

# **4IZ363 – Komplexní systémy**

## **Simulace situace pěší dopravy v oblasti východu z Hlavního nádraží Praha**



**Štěpán Pilař  
Vojtěch Zrůst**

## Úvod

Hlavní nádraží v Praze vytváří jeden z důležitých styčných bodů a tak není divu, že se zde ve špičce tvoří davy jejichž dynamika je ovlivňována mnoha faktory. V tomto projektu se zaměřujeme na východy směřující k ulici Opletalova, konkrétně dvojici dveří hned vedle oblíbené restaurace Potrefená husa kam směřují lidé právě z Opletalovy ulice (přicházející z Masarykova nádraží, nebo Václavského náměstí) a také z tramvajové zastávky Hlavní nádraží (tramvaje č. 5, 9, 26). Cílem práce je zjistit, zda by změna některých parametrů vedla ke změně charakteru provozu.

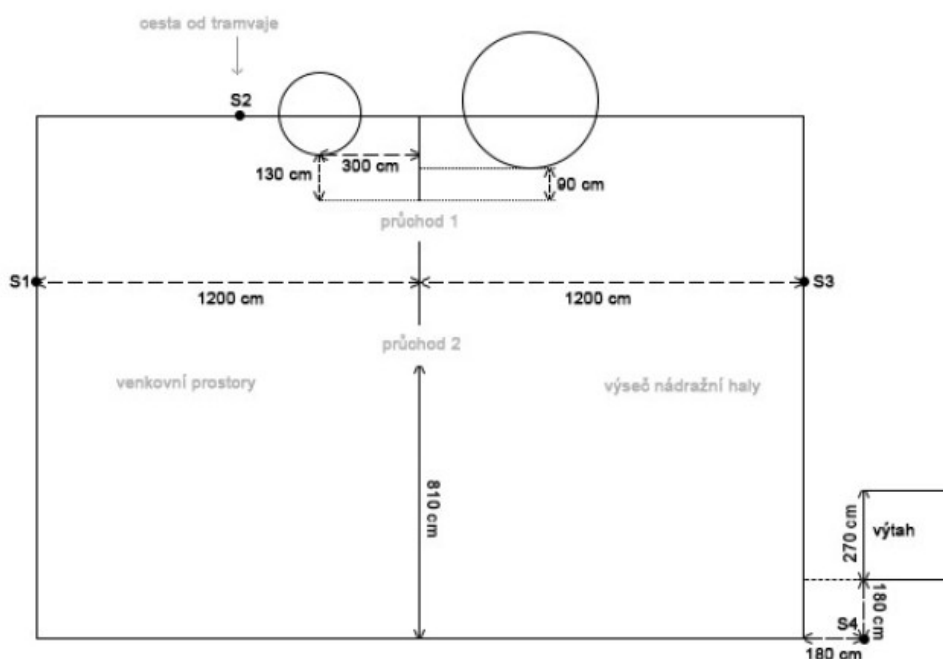
## Modelovaný systém

Model zahrnuje prostor zhruba  $16 \times 20 \text{ m}^2$  kde zhruba polovinu tvoří venkovní prostory a druhou polovinu část prostoru haly. Uprostřed je pak stěna haly ve které jsou dvojce posuvné dveře. Každé dveře mají čidlo, které detekuje pohyb v určitém rádiu.

Naměřené hodnoty prostoru a dveří zobrazuje následující tabulka a schéma:

šířka otevřených dveří	120 cm
vzdálenost otevřených dveří	250 cm
poloměr pro otevření (reakční radius)	125 cm
doba otevírání dveří	2,5 s
doba zavírání dveří	3 s
reakční doba	zanedbatelná

Tabulka 1: Naměřené parametry dveří



Obrázek 1: Naměřené parametry prostoru

V tomto prostoru se pohybují chodci (pedestrians), kteří chodí z bodů S1, S2 do bodů S3, S4 a naopak. Každý chodec má určen vlastní cíl a rychlost chůze. Po dobu chůze je pak ovlivňován dalšími chodci, dveřmi (doors) a překážkami (obstacles).

