

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Diplomová práce

Analýza provozu na vybrané stanici technické kontroly

Bc. Martina Chaloupková

© 2015 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Martina Chaloupková

Veřejná správa a regionální rozvoj

Název práce

Analýza provozu na vybrané stanici technické kontroly

Název anglicky

Analysis of service system in selected vehicles control station

Cíle práce

Cílem diplomové práce je analyzovat současný provoz stanice technické kontroly a navrhnout jeho zlepšení.

Metodika

- nastudování odborné literatury
- shromáždění informací o provozu stanice technické kontroly
- utřídit a zhodnotit informace
- výběr metod
- zpracování dat pomocí metod
- zhodnotit získaná data
- interpretace výsledku

Doporučený rozsah práce

60 – 80 stran

Klíčová slova

profil zákazníka, fronta, stanice technické kontroly, klient

Doporučené zdroje informací

HELENA BROŽOVÁ, MILAN HOUŠKA, ZÁKLADNÍ METODY OPERAČNÍ ANALÝZY 1. vyd. (2. dotisk). Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, Katedra systémového inženýrství, 2008. 244 s., ISBN 978-80-213-0951-7.

JOSEF JABLONSKÝ, OPERAČNÍ VÝZKUM, Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování, 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2002. 325 s., ISBN 80-86419-23-1.

LUDMILA DŮMEOVÁ, MARTINA BERÁNKOVÁ, SYSTÉMY HROMADNÉ OBSLUHY I., 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, Katedra operační a systémové analýzy, 2004. 58 s. ISBN 80-213-1193-2.

MILAN HOUŠKA, SIMULAČNÍ MODELY I. 1. vyd. (1. dotisk). Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2009. 58 s., ISBN 978-80-213-1334-7.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 ZS – PEF

Vedoucí práce

doc. Ing. Milan Houška, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2014

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 11. 2014

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 18. 11. 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Analýza provozu na vybrané stanici technické kontroly" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 27. 11. 2015

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Milanovi Houškovi, Ph.D. z Provozně ekonomické fakulty České zemědělské univerzity v Praze, za odborné vedení diplomové práce, jeho cenné rady a čas, který věnoval konzultacím.

Dále pak mé poděkování patří celé mojí rodině za trpělivost a podporu při psaní této práce.

Analýza provozu na vybrané stanici technické kontroly

Souhrn

Tato diplomová práce je zaměřena na analýzu provozu ve vybrané stanici technické kontroly. Cílem diplomové práce je zhodnocení současného provozu stanice technické kontroly pomocí vhodně vybraných metod. Konkrétně jsou hodnoceny čekací doby zákazníků při odbavování na lince stanice technické kontroly a zajištění plynulého chodu při obsluhování klientů.

Diplomová práce je rozdělena do dvou částí, na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou vysvětleny základní termíny týkající se systémů hromadné obsluhy, je zde uveden přehled klasifikace systémů hromadné obsluhy, jsou popsány základní typy systémů hromadné obsluhy a metody výpočtů.

V praktické části je podán ucelený přehled o činnostech stanice technické kontroly, představena konkrétní stanice technické kontroly, zmapován její provoz a popsána problémová situace. Dále pak je provedena klasifikace konkrétního systému hromadné obsluhy a výpočet základní charakteristiky modelu. Je zde též uvedena kalkulace mzdových nákladů.

V samotném závěru diplomové práce je zhodnocení výsledků a na základě těchto výsledků dáno doporučení vedení stanice technické kontroly.

Klíčová slova: systém hromadné obsluhy, teorie front, zdroj požadavků, fronta, obslužná linka, stanice technické kontroly, profil zákazníka

Analysis of service system in selected vehicles control station

Summary

This thesis focuses on the analysis of service system in selected vehicle control stations. The objective of the thesis is to evaluate the current status of service system of vehicle control stations by using selected methods. We will be evaluating the client waiting time of dispatch at the vehicle control stations as well as attaining continuous operation when serving the client.

The thesis is divided into two parts; the theoretical part explains the basic terminology of the queuing theory with a summary of its classifications, descriptions of its basic types as well as the methods of calculation.

The practical part offers a summary of the activities of service systems of vehicle control stations. A specific vehicle control station is introduced with a description of its operations as well as a description of a problematic situation. The practical part also offers the classification of a specific queuing mode with a calculation of the basic characteristics of the model. Salary expenses have also been calculated.

The conclusion of the thesis contains an evaluation of the results as well as a recommendation for the management of vehicle control stations.

Keywords: queuing theory, the theory of queues, queue, service line, vehicle control stations, customer profile

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíl práce a metodika	12
	2.1 Cíl práce	12
	2.2 Metodika práce	12
3	Přehled řešené problematiky.....	14
	3.1 Základní charakteristiky systému hromadné obsluhy.....	14
	3.2 Klasifikace systémů hromadné obsluhy	24
	3.3 Analýza systémů hromadné obsluhy	26
	3.4 Modely systémů hromadné obsluhy	28
	3.5 Model M/M/1 s čekáním.....	30
	3.6 Optimalizace nákladů v modelech hromadné obsluhy	36
4	Vlastní práce	38
	4.1 Stanice technické kontroly.....	38
	4.2 Povinnosti provozovatele stanice technické kontroly.....	39
	4.3 Činnosti stanice technické kontroly	40
	4.4 Výpočet kapacity technických prohlídek kontrolních linek STK.....	42
	4.5 Profil společnosti	43
	4.6 Popis problémové situace	44
	4.7 Modelování systému hromadné obsluhy	51
	4.7.1 Klasifikace modelu hromadné obsluhy.....	51
	4.7.2 Základní charakteristiky modelu M/M/1/50/∞/PRI.....	52
	4.7.3 Základní charakteristiky modelu při změně počtu techniků STK na 4.....	60
	4.7.4 Základní charakteristiky modelu při změně počtu techniků STK na 6.....	62
	4.7.5 Výsledky základní charakteristiky modelu hromadné obsluhy	65
	4.8 Kalkulace jednotlivých scénářů	66
5	Shrnutí výsledků a doporučení společnosti	70
6	Závěr	73
7	Seznam literatury a použitých zdrojů	75
8	Seznam tabulek, grafů a obrázků	78
	8.1 Seznam tabulek	78
	8.2 Seznam grafů	78
	8.3 Seznam obrázků.....	78
9	Přílohy.....	79

Seznam použitých zkratk

CIS – centrální informační system Ministerstva dopravy ČR

ČR – Česká republika

EK – evidenční kontrola

FIFO – systém first in/first out

HO – hromadná obsluha

Kč – Koruna česká

ks – počet kusů

L – motocykl

LIFO – systém last in/first out

M – osobní automobil

MD – Ministerstvo dopravy České republiky

min – minuty

N – nákladní automobil do 3,5 t

O – přívěsný vozík

PRI – systém priority

PTP – pravidelná technická prohlídka

SHO – systém hromadné obsluhy

SIRO – systém selection in random order

SME – stanice měření emisí

STK – stanice technické kontroly

SOD – státní odborný dozor

TP – technická prohlídka

TPr – technické prohlídky

ZTP – základní technické popisy k typově schváleným vozidlům určeným k provozu na pozemních komunikacích v ČR

1 Úvod

Se systémy hromadné obsluhy se v běžném životě setkáváme velmi často, tyto systémy jsou užívány při vyřizování potřeb nebo povinností občanů vůči státu, zejména ve veřejné správě. Systémy hromadné obsluhy mají však své místo i při uspokojování potřeb zákazníků na poštách, v bankách, ale i v některých komerčních zařízeních jako jsou kanceláře dodavatelů energií, provozovatelů telekomunikačních služeb a v posední míře i v dalších zařízeních, například zdravotnická zařízení apod. Své hlavní těžiště však mají zatím ve veřejné správě při vydávání občanských průkazů, pasů, registrací vozidel, řidičských průkazů, loveckých a rybářských lístků atd. V těchto někdy často emočně exponovaných pracovištích usnadňují vyřizování úředních záležitostí oběma zúčastněným stranám.

