a nastavených podmínek pro jednotlivé uvažované lokality (viz výše).

3.2.1. Kamery pro monitorování dopravního proudu a / nebo kamery s funkcí čtení RZ vozidel (ANPR)

Efektivní a stabilní systém pro sledování dopravního toku a řízení provozu a dohled pomocí automatického čtení registračních značek (ANPR) je vhodný zejména pro regulaci vjezdu do stanovené zóny. Vyžaduje trvalé napájení, má vysoké nároky na přenos dat (optická vlákna). Spolehlivost kamer na čtení RZ je determinována lokalitou, ve které jsou instalovány. Zejména platí, že čím je nižší rychlost snímaných vozidel, tím je vyšší spolehlivost detekovaných RZ. Je zapotřebí počítat s vyššími investičními náklady a rovněž vysokými náklady na údržbu (pravidelné čištění čoček kamer z důvodu prachu, pavučin apod.). Pokud je systém nasazen v ulicích, je vystaven vandalismu. Rovněž povětrnostní podmínky a noční provoz mají významný dopad na spolehlivost čtení. Postupy pro nasazení jsou poměrně složité a vyžadují značné množství času a povolení. Je také předmětem opatření GDPR a ochrany osobních údajů a ve většině zemí vyžaduje, aby byla policie jediným provozovatelem pro účely dohledu.

3.2.2. Dopravní smyčky pro monitorování dopravního proudu

Efektivní a stabilní systém pro sledování dopravního toku a řízení dopravy slouží jako strategický detektor. Může být použit jako technologie pro počítání vjezdů/výjezdů z dané parkovací plochy. Vyžaduje trvalé napájení, má vyšší pořizovací náklady i náklady na údržbu. Postupy nasazení jsou méně složité a vyžadují méně času než kamery. Instalace není rychlá a snadná. Často je spojen s řízením světelné signalizace (řadič funguje jako řídicí jednotka systému) a jako takový je mnohem dražší pro případy jako řízení přístupu k parkovištím. Nemá žádný jiný účel.

3.2.3. Magnetometry pro monitorování dopravního proudu

Efektivní a nový typ systému sledování provozu, zejména pokud jde o plošné monitorování dopravní zátěže (systém kvality ovzduší), který ještě není široce využíván. Může být také použit jako technologie pro počítání vjezdů/výjezdů z dané parkovací plochy. Je energeticky nezávislým systémem, což znamená velmi snadnou a rychlou instalaci, nicméně je otázkou času, kdy se baterie detektorů vybijí, takže je důležité zvážit snadnost jejich nahrazení (vyjmutí z vozovky). Jedná se o levný systém s nízkými náklady na údržbu. Jedná se o systém IoT, který umožňuje integraci dalších senzorů pro sledování provozu v sousedních oblastech (kromě vjezdu na parkoviště dokáže monitorovat i dopravu na přilehlých komunikacích

v dosahu zařízení). Lze kombinovat s parkovacími čidly a sledovat také konkrétní místa (typ uživatelů, např. hendikepovaní). Pro účely této metodiky je tento systém nazýván Systém monitorování dopravní zátěže (TBMS).

3.2.4. Kamery pro monitorování obsazenosti parkovacích ploch

Účinný a neustále zdokonalovaný systém pro sledování parkovacích ploch v místech, kde jsou parkovací místa kumulována v rámci dané oblasti tak, že je daný tvar oblasti činí efektivními, neboť dokáží využít jejich potenciálu (tj. sledování až 100 míst jednou kamerou). Analýza obrazu umožňuje sledovat obsazení parkoviště a pokrýt i velkou oblast několika kamerami s akceptovatelnou úrovní přesnosti. Kamery lze nastavit jako jednoduché snímače, kde je obraz zpracováván a vyhodnocován samotnou kamerou a datový výstup je pouze číselným vyjádřením obsazenosti parkoviště. Tento typ využití kamery je velmi dobrý, protože znamená nízké náklady na přenos dat a není potřeba řešit žádné významné záležitosti s GDPR. Nepříznivý povětrnostní stav však může mít významný vliv na spolehlivost výstupu. Pořizovací cena je v přepočtu za místo na systém nižší než u detektorů obsazenosti. Nicméně je zapotřebí počítat s vyššími náklady na údržbu a servis (čištění čoček apod.). Kamerový systém může také být předmětem vandalismu a / nebo poruchy, což při výpadku jedné kamery způsobí nefunkčnost celé monitorované oblasti; to je spíše nevýhoda ve srovnání se systémem založeným na detektoru obsazenosti, kde porucha čidla znamená výpadek v řádu jednoho parkovacího místa. V oblasti uličního stání je vhodný v kombinaci s magnetickými, případně IR čidly, jelikož překryvy vozidel, stromy, nebo jiné infrastrukturní prvky mohou ovlivňovat přesnost měření. Kamery nelze využít na všech uvažovaných lokalitách. Kamery s funkcí digitálního zpracování obrazu mohou mít synergický efekt pro ochranu majetku, počítání pěších osob a cyklistů a další výstupy z rozpoznávání obrazu, video-stream pro rekonstrukci silnic nebo pro jakoukoli jinou činnost v monitorované oblasti.



Obrázek 11: Ukázka systému na bázi kamer (produktový list společnosti Designa, s.r.o.)

3.2.5. Detektory obsazenosti parkovacích ploch (magnetická a IR čidla)

Účinný a nový typ sledování parkovacích míst v oblastech, kde jsou parkovací místa vystavena vysoké poptávce. Je energeticky nezávislý, což znamená velmi snadnou a rychlou instalaci na místo, ale ne na větší plochu. Baterie se vybíjí za mnohem delší čas (cca 5-10 let), než u vysoce namáhaného detektoru průjezdu takže není až tak důležité zvažovat snadnost

jejich nahrazení (vyjmutí z vozovky). Jedná se o systém s mírně vyššími pořizovacími náklady ve srovnání se systémem kamer obsazenosti (zde závisí od počtu míst, kdy kameru má smysl zvažovat, pokud systém pokrývá více než 20 míst), ale s nižšími náklady na údržbu. Jedná se o systém IoT, který umožňuje integraci dalších sensorů např. pro sledování provozu v sousedních oblastech (kromě parkování dokáže systém obsloužit i detektory průjezdu na přilehlých komunikacích v dosahu zařízení), lze sledovat jen konkrétní místa (typ uživatelů, např. hendikepovaní) či integrovat detektory jiných jevů (komunikační síť pro odečty energií a vody, nakládání s odpady apod.)

Je také možné použít centralizované řešení IoT (SIGFOX, LoRa), kde se pořizují samostatné detektory bez lokální řídicí jednotky, ale takové řešení představuje vyšší náklady na přenos dat a také omezení frekvence přenosu dat za hodinu / den (podmínky národního telekomunikačního regulátora, viz níže). Na základě provedeného průzkumu CDV bylo shledáno, že atraktivní místa ve městě s vysokou obrátkovostí (krátkodobé parkování, vyšší počet parkujících vozidel na jedno místo denně) je lépe realizovat pomocí lokálních sítí IoT s vysokou frekvencí výměny dat a řešení SIGFOX je pro tato místa nedostatečné (max. počet zpráv denně je 144 z jednoho koncového zařízení).



Obrázek 12: Ukázka magnetických detektorů obsazenosti. Vlevo podpovrchový detektor a vpravo je znázorněn povrchový detektor (Zdroj: CITIQ, s.r.o.)



Obrázek 13: Ukázka magnetického detektoru integrovaného do dlažební kostky (Zdroj: CDV, v. v. i a CITIQ, s.r.o.)

3.2.6. Závorové systémy

Efektivní a stabilní systém regulace vjezdu, který je vhodný pro parkoviště s vyšším počtem míst a ideálně s jednou přístupovou cestou. Potřebují zvláštní prostor pro cca 3 vozidla v

řadě, aby vozidla stojící před závorou neovlivňovala provoz na hlavní silnici. Závorové systémy představují bariéru, což není podporovaným řešením pro inteligentní města, neboť samotný koncept se vymezuje proti bariérám. Závorový systém není vhodný pro důležitá místa ve městě. Je běžné, že systém nemá dobrou spolehlivost pro přesné počítání vozidel, ale je ideální pro regulaci vjezdu. Systém neposkytuje informace o obsazenosti konkrétních parkovacích míst, nebo parkovacích bloků. Je schopen poskytovat informace o úrovni naplněnosti parkovací plochy. Pořizovací cena je poměrně vysoká, údržba může být nákladná, neboť někdy vyžaduje zvláštní zásah provozovatele, protože závor může být předmětem poruchy a stává se skutečnou bariérou např. pro řidiče opouštějící parkoviště. Závorový systém je často spojen s kamerovým systémem nebo výdejním automatem lístků, takže systém je komplexní. Systém je určen pouze k jednomu účelu.

3.2.7. Radary

Efektivní a stabilní systém pro monitorování dopravního proudu, vhodný především na komunikacích s více jízdními pruhy, který dokáže kromě sčítání dopravy také vozidla klasifikovat a určit jejich rychlost. Jeho měření nejsou zcela spolehlivá v případě stojících vozidel, proto je tato technologie vhodná na dálnice, dálniční přivaděče a silnice první třídy, potažmo sběrné komunikace. Vyžaduje trvalé napájení a má vyšší pořizovací náklady. Datové nároky nejsou významné. Pro monitorování obsazenosti parkovacích míst je využíván pro pouliční stání, ale pořizovací cena takového systému je významná, převyšující všechny výše uvedené systémy. Systém je určen pouze k jednomu účelu.

3.2.8. RFID

Vhodný doplňkový systém k systému chytrého parkování především pro rezidentní oblasti. Systém je postaven na komunikaci s pasivními tagy (RFID transpondéry). Vlastníkem těchto tagů může být rezident, předplatitel nebo osoby se sníženou schopností orientace nebo pohybu. RFID antény se mohou instalovat buď na vjezdu a výjezdu do vyhrazených lokalit (obdoba s kamerami ANPR), nebo se mohou instalovat přímo do detektorů zabudovaných do povrchu vozovky. Takový systém je velice investičně náročný a rovněž provoz takového systému není zanedbatelný (nutná výměna baterií u čidel ve vozovce s ohledem na vyšší energetické nároky). Systém může být synergický např. k systémům city logistiky, městských karet apod.)



Obrázek 14: Infračervený parkovací detektor s integrovanou RFID (aplikace ve Westminsteru)

Shrnutí pro rozhodování o vhodnosti technologií pro různé účely

Technologie	Strategie města	Důležitost místa	Geografie místa	Technická složitost	Provozní složitost	Synergie s konceptem "Chytrých měst"	Náklady
TBMS	Vhodná	Vhodná	Vhodná	Nízká	Nízká	Vhodná	Nízké
Magnetické/IR čidla	Neutrální	Vhodná	Vhodná	Nízká	Nízká	Vhodná	Střední
Kamery (detekce)	Neutrální	Vhodné	Neutrální	Střední	Vysoká	Vhodná	Střední
Závorové systémy	Nevhodná	Nevhodné	Vhodná	Nízká	Nízká	Neutrální	Vysoké
Indukční smyčky	Vhodná	Vhodná	Vhodná	Střední	Vysoká	Nevhodná	Vysoké
Mikrovlnný radar – (parkovací)	Nevhodná	Vhodná	Vhodná	Vysoká	Nízká	Nevhodné	Vysoké
Kamery ANPR	Vhodná	Vhodná	Vhodná	Vysoká	Vysoká	Neutrální, spíše nevhodná	Vysoké
RFID	Vhodné	Vhodné	Vhodné	Vysoká	Vysoká	Vhodná	Vysoké

Tabulka 7: Srovnání detekčních technologií pro využití v systému Chytrého parkování – rozhodování

Technologie	Uliční stání	Parkovací domy	P+R apod.	Otevřené plochy (více vjezdů x výjezdů)	Rezidentní parkování	Poznámky
TBMS	Vhodná (s omezením)	Vhodná (v kombinaci)	Vhodná (v kombinaci se závorami)	Vhodná	Nevhodná	Zaznamenány průjezdy vozidel bez informací o obsazenosti míst
Magnetické/IR čidla	Vhodná	Vhodná	Vhodná (vyšší investice)	Vhodná	Pouze v kombinaci	Měří obsazenost parkovacího místa
Kamery (detekce)	Vhodná	Nevhodná	Vhodná (vyšší investice)	Vhodná	Nevhodná	Činnost omezují stromy a klimatické jevy. V uličním stání vhodné kombinovat s čidly
Závorové systémy	Nevhodná	Vhodná	Vhodná	Nevhodná	Nevhodná (pouze na vyhrazených lokalitách)	Cenově dostupné, ale omezené možnosti.
Indukční smyčky	Nevhodná	Vhodná (v kombinaci se závorami)	Vhodná (v kombinaci se závorami)	Nevhodná	Nevhodná	Vhodné pro jeden vjezd/výjezd bez informací o obsazenosti míst
Mikrovlnný radar – (parkovací)	Nevhodná (vysoké náklady)	Nevhodné	Nevhodné	Nevhodné	Nevhodné	Vhodné pro monitorování dopravního proudu na silnicích
Kamery ANPR	Použitelné	Vhodné	Vhodné	Nevhodné	Použitelné	Problém s přijetím veřejnosti, technologická omezení
RFID	Použitelné (bez obsazenosti míst)	Použitelné (klienti)	Nevhodné	Nevhodné	Vhodné v kombinaci s magnetickými/IR	V budoucnu se očekává širší uplatnitelnost v chytrém parkování

Tabulka 8: Využitelnost technologií pro různé typy parkovacích ploch

3.2.9. Zhodnocení detekční vrstvy

Pro oblast Chytrého parkování v oblasti uličního stání a také s ohledem na postupný rozvoj celoplošného systému je doporučeno používat tyto technologie:

- Magnetická, popř. infračervená čidla, která se instalují na každé konkrétní parkovací místo
- Kamerové systémy sledující obsazenost parkovacích míst

Pro instalaci celoplošného systému se doporučuje využít kombinací těchto dvou technologií. Tak bude zaručena maximální synergie technologií i nejvyšší možná investiční efektivita. Pro konkrétní zóny/lokality a vhodnost konkrétních technologií, nebo případnou kombinaci je nutné provést důkladnou obhlídku místa.

Pro systém rezidentního parkování je nutné sledovat aktuální vývoj v oblasti technologické. Nicméně, je doporučeno, aby bylo využíváno technologií RFID spojených s rezidentními kartami a synergickým efektem k městským kartám a způsobům platby ve veřejné dopravě.

3.3. KOMUNIKAČNÍ VRSTVA

Bezdrátová síť internetu věcí je novou technologií sběru dat. Každá z těchto sítí umožňuje přenos nízkého objemu dat, zároveň však s velice malým odběrem elektrické energie. Proto je možné využívat komunikačních modemů i v zařízeních, které jsou napájeny z malých baterií nebo solárního zdroje energie, a to při zachování relativně dlouhé životnosti (5-10 let).

Síť se skládá ze tří základních částí:

- A. Uzlů (nodes)
- B. Brány (gateway)
- C. Serveru (backend)

Ad A. Uzly (komunikační a detekční jednotky) jsou malé jednotky vybavené komunikační jednotkou, mikroprocesorem, pamětí, baterií a rozhraním pro napojení sensorů. Uzly již v současnosti bývají vybaveny větším počtem rozhraní pro připojení většího počtu sensorů (hlukoměr, teploměr apod.). Některé uzly shromažďují data z více na ně napojených uzlů a přeposílají je na bránu (gateway) v případě tvorby lokálních sítí. Tyto uzly jsou označovány jako směrovací uzly (routery, repeatery, nebo velice často jsou označovány jako jednotka SLAVE).

Ad B. Brána (gateway). Uzly (nodes) sbírají a posílají data na druhou část bezdrátové sensorické sítě, kterou je brána (gateway, jenž je jednotkou s konektivitou do internetu). Schéma komunikačního toku dat mezi uzly až k cíli, k bráně, je definováno topologií bezdrátové sensorické sítě. V bráně jsou informace dočasně uloženy, připraveny k dalšímu zpracování nebo jsou např. pomocí ethernetové komunikace (v případě vzdálených IoT) nebo pomocí GPRS/3G/4G/LTE (v případě lokálních IoT sítí).



Obrázek 15: Brána (stanice MASTER) v praktické aplikaci (CITIQ, s.r.o.)

Ad C. Server. Z brány jsou posílána shromážděná data na server, kde jsou trvale uložena. Server následně zprostředkovává data vlastníkům Uzlů (nodů) pro volné využití.

Sítě internetů věcí (IoT) rozlišujeme dále na:

- Lokální síť
- Vzdálené síť

3.3.1. Lokální síť

Lokální síť jsou tvořeny Uzly, které zasílají data do Brány na krátkou vzdálenost (do cca 1 km). V případě přenosu na delší vzdálenosti využívají ke komunikaci do Brány tzv. Repeaterů (SLAVE), které zprostředkovávají data do Brány. Takové topologii sítě říkáme MASH síť. Tyto síť se vyznačují vyššími pořizovacími náklady, ale provozní náklady jsou následně velice nízké. Výhodou takové topologie je zároveň možnost města budovat vlastní privátní síť IoT a postupně připojovat i další Uzly s různými typy detektorů (hlukoměry, dopravní detektory, detektory kvality ovzduší apod.). Výhodou je také, že většinou tyto typy sítí nemají omezení v počtu zaslaných zpráv z koncových Uzlů, jak je tomu u Vzdálených IoT sítí (SIGFOX, LORA). Další výhodou je robustnost, lepší reakce na změny a dosah lepší než u hvězdicové varianty. Hvězdicová topologie využívá přímé komunikace Uzlů s Bránou bez Repeaterů (SLAVE). Z Brány jsou dále do Serveru uživatele data zasílána přes síť mobilních operátorů (3G, GPRS, 4G/LTE), samozřejmě je možnost využití i připojení pomocí Ethernetu, pokud je taková síť k dispozici.

Hlavními představiteli lokálních sítí jsou systémy IQRF, nebo 6LoWPAN.

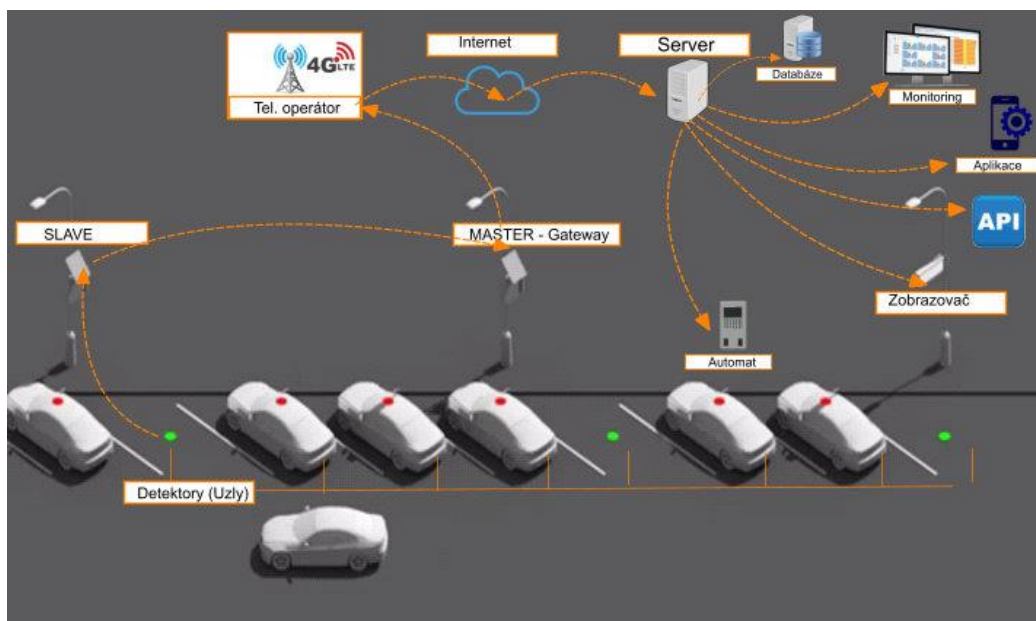


Schéma 2: Schéma chytrého parkování – Lokální IoT

3.3.2. Vzdálené síť

V případě vzdálených IoT sítí odpadá nutnost zasílat data z Uzlů do lokálně instalovaných Bran, ale je možné data zasílat na velkou vzdálenost (jednotky až desítky kilometrů). K instalaci Bran (Gateway) je využíváno základových stanic (BTS) mobilních operátorů. Oproti Lokálním sítím IoT jsou pořizovací náklady do sítě velice nízké, ale je nutné počítat s ročním poplatkem za komunikační provoz každého Uzlu (nodu). Rovněž je nutné všechna zařízení ve vzdálených IoT sítích certifikovat za poplatek daný operátorem IoT. S těmito náklady je nutné počítat při stanovení ceny a plánování systému. Dalším možným omezením je pak maximálně stanovený počet zasláných zpráv z jednoho Uzlu (Node).