Dveře ovlivňují chodce těmito parametry:

- šířka (čím širší, tím více chodců může projít najednou)
- reakční rádius (zaregistruje-li čidlo chodce příliš pozdě, chodec bude muset počkat, než se dveře zastaví)
- doba otevírání a zavírání (otevínají-li se příliš pomalu, chodec musí počkat, než se dveře otevřou)
- prodleva před zavřením dveří při absenci pohybu

Překážky ovlivňují chodce pouze tím, kde jsou umístěny a jak jsou velké.

## Popis modelu

Jeden patch odpovídá jednomu decimetru čtverečnímu, dva ticky odpovídají jedné sekundě.

Model obsahuje dva typy agentů – chodce a dveře. V situačním plánu jsou černými patchi reprezentovány neprůchodné (ale průhledné) překážky, šedou reprezentují dveře. Barevné oblasti na okrajích plánu znázorňují „vstupy“ do modelu. V těchto oblastech jsou vkládáni noví chodci do modelu a jsou z něj zde také odebráni.

Chodci implementují jednoduché chování pro pohyb ze startu do cíle. Cíl je určen shodnou barvou chodce. Dokud chodec neprojde dveřmi má za cíl bližší ze dvou dveří, když jimi projde, směřuje ke svému cíli.

Chodci se navzájem naivně vyhýbají, pokud můžou. V případě, že uvíznou v zácpě, zcela se zastaví (ze své rychlosti na nulu) a čekají. Pokud se zácpa neuvolní, zamíří ke druhým dveřím. Při dosažení cíle je chodec odebrán z modelu.

Rychlost každého chodce je náhodná z normální distribuce se střední hodnotou odpovídající 4,8 km/h. Rychlost je zdola i shora omezena. Hustota provozu je odvozena z reálných měření a lze ji nastavit posuvníkem pedestrian-density (hodnota odpovídá střední hodnotě Poissonova rozdělení).

Dveře jsou agenti umístění v linii zdi a v modelu reprezentují spíše senzor dveří. Samotné dveře jsou reprezentovány šedými patchi na obě dvě strany od senzoru. Chování dveří ovlivňují čtyři parametry:

- door-width značí šířku dveří v počtu patchů, reálná hodnota je 12
- sensor-range je poloměr dosahu senzoru spouštějícího otevírání dveří, reálná hodnota je 12 patchů
- time-to-close je počet ticků, za které se dveře plně otevřou, nebo plně zavřou; reálná hodnota je 6 (tj. 3 sekundy);
- delay-before-closing je prodleva mezi okamžikem, kdy ustane pohyb v prostoru vymezeném sensor-range, a spuštěním zavírání dveří; ve skutečnosti je tato prodleva laicky nezměřitelná, tj. výchozí hodnota 0, ale v modelu je možné ji nastavit

Parametry sensor-range a delay-before-closing lze měnit za běhu simulace a projeví se. door-width a time-to-close jsou použity pouze při počátečním nastavení modelu.

V modelu je též přepínač door-on, který umožňuje odstranit dveře z modelu (z implementačních důvodů zůstávají agenti-senzory v modelu).

Podrobnější popis a použití modelu je přímo jeho součástí (záložka „Info“).

## Výsledky

Pomocí vlastního kódu jsme vygenerovali základní scénáře (setupy), které jsme následně testovali.

Pro každou kombinaci jsme provedli 20 testů, trvajících 410 ticků, jejichž data se nám zaznamenávala do souboru, ten jsme následně zpracovali a vytvořili z nich grafy viz níže. (V případě, že by vás zajímala samotná vygenerovaná data, můžete si je stáhnout zde:

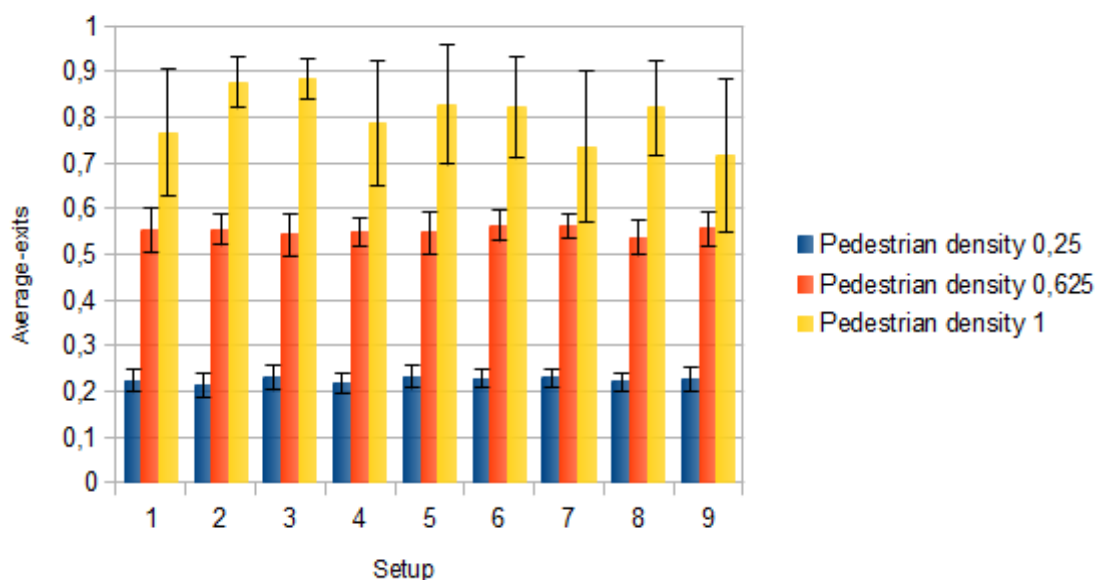
<https://github.com/Mingan/complex-systems> – soubor csv obsahuje neupravená data, soubor odpak zformátovaná a upravená data + níže zobrazené grafy – tento soubor byl vytvořen programem LibreOffice Calc).

V základu bylo 9 setupů s tím, že každý se spouštěl pro tři různé hustoty chodců (pedestrian-density) – tyto setupy znázorňuje následující tabulka:

Setup/variable	Door-width	Sensor-range	Time-to-close	Delay-before-closing
1	12	12	6	0
2	12	15	8	0
3	12	20	10	0
4	12	12	3	0
5	12	12	1	0
6	12	12	6	2
7	12	12	6	6
8	18	12	6	0
9	24	12	6	0

Tabulka 2: 9 základních setupů

### Průměrný počet chodců, kteří dosáhli cíle

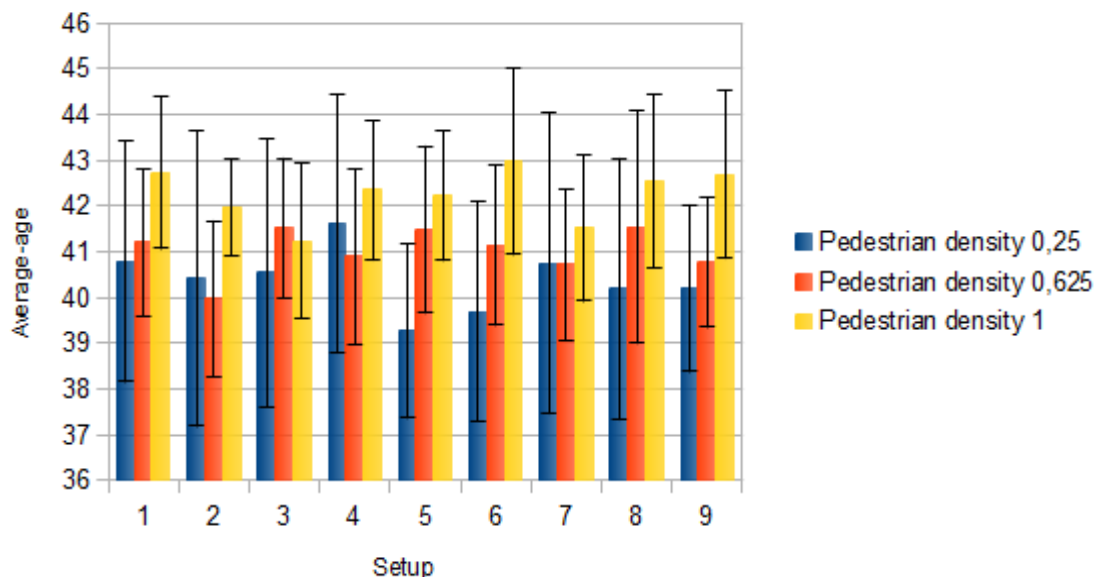


Graf 1: Průměrný počet chodců, kteří dosáhli cíle

Jak již nadpis napovídá, tento graf nám znázorňuje průměrný počet chodců, kteří dosáhli cíle za jednotku času (1 tick). Pro každý setup je zde uveden stav pro tři různé hustoty chodců (pedestrian-

density). Z následujícího grafu se dá vyčíst, že změny parametrů neměly větší vliv na tento ukazatel.

