



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMATIZACE INŽENÝRSKÝCH ÚLOH A INFORMATIKY

INSTITUTE OF COMPUTER AIDED ENGINEERING AND COMPUTER SCIENCE

MODELOVÁNÍ POHYBU OSOB V INTRAVILÁNU MĚSTA

MODELING THE MOVEMENT OF PEOPLE IN THE URBAN ENVIRONMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Eliška Šenovská

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETRA OKŘINOVÁ

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3656 Městské inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program
Studijní obor	3647R025 Městské inženýrství
Pracoviště	Ústav automatizace inženýrských úloh a informatiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Eliška Šenovská
Název	Modelování pohybu osob v intravilánu města
Vedoucí práce	Ing. Petra Okřinová
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

doc. Ing. Aleš Krejčí, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Výkresové a mapové podklady pro řešené území; profilový průzkum frekvence chodců; vyhláška č. 501/2006 Sb. – ve znění pozdějších předpisů; TP 103 Navrhování obytných a pěších zón; další související zákony, vyhlášky, normy ČSN, technické podmínky a předpisy; vyhlášky a nařízení vydané přímo městem Brnem; odborné texty, studie věnující tématu navrhování územních celků, urbanismu a odborná literatura zabývající se dynamikou davu (např. G. Keith Still Crowd Dynamic); odborná literatura zabývající se numerickým modelováním a obsluhou software; příp. další podklady.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem bakalářské práce je definovat optimální uspořádání prostoru, konkrétně řešené části území města, včetně městského mobiliáře a všech náležitostí pro komfortní a plynulý pohyb osob. Pro samotnou optimalizaci budou využity výsledky sestaveného modelu, které mohou ovlivnit navrhování za účelem zvýšení kvality venkovního prostoru ve fázi přípravy a plánování staveb. Samotné výstupy poslouží k návrhu optimalizace zájmového území. V rámci práce bude provedena analýza zkoumaného území, která bude podrobně popsána se všemi aspekty ovlivňující provoz v této části města. Textová část bude doplněna o základní rešerši týkající se problematiky dynamiky davu a vlastní popis užití software pro tvorbu modelů. Přílohou práce může být specializovaná část, o jejímž zpracování bude rozhodnuto vedoucím práce v průběhu práce studenta na zadaném tématu.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Petra Okřinová
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zaměřuje na posouzení možnosti umístění venkovních posezení do Masarykovy ulice v městě Brně, tak aby nebyl negativně ovlivněn pohyb osob touto pěší zónou.

Cílem práce je porovnání několika variantních scénářů, které vychází ze současného stavu a následné doplnění o vliv dopravy, proudění chodců a různá geometrická uspořádání. Závěrem je určení, u kterých restauračních podniků by byla možnost doplnění zahrádek do koridoru Masarykovy ulice.

KLÍČOVÁ SLOVA

Model, Pathfinder, pohyb osob, dav, pěší zóna, Masarykova ulice

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on the assessment of the possibility of placing outdoor sitting on Masaryk Street so that the movement in this pedestrian zone is not adversely affected.

The aim of the thesis is to compare several variant scenarios, which are based on the current state of the street and the subsequent addition of the influence of traffic, pedestrian flow and various geometric arrangements. In conclusion, it is determined which restaurant companies would be able to add the outdoor sitting to the Masaryk Street.

KEYWORD

Model, Pathfinder, movement of persons, crowd, pedestrian zone, Masaryk street

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Eliška Šenovská Modelování pohybu osob v intravilánu města. Brno, 2018. 59 s., 1 CD příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav automatizace inženýrských úloh a informatiky. Vedoucí práce Ing. Petra Okřinová

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2018

Eliška Šenovská
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 25. 5. 2018

Eliška Šenovská
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Nejprve bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Petře Okřinové, za její vedení, strávený čas, trpělivost a cenné rady, které mi byly pomocí v průběhu zpracování této bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala mému kamarádovi, Janu Brožkovi za ochotu, trpělivost a pomoc, kterou mi poskytl v minulých 4 letech. Děkuji také mým rodičům za to, že mi umožnili studium na vysoké škole a tím i rozvoj mých znalostí. V neposlední řadě bych ráda poděkovala mému manželovi za podporu a toleranci v době mého studia.

Obsah

1	Úvod.....	4
2	Teoretická část	5
2.1	Technologie modelů pohybu osob	5
2.1.1	Makroskopické modely.....	5
2.1.2	Modely na principu celulárních automatů	5
2.1.3	Modely s agentní technologií.....	6
2.2	Software – Pathfinder.....	6
2.2.1	Princip fungování.....	7
2.2.2	Využití programu v praxi.....	7
2.2.3	Základní vstupní data pro model	7
2.2.3.1	Geometrie	8
2.2.3.2	Populace	8
2.2.3.3	Rychlost.....	8
2.2.3.4	Reakční doba	9
2.2.3.5	Volba trasy.....	9
2.2.4	Úroveň kvality pěší dopravy.....	9
2.3	Pohyb lidí	11
2.3.1	Individuální prostor a velikost lidí.....	12
2.3.2	Skupina osob a její hustota	13
2.3.2.1	Statický dav	14
2.3.2.2	Dynamický dav.....	15
2.3.2.3	Pohyb statického a dynamického davu.....	16
2.3.3	Mechanismy davové tragédie	18
2.3.3.1	Dav	18
2.3.3.2	Davový kolaps.....	18

2.3.3.3	Tlačénice.....	18
2.3.3.4	Davová panika.....	19
3	Zkoumaný územní celek.....	20
3.1.1	Obecné informace o území	20
3.1.2	Popis řešeného území a informace pro model	21
3.1.2.1	Využití okolního přilehlého prostoru	22
3.1.3	Provoz.....	29
3.1.3.1	Pěší	29
3.1.3.2	Provoz vozidel.....	31
3.1.4	Dopravní problémy na ulici Masarykova	33
4	Model řešeného území	36
4.1	Vstupní data	36
4.2	Model 1	38
4.2.1	Popis varianty	38
4.2.2	Výstup.....	39
4.2.3	Problematická místa.....	40
4.2.4	Shrnutí.....	41
4.3	Model 2	41
4.3.1	Popis varianty	41
4.3.2	Výstup.....	42
4.3.3	Problematická místa.....	43
4.3.4	Shrnutí.....	44
4.4	Model 3	44
4.4.1	Popis varianty	44
4.4.2	Shrnutí.....	45
4.4.3	Problematická místa.....	46

4.4.4	Shrnutí.....	48
4.5	Model 4	48
4.5.1	Popis varianty	48
4.5.2	Výstup.....	50
4.5.3	Problematická místa.....	50
4.5.4	Shrnutí.....	51
4.6	Modely – závěr.....	51
5	Závěr	53

1 Úvod

Pohyb je jednou z nejběžnějších a nejpřirozenějších činností člověka. Chůze je zároveň nejstarší forma přepravy osob, v minulých letech byla chůze postupně nahrazena jízdou na kolech, motocyklech, auty a jinými dopravními prostředky. V současné době se lidé k chůzi vrací, mimo jiné v rámci zdravějšího životního stylu. Dá se říct, že politikou měst je nyní podpora pohybu lidí, ať už zlepšením stávajících cest, podporou většího počtu míst určených pro pěší nebo omezením vjezdu automobilových vozidel do center měst. Těmto tématům se věnuje i Plán udržitelné městské mobility města Brna, kde je jedním ze strategických cílů zvýšení podílů cest cyklistické a pěší dopravy nebo zvýšení počtu a kvality veřejných prostor.

Tato bakalářská práce se zabývá pohybem osob v intravilánu města Brna, konkrétně po ulici Masarykova, která je pěší zónou. Práce se zabývá možnostmi umístění venkovního posezení k stávajícím restauračním podnikům, které se v Masarykově třídě nachází a zkoumá jakým způsobem by umístění venkovních posezení ovlivnilo pohyb osob touto ulicí. V rámci této práce byly vytvořeny 4 variantní modely v programu Pathfinder, tyto modely vychází ze skutečného stavu řešeného území (geometrie, mobiliář, parkovací plochy, zahrádky v okolních ulicích) a dále byly tyto modely doplněny o venkovní posezení u podniků s předpokládaným zájmem (restaurace, bary, rychlá občerstvení). Následně byl zkoumán vliv těchto zahrádek na pohyb osob.

Cílem této práce je určit, u kterých podniků by umístění zahrádek nevytvářelo problémy a neomezovalo pohyb proudících lidí.

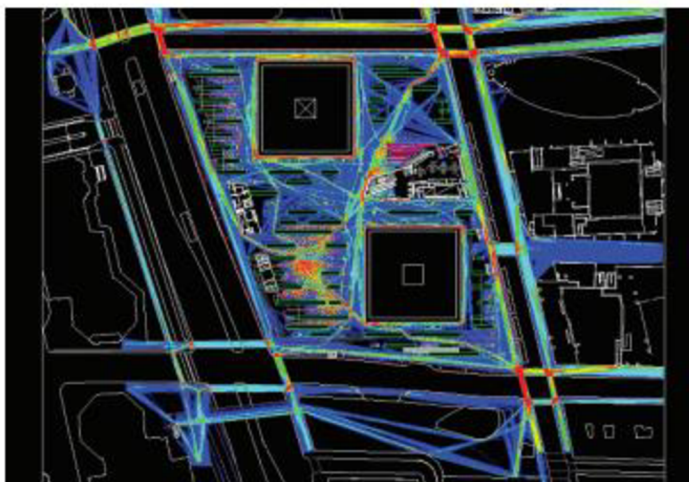
2 Teoretická část

Teoretická část se zaměřuje na technologie modelů pohybu osob a dále podrobněji na program Pathfinder. Popisuje princip jeho fungování, potřebná data k tvorbě modelů a jeho využití. Dále se zabývá úrovní kvality pěší dopravy a úrovní kvality komunikací. V neposlední řadě definuje dav, tlačenci a davovou paniku.

2.1 Technologie modelů pohybu osob

2.1.1 Makroskopické modely

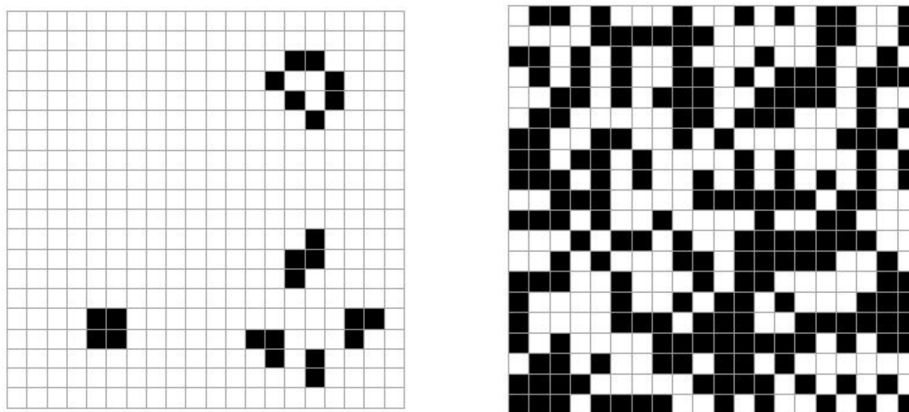
Makroskopické modely znázorňují osoby jako něco spojitého, nepřetržitého. Základem je, že nepracují s jednotlivci, ale zobrazují osoby jako celek. Analogicky si je můžeme představit jako kapalinu nebo plyn. Charakteristické vlastnosti se tak nastavují pro celky, a ne pro jednotlivce, to je jeden z důvodů proč se pro simulaci pohybu osob nevyžívají. [1]



Obrázek 1: Makroskopická síť [1]

2.1.2 Modely na principu celulárních automatů

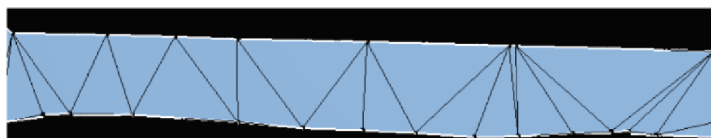
Celulární automaty zobrazují síť diskrétně. Modely s diskrétní sítí fungují na principu pohybu po prázdných (bílých) a plných (černých) čtvercích. Osoby se pohybují po bílých čtvercích, černé čtverce představují plná políčka, na která se nedá vstoupit, osoba musí počkat, až se políčko uvolní. V tomto modelu nejsou zohledněny různé vlastnosti pohybujících se osob (například rozdílná rychlost pohybu) díky tomu se model nechová přirozeně. [1]



Obrázek 2: Zobrazení diskrétní sítě [2]

2.1.3 Modely s agentní technologií

Tyto modely se vyznačují především triangulační sítí. Jedná se o spojitou síť trianglů, které, stejně jak předešlá čtvercová síť, slouží k pohybu. Pohybující se agenti nejsou nuceni jít triangly, danou síť vůbec nevnímají. Pojem agent představuje chodce jako samostatnou jednotku. Model se chová přirozeně, interakce agentů funguje jako v běžném prostředí, kde si cestu prorazí silnější či rychlejší osoba. Díky tomuto realistickému přiblížení se skutečnosti je tato technologie nejvyužívanější. [1]



Obrázek 3: Znárodnění triangulační sítě

2.2 Software – Pathfinder

Pathfinder je program, který se používá pro simulaci volného pohybu osob a k simulaci evakuace osob z prostoru. Program vyvinula firma Thunderhead Engineering Consultants, Inc, která se zabývá simulováním krizových situací. Uživatelské rozhraní slouží k vytvoření modelu a jeho simulaci, jako vstupní informace můžeme použít elektronický podklad. Program Pathfinder se skládá ze tří parametrů. První část tvoří grafické rozhraní, které slouží uživatelům pro tvorbu modelu. Druhá část je simulátor, který zajišťuje samotnou simulaci (výpočetní část) a třetí část tvoří 3D vizualizační nástroje, ty slouží k zobrazení výsledků simulace. Výsledkem je mimo jiné i 3D vizualizace zobrazující určitý prostor a pohyb osob uvnitř něj. [1]

2.2.1 Princip fungování

Pathfinder funguje na principu trojrozměrné triangulační sítě (spojitá síť), která vytváří geometrii modelu. Jedná se o tzv. navigační mřížku, která je tvořena trojúhelníky a osoby se po ní mohou volně pohybovat. Díky tomu může Pathfinder přesně zobrazovat geometrické detaily a křivky. Tento princip také usnadňuje plynulý pohyb osob v navrhovaném modelu.

Navrhovat pohyb osob v programu můžeme pomocí dvou různých přístupů. První přístup je režim SFPE, druhý je režim řízený agenty, druhý je režim inverzního řízení (steering). Mezi režimy se v uživatelském rozhraní dá volně přepínat. [1]

SFPE

První přístup je SFPE režim. V tomto režimu agenti mají dané chování, které vychází z pokynů standardů SFPE. Primárně ovlivňující faktor je hustota osob v místnosti a v případě chování v koridorech je to pak šířka dveří. [1]

Steering

V tomto režimu se agenti vyhýbají ostatním osobám a jiným překážkám, ale jinak se řídí nezávisle. Tento režim předpokládá, že každá osoba má svoji danou trajektorii a dokáže ji v cestě za cílem přehodnotit, takže pokud se původní trasa, kterou měly osoby projít, stane neprůchozí, osoby nebudou stát na místě a čekat na zprůchodnění, jak tomu je u prvního typu chování, ale zvolí si jinou trasu a problémové místo obejdou. Po celou dobu simulace dochází tedy k průběžnému přehodnocování trasy. Inverzní režim tak vede k reálnějším simulacím, protože ve skutečnosti by se lidé snažili problémové místo obejít. [1]

2.2.2 Využití programu v praxi

Je vhodné využít simulaci v projekční fázi u projektů, kde se předpokládá velká kumulace lidí a je důležité zajistit a ověřit dostatečnou bezpečnost pohybu osob v navrhovaném projektu. Dále je vhodný ke zkoumání pohybu pěších či vozidel v ulicích a jiných prostranstvích nebo lze využít k řešení případné evakuace osob z daného prostoru (stavby, interiér, exteriér). Simulace se provádí s reálnými daty (geometrie, parametry osob,...), abychom jsme se přiblížili k co nejrealističtějším výstupům.

Model obsáhne více než jedinec klasickým řešením. Jednou z výhod modelování v programu Pathfinder je vizuální výstup, který slouží k analýze dat a k samotnému uvědomění si procesu pohybu ve zkoumaném celku.