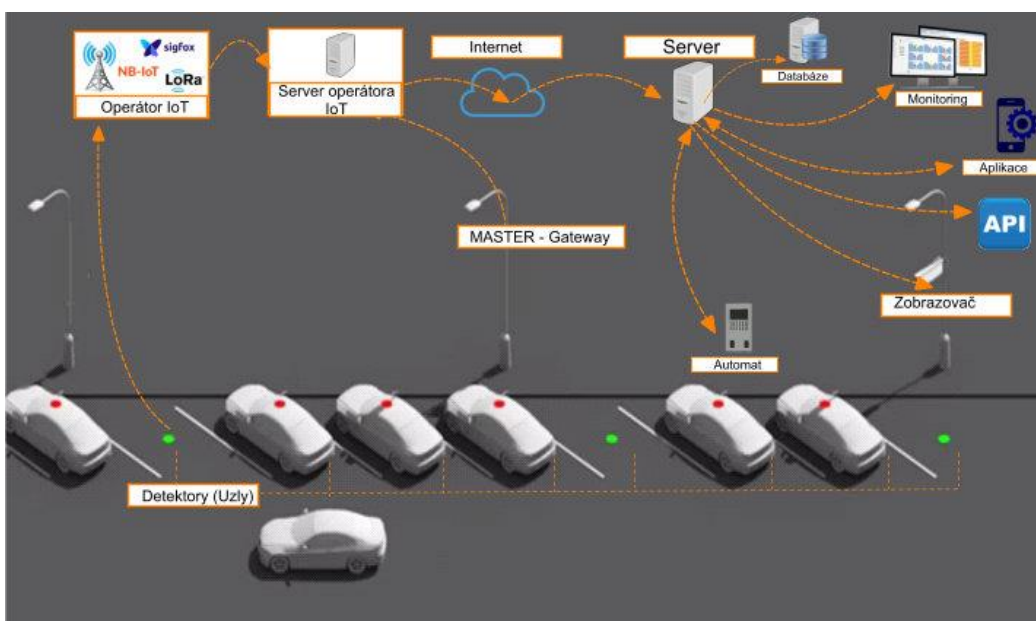


Schéma 3: Schéma chytrého parkování – Vzdálená IoT

3.3.2.1. SIGFOX

Síť je v České republice budována ve spolupráci se společností T-Mobile, která poskytuje svoji infrastrukturu pro umístění základnových stanic.

Sigfox je technologie umožňující IoT zařízením spolu na velké vzdálenosti levně komunikovat a bezpečně při minimálních požadavcích na energii nutnou k provozu. Typické oblasti stovek aplikací v síti Sigfox jsou v Evropě především odečty elektřiny, plynu, vody, parkovací detektory, Smart City, Industry 4.0, logistika, čidla sledující teplotu při přepravě, uskladnění, zabezpečovací zařízení, měření průtoků na tocích v záplavových oblastech apod.

Pro velký dosah sítě používá Sigfox techniku UNB (Ultra Narrow Band – ultra úzké pásmo); na fyzické vrstvě LPWAN se uzpůsobuje prostřednictvím různých technik pro větší dosah. Sigfox je tedy úzkopásmová technologie. Při jejím používání to dává možnost dimenzovat anténu dle potřeby. Na rozdíl od IQRF využívá tato síť topologii hvězdicovou, nikoli smíšenou (MASH).

Stejně jako síť IQRF, tak i Sigfox funguje ve volném bezlicenčním pásmu. To má určité nevýhody; co je však velmi výhodné, to jsou nižší náklady z toho plynoucí. Pro Evropu je to frekvence 868 MHz, pásmo pro USA je na frekvenci 915 MHz. Skutečnost, že je pásmo bezlicenční neznámá, že nemůže podléhat určitým místním regulacím.

Každé zařízení Sigfox je omezeno počtem odeslaných zpráv, konkrétně 144mi zprávami za den, což je v průměru 6 zpráv za hodinu. Zpětný směr je omezen na 4 zprávy za celý den.

Pomocí sítě SIGFOX mohou zařízení, věci a senzory být na elektřině z kabeláže nezávislé, protože baterie může vydržet 5 až 15 let, a komunikovat spolehlivě při zachování bezpečnosti, přičemž cena komunikace a modemů je v řádech desítek korun za měsíc/uzel. To usnadňuje hojně nasazování miliónů zařízení v České republice.

Jednoduché programátorské rozhraní umožňuje nad daty postavit aplikace či je integrovat do podnikových systémů v řádu hodin či dnů.

Schéma pokrytí sítě v ČR lze najít na odkazu www.coverage.cz.

3.3.2.2. LORA

Long Range je význam zkratky LoRa. Můžeme se například setkat s označením LoRaWAN. Ta je vytvořena názvem LoRa a LPWAN, což je bezdrátová technologie v síti WAN. LoRa je vytvořená asociací s názvem LoRa Alliance, ta se především zaměřuje na M2M, **internet věcí, smart cities**.

Na rozdíl od Sigfoxu, který používá techniku UNB na fyzické vrstvě LPWAN, LoRa užívá DSSS (direct sequence spread spectrum), což označuje v překladu rozprostřené spektrum. LoRa je širokopásmová, což jí umožňuje komunikovat v nízkých výkonových úrovních. Využívá modulaci, při které dochází ke změnám frekvence nosné vlny, označovanou jako FSK (Frequency Shift Keying).

LoRa může mít dosah 15-20 km a výdrž nízkoenergetického zařízení se pohybuje kolem 10 let.⁴ Díky širokopásmovosti LoRa dobře odolává ruchům a šumění. Provoz je zajištěn jednosměrně i obousměrně. K přístupu k jednotlivým zařízením slouží ADR (Adaptive Data Rate), což je schéma upravující datové toky dle aktuálních potřeb a podmínek daného zařízení. Zvyšuje se tím výdrž baterie u koncového zařízení a kapacita sítě.

Jednotlivá koncová zařízení se klasifikují do tří skupin:

- A. Třída A
- B. Třída B
- C. Třída C

Současný stav pokrytí je možné nalézt na www.iot-portal.cz.

3.3.2.3. SHRNUTÍ PRO ROZHODOVÁNÍ O VHODNOSTI KOMUNIKACE

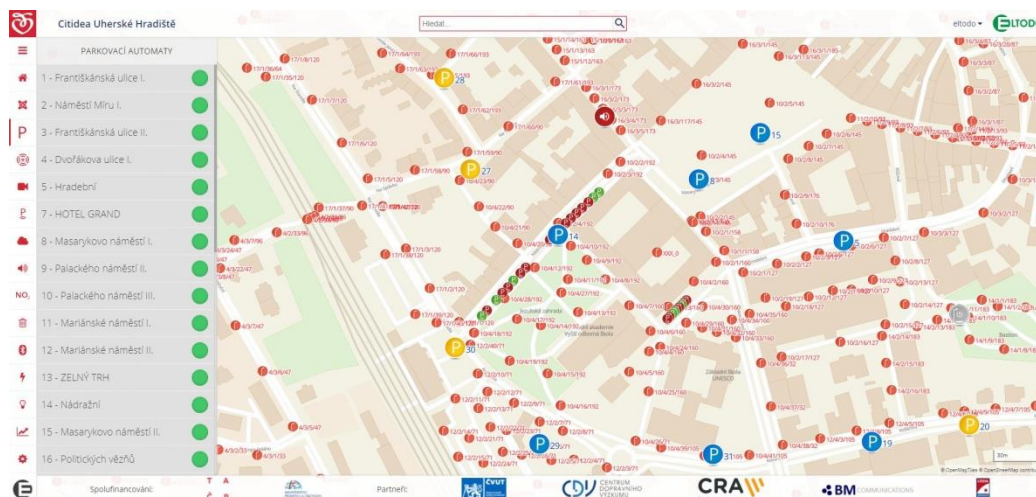
Typ sítě	Vhodnost pro sensorické sítě	Dosah	Investiční náklady do sensorické sítě	Provozní náklady sensorické sítě	Datový limit na připojený bod	Poznámky
LORA (ČRA, a.s.)	Vysoká	Střední	Nízké	Vyšší	Dle třídy a smlouvy	Rušení stavbami a překážkami. Někdy nutné dovybavit síť
SIGFOX (T-Mobile)	Vysoká	Velký	Nízké	Vyšší	144 zpráv/ Uzel	Stabilní připojení
Lokální sítě (IQRF, 6LOWPAN)	Vysoká	Malý (lokální sítě)	Vysoké	Nízké	Dle 868 MHz	Vhodné pro městské sítě. Budování vlastního řešení IoT
NB IoT (Vodafone)	Vysoká	Velký	Nízké	Vyšší	/	Netestováno. Spuštění sítě konec roku 2017. Vodafone
3G/4G/LTE	Nízká	Velký	Vysoké	Vysoké	Dle smlouvy	Nevhodné pro IoT

Tabulka 9: Souhrn základních vlastností IoT sítí

3.4. VYHODNOCOVACÍ VRSTVA - CENTRÁLNÍ SYSTÉM

Pro operační pracovníky, kteří se zabývají konkrétní problematikou, je kromě obecného přehledu zapotřebí sledovat danou věc mnohem detailněji. Níže je ukázka integrovaného vyhodnocovacího a vizualizačního nástroje nad parkovací politikou, který umožňuje správcům sledovat statistiky o typu a době parkování, obsazenosti, platbách či uživatelích v rámci jedné aplikace. Bez takových nástrojů lze jen stěží dosáhnout efektivní regulace dopravy v klidu a adekvátní cenové politiky.

⁴ Microchip Technology Inc: Microchip's Long-Range Low-Power End Node Solution [online]. Chandler, Arizona: Microchip, 2017 [cit. 2017-08-14]. Dostupné z: <http://www.microchip.com/design-centers/wireless-connectivity/embedded-wireless/lora-technology>



Obrázek 16: Integrovaná platforma systému Chytrého parkování včetně připojení dat z dalších zdrojů. (Jedná se o výsledek SW projektu VaV TAČR, program Alfa – Smartnet, Eltodo, a.s.). SW vizualizuje data o parkování z několika zdrojů, tj. sensorické sítě, platebních terminálů a zobrazuje aktuální stav všech připojených zařízení.

Centrální systém je v architektuře systému znázorněn jako Server, na kterém probíhají veškeré výpočetní úkony. Centrální systém „Chytrého parkování“ by měl fungovat jako samostatný zásuvný modul Dopravního řídicího a informačního systému města nebo kraje.

V Centrálním systému (serveru) jsou agregována data o obsazenosti jednotlivých parkovacích zón/lokalit/míst. Uživatelské rozhraní a administrátorské rozhraní jsou součástí centrálního prvku a přes tato rozhraní se systém nastavuje, parametrizuje a mohou se upravovat tarify jednotlivých parkovacích zón. Tento přístup si vyžaduje možnost povelovat koncová zařízení na infrastruktuře přes připravené rozhraní (v minimální podobě se jedná o tarify, resp. scénářů tarifů). Samozřejmostí by měla být možnost získávat data z těchto koncových prvků (zobrazovače, platební automaty, závorové systémy, detektory obsazenosti parkovacích míst) o jednotlivých procesech a stavech. Při budování systému je nutné pamatovat na vytvoření otevřeného rozhraní (API), ke kterému mohou přistupovat subjekty třetích stran a vytvářet vlastní řešení a aplikace. Rozhraní je požadováno vytvářet ve standardním formátu podle CEN TS 16157-6 DATEX II.

3.4.1. Vstupní data Centrálního systému

Do Centrálního systému vstupují:

- Statická data
- Dynamická data

3.4.1.1. STATICKÁ DATA

Zajištění správného fungování s následným poskytováním požadovaných služeb musí být postaveno na neměnných, statických datech, která by však měla být na úrovni administrátorského prostředí editovatelná. Pro správnou funkčnost systému se vyžadují minimálně tato statická data:

- Identifikace Zóny
- Identifikace tarifů Zóny
- Identifikace parkovací oblasti (např. Revoluční ulice)
- Identifikace vjezdů a výjezdů do oblasti (včetně lokace)
- Identifikace parkovacího bloku
- Identifikace parkovacího místa
- Identifikace typu parkovacího místa (např. hendikepovaní, podélné/příčné/kolmé stání apod.)
- Identifikace senzoru
- Umístění parkovacího automatu (včetně metadat)

Tato statická data by měla být poskytována přes otevřené rozhraní ve formátu DATEX II, které zaručí interoperabilitu se systémy třetích stran (např. poskytovatelé navigací, společnosti vytvářející koncové mobilní aplikace apod.).

3.4.1.2. DYNAMICKÁ DATA

Data předávaná z jednotlivých Uzlů (NODE) na dopravní infrastrukturu do Centrálního systému (serveru) musí být v minimální podobě tato:

- ID zařízení
- Typ zařízení (senzor, retranslační prvek, apod.)
- Časové razítko události v reálném čase
- Stav (obsazeno /volno) parkovacího místa
- Provozní stav komponent systému (status) – četnost 1 x za hodinu (včetně např. napětí baterie u senzorů)
- Časový identifikátor přenosu

V centrálním systému však může být obsaženo více údajů, které do něj zasílají Uzly. V závislosti na stanovené architektuře systému může být mezi objednatelem a dodavatelem systému dohodnuto, že Uzly budou poskytovat rozšířená data (nad rámec údajů uvedených výše). Před implementací by měl vzniknout seznam všech údajů, které mohou Uzly do Centrálního systému (Serveru) poskytovat.

Údaje z jednotlivých Uzlů by měly být zasílány minimálně každou 1 minutu.

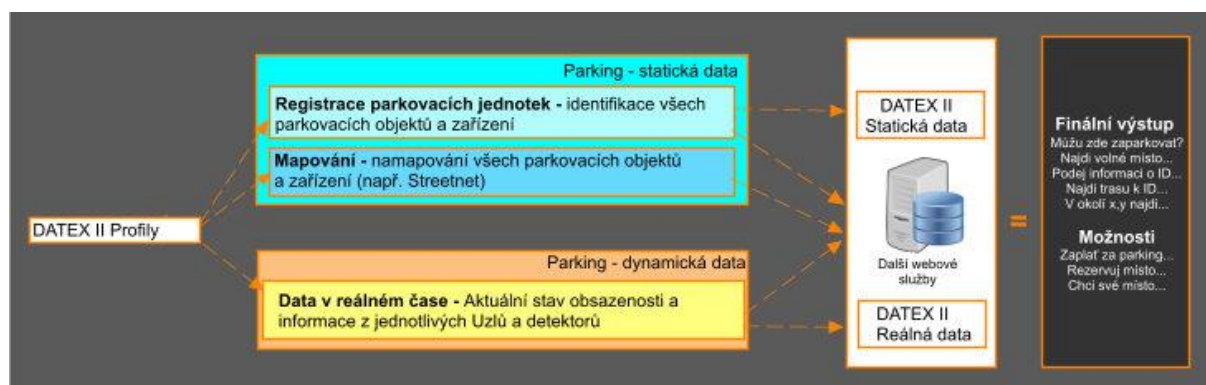
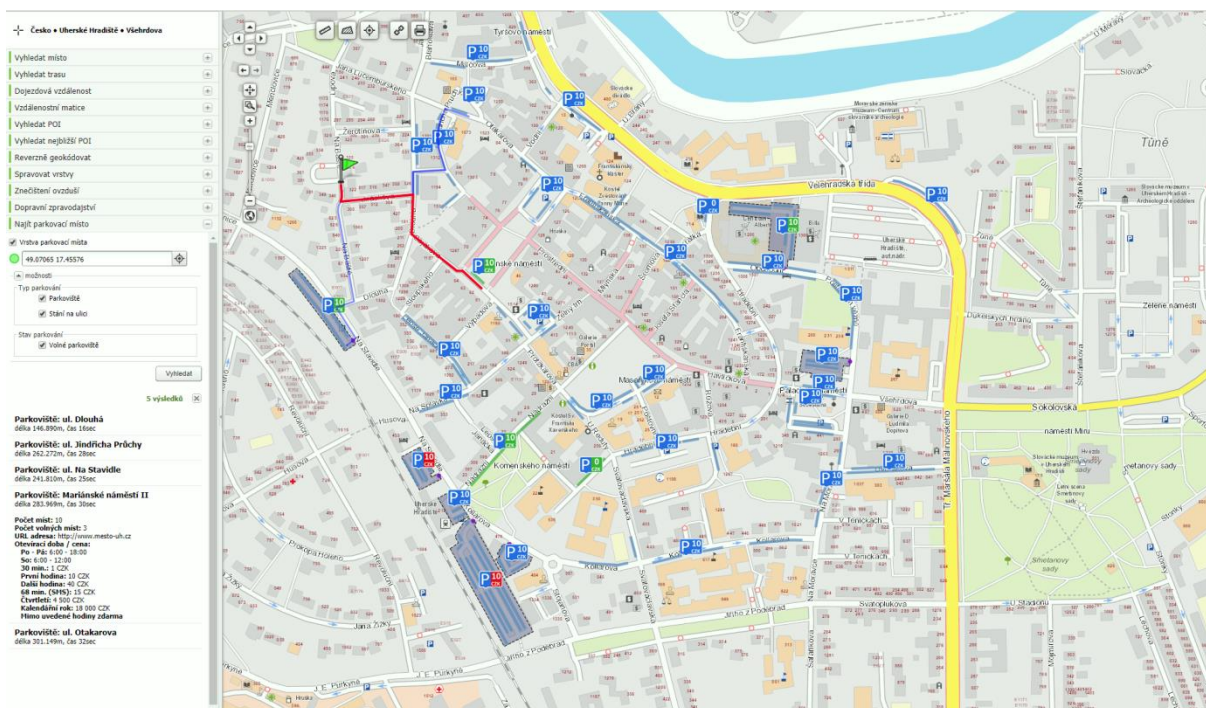


Schéma 4: Schéma dat v Centrálním systému



Obrázek 17: Výřez ze SW aplikace, která umožňuje řidiče navigovat na konkrétní volné obsazené místo. V aplikaci je rovněž poskytována informace o všech parkovacích zónách, místech včetně tarifů, adresy a dalších informací vycházející ze statických a dynamických dat v DATEX II (Jedná se o výsledek SW projektu VaV TAČR, program Alfa – Smartnet – Společnost CEDA, a.s.).

3.4.2. Možné architektury Centrálního systému

V zásadě je možné k architektuře Centrálního serveru přistoupit několika způsoby, ale měla by umožnit pracovat minimálně s těmito prvky v systému:

- 1) Integrace dat z Cloudového řešení dodavatele systému
- 2) Samostatný vyhodnocovací SW, který zpracovává surová data produkovaná Uzly (NODY)
- 3) SW dodavatele koncových zařízení, který je umístěn na Centrálním serveru a sdílí provozní a procesní informace
- 4) Komunikace s platební bránou – Zabezpečeným externím serverem

AD 1. Integrace dat z Cloudového řešení. Může být dohodnuto, že dodavatel systému bude vyhodnocovat data z jednotlivých Uzlů na své infrastruktuře, např. v Cloudovém prostředí. V tomto případě může sloužit pro komunikaci mezi Centrálním systémem (serverem) a IT infrastrukturou objednatele otevřený datový formát, který bude dodavatelem systému detailně dokumentován. Za vhodné řešení je považován např. formát XML. XML soubor s naměřenými daty za proběhlý měřicí interval by měl být periodicky automaticky generován a ukládán na dohodnuté místo v Centrálním systému.

AD 2. Samostatný vyhodnocovací SW. Při této architektuře jsou veškerá surová data z Uzlů postupována přímo do Centrálního systému. Objednatel takového systému chce provozovat „vlastní SW“ pro zpracování a následnou publikaci dat ve svém prostředí. V tomto řešení je

nutné, aby byl SW detailně zdokumentován a po implementaci byla poskytnuta všechna zdrojová data a licenční klíče k aplikaci od dodavatele systému.

Bližší navrhované technické specifikace k provozu Centrálního systému jsou uvedeny v příloze č. 2 této metodiky.

AD 3. SW řešení dodavatele pro ovládání koncových zařízení (platební automaty, závorové systémy apod.) – SW řešení dodavatele má možnost v plné míře ovládat koncová zařízení na infrastruktuře včetně uprgrade systému v prostředí Uživatelského rozhraní. Tento SW by měl poskytovat data standardizovanou cestou (DATEX II) poskytovat procesní a provozní data a v minimální podobě umožňovat měnit tarify, resp. scénáře přímo z centrálního prvku.