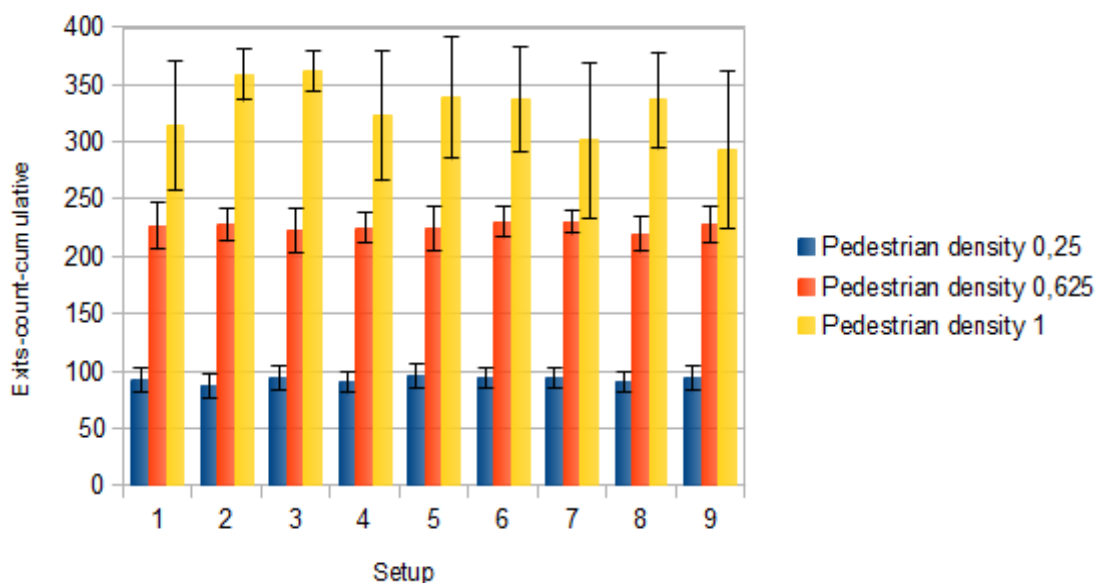
### ***Průměrný „věk“ chodců, kteří dosáhli cíle***



*Graf 2: Průměrný „věk“ chodců, kteří dosáhli cíle*

Věk znamená: jak dlouho chodci trvalo dostat se ze startu do cíle. (Připomínám, že jeden tick = 0,5 s).

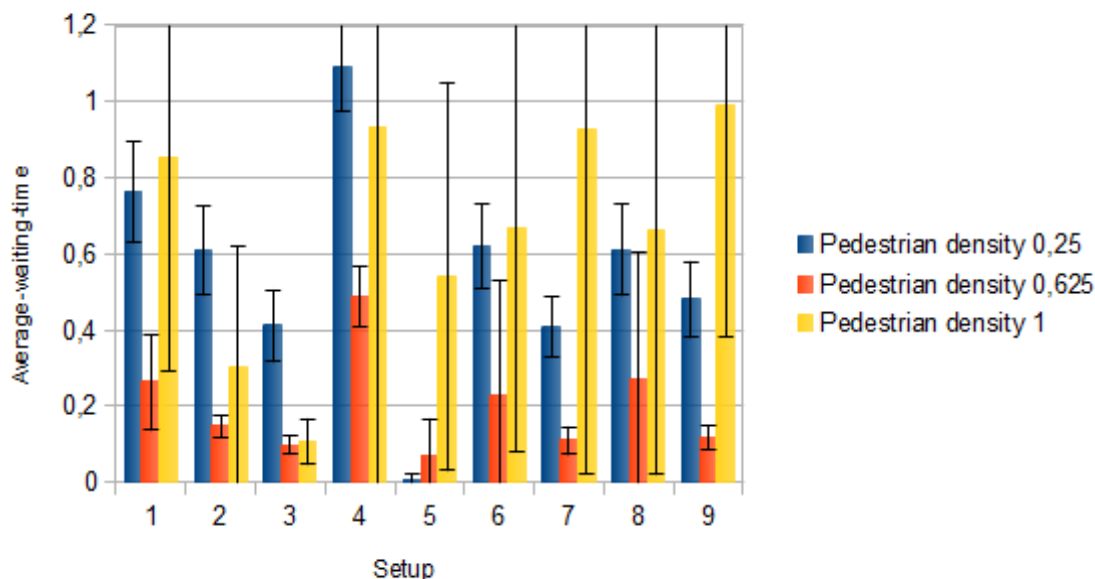
### ***Průměrný kumulativní součet chodců, kteří dosáhli svého cíle***