2.2.3 Základní vstupní data pro model

Základní vstupní data pro model jsou tvořeny primárně z **geometrie, populace, rychlosti a charakteristiky osob**. Data pro geometrii jsou většinou daná například v podobě katastrálních map, půdorysů budov nebo jiných technických výkresů a jsou snadno

dohledatelná. Obtížněji dostupné bývají informace o samotné populaci. Nejčastěji se vychází ze statistik o pohybu osob/vozidel v případě, že takové statistiky ještě nejsou zpracované a tvorba statistiky není možná nebo na ni není čas, můžeme využít statistiku pro podobně vytížené místo, historická data nebo provést místní šetření.

2.2.3.1 Geometrie

Jako vstupní hodnoty pro geometrii modelu jsou potřeba informace o prostorovém uspořádání zkoumaného území spolu s přilehlým okolím. Dále je nutno zohlednit budovy a jiné stavby stejně tak případné překážky typu ramp, schodů, sloupů či jiných pevných objektů. Potřebné informace můžeme do modelu importovat ve formě elektronického podkladu ze souborů ve formátu DXF, DWG, FBX, PSM (pyroSim file) aj. Tyto soubory je nutné před vložení upravit, například odstraněním dvojitých čar nebo pro model nepotřebných objektů a ujistit se, že geometrie odpovídá našim požadavkům. Je uživatelsky přijatelnější úprava podkladu v jiném programu, např. AutoCAD. Dalším typem podkladu mohou být například mapové obrázky ve formátu GIF, JPG nebo PNG. [1]

2.2.3.2 Populace

Obecně platí, že každá osoba v rámci populace je samostatná jednotka. Chování osob se dá nastavit dvěma způsoby, buď se definuje v rámci vlastností populace (rychlost, směr, hustota aj.) nebo můžeme využít přednastavených dat v programu. Následný pohyb osob a jejich trajektorie můžeme sledovat například pomocí vizualizace. Dalšími faktory, které ovlivňují populaci, mohou být reakční doba a volba trasy.

2.2.3.3 Rychlost

Každá osoba má svoji individuální rychlost chůze. Rychlost závisí mimo jiné na věku, zdravotním stavu a spěchu dané osoby. Je rozdíl, jestli člověk spěchá do práce či na vlak nebo si vyšel na odpolední procházku. Dále rychlost chůze závisí na zalidněnosti prostředí. Lidé půjdou rychleji po prázdném chodníku než v přelidněném podchodě. Faktor ovlivňující rychlost chůze může být i stav povrchu chodníku či pěší zóny a překážky v cestě, kterým se chodec musí vyhnout. Překážkami mohou být zahrádky a venkovní posezení před restauračními zařízeními, poutací cedule, stojící skupinka lidí, čekající na příjezd autobusu nebo i důchodce či invalida pohybující se pomalu.

Rychlost pohybu neboli chůze osob v modelu je jedním z důležitých parametrů, které se v rámci vstupních parametrů nastavují. Dle dat Ulricha Weidmana (Transport technik der Fußgänge) je rozptyl rychlosti různý pro ženy a muže v závislosti na věku, viz Tabulka 1. Střední rychlost je pro ženy je $1,27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a pro muže $1,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ při pohybu po rovině. [3]

Tabulka 1: Rozdělení rychlosti chůze v závislosti na věku [3]

Rychlost osob dle Ulricha Weidmana [m.s ⁻¹]					
Ženy	Min.	Max.	Muži	Min.	Max.
<30 let	0,516	1,433	<30 let	0,580	1,610
30-50 let	1,255	1,371	30-50 let	1,410	1,514
>50 let	0,605	1,255	>50 let	0,671	1,392
Snížená pohyblivost	0,409	0,676	Snížená pohyblivost	0,460	0,760

2.2.3.4 Reakční doba

Reakční dobu si můžeme představit jako interval, který uplyne mezi podnětem a reakcí člověka a je úzce spjata s pozorností. Člověk potřebuje určitou dobu od podnětu (vjemu) k vytvoření reakce. Průměrný čas k zaregistrování vjemu je 0,2 s. Vytvořit okamžitou reakci trvá 0,4–0,8 s. Jedná se o okamžitou reakční rychlost, kdy si během chvilky všimneme, že například ze zatáčky vyjelo auto a jede nepřiměřenou rychlostí přímo na nás. Ale doba, kterou člověk potřebuje k vytvoření reakce, tzn. odskočení z trasy automobilu a tím pádem k záchraně svého života, je daleko delší a závisí na faktorech, jako jsou věk osoby, fyzická zdatnost, postřeh, okolní prostředí aj. [4]

2.2.3.5 Volba trasy







Trasu v modelu můžeme definovat dvěma způsoby, staticky nebo dynamicky. Pokud přesně vymežíme, odkud kam osoby půjdou (včetně všech průchozích míst), jestli se někde zdrží a jak rychle se budou pohybovat, jedná se o statické definování pohybu. Opakem je dynamická volba, tam nadefinujeme pouze začátek a konec cesty osoby a trajektorii si osoba zvolí sama. [1]

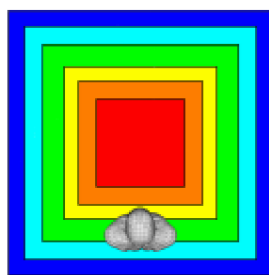
2.2.4 Úroveň kvality pěší dopravy

Metoda Johna J. Fruina

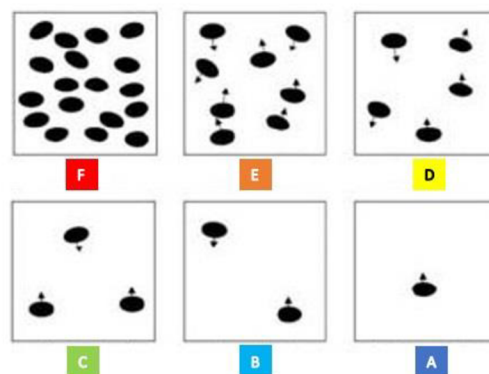
Pojem úroveň kvality pěší dopravy si můžeme představit jako popis míry využití dopravních komunikací. K popisu používáme stupnici A-F. Úroveň A zobrazuje situaci s volnou, ničím neomezenou dopravou. Pravým opakem je úroveň F, tedy moment, kdy je doprava velmi hustá, omezená nebo téměř stojí. Původně byla stupnice vytvořena pro pohyb motorových vozidel, v současnosti se používá i k popisu pohybu pěších. John J. Fruin rozlišuje užívané prostředí: chodníky, schodiště, čekací plochy v souvislosti vlastnostmi pěšího proudu jako jsou rychlost, intenzita či hustota. [5]

Tabulka 2: Úroveň kvality dopravy dle Johna J. Fruina [5]

Úroveň kvality pěší dopravy dle Johna J. Fruina		
Úroveň	Popis	
A	Volný pohyb chodce ve všech směrech.	
B	Volný pohyb chodce ve všech směrech, může docházet ke křížení cest chodců při změně směru.	
C	Chodci jsou často nuceni snižovat rychlost z důvodu interakce.	
D	Vlivem interakce dochází ke snížení rychlosti, nucené změně dráhy, chodci se navzájem zavazují.	
E	Dochází ke sjednocení rychlosti davu, může docházet k zastavení.	
F	Sjednocený dav se pohybuje pomalu s častým zastavením, interakce je nepřetržitá.	



Obrázek 4: Grafické znázornění úrovně kvality dopravy vzhledem ke stojící osobě [5]



Obrázek 5: Grafické znázornění úrovně kvality dopravy dle Johna J. Fruina [6]

Úroveň kvality komunikací pro chodce dle ČSN 73 6110

Úroveň kvality komunikací pro chodce je řešena dle ČSN 73 6110 – projektování místních komunikací [7]

Dle ČSN 73 6110:
 „Základním kritériem pro určení úrovně kvality komunikací pro chodce je rychlost pohybu chodců, která odráží pohodlí (komfort) pohybu chodce. Rychlost cca 2,5 km/h je nepřirozeně pomalá a odpovídá hustotě 1,3 až 1,7 chodce (osoby) na 1 m². Při hustotě 0,7 chodce/m² a více se rychlost zvýší pouze na 3 až 3,5 km/h. Při tomto stavu musí i pomalí chodci snížit rychlost pohybu. Teprve při hustotě 0,25 chodce/m² a méně mohou nejrychlejší chodci dosáhnout své požadované rychlosti cca 6,5 km/h.“

(Pozn.: Pro přehlednost 2,5 km.hod⁻¹ = 0,69 m.s⁻¹, 3,5 km.hod⁻¹ = 0,97 m.s⁻¹, 6,5 km.hod⁻¹ = 1,81 m.s⁻¹)

Česká norma na rozdíl od studií U. Weidmana nerozlišuje rychlost pohybu chodců podle pohlaví a ani věku. Samotné požadavky na prostor chodců jsou definovány obecně bez přihlídnutí k typu komunikace, jak třeba stanovuje J. J. Fruin (pro chodníky, schody a čekací plochy)

Dle ČSN 73 6110:

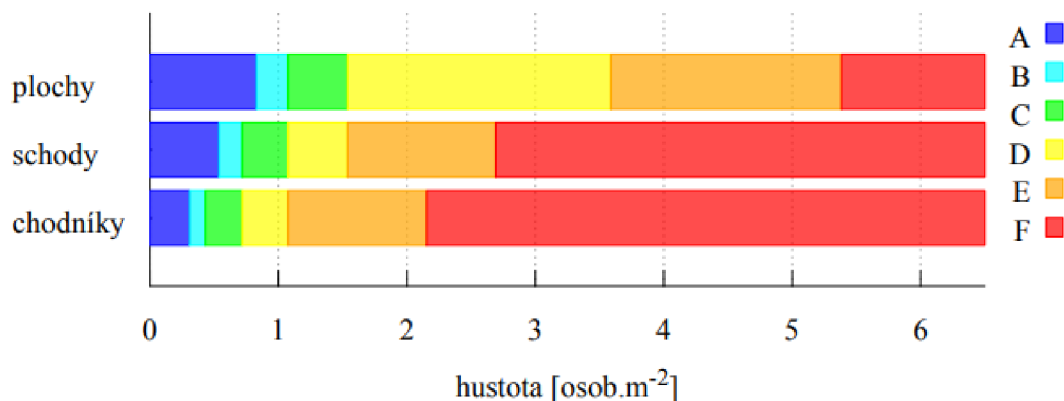
„Dalšími kritérii jsou možnosti manévru v proudu chodců. Možnost překřížit proud chodců je narušena při hustotě 3 až 2,5 chodce/m², možnost předcházet pomalejší chodce se zhoršuje při hustotě nad 0,3 chodce/m² a není možná při hustotě 0,6 chodce/m². Zcela volný pohyb chodců bez konfliktů je možný až při hustotách pod 0,1 chodce/m².

Tabulka 3: Výkonnost komunikace pro chodce ve vztahu k úrovni kvality [7]

Stupeň úrovně kvality	Průměrná hustota chodců/m ²	m ² /chodce	Průměrná rychlost km/h	Výkonnost chodců/h/pru h	Charakteristika
A	0,08	12	4,8	120 – 180	Chodec se pohybuje volně, zvolenou rychlostí, bez konfliktů
B	0,27	3,7	4,6	240 – 360	Pohyb je stále volný, vliv přítomnosti dalších chodců je malý
C	0,45	2,2	4,4	600 – 900	Možnost jak chůze normální rychlostí, tak předcházení v jednom směru, menší konflikty při křížných a protisměrných pohybech, mírné snížení rychlosti
D	0,71	1,4	4,1	900 – 1 300	Volba rychlosti a předcházení je omezena, křížné a protisměrné pohyby vyžadují změny rychlosti a polohy a jsou konfliktní, citelné interakce mezi chodci
E	1,67	0,6	2,7	1 500 – 2 200	Značné omezení rychlosti, předcházení není možné, křížné a protisměrné pohyby jen s velkými obtížemi, limitní stav kapacity s přerušováním až zastavováním pohybu
F	> 1,7	< 6	proměnná		Pohyb je nestálý a možný jen posunováním, stálý kontakt s ostatními chodci, křížné a protisměrné pohyby vyloučeny, stav se blíží shluku chodců bez pohybu

2.3 Pohyb lidí

Každý jedinec má své prostorové potřeby, tyto potřeby jsou odlišné pro stávajícího jedince a člověka v dynamickém pohybu. To stejné platí pro pohyb v davu, kde jsou tyto nároky na pohyb velice důležité, riziko davového kolapsu roste se zvyšující se hustotou osob. Dle ČSN 73 6110 – projektování místních komunikací představuje počet 0,75 os.m⁻² volný pohyb bez vzájemného omezení a kritickou hodnotou je 0,25 os.m⁻², kdy je pohyb osob znemožněn viz Tabulka 4. Podrobněji se prostorovým potřebám osob věnuje John. J. Fruin.



Obrázek 6: Porovnání různých typů komunikace dle Fruinovy úrovně kvality pěší dopravy [5]

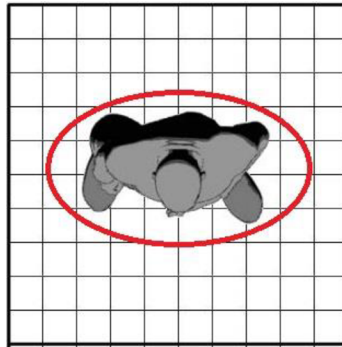
Tabulka 4: Úroveň kvality pohybu chodců ve shluku i v proudu [7]

Stupeň úrovně kvality	Průměrný počet osob/m ²	Průměrná plocha m ² /osobu	Charakteristika	Typické užití
A	0,75	1,4	Stání nebo volný pohyb jsou možné bez vzájemného rušení	Stezky/pásky/pruh pro chodce bez výrazných špiček v intenzitách provozu a bez plošného nebo prostorového omezení.
B	1,0	1,0	Je možné stání a pohyb je částečně omezen bez vzájemného rušení	Zatížené stezky/pásky/pruhy pro chodce, přestupní stanice veřejné dopravy, okolí veřejných budov s nevýznamnými špičkami v pohybech chodců.
C	1,4	0,7	Stání a omezený pohyb je možný při vzájemném rušení, hustota je v mezích osobního pohodlí	Silně zatížené přestupní stanice a okolí veřejných budov s výraznými špičkami v pohybech chodců a s určitým prostorovým omezením.
D	2,5	0,4	Stání je možné bez vzájemných dotyků, pohyb je výrazně omezen a vpřed je možný jen ve skupině	Jen pro nejvíce zatížené přestupní stanice a komunikace pro chodce, kde pohyb vpřed charakterizuje celý proud chodců.
E	4,0	0,25	Fyzický kontakt s ostatními osobami je nevyhnutelný, pohyb uvnitř shluku je <u>nemožný</u>	Jen pro krátkodobé nebo nekontrolovatelné špičky (sportovní utkání, příjezdy vlaků, výtahy, vozidla veřejné dopravy). Zajistit dostatečné rozptylové plochy.
F	5 a více	0,2 a méně	Všechny osoby jsou v přímém fyzickém kontaktu, není možný žádný pohyb, hustota je velmi nepohodlná	Přeplněná vozidla veřejné dopravy nebo výtahy ve špičkách. Nevhodné, nedoporučuje se.

2.3.1 Individuální prostor a velikost lidí

Dle studie Johna J. Fruina (Pedestrian Planning and Design) je minimální prostor, který člověk zaujímá zobrazován elipsou. To vychází ze stavby lidského těla, kdy z pohledu z výšky na člověka stojícího pod námi můžeme vidět elipsu. Dlouhodobě akceptované hodnoty elipsy dle Johna J. Fruina jsou pro delší osu 61 cm a pro kratší 46 cm.

