

Škoda Auto Vysoká Škola o.p.s.

Studijní program: B0413P050002 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: Specializace Logistika a management kvality

Analýza vybraných dopravních toků ve společnosti Škoda Auto a.s. Bakalářská práce

Dominik Šulc

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.



Škoda Auto Vysoká škola

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel: **Dominik Šulc**
Studijní program: Ekonomika a management
Specializace: Logistika a management kvality

Název tématu: **Analýza vybraných dopravních toků ve společnosti Škoda Auto a.s.**

Cíl: Cílem práce je provést analýzu dopravní situace a dopravních toků ve společnosti Škoda Auto a.s. Práce zhodnotí dopravní infrastrukturu ve společnosti, definuje úzká místa a úseky s výskytem dopravních přestupků, porovná současné a budoucí možnosti vjezdu do areálu společnosti s ohledem na budoucnost udržitelné mobility. Budou představeny autonomní dopravní technologie a rizika spojená s dopravní bezpečností. Přínosem práce bude kalkulace a případné snížení nákladů souvisejících s provozem této nové technologie a využitím alternativních tras.

Rámcový obsah:

1. Obecný popis dopravní infrastruktury související se zadaným problémem. Možnosti využití autonomních technologií na pozemních komunikacích.
2. Představení společnosti Škoda Auto a.s., jejích dopravních toků a úzkých míst. Specifikace úseků s výskytem dopravních přestupků a evidence frekvence jejich výskytu.
3. Popis simulačního programu Tecnomatix Plant Simulation. Počítačová simulace dopravních toků.
4. Analýza současného stavu jednotlivých vjezdů do společnosti. Sestavení simulačního modelu a provedení příslušných experimentů.
5. Porovnání návrhů na efektivní provoz a jejich ekonomické zhodnocení.

Rozsah práce: 25 – 30 stran

Seznam odborné literatury:

1. BANGSOW, Steffen. *Tecnomatix plant simulation: modeling and programming by means of examples*. Springer Nature, 2020. 816 s. ISBN 978-3-030-41543-3.
2. BROWNE, Michael; WHITEING, Anthony; MCKINNON, Alan. *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics*. India: Kogan Page Publishers, 2015. 448 s. ISBN 978-0-7494-7185-9.
3. ČERNÝ, David; VACULÍN, Ondřej; ZÁMEČNÍK, Petr. *Automatizované řízení vozidel a autonomní doprava: technické a humanitní perspektivy*. 1. vyd. Academia, 2022. 389 s. ISBN 978-80-200-3358-1.
4. MERVART, Michal; RATHOUSKÝ, Bedřich; KOLÁŘ, Petr; NOVÁK, Radek. *City logistika*. 1. vyd. Wolters Kluwer, 2021. 115 s. ISBN 978-80-7676-212-1.
5. RICHARDS, Gwynne. *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*. Great Britain: Kogan Page, 2021. 536 s. ISBN 978-1-7896-6841-4.

Datum zadání bakalářské práce: prosinec 2022

Termín odevzdání bakalářské práce: prosinec 2023

L. S.

Elektronicky schváleno dne 29. 5. 2023

Domínik Šulc
Autor práce

Elektronicky schváleno dne 29. 5. 2023

doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.
Vedoucí práce

Elektronicky schváleno dne 29. 5. 2023

doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.
Garant studijní specializace

Elektronicky schváleno dne 29. 5. 2023

doc. Ing. Pavel Mertlík, CSc.
Rektor ŠAVŠ

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval(a) samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil(a) vnitřním předpisem Škoda Auto Vysoké Školy o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnicí Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom(a), že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne 18.08.2023

Dominik Šulc

Děkuji doc. Ing. Janu Fábrymu, Ph.D., za velmi precizní a odborné vedení mé bakalářské práce. Dále také děkuji kolegům ze společnosti Škoda Auto a.s. za poskytnutí dat a rad, která zásadním způsobem přispěla k dokončení této závěrečné práce.

Obsah

Úvod.....	9
1 Dopravní infrastruktura výrobního podniku	11
1.1 Autonomní technologie.....	11
1.2 Využití na pozemních komunikacích	12
1.3 Rizika autonomní technologie	14
2 Společnost Škoda Auto a.s.....	15
2.1 Vybrané dopravní toky společnosti Škoda Auto a.s.	16
2.2 Úzká místa	17
2.3 Regule vjezdů a vstupů, kontrolní mechanismus	17
2.4 Dopravní přestupky v areálu	19
3 Simulační software Tecnomatix Plant Simulation	21
3.1 Simulace procesů a knihovny prvků.....	21
3.1.1 Mobile Units.....	22
3.1.2 Knihovna objektů Material Flow	23
3.1.3 Information Flow	25
3.1.4 Tools a User Interface	25
3.2 Simtalk 2.0	26
4 Modelování dopravních toků ve společnosti Škoda Auto a.s.....	27
4.1 Základní model.....	28
4.1.1 Duplikované prvky a objekty	29
4.1.2 SimTalk 2.0 a Information Flow	31
4.2 Simulace provozu 8. brány.....	33
4.3 Simulace provozu 13. brány.....	35
4.4 Simulace navrhované 14. brány.....	36
4.5 Komplexní simulační model	38
4.6 Realizace simulačních experimentů.....	39
4.6.1 Výsledky experimentu BR8.....	40
4.6.2 Výsledky experimentu BR13.....	41
4.6.3 Výsledky experimentu BR14.....	42
4.6.4 Výsledky experimentu kombinace	43
4.7 Analýza návrhu provozu CAV	44

5	Zhodnocení výsledků	47
5.1	Porovnání jednotlivých vjezdů	47
5.2	Návrhy na zlepšení.....	48
5.3	Zhodnocení provozu CAV	49
	Závěr	50
	Seznam literatury	51
	Seznam obrázků a tabulek.....	54
	Seznam příloh	56

Seznam použitých zkratk a symbolů

ŠA	Škoda Auto a.s.
PKW	Personenkraftwagen, osobní automobil
LKW	Lastkraftwagen, nákladní vozidlo
VDZ	Vodorovné dopravní značení
SDZ	Svislé dopravní značení
RZ	Registrační značka
VW	Volkswagen
CI	Corporate Identity
MFA	Multifunkční průkaz
IZS	Integrovaný záchranný systém
PČR	Police České republiky
SO	Oddělení bezpečnosti a ochrany značky Škoda Auto a.s.
PS	Plant Simulation
ŠAVŠ	Škoda Auto Vysoká Škola
MB	Mladá Boleslav
MU	Mobile unit
MUs	Mobile units
FC	Flow control
USDOT	United States Department of Transportation
JIS	Just in Sequence
CAV	Connected and Autonomous Vehicles
AG	Aktiengesellschaft, akciová společnost
MF	Material Flow, tok materiálu
PKI	Public Key Infrastructure, digitální certifikát na MFA
IF	Information flow

MTTR	Mean Time To Repair
SKD	Škoda
EXT	Externí subjekt
SV	Služební vozidlo
BR8	8. brána
BR13	13. brána
BR14	14. brána
ŠPC	Škoda Parts Center Řepov
PBF	PlaceBuffer, objekt Material Flow
PrK	Před kontrolou
DPŘ	Dopravně provozní řád
SAE	Society of Automotive Engineers

Úvod

V mnoha industrializovaných zemích čelí dopravní inženýři, podniky a v neposlední řadě státní organizace specializované na dopravu mnoha náročným výzvám. Tyto výzvy se týkají dopravní bezpečnosti, trvalé udržitelnosti, enviromentálního dopadu silniční dopravy (Mannering a Washburn, 2020). Rovněž je stále větší pozornost věnována degradující dopravní infrastruktuře, která vzhledem k rostoucímu počtu všech vozidel nespĺňuje kapacitní nároky v souvislosti se silniční dopravou. Exponenciální růst počtu vozidel soukromých i firemních na stejné ploše lze spolehlivě sledovat z dat celostátního sčítání dopravy. Pro porovnání na velmi vytiženém úseku dálnice D10, konkrétně úseku u Mladé Boleslavi lze pozorovat nárůst mezi roky 2010 a 2020 o téměř 41 % z původního průměru 30 297 vozidel na 42 694. Tyto nedostatečné kapacity se projevují tvorbou nadměrného hluku, dopravních nehod, kolon a nadměrným opotřebením pozemních komunikací. Při plánování silniční dopravy a výstavby či zkapacitnění stávajících silnic je třeba toto všechno důkladně zanalyzovat a strategicky naplánovat. Také je důležité dbát aktuálních trendů v bezpečné dopravě jako je například konstrukce turbo-kruhových objezdů či nasazení chytrých světelných křižovatek, které snižují riziko tvorby úzkých míst. Dopravní infrastruktura se musí plánovat v první řadě s ohledem na budoucnost a životní prostředí.

Plánování dopravních toků je součástí i velkých nadnárodních výrobních podniků, jelikož některé výrobní areály dosahují rozměrů malých měst. Tyto společnosti orientují podstatnou část peněžních prostředků ke stále modernizaci a nepřetržitému vývoji nových technologií. V posledních letech také dochází k vývoji a implementaci autonomních vozidel pro průmyslové účely. Tyto technologie mají své výhody jako je možné šetření nákladů, ale také naráží na celou řadu závažných provozních a legislativních problémů.

Tato práce je rozdělena na dvě části, které jsou úzce propojené teorií i praxí. V první teoretické části bude popsána typická dopravní infrastruktura výrobního podniku, také dojde k návrhu implementace autonomních technologií na pozemní komunikace. Představena bude společnost Škoda Auto a.s. (dále také ŠA). Budou zhodnoceny vybrané dopravní toky, identifikována úzká místa a specifikované úseky s výskytem dopravních přestupků.

Druhá část práce je část praktická. Bude využit simulační program Tecnomatix Plant Simulation od společnosti Siemens. Za pomoci funkcí, metod, objektů a prvků tohoto softwaru bude sestaven simulační model, který se svými vlastnostmi bude co nejlépe napodobovat reálný provoz. Budou modelovány tři dopravní situace, kde se příslušnou analýzou prověří dopravní kapacita úzkých míst. Následně s využitím simulačních experimentů dojde k porovnání a návrhu řešení zlepšení provozu. Cílem práce je analýza vybraných dopravních toků mladoboleslavské automobilky Škoda Auto a. s.

1 Dopravní infrastruktura výrobního podniku

Dopravní infrastruktura ve výrobním podniku má mnoho společného s městským provozem. Účastní se ho jak chodci, tak řidiči osobních vozidel (dále také PKW), rovněž i řidiči nákladních vozidel (dále jen LKW). Platí stejný Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, dle kterého je využíváno vodorovného (dále jen VDZ) a svislého (dále jen SDZ) dopravního značení. Mervart (2022, str. 9) označil dopravu uvnitř areálu za „dopravu nezbytnou, tj. takovou, která v území má svůj začátek nebo konec, případně se odehrává pouze v rámci území“. Nejedná se o dopravu tranzitní, protože areálem nelze libovolně projíždět. Bezpečnost provozu na pozemních komunikacích uvnitř závodů je zajištěna v podobě regulovaných vjezdů za pomoci sofistikovaných informačních systémů v kombinaci s kamerovým systémem na čtení registračních značek (dále jen RZ), a se závorami. To znamená, že do areálu se dostanou pouze vozidla s povolením.

Správně fungující dopravní infrastruktura má velmi významný vliv na konkurenceschopnost, a to především v automobilovém průmyslu. Velkým rozdílem je maximální zaměření na efektivitu a plynulost výroby. Pro zajištění nepřerušeno chodu výrobního programu je nezbytné mít dostatečně odolnou dopravní infrastrukturu, v které se netvoří kolony vozidel a nedochází k dopravním nehodám, které by mohly způsobit škodu na majetku a lidském zdraví.

Dnešní výrobní závody kombinují několik způsobů dopravy zejména pro účely logistiky. Mezi nejvyužívanější patří lodní, železniční a silniční doprava. Neustálá modernizace, automatizace a digitalizace se zaměřuje na stále více využívané autonomní technologie. Browne (2015) identifikuje nedostatečné kapacity pro nákladní dopravu jako jeden z problémů silniční dopravy. Tyto problémy mohou zahrnovat příliš malou šířku silnice nebo omezení přístupu vozidel na základě příslušných zákonů a VDV a SDZ.

1.1 Autonomní technologie

Autonomní technologie v současné době naleznou uplatnění zejména ve výrobních závodech a různých průmyslových odvětvích a podnicích. Jsou využity pro účely interní logistiky nejen ve skladech, ale i v okolí výrobních linek, kde se specializují na manipulaci s materiálem, paletami, díly a ostatními komponenty. Tato technologie výrazně ovlivňuje efektivitu a bezpečnost výrobních procesů.

Vzhledově tyto autonomní pracovníky lze porovnat k menším tahačům, nízkým platformám či pohyblivým vidlicím, které reprezentují vysokozdvížné vozíky. Obr. 1 znázorňuje flotilu značky Asseco CEIT, která dodává tyto technologie do automobilky Škoda Auto a.s. již od roku 2011.



Zdroj: (Asseco CEIT, 2021)

Obr. 1 Flotila firmy Asseco CEIT

Tyto autonomní technologie jsou typicky vybaveny ultrazvukovými senzory, radary, vysílači, kamerami a lidary. „Lidar je zařízení, které využívá optické měření k určení existence a polohy objektů na základě intenzity přijatého záření odraženého od objektu“ (Černý, Vaculín a Zámečník, 2022, str. 170). Zkratka lidar označuje anglický výraz Light Detection and Ranging, tedy detekce a měření vzdálenosti pomocí světla. Naopak obecně známější radar, tedy Radio Detection And Ranging, v překladu rádiová detekce a určování vzdálenosti, funguje na principu rádiových vln. Stejně komponenty jsou využity i v případě autonomních vozidel.

1.2 Využití na pozemních komunikacích

Autonomní technologie a jejich následná implementace pro provoz na pozemních komunikacích jsou v současné době velmi frekventovaným tématem. V posledních letech vzrůstá počet automobilových společností, které orientují svůj vývoj směrem k připojeným autonomním vozidlům (dále také CAV) jako jsou například společnosti jako je Tesla, Rivian či General Motors. Implementace by měla být postupná, bezpečná, odpovědná, kooperativní a dobrá. Tím je myšleno, aby CAV přispěl k plnohodnotnému komplexnímu rozvoji života jednotlivce ale i společnosti (Etická

doporučení MD, 2020). Implementace CAV na pozemní komunikace přináší inovace a zlepšení v následujících několika oblastech:

- *Logistika* – obdobně jako uvnitř skladů a výrobních linek, lze CAV využít i v silničním provozu, a to v podobě přepravy materiálu či zboží mezi jednotlivými sklady napříč celým areálem.
- *Parkoviště* – již v roce 2019 bylo do provozu na mezinárodní letiště v Lyonu nasazeno přes deset kusů autonomních přepravníků. Tyto přepravníky zajišťují zaparkování a následné vyparkování přistavených vozů bez nutnosti tvorby uliček pro otevření dveří či kufru. Tento způsob parkování přináší až 50% úsporu místa, čímž vzniká ještě více parkovacích míst, než je původní kapacita. Při porovnání s lidským faktorem dochází k značné úspoře parkovacích míst a času.
- *Osobní automobily* – téměř každé moderní osobní auto obsahuje určité prvky automatizace. Mezi ty základní lze zařadit adaptivní tempomat či asistent na rozpoznávání dopravních značek nebo nouzové brždění. Society of Automotive Engineers (dále jen SAE), definuje 5 stupňů řízení. Stupeň jedna definuje základní podporu řidiče asistenčními systémy. Naopak úroveň pět nevyžaduje ani nepotřebuje žádné zásahy řidiče a zvládá všechny situace. Jednotlivé úrovně jsou znázorněny na Obr. 2. Není počítáno ani s nutností volantu. Pro porovnání proslulý autopilot vozidel Tesla, který umožňuje autonomní řízení dosahuje úrovně dvě. Škoda Auto (2018) definuje úroveň dvě jako kombinaci funkce brždění, akcelerace a zatáčení. V případě nutnosti musí řidič být připraven převzít řízení.