*Graf 3: Průměrný kumulativní součet chodců, kteří dosáhli svého cíle*

Tento graf zobrazuje průměrný kumulativní součet chodců, kteří dosáhli svého cíle za daný úsek celého měření (210 ticků = 3min 25s). Tento graf víceméně kopíruje první graf, kde jsou ty hodnoty zachyceny formou průměr/tick.

## Průměrná doba čekání chodců, kteří dosáhli cíle



Graf 4: Průměrná doba čekání chodců, kteří dosáhli cíle

Tento graf sleduje průměrně jak dlouho (kolik ticků) čeká jeden chodec v průběhu celé své cesty.

## Podrobnější rozbor vlivu vybraných parametrů na čekání chodců

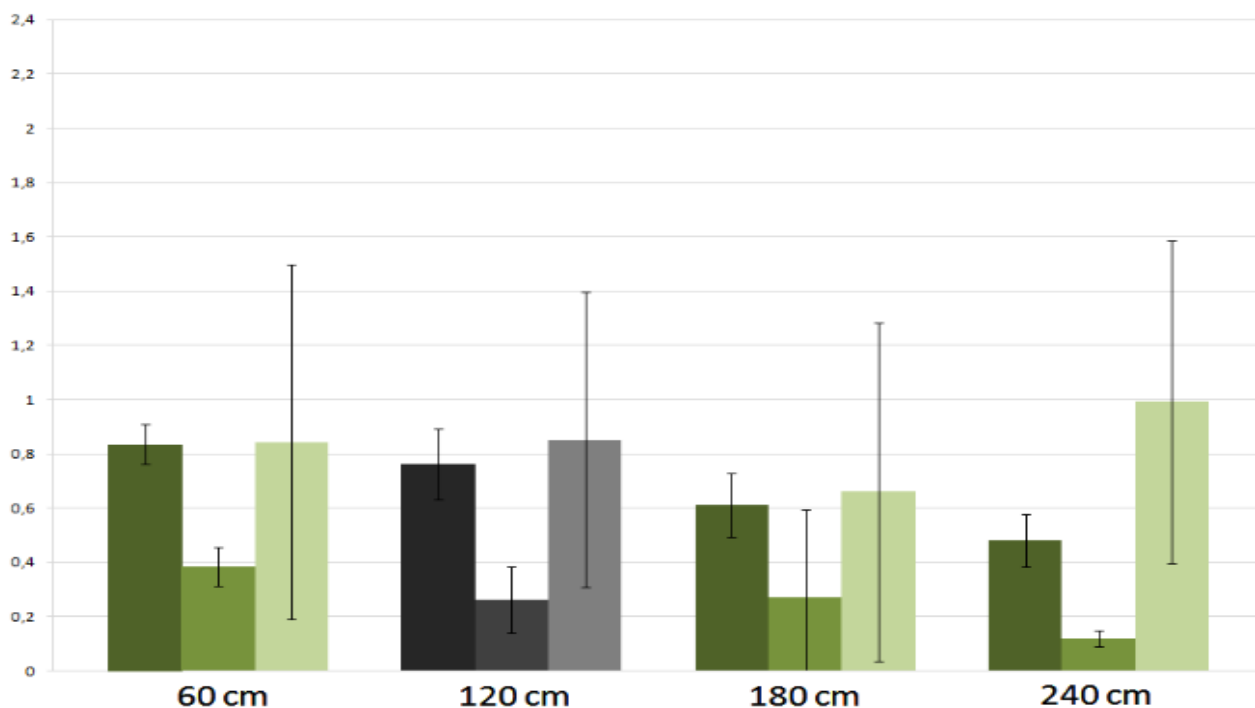
Následující grafy podrobněji sledují vliv jednotlivých parametrů na čekání chodců.