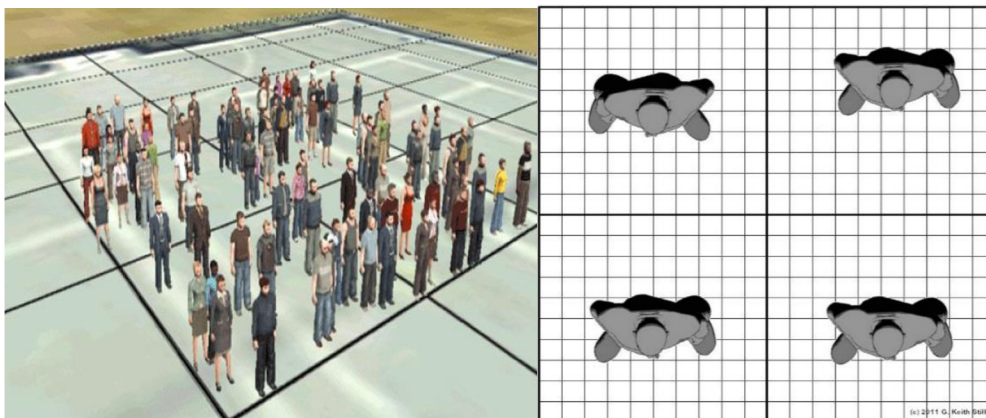
Elipsa zobrazuje plochu $0,22 \text{ m}^2$. Rozměry jsou definovány na dospělého oblečeného muže, zároveň je v těchto rozměrech započítaný přídatný prostor, jinými slovy osobní prostor, kdy si jedinec nepřeje přímý kontakt s okolními osobami. [5]



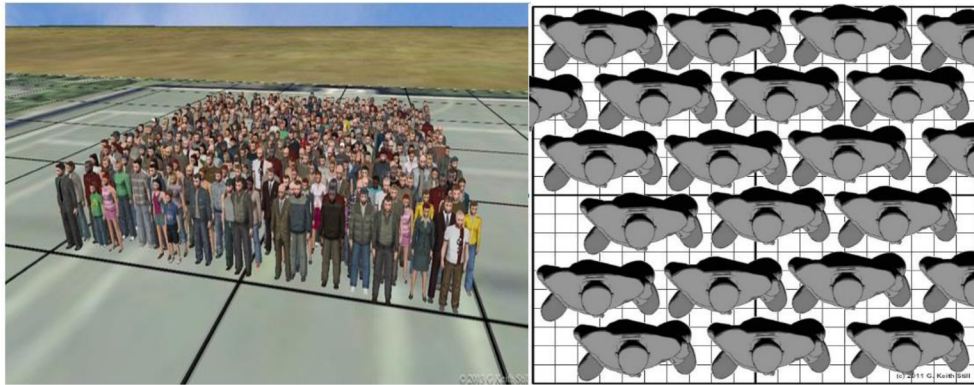
Obrázek 7: Znárodnění elipsy okolo člověka, hrana čtverce 1 m^2 [5]

2.3.2 Skupina osob a její hustota

Hustota osob je důležitý faktor, který ovlivňuje komfort statického a dynamického davu. Porovnání šikmého a půdorysného pohledu na skupinu stojících osob si můžeme povšimnout, že při šikmém pohledu na dav má pozorovatel pocit, že je hustota davu vyšší než při pohledu půdorysném – viz Obrázek 8 a 9. Počet osob a zároveň i jejich komfort na 1 m^2 klesá, pokud se osoby otáčejí, hledí na různé strany nebo se pohybují. Typický příklad šikmého pohledu na dav jsou průmyslové kamery nebo pozorování davu z vyššího patra. Půdorysný pohled může představovat například pohled z helikoptéry. Z údajů vyplývá, že $4\text{--}5 \text{ os. m}^{-2}$ prostoru je považováno za maximální komfortní hustotu pro statický pohyb.



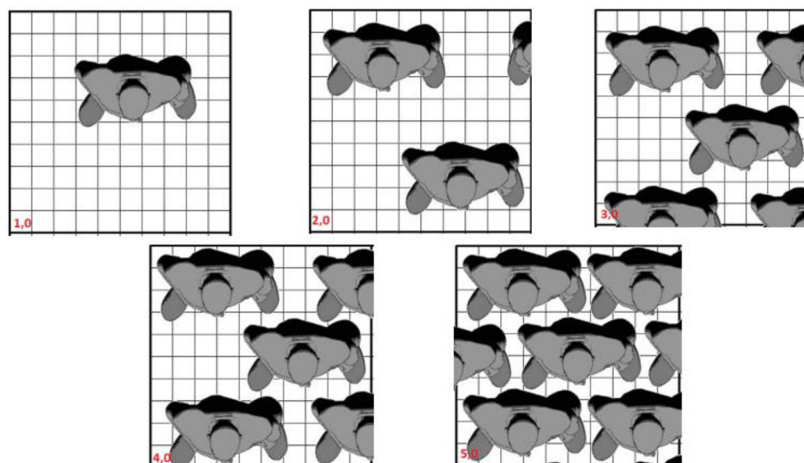
Obrázek 8: 1 os. m^{-2} [8]



Obrázek 9: 5 os.m², hraniční komfortní počet [8]

2.3.2.1 Statický dav

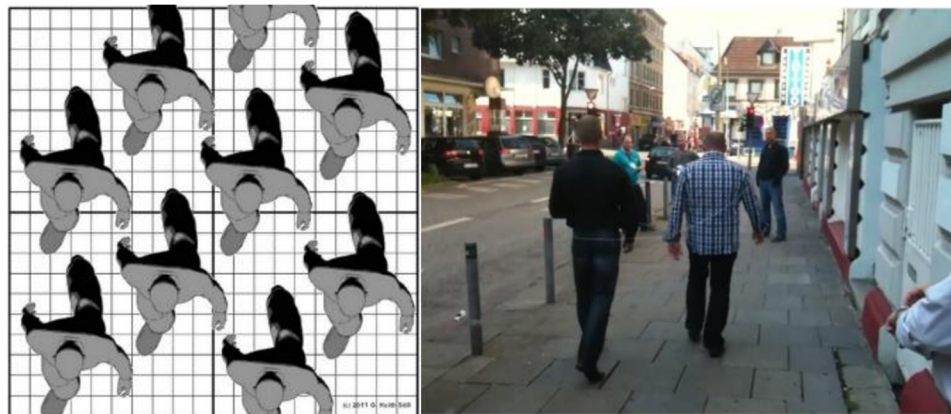
Statický dav můžeme definovat jako skupinu stojících lidí. Jak již bylo zmíněno výše maximální bezpečnostní hustota je 4–5 os.m⁻². S přibývajícím počtem stojících lidí se snižuje jejich osobní prostor a s ním i celkový komfort jejich pohybu – viz Obrázek 10. Počet osob staticky roste v intervalu 1–5 os.m⁻², na každém čtverci je zobrazeno o jednu osobu více, jedná se o schématické půdorysné zobrazení statického davu dívajícího se stejným směrem, hrana čtverce je 1 m². Poslední políčko představuje hraniční počet 5 os.m⁻², kde je jasné vidět, že komfort stojících lidí je značně omezen, osobní prostor je minimální a jen samotné otočení čelem vzad by bylo značně nepohodlné a pravděpodobně by se neobešlo bez kontaktu s ostatními lidmi poblíž. Pokud by se osoby dívaly na různé strany nejen pohledem, ale byly natočeny celým tělem, komfortní hraniční hodnota by klesla na 3 os.m⁻². [8]



Obrázek 10: Schéma – statický dav s hustotou 1–5 os.m⁻² [8]

2.3.2.2 Dynamický dav

Dynamický dav představuje dav v pohybu. Na následujícím Obrázku 11 můžeme pozorovat schématické půdorysné zobrazení davu a vedle je k porovnání fotografie dvou mužů, kteří jdou po chodníku. Muži jsou uvnitř lana, které představuje plochu 1 m^2 (stejně tak jako plocha čtverců na vedlejší obrázku). Můžeme si tak názorně představit, jak by situace vypadala ve skutečnosti. Zároveň se dá s jistotou říct, že pro muže je pohyb komfortní a nijak je neomezuje.



Obrázek 11: Schéma a skutečnost – dynamický dav, 2 os.m² [9]

Obrázek 12 zobrazuje tři muže rovněž omezeny v chůzi lanem o ploše 1 m^2 . Na obrázku je zřejmé, že muži sice mohou dělat normálně velké kroky, ale jejich osobní prostor je již omezen – tisknou se k sobě rameny, nemohou volně hýbat pažemi.



Obrázek 12: Dynamický dav, 3 os.m² [9]

Na následujícím zobrazení, viz Obrázek 13, můžeme vidět skupinku mužů v počtech 4, 5 a 6 os.m². Muži jsou stejně jako v minulých případech omezeni v pohybu lanem o ploše 1 m^2 . Z fotografií je patrné, že při takto velkém počtu (od 4 os.m²) se již nejedná o komfortní pohyb. Muži jsou v pohybu omezeni více než v přechodím případě

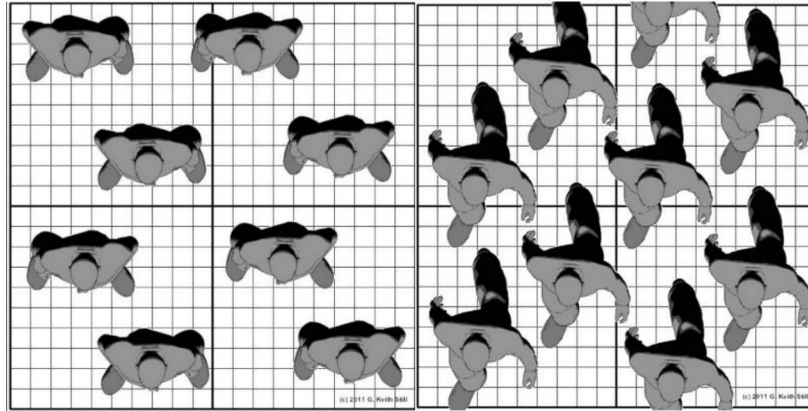
– nemohou udělat plnohodnotný krok v před, jsou omezeni osobou jdoucí před nimi a zároveň jsou limitováni i v pohybu trupem, nemůžou pohodlně změnit směr chůze, jsou nuceni jít s davem.



Obrázek 13: Dynamický dav, 4–6 os.m⁻² (za hranicí komfortní zóny) [9]

2.3.2.3 Pohyb statického a dynamického davu

Prostorové potřeby osob, které se pohybují a které stojí, se liší. Jak můžeme názorně vidět na Obrázku 14. V momentě, kdy se skupina začne pohybovat se zvyšují nároky na prostor (téměř dvojnásobně) a tím i enormně narůstá riziko vzniku krizové situace v davu.



Obrázek 14 Porovnání statické a dynamické hustoty pro 2 os.m² [9]

Proudění lidí v davu

V zahraničí literatuře jsou zavedeny termíny pro popis davu jako jsou „sea of people, fluid analogy, high tide and low tide“. V češtině k těmto výrazům nemáme zavedenou terminologii, můžeme se setkat například s hovorově používaným termínem „hromada lidí“. Tekutá analogie (The fluid analogy) je založena na předpokladu, že součinem průměrné rychlosti a průměrné hustoty je objem průtoku neboli počet osob, které proudí v určitém území. Vychází ze základního fyzikálního vzorce, kdy se průtok spočítá jako součin průtočné plochy a střední průřezové rychlosti proudění. Pokud máme proudící tekutinu, její nejrychlejší průtok je ve středu, ale v proudícím davu tomu tak není, rychleji postupují osoby po stranách. Tento rozdíl je způsoben především tím, že lidé se mohou chovat spontánně a nejednají podle předem daných vzorců chování – např.: volba směru, zastavení, zpomalení, ...

Dalším příkladem, kde je možné pozorovat analogii „proudící kapaliny“ může být třeba pomalý pohyb v davu. Osoby pomalu postupují jedním stejným směrem a vždy se drží postavy jdoucí před nimi. Vzniká tak imaginární „cestička“, „had“ nebo chcete-li proud. Tyto proudy tímto způsobem postupují až do chvíle, než se jdoucí osoby dostanou z davu nebo dokud se jedna z osob v proudu nezastaví, to pak způsobí kolizi a zastavení pohybu proudu. Znázornění pohybujících se proudů – viz Obrázek 15. [9]



Obrázek 15: Proudící dav [9]

Je nutné si uvědomit, že proudění v davu se stejným směrem chůze je méně rizikové než protisměrné proudění. Při protisměrném proudění dochází ke zdržení a k navýšení drobných kolizí (lidé do sebe narážejí). V davu s obousměrným prouděním je vyšší riziko vzniku závažnějšího kolizního problému.

2.3.3 Mechanismy davové tragédie

2.3.3.1 Dav

Pojem dav představuje velkou masu lidí, kteří jsou náhodně a neorganizovaně seskupeni. Lidé se seskupují dobrovolně i nedobrovolně. Dobrovolně například za účelem pozorování nějaké činnosti (hokejový zápas, koncert, projev atp.). Nedobrovolně seskupený dav pak může vzniknout například v situaci, kdy lidé prochází ohraničeným koridorem (například ulicí, která má po obou stranách stavby) a výstup z tohoto koridoru je zatarasen. Lidé jsou nuceni zpomalovat až k zastavení a vytváří se tak statický dav, dynamický dav se může vytvářet v případě, že průchod koridorem není úplně uzavřen, ale pouze omezen – lidé jsou nuceni zpomalit rychlost chůze. [1]

2.3.3.2 Davový kolaps

Davový kolaps představuje situaci, kdy je omezen nebo zastaven pohyb velké skupiny lidí, davu. Pokud je hustota davu nízká a pohybující se chodec může libovolně měnit rychlost a směr pohybu je riziko davového kolapsu velmi malé. S narůstající hustotou riziko roste. Kritická je hodnota od 5 os.m⁻², kdy dochází ke značnému či kompletnímu omezení individuálního chování chodců. Chodci nemůžou libovolně měnit směr a rychlost chůze, jsou namačkáni k sobě a pohybují se hromadně jedním směrem, bez ohledu na to, zda jednotlivci chce nebo ne. Jestliže jeden článek, chodec, postupujícího se davu například zakopne a spadne na zem, dochází k tzv. postupujícímu davovému kolapsu. V postupujícím davu, kdy je jeden chodec tlačěn ke druhému a všichni se o sebe navzájem opírají, dojde ke ztrátě rovnováhy a vnikne nezastavitelná vlna, ve které jsou ostatní chodci tlačeni k místu pádu neboli ohnisku. Okolní osoby bojují se ztrátou stability a postupně padají na stejné místo – vzniká tak neovládnutelná vlna šířící se davem. [1]

2.3.3.3 Tlačení

Tlačení si můžeme představit jako situaci, kdy se lidé v davu tlačí jeden na druhého, takovou silou, že dojde k utlačení některých členů davu. Většinou se dav pohybuje směrem k překážce (zeď budovy) a osoby stojící v těsné blízkosti této překážky jsou vlivem pohybu davu na tuto překážku tisknuti a může dojít až k jejich udušení. Osobní prostor utlačovaných lidí je tak malý, že nemají kam uhnout a může dojít až k takovému zmenšení, že není možné pravidelně dýchat. [1]

2.3.3.4 Davová panika

Davovou paniku můžeme chápat jako určité chování lidí v davu. Synonymem je hromadné chování lidí. To můžeme rozdělit na pozitivní a negativní, kdy pozitivní hromadné chování davu je úzce spojeno s dobrovolným vytvořením davu (hudební koncert, sportovní zápas,...).

V případě pozitivního chování davu se lidé sjednocují do davu dobrovolně za společným účelem, přestože mohou mít málo místa, necítí se v ohrožení života a nepanikaří.

V negativním případě je chování davu opakem. Jedná se o situace, ve kterých se dav vytvoří, jak již bylo řečeno, nedobrovolně, například uzavření východu. Lidé mohou mít pocit ohrožení, strachu, začínají panikařit a negativní chování se davem šíří jako lavina.

V situacích katastrof, kde je možnost úniku omezena nebo zcela znemožněna a osoby se bojí o vlastní život (například únik z hořící budovy) dochází k davové panice. Lidé se tlačí k nejbližšímu východu, vznikají tlačence nebo davové kolapsy. V takových případech bývají tragické důsledky daleko vyšší než v davu, který ovládla panika. Člověk totiž i v kritické situaci uvažuje a chová se rozumně a vcelku ohleduplně. Ve výsledku se dá říct, že pokud nedojde k porušení zákonů fyziky je davová panika bezvýznamná. V historii se nevyskytuje žádná událost, kde by za velkým počtem úmrtí v davu stála nepřiměřená reakce většího počtu osob na nevýznamný impuls. [1]

3 Zkoumaný územní celek

Tato část se zabývá řešeným územím, jeho geometrií a samotným provozem v tomto prostoru (způsobu využití, mobiliářem, pohybem vozidel a chodců...)