Zdroj: (ML Truck, 2023)

Obr. 2 SAE – úrovně automatizace

1.3 Rizika autonomní technologie

Autonomní technologie s sebou nese celou řadu výhod, ale jako u každé nové technologie je třeba počítat i s riziky a nevýhodami.

- *Náklady* – jedním ze současných problémů této technologie jsou vysoké pořizovací náklady. Mezi ty patří samozřejmě samotné zakoupení stroje, ale i servis či dodatečná úprava infrastruktury a informačních systémů spojených s provozem této technologie.
- *Regulace právní odpovědnosti* – problematika provozu připojených autonomních vozidel se stala velmi frekventovanou právní záležitostí, a to od prvotního uvedení do provozu až po samotný provoz na pozemních komunikacích. S tímto provozem je spjata celá řada legislativních problémů od ochrany soukromí až po odpovědnost za škodu či újmu za zdraví způsobenou provozem této technologie (Černý, Vaculín a Zámečník, 2022). Právní úprava je v případě provozu této technologie na pozemních komunikacích velmi omezená a odlišná v jednotlivých členských státech EU.
- *Kybernetické bezpečnostní riziko* – CAV jsou náchylnými vůči kybernetickému útoku z důvodu připojení na síť či celou infrastrukturu. V případě, že je informační systém příliš jednoduchý nebo nedostatečně zabezpečený, může dojít k využití zranitelných částí ve prospěch hackerů. Následně může dojít k neoprávněnému přístupu do sítě, kde hrozí manipulace s daty, což může mít za následek omezení či úplné odstavení těchto vozidel.
- *Dopravní paralýza* – existuje také fyzické riziko potenciálního útoku na energetické a počítačové sítě, které by při úvaze velkého počtu autonomních vozidel mohly způsobit úplnou dopravní paralýzu (*Etická doporučení MD*, 2020). Mohou vznikat nadměrné dopravní kolony zejména v částech měst, kde není možné rozšiřovat či upravovat pozemní komunikace. Mezi ty spadají například historické části, náměstí či úzké uličky.
- *Ztráta pracovních míst* – potenciální ztráta pracovních míst, jelikož řidiči nákladních vozidel a městské hromadné dopravy budou nahrazeni autonomními prostředky.

2 Společnost Škoda Auto a.s.

Škoda Auto je český automobilový výrobce s pestrou historií a významným vlivem na českou ekonomiku a celosvětový automobilový průmysl. Firma byla založena v roce 1895 dvojicí Václav Laurin a Václav Klement a z počátku byla zaměřena pouze na výrobu cyklistických kol. Tehdejším názvem byla akciová společnost Laurin & Klement. O čtyři roky později, v roce 1899 byl vyroben první motocykl a v roce 1905 vznikl první model automobilu.

V roce 1925 se poprvé objevil název Škoda, a to díky spojení s tehdejšími Škodovými závody v Plzni. Výroba automobilů plynule pokračovala i během období německé okupace a druhé světové války, v té době se orientovala výroba jen na potřeby Německa. Krátce po ukončení války došlo k znárodnění firmy a mezitím vzniklo několik historických modelů jako například Škoda 1000 MB, Škoda 110 R, tehdejší Škoda Rapid. Po sametové revoluci v březnu roku 1991 se společnost Škoda spojila s německým koncernem Volkswagen (dále jen VW), s kterým je spojená dodnes. Během dalších let vznikaly modely jako je Škoda Felicia, Octavia či Superb. V roce 2006 došlo k rozšíření modelové řady o vozy SUV. Představeny byly modely Škoda Yeti a Škoda Roomster, které byly velmi oblíbené mezi zákazníky. V několika posledních letech došlo k významným změnám, a to konkrétně v oblasti elektrifikace a digitalizace. Tato změna ovlivnila všechny automobilové výrobce, kteří obrátili své zaměření od pohonů konvenčních na pohony čistě elektrické. Jako reakce na novou budoucnost byla představena v roce 2019 dvojice nových modelů, a to Škoda Citigo e iV a Škoda Superb iV s hybridním pohonem. O rok později bylo na trh uvedeno čistě elektrické SUV Škoda Enyaq.

Dnes představuje společnost ŠA prvotního výrobce automobilů v České republice. Jedná se taktéž o největší českou firmu s tržbami přesahujícími 400 miliard Kč s téměř 700 000 vyrobenými vozy v roce 2022. Úspěchy slaví i v oblasti personalistiky, jelikož se jedná o nejpočetnějšího zaměstnavatele, který zaměstnává skoro 40 000 zaměstnanců. Navíc se jedná o největšího českého exportéra. Svá vozidla, díly a příslušenství v současnosti vyrábí v deseti závodech, a to ve čtyřech zemích světa. Společnost aktuálně nabízí širokou škálu druhů a modelů vozidel v širokých paletách barev, agregátů a tvarů karoserií. V roce 2023 došlo k podstatným grafickým a marketingovým změnám, a to vzhledem k nové éře

zaměřené na ekologii a elektromobily. Došlo k transformaci Corporate Identity (dále jen CI), kdy klasickou a dlouhodobě využívanou zelenou Rallye barvu v logu a písmu nahradila moderní kombinace smaragdové a elektrické zelené. Tradiční okřídlený šíp byl nahrazen slovem ŠKODA. Na Obr. 3 je vyobrazeno porovnání všech log firmy dvacátého prvního století. Dle výzkumu Škoda Auto (2023) je prokázáno, že typografický slovní znak je snáze rozpoznatelný a identifikovatelný oproti logu s okřídleným šípem. Všechny tyto kroky jsou součástí strategie Next Level – Škoda Strategy 2030, jejíž cílem je, aby firma byla ještě silnější. Tato nová strategie klade ještě větší důraz na digitalizaci, diverzitu a životní prostředí.



Zdroj: (Škoda Auto, 2023)

Obr. 3 Loga 21. století společnosti Škoda Auto a.s.

2.1 Vybrané dopravní toky společnosti Škoda Auto a.s.

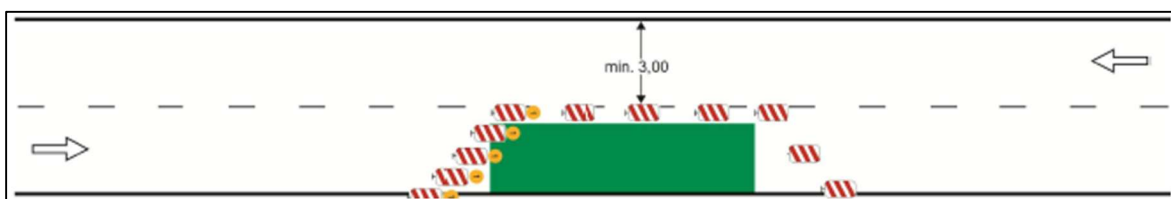
Společnost ŠA má v České republice několik svých výrobních a vývojových areálů. Mezi ty nejvýznamnější patří zejména:

- Výrobní závod Mladá Boleslav.
- Výrobní závod Kvasiny.
- Výrobní závod Vrchlabí.
- Technologický vývoj Česana.
- Škoda Parts Center (dále také ŠPC Řepov).

Ve všech těchto areálech dochází k dopravním kongescím zejména v době střídání směn. Toto velmi ovlivňuje i dopravu v okolí areálu. Dochází tak k tvorbě úzkých míst zejména v místech vjezdu a výjezdu z areálu, ale i na frekventovaných křižovatkách či v jednotlivých řadách přilehlých parkovišť a parkovacích domů.

2.2 Úzká místa

Úzká místa se nacházejí ve všech logistických provozech, výrobních programech počítačových sítích a v neposlední řadě ve všech typech dopravy na světě. Často se také objevuje anglický termín pro úzké místo – bottleneck. V případě této práce se jedná o konkrétní situace, kde dochází k tvorbě úzkých míst na pozemních komunikacích. To lze popsat jako časové omezení změny organizace provozu na komunikaci, jedná se například o uzavření jednoho nebo více jízdnic pruhů, zmenšení šířky jízdnic pruhu nebo zúžení vozovky (Technické podmínky, 2015). Obr. 4 znázorňuje správné zúžení vozovky dle platných technických podmínek. Úzká místa lze také kategorizovat na *pravidelná* (předvídatelná a rutinní), např. každodenní ranní dopravní špičky nebo na *náhodná*, která jsou způsobena zcela nepředvídatelnými okolnostmi (Traffic Bottlenecks, 2016), která mohou vytvářet sami řidiči, a to pomalou jízdou či způsobením dopravní nehody. Lidskou chybou rovněž lze nevhodně zvolit dopravní značení či špatným intervalem nastavit světelnou křižovatku. V neposlední řadě tato místa mohou být způsobena také přirozeně přírodními faktory, jako jsou kopce nebo terény, v kterých není možné stavět rovně, ale pouze ve formě oblouků a zatáček. Dle reportu od Texaského dopravního institutu způsobila úzká místa na komunikacích kolony, které vedly v největších 85 městských oblastech v Spojených státech amerických k celkovému počtu 5,5 miliardy hodin zpoždění pro všechny účastníky silničního provozu. Rovněž došlo k nárůstu spotřeby paliva o téměř jedenáct milionů litrů, což představovalo náklady ve výši 121 miliard dolarů (General Guidelines, 2012). Každodenní celosvětové náklady způsobené úzkými místy jsou nevyčíslitelné.



Zdroj: (Technické podmínky, 2015)

Obr. 4 Schéma C/4, zúžení vozovky na jeden jízdnic pruh

2.3 Regulace vjezdů a vstupů, kontrolní mechanismus

Informační systémy, data a jejich bezpečnost jsou v dnešní době klíčovými faktory (Richards, 2021). A tak je i doprava ve ŠA regulována za pomoci bezpečnostních

informačních systémů, silničních závor a dopravního značení. Do areálu jsou vpuštěna pouze vozidla s příslušným oprávněním. Mezi vozidla s oprávněním patří především služební vozidla (dále také SV) ŠA, a to v podobě LKW a PKW, ale také externí partneři a dodavatelé. Každý řidič, který prošel příslušným schvalováním a má povolen vjezd do ŠA, obdrží tzv. multifunkční průkaz osoby (dále jen MFA). MFA karta slouží jako identifikační doklad. Opravňuje zaměstnance ŠA, žáky a studenty škol společnosti, externí subjekty a návštěvy ke vstupu či vjezdu, ale také k jednoznačné identifikaci osob v aplikacích (např. elektronické docházce, stravovacím systému, čerpání pohonných hmot, kopírování). V některých případech obsahuje aktivovaný Public Key Infrastructure (dále jen PKI) čip certifikáty pro přístup do výpočetních systémů, datové sítě automobilky a šifrování e-mailů (Škoda Mobil, 2020). MFA průkaz je rovněž nepřenosný a zneužití zaměstnancem může být považováno za porušení pracovně-právních povinností, v případě zneužití externím subjektem hrozí zákaz vstupu do společnosti.

Hlavní vjezdové brány do areálu společnosti jsou přísně rozděleny. Jedná se zejména o 8. bránu nacházející se na ulici tř. Václava Klementa, naproti administrativnímu centru Škoda. Tato brána je určena pro průjezd PKW, a to jak externích subjektů, tak interních zaměstnanců ŠA, které mají přidělené SV. Průjezd LKW 8. bránou (dále také BR8) je přísně zakázán, a ani není možný, protože do centra Mladé Boleslavi, je zakázán vjezd LKW příslušným dopravním značením. Naopak 13. brána (dále také BR13) je určena výhradně pro LKW a SV ŠA spadající pod management. Brána je i vhodně umístěna na průmyslové zóně v Kosmonosech nedaleko sjezdu z dálnice D10. Do praktické části této práce bude zahrnut návrh další brány č. 14 (dále také BR14), která se bude nacházet za přemostěním přes D10.

Při každém vjezdu i výjezdu je provedena kontrola v podobě přiložení MFA karty na umístěný snímač, následuje synchronizace MFA a RZ, která je rozpoznána za pomoci kamerového systému. V případě, že kamerový systém selže například kvůli špatnému počasí, je řidič nucen přiložit i MFA kartu vozidla, kterou je povinen mít u sebe. Celá kontrola v průměru zabere 5 – 30 sekund. Čas kontroly v PKW závisí na počtu osob ve vozidle, jelikož každý ve vozidle je nucen MFA průkaz předložit. Správné pochopení procesu kontroly je klíčové k správnému nastavení simulačního modelu kontroly v praktické části práce. Výjimku z celého kontrolního mechanismu

mají jednoznačně všechna vozidla IZS za využití zvláštního výstražného zařízení, kterým je v případě nutnosti vytyčen určený jízdní pruh pro co nejplynulejší a nejrychlejší průjezd danou bránou.

2.4 Dopravní přestupky v areálu

Dopravní přestupky mají velký vliv na plynulost a bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. Lze je definovat jako „společensky škodlivý protiprávní čin, který je v zákoně za přešupek výslovně označen a který vykazuje znaky stanovené zákonem, nejde-li o trestný čin“ (Průvodce zákonem č. 250/2016 Sb., 2022, str. 15). Konkrétně dopravní přestupky se řadí mezi nejčastěji páchané druhy přestupků. Represi těchto přestupků má v gesci Policie České republiky (dále jen PČR) a její specializované útvary jako je dálniční a silniční policie či dopravní inspektorát. Nutno podotknout, že dopravní přestupky řeší dále i městská policie či její alternativa, tedy obecní policie. PČR již dlouhodobě spolupracuje se ŠA, a to zejména v rámci tendrů ohledně rozšiřování flotil o vozidla značky Škoda. Firma Škoda Auto (2023) od roku 1993 bylo českým policistům a ministerstvu vnitra dodáno více než 23 tisíc vozidel Škoda, a to v různých provedeních a technických konfiguracích, ať už šlo o vozidla upravená dle specifických požadavků policejních sborů nebo o standardní sériovou výrobu.

V areálu ŠA má na starost evidenci a represi dopravních přestupků útvar, který se nazývá Bezpečnost a ochrana společnosti (dále jen SO). Doprava je uvnitř areálu regulována příslušnými zákony a interními normami. Jäger a Beneš (2012) v normě Dopravně provozní řád (dále jen DPŘ) s interním označením ON.1.0.45. určují pravidla pro provoz v oblastech spojených s vnitropodnikovou dopravou na venkovních pozemních komunikacích v rámci areálu společnosti a také pro vnitřní komunikace v halách. Definuje práva a povinnosti osob účastnících se provozu na vnitropodnikových venkovních pozemních komunikacích v areálu společnosti, a rovněž upravuje organizaci a řízení provozu na těchto komunikacích s jasným vymezením působnosti a pravomocí útvaru SO. Dopravní přestupky způsobené v areálu mohou mít vážný dopad na lidské zdraví ale i na chod společnosti. Pokud by například došlo k vážným dopravním nehodám u několika z hlavních vjezdových bran do areálu, značně by to ovlivnilo či dokonce zastavilo výrobu. Přestupky jsou evidované do příslušných kategorií, jako je překročení maximální dovolené rychlosti, která je v areálu stanovená dle DPŘ na 40 km/h. V určitých částech areálu

je tato maximální rychlost upravena dokonce na 30 či 20 km/h. Další kategorií je špatné parkování či zákaz vjezdu. Evidence a frekvence těchto přestupků v období od ledna do listopadu roku 2022 a 2023 je znázorněna v Tab. 1.