Zajímavým úkazem, který se v následujících grafech pravidelně objevuje je obecně nižší čekací doba při hustotě chodců 0,625 oproti 0,25. To si vysvětlujeme tím, že při hustotě 0,625 je proud plynulý a dveře se málokdy zavírají v důsledku nečinnosti v reakčním rádiu. Chodci tak nemusí čekat, než se dveře otevrou.

Při maximální hustotě provozu dochází k zácpám a jelikož je náš model z praktických důvodů neřeší, vzniká zde poměrně vysoká odchylka a naměřená data již nejsou plně relevantní.

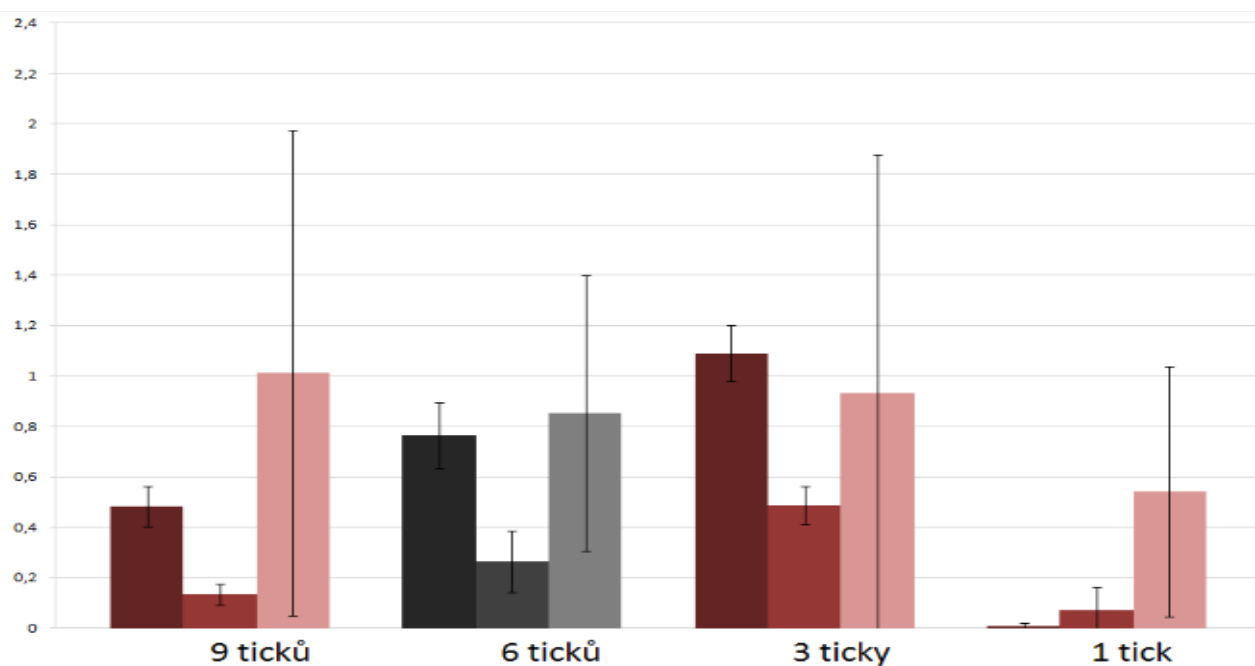
### Vliv šířky dveří

Na ose X je zanesena šířka dveří, na ose Y je počet ticků, kolik chodci průměrně čekali. Z grafu je jasně viditelná tendence snižování čekacího času při rozšiřování dveří.



