

Modelování a simulace

2013 / 2014

Projekt - Model dopravy na dálnici D1

1. Úvod

Tato práce řeší implementaci simulačního modelu největší české dálnice D1 od jejího začátku v Praze až po její konec v Bohumíně, v obou směrech. Jako základ slouží systém hromadné obsluhy [<https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf> slide č. 136], kde jednotlivé úseky reprezentovány linkami.

1.0.1 Cíle projektu

1. Zobrazení kolony a dopravních komplikací v důsledku nehody
2. Nalézt chyby v rozložení oprav na dálnici a navrhnout zlepšení

1.1 Řešitelé, odborné autority a zdroje podílející se na práci

1.1.1 Autoři práce

Radek Ševčík, xsevc44, xsevc44@stud.fit.vutbr.cz

Marek Kidoň, xkidon00, xkidon00@stud.fit.vutbr.cz

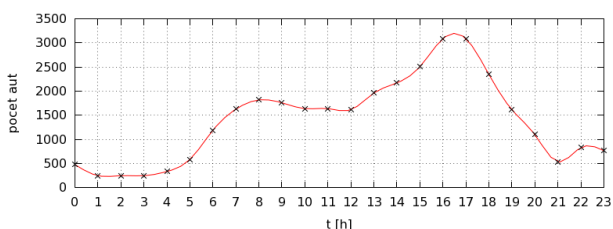
1.1.2 Zdroje a odborné autority

- Český statistický úřad, jehož statistiky o počtu obyvatel daly vzniknout konečné podobě rozložení celkového provozu na modelované dálnici.
- Ředitelství silnic a dálnic, podle jejichž informací o aktuálních uzavírkách a jiných omezeních vznikl náš model.

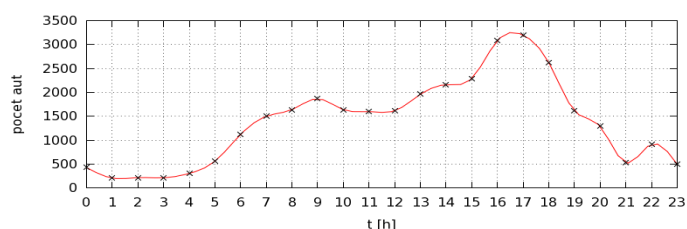
1.2 Ověřování validity modelu

Simulační model[slide č. 9] byl ověřován konfrontací našich neustále se měnících znalostí, která se nám dostávaly v průběhu návrhu, implementace a experimentování[slide č. 9], s reálnými informacemi, které jsme získali z ČSÚ a ředitelství silnic a dálnic ČR. Pokud naše poznatky nebo výsledky experimentování nesouhlasily s daty výše zmíněných odborných autorit, byl abstraktní model[slide č. 9] upraven (zpravidla obohacen o některou další, námi doposud zanedbanou část reality).

Počet aut na 12km dálnice směr Olomouc (model, úterý)



Počet aut na 12km dálnice směr Olomouc (realita, úterý 3.12.2013)
viz : <http://www.dopravniinfo.cz/hustota-provozu-v-profilu-dalnice-d1>



Validita simulačního modelu je možná odvodit z následujících grafů. Je vidět že zatížení v jednotlivých dnech je na zobrazeném úseku podobné. Jedná se sice

jen o vybraný úsek, avšak statistiky nebo grafy , které by pojímaly dálnic v globálnějším měřítku, nejsou dostupné.

1.3 Zadání projektu model dopravy na dálnici D1

“Prostudujte aktuální stav rozpracovaných staveb na tuzemské dálnici D1. Prostudujte časově proměnlivý proces zatížení komunikace řidiči (denní doba, pracovní den a svátek, apod.) a model tras řidičů (nástupní místo a cílové místo). V případě nedostatků informací o systému parametry modelu vhodně navrhnete a svou volbu zdůvodněte. Modelujte systém v jednu ze dvou variant: 1) dálnici D1 jako celek s menším zaměřením na detail nebo 2) jeden úsek opravy se zaměřením na dynamiku pohybu vozidel (vede na celulární automat).”

Variantu 1 lze modelovat diskretizací dálnice na úseky po 1 km typu obslužná linka s různou kapacitou. Variantu 2 je nutno modelovat celulárním automatem - CA (prostudujte CA zaměřené na modelování silniční dopravy).”