Tab. 1 Porovnání počtu dopravních přestupků mezi roky 2022 a 2023

Dopravní přestupky	2022 1-10		2023 1-10	
	SKD	EXT	SKD	EXT
Parkování	59	58	36	70
Rychlost do 20 km/h	55	66	30	22
Rychlost do 30 km/h	7	7	4	1
Ostatní	3	0	1	0

Řádek parkování lze definovat jako nesprávné parkování na vyhrazeném parkovacím místě s jiným vozidlem, než pro které je vyhrazeno či nesprávné parkování mimo místo vyznačené jako parkoviště. Rychlost do 20 km/h se odkazuje na překročení maximální dovolené rychlosti o více než 10 km/h a méně než 20 km/h. Rychlost 30 km/h naopak o více než 20 km/h a méně než 30 km/h. Ostatní shrnuje ojedinělé přestupky jako je zákaz vjezdu, jízda v protisměru či nedovolené předjíždění. Z Tab. 1 lze sledovat meziroční pokles počtu překročení maximální dovolené rychlosti. Důvodem může být zintenzivnění dopravně bezpečnostních akcí a kontrol v roce 2022. U EXT došlo k nárůstu počtu přestupků týkajících se špatně zaparkovaných vozidel. To může být způsobeno větším počtem externích firem v areálu.

Přestupky spojené s překročením maximální povolené rychlosti se nejčastěji vyskytují v prostoru vjezdu 8. brány. Pravděpodobnou příčinou je odlišná maximální povolená rychlost 40 km/h, nikoli 50 km/h. Nesprávné parkování se vyskytuje téměř v celém areálu, avšak nejfrekventovanější případy se objevují v bezprostředním okolí výrobních hal a jídelen.

3 Simulační software Tecnomatix Plant Simulation

V roce 1986 německá Fraunhoferova společnost pro rozvoj aplikovaného výzkumu vyvinula software, který je základem dnešního Tecnomatix Plant Simulation (dále také PS). Tehdy se jmenoval SIMPLE Mac a byl vytvořen pouze pro zařízení s operačním systémem Macintosh od společnosti americké společnosti Apple. Během let došlo ještě k několika změnám majitelů a názvů softwaru až v roce 2005 byla firma přejmenována na již známý název Tecnomatix Plant Simulation, o tři roky později tehdejšího vlastníka UGS Corporation koupil německý gigant Siemens Aktiengesellschaft (dále jen AG), který je jedním z největších výrobců elektroniky na světě. V současnosti je PS využíván převážně v automobilovém a strojírenském průmyslu. Mezi známé uživatele patří například koncern Volkswagen AG, americký výrobce elektro automobilů Tesla Inc., nebo školní instituce jako je Škoda Auto Vysoká Škola (dále jen ŠAVŠ). „Tecnomatix Plant Simulation uživateli nepodsouvá řešení, ale umožňuje provádět a testovat různé varianty řešení a odpovídá na otázky typu ‘Co se stane, když...’ Zákazníkovi vloží do rukou argumenty, podklady a čísla pro uskutečnění kvalifikovaných rozhodnutí. Tím dokáže Plant Simulation šetřit čas i peníze.“ (AXIOM TECH, 2023) Plant Simulation lze zobrazit v 2D i 3D režimu. Režim 2D je vhodnější pro vytváření modelů a simulací. Model 3D je naopak vhodnější pro grafické zobrazení a celkovou vizualizaci modelu či pro prezentační účely.

3.1 Simulace procesů a knihovny prvků

Za pomoci softwarové simulace procesů lze simulovat vše od výrobních procesů, po dopravní sítě či prostou obsazenost čerpací stanice. Simulaci lze definovat jako reprodukci reálného systému a všech dynamických procesů modelu. Cílem simulace je dosáhnout přenositelných poznatků pro reálný systém. V širším pojetí simulace znamená přípravu, implementaci a vyhodnocování konkrétních experimentů za pomoci simulačního modelu (Bangsow, 2020). Simulace lze využít ve všech stádiích provozu, nejen při plánování a následném rozhodování, ale i během provozu. Výstupem simulací může být například:

- Identifikace úzkých míst.
- Porovnání minulého, současného a budoucího stavu systému.

- Odhalení skrytých potenciálů.

V PS jsou k modelování využívány *Class Library* čili knihovny tříd, které obsahují všechny objekty a prvky které jsou využity k samotné tvorbě modelu. Jednou z knihoven je například knihovna *Material Flow* (dále také *MF*).

Tecnomatix Plant Simulation obsahuje rozsáhlé množství objektů, prvků a skupin. Pro účely této práce budou ale představeny a popsány jen ty části, které jsou přímo relevantní cíli této práce a tvorbě příslušných simulačních modelů.

3.1.1 Mobile Units

Mobile Units, (dále také *MU* nebo *MUs*) představují aktivní a pohyblivé prvky v PS. Jsou součástí knihovny *Material Flow*. Tato skupina je využívána zejména k simulaci toku materiálu, výrobků, polotovarů, zboží, palet či vozidel. *MUs* jsou klíčové pro simulace výrobního i nevýrobního procesu. Jednotlivé *MU* lze libovolně přejmenovat pro potřeby simulace a lze upravit jejich vlastnosti či charakteristiky, tzv. *Attributes*. Mezi podstatné vlastnosti patří rozměr neboli *MU Size*. Skládá se z délky, šířky a výšky. Méně podstatnými vlastnostmi je například barva, která slouží výhradně k přehlednějšímu grafickému zobrazení, ale nijak neovlivňuje průběh simulace.

Třída *Mobile Units* obsahuje tři aktivní prvky a jsou jimi:

- *Part* – jedná se v základní fázi o nejmenší prvek. Lze jej vnímat jako díl. Objekt *Part* by ve ŠA představoval například poloosu. V PS *part* může být vytvořen a přemísťován, ale nemůže vytvářet ani přemísťovat ostatní *MUs*. Mezi vlastnosti objektu *Part* patří jeho délka, šířka a výška.
- *Container* – představuje ve výrobních a dopravních systémech paletu, krabici, či přepravní box. Hlavní využitím je přemístění *MU Part*.
- *Transporter* – představuje vysokozdvizný vozík, kamion nebo jakékoliv jiné přepravní vozidlo. *Transporter* může přemísťovat objekty typu *Container* nebo *Part*. Pro účely této práce *Transporter* bude představovat PKW. Jedná se o prvek s rozsáhlejšími možnostmi konfigurace, co se vlastností týče. Mezi klíčové vlastnosti patří již zmíněné rozměry, ale také rychlost či destinace. V případě alternativního pohonu na elektrickou energii lze také definovat

spotřebu, čas nabíjení a kapacitu baterie. Jako jediný pohyblivý prvek může přímo využívat komunikace typu *Track* a *TwoWay Track*.

3.1.2 Knihovna objektů *Material Flow*

Knihovna *Material Flow* neboli materiálový tok představují klíčové prvky naprosté většiny simulačních modelů. Skládá se z aktivních a pasivních prvků, které jsou využívány pro modelování a ovládání simulace. Mezi nejzákladnější prvky modelů patří:

- *Station* – slouží k modelování výrobních procesů, představuje konkrétní pracoviště pro zpracování dílů. Objekt *Station* přijímá *MU* od svého předchůdce, kterým může být *Source* či jiný objekt *Station*, následně jej zpracuje a *MU* následně objekt *Station* opustí. Kapacita tohoto prvku je omezena, a pokud je výrobní proces nakonfigurován nevhodně, tak již pouhým pohledem je možné identifikovat úzké místo. Pro účely modelování dopravních toků představuje *Station* kontrolní stanoviště – vjezd.
- *EventController* – zajišťuje koordinaci a synchronizaci všech událostí, které se odehrávají během probíhající simulace (Siemens, 2019). Pro účely této práce bude využito časových funkcí, mezi které patří reset, spuštění a zastavení simulace, zrychlené přehrávání a přehrávání simulace v jednotlivých krocích. Lze nastavit libovolnou délku simulace od několika minut či stovky dnů.
- *Source* a *Drain* – konfigurovatelné prvky *Source* a *Drain* tvoří základní systémové hranice modelu. *Source* představuje počáteční zdroj zvolených *MUs*, naopak *Drain* všechny *MUs* odebírá a ukončuje tak jejich existenci v modelu. Tím zabraňuje nadměrnému hromadění jednotek a je možné měření propustnosti celého systému (Bangsow, 2020). Lze tak například měřit kapacitu výrobní linky nebo propustnost křižovatek.
- *Track* a *TwoWay Track* – pro vytvoření pozemních komunikací v simulačních modelech je využito pasivních prvků *Track* a *TwoWay Track*. *Track* představuje jednosměrnou komunikaci, *TwoWay Track* naopak komunikaci obousměrnou. Směr jízdy je znázorněn šipkou obdobně jako v případě *Connectoru*. Při konfiguraci komunikací je možné nastavit jejich šířku a délku, což umožňuje se přizpůsobit konkrétním potřebám simulace.

Kapacita je standartně nastavena na -1, což představuje neomezenou kapacitu.

- *Connector* – prvek pro nastavení materiálového toku, vytváří spojení mezi dvěma objekty ve stejném modelu, nelze ho využívat samostatně. Při vytvoření znázorňuje směr toku šipkou. Prvek je nepostradatelný při tvorbě každého modelu.
- *FlowControl* – (dále také *FC*) je prvek, slouží větvení materiálového toku, tedy např. k rozřazení *MU* na různá pracoviště, například podle toho, zda jsou plně obsazena, podle typu *MU* apod. Alternativně lze *FlowControl* konfigurovat na zcela náhodné chování. Tato nastavení jsou odlišná na vstupu a výstupu a jsou označena jako *Entry Strategy* a *Exit Strategy*. Při správném nakonfigurování lze zvýšit propustnost a plynulost celého systému. V případě potřeby je možné kombinovat několik objektů *FlowControl* za sebou. (Bangsow, 2020). *FlowControl* je vždy umístěn mezi dva či více objektů.
- *PlaceBuffer* – objekt *PlaceBuffer* (dále tak *PBF*) slouží jako zásobník. V případě výrobního programu ho lze vhodně umístit před pracoviště. V okamžiku, kdy se pracoviště uvolní, zásobník vyšle další prvek, který pracoviště obsadí. Tím vznikají minimální prostoje. *PBF* může mít libovolně definovaný čas zpracování, nebo žádný. Obdobně to platí pro kapacitu prvku *PlaceBuffer*.

Failures

Failures lze definovat jako poruchy, selhání či nedostupnost pracoviště. Pro to, aby simulace odpovídala, co nejvíce reálnému provozu, je nutné, aby obsahovala i události, které naruší plynulý tok materiálu. Tyto události lze umístit časově přesně ve stanoveném intervalu, nebo náhodně (Bangsow, 2020). Pokud se tato situace vyskytne, lze také definovat délku časového intervalu selhání a *Mean Time To Repair* (dále jen *MTTR*), neboli průměrný čas potřebný na opravu. Standartně se nastavuje dostupnost pracoviště v procentech. To znamená, že pokud se nastaví na 99 %, tak bude pracoviště jen 1 % času ve statusu selhání a při nastavení *MTTR* na 30 sekund bude oprava trvat v průměru tuto dobu. Je možné vytvářet více

Failures s jiným pojmenováním a libovolnými časovými vlastnostmi. *Failures* se týkají především *MF* a *MU*. Ukázka parametrů nastavení *Failures* je znázorněna v Tab. 2 Červeně označený řádek naznačuje aktuálně probíhající selhání.

Tab. 2 Failures

Active	Name	Availability	MTTR	Mode
<input checked="" type="checkbox"/>	FailureRZ	98.70%	0:30	SimulationTime
<input checked="" type="checkbox"/>	FailureOstatní	99.00%	0:30	SimulationTime

3.1.3 Information Flow

Skupina prvků *Information Flow* (dále také *IF*) slouží k výměně a uchování informací a dat uvnitř modelu. Tato knihovna je často využívána v rámci programovacího jazyka Simtalk. Mezi objekty využívané pro potřeby této práce lze zahrnout:

- *DataTable* – představuje jednoduchou tabulku. Mění svoji strukturu po naformátování skrze objekty *Material Flow*. Může obsahovat frekvence či počty výskytu *MU*, časy zpracování či může přehledně zapisovat výsledky získané na základě simulačního běhu. Správně vyplněná a naformátovaná tabulka má velký význam na správné fungování celého modelu.
- *Method* – neboli metoda slouží k programování za pomoci programovacího jazyku SimTalk. Do metody lze zahrnout ostatní objekty této skupiny pro zajištění správné funkce pokročilejších modelů.
- *Variable* – proměnná, je využita objekty a metodami. Proměnná může reprezentovat prvek, který uchovává měnící se množství či počet. Lze ji však nastavit i jako konstantu.

3.1.4 Tools a User Interface

Jedná se o málo početné skupiny obsahující jen zlomek objektů. Pro správné pochopení a modelování dopravních toků jsou však klíčové zejména objekty:

- *ExperimentManager* – velmi podstatný objekt každé pokročilé simulace. Využívá se až po úplném dokončení simulačního modelu. Základní ovládání je spuštění, zastavení a reset experimentu. Nejprve je nutné definovat vstupní hodnoty parametrů a výstupní veličiny. Vložené vstupní hodnoty

parametrů slouží k definování experimentů. Lze si je představit např. jako kapacitu zásobníků, čas zpracování dílů apod. Výstupní veličinou pak může být např. objem produkce či doba čekání vozidla na odbavení. V rámci experimentů jsou pak nastavovány různé hodnoty vstupních parametrů a sledovány hodnoty výstupních veličin. Cílem je zjistit, které nastavení hodnot parametrů přináší nejlepší výsledek.

- *Comment* – objekt komentář zobrazuje vysvětlující poznámky k simulačnímu modelu, které pomáhají lépe porozumět záměrům, jak má model vypadat a fungovat (Siemens, 2019). Při tvorbě složitějších modelů je může být klíčovým objektem pro správné pochopení simulace.

3.2 Simtalk 2.0

Při vytváření modelu je nutné dbát na to, aby model, co nejvíce odpovídal reálnému systému a obsahoval všechny podstatné rysy a vlastnosti. Základní funkce a chování objektů PS často nejsou v praxi dostatečně složité pro vytvoření realistických modelů (Bangsow, 2020). Při využití základních prvků a objektů je možné vytvořit simulační model, který by napodoboval jednoduchý systém skutečného provozu, ale při pokročilejším modelování mohou vzniknout určitá omezení, které jsou klíčová pro správné fungování modelu.

Při vytváření pokročilejších modelů lze využít programovací jazyk SimTalk. Implementace programování do modelu umožní uživateli definovat určitá chování a podstatnou logiku, která je nezbytná pro správné fungování modelu. Programovací jazyk SimTalk je úzce spojen se skupinou *IF*. Aktuálně se v softwaru PS vyskytují dvě verze tohoto programovacího jazyka a to SimTalk 1.0 a 2.0. Verze 2.0 je rychlejší a méně náchylná na tvorbu chyb. Porovnání obou verzí v metodě jednoduchého pojmenování je vyobrazeno na Obr. 5. Je patrné, že verze 1.0 vyžaduje klíčová slova *is*, *do* a *end*. Novější verze naopak nikoliv.