Graf 5: Vliv šířky dveří na čekání

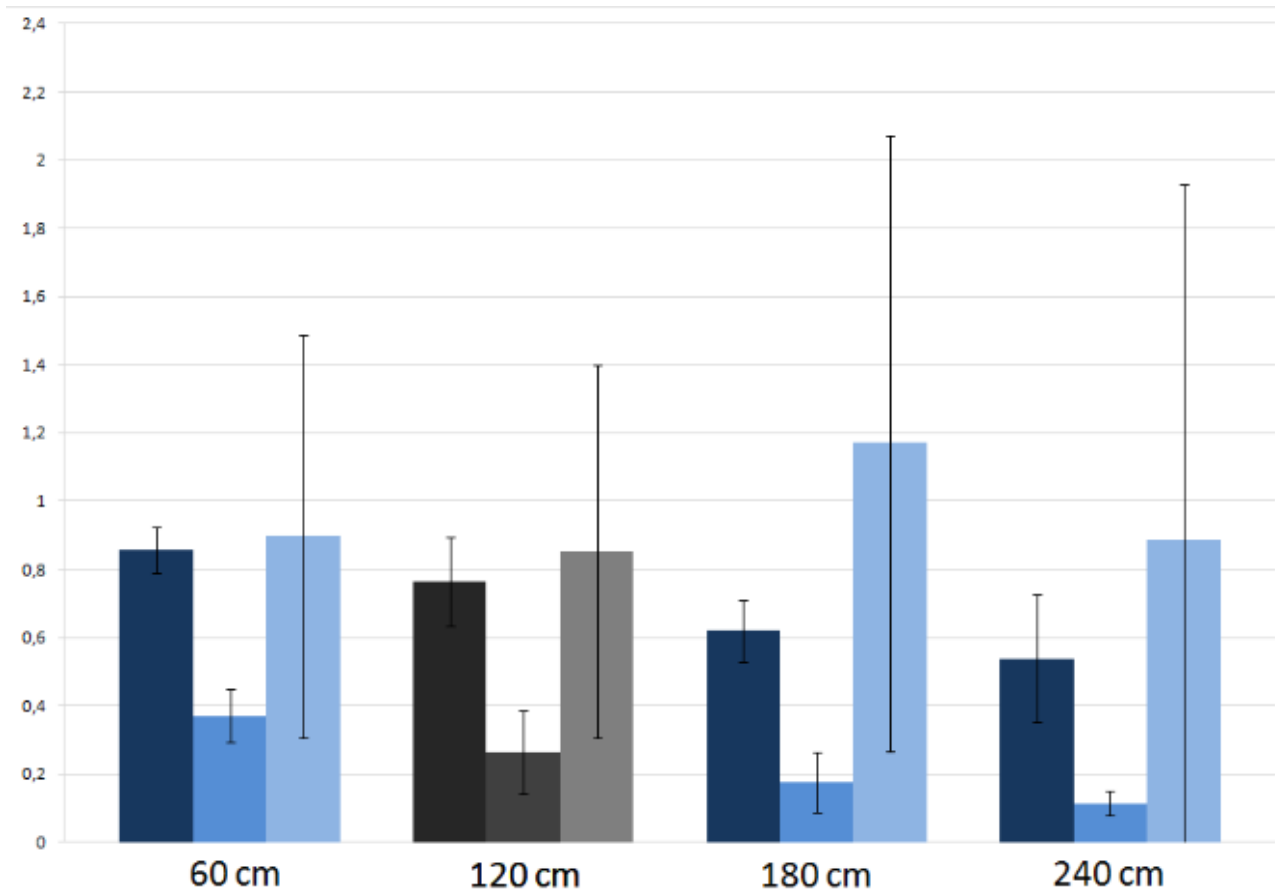
### **Vliv rychlosti otevírání/zavírání dveří**



Graf 6: vliv rychlosti otevírání/zavírání dveří

Na ose X je doba po kterou se dveře zavírají, nebo otevírají. Na ose Y je počet ticků, kolik chodci průměrně čekali. Při snižování této rychlosti se do určité hodnoty doba čekání zvyšuje. To zapříčiňuje především rychlejší zavírání dveří. Doba tedy narůstá o čekání na opětovné otevření dveří. Od rychlosti otevírání/zavírání za dva ticky a méně se doba čekání naopak krátí.