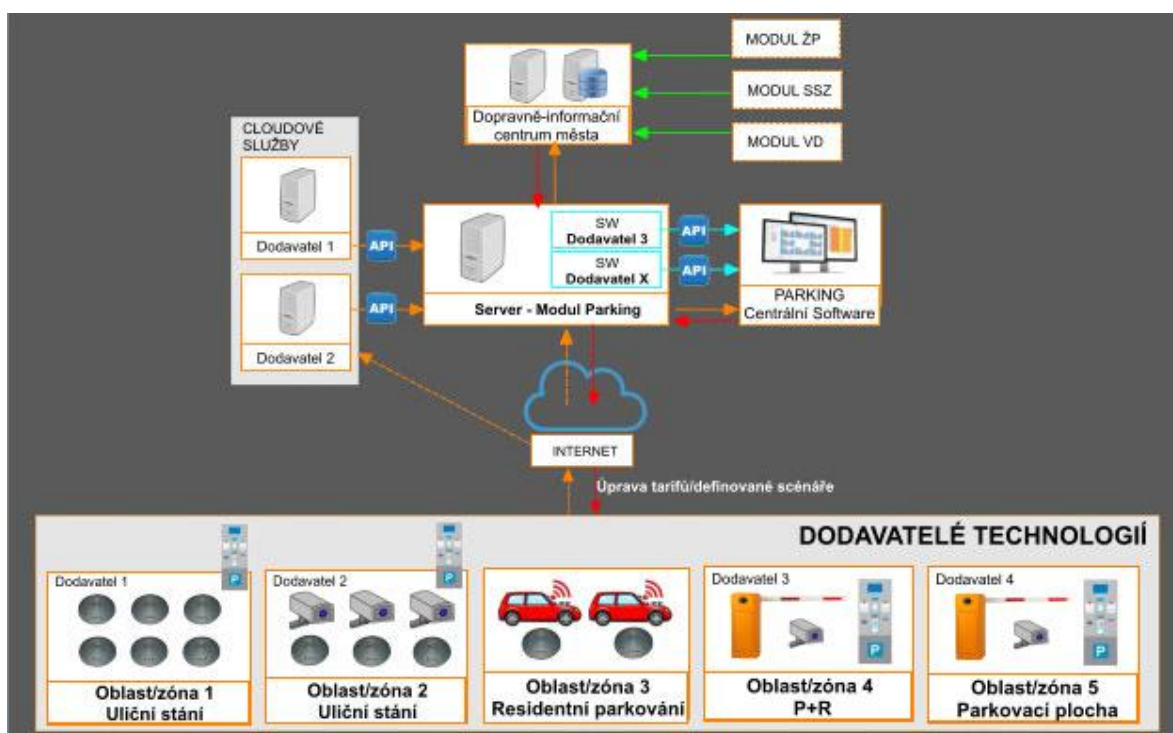


Schéma 5: Schéma systému Chytrého parkování s využitím různých přístupů k SW řešením od dodavatelských subjektů (možnost využití cloudového řešení, ale také řešení na vlastních serverech)

AD 4. Komunikace s platební bránou. Při realizaci plateb přes různá média (parkovací automaty, mobilní telefony, případně webové aplikace) je doporučeno, aby bylo možné využít různých platebních metod. Především se jedná o možnost využití bezkontaktních platebních karet. Tato funkce může být realizována prostřednictvím zabezpečené komunikace s externím serverem – platební bránou.

3.4.3. Integrace dalších parkovacích prvků

Koncept Chytrých měst, jak už bylo několikrát výše uvedeno, staví na možnosti integrace dat z různých zdrojů a vytváření komplexního celku. Aby mohl fungovat regulační systém parkování, resp. Chytrého parkování je nutné, aby do centrálního prvku byly integrovány i ostatní technologie a subsystémy, které umožní zasílat stavové informace a procesy, které se v reálném čase v koncových zařízeních uskutečňují. Zároveň je vhodné, aby bylo umožněno zasílat povely do platebních terminálů a automatů o změně tarifu, a to v blízké reálném čase.

Mezi koncová zařízení, která by měla být součástí konceptu „Chytrého parkování“ zejména patří:

- Závorové systémy
- Parkovací automaty
- Zobrazovače
- Průjezdové detektory
- Kamery pro čtení RZ (především v kombinaci se závorovými systémy)

3.5. APLIKAČNÍ VRSTVA

Tato část systému je z pohledu uživatele velice důležitá. V této vrstvě by mělo docházet k párování s daty z dalších systémů na úrovni Centrálního systému. V této úrovni je vždy důležité znát cíl výsledného řešení, cílovou funkci aplikace. Mezi klíčové aplikace systému „Chytrého parkování“ zejména patří:

- Dohledová uživatelská aplikace
- Mobilní a webová aplikace pro koncové uživatele
- Zobrazování informací na ZPI
- Dohled nad platební morálkou
- Správa koncových zařízení (platební terminály/automaty, závorové systémy) včetně možnosti změny tarifů/scénářů na koncových zařízeních (platebních terminálech)
- Systém rezidentního parkování
- Analýza historických dat
- Testovací aplikace (např. systémy C-ITS)
- Rozhraní pro sdílení s dalšími systémy

3.5.1. Dohledová uživatelská aplikace

Dohledová a uživatelská aplikace je v celkovém systému použita pro pracovníky Informačního a řídicího centra, kteří mají celkový přehled minimálně o:

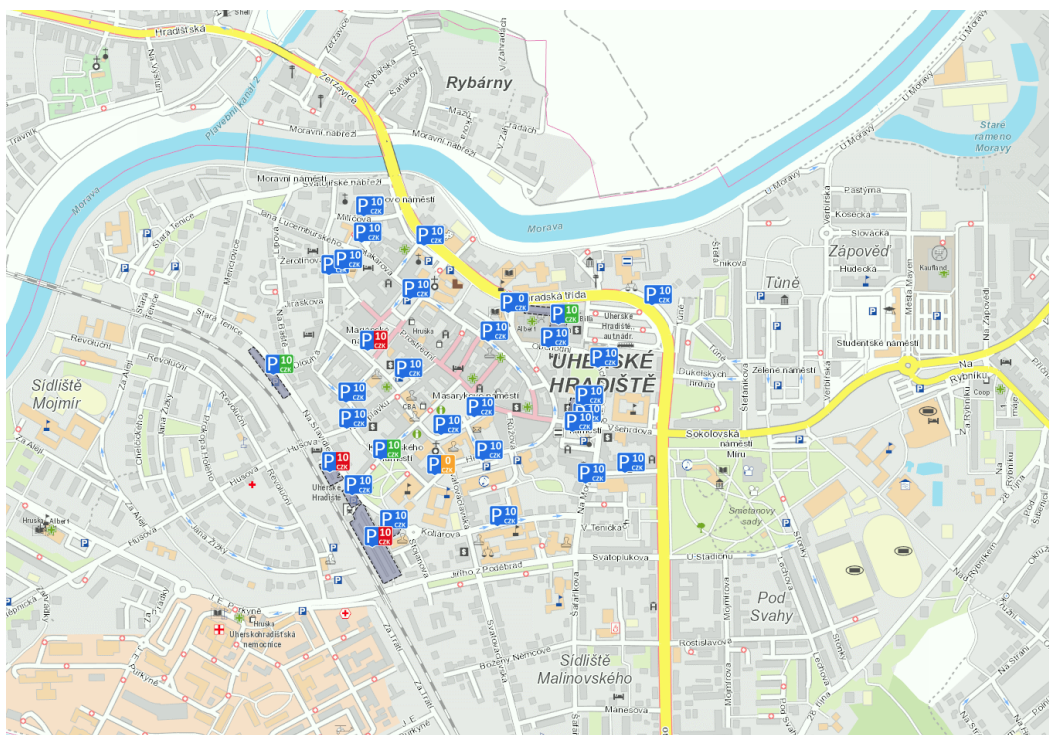
- Stavů obsazenosti lokalit vybavených systémem chytrého parkování
- Stavů/statusu všech připojených komponent do systému (závorové systémy, platební automaty, Brány/Slave, detektory apod.)
- Přehled o všech uskutečněných platbách
- Přehled o konkrétních obsazených parkovacích místech, která již nejsou zaplacená nebo nebyla zaplacená vůbec
- Přehled o obrátkovosti parkovacích míst v jednotlivých zónách, oblastech
- Dohledová a uživatelská aplikace by měla být realizována nad mapovými podklady a konkrétní parkovací místa by měla být v aplikaci barevně odlišena (volno, obsazeno a zaplacené, obsazeno a nezaplacené, detektor nedostupný, detektor v poruše)

Dohledová uživatelská aplikace by neměla být pouze jednoúčelová, ale v případě realizace v městských informačních a řídicích centrech by měla být součástí celkového dohledového modulu (včetně dat o dopravě, jiných senzorech v konceptu chytrých měst apod.).

3.5.2. Mobilní a webová aplikace

Mobilní aplikace jsou v současné době jednou z nejdůležitějších platform pro komunikaci se zákazníkem - cestujícím. Mobilní aplikace budou v budoucnu hrát významnou roli mobility obyvatel nejen v městských oblastech. Stále častěji se uplatňují trendy sdílení dat mezi jednotlivými systémy a využívání mobilních telefonů a aplikací k využívání jednotlivých módů dopravy. Pro oblast chytrého parkování by měly mít mobilní aplikace alespoň tyto služby:

- Registrace uživatele aplikace – zejména registrace RZ vozidla
- Informace o tarifech v konkrétních lokalitách/zónách/oblastech
- Možnost zaplacení za parkování v konkrétní zóně/oblasti na volitelně dlouhou dobu dle tarifu
- Možnost zaplatit přes platební bránu (např. Masterpass, bankovní karty apod.)
- Možnost prodloužení doby za parkování (není nutné být přímo u vozidla)
- Součástí aplikace je vhodné mít navigaci s těmito prvky:
 - Navigace na volné parkovací místo
 - Nalezení nejbližšího volného místa v cílové destinaci
 - Doporučení ideálního způsobu cesty na lokalitu s volnými parkovacími kapacitami



Obrázek 18: Výřez ze SW aplikace, která umožňuje řidiče navigovat na konkrétní volné obsazené místo. V aplikaci je rovněž poskytována informace o všech parkovacích zónách, místech včetně tarifů, adresy a dalších informací vycházející ze statických a dynamických dat v DATEX II (Jedná se o výsledek SW projektu VaV TAČR, program Alfa – Smartnet – Společnost CEDA, a.s.).

3.5.3. Zobrazování informací na ZPI

I když by se mohlo zdát, že informační tabule (ZPI) v době mobilních aplikací jsou přežitkem, opak je pravdou. Informační tabule (ZPI) zobrazující informace o dostupnosti a ceně parkovného či úrovních znečištění ovzduší fungují jako nutný informační zdroj pro řidiče na vjezdu do konkrétní lokality. Kromě této každodenní stabilní „komunikační kampaně“ lze ZPI, umístěné většinou na hraně zón (např. parkovacích zón), využít i pro navigaci/odklon dopravy v případě výskytu dopravních kongescí, technických havárií či jiných událostí, samozřejmě za předpokladu, že jsou k tomu jednotlivé zobrazovací technologie uzpůsobeny (velikost LED matice, možný počet zobrazovaných symbolů apod.).



Obrázek 19: Informační tabule obsazenosti parkovacích míst umístěná na vjezdu do zóny, informace předcházejí zbytečnému kroužení

3.5.4. Dohled nad platební morálkou

Největším aktuálním problémem mnoha českých měst v oblasti parkování je platební kázeň. Dle provedených průzkumů se ochota zaplatit za parkovné pohybuje mezi 25-39%.

Účinný dohled je primárním nástrojem jakéhokoliv systému. Detektory obsazenosti jsou pouze nástrojem a zdrojem dat. Je zapotřebí, aby se s těmito daty účinně pracovalo se záměrem zvýšit platební morálku. Nejvhodnějším opatřením je kombinace měkkého dohledu (první prohřešek, uživatel pouze upozorněn) a tvrdého dohledu (pokuta). Velmi častým případem nefunkčního dohledu nad platební kázní v ČR je nemotivovanost. Složky dohledu nemají přímou vazbu na výběr parkovného a celý systém. Neexistence vztahu „nezaplatím za parkovné, dostanu pokutu“ vede nejen k zahlcení pouličního prostoru vozidly, ale i k motivaci řidičů používat pro své jízdy do centrálních oblastí osobní vozidla, což sekundárně dopadá na hustotu dopravního provozu i rozpočet města. Proto se doporučuje, aby finance vybrané z parkovacího systému byly alespoň zčásti vráceny do dopravní infrastruktury, případně do aplikací Chytré mobility.

Nejsnadnější cestou, jak kontrolovat zaplacení času za parkovné, je využívat klíčového údaje – RZ vozidla. Údaj o RZ vozidla však musí být zadáván při realizované platbě ve všech dostupných koncových zařízeních:

- Platební terminály/automaty
- Mobilní a webové aplikace
- Ve správě rezidentů

RZ vozidla je po realizaci platby zavedena v systému s informací, do kdy je parkování zapláceno, v jaké zóně, v jakém tarifu, případně na jakém místě.

Tento údaj je možné sdílet s konzolí (tablet, mobilní telefon apod.) dohledu, kterou mohou mít osoby dohledu vždy při sobě. Při kontrole vozidel tak mohou ve velice krátkém čase dostat informaci, zda vozidlo s konkrétní RZ má zapláceno za parkovné a kolik ještě zbývá času.

Osoby dohledu také mohou dostávat ze systému konkrétní informaci, která místa jsou obsazena vozidly, kterým již vypršela doba parkování nebo za parkování nebyla uhrazena žádná částka. Tento systém je však závislý na informacích o obsazenosti konkrétních parkovacích míst.

Systém dohledu je možné realizovat automatizovanou cestou, kdy zpoplatněnými oblastmi, resp. rezidentními oblastmi projíždí speciální vozidlo dohledu, které je vybaveno kamerami pro čtení RZ vozidel. Snímá veškeré RZ parkujících vozidel a porovnává s údaji z Centrálního systému.



Obrázek 20: Vozidlo dohledu nad platební morálkou v Praze

3.5.5. Správa koncových zařízení (platební terminály/automaty, závorové systémy)

Při budování integrovaného a centrálního parkovacího systému je stěžejní, aby jednotlivá koncová zařízení na infrastruktuře poskytovala data ve strojově čitelném formátu. Tento přístup je inovativní, proto se dá očekávat, že jen malou část stávajících systémů lze takto integrovat. Nicméně s budováním komplexního systému lze začít vždy a samozřejmě čím dříve, tím lépe. Dynamické informace by měly být dodávány jednotlivými prvky parkovací infrastruktury. Rozsah poskytovaných informací vychází ze Zestručněného profilu DATEX II pro parkování ve městech, tj. příloha E dokumentu CEN/TS 16157-6, konkrétně pak strana 96 (UML diagram ParkingStatusPublication dle Zestručněného profilu).

Mezi tyto informace patří např.

- jestli je parkoviště otevřeno/zavřeno atd., resp. o stavu a chybách
- informace o obsazenosti, tj. počty obsazených/volných/atd. míst a relativní informace, tj. úrovně obsazenosti (v %)
- trendy v obsazenosti
- informace o provozu na vjezdu a výjezdu, např. hodinové průměry, ale také doba čekání ve frontě na vjezdu

V zásadě lze říci, že je potřeba dodávat maximum údajů, které je z principu možné získat. A vždy je třeba mít na paměti, že dodavatelé systému se musí přizpůsobit požadavkům veřejného zadavatele. Města by k tomuto strategickému kroku měla přistoupit, pokud regulaci dopravy myslí vážně.

Finální přesné verze i profily budou specifikovány ve spolupráci s integrátorem, resp. implementátorem software pro dopravní centrum, ve chvíli, kdy budou známy požadované vlastnosti centrálního systému a jeho software.

Z technického hlediska je přípustné, aby jednotlivé koncové prvky dodávaly informace v dohodnutém profilu DATEX II delegovaně, tj. samotné zprávy ve formátu DATEX II byly vytvářeny až v rámci dodané infrastruktury, resp. serverové aplikace, která bude součástí nabídky. Odpovědnost dodavatele je ovšem za celé řešení.

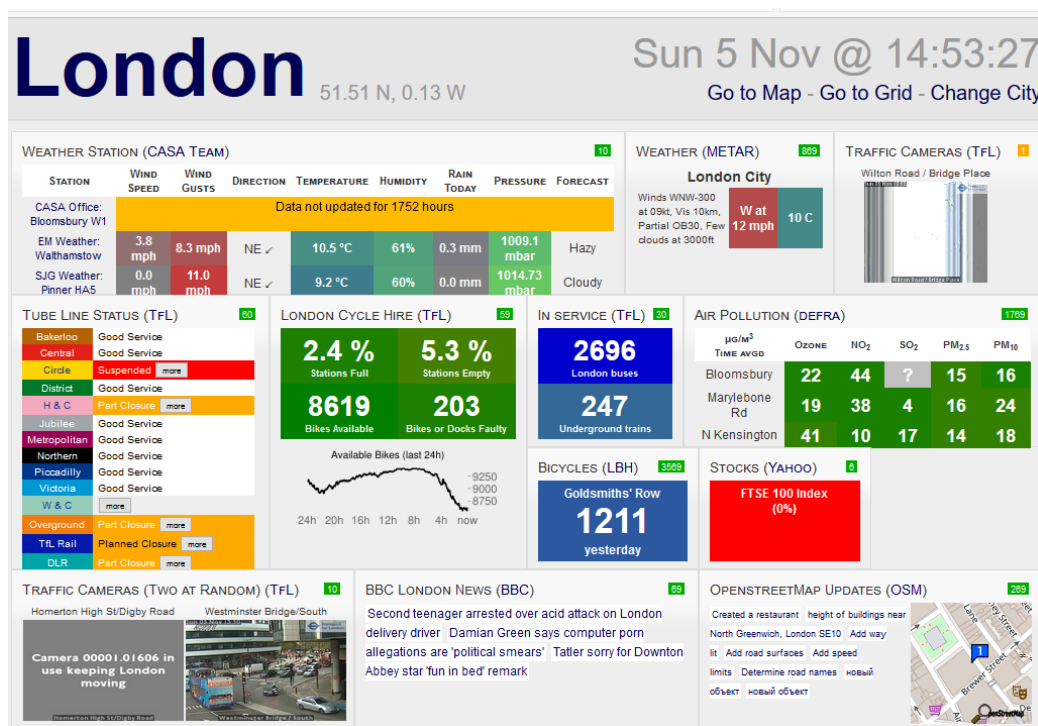
3.5.6. Rozhraní pro sdílení dat

Pro každodenní operativní rozhodování politiků, úředníků či pracovníků dotčených městských firem jsou aktuální i statistická data naprostým základem. Data jsou ale důležitá i pro vývojáře mobilních aplikací či jiné služby třetích stran. Proto každé chytré město zřizuje své datové portály, kam data pro vývojáře a další strany umísťuje jako otevřená a strojově čitelná. Rozhraní pro sdílení se třetími stranami by mělo být vytvořeno minimálně na základě Zestručněného profilu DATEX II pro parkování ve městech, tj. příloha E dokumentu CEN/TS 16157-6, Uveřejňované informace o parkování v rámci DATEX II lze rozlišit na statické a dynamické. Statické se zaměřují na popis parkovišť, parkovacích míst a jejich vybavení. Dynamické pak informují o samotné obsazenosti a dalších doplňujících informacích z jednotlivých parkovacích lokalit (např. způsoby platby, tarify, trendy apod.)

Statické informace budou pravděpodobně pořízeny centrálně se zajištěnou spoluprací jednotlivých zainteresovaných stran.

Pro vedení města a další operační pracovníky slouží digitální nástěnka neboli dashboard.

Veškerá data ze systému chytrého parkování či obdobných systémů by kromě centrálního zpracování, viz níže, měla být k dispozici třetím stranám na městském datovém portále a také zpracována do podoby informací, které by měly být prezentovány na městské nástěnce.



Obrázek 21: City dashboard města Londýn, kterou se inspirovali mnohá další města

3.6. ZHODNOCENÍ NÁVRHOVÉ ČÁSTI CHYTRÉHO PARKOVÁNÍ

Ve své základní formě systém poskytuje anonymní detekci obsazenosti parkovacích míst pro provozovatele parkovacích a odstavných stání. Základní systém slouží pro osazení vybraných parkovacích míst technologií detekující přítomnost vozidla, čímž umožní online monitoring (obsazenosti konkrétního parkovacího místa, procentuálního vytížení parkoviště atp.). Pro správu systému parkování tak, na základě kontinuálního sběru dat o obsazenosti parkovací plochy, představovaný systém automaticky nabídne možnost dlouhodobého vyhodnocení parkování k účelům úpravy tarifní politiky nebo například porovnání a vyčíslení rozdílu ve výběru parkovacích poplatků mezi aktuálně provozovaným systémem (data z platebních terminálů) a systémem chytrého parkování (data o reálném využívání parkovací plochy).

V rozšířených podobách pak umožní navádění řidičů osobních vozidel na volná místa, před jízdou pomocí speciální webové aplikace nebo při jízdě prostřednictvím instalovaných směrových LED tabulí, případně mobilní aplikace, či navigace. Data o obsazenosti mohou být také nabídnuta poskytovatelům navigací či dopravních dat, aby je využili při vývoji souvisejících služeb pro cestující veřejnost.