My jsme zvolili variantu 1 tedy diskretizaci dálnice s menším zaměřením na detail.

2. Rozbor tématu a použitých metod a technologií

2.1 Popis použitých postupů pro vytvoření modelu

K vytvoření projektu byl použit jazyk C++ a knihovna Simlib.

Alternativou k tomuto přístupu by bylo naprogramovat vše “from scratch”. Tento přístup se na první pohled zdá jednodušší a škálovatelnější, protože bychom se při tvorbě simulačního modelu vyhnuli omezení na obslužné linky, nicméně po bližším zhodnocení se složitost tvorby vlastního simulačního kalendáře[3] a přepínání kontextu jednotlivých procesů^[side č. 121] ukázala jako natolik velká překážka, že byla tato myšlenka opuštěna.

Pro získání topologie dálnice bylo použito údajů z ředitelství silnic a dálnic www.rsd.cz a pro aktuální stav uzavírek a bylo použito přehledného grafu ze serveru www.dopravniinfo.cz, který je taktéž spravován ředitelstvím silnic a dálnic ČR.

K získání údajů o osídlení kolem dálnice D1 bylo použito statistik o počtu obyvatel ve městech kolem dálnice. Tyto údaje jsou důležité z hlediska provozu na jednotlivých úsecích dálnice a byly získány z následujícího dokumentu : [http://www.czso.cz/csu/2012edicniplan.nsf/t/2C0042DDFF/\\$File/400112q415.pdf](http://www.czso.cz/csu/2012edicniplan.nsf/t/2C0042DDFF/$File/400112q415.pdf)

Výstup z našeho simulačního modelu byl obohacen knihovnou gnuplot, která umožňuje výstupy do grafů a lepší čtení výstupů.

Pro nutné matematické výpočty byl použit software Maple.

2.2 Popis původu použitých metod a technologií

1. C++ - <http://www.cplusplus.com/info/history/>
2. Simlib - <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>
3. Gnuplot - <http://www.gnuplot.info/>
- 4.

3. Koncepce - modelářská témata

3.1 Abstraktní model dálnice

3.1.1 Diskretizace dálnice

Velmi důležitou částí tvorby abstraktního modelu je diskretizace reálné spojité dálnice. Správně zvolená velikost diskretních úseků je klíčová pro co největší se přiblížení realitě. My jsme zvolili variabilní délku úseků. Úseky jsou započaty a ukončeny nějakým významným faktorem, jehož nezahrnutí do modelu by značně zneprávnilo výsledky. Takovým faktorem jsou často nájezd a výjezd z dálnice nebo například zúžení. Modelovat dálnici po úsecích s konstantní velikostí by vedlo k velkému počtu malých úseků, což je neúnosné z pohledu delky trvání i jednoduché simulace.

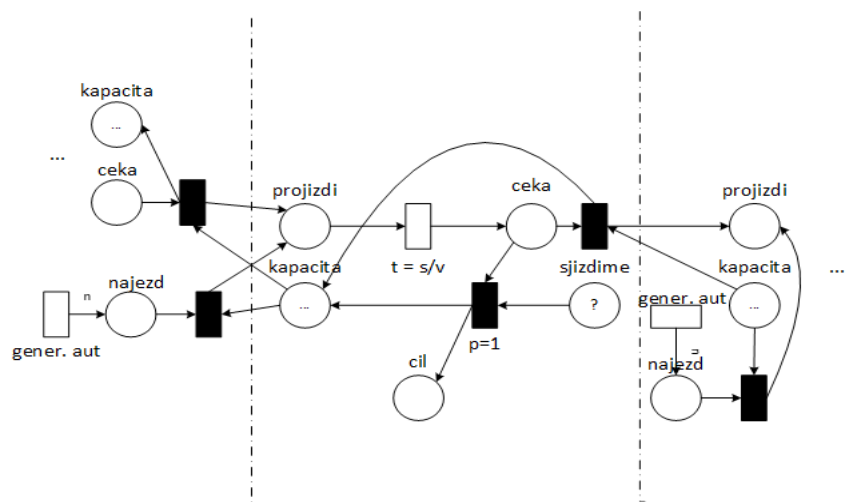
3.1.2 Modelování úseků

Úseky jsou modelovány jako navazující systémy s hromadnou obsluhou, tzn. že vozidlo (buď projíždějící nebo najíždějící) si zabere předem danou část z celkové kapacity úseku. Vozidlo na úseku tráví čas [slide č. 21], který je definován jako přímá úměra mezi délkou a normálním rozložením průměrné rychlosti. Z toho plyne, že auta se mohou na úsecích předjíždět mezi sebou.