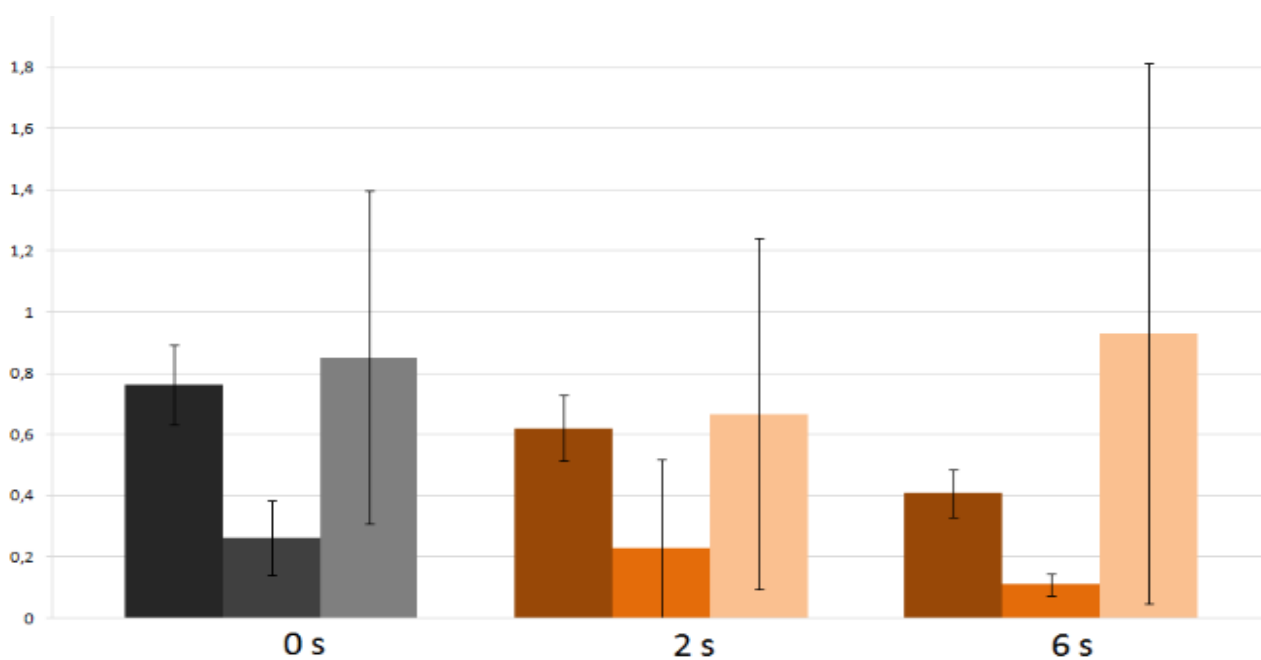
### ***Vliv dosahu senzoru dveří***



*Graf 7: vliv dosahu senzoru dveří*

Na ose X je dosah senzoru dveří. Na ose Y je počet ticků, kolik chodci průměrně čekali. Na grafu je vidět, že se zvyšováním dosahu senzoru se podstatně krátí průměrná doba čekání.

### ***Vliv prodlevy před zavřením***



*Graf 8: vliv prodlevy před zavřením*



Na ose X je doba nečinnosti v reakčním rádiu, po které se dveře začnou zavírat. Na ose Y je počet ticků, kolik chodci průměrně čekali. Pokud prodleva roste, průměrné čekání klesá.

## **Rozšíření modelu o možnost zcela odstranit dveře**

Na základě návrhu ze cvičení jsme přidali možnost odstranit dveře úplně. V tomto případě tendence pokračuje jako při snižování času otevírání/zavírání dveří. Rozdíl však není velký. Na podrobnosti se můžete podívat v příloze (soubor analyza.xlsx – tento soubor byl vytvořen programem Microsoft Office Excel).

## **Příloha**

Data a další zde neuváděné grafy si můžete prohlédnout v příloze analyza.xlsx (tento soubor byl vytvořen programem Microsoft Office Excel).

## **Závěr**

Pomocí tohoto modelu jsme se dozvěděli, že zvolené sledované parametry dveří a prostoru na hlavním nádraží jsou zvoleny dobře a většinu času je zde provoz volný. Občas se však mohou vytvořit mírné zácpy – pro jejich předejití by pak mohla velmi dobře posloužit změna reakčního rádiu čidla dveří, a náročnější, ale neméně efektivní úpravou, by pak bylo rozšíření dveří. V případě, že by to bylo možné, by také pomohlo nastavit prodlevu před zavřením dveří.