Ve své úplné podobě pak umožní řidičům platit elektronickými prostředky (např. bankovními kartami, mobilním telefonem, městskou kartou) pouze za skutečný čas parkování. Takový systém je samozřejmě mnohem složitější a řádově dražší než základní podoba, ale díky modularitě systému chytrého parkování jej lze budovat postupně.

4. Návrhová část Monitoringu stavu ovzduší

4.1. OBECNĚ

Zavádění sensorických sítí dává možnost posouzení úrovně znečištění ovzduší v lokalitách, kde dochází k interakci dopravy v pohybu a klidu. Propojením dat ze sledování dopravního proudu, z parkovacích systémů a dat z monitoringu stavu ovzduší, dle navrženého systému v metodice, umožní sledovat a hodnotit kvalitu vnějšího ovzduší ve vybraných lokalitách městských aglomerací.

Metodikou popisovaný Systém (monitoring zátěže ovzduší způsobené dopravou v klidu) umožní mimo jiné naplnit městům jejich závazek vycházející ze Směrnic Evropského parlamentu a Rady 2008/50/ES ze dne 21. května 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu ⁵ (dále jen směrnice 2008/50/ES), ze kterých vychází i česká právní úprava.

Závazek se vztahuje k naplnění těchto následujících požadavků:

- **Sledovat a hodnotit** kvalitu ovzduší, aby bylo zajištěno, že splňují cíle nastavené ve směrnici
- **Podat zprávu** Komisi a veřejnosti o výsledcích tohoto sledování a hodnocení
- **Připravit a realizovat** plány kvality ovzduší obsahující opatření k dosažení nastavených cílů

Naplnění závazku je rozděleno do několika úrovní. V následujících článcích jsou popsány tyto úrovně, tak aby uživatel metodiky získal celkový přehled o dané problematice.

4.1.1. Strategická úroveň

- Propojení sensorických technologií do sensorické sítě (IoT) na úrovni městských aglomerací podpoří následující opatření, která jsou součástí plánů na zlepšování ovzduší v aglomeracích:
- Omezení automobilové dopravy v centrech měst
- Zavedení zón snížené rychlosti ve vybraných částech města
- Regulace parkování

Díky dostupnosti dat o kvalitě ovzduší bude možné:

- Nastavit následné kroky k regulaci v případě, že bude kvalita ovzduší nedostatečná
- Posuzovat dodržování nastavených opatření
- Stanovovat dlouhodobé vize

4.1.2. Informační úroveň

Inovativní sensorickou technologií je umožněno:

⁵ Úř. věst. C 152, 11.6.2008, s. 1

- Rozšířit malou hustotu měřicích stanic
- Podpořit dostatečný monitoring na vybraných lokalitách
- Podpořit dostatek aktuálních dat v otevřeném formátu
- Podpořit rozšířené poskytování dat veřejnosti díky otevřenému formátu a dostupnosti nových aplikací

4.1.3. Naplňování požadavků na členské státy EU

- **Sledovat a hodnotit** kvalitu ovzduší, aby bylo zajištěno, že splňují cíle EU
- **Podat zprávu** Komisi a veřejnosti o výsledcích tohoto sledování a hodnocení
- **Připravit a realizovat** plány kvality ovzduší obsahující opatření k dosažení cílů

Tato metodika na realizaci komplexního Systému umožňuje naplnit všechny tři požadavky, neboť navržený koncept podpořený technologiemi internetu věcí (IoT) zajistí kontinuální a podrobné sledování kvality ovzduší.

4.1.4. Klíčové problémy s řízením kvality ovzduší v EU

Kromě politických požadavků byly v celém procesu snižování produkce škodlivých látek z dopravy identifikovány některé zásadní problémy:

Úroveň strategická

- **V plánech kvality ovzduší chybí skutečná řešení**, časová osa a strategie dopadů, nedostatek dlouhodobé vize a strategické cíle, nedostatek synergického plánování s dalšími iniciativami
- Pokud jsou porušeny úrovně kvality ovzduší, existují pouze omezené možnosti regulace dopravy

Úroveň informační: nedostatek informací

- **Nízká hustota stanic** pro měření kvality ovzduší ve městech
- **Nedostatečné sledování** na nejvíce znečištěných místech
- **Nesoulad** mezi "oficiálními" údaji o kvalitě ovzduší a jinými "neoficiálními" údaji
- **Nedostatek aktuálních informací**; data jsou zveřejňována dlouho po překročení mezních hodnot
- **Technická prezentace** naměřených dat s nízkým potenciálem porozumění veřejnosti
- **Žádné "výstrahy"** poskytované cestujícím, žádná varování
- **Žádné informace o závazku** dosáhnout lepší kvality ovzduší a o stavu pravidelného zlepšování, nedostatečné implementaci opatření a jejich skutečných dopadech

Úroveň zapojení

- **Zapojení občanů** do formulace akčního plánu pro kvalitu ovzduší je nízké, kvalita ovzduší není veřejným tématem, o němž se bude diskutovat

Technická úroveň⁶

- **Skutečné emise znečišťujících látek ze silničních vozidel jsou často výrazně vyšší** než hodnoty schválení typu vozidla. To platí zejména pro emise NO_x z dieselových motorů. Mezi standardy Euro 1 a Euro 5 se evropský limit NO_x snížil o pětinásobek, ale skutečné emise NO_x zůstaly víceméně konstantní.
- **Vysoké emise NO_x v reálném světě z lehkých a těžkých dieselových vozidel jsou hlavní příčinou vysoké koncentrace NO₂ ve městech.** Skutečnost, že novější lehká užitková vozidla nejsou výrazně čistší než starší třídy euro, snižuje účinnost místních politických opatření pro snížení emisí NO_x z dopravy, jako jsou nízkoemisní zóny. Některé vozy Euro 6 už nyní vykazují skutečné emise NO_x blíže k limitu, ale mnoho modelů vozidel v reálném světě stále překračuje limit až osmkrát.
- Při testování emisí **zkoušené vozidlo zpravidla nedosahuje dobrých výsledků**, což může být důsledkem mnoha příčin: kvůli špatnému provoznímu stavu, manipulaci, poškození nebo špatné údržbě. Je obtížné poukázat na jediný faktor, který je odpovědný za vysoké emise starších vozidel. Konstrukce vozidla, jeho údržba, způsob používání či kvalita paliva hrají svou roli. Proto i při velkém měřicím programu je obtížné vybrat vozidla, která budou mít provoz v dané zóně zakázaný kvůli naměřeným vysokým emisím. Výrobce vozidla poukáže na špatný provoz uživatele, který na oplátku poukáže na údržbu v servisu. Servis bude poukazovat na každoroční kontrolní postup (např. akreditaci) a inspekční orgán bude upozorňovat na právní předpisy. **Nakonec nikdo nenese plnou odpovědnost za špatně fungující auto. Na rozdíl od bezpečnosti vozidel se zdá, že emisní limity v Evropě nejsou vymahatelné.** Dokonce i po skandálu kolem vozidel s naftovým motorem (Dieselgate) a všeobecné znalosti o tom, že některé vozy mají extrémně vysoké emise, nedošlo k nějakému „otočení kormidla“. V zásadě neexistuje vhodný právní rámec pro řešení překročení emisních limitů.

4.1.5. Zdroje znečištění z dopravy

V této metodice vycházíme z faktu, že doprava emituje do ovzduší širokou škálu škodlivin⁷ a to nejen spalovacími motory vozidel, ale také tzv. nehořlavými znečišťujícími látkami, včetně částic z povrchu vozovky, otěru pneumatik, oděru mechanických součástí (brzdové destičky, vložky spojky) a také resuspendováním stávajícího prachu na silnici provozem. Je tedy velmi těžké jasně určit zdroj konkrétní látky, protože může být vydáván do okolního vzduchu z různých zdrojů.

Zejména v souvislosti s dopravou je důležité sledovat **oxidy dusíku** (NO, NO₂, NO_x), protože jsou vypouštěny do okolního vzduchu všemi vysokoteplotními spalovacími motory, kde jsou fosilní paliva spálena při teplotách vyšších než 1 300 °C. V městském prostředí je dopravní provoz dominantním zdrojem znečišťujících látek s výjimkou oblastí se specifickými

⁶ 2008/50/EC

⁷ V tabulce B1 přílohy 1 jsou uvedeny znečišťující látky z různých zdrojů

průmyslovými procesy (jako například výroba kyseliny dusičné). Dalšími dvěma znečišťujícími látkami, které je třeba vzít v úvahu, jsou **prachové částice a benzen**.

4.1.5.1. OXIDY DUSÍKU

Měření koncentrací těchto škodlivin je metodicky velmi dobře definováno a zvládnuto a je relativně jednoduché i při kontinuálním měření kvality ovzduší. Referenční metodou pro měření koncentrací NO, NO₂ a NO_x je chemiluminiscence založená na excitaci molekul oxidu dusnatého ozonem (EN 14211 Kvalita ovzduší - Normovaná metoda stanovení oxidu dusičitého a oxidu dusnatého chemiluminiscencí). Monitorování oxidů dusíku tak lze postavit na **kontinuálním měření**, což z něj činí účinný nástroj pro **operativní opatření města na denní bázi**.

4.1.5.2. PEVNÉ ČÁSTICE

Pevné částice (PM), na rozdíl od ostatních škodlivin, nejsou specifickou chemickou jednotkou, ale představují směs částic z různých zdrojů, různých velikostí, složení a vlastností. PM zahrnují částice pevného a kapalného materiálu o velikosti od 1nm až po 100 μm, které setrvávají po určitou dobu v ovzduší (US EPA, 2004a). V důsledku dopravního provozu vzniká celé velikostní spektrum částic; jak hrubá frakce PM_{2,5-10} (zvíření prachu z vozovek a z okolního prostředí, oděr pneumatik, povrchu vozovky, částečně spalovací procesy), tak jemná frakce PM_{2,5} (zejména spalování pohonných hmot, méně i otěry povrchu vozovky a pneumatik). Spalovací procesy v motorech automobilů pak produkují zejména ultrajemné částice PM_{0,01} (nanočástice), které jsou v podstatě jediným zdrojem znečištění v městském prostředí. Nicméně i tyto částice mohou vznikat koagulací z plynných prekurzorů v atmosféře a tím zvyšovat jejich měřené koncentrace. Měření koncentrací takto malých částic je založeno na stanovení jejich počtu a klade velký důraz na přesnost měřicí techniky, s čímž souvisí nákupní cena i provozní náklady. Pro potřeby měření koncentrací částic širokého velikostního spektra je možné využít rovněž přístroje pracující na principu nefelometrie tzn. rozptylu laserového paprsku. Přístroje pracující na tomto principu umožňují většinou stanovit hmotnostní koncentrace frakcí PM₁₀, PM_{4.0}, PM_{2.5}, PM_{1.0} a početní koncentrace v různých velikostních intervalech většinou v rozsahu velikostí od 150 nm po 32 μm (velikostní rozpětí se může lišit v závislosti na výrobci přístroje). Pro dlouhodobý rutinní monitoring je tento typ měření výhodnější, nicméně je nutné mít na paměti vše výše uvedené o zdrojích částic. Monitorování pevných částic tak lze postavit na **kontinuálním měření**, což z něj činí účinný nástroj pro **operativní opatření města na denní bázi**.

4.1.5.3. BENZEN

Benzen vzniká při spalování fosilních paliv a rovněž se uvolňuje těkáním z benzínu z palivové nádrže nebo během tankování a při specifických průmyslových procesech (rafinerie ropy a plynu, spalování paliv (uhlí, oleje). V běžném městském prostředí tak jsou jeho dominantním zdrojem spalovací procesy v motorech automobilů. Ke stanovení benzenu v plynných směsích lze použít řadu metod založených na různých principech v závislosti na cílech analýzy

a obsahu analytu v plynu. Postup odběru vzorků a analýzy benzenu ve volném ovzduší je založený na sorpci benzenu v sorpční trubici, tepelné desorpci a stanovení kapilární plynovou chromatografií (dle referenční metody EU v EN 14662). Tato evropská norma uvádí několik variant postupu. Pro dlouhodobý monitoring kvality ovzduší se zdá být nejvhodnější automatický odběr vzorku prosáváním sorpční trubici s následnou analýzou plynovou chromatografií (EN 14622-3), což je možné realizovat v rámci provozu jednoho přístroje. Monitorování benzenu tak lze postavit na **kontinuálním měření**, což z něj činí účinný nástroj pro **operativní opatření města na roční bázi**.

4.1.6. Monitorování sítí environmentálních senzorů

Směrnice 2008/50/EC stanovuje minimální počet monitorovacích stanic a kde musí být umístěny. Tato pravidla pro monitorování a hodnocení, i když jsou velmi složitá, nejsou dostatečná k zajištění úplného a přesného posouzení kvality ovzduší. Monitorovací stanice musí být umístěny v místech, která představují nejvyšší úroveň znečištění v zóně nebo aglomeraci. V praxi však toto ustanovení často členské státy ignorují nebo zneužívají. Monitorovací stanice jsou často umístěny v oblastech, které nemají nejvyšší úroveň znečištění. Častěji členské státy nezveřejňují nebo nehlásí údaje z neoficiálních monitorovacích stanic, které nejsou součástí jejich oficiální sítě. Často to odůvodňují tím, že neoficiální získaná data nespĺňují velmi podrobné požadavky na umístění stanice, například proto, že monitorovací stanice je příliš blízko k dopravnímu uzlu. Tyto problémy vznikají zčásti proto, že směrnice nevyžaduje dostatečný počet monitorovacích stanic, což členským státům umožní používat modelové techniky k doplnění údajů z monitorování. Zatímco modelování poskytuje užitečné doplňující informace a snižuje potřebu nákladných monitorovacích stanic, není vždy přesné a je náchylné k manipulaci členskými státy.“

Parametry stanice pro systém monitorování dopravní zátěže:

Stanice používaná za účelem dlouhodobého monitoringu kvality ovzduší s ohledem na předpokládaný zdroj škodlivin z dopravy by tedy, na základě výše uvedeného, měla být schopna kvalitně a přesně měřit koncentrace oxidů dusíku, a to přístroji pracujícími na principu referenční metody (EN 14211). Za účelem zpřesnění informací může být stanice rozšířena o přístroj k měření koncentrací benzenu, opět pracující na principu referenční metody (EN 14622-3) a přístroj pro měření koncentrací pevných částic, pracující na principu nefelometrie. V případě měření koncentrací pevných částic metodou nefelometrie by měla v pravidelném intervalu probíhat validace této metody srovnáním jí poskytovaných výsledků s výsledky stanovenými referenční metodou definovanou v EN 12341. Součástí měření koncentrací škodlivin v ovzduší by mělo být také měření meteorologických parametrů zahrnující teplotu, relativní vlhkost, směr a rychlost větru.

S ohledem na potřeby subjektu realizujícího měření kvality ovzduší je tak možné stanice rozdělit na tři typy dle přístrojového vybavení (viz tabulka 5). S vybavením stanice samozřejmě souvisí náklady na pořízení vlastní stanice a náklady na její provozování zahrnující kalibrace přístrojů, spotřebu energie, náročnost na obsluhu atd. Ceny za přístroje

nezahrnují náklady na pořízení housingu a klimatizace. Náklady na provoz a údržbu nezahrnují cenu za odběr elektrické energie, zahrnují pouze náklady na kalibrace v ročním intervalu a pravidelný roční servis. Všechny uvedené ceny jsou velmi orientační a mohou se významně lišit v závislosti na výrobci přístroje, na cenách příslušné kalibrační laboratoře, na cenách elektrické energie atd. Obecně ve všech parametrech (tzn. nákup, provoz – kalibrace 1krát ročně, údržba – pravidelný roční servis) stoupá cena od méně vybavené stanice ke stanici vybavené výše.

Typ stanice	Měřená veličina	Metoda měření	Náklady (orientačně) [tis. Kč]		Náklady celkem (orientačně) [tis. Kč]	
			nákup	provoz a údržba (ročně)	nákup	provoz a údržba (ročně)
A	Koncentrace oxidů dusíku	chemiluminiscence (EN 14211)	300	30	1485	140
	Koncentrace pevných částic	nefelometrie	600	45		
	Koncentrace benzenu	plynová chromatografie, automatický odběr vzorku prosáváním sorpční trubicí (EN 14622-3)	500	50		
	Meteorologické parametry	běžně používané metody	85	15		
B	Koncentrace oxidů dusíku	chemiluminiscence (EN 14211)	300	30	985	90
	Koncentrace pevných částic	nefelometrie	600	45		
	Meteorologické parametry	běžně používané metody	85	15		
C	Koncentrace oxidů dusíku	chemiluminiscence (EN 14211)	300	30	385	45
	Meteorologické parametry	běžně používané metody	85	15		

Tabulka 10: Klasifikace stanic pro měření kvality ovzduší (AQ ITS-S), používané referenční metody měření a známé tržní ceny/provozní náklady v ČR

4.1.7. Hodnoty škodlivin, indexy a scénáře

Používané přístroje musí být schopny poskytovat hodnoty koncentrací příslušné škodliviny v nejméně desetiminutových intervalech, aby bylo možné stanovit hodinové průměry, které mohou být vztaheny k limitním koncentracím definovaným směrnicí 2008/50/ES. K regulaci dopravy dle aktuální situace kvality ovzduší mohou být využity koncentrace oxidu dusičitého NO₂ a případně koncentrace pevných částic PM₁₀, které mají definovaný hodinový imisní limit 200 µg.m⁻³ v případě NO₂, resp. denní imisní limit 50 µg.m⁻³ pro PM₁₀. Nicméně je nutné vzít v potaz, že PM₁₀ nepochází výhradně z dopravy, ale jsou produkovány celou

řadou zdrojů, a proto by jejich koncentrace měly sloužit spíše jako indikátor obecného znečištění. Navrhované stanovení početních koncentrací ultrajemných částic více odráží znečištění z dopravy, avšak k této charakteristice neexistuje žádný imisní limit a jeho definice je velmi obtížná.

Hodnocení aktuální kvality ovzduší je možné založit na indexech, které definuje Český hydrometeorologický ústav (viz tabulka 6). Výpočet indexu kvality ovzduší, ve kterém je zohledněn možný vliv imisí na zdravotní stav obyvatelstva, je založen na vyhodnocení 1h koncentrací oxidu dusičitého (NO₂) a pevných částic (PM₁₀). Ve výpočtu jsou pro PM₁₀ použity 1h průměrné koncentrace, protože lépe vystihují aktuální stav (meze pro 1h koncentrace byly odvozeny na základě statistické analýzy mezi 24h a 1h koncentracemi).

index	kvalita ovzduší	Opatření	NO ₂	PM ₁₀	Benzen
1	velmi dobrá	bez opatření	0 - 25	0 - 20	0-2
2	dobrá	bez opatření	> 25 - 50	> 20 - 40	2-3
3	uspokojivá	scénář 1	> 50 - 100	> 40 - 70	3-4
4	vyhovující	scénář 2	> 100 - 200	> 70 - 90	4-5
5	špatná	scénář 3	> 200 - 400	> 90 - 180	5-6
6	velmi špatná	scénář 4 – “totální zákaz”	> 400	> 180	> 6

Tabulka 11: Index kvality ovzduší a jednotlivé meze pro vybrané škodliviny

V případě sledování znečištění ovzduší pocházejícího z dopravy by měla být stanice umístěna v souladu se Směrnicí 2008/50/ES a směrnicí 2004/107/ES ze dne 15. prosince 2004 o obsahu arsenu, kadmia, rtuti, niklu a polycyklických aromatických uhlovodíků ve vnějším ovzduší, které jasně definují umístění vzorkovacích a měřicích zařízení vzhledem k pozemní komunikaci.

4.1.8. Požadavky na funkční charakteristiky, instalaci, provoz a údržbu AQ ITS stanice

Air quality ITS station používaná za účelem dlouhodobého monitoringu kvality ovzduší s ohledem na předpokládaný zdroj škodlivin z dopravy by měla být schopna kvalitně a přesně měřit koncentrace oxidů dusíku, a to přístroji pracujícími na principu referenční metody (EN 14211), tj. stanice třídy C. Za účelem zpřesnění informací může být stanice rozšířena o přístroj k měření koncentrací benzenu, opět pracující na principu referenční metody (EN 14622-3) a přístroj pro měření koncentrací pevných částic pracující na principu nefelometrie.

Směrnice 2008/50/ES a Směrnice 2004/107/ES definují požadavky na nejistoty měření, které v rámci dlouhodobých stacionárních měření jsou v případě oxidů dusíku 15 %, benzenu 25 % a pevných částic taktéž 25 % (platí pro referenční metodu měření, kterou je gravimetrie). V případě měření koncentrací pevných částic metodou nefelometrie by měla v pravidelném intervalu probíhat validace této metody srovnáním jí poskytovaných výsledků s výsledky stanovenými referenční metodou podle EN 12341.