SimTalk 2.0	SimTalk 1.0
<code>MyStation.setName("MyStation")</code>	<code>is do myStation.setName("Mystation"); end</code>

Obr. 5 Základní rozdíl mezi SimTalk 1.0 a 2.0

4 Modelování dopravních toků ve společnosti Škoda Auto a.s.

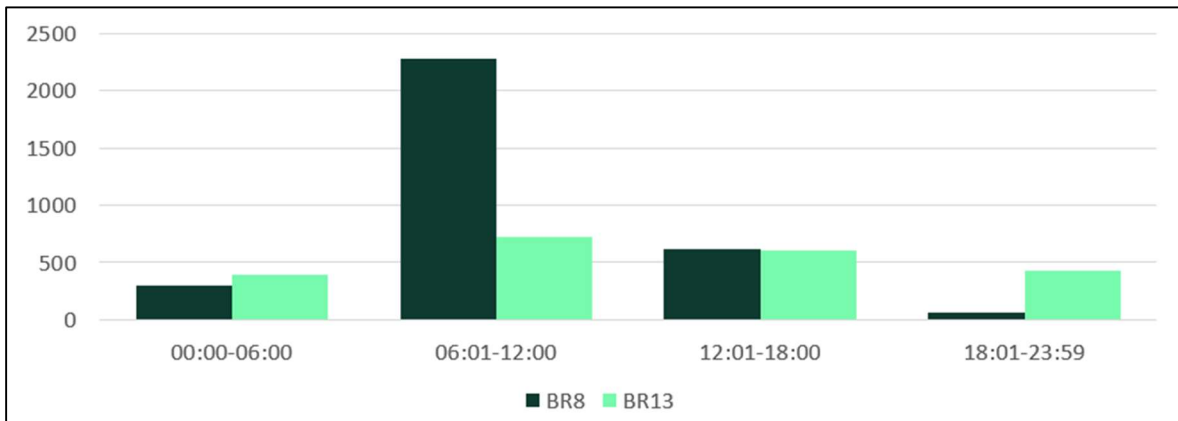
Hlavním cílem praktické části této práce je modelovat současný stav jednotlivých vjezdů do areálu společnosti ŠA, které mají podstatný vliv na celou dopravní situaci uvnitř i mimo výrobní závod. Kromě analýzy současných vjezdů bude vypracován a analyzován i návrh pro novou bránu, která by teoreticky mohla vzniknout v následujících letech při realizaci stavby (viz Příloha 1). Současný stav vjezdů bude modelová tak, aby co nejvíce zohledňoval reálný provoz. Po dokončení všech modelů budou na jednotlivých modelech definovány experimenty za pomoci prvku *ExperimentManager* knihovny *Information Flow*. K jednotlivým modelům následně bude představen zlepšovací návrh. Celkem dojde k modelování tří dopravních toků, kterými jsou:

- 8. brána,
- 13. brána,
- návrh 14. brány.

V rámci modelování dopravních toků v PS byla nejprve provedena analýza současného stavu. Došlo k sběru dat z průjezdů vozidel 8. a 13. brány. Využitá data jsou abstrahována o osobní údaje, počty osob a slouží výhradně k tomu, aby simulační model dosáhl maximální přesnosti a autentičnosti s reálným provozem. Využitými parametry jsou:

- Počty průjezdů směrem dovnitř do areálu za 24 hodin.
- Poměr využití jednotlivých vjezdových pruhů.
- Časy průjezdů.
- Chybovost systému.

Byla provedena analýza nespécifikovaného pracovního týdne od pondělí do pátku a bylo zjištěno, že vhodnými dny pro simulaci jsou v případě obou reálných provozů čtvrtky. Dalším rozdílem mezi branami je časová obsazenost. 8. brána je využita zejména v časech ranní směny a naopak využití 13. brány je rozprostřeno téměř rovnoměrně po celý den (viz Obr. 6.)



Obr. 6 Porovnání využití BR8 a BR13 během 24 hodin

Z Tab. 3 je zřejmý rozdíl mezi provozem na 8. a 13. bráně. Vhodná a správná data jsou klíčová pro to, aby simulační model odpovídal reálnému provozu.

Tab. 3 Využití vjezdových bran jednotlivými skupiny

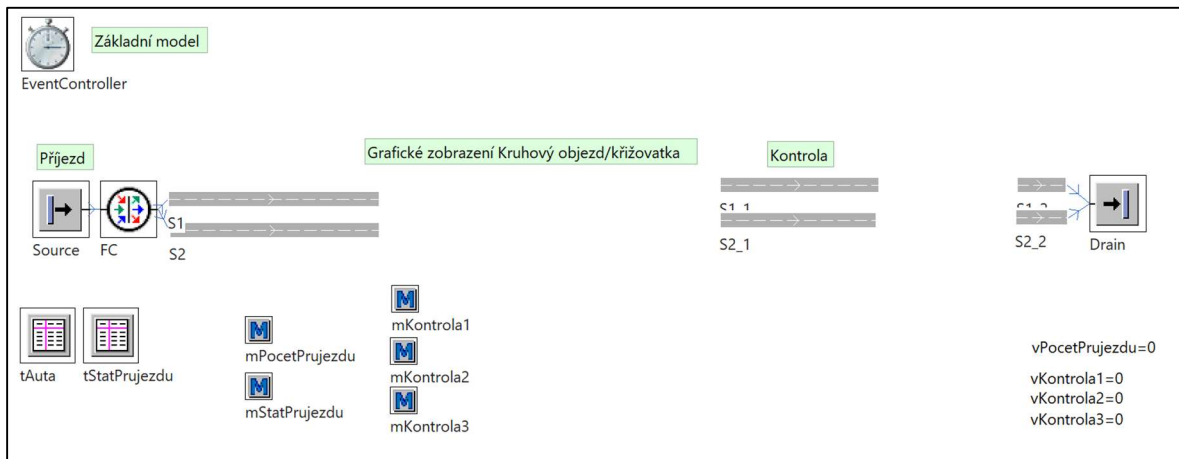
Čtvrtek	Employee	EXT	LKW	LKW JIS
8. brána	1640	1642	0	0
13. brána	36	0	1057	1086

4.1 Základní model

Pro modelování všech tří dopravních toků, byl nejprve vytvořen základní model. Tento model byl následně upravován, aby co nejvíce odpovídal jednotlivým branám. Všechny modely obsahují pozemní komunikace před a za kontrolním stanovištěm. Z modelů jsou abstrahovány některé aspekty reálného provozu jako je např. počasí, stav komunikace, pohyb chodců nebo nerespektování dopravních předpisů. Rovněž není do modelů zakomponovaná žádná z křižovatek či kruhových objezdů nacházejících se v blízkosti daných provozů. Všechny modely budou vytvořeny a prezentovány v 2D zobrazení. Bude rovněž modelováno pouze ze strany příjezdu do areálu společnosti, nikoliv výjezd z areálu či oba směry současně. Je využita verze Tecnomatix PS 16 student.

Než došlo k samotné tvorbě modelu, bylo nutné provést částečnou úpravu stávajících objektů a prvků *Material Flow* a *MUs*, které budou v upravené formě využity ve všech modelech této práce. Úprava byla provedena za pomoci procesu

duplikace a následném přemístění mezi *UserObjects*, které představují objekty modifikované uživatelem. Díky procesu duplikace jsou zachována původní data a nedochází tak k ovlivnění původní verze, pokud se změní vlastnost na verzi duplikované. Duplikát, či kopie obsahuje všechny atributy původního objektu, ale mezi původním objektem a kopií neexistuje žádná spojitost (Bangsow, 2020). Základní model, který je využitý pro následnou nastavbu objekty a prvky je znázorněn na Obr. 7.



Obr. 7 Základní model

Všechny modelované simulace budou na objektu *EventController* nastaveny na hodnotu 1:00:00:0000. Tato hodnota představuje 24 hodin a je adekvátní k měření propustnosti a kapacity celého systému. Bude také využito *Comment* neboli komentářů v PS pro vhodnější pochopení a znázornění uvnitř modelu simulace.

Failures

Byla stanovena dvojice *Failures* a to *FailureRZ*, která reprezentuje chybu čtení RZ. Dle dat z reálného provozu byla definována na dostupnost zařízení 98,7 % s *MTTR* 30 sekundy. *FailureOstatni*, způsobuje dostupnost v 99 % případů se stejnou *MTTR*. Lze ji definovat jako nepředvídatelné události jako je ztráta a následný čas věnování hledání MFA průkazu ve vozidle či nepozornost řidiče.

4.1.1 Duplikované prvky a objekty

- *Pozemní komunikace* – prvním krokem byla duplikace stávajícího objektu *Track*. Duplikát byl přejmenován na *S*, představující zkratku slova silnice. Pro potřeby práce bude za *S* přiřazeno číslo, které bude reprezentovat

konkrétní silnici modelu. V záložce *Attributes* byla upravena šířka komunikace z původních 0,3 m na 0,6 metru. Tato hodnota byla zvolena s cílem zachování příznivého grafického zobrazení. Kapacita komunikace zůstala zachována na stávající hodnotě -1, která představuje neomezenou kapacitu. S délkou nebylo nijak manipulováno z důvodu toho, že bude individuálně upravována v rámci všech silnic v modelu. V neposlední řadě došlo ke grafickým úpravám, aby model byl uživatelsky přívětivější. V záložce *Curve* byla upravena *Pen width*, reprezentující grafickou šířku a hodnota byla změna z 1 na 2. Následně došlo k změně barvy z oranžové na šedou a k přidání čerchovaného značení v sekci *Midline style*, které napodobuje VZD pozemní komunikace.

- *PrK* – zkráceně před kontrolou (dále jen *PrK*) představuje *PlaceBuffer*. Jediné využití *PBF* je sledování statistik procentního podílu statusu *Blocked* tohoto objektu. Tento podíl se dále přepočte na minuty a bude zjištěno, kolik minut se vyskytovala dopravní kongesce. V případě, že tato hodnota bude 50 %, při trvající simulaci 24 hodin, to představuje 720 minut.
- *Kontrolní stanoviště* – dalším duplikovaným objektem je *Station*, který je v simulaci využit jako kontrolní stanoviště. V tomto případě došlo k jeho přejmenování na název *Kontrola* a k úpravě grafického zobrazení za účelem napodobení reálného provozu. Za pomoci *Edit Icon* došlo k změně ze standartního modelu objektu na červeno-bílý kruh s nápisem *STOP*, který připomíná *SDZ B27 – Povinnost zastavit vozidlo, STOP KONTROLA*. Čas kontroly, standartně *Processing time* byl definován jako pravděpodobnostní rozdělení typu *Uniform*, tedy s nastavitelnou spodní a horní mezí. Spodní mez pro zkušené řidiče a dlouholeté zaměstnance představuje 5 sekund a horní mez 15 sekund je věnována naopak řidičům, kterým není proces kontroly zcela známý. *JIS* má interval o 5 sekund kratší. Pravděpodobnostní rozdělení *Uniform* je rovněž nastaveno u *Recovery time* neboli čas obnovy, která představuje proces rozsvícení zelené barvy na semaforu kontroly, zdvihnutí závoří a následné spuštění závoří dolů. Interval je nastaven mezi 5 až 10 sekundami. Tento interval se spustí poté, co předchozí *MU* kontrolu opustí.

- *PKW a LKW* – podstatným krokem přípravy modelu je samotné generování vozidel. Do *UserObjects* bylo čtyřikrát duplikováno *MU Transporter* a specifikace byla zvolena podle Tab. 4 tak, aby co nejvíce odpovídala reálnému provozu. Pro PKW byly zvoleny rozměry vozidla Škoda Octavia čtvrté generace, jelikož svými rozměry odpovídá většině vozidel ve své kategorii a rovněž tvoří podstatnou část vozidel vyskytujících se v České republice. Rozměry LKW byly zvoleny dle nejpřísnějšího českého rozměrového limitu, a mezi hodnoty návěsové a přívěsové soustavy byl vypočten aritmetický průměr. Následně všechny hodnoty byly upraveny v poměru 1:5 a zaokrouhlovány na desetiny nahoru, aby došlo k udržení vhodného grafického zobrazení. Po úpravě těchto *MUs* došlo k opětovné duplikaci ale tentokrát již upraveného *MU EXT_LKW* a přejmenována na *JIS_LKW*. Byla rovněž pozměněna barva. Zkratka SKD představuje Škoda služební vozidla a EXT naopak externího partnera nebo dodavatele. Rychlost byla zvolena dle maximální povolené rychlosti v areálu a následně upravena dle poměru.

Tab. 4 Rozměry MU

Název MU	Šířka	Délka	Výška	Rychlost	Barva
SKD_PKW	0,4 m	1,0 m	0,3 m	2,3 m/s	Zeleno-černá
EXT_PKW	0,4 m	1,0 m	0,3 m	2,3 m/s	Oranžovo-černá
EXT_LKW	0,6 m	4,0 m	0,8 m	2,0 m/s	Oranžovo-černá
JIS_LKW	0,6 m	4,0 m	0,8 m	2,0 m/s	Červeno-černá

4.1.2 SimTalk 2.0 a Information Flow

V základním modelu je knihovna prvků *Information Flow* využita nejen k zobrazování aktuálních a finálních informací. Ale také k správnému a logickému fungování celého modelu za pomoci programování a metod. Pro přehlednost práce bylo zvoleno následující pojmenování, které stejně jako všechny prvky a objekty neobsahuje diakritiku:

- *tNazevCislo* – počínající písmeno t znázorňuje vytvořenou tabulku.
- *mNazevCislo* – počínající písmeno m znázorňuje vytvořenou metodu.

- *vNazevCislo* – počínající písmeno v znázorňuje vytvořenou proměnnou neboli *Variable*, všechny proměnné mají nastavenou počáteční hodnotu 0 proto, aby při opětovném spuštění simulace nebyly načítány hodnoty z předchozí simulace.

Toto systematické pojmenování bude dodrženo skrze všechny příslušné modely.

- *mStatprujezdu* – významnou metodou, která slouží k přehlednému a systematickému vyhodnocení dat je metoda *mStatprujezdu* fungující v kombinaci s objektem *Drain* a tabulkou *tStatprujezdu*. Příslušná metoda je nastavena v sekci *Controls, Entrance* v objektu *Drain*. Jejím hlavním účelem je zaznamenávání PKW a LKW poté, co opustí systémové hranice modelu, a to včetně přesného času opuštění modelu. Tato metoda rovněž slouží k zobrazení počtu, kolik *MU* celkem prošlo modelem. K tomuto účelu je zavedena proměnná *vPocetPrujezdu*. Programování této metody s využitím SimTalk 2.0 je znázorněno na Obr. 8.

```
var Zapis:integer
Zapis:=tStatPrujezdu.YDim + 1
tStatPrujezdu [1, Zapis]:=datetime_to_str(root.eventController.absSimTime)
tStatPrujezdu [2, Zapis]:=@.Name
vPocetPrujezdu := vPocetPrujezdu +1;
```

Obr. 8 Metoda *mStatprujezdu* vytvořena SimTalkem 2.0

- *mKontrola* – je druhou metodou, která je využita v kombinaci s objektem *Information Flow*. Metoda je implementována v rámci objektu *Kontrola* a je v ní použita proměnná *vKontrola*, která slouží k zobrazování počtu PKW a LKW, které projedou jednotlivými kontrolními stanovišti.
- *tAuta* – v základním modelu je též využito tabulky *tAuta*, do které byly nakopírovány příslušné druhy *MU*. Tabulka byla naformátována vložením do jediného objektu *Source. Time of creation*, čas vytvoření byl změněn z původního *Interval Adjustable* na *Delivery Table*. Toto zapříčinilo, že v tabulce *tAuta* došlo k vytvoření sloupce *Delivery Time*, kde se zapíše čas příjezdu. Druhým sloupcem je *MU*, kde je charakterizován druh *MU* například *JIS_LKW*. Toto je přehledně zobrazeno v Tab. 5. Pro příznivější grafické zobrazení byly ikony všech metod zmenšeny o 50 %.

Tab. 5 Ukázka Delivery Time MU

string	Delivery Time	MU	Attrib...	Name	
1	6.0000	.UserObjects.JIS_LKW			
2	57.0000	.UserObjects.JIS_LKW			
3	2:04.0000	.UserObjects.EXT_LKW			

- *vKontrola* – tato proměnná slouží k zobrazení počtu *MU* v konkrétním kontrolním stanovišti daného modelu. Proměnná je nastavena v každém objektu *Kontrola*, v sekci *Controls* a na *Entrance*, kde je vložena příslušná metoda *mKontrola*, s kterou je proměnná spárována.