Definice pěší zóny

Pro začátek si řekneme, jak se definuje pěší zóna v českých regulích, konkrétně v ČSN 73 6110 – projektování místních komunikací [7]

ČSN 73 6110 – projektování místních komunikací:

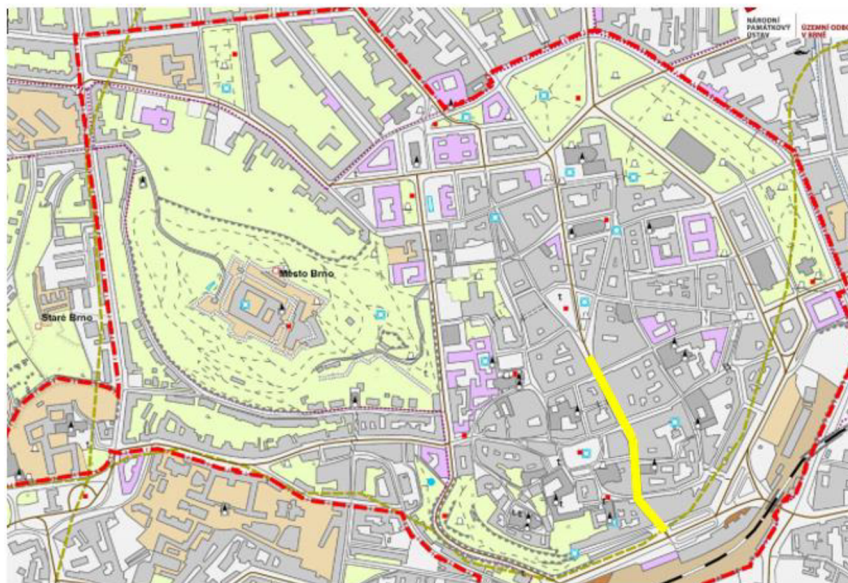
„Jedna nebo více zklidněných komunikací obvykle v obchodním nebo historickém centru města nebo městské části, v centrech občanského vybavení s vyloučenou motorovou dopravou mimo obslužné motorové dopravy a veřejné hromadné dopravy za stanovených podmínek provozu podle zvláštního předpisu (zákon č. 361/2000 Sb. a vyhláška MD ČR č. 30/2001 Sb.). Prostor místní komunikace v této zóně se skládá z prostoru pobytového a z prostoru dopravního se smíšeným provozem v celé šíři a může být takto rozdělen opticky případně fyzicky a také hmatově podle zvláštního předpisu (vyhláška MMR ČR č. 369/2001 Sb.). Prostor místní komunikace v pěší zóně je obvykle řešen v jedné úrovni.“

ČSN 73 6110 – projektování místních komunikací:

„Pěší zóna je komunikace funkční skupiny D, konkrétně podskupiny D1. Charakteristické použití této skupiny je pro pěší zóny a obytné zóny s polohou v obci v historických a obchodních centrech obcí, ve stávajících i nově budovaných obytných souborech. Typické požadavky pro funkční skupinu D1 jsou: smíšený provoz chodců a vozidel, omezený přístup motorových vozidel, případně dalších vozidel.“

3.1.1 Obecné informace o území

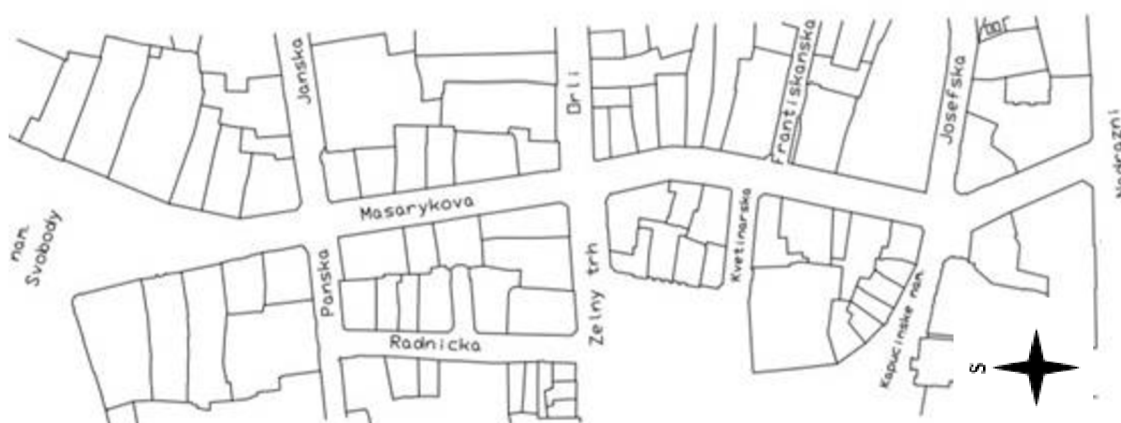
Řešeným územím je Masarykova ulice v městě Brně (Česká republika). Masarykova ulice je hlavní tepnou města Brna a zároveň se jedná o pěší zónu. Zkoumané území se nachází téměř v samotném středu historického centra města Brna a spojuje brněnské nádraží s náměstím Svobody. Osou řešeného území vede tramvajová trať v obou směrech. Ulicí projde během dne až 60 000 lidí, jedná se o jednu z nejvytíženějších ulic, co se týká pěšího provozu. Jedním z důvodů velké vytíženosti je propojení několika zájmových bodů města Brna. Přes náměstí Svobody ulice propojuje další z vytížených tříd, kterou je ulice Česká. Spojuje tak dopravně důležitá a jiná vyhledávaná místa v samotném historickém centru města Brna. Spolu s přilehlými okolními ulicemi dělá pěší pohyb v centru jednodušší. Celé historické jádro města Brna, včetně ulice Masarykova, bylo Nařízením vlády č. 54/1989 Sb. prohlášeno za Městskou památkovou rezervaci (MPR), vymezená oblast viz Obrázek 16.



Obrázek 16: Vymezení Městské památkové rezervace Brno, znázornění Masarykovy ulice [10]

3.1.2 Popis řešeného území a informace pro model

Ulice Masarykova začíná křížením s ulicemi Panská, Jánská a náměstí Svobody a dále pokračuje směrem k ulici Nádražní. Do této hlavní brněnské třídy ústí několik vedlejších ulic. Z východní strany se napojují ulice Josefská, která spojuje zájmové území s OC Letmo a podchodem, který vede mimo jiné k autobusovému nádraží, dále ulice Františkánská, Orlí a Jánská. Směrem na západní stranu se dostaneme na známé brněnské náměstí Zelný trh využitím přilehlých ulic Orlí, Květinářská nebo Kapucínské náměstí. Panská ulice vede k OD Velký Špalíček, tuto ulici spojuje se Zelným trhem ulice Radnická. Masarykova třída končí vyústěním do Nádražní ulice. Ulice je lehce svažité od náměstí Svobody k ulici Nádražní. Grafické znázornění těchto ulic můžeme vidět na Obrázku 17.



Obrázek 17: Grafické znázornění zájmového území s názvy ulic

Celkově je ulice dlouhá 364 m a široká průměrně okolo 15 m. Povrch ulice je tvořen z žulových kvádrů dvou velikostí. Menší kvádry tvoří hlavní dopravní prostor určený pro pohyb vozidel. Větší znázorňuje chodníky pro pěší, přestože chodci mohou využívat celý prostor, Masarykova třída je, jak již bylo zmíněno výše, pěší zónou.

Stav území a provoz byly kontrolovány místním šetřením, stejně tak rozmístění mobiliáře a zahrádek v bočních ulicích. Následně byly neúplné podklady doplněny o zjištěné skutečnosti. Pohyb dopravy a pěších byl fotograficky dokumentován.

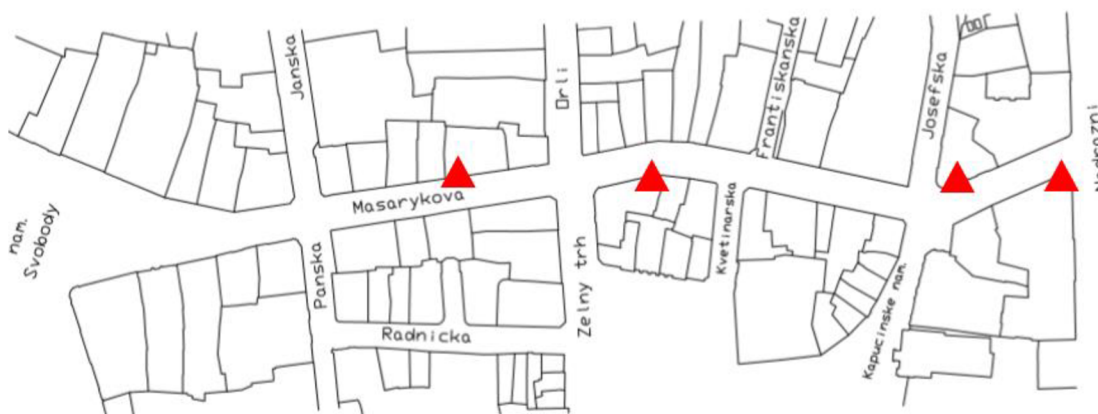
3.1.2.1 Využití okolního přilehlého prostoru

Provozovny

Přilehlý prostor ulice je ve velké míře využíván k prodeji spotřebního zboží, druhý stejně významný způsob využití tvoří restauračních zařízení, v menší míře jsou zde zastoupeny banky, směnárny a prodejny telekomunikačních operátorů. Názorné rozmístění těchto provozoven viz Obrázek 19. Žádná provozovna nemá v přilehlých prostorách zařízenou zahrádku. Výjimečně můžeme vidět u barů umístěnou židli. Ta neslouží jako náhrada za venkovnímu posezení, spíše je to důsledek zákazu kouření v restauračních zařízeních. Židle jsou využívány zejména konzumenty v daném podniku v době kuřácké pauzy.

Pro majitele a provozovatele restauračních zařízení představují zahrádky větší atraktivitu prostředí, možnost většího počtu konzumentů a zvýšení tržeb. Po důkladném prozkoumání zájmového území můžeme na Obrázku 20 vidět, kde by se v případě zájmu provozovatelů dalo vytvořit venkovní posezení, tyto provozovny jsou zvýrazněny červenou barvou, jedná se například o KFC, bistro HOI AN, POE POE nebo Tchibo aj.

Zároveň je nutné podotknout, že v současnosti by to u všech možné nebylo, zejména z důvodu umístění tramvajových zastávek v těsné blízkosti podniků Trdlokafé a Restaurantu Padowetz, viz Obrázek 18.



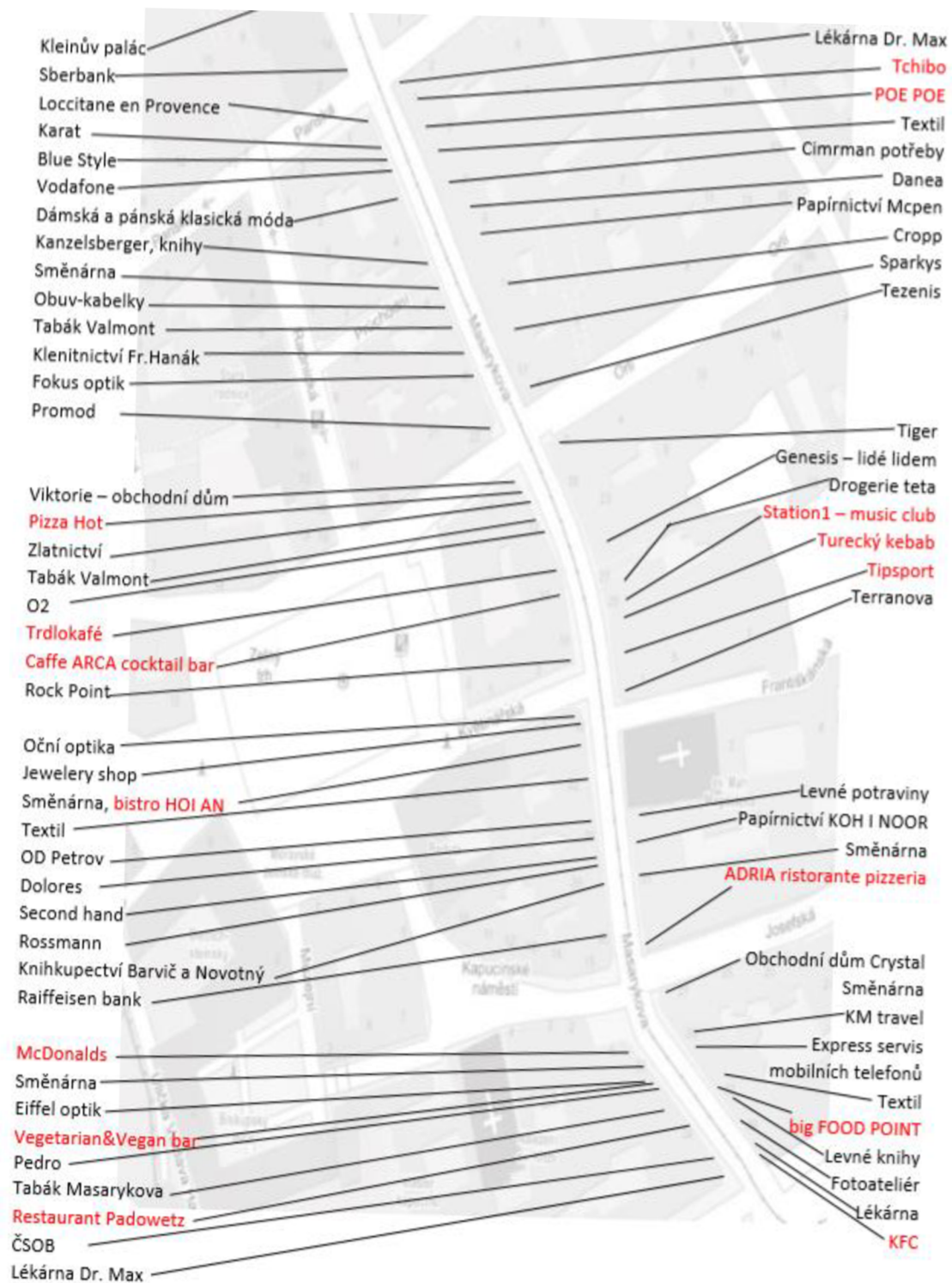
Obrázek 18: Vyznačení tramvajových zastávek



Legenda:

- | | | |
|--|---|---|
| ■ Občerstvení | ■ Optiky | ■ Lékárny, drogerie, kosmetika |
| ■ Restaurace a bary | ■ Finance | ■ Prodejny šperků, klenotnictví |
| ■ Domácí potřeby, hračkářství, fotografie | ■ Obchodní domy | ■ Cestovní a telekomunikační služby |
| ■ Knihkupectví, papírnictví, tabák | ■ Oblečení a obuv | |

Obrázek 19: Grafické znázornění provozoven



Obrázek 20: Grafické znázornění restauračních zařízení a barů

Na Obrázcích 21-28 můžeme vidět některé prostory k možnému vytvoření zahrádky či menšího venkovního posezení. Jedná se většinou o prostory před výlohou provozovny.



Obrázek 21: Možné umístění zahrádky u fast food restaurace KFC



Obrázek 22: Možné umístění zahrádky u restaurace Padowetz



Obrázek 23: Možnost umístění zahr. k výlohám restaurace POE POE a obchodu Tchibo



Obrázek 24: Možnost umístění zahrádky k výloze pekárny Panos



Obrázek 25: Možnost umístění zahrádky k fast food restauraci McDonald's



Obrázek 26: Možnost umístění zahrádky k Caffe ARCA cocktail bar



Obrázek 27: Možnost umístění zahrádky k fast food restauraci Pizza Hot



Obrázek 28: Možnost umístění zahrádky k výloze fast food restaurace Turecký kebab

Zahrádky a parkovací plochy

Výrazně odlišný charakter mají přilehlé ulice Orlí, Josefská a další na již zmiňovaném Obrázku 17, v ulicích jsou rozmístěny venkovní posezení a je zde výrazně vyšší komfort pěší a odpočinkové zóny. Umístění zahrádek ve zkoumané lokaci je znázorněno na schématu – viz Obrázek 29. Tyto zahrádky (Obrázek 29, světlezelená barva) jsou v provozu od jara do podzimu, to znamená, že provozovatel na jaře zahrádku vybuduje a na podzim konstrukci sklídí). Tmavě zelená barva ve schématu představuje místa určená k parkování, tyto místa jsou po většinu času obsazena zaparkovanými auty. Zahrádky, parkovací plochy a vstup do Labyrintu pod Zelným trhem (na obrázku černě), byly zaneseny do modelu, jelikož ovlivňují pohyb pěších v uličních koridorech.