Toto by mohlo být považováno za chybu v případě úseku s omezeným provozem (např. provoz jedním pruhem, kde se auta nemohou předjíždět), avšak výsledný dopad se ukázal jako zanedbatelný (nás zajímá celkový počet aut na úseku nebo průměrná rychlost všech aut. Ne jednotlivci).

Po projetí úseku auto sjede a nebo čeká na uvolnění úseku před ním (není-li volný) a po přechodu do nového úseku uvolní zabranou kapacitu, čímž vpustí na úsek další vozidlo.

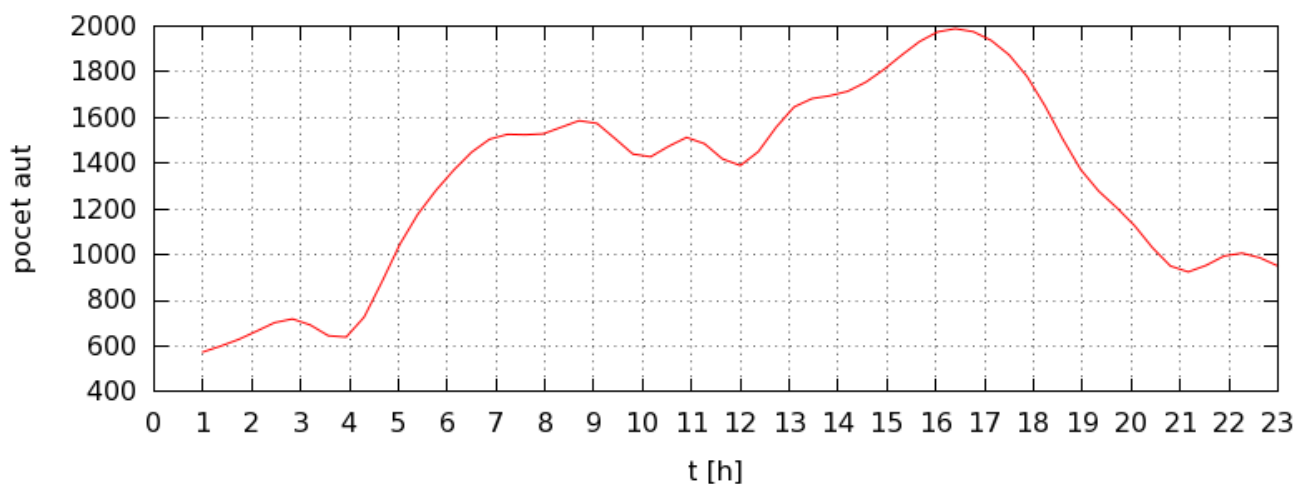
Kde vozidlo na dálnici najede a kde z ní sjede, určuje generátor trasy (viz. 3.3).