4.2 Simulace provozu 8. brány

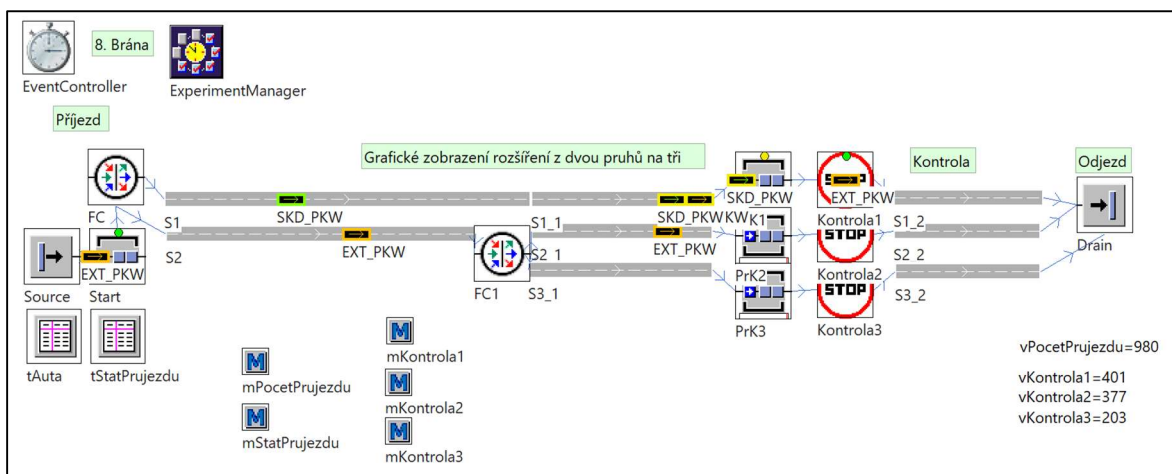
Prvním simulovaným provozem je model 8. brány společnosti ŠA. Tato brána je opatřena třemi vjezdovými pruhy a každý pruh má své vlastní kontrolní stanoviště, na kterém je vyžadováno předložení MFA průkazu. Tato brána je určena pouze pro vjezd PKW, jejichž počet dosahuje denního průměru okolo 3500 vozidel jen směrem do areálu. Z tohoto důvodu byla zvolena hodnota 3282 *MU* v poměru 1640 SKD a 1642 EXT. Zvolená data jsou autentická a získána na základě provedení týdenní analýzy, kde bylo zjištěno, že čtvrtek je vhodným dnem pro účely této práce, jelikož poměr mezi SKD a EXT je téměř shodný. Dalším důvodem volby tohoto dne je vyšší chybovost systému čtení RZ, která je způsobená v důsledku odrazu slunečního světla od RZ. Počet chyb v tento den byl zaznamenán na 43, což představuje přibližně 1,3 % z celkové počtu 3282 vozidel. Pro porovnání průměrná týdenní chybovost činí 15. Z poskytnutých dat lze zjistit, že 41 % řidičů upřednostňuje první druh, zbývajících 59 % volí pruh 2 a 3 v poměru 65 % a 35 %. Do tohoto modelu nelze zahrnout LKW, jelikož jím není vjezd povolen. Model je znázorněn na Obr. 9.

- *Material Flow* – prvním objektem *MF* umístěným za *Source* je *PlaceBuffer* s názvem *Start*. Pozorováním a experimentováním v rozhraní PS bylo zjištěno, že model vhodně reprezentuje reálný provoz po nastavení *Processing time* na 0 a kapacitu 1. Dále následuje *FC*, který je zodpovědný za správnou distribuci *MU* na začátku modelu. Je nastaven na procentní poměr 41 % a 59 %. Z takto nastaveného *FC* je původní komunikace *S1* rozšířena na *S1_1*, která následuje bez omezení do objektu *PrK1* a následně do *Kontrola1*. Obdobný postup je pro zbylé dva pruhy s tím rozdílem, že

komunikace *S2* následuje do objektu *FC1*, kde je poměr nastaven opět na procentní, a to v poměru 65 % pro pruh 2 a 35 % pro pruh 3, což představuje reálný poměr 38 % a 21 %. Z *FC1* následuje dvojice komunikací *S2_1* a *S3_1* do příslušných kontrolních stanovišť *PrK2* a *Kontrola2*, respektive *PrK3* a *Kontrola3*. Za všemi kontrolními stanovišti jsou vedeny tři krátké komunikace označeny jako *S1_2*, *S2_2* a *S3_3*, které ústí do objektu *Drain*, který reprezentuje odjezd z kontroly. V jednotlivých kontrolních stanovištích byla nastavena *FailureRZ* na *Availability* 98,7 % a *MTTR* na 30 sekund a *FailureOstatni* na 99 % a také 30 sekund.

- *Information Flow* – bylo využito připravených metod a proměnných ze základního modelu. Metody *mKontrola1*, *mKontrola2* a *mKontrola3* byly vloženy do stanice *Kontrola1*, *Kontrola2* a *Kontrola3*. Tyto tři metody zobrazovaly jako proměnné počty průjezdů. Tabulka *tAuta* byla vyplněna dle Tab. 3 a Obr. 6 tak, aby se v modelu vyskytovaly počty vozidel, obdobně jako se vyskytují v různých časových intervalech i v reálném provozu.

Po konci simulace, tedy po celém dni, bylo zjištěno, že simulačním modelem osmá brána projede 3282 PKW, a to v poměru 1640 SKD a 1642 EXT.



Obr. 9 Model 8. brány ŠA

U kontrolního stanoviště *Kontrola1* dochází ke vzniku dopravních kongescí, obdobně jako u reálného provozu. Jedním z možných důvodů, proč většina řidičů preferuje kontrolní stanoviště *Kontrola1*, tedy i první vjezdový pruh do areálu, může být skutečnost, že při výjezdu z křižovatky předcházející 8. bráně nemusí řidič přejíždět do jiného pruhu, obdobně při výjezdu kontrolou pokračuje stále ve stejném

pruhu. Pokud by zvolil jiný pruh, musel by dříve či později měnit jízdní pruh z důvodu, že za kontrolou následuje jen jedna možnost odbočit a pak následně je kruhový jednoproudový kruhový objezd (viz Obr. 10). Model lze považovat za validní.



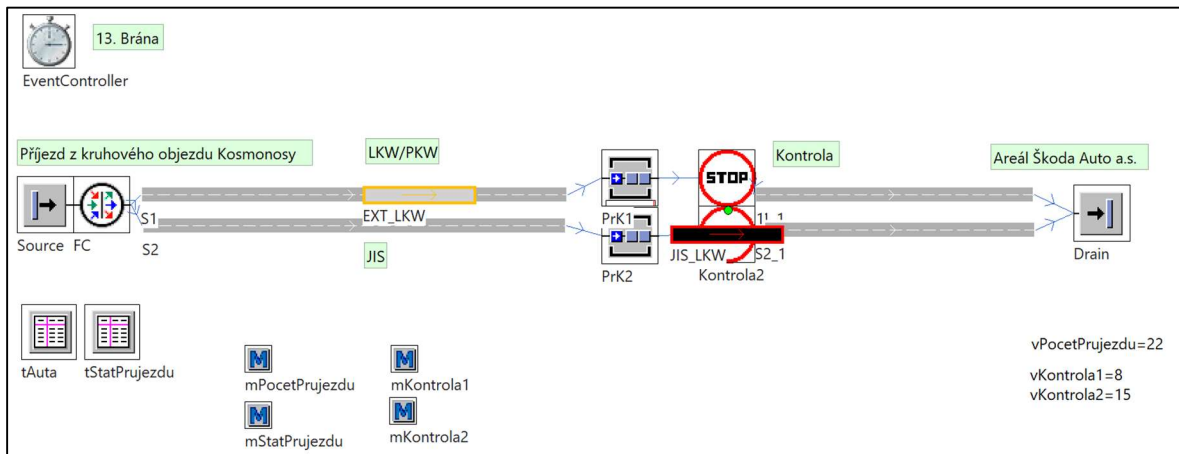
Obr. 10 Jízdní pruhy uvnitř areálu za 8. bránou

4.3 Simulace provozu 13. brány

Druhý modelovaný dopravní tok reprezentuje 13. brána, nacházející se na Průmyslové zóně v Kosmonosech. Na rozdíl od 8. brány je 13. brána určena primárně pro účely logistiky. To znamená, že je upřednostňována kamionová doprava, která má svůj vyhrazený jízdní pruh pro logistiku Just in Sequence (dále jen JIS). Druhý pruh je určený ostatním LKW, ale i některým PKW. To znamená, že v tomto modelu bude využito všech připravených a duplikovaných MUs. Denní průměr dosahuje až 3000 vozidel jen směrem dovnitř do areálu. Po provedení analýzy (viz Tab. 3) byla zvolena hodnota 2179 vozidel. Podobně jako v prvním modelovaném provozu, bylo navázáno na základní model, a proto je dostupnost kontrolních stanovišť bude nastavena na 99 % a 99 % vzhledem k výskytu dvou různých chyb.

- *MF* – ze základního modelu je využit objekt *FC*, který je rozdělen na dvě pozemní komunikace, a to *S1* a *S2*. V případě 13. brány je objekt *FC* nastaven na strategii *MU Name*, tedy třídění dle pojmenování *MU*. V tabulce *FC* je nastaven *SKD_PKW* a *EXT_LKW* na následovníka č. 1 čímž je komunikace *S1*, následující do objektů *PrK1* a *Kontrola1*. Druhým následovníkem je pouze *JIS*, který pokračuje do komunikace *S2* a příslušných objektů *PrK2* a *Kontrola2*. *Processing time* je u objektu *Kontrola1* nastavený stejně jako v případě 8. brány, kde je kontrolní mechanismus stejný. *Kontrola2* reprezentuje pruh pouze pro *JIS*, tudíž je zde kontrola bez přikládání *MFA* průkazu a *Processing time* je tak nastavený na interval kratší a to 0:05 až 0:10. Z těchto kontrolních stanovišť vedou komunikace *S1_1* a *S2_1* do objektu *Drain*.

- *IF* – v tomto modelu jsou využity stejné metody a proměnné jako v modelu BR8 jen s rozdílem, že zde je o jeden pruh méně, tudíž je zde méně metod a proměnných, takže je model jednodušší. Do tabulky *tAuta* v tomto případě jako *MU* vstupují SKD_PKW, EXT_LKW a JIS_LKW. Data průjezdů jsou obdobně využita i v tomto případě, aby byla zajištěna maximální podobnost s reálným provozem. Model je znázorněn na Obr. 11.



Obr. 11 Model 13. brány ŠA

Po dokončení simulace bylo zjištěno, že tímto modelem při takto nastavených parametrech projede 36 PKW, 1057 LKW a 1086 LKW JIS. Dochází ke vzniku mírných kongescí u obou stanovišť kontrol. Toto napovídá, že model je validní.

4.4 Simulace navrhované 14. brány

Třetím modelovaným provozem je potencionální návrh 14. brány, která by se mohla realizovat po dokončení všech stavebních prací, které znázorňuje Příloha 1. Pro porovnání Příloha 2 znázorňuje současný stav. V případě, že by se dokončila stavba I/16, a tak i spojka na průmyslovou zónu Řepov, mohla by být 14. brána vybudována. Spojila by skladovací a logistickou halu ŠPC Řepov s hlavním závodem ŠA MB. Pokud by bylo zamýšleno povolit průjezd všem skupinám vozidel, došlo by k podstatné časové úspoře všech zaměstnanců, dodavatelů a externích partnerů, kteří by přijížděli z tohoto směru. Rovněž by se ušetřily náklady na pohonné hmoty. V neposlední řadě by se doprava odlehčila v celé Mladé Boleslavi a Kosmonosech vzhledem k tomu, že by vozidla vůbec nemusela zajíždět do centra města. Bude tedy uvažováno v rámci vyhrazeného pruhu JIS, vyhrazeného pruhu PKW a pak třetího pruhu, který bude sloužit pro všechny ostatní LKW. To znamená,

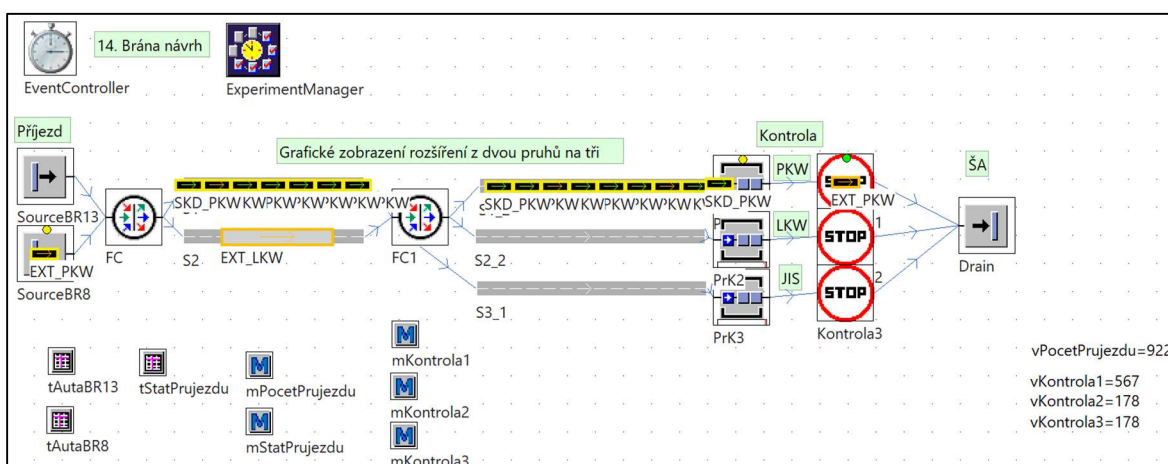
že každá skupina vozidel má svůj vlastní vyhrazený pruh. Délky kontrol jsou stejné pro jednotlivé skupiny.

Jelikož se jedná o návrh a nejsou k dispozici konkrétní data, tak bude uvažováno, že by tuto bránu mohlo využívat až 50 % PKW z 8. brány a 50 % PKW a LKW včetně LKW JIS z brány č. 13. To představuje hodnotu 2729. Z předchozích dvou modelů byl exportován každý sudý průjezd a vložen do modelu BR14. Celkové počty jsou znázorněny v Tab. 6.

Tab. 6 Navrhované průjezdy BR14

14. brána	SKD_PKW	EXT_PKW	EXT_LKW	JIS_LKW
Počet	820	833	543	536

Už při prvotním spuštění modelu je viditelně patrná dopravní kongesce u vjezdu pro skupinu PKW. Kongesce je znázorněna na Obr. 12 spolu s modelem.



Obr. 12 Model návrh BR14

- *MF* – v tomto případě došlo k vytvoření druhého objektu *Source*. Model tím pádem obsahuje *SourceBR13* a *SourceBR8*. Ty jsou následně napojeny na objekt *FC*, který je nastaven na *MU* tak, aby PKW užívaly komunikaci *S1* a všechny skupiny LKW *S2*. Tyto komunikace následují do dalšího objektu *FC1*, který jednotlivá vozidla rozřazuje na jednotlivá kontrolní stanoviště a jim předchozí objekty *PlaceBuffer* a komunikace: PKW na *S1_2*, následně *PrK1* a *Kontrola1*. Stejně nastavení je i v případě LKW a to *S2_2*, *PrK2* a *Kontrola2*. V neposlední řadě kamiony JIS jsou odkázány na *S3_1*, ústíci

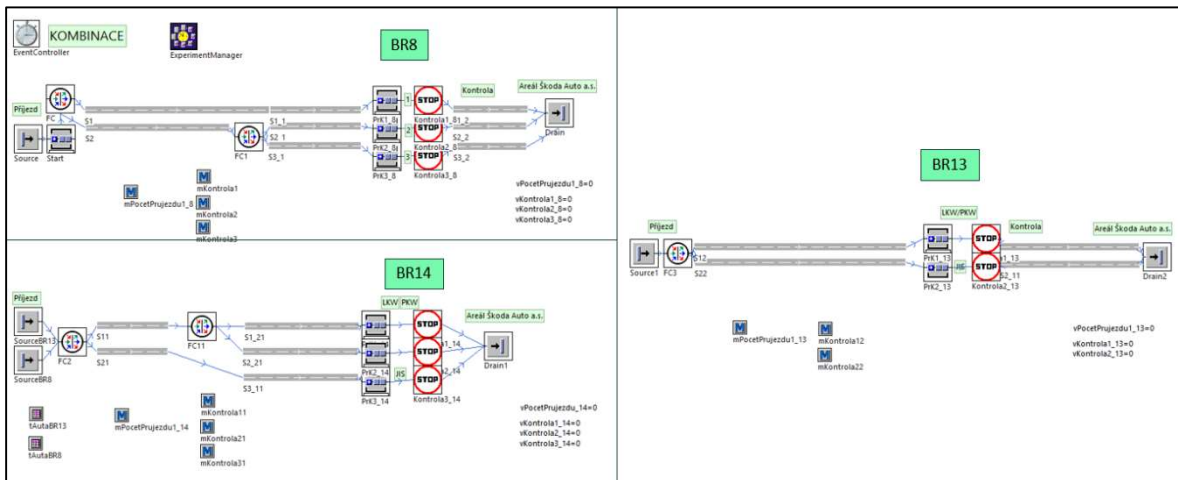
do objektů *PrK3* a *Kontrola3*. Všechny 3 kontrolní stanoviště následně ústí do objektu *Drain*.