Přístroje by měly být pravidelně servisovány minimálně v ročním intervalu a v tomtéž intervalu i kalibrovány v kalibrační laboratoři nebo pomocí kalibrační laboratoří kalibrovaného standardu. Samozřejmostí je pravidelné ověřování správnosti měření v rozsahu minimálně 0 a jedné měřené hodnoty pomocí kalibračního plynu o známé koncentraci v intervalu cca 14 dní.

4.1.9. Účinná opatření pro snížení dopadů dopravy na kvalitu ovzduší

Existuje mnoho způsobů, jak prezentovat různá opatření týkající se kvality ovzduší. Konsenzus byl nalezen v tzv. PUSH a PULL opatřeních. Tato metodika je rozděluje do 4 hlavních tříd:

- **PUSH: produkce emisí** (vozidla s nízkými emisemi uhlíku, s nulovými emisemi)
- **PUSH: omezení dopravního provozu** (regulace parkování, omezení přístupu)
- **PULL: motivace lidí** (služby s přidanou hodnotou, alternativní dopravní prostředky)
- **PULL: absorpce emisí** (přírodní a technologické nástroje)

4.1.9.1. PRODUKCE EMISÍ

Vedle činností výrobců vozidel, Evropské Unie nebo členských států vedoucích k regulaci nebo dokonce kvótám na vozidla s nulovými emisemi mohou i města významně přispět. Města mohou podpořit přechod na nízkouhlíkovou ekonomiku různými opatřeními:

- **"in-house" investice** do renovace městských flotil, tj. nákupu nízkouhlíkových vozidel pro veřejnou dopravu, městskou policii a jiné obecní služby, jako nakládání s odpady
- **zelené zadávání veřejných zakázek**, tj. požadavky na dodavatele měst, aby používali nízkouhlíková vozidla při poskytování služeb pro město

4.1.9.2. OMEZENÍ DOPRAVNÍHO PROVOZU

Nejúčinnějšími opatřeními jsou opatření restriktivní. Vyžadují technologie, které umožňují dohled nad nastavenými pravidly. Mohou být rozděleny na:

- **Regulaci parkování**, tzn. regulaci parkování návštěvníků zavedením parkovacích zón s rozdílnou cenou a rezidentním parkováním
- **Regulaci přístupu**, tj. nízkoemisní zóny, zóny s omezeným vjezdem a mýtné

4.1.9.3. MOTIVACE LIDÍ

Opatření omezující dopravu musí být doplněna o motivační opatření, která umožní lidem, aby si zvolili alternativní volbu pro své cestovní chování. Mohou být rozděleny na:

- **Alternativní dopravní prostředky**, tj. sdílení služeb, jako je sdílení vozidel (carsharing); sdílení skútrů; sdílení kol; přepravní služby na vyžádání (on-demand, ridesourcing, ridesplitting a e-Hail); sdílení jízdy (ridesharing); alternativní tranzitní služby (meziměstské autobusy a mikrotransit); služby kurýrní sítě
- **Integrované služby**, systém integrované mobility založený na informační úrovni, tj. sdílení dat (městská/krajská platforma mobility, aplikace pro plánování cesty) a úroveň odbavení, tj. jednotné ceny jízdného (veřejná doprava jako páteř pro další

propojené alternativní dopravní prostředky se společným zúčtovacím střediskem, odbavovací systém založený na uživatelských účtech)

4.1.9.4. ABSORPCE EMISÍ

Tato opatření poskytují řešení pro znečištěné oblasti s cílem snížit úroveň znečištění lokálního prostředí. Ty lze rozdělit na:

- **Řešení založená na přírodě**, tj. výsadba stromů a rozšiřování zelených ploch k zachycení a / nebo filtraci prachových částic
- **Řešení založená na technologii**, tj. čištění prachu z ulic, kropení ulic a rozmístění "inteligentních" technologií (tzv. cleantech) jako jsou pračky vzduchu nebo fasády s vrstvou oxidu titaničitého.

4.1.10. Rozhodovací proces města

Schéma 4 tříd opatření výše představuje základ pro následný proces rozhodování města.

Níže uvedená tabulka uvádí opatření, která by měla být spuštěna jako opatření ke zlepšení kvality ovzduší při překročení prahových hodnot (nejedná se o mezní hodnoty EU). Politika města založená na takovém systému může poskytnout "poloautomatizované" akce bez potřeby operativního politického rozhodovacího procesu nebo provozních plánů městských společností, které provádějí čištění ulic.

Vzhledem k tomu, že každé opatření je klasifikováno a spojeno s konkrétním přínosem a konkrétním vyvolaným opatřením/scénářem, může strategie města reagovat na skutečné krátkodobé i dlouhodobé úrovně znečištění ovzduší. Tak je vytvořen „most“ mezi zaváděním systémů měření kvality ovzduší a specifickými reakcemi města. Takové město může konzistentním způsobem komunikovat dopady městské strategie na řešení dopravní zátěže, aby bylo dosaženo celkového přijetí veřejností. Navíc transparentnost procesu založeného na otevřených datech poskytovaných Systémem monitorování dopravní zátěže (TBMS) umožňuje vyhodnotit výsledky strategie v konkrétních číslech pro konkrétní oblast a poskytnout tak městské správě argumenty pro související investice a plnění strategických cílů. TBMS se sítí AQ ITS stanic také může poskytnout městu přibližné hodnoty znečištění ovzduší z dopravního provozu a odvodit dosažitelné cíle pro konkrétní oblast.

Tato metodika poskytuje návod, jak lze takovou strategii nastavit, takže je plně na městském zastupitelstvu/radě, aby vytvořila své vlastní scénáře strategie kvality ovzduší na základě opatření a akcí pro zlepšení kvality ovzduší níže, s ohledem na lokální proveditelnost opatření. Sama samospráva by měla určit časový limit, např. 1 hodina/den nepřetržitě překročené prahové hodnoty pro spuštění konkrétní akce v reálném čase pro konkrétní hodnotu.

Scénář	Úroveň kvality ovzduší	Typy akcí
Index 3: Scénář 1	Uspokojivá	Plány, dotazníky s obyvateli, návrh parkovacích zón s dlouhodobými cíli kvality ovzduší, doplňková výsadba stromů, základní scénář čištění ulic
Index 4: Scénář 2	Vyhovující	Spuštění parkovacích zón s rezidentním parkováním, nasazení technologií senzorických sítí, zavedení konceptů sdílené mobility, významná renovace městských flotil, regulace zásobování a městské logistiky, platforma mobility, fond mobility
Index 5: Scénář 3	Špatná	Plán pro zavedení mýtného nebo silné parkovací politiky, významná výsadba stromů, instalace praček vzduchu
Index 6: Scénář 4	Velmi špatná	Velmi přísná regulace dopravního provozu, vysoké ceny parkovného, zavedení mýtného, zákaz vjezdu vozidel kategorie Euro 3 a nižší, významná výsadba stromů, instalace praček vzduchu ...

Tabulka 12: Typologie scénářů

Konkrétní opatření mohou být aplikována na konkrétní ulice/oblasti města, a to s ohledem na prostorové i technologické možnosti. Seznam konkrétních opatření bude definovat evropská norma, připravovaná v rámci CEN/TC 278 Inteligentní dopravní systémy.

4.2. SHRUTÍ KAPITOLY MONITORING STAVU OVZDUŠÍ

Namísto poskytování veřejné dopravy při smogových situacích zdarma, což je příklad aktuální praxe a neúčinné politiky města, je vhodné přijmout opatření postihující znečišťovatele. V oblasti dopravy jsou to řidiči osobních a nákladních aut. Kontinuální monitoring obsazenosti parkovacích míst a flexibilní tarif spolu s informacemi o kvalitě ovzduší v dané lokalitě umožňují městu v případě smogových situací zavést např. dvojnásobnou cenu parkovného či jinak regulovat zásobování. Taková opatření mohou být navíc spouštěna poloautomaticky, tzn. není potřeba rozhodnutí městské Rady, které bývá ve stávající praxi zdouhavé, ale může o nich rozhodovat operační důstojník (vedoucí pracovník dispečinku). Pro tento moderní způsob řízení dopravy, či potažmo provozu celého města, je nutné nad senzorovými sítěmi provozovat informační a řídicí systémy.

5. Implementace a propojení do informačních řídicích systémů

5.1. SYNERGIE S OSTATNÍMI SYSTÉMY MĚSTA

Tato část konkretizuje závěry z předešlých kapitol a jejím hlavním záměrem je přiblížit využití výše uvedených a představeným konceptům. Hlavním cílem je přiblížit možnou spolupráci mezi některými moduly uvažovaného Centrálního dopravně řídicího centra. Tato metodika se především věnuje problematice Chytrého parkování v návaznosti na možnost ovlivňování dopravy v pohybu s následným vlivem na kvalitu ovzduší v centrech měst. Proto v této části bude především poukázáno na představení obecného principu fungování modulu Parkování a dalších modulů, které mohou vzájemně sdílet data a tím zvyšovat přidanou hodnotu každého modulu. Vzájemnou spoluprací mohou významně přispět k efektivnímu řízení dopravy v klidu, v pohybu a především mnohem efektivněji uplatňovat koncepty více modálního cestování.

Pro účely metodiky jsou obecně představeny koncepty sdílení dat mezi těmito moduly:

- Modul Chytrého parkování
- Modul Meteorologických podmínek a kvality ovzduší
- Modul Veřejná doprava
- Modul Analýza dat a dopravního modelování

5.1.1. Chytré parkování v kombinaci s měřením kvality ovzduší

Integrace dat z široké škály detekčních technologií a subsystémů do jednotného SW modulu s informačním a řídicím potenciálem umožní navrhnout nová dopravní opatření na základě aktuálních informací o stavu ovzduší, dopravy nebo rozptylových (příp. akustických) podmínek.

Základním principem navrhované spolupráce těchto modulů je možnost ovlivňování poptávky po parkování v centrálních oblastech měst při špatných rozptylových podmínkách, nebo detekovaných překročených limitech polétavých částic, nebo plynů.

Hlavním principem takového systému je možnost zvyšování, resp. snižování tarifů za parkování v jednotlivých parkovacích zónách. Hlavním motivem změny chování řidičů je proto uvažovaná cena za parkování, kdy cena v centrální oblasti je výrazně zvýšena a naopak v místech přestupních vazeb je cena za parkování snížena. Do celého procesu systému může dále vstupovat cena za použití veřejné dopravy.

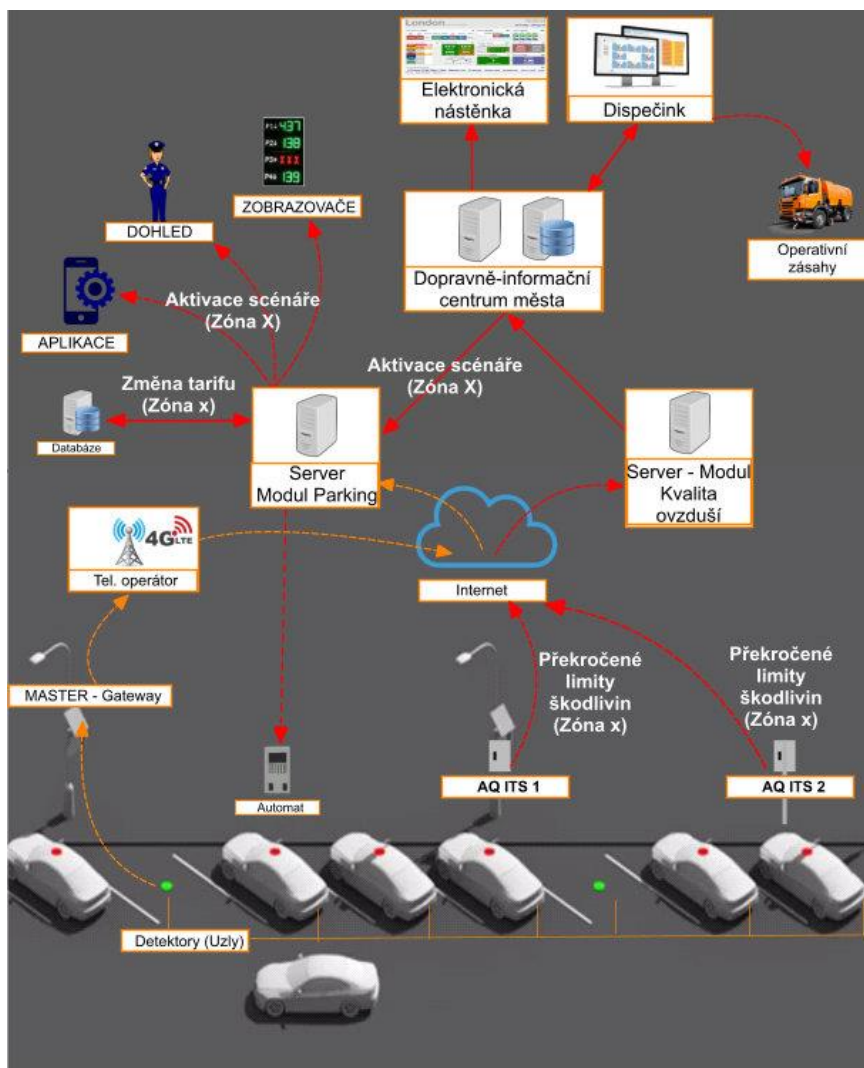


Schéma 6: Schéma/Architektura komplexního systému

Výše uvedená architektura demonstruje základní strukturu komplexního systému:

- **Detekční vrstva:** Nasazením sensorické sítě dochází ke kontinuálnímu sběru dat umožňujícímu hlubší poznání o tom, jak je dané místo/ulice dopravně zatížená a jaký vliv to má na životní kvalitu ovzduší. Jedná se o kontinuální sběr dat o obsazenosti parkovacích zón/lokalit/míst a zároveň o klimatických podmínkách a kvalitě ovzduší.
- **Přenosová vrstva:** Informace jsou z koncových prvků (senzorů, platebních terminálů) přenášeny různými komunikačními sítěmi (např. IoT) do internetu a tato data jsou v ideálním případě dále otevřená pro použití všemi zájmovými subjekty.
- **Vyhodnocovací vrstva:** Město může ve svých městských firmách provozovat několik serverů k dalšímu zpracování dat. Informace o dopravě (průjezdy a parkování) mohou sloužit výhradně k dopravním účelům (dohled nad platební kázní, řízení dopravy, tarifní politika), ale také jako důležitý datový zdroj pro odbor životního prostředí. Vyhodnocené informace mohou být publikovány na informačních tabulích, čímž se může např. kvalita ovzduší stát celoměstským společenským tématem a podkladem pro komunikační kampaň.

- **Aplikační vrstva:** Zpracované informace z obou sensorických zdrojů slouží ke strategickým rozhodnutím vedení města i k operativním zásahům městského dispečinku. U výše uvedeného příkladu se jedná především o uplatnění dynamické tarifní sazby za parkování. Centrální server dostává pokyn z Centrálního informačního a řídicího systému o uplatnění scénáře pro změnu tarifu. Tento pokyn vzešel z kontinuálního měření kvality ovzduší a po dobu delší než stanovenou byl překročen limit. Centrální server zasílá pokyn všem koncovým zařízením a spolupracujícím serverům o změně scénáře tarifu. Změn tarifu musí být také vhodnou cestou publikována a oznámena veřejnosti (ZPI na příjezdových komunikacích, push up služby aplikací, SMS apod.).

Díky dostupnosti ověřených a dlouhodobě dodávaných dat mají **politici** skrze elektronickou nástěnku možnost nalézt odvahu i k nepopulárním opatřením, jakými jsou rezidentní parkování či omezení dopravy v centru. **Operační pracovníci** pak mají možnost v blíže reálném čase provést preventivní akce (např. vyslání kropicích vozů při významných úrovních prachových částic). **Občané** mají možnost si argumenty politiků ověřit na příslušném webu a mohou profitovat z pokročilých služeb od komerční sféry (např. navigace na volné místo včetně možnosti platby, prodloužení rezervace atp.).

5.1.2. Smart Cities

Koncept chytrých měst staví na synergii mnoha oborů v rámci jedné investice. Při nasazování sensorických sítí je vhodné zohlednit i budování městské sítě internetu věcí, tj. skrze nasazení sítě ovládající dopravní systém, tj. detekci průjezdu či stání, poskytnout konektivitu i pro jiné systémy a tím i sdílet náklady na infrastrukturu např. s jinými městskými společnostmi. Jedná se o konektivitu pro vzdálené odečty energií a vody, management svozu odpadů (monitoring naplněnosti kontejnerů) či vzdálené řízení veřejného osvětlení. Daná konektivita je také příležitostí pro grantová schémata podporující vývoj inovací v prostředí města na daném komunikačním standardu.

5.1.3. Provázanost na systémy veřejné dopravy

Dostupnost sdružených informací o cenové hladině parkování v centru města či dalších zónách metropole, aktuální dojezdové časy porovnané s dojezdovými časy veřejnou dopravou umožní rozhodnout cestujícímu o volbě módu dopravy. Dále pro zajištění komplexnosti systému veřejné dopravy by měla být nabídnuta cestujícímu možnost informace o dostupnosti parkovacích kapacit P+R v klíčových uzlech integrovaného dopravního systému v daném území v návaznosti na poskytované informace o dostupných půjčovnách kol, nebo aut v přestupních uzlech. V dnešní době již samozřejmostí by mělo být poskytování informací o jízdách v řádech veřejné dopravy a také o zpoždění konkrétních linek.

Mezi klíčovou aplikací vzájemné synergie systému veřejné dopravy a parkovacího systému řadíme systém, kdy parkující na P+R, nebo v jiné do systému sdružené parkovací zóně,

použije pro svou jízdu do centra města služeb veřejné dopravy, neplatí za parkovné, nebo parkovné s vysokou slevou.

Senzorické sítě zde umožňují synergii v rámci různých dopravních módů a dopravních dispečerských systémů.

5.1.4. Systém rezidentního parkování

Při nasazování plošné detekce dopravní zátěže pomocí systému postaveném na internetu věcí (či při nasazení jiného systému postaveném na internetu věcí, např. „chytrého“ osvětlení) se přirozeně vytváří pokrytí daných oblastí sítí internetu věcí (tj. konektivitou), která by mohla sloužit i pro jiné účely, než je primární účel sítě. Jedná se o přirozené synergie konceptu chytrých měst, kde skrze jednu síť lze sbírat data ze sensorů různých aplikací (monitorování naplněnosti kontejnerů, dálkové odečty energií atp.) od různých dodavatelů. Při zavádění systému chytrého parkování či TBMS popsaného v této metodice je vhodné uvažovat i nad tím, zda by na stejné komunikační technologii nemohla „fungovat“ i digitální rezidentní karta (povolenka). Dnešní možnosti lokálních radiových sítí mohou předčit dosavadní využívané technologie RFID či palubní jednotky na bázi mýtných jednotek (komunikace v pásmu GHz). Protože takové možnosti nejsou v ČR vůbec zkoušeny a v pokročilých evropských městech se testují jednotky pro kooperativní či mýtné systémy či vinětové RFID systémy, které jsou nákladné a je zde problém ve vhodné penetraci komunikačních sítí, je digitální IoT rezidentní karta vhodným konceptem pro vývoj formou inovačního partnerství. Při existenci digitální rezidentní karty město může lépe regulovat pohyb těchto vozidel v daném území, cenově odlišit frekvenci jízd rezidentů, ale především zjistit potenciál pro nasazení alternativních konceptů (car sharing) pro ty rezidenty, kteří své auto používají zřídka a půjčováním sdíleného vozidla by výrazně ušetřili. Digitální rezidentní karta je tak účinným nástrojem pro zmapování potřeb rezidentů a také pro vhodnou strategii přechodu na udržitelné formy městské dopravy.

5.1.5. Vytváření dopravního modelu

Senzorické sítě jsou cenným zdrojem kontinuálních a velkých dat (big dat), které dokáží zaznamenat standardní vzorce dopravy ve městě, i chování při událostech (sportovní zápas, nehoda, rekonstrukce klíčové ulice atp.). Jejich cenová dostupnost a plošné nasazení umožňují vytvářet dopravní modely území nové generace. Kromě sledování dopravních intenzit a jejich dopadů na životnost krytů vozovek (asset management) jsou sensorické sítě velmi účinným nástrojem pro mikro i makrosimulace, které mohou mít praktický dopad např. na správné navrhování křižovatek (vhodnost kruhových objezdů či světelně řízených křižovatek), urbanistické pojetí výstavby nové čtvrti zohledňujících udržitelnou dopravu či vytváření dopravních modelů i velkých metropolitních oblastí. Výborných výsledků je dosahováno především při kombinaci sensorických sítí (sledování pohybu vozidel) a dat ze sítě mobilních operátorů (sledování pohybu lidí) pro plánování dopravní obslužnosti, ale i simulaci dopadů zavedení regulace dopravy, např. vyhrazení fyzického jízdního pruhu jen pro autobusy a taxi vozidla.