Obrázek 29: Grafické znázornění umístění stávajících zahrádek pro letní období

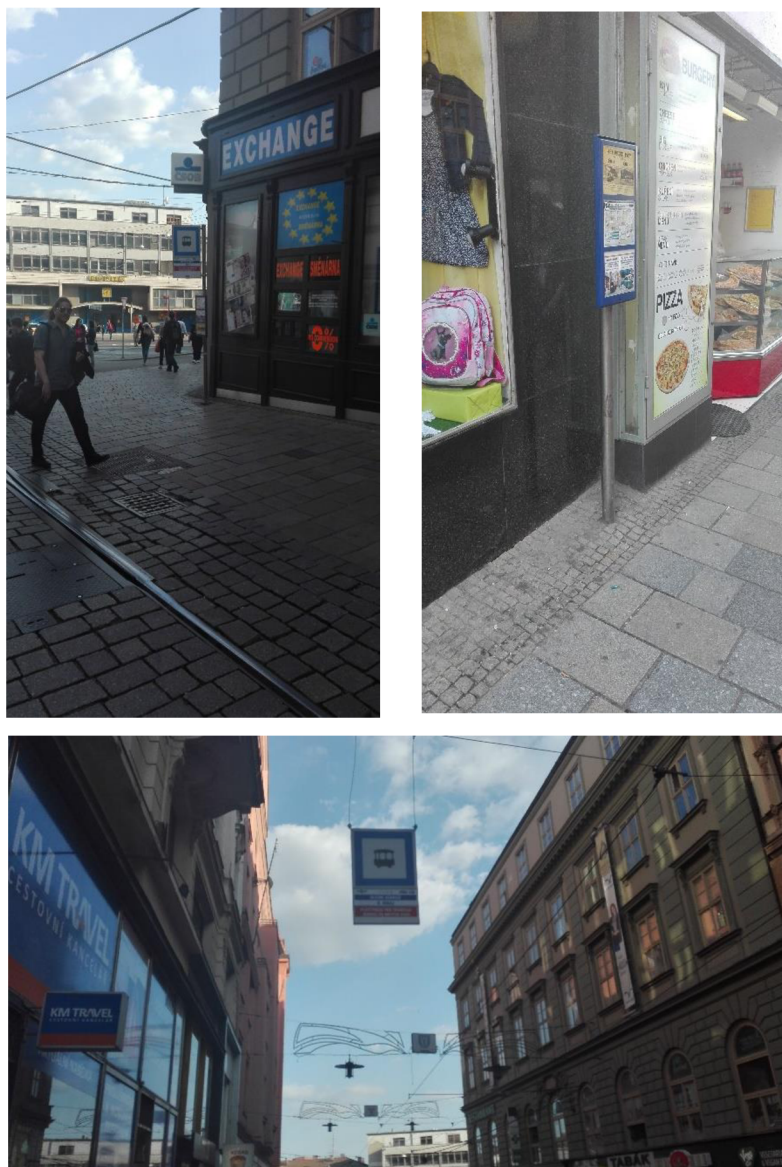
Mobilní stánky

V ústí přilehlých ulic k ulici Masarykově se při různých příležitostech vyskytují prodejní stánky. V předvolební době se zde stojí stánky různých politických stran nebo kandidátů, jinak se zde nejvíce stánků nachází v době adventu a jiných svátků. Stánky slouží k prodeji sezónních produktů. Nejsou tedy umístěny v zájmovém území na stálo,

často se jedná jen o pár dní, nejsou tedy ani znázorněny v geometrii modelu. Jedná se o dřevěné, snadno rozložitelné a přemístitelné konstrukce.

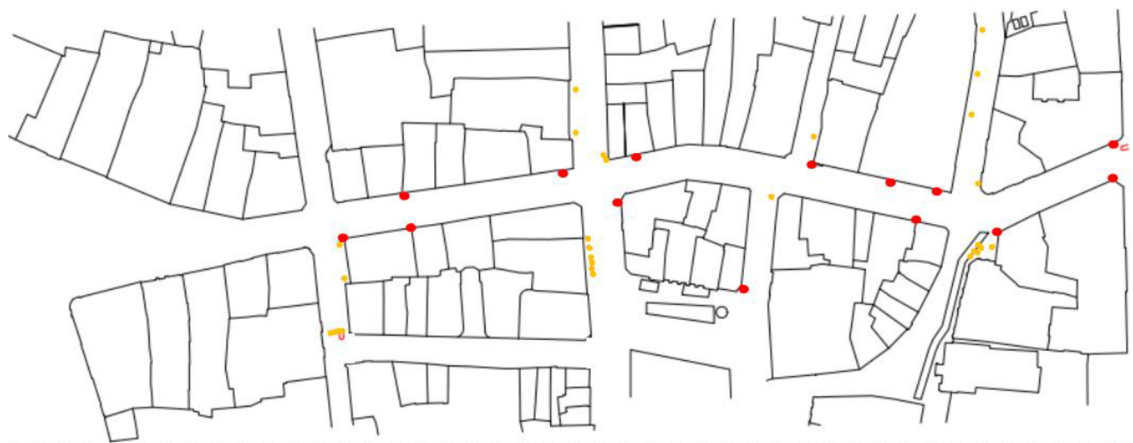
Mobiliář

Mobiliář v zájmovém území představují zejména odpadkové koše. Ty jsou umístěny po obou stranách ulice. V celé délce zájmového území nenajdeme žádnou informační vitrínu, zábradlí, lavičky nebo stojany na kola. Tramvajové zastávky jsou zde vyznačeny svisle a nijak neomezují pohyb, viz Obrázek 30.



Obrázek 30: Umístění označnicků a jízdních řádů u zastávek MHD v zájmovém území

Obrázek 31 zachycuje graficky znázorněný mobiliář, červená kolečka představují rozmístění odpadkových košů, oranžová kolečka znázorňují stromy, pouliční osvětlení, směrovníky a dopravní značky. Masarykova ulice není osvětlena obvyklými svislými uličními lampami, ale světly, která jsou zavěšena nad koridorem, tak aby neomezovala uživatele v pohybu.



Obrázek 31: Grafické znázornění mobiliáře

Propojením Obrázku 29 a 31 dostaneme zobrazení současného stavu zájmového území (Obrázek 32), které bylo využito jako podklad pro model.



Obrázek 32: Grafické znázornění skutečného současného stavu zájmového území

Podmínky a pravidla umístění zahrádek v MPR Brno

Jelikož řešené území spadá do památkové rezervace je umístění zahrádek před restauračním zařízením velmi složité a hlavně zpoplatněné. V městě Brně tyto záležitosti

řeší Odbor památkové péče Magistrátu města Brna. (OPP MMB), který schvaluje žádosti o umístění zahrádek. Na umístění zahrádek před provozovnu není žádný právní nárok, žádosti jsou posuzovány individuálně.

Zahrádky by neměly narušovat historický ráz místa. Nejvhodnější je umístění zahrádek bez podesty, přímo na dlažební kostky bez ohraničení. Dále OPP MMB přesně stanovuje, jak mají být zahrádky umístěné, ohraničené a zastíněné.

Poplatky za venkovní zahrádky stanovuje statutární město Brno v obecně závazné vyhlášce č. 4/2017 o místních poplatcích. Sazby jsou rozdílné pro různé městské části města Brna a také v závislosti na druhu zařízení (mobilní stánky, pevné stánky, pojízdná prodejní zařízení, restaurační zahrádky aj.). Také záleží, jestli se jedná o letní nebo zimní provoz. Letní provoz trvá v době od 1. 3. do 30.11. Postavení restaurační zahrádky do 4 m² není zpoplatněné. V případě zahrádek bez podesty (nebo s podestou, pokud je nutná k vyrovnání terénu) je cena 4 Kč.m⁻².den, v případě zahrádek s podestou (nevyrovnává terén, jedná se o rozhodnutí provozovatele) je cena 6 Kč.m⁻².den. Případný zisk z provozu zahrádek připadne městu Brnu. [11]

3.1.3 Provoz

Masarykova třída je jednou z největších pěších zón v městě Brně. Přestože se jedná o pěší zónu, je v této lokalitě pohyb motorových vozidel velmi častý a má negativní vliv na samotný pohyb pěších. V řešeném území se můžeme setkat pravidelně s automobily, tramvajemi, zásobovacími vozidly a s vozidly taxislužby.

3.1.3.1 Pěší

Ulice Masarykova, která tvoří hlavní část zkoumaného území, je bezpochyby jednou z nejvytíženějších ulic, co se týká pohybu chodců v Brně. Dle statistiky je nejvytíženější interval na pohyb osob od dopoledních 10:00 hod do odpoledních 14:00 hod. Každá ulice má pak svoji hodinu, ve které je pohyb pěších nejvyšší. Nejvíce zatížené jsou ulice, které vedou k vyhledávanějším cílům lidí, například OD Velký Špalíček, náměstí Zelný trh, náměstí Svobody nebo ulice, které propojují hlavní dopravní uzly, typicky Hlavní nádraží nebo OC Letmo. Méně využívaná je například ulice Františkánská. V intervalu 10:00–14:00 hod projde ulicí Masarykova směrem na náměstí Svobody 8 140 osob, opačným směrem na Hlavní nádraží 10 627 osob. [12]

Statistika pohybu pěších po ulici Masarykova a přilehlém okolí, je poskytnuta společností Brněnské komunikace a.s.

Tabulka 5: Průzkum pěších z roku 2003 [12]

STATISTIKA PĚŠÍCH PRO ŘEŠENÉ ÚZEMÍ				
KAPUCINSKÉ NAMĚSTÍ				
	Čas	K Masarykové	K Zelnému trhu	Profil
Nejvytíženější hodina	10:00-11:00	576	591	1167
Nejvytíženější interval	10:00-14:00	2015	1896	3911
Denní pohyb	7:00-20:00	5663	4889	10552
ORLÍ I				
	Čas	K Masarykové	K Zelnému trhu	Profil
Nejvytíženější hodina	10:30-11:30	1110	743	1853
Nejvytíženější interval	10:00-14:00	3376	2458	5834
Denní pohyb	7:00-20:00	8103	6137	14240
JÁNSKÁ				
	Čas	K Masarykové	K Poštovské	Profil
Nejvytíženější hodina	16:15-17:15	815	849	1664
Nejvytíženější interval	10:00-14:00	2897	3051	5948
Denní pohyb	7:00-20:00	6823	7486	14306
ORLÍ II				
	Čas	K Masarykové	K Minoritské	Profil
Nejvytíženější hodina	16:00-17:00	846	1035	1881
Nejvytíženější interval	10:00-14:00	2591	3046	5637
Denní pohyb	7:00-20:00	6576	7550	14126
FRANTIŠKÁNSKÁ				
	Čas	K Masarykové	K Římskému n.	Profil
Nejvytíženější hodina	14:30-15:30	272	329	601
Nejvytíženější interval	10:00-14:00	753	1050	1803
Denní pohyb	7:00-20:00	2019	2542	4561
JOSEFSKÁ				
	Čas	K Masarykové	K centru	Profil
Nejvytíženější hodina	15:30-16:30	1195	933	2128
Nejvytíženější interval	10:00-14:00	4841	3347	8188
Denní pohyb	7:00-20:00	11979	8919	20898
MASARYKOVA				
	Čas	K n. Svobody	K nádraží	Profil
Nejvytíženější hodina	15:30-16:30	1195	933	2128
Nejvytíženější interval	10:00-14:00	8140	10627	18767
Denní pohyb	7:00-20:00	24173	31662	55835

RADNICKÁ				
	Čas	K Zelnému trhu	K Panské	Profil
Nejvytíženější hodina	11:30-12:30	515	495	1010
Nejvytíženější interval	10:00-14:00	1707	1768	3475
Denní pohyb	7:00-20:00	3825	4294	8119

3.1.3.2 Provoz vozidel

V řešeném území se můžeme setkat s velkým spektrem vozidel. Na území se časově neomezeně pohybují cyklisté a dle jízdního řádu vozidla MHD – tramvaje (ve špičce cca 3 min). Dále tu můžeme potkat vozidla s povolením od Magistrátu města Brna, ta se časově řídí dle režimu organizace dopravy, a dopravní obsluhu, kterou se dle vyhlášky č.294/2015 Sb. rozumí: [13]

Dle vyhlášky č.294/2015Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích:

„Vozidla zajišťující zásobování nebo lékařské, opravárenské, údržbářské, komunální a podobné služby, vozidla přepravující osobu těžce postiženou, vozidla taxislužby a vozidla, jejichž řidiči, provozovatelé nebo přepravované osoby mají v místech za značkou bydliště, ubytování, sídlo nebo nemovitost.“

Dalšími vozidly pohybujícími se po Masarykově třídě jsou vozidla taxi služby. Dopravní obsluha je časově omezená od 17:00 do 9:00 hod, ale vybraná zásobování gastro–služeb mají povolen vjezd z ulice Masarykova nebo Rašínovou třídou také od 11:00 do 13:00 hod. Vozidla taxislužby se v zájmovém území mohou pohybovat v době od 19:00 do 6:00 hod, zároveň mají v té době vyhrazení stání v ulici Květinářská. V pěší zóně se vozidla smí pohybovat maximální rychlostí 20 km.hod⁻¹. Z místního šetření a zkušeností vyplynulo, že tyto omezení bývají často porušována.



Obrázek 33: Dopravní značka Pěší zóna při vjezdu na ulici Masarykova



Obrázek 34: Vyznačení parkovacího prostoru pro vozidla taxi, ulice Květinářská

Motorová vozidla

Vjezd nákladním vozidlům a ostatním vozidlům, které nespádají pod termín dopravní obsluha, je zpoplatněn dle obecně závazné vyhlášky statutárního města Brna o místních poplatcích. Poplatek se nevztahuje na osoby, které mají v místě trvalý pobyt, jsou vlastníky nemovitostí ve vybraném území, osoby s průkazem ZTP a ZTP P a lidé, kteří v místě podnikají. [11]

Tramvaje

Masarykovou ulicí projíždí tramvajové linky číslo 9 a 4. Linka číslo 9 spojuje brněnské části Lesná a Juliánov. Celou trasu ujede za 31 min. Ve všední dny v intervalu od 10:00 do 14:00 hod jezdí každých deset minut. Za celý den se trasa projede 109× v jednom směru. Rychlost tramvaje v zájmovém území je omezena kvůli pohybu chodců přímo v kolejišti, a to na přibližně 10 km.hod⁻¹. Často zde můžeme pozorovat náhlé prudké brzdění nebo zvukovou signalizaci chodcům od řidiče tramvaje. Typ nízkopodlažní tramvaje je 13T(1–6), kdy číslo 6 značí nejnovější typ tramvaje. Délka 30 250 mm, šířka 2 460 mm, rozchod 1 435 mm. [14]



Obrázek 35: Tramvaj 13T6 projíždějící ulicí Masarykova [15]

Linka číslo 4 spojuje náměstí Míru u Kraví hory a Tomkovo náměstí v Husovicích. Celou trasu ujede za 26 min. Ve všední dny v intervalu od 10:00 do 14:00 hod jezdí 8× za hodinu v různých časech, ale v průměru po 7,5 min. Za celý všední den se trasa projede 130× v jednom směru. Rychlost tramvaje je stejná jako v předešlém případě. Jedná se o tramvaje typu KT8D5N [14]

3.1.4 Dopravní problémy na ulici Masarykova

Následující Obrázek 36 znázorňuje některé situace provozu na ulici Masarykova, při kterých byl očividně omezen pohyb pěších z důvodu vjezdu zásobování a současného průjezdu tramvaje.