- *IF* – je využito stejných metod a proměnných jako v modelu BR8. Jedinou úpravou jsou dvě tabulky pojmenované *tAutaBR13* a *tAutaBR8*, kde došlo k naformátování skrze objekt *Source* na *Delivery Table*.

4.5 Komplexní simulační model

Komplexní simulace obsahuje všechny uvažované brány BR8, BR13 a BR14. Hlavním účelem této simulace je sledování změn v dopravním provozu spojeným s nasazením nové brány do provozu (viz Obr. 13). Významnou změnou je modifikace BR14. V tomto modelu je uvažováno s JIS vyhrazeným pruhem a dvěma pruhy pro LKW i PKW.

- *MF* – byl vytvořen samostatný model s názvem KOMBINACE. Následně bylo provedeno kopírování a vložení tří již vytvořených modelů do jednoho. Počet vozidel nelze spolehlivě určit tak, je uvažováno jako v modelu BR14 s obsazeností 50 % ve všech třech provozech. Tzn., že polovina vozidel z BR8 a BR13 bude převedena na BR14. Vzhledem k vložení několika modelů obsahujících stejné názvy došlo k automatickému přejmenování několika objektů přidáním čísla 1 na konec názvu. Např. z *S2* na *S21*, manuální přejmenování bylo využito v případě *PBF*. K již využívanému označení bylo vloženo podtržítka spolu s označením brány. Stejnou formou došlo k přejmenování i jednotlivých stanic. Komunikace *S21* je přímo napojena na *S2_11*. Toto reprezentuje pruh LKW. Rovněž *Exit Strategy* v *FC11* byla zvolena na *Random*. Pro zjednodušení model obsahoval čtyři odlišné objekty *Source*.
- *IF* – aby byla zajištěná správná funkce již nastavených metod a tabulek, muselo dojít k přejmenování. Tabulky *tAutaBR8* a *tAutaBR13* byly využity v případě části BR14. Tabulka *tAutaBR8* byla využita v modelu BR8 a *tAutaBR13* v modelu BR13. Také došlo k přejmenování všech proměnných a k úpravě současných metod. Např. *vKontrola1* byla přejmenována na *vKontrola1_14* a bylo nutno ji opětovně vložit do jednotlivých kontrol.



Obr. 13 Kombinovaná simulace

4.6 Realizace simulačních experimentů

Pro realizaci simulačních experimentů bylo využito prvku *ExperimentManager*. Všechny experimenty se zaměřují na vytváření dopravních kongescí v místech před kontrolou, které představují objekty *PBF* před kontrolními stanovišti. Při současně nastavených časech kontrol 0:05 – 0:15 min a v případě JIS 0:05 – 0:10 min, lze v jednotlivých objektech *PBF* sledovat statistiku *Blocked* (viz Tab. 7). Tato statistika představuje čas, kdy se chce *MU* dostat do již obsazeného objektu *PBF*, přičemž je následující kontrola taktéž obsazena. Lze ji sledovat v procentech. Například *PrK1* v modelu BR14 dosahuje téměř 24 %, což představuje 345 minut.

Tab. 7 Poměr blokování *PBF* v jednotlivých modelech

Blocked	PrK1	PrK2	PrK3
BR8	15.29 %	14.25 %	0.63 %
BR13	1.85 %	0.94 %	
BR14	23.97 %	0.16 %	0.14 %

Takto vysoké číslo napovídá, že se zde vyskytuje velké množství čekajících *MU*, tedy vozidel. Toto místo lze definovat jako úzké místo. Pro nalezení řešení byly výstupní hodnoty objektu *ExperimentManager* nastaveny následovně:

- *root.PrK1.statBlockingtime*,
- *root.PrK2.statBlockingtime*,

- *root.PrK3.statBlockingtime.*

Vstupní hodnoty byly nastaveny následovně:

- *root.Kontrola1.ProcTIME,*
- *root.Kontrola2.ProcTIME,*
- *root.Kontrola3.ProcTIME.*

Výstupní hodnoty reflektují blokující status *PBF*, tedy dopravní kongesce. Vstupní hodnoty představují čas trvání kontroly. Čím kratší doba, tím menší podíl blokování. Do podílů blokování také vstupují již definované *Failures*. Byly stanoveny celkem čtyři experimenty (viz Tab. 8). Počet sledování během jednoho experimentu byl stanoven na 20. Dobu trvání kontroly lze v praxi snížit systémem s nižší chybovostí. Další možností je kompletně pozměnit systém kontroly s ohledem na digitalizaci a využívání umělé inteligence v odvětví bezpečnosti.

Tab. 8 Definované experimenty

	Active	root.Kontrola1.ProcTIME	root.Kontrola2.ProcTIME	root.Kontrola3.ProcTIME
1	true	15.0000	15.0000	15.0000
2	true	10.0000	10.0000	10.0000
3	true	5.0000	5.0000	5.0000
4	true	1.0000	1.0000	1.0000

Po definování všech potřebných parametrů lze *ExperimentManager* spustit. U provozu BR13 bude o jednu vstupní a výstupní hodnotu méně jelikož model obsahuje o jeden vjezdový pruh méně.

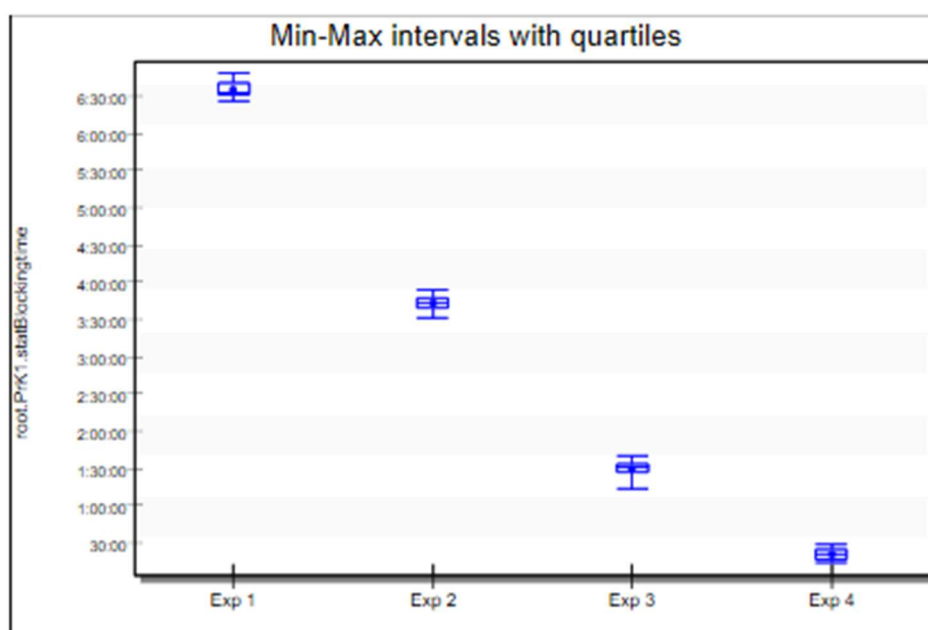
4.6.1 Výsledky experimentu BR8

Bylo zjištěno, že pokud by proces kontroly trval konstantě 15 sekund, docházelo by k rozsáhlým dopravním kongescím u prvních dvou vjezdových pruhů. Porovnání jednotlivých pruhů je uvedeno v Tab. 9.

Tab. 9 Výsledky ExperimentManager BR8

BR8	Pruh 1	Pruh 2	Pruh 3
Experiment 1	6:35:48.8043	5:57:00.1201	10:17.1733
Experiment 2	3:42:45.9316	3:21:38.5540	8:15.1870
Experiment 3	1:29:45.9162	1:16:12.6059	7:10.8488
Experiment 4	20:54.2422	24:03.0045	5:46.3090

Na Obr. 14 je znázorněn grafický výstup prvního pruhu z toho experimentu, kde jsou rozdíly velmi patrné. Nejlepšího výsledku dosahuje experiment č. 4.



Obr. 14 Grafický výstup prvního pruhu s rozdíly mezi experimenty

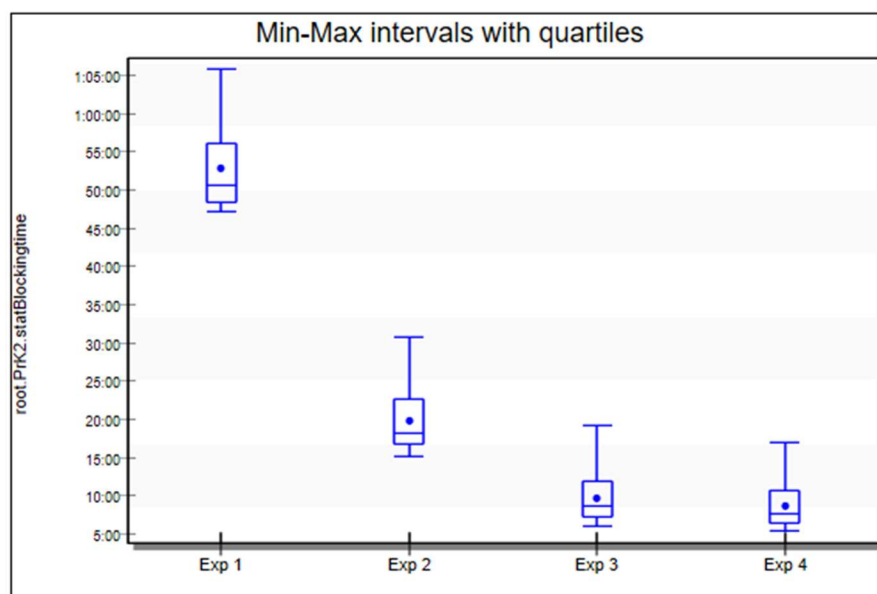
4.6.2 Výsledky experimentu BR13

Výsledky tohoto experimentu jsou velmi odlišné než u experimentu BR8. Hlavním důvodem je rozdílná časová obsazenost (viz Obr. 6). Tato brána je využívána rovnoměrně v průběhu celého dne a nedochází tak k ovlivnění pracovní dobou. Z Tab. 10 je patrné, že experiment 3 a 4 dosahuje obdobných výsledků i když je v zadaných hodnotách podstatný rozdíl.

Tab. 10 Výsledky ExperimentManager BR13

BR13	Pruh PKW/LKW	Pruh JIS
Experiment 1	43:25.8906	52:44.6802
Experiment 2	26:02.0908	19:49.1641
Experiment 3	16:32.1456	9:42.7665
Experiment 4	11:28.1450	8:41.5068

Na Obr. 15 je graficky vyobrazen pruh JIS. Lze pozorovat, že mezi experimenty 3 a 4 je zanedbatelný rozdíl v řádu několika jednotek minut. Toto naznačuje, že řešení skrze experiment č. 2 je více než dostačující.



Obr. 15 Grafický výstup JIS pruhu s rozdíly mezi experimenty

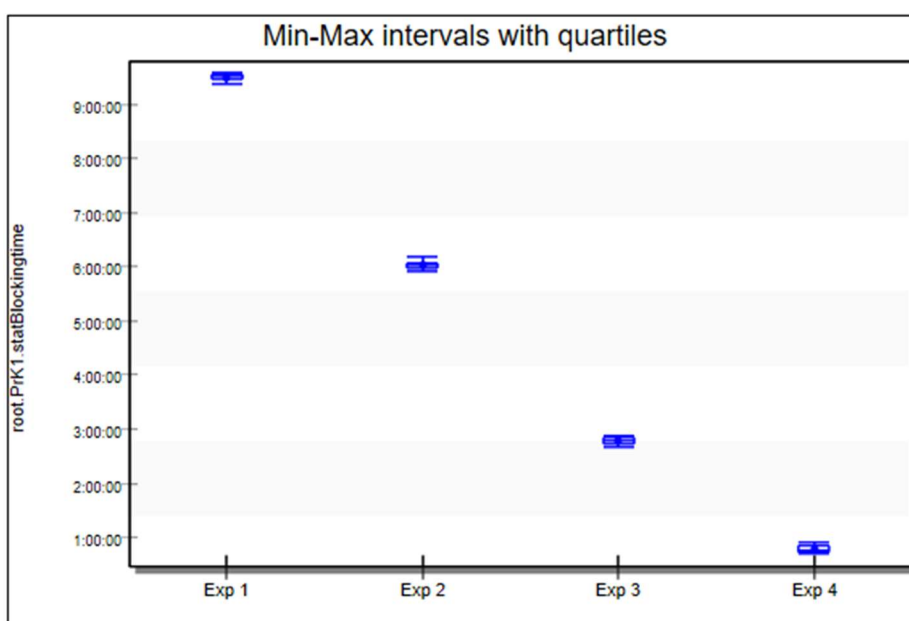
4.6.3 Výsledky experimentu BR14

Výsledky navrhovaného provozu BR14 v případě vjezdových pruhů LKW a JIS jsou uspokojivé a dochází pouze k několika minutým dopravním kongescím, což je v rámci 24 hodin více než přijatelné. Naopak vyhrazený pruh PKW dosahuje téměř v 40 % času k zablokování. Toto je příčinou odlišného časového zatížení oproti LKW.

Tab. 11 Výsledky ExperimentManager BR14

BR14	Pruh PKW	Pruh LKW	Pruh JIS
Experiment 1	9:30:40.1421	7:11.2845	8:12.2233
Experiment 2	6:01:55.2366	5:27.7817	5:57.5875
Experiment 3	2:47:03.2336	4:52.5218	5:04.2298
Experiment 4	47:51.3947	4:41.1191	4:56.2905

Z Obr. 16 obsahující grafické znázornění časových intervalů vjezdového pruhu PKW jsou patrné příliš velké rozdíly mezi jednotlivými experimenty.



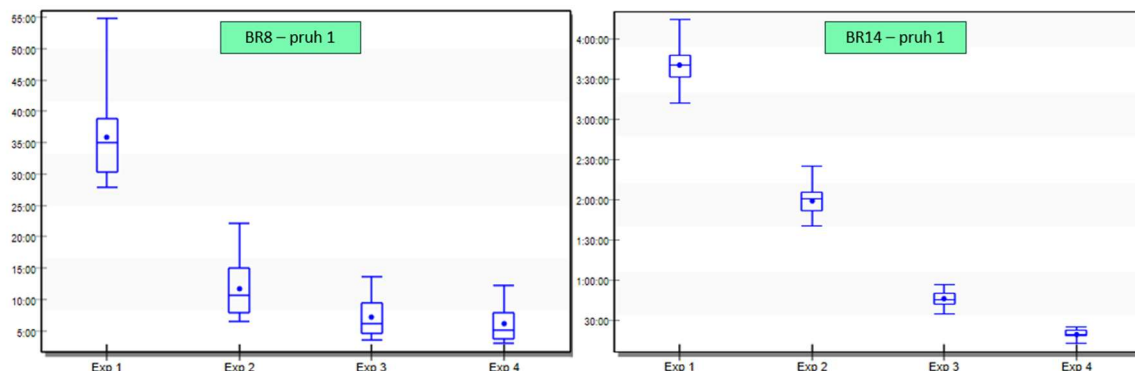
Obr. 16 Grafický výstup PKW pruhu s rozdíly mezi experimenty

4.6.4 Výsledky experimentu kombinace

Tato simulace používá stejné vstupní a výstupní hodnoty jako předešlé experimenty. Zahrnuje kombinaci všech tří provozů a obsahuje modifikovanou část toho nejvytíženějšího provozu, a to BR14.