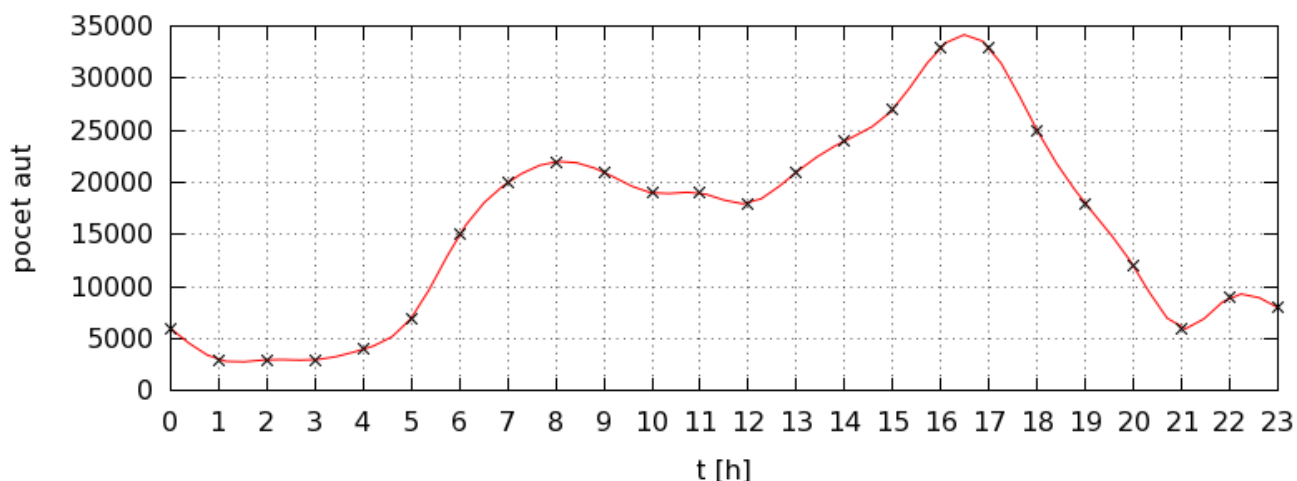
3.2 Generátory procesů

Proces v našem systému reprezentuje právě jeden automobil, který putuje po našem abstraktním modelu dálnice.

Předpokladem pro reálné rozložení aut v libovolném čase na prostoru dálnice je přítomnost všech sjezdů a nájezdů na dálnici. Tento předpoklad byl zajištěn v diskretizovaném abstraktním modelu. Auta jsou generována a umisťována na dálnici s předem danou neměnnou periodou. Celkový počet aut na dálnici za libovolnou jednotku času byl zjištěn experimentálně vzhledem k absenci potřebných statistik. Jako podklad byl však použit následující graf provozu na jednom úseku dálnice (zdroj ředitelství silnic a dálnic ČR).



Ten naneštěstí nic neříká o celkovém provozu na dálnici, jdou z něj však vyčíst maxima a minima provozu, které korespondují s denním režimem většiny řidičů. (ráno jedou do zaměstnání a večer zase domů). Lze tedy usoudit, že provoz na dálnici odraží do značné míry chování lidí, a předpokládá se, že lidé po celém území ČR mají potřebu jezdit ráno do práce a večer z práce. Z tohoto faktu byl experimentálně vytvořen graf velmi podobný výše zmíněnému, ale aplikovaný na celou dálnici D1.



Jako námitka oproti výše zmíněnému, jde použít zaměstnanost v jednotlivých regionech a tudíž přehlédnutý faktor provozu na dálnici. Tato námitka je samozřejmě validní, ale kvůli téměř zanedbatelným rozdílům v zaměstnanosti mezi regiony jsme se rozhodli zaměstnanost do našeho modelu neimplementovat.

Dalším problémem zůstává jak rozložit řidiče na dálniční nájezdy. Za tímto účelem vznikla funkce (na základě statistik ČSÚ) odrážející osídlení kolem dálnice. V úvahu byla brána jenom města s obyvatelstvem převyšujícím 20 000 obyvatel. Menší města byla zanedbána, což se však při simulaci neprojevovalo jako problém.

3.3 Zvolení vhodné cesty procesů

Zvolení vhodné cesty procesům (nájezd a výjezd) je další problém, který jsme vyřešili experimentálně vzhledem k nedostatku faktických informací. Vycházíme z předpokladu, že lidé necestují každodenně do zaměstnání dále než maximálně několik desítek kilometrů, a že destinace, do kterých cestují se nacházejí ve městech. V odpoledních hodinách se vrací zpět. Máme tedy soubor obsahující dvojice množin, jednu s nájezdy v okolí města, a druhou s nájezdy ve městě. Ráno se auta generují na nájezdy v okolí města a míří do něj, v odpoledních naopak.

100% provozu netvoří pouze lidé cestující do práce a z práce. Velké množství tvoří také kamiony a auta cestující na velkou vzdálenost. Ty zahrnujeme do statistik také. V týdnu je jim vyhrazeno 20% provozu o víkendu naopak 90%. Tyto hodnoty byly zjištěny z části experimentováním, a které bylo konfrontováno s grafy uvedenými na ředitelství silnic a dálnic ČR.