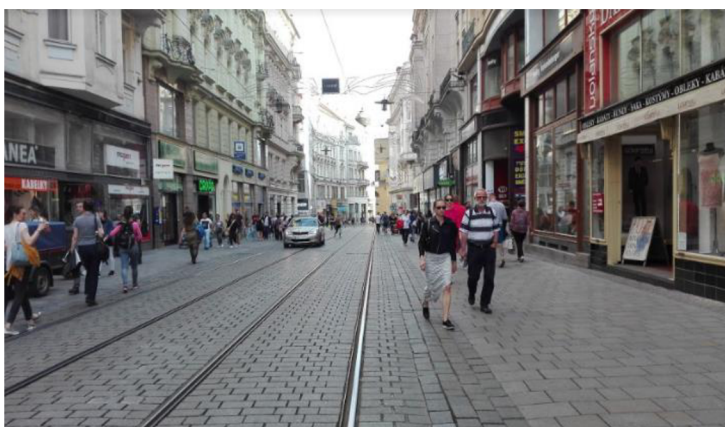
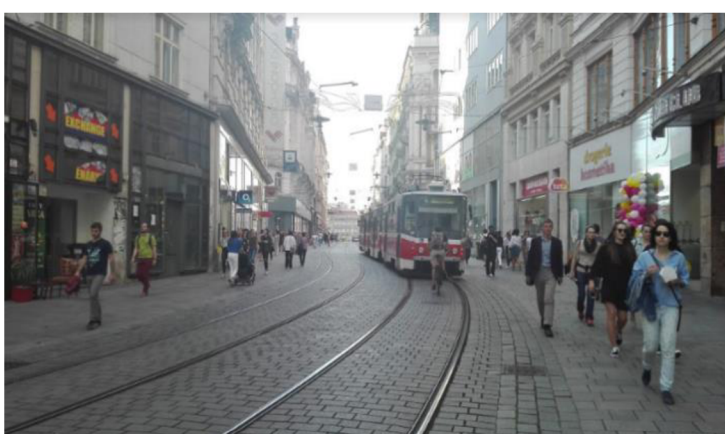
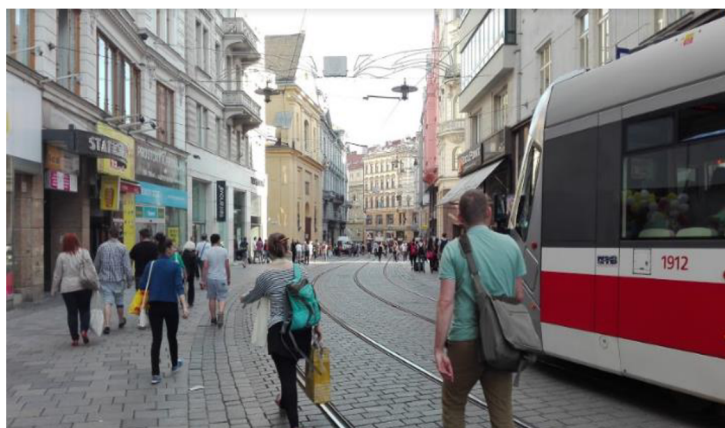
Z Obrázku 36 jasně vyplývá, že v okamžiku, kdy probíhá zásobování obchodů a restauračních zařízení zabírá vozidlo 2/3 jedné strany pruhu určeného pro pěší. Kolemjdoucí jsou nuceni ke zpomalení a ve zbylé šířce pruhu pro chodce se natěsno vyhýbají nebo mohou vybočit do tramvajového pásu, pokud ve stejný okamžik neprojíždí místem tramvaj či jiné vozidlo, a překážku obejít.

Ovšem v případě, kdy se zároveň potká zaparkované zásobovací vozidlo a projíždějící tramvaj jsou pěší nuceni ke změně rychlosti chůze až k zastavení, vznikne tak skupina osob, chcete-li dav, který netrpělivě čeká, než tramvaj odjede, aby mohl obejít zaparkovaný automobil a pokračovat v chůzi. Zároveň tak vzniká zvýšené riziko srážky chodce a projíždějící tramvaje, protože chodci jdoucí v protisměru k jedoucí tramvaji nemusí být za zaparkovaným automobilem vidět.



Obrázek 36: Provoz v řešeném území – zásobování a průjezd tramvaji [15]

Z fotografií (Obrázek 37) je zřejmé, že lidé se chůzi v kolejišti vyhýbají. K pohybu využívají primárně určené pásy po pravé a levé straně koridoru a středovému pásu určenému pro dopravu se raději vyhnou. Kolejiště kříží jen v případě, že chtějí přejít na druhou stranu komunikace, odbočit z komunikace do vedlejší ulice nebo se vyhýbají překážce.



Obrázek 37: Pohyb pěších v řešeném území při průjezdu vozidel

Čím vyšší je hustota pěších pohybujících se po komunikaci, tím větší počet osob se vyskytuje v kolejišti, ale v intervalu 10:00–14:00 hod, ve kterém je dle statistiky nejvyšší pohyb pěších a zároveň v době 11:00–13:00 hod, ve které je povolen vjezd zásobovacím vozům, se chodci v kolejišti nepohybují – viz Obrázek 38, přestože se jedná o pěší

zónu, prostor je plně využíván dopravními prostředky, a pěší doprava je zde značně znevýhodněná – pěší musí dbát zvýšené pozornosti na vznikající dopravní situaci.



Obrázek 38: Dopravní situace na ulici Masarykova – pohyb vozidel a chodců

4 Model řešeného území

Poslední část práce tvoří model řešeného území, ulice Masarykovy. Model byl vytvořen v programu Pathfinder a má sloužit k ověření možnosti umístění venkovních zahrádek k restauračním zařízením v zájmovém území. Byly vytvořeny 4 modely pro porovnání a k optimalizaci navrhovaného řešení. Modely byly postupně doplňovány o různé typy a umístění venkovních posezení vzhledem k pohybu osob v zájmovém území.

4.1 Vstupní data

Model byl vytvořen v režimu inverzního řízení (steering), kvůli realističtějšímu pohybu osob v řešeném území. Režim umožňuje přehodnocení trasy a změnu cesty v případě neprůchodnosti trasy původní, stejně tak tomu bývá ve skutečnosti. Osoby se vyhýbají a řídí se nezávisle. [1]

Geometrie

Jako vstupní podklad geometrie řešeného území byl použit současný skutečný stav ulice Masarykova a přilehlých okolních ulic, včetně mobiliáře (odpadkové koše – červená, lampy, směrovníky, sloupky – žlutá), venkovní zahrádky – světle zelená a parkovací plochy – tmavě zelená, které se v území skutečně nachází, viz Obrázek 39.



Obrázek 39: Zobrazení současného stavu včetně mobiliáře, zahrádek a parkovacích ploch

Obrázek 40 zobrazuje geometrii území v programu Pathfinder. Šedá barva představuje plochu ulic, po kterých se osoby pohybují, červeně jsou vyznačeny překážky, které musí obejít – stávající zahrádky v okolních ulicích, parkovací plochy pro automobily.

V rámci modelu bylo uvažováno s veškerým mobiliářem ulic, který je v samotné geometrii modelu zanesen (v podrobnosti v Obrázku 40 není vidět).



Obrázek 40: Geometrie zájmového území - program Pathfinder

Rychlost

Rychlost osob je v intervalu $0,516$ až $1,514 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, využita byla data Ulricha Weidmana (Transport technik der Fußgänge) [3], který rychlosti rozdělil dle pohlaví a věku viz Tabulka 1. Nejnižší hodnota je $0,516 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, ta představuje rychlost ženy do 30 let a zároveň může představovat rychlost méně pohyblivých osob, rychlost dětí nebo osob, které se v zájmovém území jen procházejí a nikam nespěchají. Maximální rychlost, $1,514 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ naopak představuje rychlost muže ve věku 30–50 let. Tento interval znázorňuje předpokládaný skutečný interval rychlosti osob v zájmovém území.

Populace

Počet osob v modelu vychází ze statistiky – kapitola 3.1.3.1 z nejvytíženějšího intervalu, který je stejný pro ulici Masarykova i pro okolní ulice, 10:00–14:00 hod. Počet osob z tohoto intervalu byl rozpočítán pro jednotlivé hodiny a byla vypočítána intenzita (Tabulka 6), která znázorňuje hustotu pohybu osob ulicemi. Následně byly rozděleny směry osob, ze statistiky víme, jaký počet lidí měl z ulice odejít a přijít, tyto hodnoty byly dodrženy, ale k samotnému procentuálnímu rozdělení bylo využito místního šetření.

Počet osob proudících ulicemi byl navýšen o 3,78 % oproti dostupným podkladům z roku 2003 a to z důvodu zohlednění nárůstu demografické křivky od roku 2003 do 2017 - zohlednění aktuálnější stav proudění v zájmovém území.

Tabulka 6: Intenzita počtu osob proudících v ulicích na vstupních profilech modelu

Ulice	Intenzita [os.s⁻¹]
Nádražní	1,605
nám. Svobody	1,203
Panská	0,221
Jánská	0,201
Orlí I	0,234
Orlí II (od Zelného trhu)	0,179
Františkánská	0,052
Josefská	0,330
Kapucínské nám.	0,131
Květinářská	0,117

4.2 Model 1

4.2.1 Popis varianty

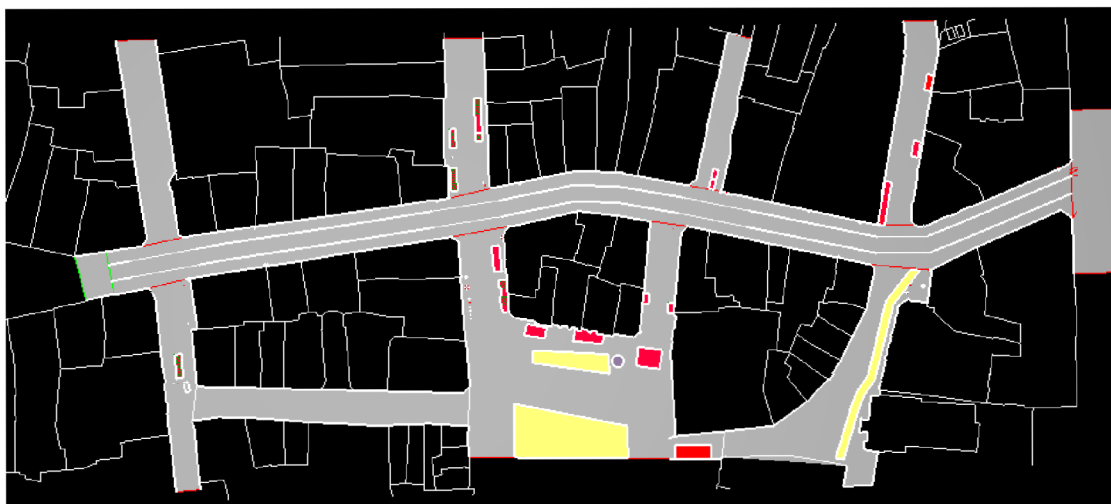
První varianta modelu znázorňuje skutečný současný stav řešeného území, lidé se pohybují v celé šířce ulice Masarykovy, nejsou omezeni provozem. Jedná se o ideální variantu, kdy převládají pěší nad dopravními prostředky (dopravní prostředky nejsou zahrnuty do této varianty), tak jak to má v pěší zóně být.

Rychlost pohybujících se osob v intervalu 0,516–1,514 m.s⁻¹. Intenzita proudících osob viz Tabulka 6. Rozdělení počtu osob do směrů vychází ze statistiky a z místního šetření. Geometrie kopíruje aktuální stav území, viz Obrázek 42.



Obrázek 42: Použitý podklad pro geometrii v DWG pro Model 1

Následující Obrázek 41 zobrazuje řešené území v programu Pathfinder. Šedá barva představuje plochu ulic, po kterých se osoby pohybují, červeně jsou vyznačeny překážky, které musí obejít – stávající zahrádky v okolních ulicích, parkovací plochy pro automobily.



Obrázek 41: Geometrie Modelu 1 – Pathfinder

4.2.2 Výstup

V řešeném území se lidé pohybují přirozeně, nikde nedochází ke zvýšené kumulaci, nedochází k tvoření davu ani front. Modré čáry zobrazují zdržení lidí v prostoru a zároveň naznačují přirozené proudění ulicemi – viz Obrázek 42.



Obrázek 42: Konečný výstup proudění osob v Modelu 1 – Pathfinder

4.2.3 Problematická místa



Obrázek 43: Zobrazení problematického místa v území (modrá šipka)

V první variantě bylo lokalizováno jediné problematické místo – odpadkový koš umístěný na rohu ulice Masarykova s ulicí Nádražní. Problém vzniká kvůli špatně zvolenému umístění, lidé jdoucí ze spodní strany ulice Nádražní koš na první pohled nevidí, a ten se pro ně stává skrytou překážkou. Tento objekt nutí chodce vybočovat z jejich původní trajektorie a dochází tu k drobnému zdržení.



Obrázek 44: Problematické místo – odpadkový koš

4.2.4 Shrnutí

Výstupem simulace byl potvrzen předpoklad plynulosti pohybu osob v území, jestliže dojde k vyloučení jakékoliv automobilové nebo tramvajové dopravy. Lidé se pohybují přirozeně, nejsou omezeni dopravou, a tedy nedochází ke kongescím.

4.3 Model 2

4.3.1 Popis varianty

Druhá varianta vychází z Modelu 1, ale byl odebrán tramvajový pás. Tímto prostorem se osoby vůbec nepohybují, pouze tramvajový pás přecházejí v místě křížení s okolními ulicemi. Tato situace představuje dopravní špičku, ve které je provoz v řešeném území tak velký, že lidé pohybující se v ulici Masarykova nemohou tento prostor (kolejiště) využívat k běžné chůzi, ale jen k přecházení, jak je v modelu naznačeno.

Rychlost pohybujících se osob v intervalu $0,516\text{--}1,514\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Intenzita proudících osob viz Tabulka 6. Rozdělení počtu osob do směrů vychází ze statistiky a z místního šetření. Geometrie kopíruje aktuální stav území viz Obrázek 45. Na tomto schématu je vyznačený koridor kolejiště s přechodovými místy (modrá barva). Lidé v modelu mohou ulici přecházet pouze v místech těchto přechodů.



Obrázek 45: Použitý podklad pro geometrii v DWG pro Model 2

Následující Obrázek 46 zobrazuje řešené území v programu Pathfinder. Šedá barva představuje plochu ulic, po kterých se osoby pohybují, červeně jsou vyznačeny překážky, které musí obejít – stávající zahrádky v okolních ulicích, parkovací plochy pro automobily



Obrázek 46: Geometrie Modelu 2 – Pathfinder

4.3.2 Výstup

U druhého modelu s vyjmutým prostorem tramvajového kolejiště si můžeme všimnout výrazně zvýšené kumulace osob po pravé a levé straně od tramvajového pásu. Dochází k zúžení prostoru pro samotnou chůzi, osoby se v koridoru musí navzájem vyhýbat, nebo jsou nuceni jít v zástupu za sebou.



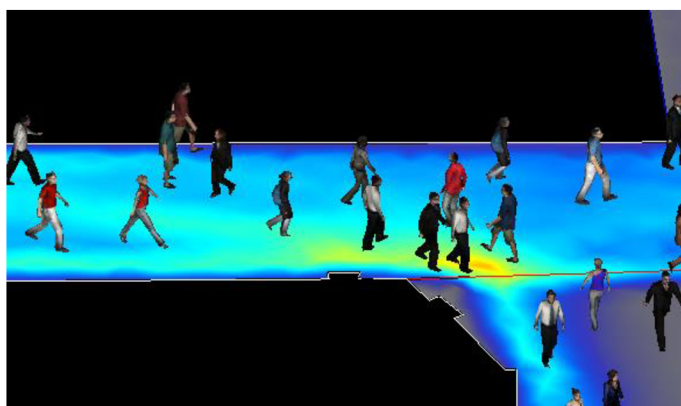
Obrázek 47: Konečný výstup proudění osob v Modelu 2

4.3.3 Problematická místa



Obrázek 48: Zobrazení problematických míst v území (modré šipky)

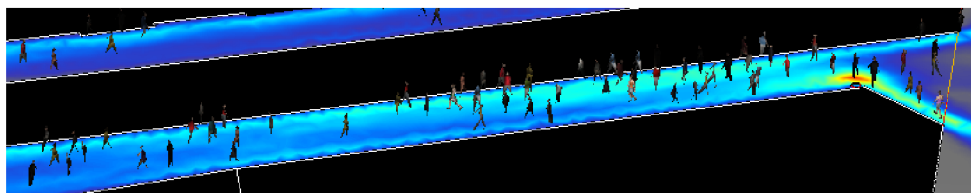
Problematická místa v Modelu 2 jsou dvě. První je střet dvou proudů jdoucích z ulic Masarykova a Panská. Jedná se o zkosený roh budovy, který je opatřen o výstupky fasády a z toho důvodu se lidé v modelu snaží místo obejít. Zdržení se projevuje ze směru z ulice Panská na náměstí Svobody (i opačně) a dochází k drobným střetům.



Obrázek 49: Problematické místo 1, roh ulice Masarykova a Panská

Lokace druhého místa je totožná jak v Modelu 1 (u výstupu z ulice Masarykova do ulice Nádražní). V tomto místě dochází k delší době zdržení než u Modelu 1 a to z důvodu zúžení pásu pro chodce (osoby se nepohybují kolejištěm), dochází zde ke zvýšení intenzity proudění.