Pokud stojí klienti ve frontě systému hromadné obsluhy a čekají na obsloužení, všímají si, jaké množství obslužných míst mají k dispozici a zda obsluhují všechna místa najednou. Pro zákazníky systému hromadné obsluhy, by bylo výhodné, pokud by obsluhovala všechna obslužná místa, ale pro provozovatele systému toto neplatí. Pro provozovatele systému hromadné obsluhy je velice důležité navrhnout tento systém tak, aby bylo obslouženo co nejvíce zákazníků s co nejmenšími provozními náklady. Správné rozhodování, jeho kvalita a výsledek ovlivňuje budoucí efektivnost, prosperitu státní organizace či podniku v soukromém sektoru. Z tohoto důvodu je vhodné použít matematických metod teorie front. Tuto teorii použijeme k popsání provozu námi vybrané společnosti. Tématem diplomové práce je zmapování provozu stanice technické kontroly. Získané informace vyhodnotit a předat managementu této společnosti. Stanici technické kontroly jsme vybrali jako vzorový systém hromadné obsluhy z důvodu osobní znalosti systému z praxe.

Cílem zákazníka při vstupu do systému hromadné obsluhy stanice technické kontroly je být obsloužen co nejrychleji s kladným výsledkem. Zákazník nechce čekat delší dobu ve frontě na obsluhu. Pokud k dlouhému čekání dochází, cítí se nespokojen.

Ze zákona je však každý majitel povinen mít platnou technickou prohlídku na svém vozidle, přívěsu, či motocyklu a je tedy ochoten čekat ve frontě déle, než v jiných běžných systémech hromadné obsluhy.

Provozovatel stanice technické kontroly se snaží naopak dosáhnout co nejvyššího zisku, což znamená minimalizovat náklady a maximalizovat příjmy.

Nalezení optimálního uspořádání systému hromadné obsluhy může být velice náročné a finančně nákladné. Z tohoto důvodu řada reálných systémů hromadné obsluhy v praxi neaplikuje žádné modelové prostředky či analýzy pro svoje správné nastavení.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je zhodnocení současného provozu stanice technické kontroly pomocí vhodně vybraných metod a případně navrhnout jeho zlepšení. Konkrétně se bude jednat o čekací doby zákazníků při odbavování na lince stanice technické kontroly a zajištění plynulého chodu při obsluhování.

Situace bude posuzována ze dvou hledisek. Z hlediska zákazníka stanice technické kontroly, který se zajímá především o dobu strávenou ve frontě a rozhoduje se, zda se do fronty zařadí a vyčká na obsluhu nebo odejde. Z hlediska provozovatele systému hromadné obsluhy stanice technické kontroly, který se především zajímá o to, jak je obslužná linka vytížena či jaké jsou provozní náklady na případnou změnu v počtu zaměstnanců.

Při nastavení systému hromadné obsluhy půjde tedy o určitý kompromis mezi těmito dvěma hledisky – velikostí fronty požadavků a časovými prostoji obslužných míst. Veškeré výsledky budou záviset na vstupních datech, které nám poskytne vybraná společnost.

Vybranými metodami tedy zpracujeme ucelený přehled celého systému hromadné obsluhy stanice technické kontroly.

2.2 Metodika práce

Pro úspěšné dosažení cíle je potřeba dodržet následující postup:

- **Literární rešerše**

Tato část diplomové práce se skládá z nastudování odborné literatury, seznámení se základními pojmy a metodami teorie hromadné obsluhy, popisem základních charakteristik modelů a jejich klasifikací. Nalezneme zde také příklady systémů hromadné obsluhy z praxe a jejich zákonitosti, na základě kterých hromadná obsluha funguje.

- **Vlastní práce**

V této kapitole bude popsán provoz systému hromadné obsluhy vybrané stanice technické kontroly na základě studia interních dokladů společnosti a získané praxe. Poté aplikujeme nastudované metody na konkrétní příklad. Analýza systému hromadné obsluhy bude prováděna pomocí metod teorie front. Po analýze zaběhnutého systému

hromadné obsluhy budou vyhodnoceny zjištěné výsledky a doporučena opatření vedoucí ke zlepšení obslužného systému. Tohoto dosáhneme namodelováním dalších scénářů systémů hromadné obsluhy stanice technické kontroly, propočtem jednotlivých hodnot daných systémů, provedením jednoduché ekonomické kalkulace scénářů a vyhodnocením celkových výsledků.

3 Přehled řešené problematiky

V zahraniční literatuře jsou systémy hromadné obsluhy označovány anglickým názvem Queuing Theory, který se překládá pojmem teorie front. Teorie front, jako matematická disciplína, se začala rozvíjet na začátku 20. stoléní. V roce 1909 byla publikována kniha *The Theory of Probabilities and Telephone Conversation – Teorie pravděpodobnosti a telefonní konverzace* zabývající se problémy s čekáním na telefonních centrálách od dánského matematika Agnera Kraupa Erlanga (1878 – 1929). (HRABLIK-CHOVANOVÁ Henrieta, 2012 stránky 5-12) Teorií hromadné obsluhy, jako vědy se dále zabývali významní vědci a to Tore Olaus Engset (1865-1943), Andrej Markov (1856-1922) a Alesander Khinchin (1894-1959). (STORDAHL, 2007 stránky 123-140)

V běžném životě se lidé setkávají se systémy hromadné obsluhy každý den, například pošta, obchod, autoopravna, výrobní linka nebo letiště.

V systémech hromadné obsluhy se v zásadě vyskytují dva druhy jednotek a to požadavky a obslužná zařízení. Požadavky vstupují do systému hromadné obsluhy s různou intenzitou za účelem realizace obsluhy. Obslužná zařízení (obslužné linky), tuto obsluhu zabezpečující, mají většinou omezenou kapacitu obsluhy. (JABLONSKÝ, 2002 str. 239)

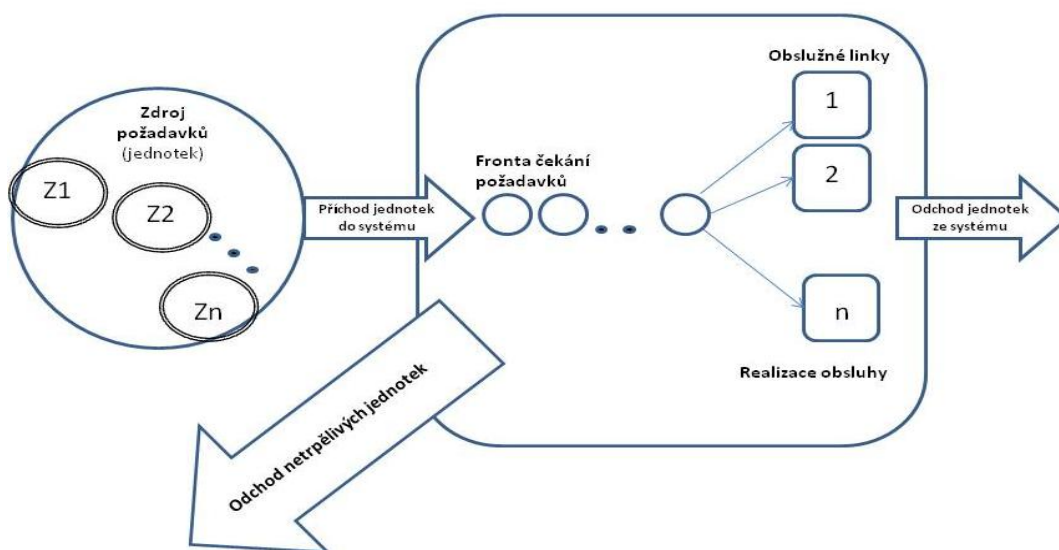
Cílem *teorie hromadné obsluhy* je popsání a poznání zákonitostí, podle kterých daný systém funguje. (BROŽOVÁ Helena, 2008 str. 210) Činnost systému hromadné obsluhy se zpravidla posuzuje ze dvou hledisek a to z hlediska zákazníka (požadavku) a z hlediska obsluhy (obslužné linky). (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 5) Hlavním cílem teorie hromadné obsluhy je tedy nalezení nejvýhodnější struktury a chování tak, aby bylo dosaženo maximálního efektu systému. Ten je zpravidla vyjádřen požadavkem maximalizovat zisk z hlediska obsluhy a minimalizovat náklady z hlediska zákazníka. (BROŽOVÁ Helena, 2008 str. 210)