4. Architektura simulačního modelu

Komponenta	Soubor	Popis
model dálnice	model.h	seznam exitů, úseky (na Prahu, na Olomouc), jejich návaznost, napojení exitů, kapacity, povolené rychlosti, omezení z důvodu práce, nehodovost ...
genertor vozidel	vehicle_generator.h	generuje vozidla v závislosti na denní době a dnu v týdnu
generator trasy	route_generator.h	generuje nájezd a sjezd pro vozidlo v závislosti na denní době (rano do práce, odpoledne z práce, meziměstské trasy, ...) a dnu v týdnu
chování vozidel	vehicle.h	nájezd na dálnici, simulace průjezdu, čekání v koloně, výjezd, časová statistika
statistiky	speedway.cc	simlib histogramy
	exit_load.cc	gnuplot výstup pro generátor trasy (nájezd + výjezd)
	usek_load.cc	gnuplot výstup pro generátor trasy (zatíženost úseku)
	vehicle_generator.cc	gnuplot výstup pro generátor vozidel
generátor nehod	accident_generator.h	generátor nehod na dálnici

lokace jednotlivých modelových komponent

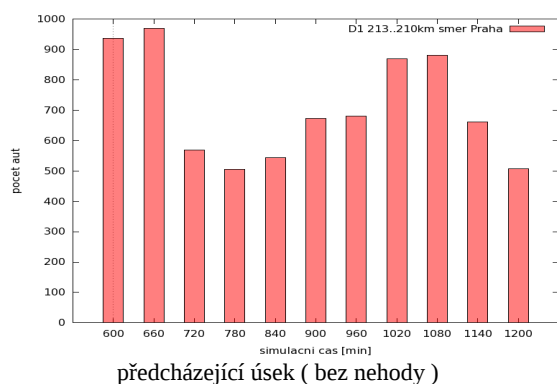
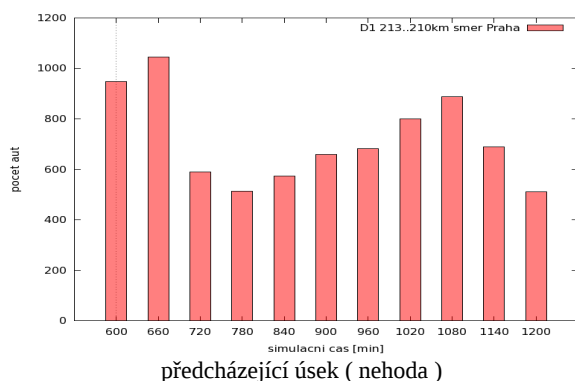
5. Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

5.1 Experiment 1 : Zobrazení kolony v důsledku nehody

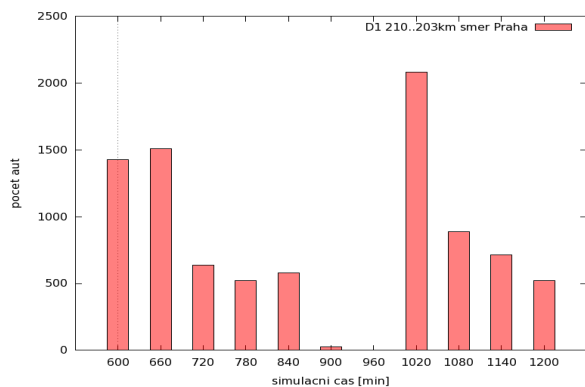
5.1.1 Volba vhodného úseků a času

Pro tento experiment byly vybrány 203 kilometr (Brněnská dálnice) směr Praha v pracovní den v době odpolední špičky tj. 15 hodina odpolední, kdy se lidé vrací z práce domů.

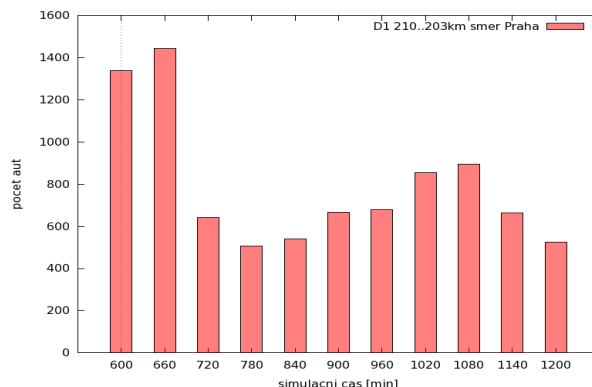
Vzhledem k přítomnosti velkého města a rušné odpolední hodiny lze předpokládat velmi signifikantní zpoždění. Měřit budeme průměrou rychlost vozidel v čase na úseku postiženém nehodou a na několika předcházejících úsecích. Dále jej porovnáme s běžným provozem.