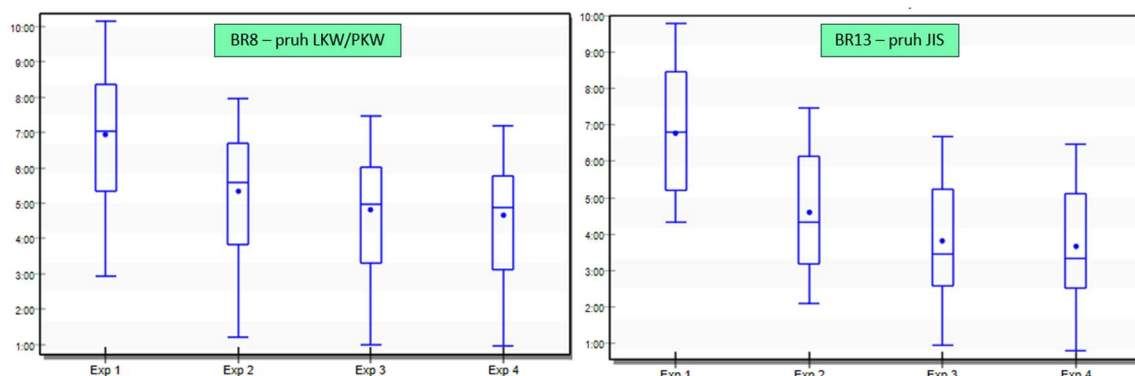
Výsledkem využití objektu *ExperimentManager* bylo zjištěno, že maximální hodnota dopravních kongescí na BR8, vjezdovém pruhu 1 se zmenšila z hodnoty přesahující 6,5 hodiny na pouhých 55 minut. BR14, vjezdový pruh 1 s vytížením dosahujícím

9,5 hodiny po úpravě dosahuje maxima přesahujícího 4 hodiny, minimum lze pozorovat pod hranicí 3,5 hodin (viz Obr. 17).



Obr. 17 Grafický výstup porovnání nejvytíženějších pruhů BR8 a BR14

Významné rozdíly lze pozorovat i v případě BR13. Při implementaci BR14 došlo ke snížení doby strávené v dopravní kongesci o několik desítek minut (viz Obr. 18).



Obr. 18 Grafický výstup BR13

4.7 Analýza návrhu provozu CAV

V současné době je v provozu mnoho druhů kamionů a tahačů, které mají odlišné environmentální dopady v závislosti na druhu pohonu. Alternativní paliva vedou k snížení nákladů na provoz a k dlouhodobé udržitelnosti životního prostředí. V současné době ŠA využívá dva nákladní automobily čistě na elektrický pohon a mnoho dalších s pohonem CNG a LNG. Elektrické tahače využívané pro interní dopravu se základem z MAN TGX a elektrickou nástavbou od německé firmy Framo s modelovým označením Framo 180/280 na jedno nabití ujedou přibližně 80 km a dobítí baterie na 100 % trvá 4 hodiny a 30 minut. Spotřeba na 100 km činí zhruba

200 kWh elektřiny (ŠA Zelená logistika, 2023). Elektricky poháněné autonomní roboti a stroje už své využití ve výrobních závodech našly, a to zejména na přepravu materiálu uvnitř výrobních hal či skladů. Firma Framo (2018) uvádí, že jejich vozidla jsou velmi ekonomickým a ekologickým řešením pro firmy a společnost.

Návrh CAV Framo 180/280

Americká technologická firma OTTO Motors, složená z odborníků a inženýrů z renovovaných značek jako je Apple, Google, Tesla a Logitech přišla již v roce 2016 s návrhem nástavbové sady pro LKW. Tato sada obsahuje hardwarové komponenty, senzory, radary a lidar, který slouží k mapování okolí a k autonomní jízdě bez zásahů či nutnosti přítomnosti řidiče. Bylo dosaženo uspokojivých výsledků po testování v reálném provozu na pozemních komunikacích, kdy LKW s touto nástavbou úspěšně absolvovalo s nákladem cestu dlouhou 132 mil. Cena této sady se odhaduje kolem 30 000 amerických dolarů.

Při návrhu provozu CAV byl vzat v úvahu již využívaný elektrický tahač značky Framo s možností úpravy od společnosti OTTO Motors. Tato investice by představovala velký pokrok směrem k autonomnímu provozu nejen v logistice, ale i v běžném provozu, jelikož by tahač jezdil mezi výrobními halami a k tomu využíval pozemní komunikace. Tento autonomní tahač by mohl najít uplatnění zejména ve výrobních závodech či dokonce v závodech značky ŠA. Také by došlo k snížení nákladů na lidský personál. Při kombinaci s obnovitelnými zdroji by mohlo dojít i ke snížení nákladů na výrobu elektrické energie, která je potřeba pro provoz této technologie.

- *Tahač* – v současné době se cena nového tahače MAN TGX pohybuje kolem částky 3,5 milionu korun. Cena úpravy a nástavby od firmy Framo není známa, výrobce jí na svých stránkách neuvádí. K dispozici jsou jen částečné technické parametry. Cena nástavby na autonomní řízení se pohybuje kolem 30 000 dolarů, v přepočtu na 675 tisíc Kč.
- *Mzdové náklady* – při výpočtu úspory je v kalkulováno s mzdou řidiče kamionu, která by činila 35 000 Kč měsíčně, tedy minimálně 420 000 Kč ročně. Pro účely této kalkulace je počítáno pouze s jedním řidičem. Úvaha rovněž neobsahuje servisní personál.

- *Spotřeba pohonných hmot a elektrické energie* – pro výpočet ceny kWh je využito dat ze sazby C27d, která slouží k dobíjení elektrovozidel. Společnost E.ON uvádí na svých webových stránkách nabídku pro firmy sazby C27d, nízký tarif za cenu 1,53 Kč za 1 kWh a 4,5 Kč ve vysokém tarifu (E.ON Česká republika, 2023). Bude uvažováno pouze optimální nabíjení při nízkém tarifu. Při uvažovaných kapacitách bude nutno dobíjet dvakrát denně a denní spotřeba energie bude činit 320 kWh. Ke kalkulaci úspory nákladů pohonných hmot nafty bude kalkulováno z průměrných cen roku 2023, tedy 35,26 Kč (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2023). Bude rovněž zamýšleno, že firma využívá tankovací karty a má tak fixní cenu menší o 5 Kč. Tedy 30,26 Kč za litr nafty. Průměrná spotřeba naftové verze MAN TGX činí 36,5 litrů na 100 km, při ujetí 160 km bude spotřebováno 58,1 litrů paliva. V rámci kalkulace bude zamýšleno ujetí vzdálenost 160 km každý den. Tedy 58400 km ročně. Celková úspora nafty v tomto případě činí 21207 litrů. V Tab. 12 lze pozorovat porovnání nákladů a teoretických úspor v případě naftového agregátu s řidičem a autonomní elektro verze bez řidiče.

Tab. 12 Náklady a úspory návrhu CAV Framo

CAV Framo	Náklady a úspory
Pořizovací cena MAN TGX	3.500.000 Kč
Nástavba OTTO Motors	675.000 Kč
Nástavba Framo EV	N/A
Roční spotřeba kWh	122.859 Kč
Roční úspora mzdy	420.000 Kč
Roční úspora spotřeby nafty	641.709 Kč

5 Zhodnocení výsledků

Výsledné údaje a statistiky všech tří modelovaných provozů vjezdových bran do společnosti Škoda Auto a.s. mají uspokojivé výsledky. S využitím přesných dat z provozu bylo možné efektivně a spolehlivě replikovat dopravní toky. Obdobně jako v reálném provozu se na nejméně frekventovanějších částech tvořily dopravní kongesce, které byly způsobeny velkým počtem vozidel či vyskytnutou chybou. Simulační modely BR8, BR13 a navrhované BR14 lze považovat za validní, jelikož zobrazují přesné počty vozidel, časy a frekvenci průjezdů a systematické vytížení jednotlivých kontrolních stanišť.

5.1 Porovnání jednotlivých vjezdů

Ačkoliv všechny vjezdy vedou do stejného závody, tak mají jednotlivé simulační modely odlišné parametry a dosahují rozdílných výsledků.

- *BR8* – prvním simulovaným modelem byl model 8. brány nacházející se ve středu Mladé Boleslavi. Výsledkem modelů bylo zjištěno, že modelem stejně jako v reálném provozu projede celkem 3282 vozidel v poměru 1640 služebních vozidel ŠA a 1642 externích subjektů mezi které patří dodavatelé, externí partneři či servisní technici. Dále odpovídalo realitě i využití jednotlivých vjezdových pruhů a kontrolních stanišť v modelovaném provozu. Za pomoci objektu *ExperimentManager* bylo zjištěno, že dochází k několika hodinovým kongescím. Tyto kongesce jsou pro jednotlivé řidiče maximálně v řádech několika desítek sekund, avšak při intervalu 15 sekund jedné kontroly, tak při součtu všech čekajících vozidel, tak je dosaženo hodnoty přesahující šest a půl hodiny. Implementací BR8 do kombinovaného modelu všech tří bran bylo zjištěno, že se tento čas zkrátí na maximálně 55 minut v případě prvního pruhu, 40 minut v případě druhého pruhu a pouze 6,5 minuty v případě nejméně vytíženého třetího pruhu.
- *BR13* – druhým modelem je 13. brána ŠA nacházející se na okraji Kosmonos u MB. Tato brána je rovněž v blízkosti nájezdu na D10. Výsledkem bylo zjištěno, že tento model nedosahuje tak velkého vytížení jako BR8, a to zejména z důvodu většího rozložení průjezdů v rámci 24 hodin. Model ve výsledku obsahoval 36 osobních vozidel, 1057 LKW a 1086 LKW, zásobujících výrobu logistickým procesem JIS. Výsledky objektu

ExperimentManager lze považovat za přijatelné, jelikož při nejméně vhodné variantě dosahuje model jen několika desítek minut dopravních kolon. V případě implementace BR14 dochází jen k desetiminutové kongesci v rámci 24 hodin.

- *BR14* – třetím a posledním modelovaným provozem byl návrh 14. brány Škoda Auto, která by mohla být realizována při dokončení příslušných stavebních prací. K modelu nejsou k dispozici žádná data, a tak bylo extrahováno 50 % průjezdu z předchozích dvou modelů. Současně zvolené parametry průjezdu jsou odlišné od ostatních, jelikož každá skupina vozidel má svůj pruh. Důsledkem toho na vjezdovém pruhu pro PKW dochází k téměř desetihodinovým kongescím. V případě vytvoření simulačního modelu obsahujícího všechny tři brány dochází k snížení těchto kongescí téměř o šest hodin. Snížení podílu času stráveného v dopravních kongescích lze sledovat ve všech třech modelech.

5.2 Návrhy na zlepšení

Existuje několik možností pro zlepšení toku vozidel a snížení dopravních kongescí na vjezdech do areálu společnosti. Mezi ty patří:

- *Identifikace vozidel* – vylepšení současných technologií čtení RZ, kde by se snížila chybovost a systém by byl přesnější a rychlejší i za špatného počasí.
- *Palubní čtečka karet* – v případě realizace nové brány, by mohl vzniknout speciální pruh, kde bude palubní čtečka MFA průkazů ve služebních vozidlech. Tato čtečka by mohla fungovat na principu bezdrátového připojení a došlo by tak k plynulému průjezdu bez nutnosti zastavení. Samozřejmostí je patřičný informační systém, který by musel být odolný vůči zneužití.
- *Zkapacitnění* – další možností je stavební úprava. Tato úprava by mohla přidat jeden vjezdový a jeden výjezdový pruh u 8. brány. Toto by ale vyžadovalo rozsáhlé stavební úpravy a velké množství finančních prostředků.
- *Nová brána* – alternativním a nejlepším způsobem je vybudování nové vjezdové brány do areálu společnosti. Pokud by brána byla podobná návrhu BR14 mohlo by dojít k odklonu části dopravy ze současných dvou bran. Toto

by znamenalo, že by současné dvě brány využívalo méně aut, tudíž by docházelo k menším dopravním zácpám. Tímto řešením by se tok vozidel rozložil mezi tři vjezdové brány a snížil by se tak současný tlak. Z analýzy výsledků modelování dopravních toků na BR14 v PS a z experimentů vyplývá, že strategie omezující se na jeden pruh pro jednu skupinu vozidel není optimálním řešením. Jako alternativa se ukazuje být efektivnější volba s dvěma pruhy pro všechny skupiny vozidel a jeden pruh vyhrazený pro LKW.

- *Omezení přístupu* – pokud by došlo k zavedení nových interních pravidel, která by vedla k redukci vozidel externích partnerů, zmenšil by se tak počet vozidel, která by bránou musela projet. Tímto opatřením by se předešlo situacím, kdy do areálu přijede pět externích partnerů v pěti různých vozidlech ve stejný den a na stejné pracoviště. Namísto toho, by tito externisté zaparkovali svá vozidla na přilehlých parkovištích a společně by využili jedno či dvě vozidla. Výjimku by tvořily například servisní týmy řešící havárie či manažeři a jiné odpovědné a vysoce postavené osoby.

5.3 Zhodnocení provozu CAV

Pokud by došlo k výměně současného naftového tahače s řidičem za tahač autonomní s elektrickým pohonem, mohlo by dojít k zmenšení provozních nákladů z dlouhodobého hlediska. Rozsáhlejších úspor by mohlo být dosaženo v případě nahrazení celých flotil. Při implementaci velkého počtu těchto vozidel by mohlo dojít k až desetimilionovým úsporám. Tato změna by byla velkým krokem pro myšlenku zelené logistiky, digitalizace a v neposlední řadě umělé inteligence.

Prvotní náklady bezpochyby několikanásobně převýší úspory několika prvních let, a to především z důvodu nákupu příslušných softwarů a informačních systémů a dodatečné úpravy infrastruktury včetně nabíjecích míst. Rovněž bude muset dojít k vybudování nabíjecích míst ideálně na nakládkách a vykládkách materiálu, aby byl tahač téměř vždy připraven k použití. Součástí toho budou rozsáhlé stavební úpravy a vymezení odpovědností a povinností na příslušných plochách za pomoci interních norem, legislativy a dopravního značení. Nejdůležitějším aspektem provozu CAV musí být neprolomitelné kybernetické zabezpečení proti případnému zneužití těchto vozidel.

Závěr

Tato práce je zaměřena na dopravní toky v jednom z největších výrobních areálů v České republice, konkrétně v automobilce Škoda Auto a.s. Teoretická část obsahuje popis této firmy, včetně dopravních toků, infrastruktury a kontrolního mechanismu vjezdu vozidel. S využitím autentických dat poskytnutých firmou ŠA byla provedena analýza současných vjezdů a počtu výskytu dopravních přestupků uvnitř areálu.

V rámci teoretické části byly definovány významné funkce, objekty, prvky a ostatní nástroje simulačního programu Tecnomatix Plant Simulation. Pomocí tohoto softwaru byly v praktické části modelovány dva současné vjezdy spolu s jedním navrhovaným. Všechny tři modely následně byly spojeny do jednoho komplexního modelu. V těchto modelech proběhlo i několik experimentů, které poskytují detailní výsledky spolu s grafickým zobrazením s jednotlivými časy kontrol, spolu s porovnáním se současným a navrhovaným stavem. Bylo zjištěno, že realizací nové brány by mohlo dojít k významným časovým i teoretickým nákladovým úsporám vzhledem k dlouhodobé úspoře pohonných hmot při opakovaném absolvování kratších vzdáleností, spolu s plynulejším projetím vjezdovou bránou.