3.1 Základní charakteristiky systému hromadné obsluhy

Existuje celá řada typů systémů hromadné obsluhy, které se liší charakterem svých prvků. Z tohoto důvodu před vlastní analýzou systémů hromadné obsluhy je třeba popsat strukturu systému a jeho komponenty. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 9)

Schematicky můžeme systém hromadné obsluhy znázornit takto:

Obrázek 1 Schéma systému hromadné obsluhy



Zdroj: vlastní zpracování (JABLONSKÝ, 2002 str. 239)

Z výše uvedeného schématu je patrné, že systémem hromadné obsluhy se rozumí všechno, co je mezi příchodem a odchodem požadavku do systému a ze systému. Z toho vyplývá, že je to především fronta nebo fronty čekajících požadavků a obslužné linky, které obsluhu zajišťují. (JABLONSKÝ, 2002 str. 240)

Pro názornější představu o systémech hromadné obsluhy uvádíme tabulku s příklady přímo z praxe:

Tabulka 1 Příklady systémů hromadné obsluhy

Systém	Požadavky	Obslužné linky
Telefonní centrála	Volající	Telefonní linky
Pošta	Klienti	Úředníci u přepážek
Samoobsluha	Zákazníci	Pokladny, nákupní vozíky
Ordinace lékaře	Pacienti	Lékař
Letiště	Cestující	Úředníci u přepážek
Myčka vozidel	Klienti - automobily	Mycí linka
Stanice technické kontroly	Klienti – vozidla, přívěsy...	Linka STK
Výrobní linka	Výrobky	Místa na výrobní lince

Zdroj: vlastní zpracování (JABLONSKÝ, 2002 str. 240)

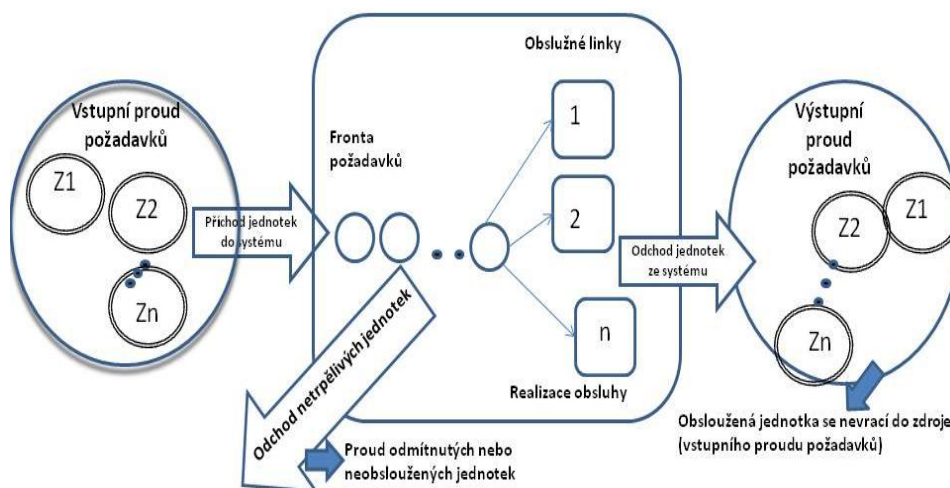
Z výše uvedených příkladů je patrné, že systémy hromadné obsluhy mají různou strukturu. Od nejjednodušších systémů, ve kterých je pouze jedna obslužná linka (ordinace lékaře), až po systémy s velmi komplikovanou strukturou (výrobní linky). Proto je při modelové analýze znalost veličin charakterizujících systémy hromadné obsluhy nutná. (JABLONSKÝ, 2002 str. 240)

- **Zdroj požadavků SHO**

Zdrojem požadavků je většinou skupina lidí, výrobků nebo jiných nositelů s požadavkem být obslužen. V systému může být jeden i více zdrojů požadavků, které jsou konečné nebo nekonečné. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 9)

- *nekonečný (otevřený) zdroj požadavků* - na poště, v ordinaci, v kadeřnictví, v bance a nakonec i v samoobsluze je zdroj požadavků sice konečný (počet klientů v okolí pošty, počet registrovaných pacientů...), ale vzhledem k tomu, že se jedná o stovky nebo i tisíce požadavků, lze jej považovat za nekonečný. V tomto případě počet potenciálních zákazníků nemá vliv na počet zákazníků, kteří jsou obsluhováni nebo čekají.

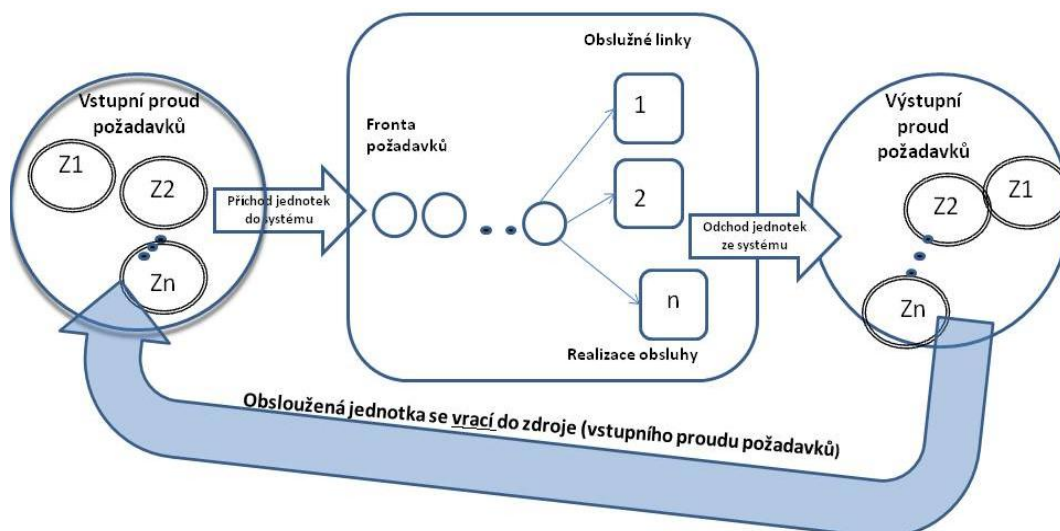
Obrázek 2 Otevřený zdroj požadavků SHO



Zdroj: vlastní zpracování (BROŽOVÁ Helena, 2008 str. 210)

- *konečný (uzavřený) zdroj požadavků* - ve výrobní hale, která má jen několik málo desítek strojů, které je třeba udržovat a opravovat, je zdroj požadavků konečný. Konečný zdroj požadavků je omezený, jedná se o uzavřený systém hromadné obsluhy. (JABLONSKÝ, 2002 str. 241)

Obrázek 3 Uzavřený zdroj požadavků SHO



Zdroj: vlastní zpracování (JABLONSKÝ, 2002 str. 243)

- **Příchod požadavků do SHO**

Jednotky vstupují do systému ze zdroje požadavků v deterministických nebo náhodných časových okamžicích. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 9)