Na grafech je vidět zatížení úseku, který předchází úseku s nehodou. Vzhledem k velké kapacitě dálnice, a poměrně nízkému provozu, je nárůst dopravy vidět jen nepatrně.

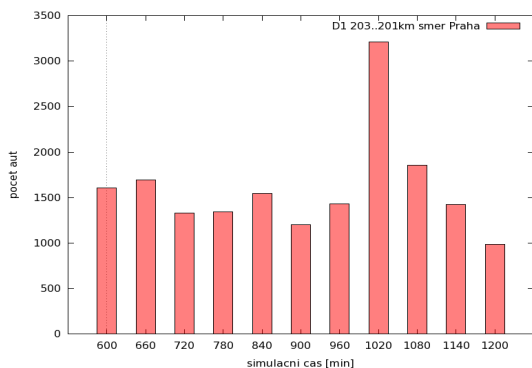


Úsek na němž je nehoda

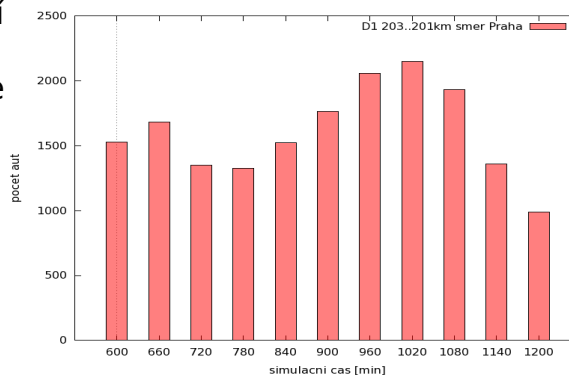


Úsek na němž je nehoda (bez nehody)

Na úseku, na kterém se přímo stala nehoda je vidět v kterém časovém okamžiku nehoda nastala a jak to zkomplikovalo dopravu. Téměř 2 hodiny žádné auto neprojelo. Jakmile se však úsek uvolnil, veškerá auta, která čekala v koloně se najednou rozjedou a dočasně přetížují úseky následující za tím, na kterém byla



dopravní
nehoda.
Což je



demonstrováno na poslední sérii grafů.