V obou případech se jedná o místa, ve kterých může docházet ke zdržení a kongesci vlivem omezení prostoru pro chodce.



Obrázek 50: Problematické místo 2, roh ulice Masarykova a Nádražní – odpadkový koš

4.3.4 Shrnutí

Model vyjmutím kolejiště odráží reálnou situaci při pohybu ulicí v dopravní špičce, ve které se lidé v prostoru kolejiště nemůžou pohybovat. Lidé jsou výrazně omezeni a jsou nuceni přizpůsobovat svoji rychlost osobám před nimi, pohybují s v řadě za sebou. Zároveň vzniklo další problémové místo (1), z důvodu vyjmutí koridoru, u tohoto místa dochází k časté kongesci osob a ke zdržení.

4.4 Model 3

4.4.1 Popis varianty

Geometrie

Model 3 vychází z modelu předešlého, osobám není umožněn průchod tramvajovým pásem, mohou přecházet pouze v místech k tomu určených. Tato varianta je doplněna o umístěná venkovního posezení k předem vybraným restauračním zařízením. Před každou provozovnu restauračního typu bylo umístěno posezení skládající se z 6 židlí a 3 stolů, viz Obrázek 51. Každý stůl je o rozměru 60×60 cm a každá židle o rozměrech 46×60 cm.



Obrázek 51: Schéma a typ venkovního posezení navrhnutého v zájmové lokalitě

Rychlost pohybujících se osob v intervalu 0,516–1,514 m.s⁻¹. Intenzita proudících osob viz Tabulka 6. Rozdělení počtu osob do směrů vychází ze statistiky a z místního šetření. Geometrie kopíruje aktuální stav území, přechody a koridor z Modelu 2 a dále je doplněná o zahrádky k vybraným podnikům, viz Obrázek 52 (znázorněno šipkami).



Obrázek 52: Použitý podklad pro geometrii v DWG pro Model 3

Následující Obrázek 53 zobrazuje řešené území v programu Pathfinder. Šedá barva představuje plochu ulic, po kterých se osoby pohybují, červeně jsou vyznačeny překážky, které musí obejít – stávající zahrádky v okolních ulicích, parkovací plochy pro automobily a světle zelená barva zobrazuje nově navrhnuté rozmístění zahrádek.



Obrázek 53: Geometrie Modelu 3 – Pathfinder

4.4.2 Shrnutí

U výstupu z Modelu 3 si můžeme všimnout, že prvotní dvě problematická místa z Modelu 2 jsou doplněna hned o několik nových problematických míst. Tyto místa vznikla díky umístění zahrádek do prostoru ulice. Lidé jsou nuceni zpomalovat a měnit směr chůze, musí tyto zahrádky obcházet, dochází tedy k prodloužení jejich trajektorií. U těchto nových problematických míst dochází ke kongescím a většímu zdržení v těchto místech.



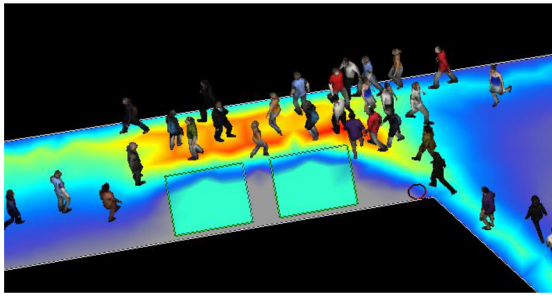
Obrázek 54: Konečný výstup proudění osob v Modelu 3 – Pathfinder

4.4.3 Problematická místa

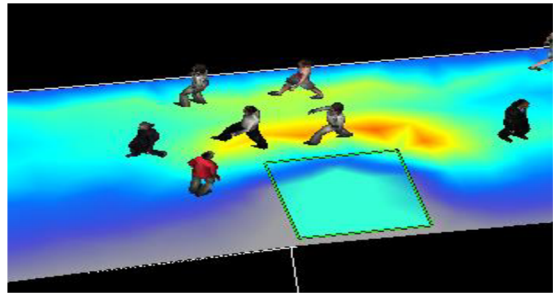


Obrázek 55: Zobrazení problematických míst v území

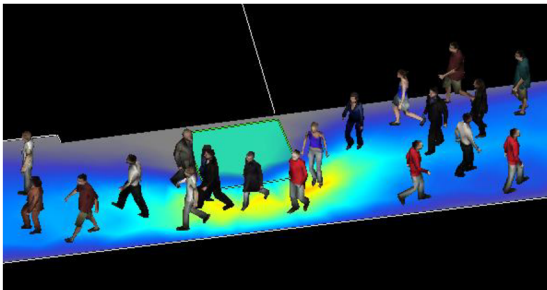
Z Obrázků 56–69 jasně vyplývá, že taková velikost a rozmístění zahrádek je nevhodné. Díky barevnému podbarvení víme, že v těchto místech dochází k velkému zdržení (červená barva) a tvoří se místa kongesce. Lidé jsou nuceni zpomalovat a měnit svoji trasu.



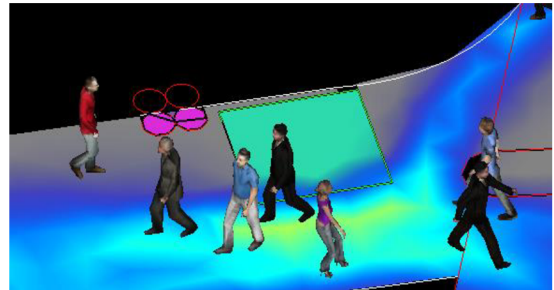
Obrázek 56: Problematické místo 1



Obrázek 57: Problematické místo 2

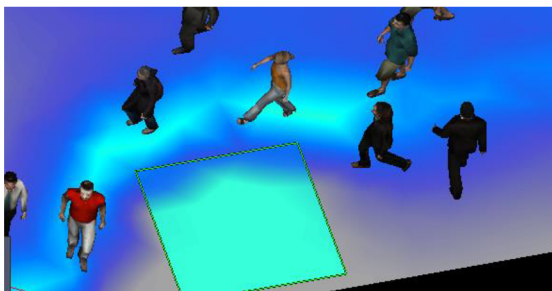


Obrázek 58: Problematické místo 7

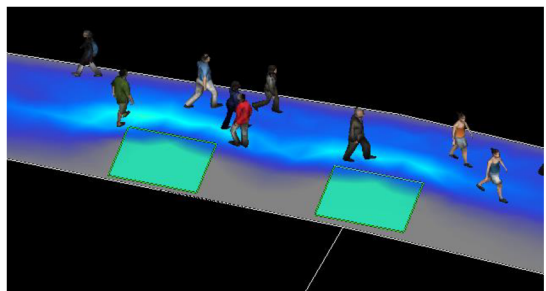


Obrázek 59: Problematické místo 8

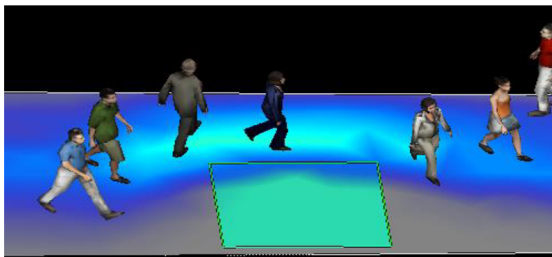
Zbýlá místa jsou méně kritická, ale přesto problematická. Nedochozí zde k velkému zdržení, ale lidé jsou nuceni měnit trajektorii pohybu a vyhýbat se tak zahrádkám, které je omezují. Na Obrázcích 60–63 můžeme pozorovat trajektorii pohybu (modrá barva).



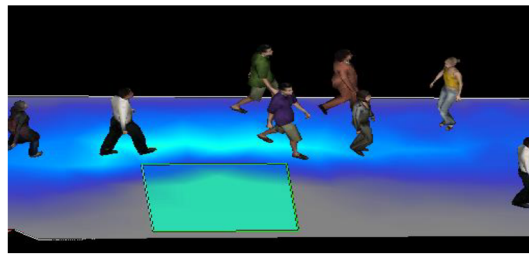
Obrázek 60: Problematické místo 3



Obrázek 61: Problematické místo 4



Obrázek 62: *Problematické místo 5*



Obrázek 63: *Problematické místo 6*

4.4.4 Shrnutí

Simulace Modelu 3 nám ukázala, že doplněním zahrádek před restaurační podniky by vznikaly problematická místa, která by výrazně omezovala pohyb pěších. Docházelo by ke zdržení a tvorbě kongescí. Lidé by byli nuceni měnit svoji trasu a rychlost pohybu. Proto je nutné tyto problematická místa odstranit, případně velikostně upravit.

4.5 Model 4

4.5.1 Popis varianty

Geometrie

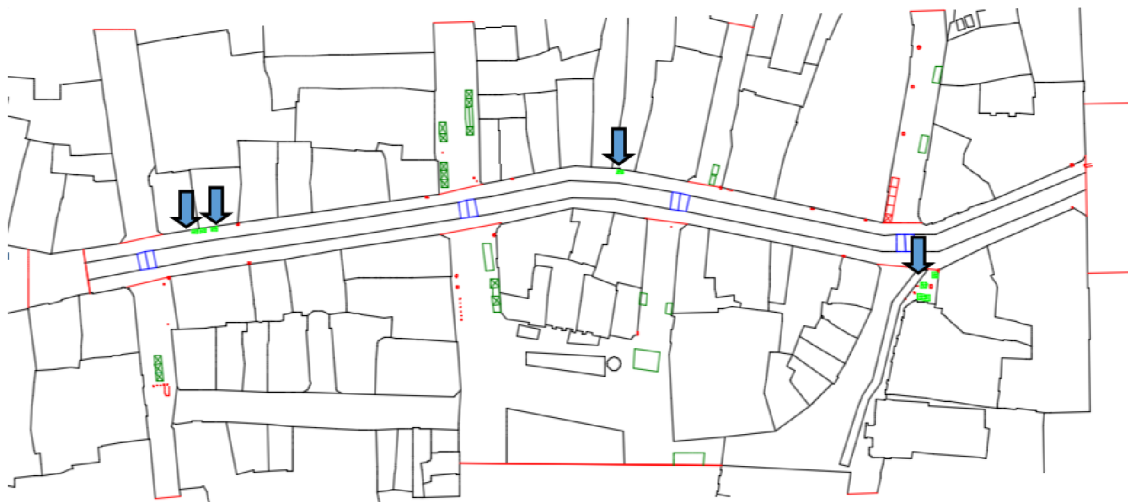
Model 4 optimalizuje Model 3. Tato varianta upravuje velikost a rozmístění venkovního posezení. Všechny 8 problematických míst z Modelu 3 bylo odstraněno, buď odstraněním celé navrhované zahrádky nebo jejím zmenšením. Kromě části zahrádek u provozovny McDonalds, která má zahrádku navrhnutou do boční ulice Kapucínské náměstí, tato zahrádka pohyb pěších ulicí neomezuje, její velikost a rozmístění proto může zůstat zachována. Optimalizované zahrádky tvoří 4 židle a 2 stoly, viz Obrázek 64. Každý stůl je o rozměru 60×60 cm a každá židle o rozměrech 46×60 cm.



Obrázek 64: *Schéma a typ venkovního posezení navrhnutého v zájmové lokalitě*

Rychlost pohybujících se osob v intervalu 0,516–1,514 m.s⁻¹. Intenzita proudících osob viz Tabulka 6. Rozdělení počtu osob do směrů vychází ze statistiky a z místního šetření. Geometrie kopíruje aktuální stav území, přechody a koridor z Modelu 3 a dále

byla provedena optimalizace zahrádek, tak aby neomezovaly pohyb pěších, viz Obrázek 65 (znázorněno šipkami).



Obrázek 65: Použitý podklad pro geometrii v DWG pro Model 4

Následující Obrázek 66 zobrazuje řešené území v programu Pathfinder. Šedá barva představuje plochu ulic, po kterých se osoby pohybují, červeně jsou vyznačeny překážky, které musí obejít – stávající zahrádky v okolních ulicích, parkovací plochy pro automobily a světle zelená barva zobrazuje optimalizované rozmístění zahrádek (zelené šipky).



Obrázek 66: Geometrie Modelu 4 – Pathfinder

4.5.2 Výstup

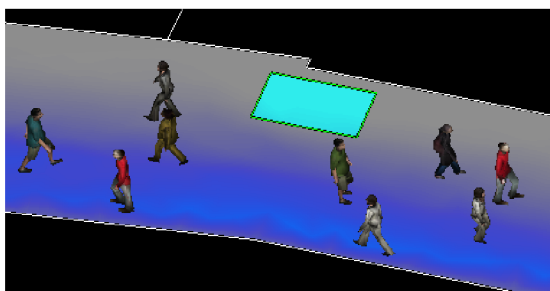
Posledním výstupem je optimalizovaný Model 4. Jak můžeme vidět na Obrázku 67, odstraněním problematických zahrádek a zmenšením vyhovujících venkovních posezení se situace zlepšila a téměř se přiblížila k Modelu 2. Místa kongesce a zdržení byla odstraněna a nadále žádná nová problematická místa nevznikají.



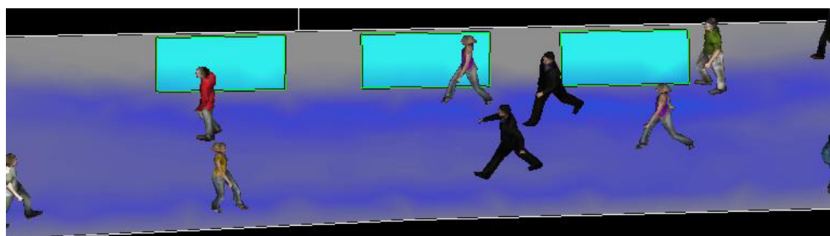
Obrázek 67: Konečný výstup proudění osob v Modelu 4 – Pathfinder

4.5.3 Problematická místa

V optimalizovaném Modelu 4 nevznikly žádná další problémová místa. Jak je patrné z Obrázku 68 a 69, zmenšené zahrádky nevytvářejí nikterak velká zdržení, ale pěší jsou i nadále nuceni měnit směr chůze a upravovat rychlost.



Obrázek 68: Optimalizovaná zahrádka 1



Obrázek 69: Optimalizované zahrádky 2

4.5.4 Shrnutí

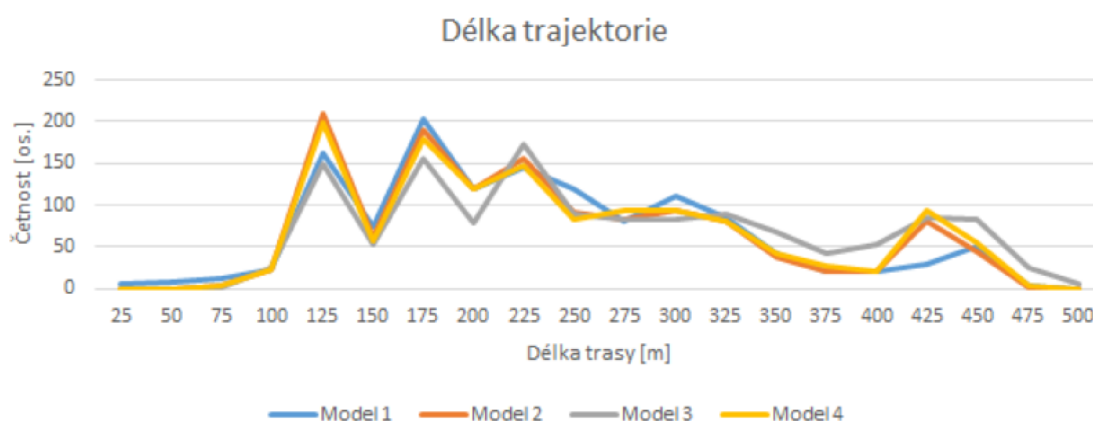
Model 4 zobrazuje řešené území doplněné o venkovní posezení, tak aby nedocházelo ke zvětšení zdržení a zbytečným kolizím. Zmenšené zahrádky 1 a 2 (viz Obrázek 68 a 69), ale i nadále z části omezují pohyb pěších, kterým tyto zahrádky stojí v cestě (proto by nebylo vhodné ani tyto zahrádky do koridoru umisťovat a předejít tak případným kolizím mezi spěchající osobou a sedícím zákazníkem).

Tento model zobrazuje konečné řešení a možnost umístění optimalizovaných zahrádek na ulici Masarykova.