5.1.6. Informace a komunikace s veřejností

Senzorické sítě produkují velké množství dat, která mohou posloužit k prosazení mnohdy nepopulárních opatření, např. rezidentního parkování či nízkoemisních zón. Při nasazování sensorických systémů je tak vhodné zohlednit i informační část systému, tj. prezentaci výstupních dat občanům. Systém tak může lokálně „ovládat“ informační tabuli, která informuje o počtu volných parkovacích míst (jednoduchý displej či standardní ZPI), ale může být i součástí větší „informační“ sítě, kdy např. na vjezdu do dané zóny mohou „reklamní“ informační tabule informovat o úrovni znečištění ovzduší a aktuálně platných dopravně regulačních opatřeních.

Informace ze sensorických sítí napomáhají občanům i nově příchozím se zorientovat např. v nabídce volných bytů ve spojitosti s imisním či jiným zatížením či nabídkou alternativních způsobů dopravy atp.

5.2. ZÁVĚREČNÁ DOPORUČENÍ

Pro efektivní, tj. i včasné rozhodování např. při výskytu smogové situace, je nutné nastavit rozhodovací scénáře pro operativní či strategická rozhodnutí vycházející z dostupných dat o dopravní a imisní zátěži. To je možné realizovat pouze při existenci informačního systému, který nabízí různá rozhraní pro různé uživatele – politiky, styčné důstojníky, dopravní inženýry, řidiče, občany atp. Základem úspěchu jsou dostatečně robustní sensorické sítě, jejichž data jsou dostupná jako otevřená data, což umožňuje maximalizovat přínos vynaložených investic města do sensorických sítí pro všechny potenciální uživatele systému, ale i pro efektivní, datově orientované plánování měst.

Regulovat městskou dopravu s cílem snížit negativní dopady dopravy na kvalitu ovzduší je dlouhodobým cílem moderních měst. Začít je vždy nutné vymezením zón s jednotnými pravidly, digitalizací (pasport), nasazením sensorovým sítí alespoň pilotně na nejatraktivnější místa a nasazením systému monitorování dopravní zátěže pro centrální zóny města. Tak se veškeré rozhodování stane datově podložené jak pro operativní řízení, tak i dlouhodobá politická rozhodnutí strategického významu, jakými jsou například rezidentní parkování či parkovací politika založená na flexibilním tarifu měnícím se dle poptávky či úrovně znečištění.

Město může v další fázi přicházet se zcela novými motivačními či gamifikačními schémata, které digitální technologie umožňují. Je možné také navrhnout a aplikovat motivační balíčky, kdy lidé necestující auty dostávají virtuální body, které jim umožňují čerpat městské služby (např. bazén) s výraznou slevou. Naše města musí nejprve nasadit sensorické sítě, aby tyto důležité informace o dopravní zátěži či kvalitě ovzduší standardně sbírala, následně lze pilotně vyzkoušet i možná opatření spojená s komunikační kampaní.

Stěžejním parametrem úspěchu správné navržení detekční a komunikační infrastruktury, která následně umožňuje párovat měření různých jevů na jednom místě (např. hodnoty vlhkosti jsou důležité jak pro kvalitu ovzduší, tak i pro plošné monitorování klimatických

změn a dopadů na zdraví obyvatel/výjezdy záchranné služby). Také lze odhalit třeba velmi častý jev, že příčinou mnoha zdržení na cestě jsou svozové vozy odpadu, které v nevhodnou chvíli provádějí svoz a stávají se překážkou dopravnímu provozu (podobně to platí pro kroužící vozidla). Umožnění provázat různá data z mnoha zdrojů spojená stejným místem a časem v jedné platformě tak přináší největší potenciál pro zlepšení stávajícího fungování města. Takto pracují datově vedená města (data driven cities).

6. Ekonomické aspekty metodiky

Ekonomické aspekty využití této metodiky jsou přímé. O přímých ekonomických aspektech hovoříme v souvislosti s možností vytváření úspor při tvorbě výběrových řízení na obdobné systémy. Rovněž je zde podána strategická úroveň budování centrálního parkovacího systému, který může být subsystémem komplexního informačního a řídicího systému měst. Nastavený koncept je navržen s ohledem na platné mezinárodní standardy a normy, což v dlouhodobém horizontu významně šetří veřejné rozpočty měst s možností využití nových technologií od různých dodavatelských subjektů se vzájemnou kompatibilitou.

Nepřímé úspory plynou v efektivnějším způsobu řízení dopravy v klidu v součinnosti s dopravou v pohybu. Realizací navrženého systému budou mít města nástroj k možné eliminaci negativních vlivů dopravy na životní prostředí v centrálních oblastech.

Datově vedená města mají významný ekonomický dopad, ať už z hlediska možných úspor, např. díky zrychlení procesů, sběru nových podnětů umožňujících synergie, udržitelnému životnímu stylu obyvatel, který lze díky datům postupně zavádět a synergické efektivitě investic, kdy jednou komplexní investicí do jedné lokality město díky datové analýze dokáže řešit velmi mnoho různorodých aspektů v oblasti více-modálního cestování. Jedná se tak o holistický rozvoj měst.

Práce s daty je organizačně i finančně náročná věc a vedení města si musí být vědomo potenciálních přínosů, které spočívají v přímých ekonomických ziscích, ale i v dlouhodobé vzdělanosti a informovaném rozhodování svých občanů. Právě dostupnost bohaté škály dat přinese nové služby občanům a podníti vznik nových nápadů a inovací, což je ekonomicky velmi těžko vyčíslitelné, ale zcela jistě to lze vnímat jako mimořádný přínos pro vzdělanost a lokální konkurenceschopnost.

7. Srovnání novosti postupů

Koncept chytrých měst se zaměřuje na propojení odděleně spravovaných oborů lidské činnosti v prostředí města. Tato metodika propojuje dva doposud oddělené obory životního prostředí a dopravy jedním konceptem/technologickým systémem, který je navržen jako senzorový systém pro kontinuální monitorování dopravní zátěže v makroměřítku (systém TBMS) a mikroměřítku (systém chytrého parkování). Oproti stávajícím postupům nasazuje systém i řádově levnější monitorovací stanice kvality ovzduší, a tím umožňuje monitorovat kvalitu ovzduší v mnohem větším detailu, než je tomu nyní pomocí sítě ČHMÚ. Novost postupů definovaná touto metodikou spočívá v technologických možnostech kontinuálního měření dopravní zátěže, obsazenosti parkovacích ploch či kvality ovzduší v rozlišení jedné ulice. Tento postup vede k získání kontinuálních datových sad, které umožní jejich detailní analýzu a vzájemnou korelaci (tzv. big data) a ze strany měst tak přijmout konkrétní opatření pro konkrétní místa/oblasti města. Navrhovaný Systém je tak komplexním, modulárním (je možné integrovat data z jiných systémů, nebo naopak výstupy z navrhovaného systému používat v rámci jiných systémů) cenově dostupným řešením pro regulaci dopravy ve městech, ať už v podobě nové parkovací politiky, anebo nízkoemisní zóny.

8. Seznam použité související literatury

- [1] Amato F., Schaap M., Reche C., Querl X. (2013): Road Traffic: A Major Source of Particulate Matter in Europe In: Urban Air Quality in Europe, Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 165-193.
- [2] Cats O., Zhang Ch., Nissan A., Survey methodology for measuring parking occupancy: Impacts of an on-street parking pricing scheme in an urban center, Transport Policy, Volume 47, 2016, Pages 55-63
- [3] Arnott, R., Rowse, J. Curbside parking time limits, Transportation Research Part A: Policy and Practice Volume 55, 2013, Pages 89-110
- [4] Alan Andrews, project Clean Air co-financed by EU Life+, Clear Air handbook, A practical guide to EU air quality law, 2015, <https://www.clientearth.org/reports/20140515-clientearth-air-pollution-clean-air-handbook.pdf>
- [5] Giuliano M., Bertva U., Rye. T., Urban parking policy in Europe: A conceptualization of past and possible future trends Transportation Research Part A: Policy and Practice Volume 74, 2015, Pages 268-281
- [6] Bárta D., Metodika Konceptu inteligentních měst, Projekt TB930MMR001, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Ministerstvo pro místní rozvoj, 2015
- [7] European Environment Agency, Air Quality in Europe - 2015' (Report), 2015, <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2015>

9. Seznam zkratek

ANPR	Automatické rozpoznání registrační značky (Automatic number plate recognition)
API	Application programming interface (Otevřené programovatelné rozhraní)
CDV	Centrum dopravního výzkumu
CEN	The European Committee for Standardization (Evropský výbor pro normalizaci)
C-ITS	Kooperativní systémy
ČTÚ	Český telekomunikační úřad
EC	Evropská komise
EU	Evropská unie
FCD	Floating car data (Plovoucí vozidlo)
GDPR	General Data Protection Regulation (Obecné nařízení o ochraně osobních údajů)
ICT	Informační a komunikační technologie
IoT	Internet věcí (Internet of Things)
IR	Infračervené záření (Infrared)
ITS	Inteligentní dopravní systémy (Intelligent transport system)
KPI	Klíčové monitorovací indikátory (Key performance indicator)
LPWAN	Low-Power Wide-Area Network
MHD	Městská hromadná doprava
NEZ	Nízkoemisní zóna
P+R	Park and ride
P+G	Park and go
VD	Veřejná doprava
RFID	Identifikace na rádiové frekvenci (Radio Frequency Identification)
RZ	Registrační značka
SOLEZ	Smart Solutions supporting Low Emission Zones (Chytrá řešení podporující nízkoemisní zóny – Projekt Central Europe)
TAČR	Technologická agentura České republiky
TBMS	Traffic Burden Monitoring System (Systém monitorování dopravní zátěže)
UNB	Ultra úzké pásmo (Ultra narrow band)
ZPI	Zařízení pro provozní informace

Přílohy

PŘÍLOHA Č. 1: POLITIKA REGULACE DOPRAVY VE MĚSTĚ

Z úspěšných zavedených regulací ve městech EU vyplývá, že včasnou regulací dopravy v klidu před zónou, ve které je potřeba regulace, a efektivní regulací rezidentního parkování v zóně můžeme dosáhnout viditelných pozitivních změn a přechodu k využívání alternativní nabídky mobility a pěší dopravy.

Nízkoemisní zóny (NEZ)

NEZ jsou oblasti, do kterých je omezen vjezd vozidel způsobujících větší znečištění. Vyhlášení nízkoemisních zón přispívá ke snížení znečištění ovzduší právě v lokalitách, kde jsou lidé škodlivinami v ovzduší nejvíce ohroženi a kde je nutné o to důrazněji zlepšovat celkovou kvalitu života. Jedná se o tvrdé opatření.

Legislativní podmínky pro zavedení NEZ

Zákon č. 201/2012 Sb., ze dne 2. května 2012, o ochraně ovzduší v paragrafu 14 říká, že „ve zvláště chráněných územích, lázeňských místech, nebo pokud došlo k překročení některého z imisních limitů stanovených v prováděcím právním předpisu, může obec na svém území, nebo jeho části stanovit vyhláškou **zónu s omezením provozu motorových silničních vozidel**. Imisní limity jsou uvedeny v příloze č. 1 zákona⁹. Podle § 14 obec stanovuje nízkoemisní zónu vyhláškou. V případě vzniku smogové situace může obec stanovit zvláštní podmínky provozu nízkoemisní zóny, zejména po dobu trvání smogové situace zpřísnit emisní kategorie vozidel, kterým je umožněn vjezd do zóny. Lázeňským městům je daným zákonem usnadněna možnost zavedení nízkoemisní zóny na svém území.

Pravidla

Následující pravidla jsou stanovena na základě platného zákona č. 201/2012 Sb.

Dotčené druhy dopravy

Vjezd do nízkoemisní zóny je povolen pouze silničním motorovým vozidlům označeným emisní plaketou s uvedením příslušné emisní kategorie a v souladu s podmínkami stanovenými dopravní značkou. Výjimky jsou uvedeny v příloze zákona č. 201/2012 Sb.

Rozdělení vozidel do emisních kategorií je uvedeno v příloze nařízení č. 56/2013 Sb.¹⁰ o stanovení pravidel pro zařazení silničních motorových vozidel do emisních kategorií a o emisních plaketách. Rozdělení vozidel do emisních kategorií podle tohoto nařízení je uvedeno v tabulkách 1.4 – 1.6. Zároveň platí, že do emisní kategorie 4 se vždy zařazují vozidla kategorie M a N:

⁸ Zákon č. 201/2012 Sb., ze dne 2. května 2012

⁹ Zákon č. 201/2012 Sb., ze dne 2. května 2012

¹⁰ 56/2013 Sb. o stanovení pravidel pro zařazení silničních motorových vozidel do emisních kategorií a o emisních plaketách.

- S elektrickým pohonem nebo poháněná palivovými články
- S hybridním pohonem kombinujícím spalovací motor a elektromotor
- Používající jako palivo zkapalněný ropný plyn (LPG), stlačený zemní plyn (CNG) nebo bioplyn
- Vybavená motorem určeným jeho výrobcem ke spalování směsi benzínu a etanolu E85 nebo etanolu pro vznětové motory (E95)

Výjimky

Obec může vyhláškou stanovit, že se omezení vjezdu do NEZ nevztahuje na osoby s trvalým pobytem na území NEZ.

Dále může úřad obce na základě žádosti provozovatele vozidla povolit dočasnou nebo trvalou individuální výjimku z mnoha důvodů.

Objízdné trasy

Zákon č. 201/2012 Sb. definuje požadavky na objízdnou trasu v případě, že NEZ zahrnuje průjezdní úsek dálnice nebo silnice. V §14 zákona je uvedeno, že „Na průjezdním úseku dálnice nebo silnice lze NEZ stanovit pouze v případě, že na území obce mimo NEZ anebo mimo zastavěné území téže nebo sousední obce existuje jiná dálnice nebo silnice stejné nebo vyšší třídy, po které je možné zajistit obdobné dopravní spojení“. Za průjezdní úseky silnic a dálnic se považují úseky dálnic a silnic vedoucí zastavěným nebo zastavitelným územím obce. Průjezdní úseky jsou vymezeny v územně plánovací dokumentaci nebo určeny příslušným stavebním úřadem na návrh příslušného silničního správního úřadu a po předchozím projednání s obcí. Kritéria stanovuje § 8 odst. 3 zákona č. 13/1997 Sb. a § 4 vyhlášky 104/1997 Sb. Umístění dopravních značek Obec (IS 12a) a Konec (IS 12b) obce nemusí být totožné s hranicemi průjezdního úseku silnice.

Účelem navržené objízdné trasy není přesné vedení v hranici NEZ, ale spíše volba optimální objízdné trasy reflektující hledisko plynulosti dopravy a snadné orientace pro účastníky silničního provozu. Kritériem pro výběr objízdných tras je poloha a kapacita komunikací v blízkosti hranice NEZ.

Návrh organizačně technického řešení

Zavedení Emisní zóny v obci je programovou změnou vedenou politickou reprezentací města a je postupným procesem, nikoliv stavem. Před zavedením zóny se vede dlouhodobý schvalovací proces a je nutné k tomuto procesu mít nakloněnou veřejnost, které bude předložen jasný důkaz, že omezení vjezdu do zóny bude mít pozitivní přínos a samotné omezení bude eliminováno novými nabídkami služeb.

Koncept Emisní zóny na sebe váže nasazení vhodných organizačních i technologických nástrojů plošným, integrovaným a otevřeným způsobem s cílem zajistit interoperabilitu různých systémů pro sběr potřebných dat.

Právě zavádění inovativních sensorických sítí do infrastruktury s výstupem do dopravních informačních a řídicích systémů města podpoří kroky k nízkouhlíkovému plánování a zavedení potřebných regulací pro snižování zatížení.

Koncept regulace na základě emisních tříd lze vytvořit jen komplexním a provázaným řešením jednotlivých agend města. Měl by navazovat na strategické plány města v oblasti plánování udržitelné mobility, strategický plán ovzduší a plán rozvoje parkování.

K tomuto účelu slouží evropská metodika Plánů udržitelné mobility (SUMP)¹¹ a česká verze této metodiky¹². Pro dosažení cílů EU se doporučuje, aby takový plán mělo v ČR každé krajské město a každé město nad 50 tisíc obyvatel (relevance k rozsahu MHD). Města s nižším počtem obyvatel pak mohou rozložit své strategie do jednotlivých generelů, dle potřeby. Pro menší obce, např. do 10 tis. Obyvatel, může nahradit generely vymezená kapitola v textové části územního plánu obce.

Každá zahrnutá strategie obsahuje sadu indikátorů, které jsou koncipovány jako návodné a představují nástroje pro měření pokroku a vyhodnocování investic. Vhodně nasazené senzorické sítě jsou v tomto ohledu zdrojem potřebných dat.

A1. Geografické vymezení NEZ

Hlavním principem regulace dopravy v celé zóně je povolit vjezd pouze vozidlům označeným emisní plaketou s uvedením příslušné emisní kategorie. Následně je možné omezit nebo zcela zakázat vjezd vozidel příslušné emisní plakety na základě stavu ovzduší v zóně. Dále je možné na základě stavu ovzduší regulovat cenu za vjezd do této zóny. Takto nastavený systém je třeba vybavit dohledovým zařízením na všech vstupních místech zóny.

Nejčastějším zařízením jsou kamery pro rozpoznávání registračních značek.

V následujícím přehledu jsou popsány požadované údaje pro studii proveditelnosti kroky před zavedením:

Stadium	Krok	Akce
Identifikace dopravní situace	1	➤ Výpočet dopravní intenzity automobilové dopravy projíždějících určitým profilem za jednotku času. (ulice, zóna)
	2	➤ Model uspořádání komunikační sítě a přepravních kapacit <ul style="list-style-type: none"> • Za současného stavu • Ve výhledovém horizontu
	3	➤ Dynamická skladba dopravního proudu (např. na základě kamerových systémů) <ul style="list-style-type: none"> • Podíl tranzitní • Vnější • Místní dopravy na základě
	4	➤ Dopravní vztahy <ul style="list-style-type: none"> • Podíl individuální • Veřejné dopravy • Lehké dopravy • Těžké nákladní
	5	➤ Klasifikace vozidel dle emisní třídy
	6	➤ Stanovení hlavních tras nákladní dopravy
Zdroje znečištění a jejich detekce	7	Modelování emisí z dopravy pro celkovou zónu <ul style="list-style-type: none"> • Bilance produkce emisí PM10 • Bilance produkce emisí NO2
	8	Modelování emisí z dopravy pro postižené ulice a části funkční oblasti (historické centrum) <ul style="list-style-type: none"> • Bilance produkce emisí PM10

¹¹ Wefering, F. et al., 2014

¹² <https://www.cdv.cz/file/metodika-pro-pripravu-planu-udrzitelne-mobility-mest-ceske-republiky/>

Stadium	Krok	Akce
		<ul style="list-style-type: none"> Bilance produkce emisí NO2
Skladba vozový park	9	Bilance rezidentů
Podpůrná opatření	10	<ul style="list-style-type: none"> Veřejná doprava
	11	<ul style="list-style-type: none"> Doprava v klidu
	12	<ul style="list-style-type: none"> Sdílená mobilita

Tabulka 13: Tabeleární přehled rámce kroků před zavedením NEZ

Tabulka ukazuje možná řešení, kterými lze realizovat cíle týkající se omezení spojené se zavedením emisní zóny.

Cíl	Dostupná řešení
Získat potřebnou podporu od dopravců	<ul style="list-style-type: none"> Telematické systémy pro nákladní dopravu Dobře nastavené objízdné trasy Dostupná data o intenzitách na objízdných trasách Stanovení hlavních tras Předem připravený informační systém pravidel podle emisních kategorií vozidel Ekonomické zvýhodnění hybridních vozidel
Získat potřebnou podporu od residentů	<ul style="list-style-type: none"> řešení dopravy v klidu dobře nastavené zvláštní podmínky pro vjezd do LEZ komunikace dotčených městských částí informovanost na vysoké úrovni propagace zlepšení ovzduší v zóně podpora veřejné dopravy nabídka dodatečných služeb
Získat potřebnou podporu od obchodníků	<ul style="list-style-type: none"> zvýhodnění parkování před zónou Organizace doručování na poslední míli hybridními vozidly

Tabulka 14: cíle omezení vjezdu do zóny

Zadržné systémy, regulace vjezdu

Výhody	Nevýhody
Získání analýzy stavu mobility v zóně	Složitá organizační a technologická příprava
Vybavení města telematickým systémem	Finančně náročná investice
Dostupnost dat o intenzitě a složení dopravy	Investice do back office
Detektory ovzduší	Náročnost sledování
Zlepšení ovzduší	Organizace výběru poplatků za nedodržení pravidel
Podpora ekologických vozidel	Vybudování infrastruktury napájení/plnění
Podpora strategie parkování	Vytváření integrovaného celoplošného systému parkování postaveného na reálných datech

Tabulka 15: regulace omezení vjezdu do zóny

B1: Regulace provozu v zóně na základě typu motorových vozidel

Regulace se týká zejména centrální oblasti města, která je dopravně nejexponovanější částí města. Komplikovaná dopravní situace se v něm řeší dopravně organizačními a regulačními opatřeními s cílem zabezpečit jeho nezbytnou dopravní obsluhu.