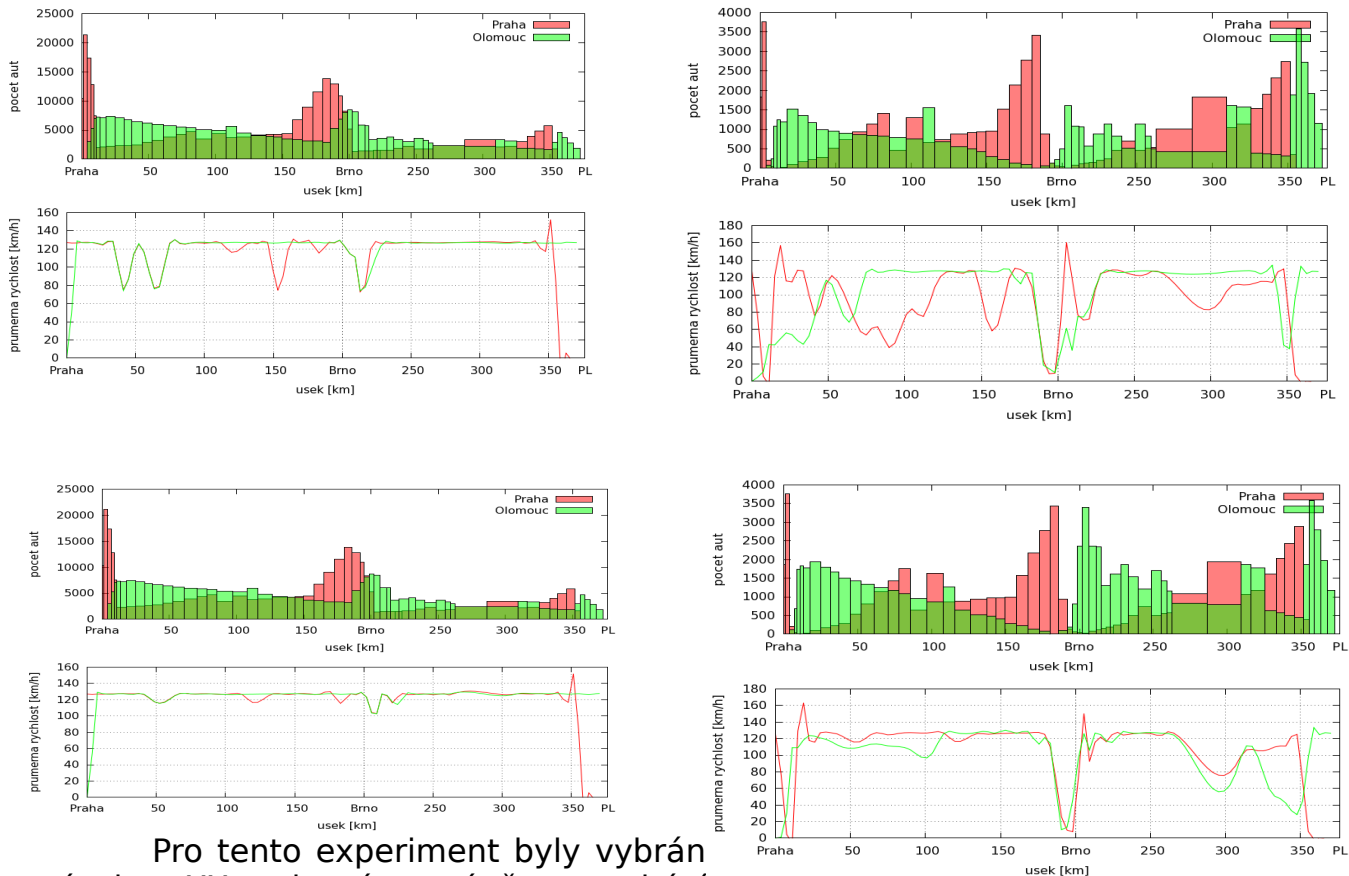
5.2 Experiment 2 : detekce chyb v rozložení oprav na dálnici a návrh zlepšení

Dopravní situace na naší největší tuzemské dálnici je špatná kvůli právě

probíhajícími opravami. Panuje však obecné přesvědčení, že by mohla být lepší, kdyby se opravovaly jiné, méně vytížené úseky. Tento experiment se pokusí domněnku podpořit nebo naopak vyvrátit.

Bude provedena série experimentů s různým zatížením dálnice. Od běžného až po hypotetické. Budeme porovnávat stav dálnice v případě, že na něm neprobíhají žádné opravy vůči reálnému stavu.

5.3.1 Volba vhodných úseků a času



Pro tento experiment byly vybrány úseky XX, který právě prochází rekonstrukcí. Bude ukázán rozdíl mezi provozem o víkendy a v týdnu. A bude zhodnoceno, zda by oprava některého jiného úseku namísto práce tohoto, nevylepšíla dopravní situaci.

6. Shrnutí simulačních experimentů a závěr

Výsledek experimentu č. 1 ukázal zatížení dálnice v každodenní špičce a jaké dopravní komplikace způsobuje.

Experiment č. 2 potvrdil, že opravy na dálnici způsobují značné dopravní komplikace.

V simulačním experimentu 3, jsme ukázali, že vhodnějším rozložením oprav na dálnici, bychom docílili podstatně lepší dopravní situace v celém časovém měřítku. Proč se úseky neopravují, v jiném vhodnějším pořadí je otázka. Dost možná proto, že nebyla vypracována žádná studie zatížení úseků. Na druhou stranu, to možná poukazuje na problém, chybějích informací o zatížení dálnice, s kterými jsme se potýkali i mi. Zdá se tedy že ředitelství silnic a dálnic nesbírá dostatek statistik, podle kterých by se podobné studie daly vypracovat. Není se tedy čemu divit, pokud mluvíme o zoufalé dopravní situace na naší největší dálnici.