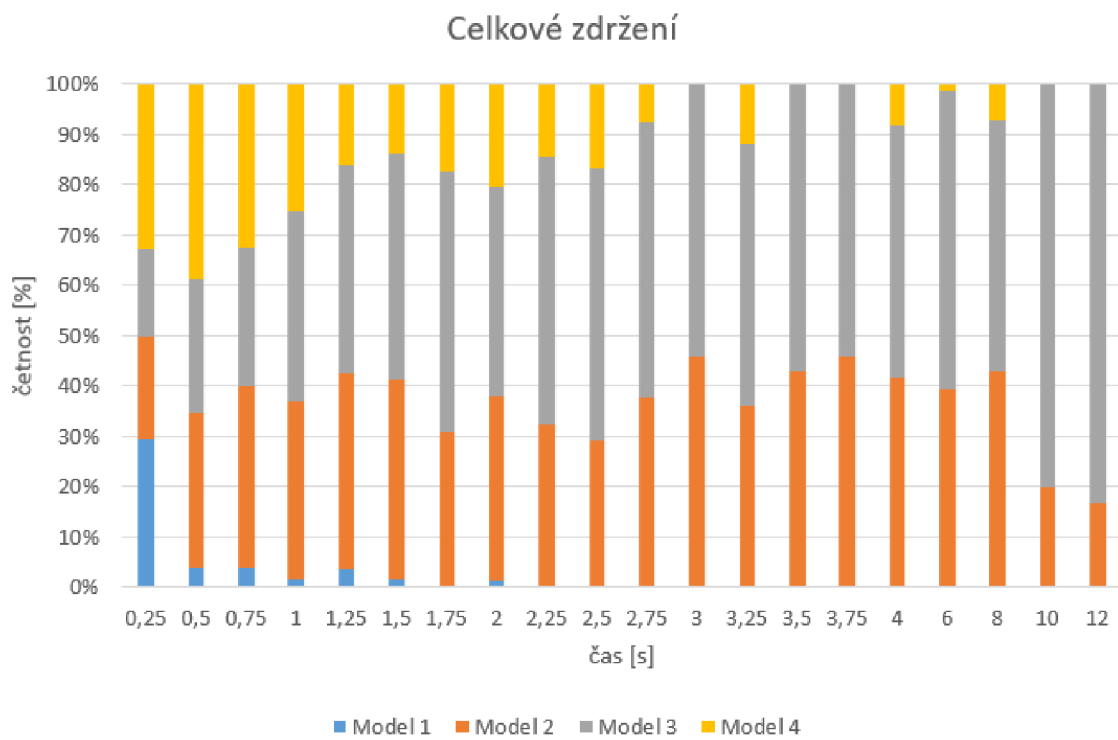
4.6 Modely – závěr

Z výsledků simulace vyplývá, že není vhodné umisťovat venkovní posezení téměř k žádnému restauračnímu podniku v ulici Masarykova. Zahrádky u restauračních podniků by měly negativní vliv na pohyb pěších, docházelo by ke zdržení, prodloužení trajektorií chodců a ke vzniku kolizí. V Modelu 1 můžeme vidět, že nejlepší podmínky mají pěší v případě zákazu vjezdu všech vozidel – automobily, zásobování, tramvaje, jedná se zároveň o nejbezpečnější variantu. Model 2 představuje situaci dopravní špičky, v tomto modelu dochází k zvýšení intenzity pohybu pěších po stranách koridoru. S jistotou se dá říci, že nejhorší varianta je umístění zahrádek ke všem podnikům, jak vyplynulo z Modelu 3. Optimalizací Modelu 4 bylo zjištěno, že u některých podniků by se zahrádky do prostoru ulice umístit daly, ale nejednalo by se o ideální variantu, i tak by lidé byli nuceni měnit trajektorii pohybu a zahrádkám se vyhýbat. Model 1 tedy představuje nejlepší řešení pro bezpečný a ničím neomezený pohyb pěších v zájmovém území, jedná se variantu bez zahrádek a bez vozidel.

Srovnání modelů v grafech:



Graf 1: Délka trajektorie chodců



Graf 2: Celkové zdržení

5 Závěr

Opakovanou optimalizací modelů řešeného území bylo zjištěno, že Masarykova ulice v městě Brně není vhodná k umístění venkovních posezení před restaurační podniky. Tyto zahrádky by negativně ovlivňovaly pohyb pěších v Masarykově třídě. Docházelo by ke kumulaci osob, vytvářela by se místa kongesce, lidé by byly výrazně omezení v pohybu zejména v krizové situaci dopravní špičky. Umístění zahrádek do stávajícího území s momentálním velkým výskytem motorových a tramvajových vozidel bychom nedoporučili.

V určitých místech se dá diskutovat o umístění menších zahrádek, které nejsou prostorově náročné a nezabíraly by velkou část ulice, ale i tyto zahrádky by z části ovlivnily pohyb pěších koridorem. Tady vyvstává otázka, jestli by tyto zahrádky splnily svůj účel a přilákaly provozovněm více zákazníků. Díky současné vytíženosti ulice se dá s jistotou říci, že by lidé využívající venkovní posezení byli neustále rušeni pohybem pěších a vozidel, tím by docházelo ke snížení atraktivnosti zahrádek. Lidé by je nevyužívali, protože o příjemně stráveném času nebo vypítí si kávy v klidném prostředí by nemohla být řeč. Jejich umístění by postrádalo smysl.

Zároveň v případě hromadných událostí např. sledování hokejového zápasu na Zelném trhu, Muzejní noc, různé slavnosti na nám. Svobody, kdy dochází k velkému nárůstu výskytu pěších v řešeném území, se dá s jistotou tvrdit, že i zahrádky v místech, které z Modelu 4 vyšly jako bezproblémové, by v takových situacích způsobovaly kongesce a docházelo by ke kumulaci osob. Pro osoby využívající tyto zahrádky by taková situace mohla být i zdraví ohrožující. Řešením by mohla být smlouva mezi Magistrátem města Brna a provozovateli restaurací o nutnosti odstranění venkovních zahrádek v případě pořádání těchto akcí. Takže by zahrádky musely být mobilní a lehce odstranitelné.

O volném umístění venkovních posezení se dá mluvit až v případě radikálního omezení provozu vozidel. Zákazu vjezdu všech motorových vozidel (automobily, taxíky, zásobovací vozidla) a omezení průjezdu tramvaji.

Bibliografie

- [1] APELTAUER, Tomáš, Petr BENEŠ a Luděk VRÁNA. Aplikace pokročilých modelů pohybu osob a dynamiky požáru pro bezpečnou evakuaci osob a analýzu rizik. Brno, Certifikovaná metodika č. CERO 1/2016. Vysoké učení technické v Brně, 2016
- [2] Math Programming, 2011. The Wild Word of Cellular Automata [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://jeremykun.com/2011/06/29/conways-game-of-life/>
- [3] WEIDMANN, U.: *Transporttechnik der Fußgänger*. Technická zpráva, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen-und Eisenbahnbau, 1993.
- [4] Z dopravní psychologie. *Centrum služeb pro silniční dopravu* [online]. 2014 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: https://www.cspsd.cz/storage/files/reakcni_cas.pdf
- [5] FRUIN, John J. *Pedestrian Planning and Design*. Elevator World, Inc. 1971
- [6] Group emotion modelling and the use of middleware for virtual crowds in video-games. *Researchgate* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: [//www.researchgate.net/figure/Average-speed-number-of-people-in-an-area-crowd-density_fig3_257821531](http://www.researchgate.net/figure/Average-speed-number-of-people-in-an-area-crowd-density_fig3_257821531)
- [7] ČSN 73 6110 *Projektování místních komunikací*. Ministerstvo pro místní rozvoj, 2006.
- [8] STILL, G. K. *Introduction to Crowd Science*. CRC Press, 2014.
- [9] Crowd flow. *Crowd Safety and Risk Analysis* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://gkstill.com/Support/crowd-flow/index.html>
- [10] Pravidla pro posuzování letních restauračních zahrádek v Městské památkové rezervaci Brno z hlediska státní památkové péče. *Statutární město Brno* [online]. Brno, 30.1.2017 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: https://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/OPP/Pravidla_pro_letni_restauracni_zahradky_v_MPR_Brno_2017_01_30.pdf
- [11] Obecně závazná vyhláška č. 4/2017: kterou se mění obecně závazná vyhláška statutárního města Brna č. 13/2015, o místních poplatcích, ve znění obecně závazné vyhlášky statutárního města Brna č. 5/2016. In: Brno: Statutární město Brno, 2017. Dostupné také z: <https://www.brno.cz/sprava-mesta/dokumenty-mesta/vyhlasky-a-narizeni/?cislo=3274&rok=2017&dokument=1&platnost=1>
- [12] Brněnské komunikace a.s. *Chodci 2003: Profilový průzkum frekvence chodců*. Brno, 2003.

[13] *Vyhláška č. 294/2015: kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích*. Ministerstvo dopravy, 2015.

[14] Evidence vozidel DPMB. *Brněnská městská hromadná doprava* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://www.bmhd.cz/evidence-dpmb/evidence.php>

[15] HROMKOVÁ, Dominika. Ulice v centru Brna je pěší zónou. Jezdí tudy ale stovky tramvají i aut. *Idnes* [online]. 2015 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: https://brno.idnes.cz/pesi-zona-masarykova-ulice-v-brne-dqu-/brno-zpravy.aspx?c=A151123_2207293_brno-zpravy_tr

Seznam použitých zkratek a symbolů

mm	milimetr
cm	centimetr
m	metr
km	kilometr
m ²	metr čtvereční
v	vteřina
s	sekunda
min	minuta
hod	hodina
atp.	a tak podobně
atd.	a tak dále
aj.	a jiné
tzň.	to znamená
AutoCAD	software pro 2D a 3D projektování a konstruování
DXF	formát programu AutoCAD
DWG	formát programu AutoCAD
FBX	formát programu AutoCAD
GIF	grafický formát pro rastrovou grafiku
JPG	grafický formát pro rastrovou grafiku
PNG	grafický formát pro rastrovou grafiku
MPR	Městská památková rezervace
OPP MMB	Odbor památkové péče Magistrátu města Brna
OD	obchodní dům
OC	obchodní centrum
MHD	městská hromadná doprava
č.	číslo
os.	osoby
min.	minimum
max.	maximum

Seznam tabulek

Tabulka 1: Rozdělení rychlosti chůze v závislosti na věku [3].....	9
Tabulka 2: Úroveň kvality dopravy dle Johna J. Fruina [5].....	10
Tabulka 3: Výkonnost komunikace pro chodce ve vztahu k úrovni kvality [7]	11
Tabulka 4: Úroveň kvality pohybu chodců ve shluku i v proudu [7].....	12
Tabulka 5: Průzkum pěších z roku 2003 [12]	30
Tabulka 6: Intenzita počtu osob proudících v ulicích na vstupních profilech modelu.....	38

Seznam grafů

Graf 1: Délka trajektorie chodců	51
Graf 2: Celkové zdržení.....	52

Seznam obrázků

Obrázek 1: Makroskopická síť [1]	5
Obrázek 2: Zobrazení diskrétní sítě [2].....	6
Obrázek 3: Znázornění triangulační sítě	6
Obrázek 4: Grafické znázornění úrovně kvality dopravy vzhledem ke stojící osobě [5]	10
Obrázek 5: Grafické znázornění úrovně kvality dopravy dle Johna J. Fruina [6].....	10
Obrázek 6: Porovnání různých typů komunikace dle Fruinovy úrovně kvality pěší dopravy [5].....	12
Obrázek 7: Znázornění elipsy okolo člověka, hrana čtverce 1 m ² [5].....	13
Obrázek 8: 1 os. m ⁻² [8]	13
Obrázek 9: 5 os.m ⁻² , hraniční komfortní počet [8].....	14
Obrázek 10: Schéma – statický dav s hustotou 1–5 os.m ⁻² [8].....	14
Obrázek 11: Schéma a skutečnost – dynamický dav, 2 os.m ⁻² [9].....	15
Obrázek 12: Dynamický dav, 3 os.m ⁻² [9]	15
Obrázek 13: Dynamický dav, 4–6 os.m ⁻² (za hranicí komfortní zóny) [9]	16
Obrázek 14 Porovnání statické a dynamické hustoty pro 2 os.m ⁻² [9]	17
Obrázek 15: Proudící dav [9].....	17
Obrázek 16: Vymezení Městské památkové rezervace Brno, znázornění Masarykovy ulice [10]	21
Obrázek 17: Grafické znázornění zájmového území s názvy ulic	21
Obrázek 18: Vyznačení tramvajových zastávek	22
Obrázek 19: Grafické znázornění provozoven.....	23
Obrázek 20: Grafické znázornění restauračních zařízení a barů	24
Obrázek 21: Možné umístění zahrádky u fast food restaurace KFC.....	25
Obrázek 22: Možné umístění zahrádky u restaurace Padowetz	25
Obrázek 23: Možnost umístění zahr. k výlohám restaurace POE POE a obchodu Tchibo.....	25
Obrázek 24: Možnost umístění zahrádky k výloze pekárny Panos.....	25
Obrázek 25: Možnost umístění zahrádky k fast food restauraci McDonald's	25
Obrázek 26: Možnost umístění zahrádky k Caffè ARCA coctail bar	25
Obrázek 27: Možnost umístění zahrádky k fast food restauraci Pizza Hot.....	26
Obrázek 28: Možnost umístění zahrádky k výloze fast food restaurace Turecký kebab	26
Obrázek 29: Grafické znázornění umístění stávajících zahrádek pro letní období	26
Obrázek 30: Umístění označníků a jízdních řádů u zastávek MHD v zájmovém území	27
Obrázek 31: Grafické znázornění mobiliáře	28
Obrázek 32: Grafické znázornění skutečného současného stavu zájmového území	28
Obrázek 33: Dopravní značka Pěší zóna při vjezdu na ulici Masarykova	31
Obrázek 34: Vyznačení parkovacího prostoru pro vozidla taxi, ulice Květinářská	31

Obrázek 35: Tramvaj 13T6 projíždějící ulicí Masarykova [15].....	32
Obrázek 36: Provoz v řešeném území – zásobování a průjezd tramvají [15]	33
Obrázek 37: Pohyb pěších v řešeném území při průjezdu vozidel.....	34
Obrázek 38: Dopravní situace na ulici Masarykova – pohyb vozidel a chodců	35
Obrázek 39: Zobrazení současného stavu včetně mobiliáře, zahrádek a parkovacích ploch	36
Obrázek 40: Geometrie zájmového území - program Pathfinder.....	37
Obrázek 41: Geometrie Modelu 1 – Pathfinder	39
Obrázek 42: Konečný výstup proudění osob v Modelu 1 – Pathfinder	39
Obrázek 43: Zobrazení problematického místa v území (modrá šipka)	40
Obrázek 44: Problematické místo – odpadkový koš.....	40
Obrázek 45: Použitý podklad pro geometrii v DWG pro Model 2	41
Obrázek 46: Geometrie Modelu 2 – Pathfinder	42
Obrázek 47: Konečný výstup proudění osob v Modelu 2	42
Obrázek 48: Zobrazení problematických míst v území (modré šipky)	43
Obrázek 49: Problematické místo 1, roh ulice Masarykova a Panská	43
Obrázek 50: Problematické místo 2, roh ulice Masarykova a Nádražní – odpadkový koš.....	44
Obrázek 51: Schéma a typ venkovního posezení navrhnutého v zájmové lokalitě.....	44
Obrázek 52: Použitý podklad pro geometrii v DWG pro Model 3	45
Obrázek 53: Geometrie Modelu 3 – Pathfinder	45
Obrázek 54: Konečný výstup proudění osob v Modelu 3 – Pathfinder	46
Obrázek 55: Zobrazení problematických míst v území	46
Obrázek 56: Problematické místo 1	47
Obrázek 57: Problematické místo 2	47
Obrázek 58: Problematické místo 7	47
Obrázek 59: Problematické místo 8	47
Obrázek 60: Problematické místo 3	47
Obrázek 61: Problematické místo 4	47
Obrázek 62: Problematické místo 5	48
Obrázek 63: Problematické místo 6	48
Obrázek 64: Schéma a typ venkovního posezení navrhnutého v zájmové lokalitě.....	48
Obrázek 65: Použitý podklad pro geometrii v DWG pro Model 4	49
Obrázek 66: Geometrie Modelu 4 – Pathfinder	49
Obrázek 67: Konečný výstup proudění osob v Modelu 4 – Pathfinder	50
Obrázek 68: Optimalizovaná zahrádka 1	50
Obrázek 69: Optimalizované zahrádky 2	50