- *deterministické časové okamžiky* – jsou to takové okamžiky, kdy intervaly mezi příchody jsou fixní (tzn. stále stejné). Jako příklad z praxe můžeme uvést automatickou linku.
- *náhodné časové okamžiky* – jsou to pravděpodobnostní časové okamžiky s proměnlivými intervaly mezi příchody, které jsou popisovány pomocí některého z pravděpodobnostních rozdělení. Jsou tedy charakterizovány typem rozdělení a hodnotami jeho parametrů. (PRAŽSKÝ, 2012 str. 20)

Tyto příchody požadavků můžeme popisovat pomocí *intenzity vstupu* λ , což je průměrný počet jednotek, které vstoupí ze zdroje do systému obsluhy za konstantní časovou jednotku. (BROŽOVÁ Helena, 2008 str. 211) Nebo pomocí *intervalu mezi příchody* X_N , což je čas mezi dvěma po sobě následujícími příchody. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 9) Oba ukazatele (λ , X_N) mají úzkou souvislost, kterou lze velice snadno dokázat. Pokud za hodinu vstoupí průměrně 30 požadavků, pak průměrný interval mezi příchody je $1/30$ hodiny = 2 minuty. (PRAŽSKÝ, 2012 str. 20)

Pokud v každém časovém okamžiku vstupuje do systému právě jedna jednotka, považujeme tento vstup jednotek za *ordinální*. Pokud jednotky do systému vstupují

po *skupinách (dávkách)*, můžeme považovat tuto skupinu za jednu jednotku nebo počítat s nekonečně malými intervaly mezi vstupy. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 10)

- **Režim fronty**

Frontu definujeme jako místo, kde požadavky (jednotky) čekají do doby, než jsou obslouženy. Musíme však brát v potaz kapacitu této lokace. Z tohoto tvrzení nám vyplývá, že fronta je konečná nebo nekonečná. Většina modelů hromadné obsluhy předpokládá frontu nekonečnou, z praxe však víme, že mají kapacitu omezenou. Tato hodnota bývá dostatečně vysoká, takže můžeme považovat toto omezení pro účel modelu za zanedbatelné. V systémech, kde je kapacita obsluhy významná, to znamená, že ji lze v praxi dosáhnout, musíme modelovat frontu konečnou. (HILLIER Frederick, 2010)

Režim fronty je v odborné literatuře považován za způsob, jakým požadavky vstupují do systému, řadí se do fronty a čekají na obsluhu. Je to tedy soubor pravidel, podle kterých jsou požadavky přijímány do obsluhy. Správně zvolený režim fronty je jedním z významných faktorů ovlivňujících efektivnost celého systému hromadné obsluhy. (KOŘENÁČ, 2002 str. 145)

Mezi nejznámější režimy fronty patří:

- FIFO (first in/first out) – jednotky jsou obsluhovány v pořadí, ve kterém do systému vstoupily - tedy bez priority.
- LIFO (last in/first out) – jednotky jsou obsluhovány v opačném pořadí, než v jakém vstoupily – používá se například při odebírání uloženého materiálu.
- SIRO (selection in random order) – náhodný výběr.
- PRI (priority) – výběr podle různých režimů priorit; je vyjádřena například bodovým hodnocením – přednost mají invalidní zákazníci, rychle se kazící zboží. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 11)

Vícenásobný režim fronty je takový, ve kterém je překročena kapacita obsluhy a v paměti systému obsluhy se tvoří paralelně fronty. Tyto fronty se mohou v určitém režimu řadit k jednomu či více kanálům obsluhy. Za paměť systému při tom považujeme místo obslužného zařízení, kde je umožněno čekání požadavků. Ze strany požadavků není možné přecházení z jedné fronty do druhé. Příkladem takového systému hromadné obsluhy je Česká pošta. (SEVEROVÁ, 2010 str. 17)

- **Disciplína ve frontě**

Disciplína ve frontě se týká ochoty jednotek čekat ve frontě, případně pravidel pro výběr fronty, přecházení do jiné fronty, opuštění fronty. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 11) Podle trpělivosti požadavků vyžadujících obsluhu se dělí SHO:

- *Systémy bez čekání* – všechna zařízení obsluhy jsou obsazena, požadavek do systému nevstoupí (*netrpělivé jednotky*) a rezignuje na obsluhu. Typickým příkladem netrpělivé jednotky je telefonující zákazník čekající na spojení hovoru, který není ochoten čekat neomezeně dlouho, protože každá minuta hovoru jej stojí určité peníze. (KOŘENÁČ, 2002 str. 144) Pokud je míra netrpělivosti jednotky rovna nule (*absolutní netrpělivost*) znamená to, že není v daném okamžiku jejího vstupu do systému hromadné obsluhy volný kanál obsluhy, tato jednotka ze systému odpadá. Tento systém byl pojmenován po dánském matematikovi Erlangův systém. (ZÍSKAL Jan, 2010 str. 10)
- *Systémy s čekáním* – každý požadavek, který vstoupí do systému, buď trpělivě čeká (*trpělivé jednotky*), tedy opouští systém až po ukončení obsluhy, nebo čeká alespoň určitou dobu a teprve pak, není-li během této určité doby obsloužen, opouští systém. (KOŘENÁČ, 2002 str. 144)

Dále rozlišujeme systémy se ztrátami, což jsou systémy hromadné obsluhy, ve kterých nejsou z různých důvodů obslouženy všechny přicházející požadavky. Mohou to být systémy bez čekání i systémy s čekáním, které mají buď omezenou kapacitu, nebo omezené požadavky, které nebyly uspokojeny do určitého časového limitu během čekání ve frontě. (RÝZNER, 2011 str. 13)

Požadavky ve frontě můžeme také definovat takto:

- *nulový požadavek (jednotka)* – požadavek, který nemůže být obsloužen, je odmítnut.
- *nenulový požadavek (jednotka)* – může být buď neomezený (provozní situace dovoluje čekací systém jakékoliv délky) nebo omezený (vstoupí-li prvek v době, kdy má systém maximální přípustnou délku, je odmítnut).

- **Sít' obslužných linek**

Počet a uspořádání obslužných linek samozřejmě ovlivňuje fungování celého systému hromadné obsluhy. Při aplikaci modelů hromadné obsluhy může být jedním z cílů právě optimalizace počtu obslužných linek. Tedy nalezení kompromisu mezi stupněm vytížení obslužných linek a délkou fronty nebo dobou čekání požadavků v systému. (JABLONSKÝ, 2002 str. 242)

Obslužné linky (kanály) mohou být *homogenní*, což znamená, že zákazník (požadavek) může být obsloužen kteroukoliv z nich, nebo *nehomogenní*, tudíž zákazníka může obsloužit jen jedna linka. (BROŽOVÁ Helena, 2008 str. 211)

Schematicky můžeme obslužné linky popsat takto:

Obrázek 4 Jedna obslužná linka

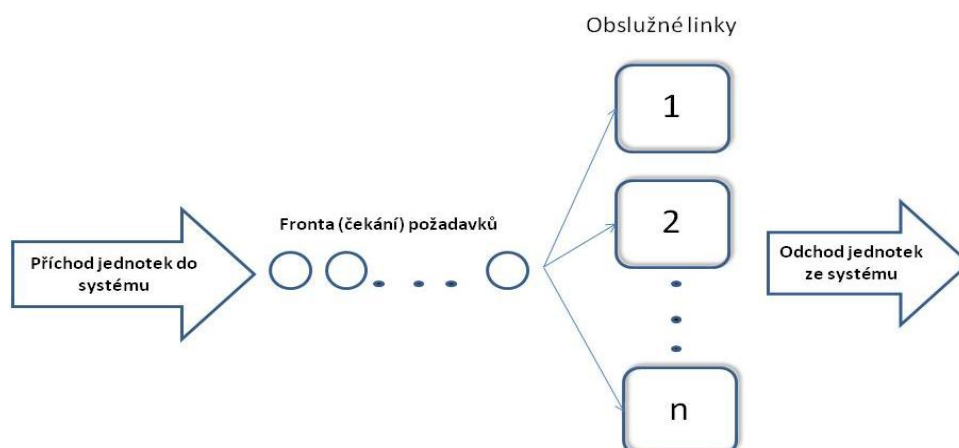


Zdroj: vlastní zpracování (JABLONSKÝ, 2002 str. 243)

Nejjednodušší jsou systémy s jednou společnou frontou čekajících požadavků a s jednou obslužnou linkou. Probíhá-li obsluha pouze v jedné obslužné lince, hovoříme o systému s jednoduchou obsluhou (o jednokanálovém systému obsluhy).