Dále byl představen návrh autonomní technologie LKW, který by mohl najít uplatnění ve výrobních závodech s větší rozlohou. Tento návrh obsahuje detailní kalkulaci nákladů a předpokládaných úspor. Rovněž byla definována i rizika, která by mohla vzniknout v souvislosti s provozem této technologie na pozemních komunikacích.

Na závěr byly jednotlivé simulované modely vzájemně porovnány mezi sebou s využitím výsledků zjištěných z provedených experimentů. Následně byly prezentovány zlepšovací návrhy, jako je úprava brány či vylepšení bezpečnostních informačních systému nebo redukce externích vozidel. V případě implementace těchto návrhů by mohlo dojít ke zkrácení času kontroly nebo jiným způsobem k vylepšení dopravy na klíčových místech areálu. Výsledky a zjištění této práce by mohly být využity v praxi v případě realizace nové vjezdové brány, zejména s ohledem na plánované a již realizované stavby v okolí výrobního závodu.

Seznam literatury

Asseco CEIT. *Ve ŠKODA AUTO nasadili nejnovější logistické roboty slovenského výrobce* [online]. 2020 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://www.asseco-ceit.com/cz/ve-skoda-auto-nasadili-nejnovejsi-logisticke-roboty/>.

AXIOM TECH. *Tecnomatix Plant Simulation* [online]. 2023 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://www.axiomtech.cz/25357-tecnomatix-plant-simulation>.

BANGSOW, Steffen. *Tecnomatix plant simulation: modeling and programming by means of examples*. Springer Nature, 2020. ISBN 978-3-030-41543-3.

BROWNE, Michael; WHITEING, Anthony; MCKINNON, Alan. *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics*. India: Kogan Page Publishers, 2015. ISBN 978-0-7494-7185-9.

ČERNÝ, David; VACULÍN, Ondřej a ZÁMEČNÍK, Petr (ed.). *Automatizované řízení vozidel a autonomní doprava: technické a humanitní perspektivy*. Praha: Academia, 2022. ISBN 978-80-200-3358-1.

E.ON. *Elektromobil jede. Ale jaké jsou celkové náklady na jeho provoz* [online]. 2023 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/alternativni-doprava/elektromobily/elektromobil-jede-ale-jake-celkove-naklady-na-jeho-provoz/>.

Etická doporučení MD. Etická doporučení pro provoz propojených a autonomních vozidel [online]. Ministerstvo dopravy, 2021 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Uzitecne-odkazy/Veda,-vyzkum,-inovace/Eticka-komise>.

FRAMO. *ETrucks factory logistics* [online]. 2018 [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: https://www.framo-eway.com/wp-content/uploads/2018/08/180918_00_AU1800068_Framo_folder_digital_werkslogistik_EN.pdf.

General Guidelines. General Guidelines for Active Traffic Management Deployment [online]. Texas Transport Institute, 2011 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: https://utcm.tti.tamu.edu/publications/final_reports/Kuhn_10-01-54_Interim.pdf.

JÄGER, Jan. a BENEŠ František. *Dopravně provozní řád v Škoda Auto a.s.* 2012.

MANNERING, Fred L. a WASHBURN, Scott S. *Principles of highway engineering and traffic analysis*. Seventh edition. Hoboken, NJ: Wiley, 2020. ISBN 978-1-119-49413-3.

MERVART, Michal; RATHOUSKÝ, Bedřich; KOLÁŘ, Petr a NOVÁK, Radek. *City logistika*. Praha: Wolters Kluwer, 2021. ISBN 978-80-7676-212-1.

Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Ceny pohonných hmot v ČR* [online]. 2023 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/ropa-ropne-produkty/ceny-pohonných-hmot-v-cr--272708/>.

ML Truck. *What is the Autonomous Driving Level?* [online]. 2023 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://www.ml-vehicle.com/info/what-is-the-autonomous-driving-level-85883358.html>.

Průvodce zákonem č. 250/2016 Sb. Průvodce zákonem č. 250/2016 Sb., o odpovědnosti za přestupky a řízení o nich [online]. 3. doplněná verze, aktualizovaná ke dni 1. února 2022. Ministerstvo vnitra České republiky, 2022 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/soubor/pruvodce-novou-upravou-prestupkoveho-prava.aspx>.

RICHARDS, Gwynne. *Warehouse management: the definitive guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*. Fourth edition. London, United Kingdom: Kogan Page, 2022. ISBN 978-1-7896-6841-4.

Ředitelství silnic a dálnic ČR. In: *D10 MÚK Kosmonosy* [online]. 2022 [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://kraje.rsd.cz/stredocesky/blog/2022/07/14/d10-muk-kosmonosy/>

Siemens. Siemens Industry Software, Inc. *Comment (object)* [online]. 2019a [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: https://docs.plm.automation.siemens.com/content/plant_sim_help/15/plant_sim_all_in_one_html/en_US/tecnomatix_plant_simulation_help/step_by_step_help/step_by_step_help.html.

Siemens. Siemens Industry Software, Inc. *EventController (object)* [online]. 2019b [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: https://docs.plm.automation.siemens.com/content/plant_sim_help/15/plant_sim_all_in_one_html/en_US/tecnomatix_plant_simulation_help/step_by_step_help/step_by_step_help.html.

Škoda Auto a.s. *Historie naší společnosti* [online]. 2023a [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/o-spolecnosti/logo-historie>.

Škoda Auto a.s. *Policie ČR rozšiřuje svoji flotilu o vozy Škoda Kodiaq* [online]. 2023b [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/novinky/novinky-detail/2023-10-17-policie-cr-rozsiruje-svoji-flotilu-o-specialne-vybavene-vozy-skoda-kodiaq>.

Škoda Mobil. *Do cizích rukou nepatří* [online]. 2020 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://www.skodamobil.cz/cz/2-2020/tipy-a-triky>.

Škoda Storyboard. *Pět stupňů k autonomnímu řízení* [online]. 2016 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/skoda-svet-cs/inovace-a-technologie/pet-stupnu-k-autonomnimu-rizeni/>.

Traffic Bottlenecks. Traffic Bottlenecks Identification and Solutions [online]. U.S. Department of Transportation. 2016 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/311667537_Traffic_Bottlenecks_Identification_and_Solutions.

Technické podmínky. Zásady pro označování pracovních míst na pozemních komunikacích, Technické podmínky 66 [online]. 3. vydání. Ministerstvo dopravy; Ředitelství silnic a dálnic, 2015 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://pjpk.rsd.cz/technicke-podminky-tp/>.

Zelená logistika. *Elektrický kamion* [online]. 2021 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://www.zelenalogistika.cz/elkw.html>.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 Flotila firmy Asseco CEIT	12
Obr. 2 SAE – úrovně automatizace	13
Obr. 3 Loga 21. století společnosti Škoda Auto a.s.....	16
Obr. 4 Schéma C/4, zúžení vozovky na jeden jízdní pruh.....	17
Obr. 5 Základní rozdíl mezi SimTalk 1.0 a 2.0.....	26
Obr. 6 Porovnání využití BR8 a BR13 během 24 hodin	28
Obr. 7 Základní model.....	29
Obr. 8 Metoda mStatprujezdu vytvořena SimTalkem 2.0	32
Obr. 9 Model 8. brány ŠA.....	34
Obr. 10 Jízdní pruhy uvnitř areálu za 8. bránou	35
Obr. 11 Model 13. brány ŠA.....	36
Obr. 12 Model návrh BR14.....	37
Obr. 13 Kombinovaná simulace	39
Obr. 14 Grafický výstup prvního pruhu s rozdíly mezi experimenty.....	41
Obr. 15 Grafický výstup JIS pruhu s rozdíly mezi experimenty	42
Obr. 16 Grafický výstup PKW pruhu s rozdíly mezi experimenty	43
Obr. 17 Grafický výstup porovnání nejvytíženějších pruhů BR8 a BR14.....	44
Obr. 18 Grafický výstup BR13.....	44

Seznam tabulek

Tab. 1 Porovnání počtu dopravních přestupků mezi roky 2022 a 2023.....	20
Tab. 2 Failures	25
Tab. 3 Využití vjezdových bran jednotlivými skupiny.....	28
Tab. 4 Rozměry MU	31

Tab. 5 Ukázka Delivery Time MU.....	33
Tab. 6 Navrhované průjezdy BR14	37
Tab. 7 Poměr blokování PBF v jednotlivých modelech	39
Tab. 8 Definované experimenty.....	40
Tab. 9 Výsledky ExperimentManager BR8.....	41
Tab. 10 Výsledky ExperimentManager BR13.....	42
Tab. 11 Výsledky ExperimentManager BR14.....	43
Tab. 12 Náklady a úspory návrhu CAV Framo	46

Seznam příloh

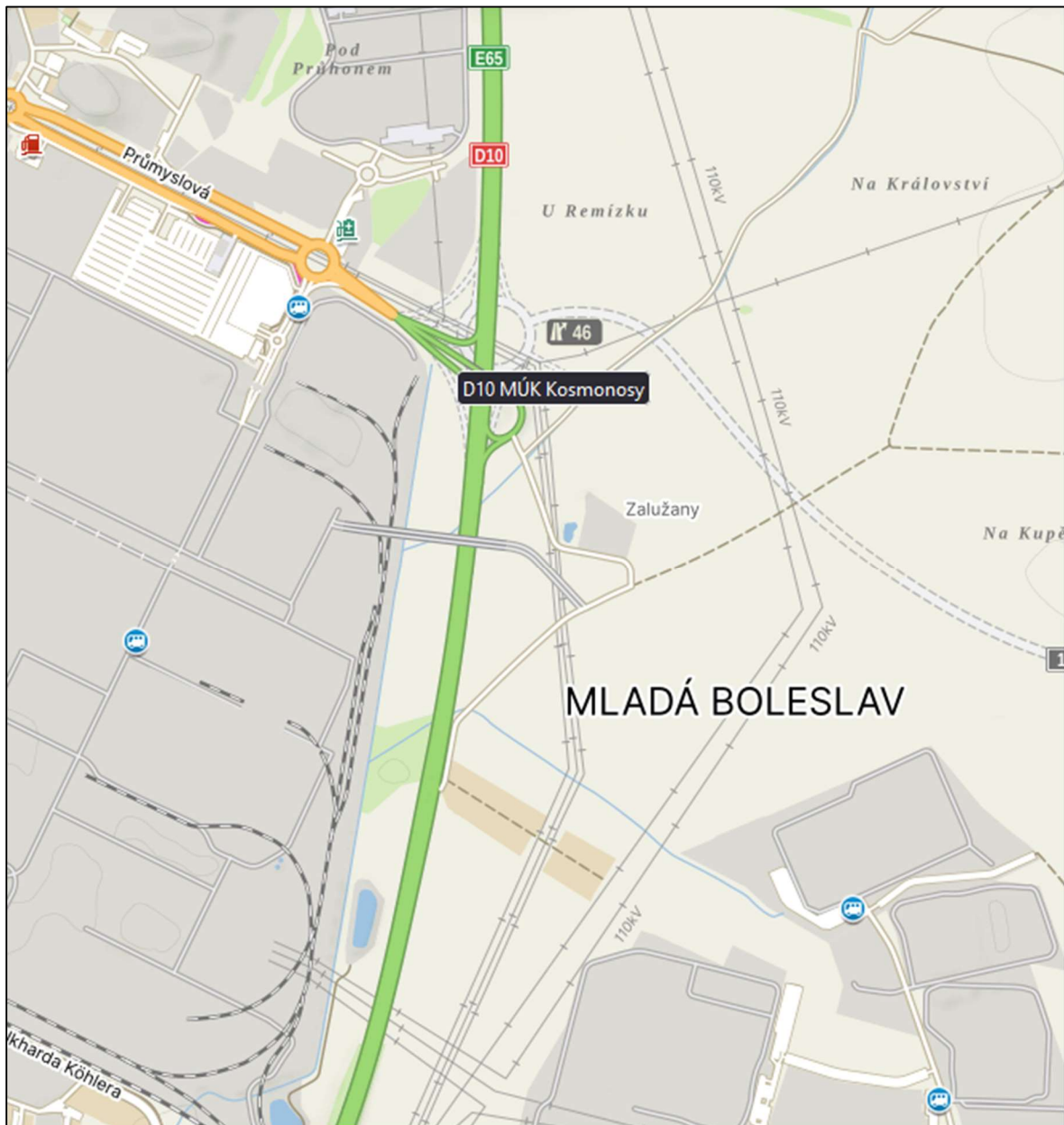
Příloha 1 Plánovaná stavba D10 a návrh BR14	57
Příloha 2 Současný stav D10	58

Příloha 1 Plánovaná stavba D10 a návrh BR14



Zdroj: Upraveno dle (Ředitelství silnic a dálnic, 2022)

Příloha 2 Současný stav D10



ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Dominik Šulc		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	Specializace Logistika a management kvality		
NÁZEV PRÁCE	Analýza vybraných dopravních toků ve společnosti Škoda Auto a.s.		
VEDOUCÍ PRÁCE	doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.		
KATEDRA	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2023
POČET STRAN	60		
POČET OBRÁZKŮ	18		
POČET TABULEK	12		
POČET PŘÍLOH	2		
STRUČNÝ POPIS	<p>Tato práce se zaměřuje na analýzu dopravní situace ve společnosti Škoda Auto a.s. ve výrobním závodě Mladá Boleslav s důrazem na identifikaci úzkých míst a evidenci frekvence výskytu dopravních přestupků. Cílem je zhodnotit současnou dopravní infrastrukturu týkající se současných a budoucích možností vjezdu do areálu za pomoci softwaru Plant Simulation.</p> <p>Práce rovněž prezentuje společnost Škoda Auto a.s., navrhuje provoz a identifikuje rizika autonomních technologií na pozemních komunikacích spolu s potenciaální kalkulací nákladů a úspor.</p> <p>Celkem byly modelovány dva aktuální dopravní toky a jeden navrhovaný. Získaná data spolu s navrhovaným zlepšením z těchto simulací v podobě experimentů lze využít pro zlepšení dopravní situace.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Doprava, úzké místo, Tecnomatix Plant Simulation, dopravní přestupek, autonomní technologie, experiment, riziko, vjezd, pozemní komunikace, dopravní kongesce, bezpečnost, plynulost		

ANNOTATION

AUTHOR	Dominik Šulc		
FIELD	Specialization Logistics and Quality Management		
THESIS TITLE	Analysis of selected traffic flows within the company Škoda Auto a.s.		
SUPERVISOR	doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.		
DEPARTMENT	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	YEAR	2023
NUMBER OF PAGES	60		
NUMBER OF PICTURES	18		
NUMBER OF TABLES	12		
NUMBER OF APPENDICES	2		
SUMMARY	<p>This thesis focuses on analysing the traffic situation within Škoda Auto a.s., specifically at the Mladá Boleslav manufacturing plant, with an emphasis on identifying bottleneck areas and frequency of traffic violations. The objective is to evaluate the current transportation infrastructure, considering both present and future entry possibilities into the facility, with the use of Plant Simulation software.</p> <p>The thesis introduces company Škoda Auto a.s., proposes operational improvements, and identifies risks associated with the use of autonomous technologies on roads, along with potential cost calculations and savings.</p> <p>Two existing traffic flows and one proposed flow were simulated. The data obtained, along with proposed enhancements resulting from these simulations, can be used to improve the overall traffic situation.</p>		
KEY WORDS	Transportation, bottleneck, Tecnomatix Plant Simulation, traffic violation, autonomous technology, experiment, risk, entry, road, traffic congestion, safety, smoothness		