Odbor dopravy města dle platné legislativy ve věci rozhodování o organizaci dopravy po projednání s Policií ČR – Dopravním inspektorátem stanovuje opatření týkající se zákazu nebo specifikovaného omezení vjezdu všech motorových vozidel a vozidel, jejichž hmotnost přesahuje stanovenou hranici.

Bez vydaného povolení nemohou tato vozidla do vymezených částí.

Zóna je předem vykreslena a rozdělena do jednotlivých částí, ve kterých jsou zobrazeny vjezdy a výjezdy.

Vjezdy a výjezdy mohou být ještě v jednotlivých částech zóny časově omezeny a může být povolen průjezd dopravní obsluze a cyklistům a zásobujícím vozidlům.

Může být také umožněn vjezd na základě zpoplatnění a doplněn systémem o udělení výjimek z předem stanovených důvodů.

V této formě regulace je velký problém s povolením pro vjezd residentů. V současné době je možné tento systém na základě nových sensorických sítí a detektorů dobře nastavit a provozovat.

Zádržné automatické systémy

Pevné a pohyblivé sloupky

Parkovací systém

V zóně je parkování zpoplatněno a regulace parkování může probíhat na základě aktuálního stavu ovzduší.

Takové omezení by mělo být plánováno společně s koncepcí dopravy v klidu, zejména z důvodu, že se omezení vjezdu týká pěších a historických zón města.

Vyplyvá tedy potřeba informovat řidiče předem o následujících stavech:

- Možnost alternativní trasy
- Možnosti zaparkování před zónou
- Volná místa k zaparkování a omezení vzniku kongescí před zónou z důvodu hledání místa k zaparkování
- Možnost pohybu v zóně – přestup na veřejnou dopravu, sdílená mobilita elektrokolo, elektrovozidlo

Cíl	Dostupná řešení
Získat potřebnou podporu od dopravců	<ul style="list-style-type: none">• Noční zásobování• Překladiště• Podpora hybridních vozidel
Získat potřebnou podporu od residentů	<ul style="list-style-type: none">• Rezidentní parkování v celé zóně• Aktuální informace o ovzduší pro konkrétní ulici• propagace zlepšení ovzduší v zóně• podpora veřejné dopravy nabídka dodatečných

	služeb
Získat potřebnou podporu od obchodníků	<ul style="list-style-type: none"> • Organizace doručování na poslední míli hybridními vozidly

Tabulka 16: omezení vjezdu dle typu vozidla

Výhody	Nevýhody
Regulace dopravy na základě aktuálního stavu ovzduší	Ekonomická investice do detektorů
Regulace residentů a parkování	Ekonomická investice do systému rezidentního parkování
Plán city logistiky	Omezení volného zásobování
Detektory ovzduší	Náročnost sledování
Zlepšení ovzduší	Organizace výběru poplatků za nedodržení pravidel
Podpora ekologických vozidel	Vybudování infrastruktury napájení
Podpora strategie parkování	

Tabulka 17: výhody a nevýhody omezení vjezdu dle typu vozidla

C 1: Nepřímé regulace provozu

V současné době rozvoje sensorických detektorů a sítí je možné kontinuálně sledovat dopravu v každé ulici, což umožňuje získávat data o intenzitě dopravy i kvalitě ovzduší.

Tato data je možné využívat pro sledování aktuálního stavu a následně pro proces plánování. Na základě zjištění lze organizovat nepřímé omezení provozu například regulací ceny parkovného v centru města, ceny parkovného na odstavných parkovištích.

V případě, že data budou otevřená, je možnost sekundárního využití samotnými rezidenty, kteří mají zájem se podílet na zlepšování situace v oblasti mobility.

Konkrétní popis senzorů je v kapitole 4.2 a příloha 2 obsahuje technické požadavky, které by senzory měly splňovat pro správnou funkčnost. Každé místo je specifické a je proto nutné před instalací zohlednit všechny tyto faktory, které mohou omezovat správnou funkčnost senzorů.

Současný stav NEZ v ČR

Varianta A1

- **Lázeňské město**

V České republice je 32 obcí, které mají udělený statut lázeňského místa a mohou tedy využít zavedení NEZ. V době vzniku metodiky (2017), není zavedena žádná LEZ.

- **Obec**

V současnosti žádné město ČR nevyhlásilo geografickou NEZ.

Varianta B1

Brno, v centrální oblasti města zavedlo regulaci vjezdu na základě aktuálního dopravního značení a zakázalo vjezd všem motorovým vozidlům.

PŘÍLOHA Č. 2: SPECIFIKACE PARKOVACÍCH SENZORŮ

Technická specifikace parkovacích senzorů

Shrnutí základních požadavků

- a) Objednatel požaduje dodávku komplexního řešení systému bezdrátových senzorů obsazenosti konkrétních vyznačených parkovacích míst postavených na magnetometrech/infračervených detektorech, popř. kombinaci těchto detektorů
- b) Data o obsazenosti budou agregována v Centrálním prvku, jehož vytvoření a zajištění jeho provozu je součástí dodávky, a který bude poskytovat výstupy pro potřeby třetích stran. Minimální datový obsah a datový formát jsou popsány níže.
- c) Systém musí zasílat data ve standardním formátu podle CEN TS 16157-6 DATEX II.
- d) Systém musí mít administrátorské rozhraní a publikovat data skrze otevřené API.
- e) Systém musí poskytovat konektivitu do internetu, nebo centrálního serveru města/klienta, a musí být připraven ovládat i dodatečné lokální prvky (Zadavatel požaduje pouze HW a SW přípravu. Ovládání lokálních prvků by mělo být součástí veřejné zakázky).
- f) Celé řešení musí být navrženo a realizováno v souladu s právním řádem ČR.
- g) Objednatel požaduje dodání takového řešení, které minimálně po dobu požadované garantované životnosti baterie senzorů nebude vyžadovat reinstalaci senzorů.

Komunikační propojení senzorů s Centrálním prvkem a další IT infrastrukturou

- a) Objednatel požaduje kompletně bezdrátové řešení komunikace mezi komponenty systému (senzory, retranslační prvky) a Centrálním prvkem.
- b) Objednatel v souvislosti s Plněním nebude budovat samostatné optické nebo metalické datové sítě (*může být upraveno dle místních podmínek, ale prioritně by mělo být zabezpečen bezdrátový přenos dat z lokality do centrálního systému*).
- c) Vzhledem k předpokládanému omezenému výkonu vysílačů v senzorech lze využít retranslační prvky umístěné na stávajících stožárech veřejného osvětlení nebo světelného signalizačního zařízení v blízkosti měřicích profilů.
V případě, že se neočekává připojení do pevné elektrické infrastruktury, napájení těchto prvků musí být nezávislé na pevném zdroji a tyto prvky tedy nemohou být napájeny z rozvodů NN veřejného osvětlení. Pokud Zhotovitel využije řešení pomocí retranslačních prvků, musí být součástí cenové nabídky i dodávka těchto prvků a jejich instalace.
- d) Všechny přenosy musejí být dostatečně zabezpečeny proti možnosti neautorizovaného čtení jakýchkoli přenášených dat.
- e) V případě potřeby využití GSM komunikace dodá potřebný počet SIM karet Zhotovitel

na svůj náklad a rovněž zajistí na svůj náklad datové tarify k těmto SIM kartám.

- f) *V případě, že je realizována architektura, kdy Dodavatel systému využívá svého cloudového řešení pro komunikaci s centrálním systémem Objednatele* - Pro komunikaci mezi Centrálním prvkem systému senzorů a IT infrastrukturou Objednatele bude sloužit otevřený datový formát, který bude Zhotovitelem detailně dokumentován. Za vhodné řešení považuje Objednatel např. formát XML. XML soubor s naměřenými daty za proběhlý měřicí interval bude periodicky automaticky generován a ukládán na dohodnuté místo v IT infrastruktuře Objednatele.
- g) Centrální prvek systému senzorů bude publikovat data o obsazenosti parkovacího místa ze senzorů s přenosovým zpožděním Max (*uživatel definuje požadovaný interval*)
- h) Data předávaná z Centrálního prvku systému senzorů na dohodnuté místo v IT infrastruktuře Objednatele musejí obsahovat minimálně tyto údaje:
- ID zařízení
 - Typ zařízení (senzor, retranslační prvek, apod.)
 - Provozní stav komponent systému – četnost 1 x za hodinu (včetně např. údaje o napětí baterie u senzorů)
 - Časový identifikátor přenosu

u senzorů pak dále data:

- Identifikaci senzoru,
- Identifikaci parkovací oblasti (např. Revoluční ulice),
- Identifikace parkovacího místa,
- Identifikace typu parkovacího místa (např. hendikepovaní, podélné/příčné/kolmé stání apod.),
- Časové razítko události v reálném čase,
- Stav (obsazeno /volno) parkovacího místa.

Zhotovitel sdělí Objednateli kompletní seznam údajů, které zasílají senzory do Centrálního prvku systému senzorů. Na základě těchto informací je Objednatel oprávněn požadovat zasílání i dalších informací (nad rámec údajů uvedených výše) na dohodnuté místo v IT infrastruktuře Objednatele.

Provoz Centrálního prvku – Varianta, kdy Dodavatel/Zhotovitel provozuje Centrální prvek systému senzorů a poskytuje data do Centrálního serveru Objednatele

- a) Součástí dodávky systému senzorů je i vytvoření Centrálního prvku systému senzorů, který bude provozovat Zhotovitel na své infrastruktuře (tj. Zhotovitel si zajistí potřebné HW a SW vybavení pro provoz Centrálního prvku systému senzorů).
- b) Zhotovitel zajistí Objednateli přístup k Centrálnímu prvkem senzorů prostřednictvím webového portálu (tj. nepředpokládá se instalace speciálního SW na HW uživatelů),

kdy k přístupu budou využívána HW zařízení uživatelů.

- c) Webový portál Centrálního prvku sensorů musí být funkční minimálně na posledních OS Windows 7 a novějších/případně LINUX, a to prostřednictvím běžných webových prohlížečů. Webový portál musí být online přístupný v režimu 24/7 (s výjimkou krátkodobých odstávek systému za účelem zajištění správy systému) a musí umožnit provoz na více monitorech současně.
- d) Přístup uživatelů musí být zabezpečen protokolem https a musí být vázán na uživatelské jméno a heslo.
- e) Veškerá data, nad nimiž Centrální prvek systému sensorů pracuje, stejně tak i veškerá data získaná činností Centrálního systému (např. systémem zpracované sestavy a výstupy) jsou majetkem Objednatele. Zhotovitel je bez písemné smlouvy nesmí využít k účelům, které nejsou předmětem zakázky.

Umístění a parametry komponent systému

- a) Objednatel závazně požaduje autonomní provedení sensorů bez vnějšího napájení.
- b) Napájení sensorů je vyžadováno z baterie; projektovaná provozní životnost baterie senzoru je vyžadována min. 8 let, garantovaná min. 5 let.
- c) Komponenty systému musejí umožňovat vzdálenou správu; detekční a komunikační technologie musí umožňovat dálkovou konfiguraci, vzdálený vynucený restart a v případě potřeby i provedení upgrade firmware a to vše bez požadavku na reinstalaci senzoru.
- d) Systém musí být odolný vůči kyberhrozbám, zejména pak proti přehrání (replay) či tajnému odposlechu (eavesdropping), radiová komunikace musí mít sdílené klíče a šifrování podle průmyslových standardů
- e) Projektovaná životnost fyzických komponent systému (vyjma baterií sensorů nebo jiných zařízení, která mají charakter spotřebního materiálu) min. 10 let.

Provozní podmínky

- a) Systém sensorů/Uzly budou provozovány v režimu 24x7x365.
- b) Funkčnost komponent systému (detektory, retranslační prvky/Master/Slave) a/nebo komunikace komponent systému (detektory, retranslační prvky/Master/Slave) s Centrálním prvkem a rovněž přesnost a spolehlivost měření nesmí klesnout pod 90%. Tato přesnost je vyžadována za všech klimatických podmínek (déšť, mrznoucí déšť, sníh, prach, listí, led či sníh na vozovce, kolísání teplot, vítr apod.) a rovněž za všech provozních podmínek (blízkost tramvajové tratě, trafostanice, atd.) a to jak pro každý sensor/uzel samostatně, tak pro celý systém sensorů. Objednatel důrazně požaduje, aby uvedená přesnost a spolehlivost byla garantována po celou dobu projektované životnosti fyzických komponent systému (doporučeno 10 let). Minimální rozsah provozních teplot venkovních částí systému je vyžadován

v intervalu od -25° C do +60° C a v intervalu vlhkosti provozního prostředí 0 – 95 %.

- c) Všechny části použitých detektorů a ostatního souvisejícího venkovního zařízení musejí být konstruovány tak, aby odolaly vlivům klimatických podmínek, které lze v místě instalace oprávněně očekávat. Všechny venkovní fyzické komponenty systému musejí být v antikorozním provedení a musejí být kryty podle platných předpisů.
- d) Systém senzorů/Uzly musí disponovat jak diagnostikou provozního stavu detektorů, tak i diagnostikou ostatních komponent systému. Informace o provozním stavu jednotlivých komponent systému budou pravidelně předávány do IT infrastruktury/Centrálního systému (serveru) Objednatele spolu s naměřenými hodnotami, a to minimálně v rozsahu stavů: zařízení v řádném provozu, zařízení v provozu, avšak vyžaduje preventivní servisní zásah (např. stav baterie) nebo zařízení v poruše.
- e) Všechny fyzické komponenty instalované v dosahu veřejnosti musejí být v provedení odolném proti vandalismu.
- f) Zhotovitel dodá objednateli pomůcky a nástroje pro dodatečnou kalibraci senzorů, pokud je kalibrace senzorů nutná.

Požadavky na instalaci systému a zkušební provoz

- a) Detektory budou umístěny ve vozovce tak, aby nijak nesnižovaly její životnost a nezpůsobovaly poruchy. V důsledku prací při instalaci detektorů tak nesmí dojít k následné postupné degradaci povrchu pozemních komunikací s negativním dopadem na dopravní provoz.
- b) Funkčnost detektorů bude testována ve spolupráci s Objednatelem (případně s vybraným zástupcem Objednatele) v rámci pilotního provozu, jehož součástí bude i níže popsané testování senzorů po jejich instalaci na minimálně 15 konkrétních parkovacích místech vybraných Zhotovitelem. Na vybraných xx (*dle požadavku Zadavatele*) parkovacích místech bude provedeno takové množství samostatných měření, aby bylo možné určit přesnost jednotlivých testovaných senzorů. Detektory musí být nastaveny tak, aby zaregistrovaly vozidla ve vyznačeném parkovacím místě. Řidiči neparkují vždy v graficky vymezených prostorách, což může vyústit v omezení přesnosti. Při testování funkčnosti detektorů budou brána v potaz pouze vozidla zaparkovaná podle níže definovaných kritérií.

Na všech druzích parkovacích míst musí vozidla:

- Mít čtyři kola
- Vozidla nesmí zasahovat na obrubník více než 15 cm
- Vozidla nesmí být více než 60 cm od obrubníku
- Přední konec vozidla nesmí být:
 - Více než 90 cm před čarou ohraničující parkovací místo
 - Více než 90 cm za parkovacím sloupkem/čarou ohraničující parkovací místo
 - Více než 60 cm za grafickým ohraničením na přední straně prostoru

Úspěšné testování je jednou z podmínek pro akceptaci projektu.

- c) Objednatel bude způsobem popsaným v odstavci b) provádět testování z důvodu kontroly přesnosti a spolehlivosti systému každoročně s tím, že počet testovaných parkovacích míst a počet provedených samostatných měření bude určen Objednatелеm. Termín testování bude Zhotoviteli sdělen s dostatečným předstihem, aby se mohl testování zúčastnit. O výsledku testování bude sepsán zápis, s nímž bude Zhotovitel seznámen. V případě, že z výsledku testování vyplyne, že přesnost a spolehlivost jednotlivých sensorů nebo systému klesla pod 90%, je povinen na své náklady systém uvést do pořádku, případně budou uplatňovány sankce dle pravidel navržených ve smlouvě.
- d) Provádění výkopových prací je nežádoucí.
- e) Instalace systému musí být naplánována časově tak, aby případný zábor pozemních komunikací významným způsobem nezhoršil dopravní situaci ve městě; přednostně bude instalace prováděna mimo dopravní špičky kritických dní.
- f) Objednatel z důvodu složitých zimních podmínek, kdy na parkovištích leží souvislá sněhová pokrývka, která je odstraňována pluhem s radlicí, případně sněhovou frézou, preferuje řešení pomocí podpovrchových detektorů. V případě, že Zhotovitel zvolí řešení pomocí detektorů, které jsou částečně umístěné na povrchu, jde případné poškození sensorů vyplývající s běžného provozu na parkovišti i ze zimní úpravy vozovky k jeho tíži- tj. bude muset na své náklady poškozené části opravit a uvést systém do funkčního stavu.

Požadavky na dokumentaci

- a) Zhotovitel zpracuje potřebné dokumentace HW/SW a inženýrskou činnost pro realizaci, zejména zajistí povolení od správců/vlastníků dotčených pozemních komunikací a stožárů pro možnost instalovat na ně a provozovat na nich příslušná zařízení.
- b) Zhotovitel zajistí dokladování technické dokumentace dodaného zařízení vč. manuálu v českém jazyce minimálně v 1 listinném vyhotovení a minimálně v 1 elektronickém vyhotovení.
- c) Zhotovitel doloží soulad radiokomunikační části systému s normami a regulativy ČTÚ a dalšími normami a požadavky na kybernetickou bezpečnost, a to především:
 - [EN 61508](#) Funkční bezpečnost
 - [ISO 9160](#) Šifrování dat
 - [IEEE 802.11](#) Bezpečnost bezdrátových sítí
 - <http://www.12207.com/> Životnost softwaru
 - <http://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616.html> RFC protokoly
 - <http://tools.ietf.org/html/rfc2818> Bezpečná https komunikace
 - [EN 62628](#) Návod pro softwarová hlediska spolehlivosti
 - [EN 55022](#) Vysokofrekvenční rušení

- [ETSI EN 300 220](#) Elektromagnetická kompatibilita a radiové spektrum
- d) Zhotovitel geodeticky zaměří umístěná zařízení a dodá situační zakreslení instalované technologie v měřicích lokalitách (jednotlivé senzory, komunikační zařízení, příp. ostatní technologie), a to jak ve formě vytištěné dokumentace, tak i v digitální editovatelné podobě ve formátu DWG nebo DGN.
- e) Zhotovitel dodá detailní popis formátu dat pro komunikaci mezi Centrálním prvkem systému senzorů a IT infrastrukturou Objednatele, viz výše v kapitole „Komunikační propojení senzorů s Centrálním prvkem a IT infrastrukturou Objednatele“.

Bližší specifikace Služeb a záruk

Servisní služby

- a) Servisní služby musejí být poskytovány nejméně po dobu x let od akceptace dodávky a instalace systému. Zhotovitel se zavazuje, že bude zajišťovat plnou funkčnost Díla po celou dobu trvání Servisních služeb, tedy že předané Dílo bude mít vlastnosti stanovené Smlouvou, bude plně funkční a způsobilé pro použití ke smlouvenému účelu, bude odpovídat sjednané funkční a technické specifikaci a parametrům uvedeným ve Smlouvě a v Zadávací dokumentaci. Servisní služby pokrývají všechny součásti Díla, včetně produktů třetích stran, které byly využity při realizaci Díla.
- b) Součástí poskytovaných servisních služeb je i zajištění komunikace mezi komponenty systému (senzory, retranslační prvky) a Centrálním prvkem systému senzorů.
- c) Součástí dodávaných služeb je i provozování Centrálního prvku systému senzorů, který bude provozovat Zhotovitel na své infrastruktuře (tj. Zhotovitel si zajistí potřebné HW a SW vybavení pro provoz Centrálního prvku systému senzorů).

Helpdesk

- a) Součástí servisních služeb je i poskytování Helpdesku pro hlášení závad a incidentů.
- b) Zhotovitel bude pro Objednatele provozovat helpdesk dostupný v režimu 24x7x365 z internetu oprávněným pracovníkům Objednatele.
- c) Objednatel bude veškeré závady hlásit prostřednictvím helpdesku, který zaznamená min. informace o čase hlášení, osobě ohlašující závadu a předmětu závady. Dále umožní reakci Zhotovitele a rovněž umožní akceptaci odstranění problému Objednatelem.