V případech, kdy lze obsluhovat několik požadavků současně, jde o systém s vícenásobnou obsluhou (vícekanálový systém obsluhy). (KOŘENÁČ, 2002 str. 146)

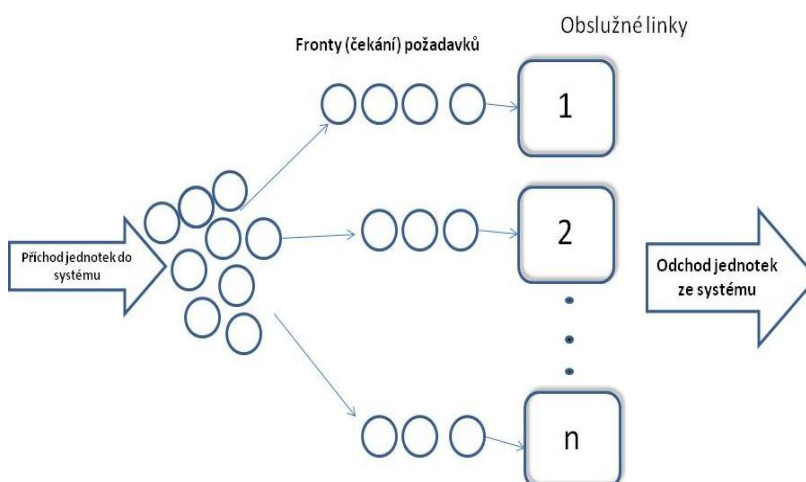
Obrázek 5 Paralelně uspořádané linky (jedna fronta)



Zdroj: vlastní zpracování (JABLONSKÝ, 2002 str. 243)

Paralelní uspořádání linek je takové uspořádání, kdy je vedle sebe určitý počet homogenních linek, tj. linek které poskytují stejné služby. Pak je lhostejné, k jaké obslužné lince požadavek půjde, neboť jsou vlastně všechny obslužné linky stejné. Pro ilustraci uvádíme příklady z praxe: pokladny v samoobsluze, stojany u benzínové pumpy, fronta na opravu automobilu. Záleží na tom, zda se vytváří jedna společná fronta požadavků (systémy HO s jednou frontou) nebo více front požadavků (systémy hromadné obsluhy s více frontami viz obrázek níže). (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 11)

Obrázek 6 Paralelně uspořádané linky (více front)



Zdroj: vlastní zpracování (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 9)

Při paralelním uspořádání homogenních linek můžeme systémy hromadné obsluhy dělit:

- proměnný počet kanálů obsluhy – například v hypermarketu nejsou vždy otevřeny všechny pokladny.
- konstantní počet kanálů obsluhy – benzínová pumpa, stále stejný počet samoobslužných stojanů.

Obrázek 7 Sériově uspořádané linky (2 linky)



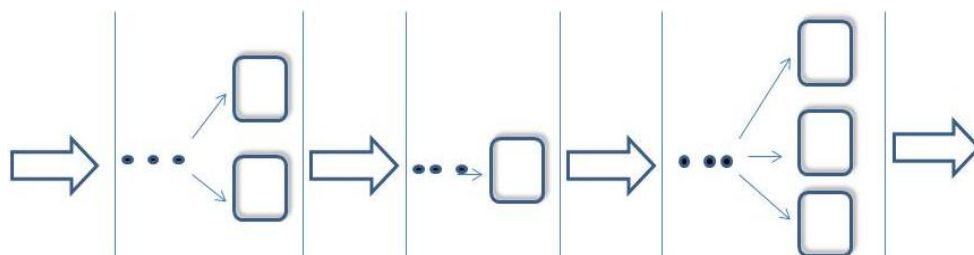
Zdroj: vlastní zpracování (JABLONSKÝ, 2002 str. 243)

Sériové uspořádání linek je takové uspořádání, kdy jsou obslužné linky „za sebou“. Pokud má být uspokojen požadavek, musí postupně projít všemi obslužnými linkami. Jako příklad uvádíme výrobní linku, kdy součástka musí projít všemi fázemi výrobního cyklu, aby byla kompletní. V reálných systémech hromadné obsluhy se běžně vyskytují kombinace obou typů (sérioparalelní linky). (JABLONSKÝ, 2002 str. 244)

Systémy hromadné obsluhy dělíme podle počtu obslužných linek:

- *Systémy jednobanální* – požadavky obsluhuje pouze jedna obslužná linka (kanál obsluhy). Typickým příkladem je lékař, který přijímá pacienty z čekárny.
- *Systémy vícekanální* – požadavky obsluhuje více obslužných linek (obslužných kanálů). V tomto případě mohou být obslužné kanály řazeny sériově či paralelně.
- *Systémy adaptabilní* – systémy se přizpůsobují velikosti fronty pomocí otevírání či zavírání jednotlivých obslužných linek. (KOŘENÁČ, 2002 str. 146)

Obrázek 8 Vícekanálové systémy hromadné obsluhy



Zdroj: vlastní zpracování (JABLONSKÝ, 2002 stránky 240-243)

Systémy hromadné obsluhy dále dělíme podle druhu obsluhy:

- *stejnorodý* – všechny požadavky (klienti) požadují stejný druh obsluhy.
- *různorodý* – požadavky (klienti) požadují různé druhy obsluhy.

- **Doba obsluhy**

Klíčovou charakteristikou systémů hromadné obsluhy je *doba obsluhy* (T_s). Tato doba udává čas, za který je obslužná linka schopna vyřídit jeden požadavek. Doba obsluhy jednotlivého požadavku ovlivňuje řada náhodných faktorů, proto ji lze pokládat za náhodnou veličinu. Od doby obsluhy se obvykle odvíjí interval, ve kterém požadavky obsluhu opouštějí. Další důležitou veličinou je *intenzita obsluhy* (μ). Ta udává počet obslužených požadavků za jednu jednotku času. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 13)

- **Výstup z obsluhy**

Obslužené jednotky, které opouštějí obslužné linky, vytvářejí opět náhodný tok jednotek, kterému se říká *vystupující tok*. Vystupující tok může být zároveň vstupním tokem do jiné obslužné linky (u sériových systémů). Vstupující tok jednotek je v určitých případech závislý na vystupujícím toku, například přijímání výrobků do skladu v určité míře závisí na počtu uvolněných míst v regálech. V uzavřených systémech hromadné obsluhy se vystupující jednotky stávají vstupujícími. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 13)

- **Cíle teorie hromadné obsluhy**

Cíle teorie hromadné obsluhy můžeme definovat takto:

- Analýza stávajících systémů hromadné obsluhy, včetně zhodnocení jejich současného stavu.
- Návrh optimalizace systémů hromadné obsluhy.

Výsledek teorie hromadné obsluhy by měl být tedy takový, aby se nevytvářely před obslužnými kanály (linkami) příliš dlouhé fronty a zároveň byla obslužná zařízení dostatečně využívána.