Údržba Díla

- a) Pravidelná kontrola správné funkce všech částí Díla Zhotovitelem – kontrola přesnosti měřených výsledků a spolehlivosti získávání naměřených hodnot ve smyslu technické specifikace sensorů (viz příloha č. 3). Měsíční informování Objednatele o prováděné kontrole a všech (i dílčích) výpadcích funkcí Díla a reakcích Zhotovitele (zásahy do Díla) na tyto výpadky.

- b) Průběžná aktualizace firmware Díla Zhotovitelem.
- c) Pravidelné prohlídky Díla Zhotovitelem – kontrola a údržba fyzických částí venkovní výstroje i Centrálního prvku 1× za 6 měsíců; nejméně 1× za 12 měsíců profylaktická prohlídka.
- d) Součástí Servisních služeb bude také průběžná obměna komponent spotřebního charakteru, jako např. baterií v jednotlivých senzorech.
- e) Zhotovitel zajišťuje po dobu trvání Servisních služeb na svůj náklad revizi elektrických zařízení dle platných předpisů.
- f) Odstraňování závad a incidentů – evidence přes helpdesk dle kapitoly „Helpdesk“; odstranění závad nebo incidentů nejpozději následující pracovní den po nahlášení závady nebo incidentu, není-li mezi Objednatelem a Zhotovitelem dohodnuto jinak. Cílem je zajistit spolehlivost získávání naměřených hodnot ve smyslu technické specifikace Díla.
- g) Veškeré činnosti nutné či související s vyřízením závad a incidentů činí Zhotovitel sám na své náklady v součinnosti s Objednatelem a v jeho provozní době tak, aby svými činnostmi neohrozil nebo neomezil činnost Objednatele.
- h) Technická činnost – evidence zásahů, účast technického dozoru při stavbách a rekonstrukcích dotýkajících se instalovaného zařízení strategických senzorů.

Záruka

- a) Záruční doba je vymezená.... Po dobu záruční doby poskytne dodavatel bezúplatné odstraňování reklamovaných vad (práce i díly). Po uplynutí záruční doby bude odstraňování reklamovaných vad (práce i díly), a to veškerých komponent systému (Díla) s výjimkou závad prokazatelně vzniklých úmyslným poškozením nebo poškozením z nedbalosti, nikoliv ze strany Zhotovitele (např. vandalismem), součástí ceny Servisních služeb.
- b) Zárukou na stavební část Díla se mj. rozumí, že vlivem prací při instalaci senzorů nesmí dojít k následné postupné degradaci povrchu pozemních komunikací s negativním dopadem na dopravní provoz.

Shrnutí pro snazší orientaci v předmětu dodávky, harmonogram, akceptace

Součástí předmětu zakázky, a tedy i cenové nabídky je:

- Dodávka xx ks detektorů.
- Instalace detektorů na místa určení.
- Dodávka retranslačních prvků – pokud Zhotovitel dodá řešení, které dodávku retranslačních prvků vyžaduje.
- Instalace retranslačních prvků – pokud Zhotovitel dodá řešení, které dodávku retranslačních prvků vyžaduje.
- Dodávka potřebného počtu SIM karet pro komunikaci mezi komponenty systému (senzory, retranslační prvky) a Centrálním prvkem.

- Vytvoření Centrálního prvku systému senzorů (centrální prvek se bude využívat ve formě služby, tj. neřešíme licence, ale bude se platit pouze za jeho provoz).
- Zajištění provozu systému (servisních služeb) po dobu x let, jehož součástí je:
 - Poskytování služeb Centrálního prvku systému senzorů,
 - Helpdesk,
 - Údržba díla,
 - Náklady na zajištění komunikace mezi komponenty systému (senzory, retranslační prvky) a Centrálním prvkem,
 - Provádění oprav částí systému, na něž se nevztahuje záruka.
- Harmonogram:
 - Uvést přesný harmonogram dodávky díla do etap
- Podmínky akceptace této části díla:
 - Úspěšné otestování funkčnosti systému (viz test na 15 parkovacích místech),
 - Zapracování všech připomínek Zhotovitele vzešlých ze zkušeností s pilotním provozem.

PŘÍLOHA Č. 3: METODIKA VYHODNOCOVÁNÍ FUNKČNOSTI A SPOLEHLIVOSTI SYSTÉMU CHYTRÉHO PARKOVÁNÍ

Pro vyhodnocování funkčnosti a spolehlivosti systému je zapotřebí přímého šetření na místě. V určitých podmínkách je možné využít výstupů z kamerového systému. V každém případě je vždy nutné mít přístup do konkrétní aplikace, ve které jsou zaznamenány historické údaje o každém zaznamenaném pohybu na konkrétním parkovacím místě. Sčítače a systém by měly mít vždy synchronizován čas, tak aby bylo možné porovnávat přesný časový údaj (s rozlišením na vteřiny) zaznamenaný přímým pozorováním a vlastním systémem.

Pozn. Navržená metodika navrhuje princip vyhodnocování přesnosti a včasnosti podávaných informací ze sítě detektorů. Navržená metodika rovněž popisuje možné sankce dodavateli systému, který nedodrží stanovené limity přesnosti a včasnosti. Je zde rovněž popsán možný postup v uplatňování sankcí v těch případech, pokud je dodavatel systému motivován odměnou při výběru poplatků za parkování.

Funkce parkovacího senzoru

Jakmile se status parkovacího místa změní, dostaneme hlášení o události.

- Jestliže auto vjede na konkrétní místo, obdržíme hlášení “Session Start/Počátek relace” (či SS)
- Jestliže auto z tohoto místa odjede, obdržíme hlášení “Session End/Konec relace” (či SE)

Senzory jsou vyladěny, aby zaregistrovaly vozidla v definovaném prostoru. Jelikož tyto prostory pro parkovací místa jsou jasně definované, je vždy nutné je na ulicích výrazně graficky vyznačit. Z tohoto důvodu by nikdy neměly senzory existovat v místech bez grafického značení a to i v případech monitorování místa zákazu stání/zastavení.

Řidiči neparkují vždy právě v graficky vymezených prostorách, což může vyústit v omezení přesnosti. Při testování funkčnosti senzorů bereme v potaz pouze vozidla zaparkovaná podle určitých kritérií.

Zjišťování funkčnosti

Hlášení senzoru

Jestliže se status místa po delší dobu nemění, komunikace se senzorem neprobíhá. Proto je vyžadováno, aby se senzory hlásily v pravidelném intervalu (hodina, každých 6 hodin, 12 hodin, nejdéle však každých 24 hodin) především z toho důvodu, abychom si ověřili, že jsou senzory v pořádku a nemají poruchu.

Přesnost a včasnost / zpoždění senzorů

Jsou doporučeny provádět alespoň dva testy, při nichž dochází k porovnání pozorování naživo s přísunem dat z parkovacích senzorů.

- **Přesnost dat**

Terénní pracovník na ulici zaznamenává, zda jsou místa prázdná či obsazená.

- **Včasnost dat**

Tento test zahrnuje poznámky o přesném čase, kdy vozidlo vjede na místo či z něj odjede. My se poté ujistíme, že jsme v rámci přísunu dat obdrželi událost, která tomuto pozorování odpovídá, a vypočteme, jak dlouho trvalo síti senzorů, než tuto událost zpracovala a zaslala ji do systému.

Z naší zkušenosti jsou výsledky testu včasnosti více vypovídajícím kritériem funkčnosti senzorů.

U testu přesnosti nemusí vždy získaná měření vypovídat o skutečné přesnosti detektorů. Při testu včasnosti se opravdu prověřují události, které jsou obdrženy.

Test včasnosti je ale časově mnohem náročnější, neboť pracovníci musí čekat u parkovacích míst na změnu stavu. Takto za hodinu realizujete 10 pozorování, kdežto při testu přesnosti dat jich může být až 100 ve stejném časovém úseku.

Požadavky na funkčnost

Investor nebo realizátor systému chytrého parkování by měl po správci/dodavateli systému vyžadovat splnění následujících funkčních standardů v dané oblasti, v opačném případě jsou správci/dodavateli naúčtovány finanční srážky:

- **Přesnost dat - hladina 92 procent (sazba nastavena dle provedených výzkumů.** Srážky se účtují následovně:

Přesnost dat ve zkušební či kontrolní oblasti	Procento účtovaných provozních nákladů za měsíc
69.99% a méně	0%
70% až 74.99%	60%
75% až 79,99%	70%
80% až 84,99%	80%
85% až 89,99%	90%
90% až 91,99%	95%
92% a více	100%

Tabulka 18: Možné diferenciacie podílu z tržeb mezi provozovatelem a správcem systému

- **Včasnost dat. 85 procent hlášení o událostech musí být doručeno do 60 sekund.** Srážky se účtují dle následujících faktorů:

Procento účtovaných provozních nákladů za měsíc			
	180 sekund	120 sekund	60 sekund
64.99% a méně hlášení o parkovacích událostech nedorazí včas	0%	0%	0%
65% až 74.99% parkovacích událostí dorazí do X	50%	60%	70%
75% až 79.99% parkovacích událostí dorazí do X	70%	75%	80%
80% až 84.99% parkovacích událostí dorazí do X	80%	85%	90%
85% a více parkovacích událostí dorazí do X	85%	95%	100%

Tabulka 19: Možné diferenciacie podílu z tržeb mezi provozovatelem a správcem systému

Měsíční platby za komunikaci se upraví tak, že se vynásobí faktory datové přesnosti a včasnosti. Příklady:

- Přesnost je 93% a 65% parkovacích událostí dorazí do 120 sekund: $100\% * 60\% = 60\%$ platba ($1 * 0,6 = 0,6$)
- Přesnost je 88,7% a 74% dat dorazí do 120 sekund, ale ne do 60 sekund: $90\% * 60\% = 60\%$ platba ($0,9 * 0,6 = 0,54$)
- Přesnost je 83% a 78% dat dorazí do 180 sekund, ale ne do 120 sekund: $80\% * 70\% = 56\%$ platba ($0,8 * 0,7 = 0,56$)
- Přesnost je 83% a 64,8% dat dorazí do 60 sekund: $80\% * 0\% = 0\%$ platba ($0,8 * 0 = 0$)

Hlášení senzorů

Je požadováno, aby se 98 procent senzorů ve všech oblastech hlásilo každý den. Výjimku mohou tvořit ta místa, která jsou potvrzena realizátorem, že tamější senzory byly odstraněny, poškozeny nebo jim byla jinak znemožněna komunikace.

Za každý den, kdy se ohlásí méně než 98 procent míst, by měly být správci/dodavateli sraženy měsíční platby za danou oblast (po zohlednění přesnosti/včasnosti).

Definice běžného parkování

Na všech druzích parkovacích míst musí vozidla:

- Mít čtyři kola

- Měřit méně než 9 metrů na délku
- Být zaparkovaná ve směru jízdy dopravního proudu v přilehlém jízdním pruhu

U souběžného parkování:

- Vozidla nesmí zasahovat na obrubník více než 15 cm.
- Vozidla nesmí být více než 60 cm od obrubníku
- Přední konec vozidla nesmí být:
 - Více než 90 cm před parkovacím sloupkem/čárou ohraničující parkovací místo
 - Více než 90 cm za parkovacím sloupkem/čárou ohraničující parkovací místo
 - Více než 60 cm za grafickým ohraničením na přední straně prostoru

Vzdálenosti by se měly určovat pouze dle grafického ohraničení jen v následujících případech:

- V dané lokalitě je jeden sloupek/jedna čára pro více parkovacích míst
- V dané lokalitě nejsou parkovací sloupky/čáry
- Sloupek/čára pro dané parkovací místo není umístěn/zakreslena v jeho přední části
- Vozidlo z vedlejšího místa nesmí proniknout více než 60 cm do definovaného prostoru

Na místech pro příčné a šikmé parkování:

- Vozidla nesmí stát na obrubníku
- Předek vozidla je do 60 cm od obrubníku
- Vozidla musí být zaparkována v rámci grafického ohraničení daného místa

Stav	Popis
VOLNO	Na parkovacím místě není žádný automobil a výše popsané podmínky pro běžné parkování jsou splněny.
OBSAZENO	Na parkovacím místě je zaparkován či stojí nastartovaný automobil a výše popsané podmínky pro běžné parkování jsou splněny.
JINÝ	Výše popsané podmínky pro běžné parkování nejsou splněny. Příklady zahrnují, ale neomezuji se na: <ul style="list-style-type: none"> • Objekty blokující místo • Motocykly či jiná jednostopá vozidla • Vozidla velkých rozměrů, přesahující ze sousedních míst • Vozidla orientovaná do protisměru • Tříkolky • Na místě je více než jedno vozidlo

Tabulka 20: Stav pozorované při testování přesnosti

Metodika testů přesnosti dat

1. Technik na obchůzce by měl zaznamenat stav na konkrétní lokalitě alespoň každé 2 hodiny a měl by zaznamenat alespoň 400 běžných parkovacích událostí a zaznamenávat, je-li místo volné či obsazené.
2. Jestliže místo nevyhovuje definici „běžného“ parkování, jak je definována v dohodě, pak by toto místo mělo být registrováno jako "jiné" a vyloučeno ze vzorku parkovacích míst.
3. Pozorování budou porovnána s daty, která jsou součástí aplikace systému chytrého parkování
4. Počet pozorování, jež souhlasí s přenesenými daty, se vydělí celkovým počtem běžných parkovacích událostí, čímž určíme přesnost. Pokud data souhlasí například ve 371 pozorováních, dostaneme přesnost 82%. Při výpočtu přesnosti budou začleněna pozorování ze všech parkovacích míst se senzory, které by měly zasílat data o parkování, a to bez ohledu na skutečnost, zda tato data byla z daného místa doručena do aplikace či zda zůstala nedoručena. Data z parkovacích senzorů, které selžou při doručování dat nebo které nejsou začleněny do systému, nebudou vynechána ani vyřazena. Všechna parkovací místa se senzorem, která jsou součástí terénního pozorování, ale která nevysílají data, budou považována za nepřesná.

Tyto chyby v poskytování dat ze všech parkovacích míst, na nichž jsou instalovány senzory, sníží výslednou přesnost.

Pravidla/praktické pokyny pro inspektory

- Zařízení pro časomíru by měla být synchronizována
- Nejprve je zapotřebí zaznamenat časový údaj (včetně sekund). Poté je nutné zaznamenat status a následně identifikátory stanoviště
- Status obsazenosti je možné zjišťovat zároveň až u pěti míst. Vždy je nutné začlenit jen tolik míst, kolik je možné zvládnout pozorovat s jistotou
- Ve formuláři pro sběr dat je doporučeno používat následující zkratky: "O" pro "VOLNO", "1" pro "OBSAZENO", "X" pro "Jiné"
- Jestliže se automobil v prostoru místa pohybuje, pozorování se nezaznamenává
- Je-li nejasné, zda vozidlo odpovídá definici běžného parkování, pozorování se nezaznamenává nebo je klasifikováno jako „Jiné“
- Celkový vzorek míst by měl být v dané oblasti prostorově rozložen pokud možno rovnoměrně
- Na tomtéž parkovacím místě je možné provést vícero pozorování, mezi pozorováními by mělo být však dodrženo alespoň hodinové přestávky.
- Cílem je zaznamenat 500 pozorování s hodnotou "Volno" či "Obsazeno". Není nutné zaznamenávat všechna pozorování s hodnotou „Jiné“
- Je vhodné ověřit, zda na všech místech, kde je prováděno pozorování, jsou nainstalovány

parkovací senzory. Senzory mohou překryty asfaltem či odstraněny, aniž by o tom byl investor informován

- Je vhodné zaznamenat, zda parkující vozidla mají zaplacen poplatek za parkování

Metodika testů včasnosti dat

Při přijímací zkoušce, jakož i při průběžném hodnocení funkčnosti, se včasnost dat zjišťuje pomocí následující metody:

1. Technik zpozoruje začátek či konec běžné parkovací události, jak je definovaná v této modifikaci, a zaznamená čas pozorování a druh události.

2. Rozlišují se dva druhy událostí.

a. Když automobil vjede na místo a zastaví, dojde k zaznamenání času. Takhle vznikne událost Session Start/Počátek relace (1).

b. Když automobil opustí místo a uvolní Senzor, dojde k zaznamenání času. Takhle vznikne událost Session End/Konec relace (0).

3. Jako minimum je považováno provedení 50 pozorování.

4. Pozorování v terénu budou poté porovnána s daty, přenesenými do systému Chytrého parkování.

5. Všechna pozorování budou přiřazena k odpovídajícím údajům o událostech, které systém chytrého parkování obdržel. Přiřazení pozorování k odpovídající události, doručené do systému, se řídí následujícími kroky:

a. U všech událostí, které nastaly 30 sekund před a 180 sekund po čase pozorování, bude vypočteno množství sekund mezi časovým záznamem v datech systému a časem pozorování.

b. U odpovídajících událostí z dat v systému bude co možná nejmenší rozdíl mezi časem události a časem pozorování v terénu.

c. U odpovídajících událostí se musí rovněž shodovat druh události, zjištěný při pozorování v terénu.

d. U odpovídajících událostí se zaznamená počet sekund, potřebných k obdržení hlášení o události.

6. Abychom dostali celkový výsledek testu včasnosti, vydělíme počet odpovídajících událostí, které dorazily do 63, 120, a 182 sekund, číslem 50 (celkový počet provedených pozorování). Pokud například odpovídající události ze 23 pozorování dorazí do systému do 63 sekund od času pozorování, 29 odpovídajících událostí dorazí do 120 sekund a 38 odpovídajících událostí dorazí do 182 sekund, odpovídají tomu výsledky 58%, 73% a 95%, což udává celkový výsledek testu o hodnotě 182 sekund.

7. Tyto testy mohou být prováděny v reálném čase.

8. Investor nebude vynechávat či vyřazovat pozorování, která:

- a. Byla pořízena na místech, jejichž parkovací Senzory selžou při poskytování dat
- b. Nemají odpovídající událost v datech.

9. Všechna parkovací místa, na nichž je Senzor a která jsou součástí pozorování v terénu, která ale nevysílají data, budou považována za nepřesná; nedodávají-li parkovací místa s instalovanými senzory data, sníží to hodnotu včasnosti.

Pravidla/praktické pokyny pro inspektory

- Zařízení pro časomíru by měla být synchronizována
- Při vykonávání pozorování je důležité se řídit následujícími pokyny:
 - o SS (1) – Automobil musí zcela zastavit na daném místě. Je zapotřebí si být jist, že řidič dokončil parkování a že vozidlo se již nebude přesouvat.
 - o SE (0) – Automobil zcela opustil prostor. Pokud by hranice prostoru byly zcela vyznačeny, nezůstala by v nich žádná část vozidla.
- Někdy se stane, že řidič místo opustí a další na něj vzápětí vjede. V těchto případech se zaznamenává pouze SE prvního řidiče (odjíždějícího) a ne SS druhého vozidla (přijíždějícího). Je důležitá snaha o omezení počtu těchto na sebe těsně navazujících parkovacích událostí, která jsou zaznamenána.
- Na jednom parkovacím místě je doporučeno vždy jen jedno terénní pozorování.
- Někteří řidiči mají s parkováním více zkušeností než jiní. Je doporučeno zaznamenávat pouze ta pozorování, kdy řidiči vjedou na místo či z něj vyjedou v průběhu několika málo sekund.
- Je doporučeno nezaznamenávat pozorování v případech, kdy řidiči na místo zajíždějí opakovaně, kdy při parkování přejedou přes několik míst nebo kdy jim správné zaparkování trvá příliš dlouho.
- Je-li nejasné, zda vozidlo odpovídá definici běžného parkování, nezaznamenávejte pozorování.
- Celkový vzorek míst by měl být v dané oblasti prostorově rozložen pokud možno rovnoměrně.
- Na tomtéž parkovacím místě je možné provést vícero pozorování, mezi pozorováními je však vhodné dodržet alespoň hodinovou přestávku.
- Jsou zaznamenávána pouze ta pozorování, u kterých je jistota času, kdy automobil přijel či odjel.
- Zaznamenávání pozorování může být časově náročné. Zvýšení pravděpodobnosti zachycení parkovací události je vhodné kombinovat aktivní vyhledávání při chůzi a čekání

Vzorový formulář pro sběr dat při testu včasnosti:

PROJEKT: PARKING Brno Roosveltova																						
Změny obsazenosti senzorů - záznam pro každou změnu (obsazení/uvolnění) senzoru																						
ID	datum: čas	Obsazenost detektoru č.																				poznámka
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	Výchozí stav:	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 stojí mimo senzor
1	9:54:20										1											automobil zastavil přesně na polovině mezi stáním č. 10 a 11
2	9:54:54										0											
3	9:57:04								0													
4	9:58:48							1														

Tabulka 21: Formulář pro zaznamenávání časových údajů

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.
Líšeňská 33a
636 00 Brno
www.cdv.cz