3.2 Klasifikace systémů hromadné obsluhy

Systémy hromadné obsluhy jsou pro lepší orientaci děleny do různých tříd podle svých základních charakteristik. Nejznámější je klasifikace Davida George Kendalla, která má tři parametry označení modelů hromadné obsluhy. Tato klasifikace byla později rozšířena o další parametry. Dnes rozeznáváme klasifikace: tří-symbolové, pěti-symbolové a šesti-symbolové. (LUKÁŠ, 2009)

Nejčastěji používané šesti-symbolové označení systému hromadné obsluhy A/B/C/D/E/F je popsáno v níže uvedené tabulce.

Tabulka 2 Šesti-symbolová klasifikace modelů hromadné obsluhy

Symbol	Význam	Systém může obsahovat
A	Typ pravděpodobnostního rozdělení intervalů mezi příchody požadavků do systému	D – deterministické (pevné či pravidelné) vstupy požadavků M – markovský potok - exponenciální (Poissonovo) rozdělení intervalů mezi vstupy E_K - Erlangovo rozdělení intervalů mezi vstupy požadavků G – obecný příklad, jakéhokoliv rozdělení GI – obecné rozdělení, když náhodné veličiny jsou vzájemně nezávislé
B	Typ pravděpodobnostního rozdělení dob trvání obsluhy	D – konstantní doba obsluhy M – exponenciální (Poissonovo) rozdělení doby trvání obsluhy E_K – Erlangovo rozdělení doby trvání obsluhy G – jakéhokoliv obecné rozdělení trvání obsluhy
C	Počet paralelních linek obsluhy	1, 2, 3, 4,..... (celé kladné číslo)
D	Maximální kapacita systému hromadné obsluhy, tj. místa v obsluze a ve frontě	1, 2,.... (celé kladné číslo)∞ (pokud není kapacita omezená)
E	Početnost zdroje požadavků	1, 2,.... (celé kladné číslo) nebo ∞
F	Režim fronty	FIFO, LIFO, SIRO, PRI

Zdroj: vlastní zpracování (DÖMENOVA Ludmila, 2004 str. 16)

V některých případech se používají pouze první tři symboly, což pak znamená, že režim fronty je FIFO, kapacita systému (D) a zdroj požadavků (E) jsou neomezené (∞).

Příklad označení systému **M/M/4/40/ ∞ /LIFO** znamená:

A – intervaly mezi příchody požadavků do systému mají exponenciální rozdělení.

B – doby trvání obsluhy v systému mají exponenciální rozdělení.

C – paralelně uspořádané linky jsou čtyři.

D – maximální počet jednotek v systému je čtyřicet.

E – nekonečný zdroj požadavků.

F – režim fronty je LIFO.

Z výše uvedené klasifikace systémů hromadné obsluhy vyplývá, že možných kombinací základních charakteristik a tudíž i typů modelů je velmi mnoho. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 17)

Nejčastěji se v praxi vyskytuje model **M/M/S/ ∞ /FIFO**, který označuje:

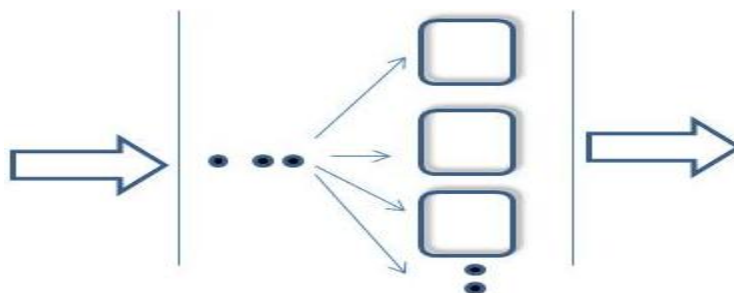
A, B – exponenciální rozdělení četností náhodných vzájemně nezávislých veličin dob mezi příchody požadavků a dob obsluhy požadavků.

C- homogenní paralelní obslužné kanály (linky), z nichž každý má určitou intenzitu obsluhy μ . Pro dva obslužné kanály bude intenzita obsluhy 2μ , pro tři pak 3μ , maximálně lze tedy dosáhnout intenzity $S\mu$. V systému hromadné obsluhy se začne tvořit fronta, až vstoupí $S+1$ požadavek.

D, E – kapacita fronty i systému hromadné obsluhy je neomezená.

F – režim fronty je FIFO – obsluha požadavků probíhá v pořadí, v jakém požadavky přicházejí do systému hromadné obsluhy.

Obrázek 9 M/M/S/ ∞ /FIFO



Zdroj: vlastní zpracování (BROŽOVÁ Helena, 2008 str. 210)

Výhodou modelu M/M/S/∞/FIFO je, že můžeme zpravidla přizpůsobit kapacitu obsluhy intenzitě vstupního proudu požadavků. (SLÁMOVÁ, 2006 str. 17)

- **Základní proměnné systému hromadné obsluhy**

Tabulka 3 Přehled základních proměnných systému hromadné obsluhy

Název proměnné	Symbol
Intenzita vstupu jednotek do systému	λ
Interval mezi vstupy po sobě následujících jednotek	X_1, X_2, \dots
Intenzita obsluhy	μ
Počet kanálů obsluhy	m
Intenzita provozu systému hromadné obsluhy	ρ
Střední doba čekání ve frontě	T_Q
Střední doba obsluhy	T_S
Střední hodnota celkové doby v systému, tj. doba čekání plus doba obsluhy	T
Pravděpodobnost, že v systému není žádná jednotka	P_0
Pravděpodobnost, že v systému je n jednotek	p_n
Střední počet jednotek ve frontě	L_Q
Střední počet jednotek v kanálech obsluhy	L_S
Střední počet jednotek v systému	L
Pravděpodobnost, že počet jednotek v systému je větší nebo roven počtu kanálů obsluhy, tj. pravděpodobnost, že všechny kanály obsluhy jsou obsazeny	$p\{L \geq m\}$
Pravděpodobnost, že počet jednotek v systému je větší než libovolné číslo k	$p\{L > k\}$
Pravděpodobnost, že jednotka bude čekat ve frontě kratší dobu t	$p\{T_Q < t\}$

Zdroj: (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 10)

3.3 Analýza systémů hromadné obsluhy

Při analýze systémů hromadné obsluhy nás zajímají především konkrétní charakteristiky, které popisují fungování daného systému. Tyto charakteristiky můžeme rozdělit do čtyř následujících (JABLONSKÝ, 2002 str. 246):

1. *Časové charakteristiky týkající se požadavků* – průměrná doba čekání požadavků ve frontě před tím, než začnou být obsluhovány (značíme symbolem T_Q) a průměrná doba strávená v celém systému hromadné obsluhy (značíme symbolem T).

2. *Charakteristiky týkající se počtu požadavků* – průměrná délka fronty nebo průměrný počet požadavků v systému.

3. *Pravděpodobnostní charakteristiky* – z hlediska pravděpodobnostních analýz nás při zkoumání systémů hromadné obsluhy zajímají tyto otázky:

- Jaká je pravděpodobnost, že obslužná linka pracuje (je využita) nebo naopak, jaká je pravděpodobnost, že obslužná linka nepracuje (není využita)?
- Jaká je pravděpodobnost, že požadavek který vstupuje do systému hromadné obsluhy, bude muset čekat ve frontě?
- Jaká je pravděpodobnost toho, že v systému hromadné obsluhy je n požadavků?
- V systémech s omezenou kapacitou míst ve frontě nás zajímá otázka: Jaká je pravděpodobnost toho, že se požadavek nebude moci připojit k systému hromadné obsluhy (kvůli naplněné kapacitě systému) a tudíž nebude obsloužen?

4. *Nákladové charakteristiky* - pokud je uživatel schopen nákladově ohodnotit čekání požadavků, prostoj a provoz obslužných linek, je možné systém hromadné obsluhy optimalizovat s ohledem na jeho nákladovou efektivnost. Pak je reálné určit například:

- Minimální náklady související s fungováním celého systému hromadné obsluhy za určenou časovou jednotku.
- Optimální počet obslužných linek v provozu, který vede k dosažení minimálních nákladů.

Posuzování všech výše uvedených charakteristik je zvláště důležité při budování nových nebo při rekonstrukci stávajících systémů hromadné obsluhy a pomáhá odpovědět na otázku, jaký počet obslužných linek je rozumné zahrnout do projektu výstavby či rekonstrukce systému, aby nedocházelo ke zbytečným prostojům obslužných linek, ale ani k nadměrným frontám požadavků, vedoucím ke ztrátě zákazníků a tím ke ztrátám na zisku. (JABLONSKÝ, 2002 str. 247)

Mezi uvedenými charakteristikami existují bezprostřední vazby. Budeme používat již zavedené označení: symbol λ – intenzita příchodu požadavků do systému a symbol μ – intenzita obsluhy. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 10)

Převrácená hodnota těchto charakteristik $1/\lambda$ udává průměrnou dobu mezi příchody požadavků a $1/\mu$ udává průměrnou dobu trvání obsluhy. (JABLONSKÝ, 2002 str. 247)

Průměrnou dobu, kterou stráví požadavek v systému T , můžeme vyjádřit jako součet průměrné doby, kterou stráví ve frontě T_Q a průměrné doby trvání obsluhy $1/\mu$ (JABLONSKÝ, 2002 str. 247):

$$T = T_Q + \frac{1}{\mu}. \quad (1.)$$

Mezi časovými charakteristikami a charakteristikami týkajícími se počtu požadavků existuje v jednodušších modelech hromadné obsluhy přímý vztah. Tento vztah udává, že průměrný počet požadavků v systému (ve frontě) je roven průměrnému času, který požadavek stráví v systému (ve frontě) vynásobenému hodnotou λ (JABLONSKÝ, 2002 str. 247):

$$L = \lambda * T \quad (2.)$$

$$L_Q = \lambda * T_Q. \quad (3.)$$

Z předchozích vztahů vyplývá, že stačí znát jen jednu z uvedených charakteristik T , T_Q a L , L_Q a zbývající hodnoty lze z těchto vztahů snadno dopočítat, samozřejmě za předpokladu znalosti hodnot λ a μ . (JABLONSKÝ, 2002 str. 248)

3.4 Modely systémů hromadné obsluhy

Matematické modely – v praxi často není možné zkoumat jednotlivé modifikace systémů hromadné obsluhy experimentálně, z tohoto důvodu je zapotřebí vytvořit matematický model dané situace. Modelování systémů hromadné obsluhy spočívá ve vyhledávání a analýze závislostí mezi povahou vstupních požadavků, produktivitou jednotlivých zařízení, počtem obslužných linek a efektivností obsluhy.

Matematické modely systémů hromadné obsluhy se člení podle způsobu řešení:

- *Analytické řešení* – tento způsob řešení systémů hromadné obsluhy je založen na vkládání parametrů reálného systému do vzorců odvozených ze soustavy funkcí integrálních a diferenciálních rovnic. Při analytickém řešení předpokládáme, že každou fázi systému lze chápat jako samostatný a nezávislý systém hromadné obsluhy. Nevýhodou analytického řešení modelů hromadné obsluhy je, že jsou známy postupy pouze pro jednoduché případy. (DÖMENOVA Ludmila, 2004 str. 6)

- *Simulační řešení* – skutečné systémy hromadné obsluhy bývají složité, příslušné vztahy nelze obecně odvodit, a proto se používají modely simulační. Simulační řešení systémů hromadné obsluhy tedy spočívá v experimentování s modelem daného systému pomocí vhodných programových prostředků na počítačích. (JABLONSKÝ, 2002 str. 248) Z toho vyplývá základní myšlenka simulace, která vychází z přímého napodobení jednotlivých kroků chování studovaného systému. Tato metoda poznávání systému nahrazuje zkoumaný systém jeho simulačním modelem, s nímž pak provádíme experimenty. (HOUŠKA, 2009 str. 6) Vzhledem k dnešní dobré počítačové vybavenosti a snadné dostupnosti programů můžeme stimulovat (napodobovat) chod reálného systému v rozumném časovém intervalu (řádově sekundy či minuty), který by v reálných podmínkách mohl trvat několik měsíců či let. Tímto simulačním řešením lze analyzovat i velmi složité systémy hromadné obsluhy. Například analýzu výrobních linek ve fázi jejich navrhování ani jinak než simulací nelze provádět. (JABLONSKÝ, 2002 str. 248)

Obecně cílem modelu je určit: efektivnost práce kanálů obsluhy; pravděpodobnost, že jednotka bude obsloužena; pravděpodobnost, že jednotka odpadne z fronty v důsledku netrpělivosti; pravděpodobnost, že jednotka bude čekat; průměrnou dobu čekání jednotky ve frontě; průměrný počet jednotek ve frontě a v systému; průměrnou délku prostoje kanálu. (BROŽOVÁ Helena, 2008 str. 213)

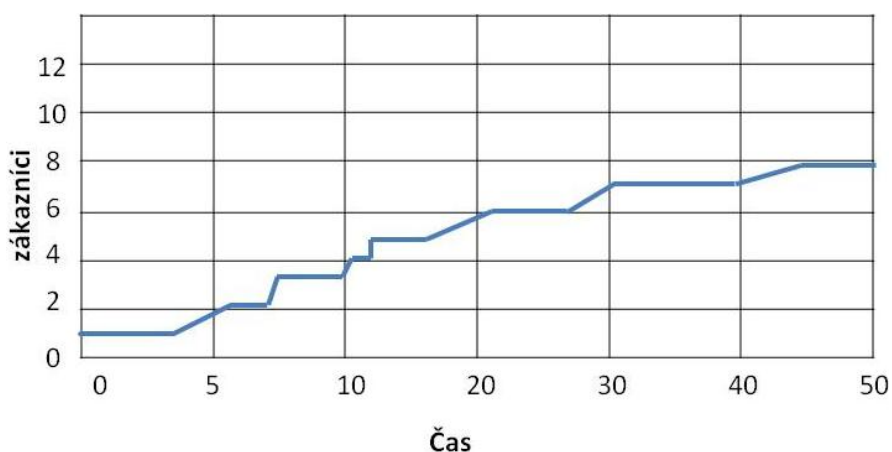
Účel modelů systémů hromadné obsluhy můžeme specifikovat takto:

- Kontrola, jak analyzovaný systém vyhovuje daným požadavkům. Výsledky této analýzy mohou sloužit například jako podklad pro rozhodnutí, zda je třeba stávající systém hromadné obsluhy upravit nebo nahradit.
- Optimalizace struktury a chování analyzovaného systému. Při optimalizaci je potřeba uvažovat jak náklady na pořízení a provoz systému hromadné obsluhy, tak i ztráty vyplývající z neobsloužení požadavku, respektive pozdního obsloužení požadavku. (DVOŘÁK str. 9)

3.5 Model M/M/1 s čekáním

Z analytických modelů systémů hromadné obsluhy jsou v praxi používány především stochastické (náhodné) modely. Pomocí těchto modelů umíme vypočítat řadu různých ukazatelů, které charakterizují celkové chování procesu čekání a obsluhy za předpokladu, že známe počet kanálů obsluhy, rychlost příchodu zákazníků, rychlost obsluhy a případně další informace o analyzovaném systému hromadné obsluhy. (BROŽOVÁ Helena, 2008 str. 2018) Hlavním nástrojem modelování stochastických procesů, v systémech hromadné obsluhy, jsou náhodné procesy. Obecně můžeme náhodný proces definovat takto: Je to množina náhodných veličin, závislých na určitém počtu parametrů, ze kterých je každý definován na množině reálných čísel. (KOŘENÁČ, 2002 str. 7)

Obrázek 10 Realizace náhodného procesu



Zdroj: vlastní zpracování (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 18)

Na obrázku „Realizace náhodného procesu“ vidíme znázorněný příklad náhodné funkce vstupu zákazníků do obchodu. Na vodorovné ose jsme umístili čas v minutách a na svislé ose počet zákazníků, kteří vstoupili do procesu od počátku sledování. Z grafu můžeme vyčíst, kdy vstoupil požadavek do systému. Například první požadavek vstoupil hned při zahájení sledování, druhý v 5min 30s, třetí v 7min 30s. Neznamená to ale, že se stejnými pravidly budou zákazníci řídit každý den, je to jen jedna konkrétní realizace náhodného procesu. Pokud bychom provedli více pozorování vstupů zákazníků do obchodu a zaznamenávali vždy okamžik vstupu, zjistíme, že pro jednotlivé dny se okamžiky vstupů nebudou shodovat. Vytvořenou funkci vzniklou z pozorování během

jednoho zvoleného dne označme $X_0(t)$. Tato funkce již není náhodná a nazývá se *realizace náhodné funkce*. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 18)

Symbolický zápis **M/M/1** představuje jednoduchý model hromadné obsluhy, který vychází z následujících předpokladů:

- V systému M/M/1 je pouze jedna obslužná linka.
- Interval mezi příchody požadavků do systému hromadné obsluhy lze popsat jako markovský tok, s exponenciálním rozdělením intervalů mezi příchody požadavků, s parametrem λ .
- Doba trvání obsluhy je náhodná veličina s exponenciálním (Poissonovým) rozdělením s parametrem μ .
- Vzhledem k tomu, že jsou ostatní symboly vynechány, předpokládáme neomezenou kapacitu systému, neomezený zdroj požadavků a režim fronty FIFO. (JABLONSKÝ, 2002 str. 249)

Jedním z nejdůležitějších pojmů teorie hromadné obsluhy je *vstupní tok* (proud), protože cílem jakékoliv obslužné soustavy je uspokojit požadavky na obsluhu. Vstupním tokem do systému hromadné obsluhy předpokládáme posloupnost výskytu homogenních jevů (požadavků, událostí, zákazníků, polotovarů) přicházejících jeden za druhým v určitých časových okamžicích.

- **Vstup požadavků**

Elementární vstupní tok požadavků splňuje tři podmínky:

- *Podmínka stacionárnosti* – tato podmínka říká, že pro libovolné $t > 0$ a celé $k \geq 0$ pravděpodobnost, že za časový interval $(a, a+t)$ nastane k událostí, je stejná pro všechna $a \geq 0$ a budeme ji označovat $P_k(t)$. Při výpočtu nebudeme uvažovat jiné případy než takové, při nichž za konečný časový interval nastane s pravděpodobností *jedna* konečný počet událostí, pak bude platit pro libovolné t :

$$\sum_{k=0}^{\infty} P_k(t) = 1. \quad (4.)$$

Podmínka stacionárnosti vstupního toku vyjadřuje jeho nezávislost na absolutním umístění na časové ose. V praxi je k dodržení tohoto

předpokladu často nutné volit omezené časové období. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 19)

- *Podmínka beznáslednosti* (neexistence následných účinků) – touto podmínkou rozumíme: pravděpodobnost $P_k(t)$, že nastane k událostí za časový interval $(a, a+t)$ nezávisí na sledu událostí do okamžiku a . Pak tedy podmíněná pravděpodobnost je rovna nepodmíněné pravděpodobnosti. Podmínka vstupního toku bez následných účinků vyjadřuje vstup požadavků do systému nezávisle jednoho na druhém. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 19)
- *Podmínka ordinárnosti* – tato podmínka znamená, že požadavky vstupují do systému jednotlivě. Aby byla podmínka ordinárnosti splněna, může být časový interval t nekonečně malý. Předpokladem ale je, že pravděpodobnost, že za časový interval délky t nastanou alespoň dvě události $P_k(t)$ pro $k \geq 2$ se rovná nule pro nekonečně malé t neboli (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 19):

$$\lim_{t \rightarrow 0} \left(\frac{P_k(t)}{t} \right) = 0, \quad k \geq 2. \quad (5.)$$

Poissonovo rozdělení

Z výše uvedených podmínek vyplývá, že vstupní elementární tok požadavků (elementární tok událostí) má takovou pravděpodobnost, že za časový interval délky t nastane právě k událostí:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k e^{-\lambda t}}{k!}, \quad \lambda > 0. \quad (6.)$$

λ intenzita vstupu jednotek do systému.

Vzorec (6.) je výraz pro rozdělení pravděpodobnosti Poissonovy náhodné proměnné, která má parametr λt . Pak by bylo možno větu formulovat takto: „*Počet událostí, které nastanou v elementárním vstupním toku za časový interval délky t je Poissonova náhodná proměnná s parametrem λt .* (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 20)

Exponenciální rozdělení intervalů

Na elementární vstupní tok můžeme pohlížet dalším možným pohledem, který spočívá v hledání distribučního zákona pro časový interval mezi dvěma po sobě následujícími vstupy požadavků do systému hromadné obsluhy (X_N). Interval X_N je roven převrácené hodnotě počtu vstupů za časový interval λ :

$$X_N = \frac{1}{\lambda}. \quad (7.)$$

Hustotu pravděpodobnosti exponenciálního rozdělení můžeme vypočítat podle vztahu: (8.)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}.$$

$\lambda e^{-\lambda t}$ exponenciální hustota pravděpodobnosti časových intervalů mezi vstupy dle Poissonova procesu s parametrem intenzitou vstupu (λ). (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 stránky 21-22)

Erlangovo rozdělení

Dle Erlangova rozdělení popisujeme vstupní elementární tok jako dobu do výskytu k -té události. V tomto rozdělení se používají dva parametry: k – počet událostí a λ – intenzita výskytu. Veličina Erlangova rozdělení je značena takto: $X_k \rightarrow Erlang(k, \lambda)$. *Náhodnou veličinu s Erlangovým rozdělením si můžeme představit jako součet k nezávislých exponenciálních náhodných veličin (doba do výskytu k -té události je součtem dob mezi 0. a 1. událostí, 1. a 2. událostí, ($k-1$) a k . událostí).* (BRIŠ Radim, 2007 stránky 11-24)

- **Obsluha**

Modely M/M/1 předpokládají základní vstupní údaje: dobu trvání obsluhy, kapacitu obsluhy rovnu jedné a dostupnost obsluhy. (JABLONSKÝ, 2002 str. 249)

Doba trvání obsluhy – v převážném množství případů předpokládáme, že údaje o trvání obsluhy jsou nezávislé hodnoty náhodné proměnné, které mají stejné rozdělení pravděpodobnosti. *Kapacitu obsluhy* nejčastěji definujeme jako maximální počet požadavků, které mohou být obsluhovány současně. *Dostupnost obsluhy* – každá linka obsluhy pokud je volná, okamžitě přijímá a zpracovává další požadavek. Takové systémy hromadné obsluhy obvykle nazýváme plně dostupné. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 23)

- **Markovovy systémy**

Předpokládáme plně dostupné systémy hromadné obsluhy s m ($m \geq 1$) obslužnými linkami, do nichž vstupuje elementární tok požadavků s intenzitou λ , trvání obsluhy s exponenciálním rozdělením a s parametrem μ . Jedná se o Markovův systém, kdy v každém okamžiku t je systém v určitém stavu, tj. ve frontě je určitý počet jednotek a je obsazen určitý počet obslužných linek. (VETCHÝ, 2010)

Počet požadavků vyjadřujeme: $N(t_0) = i$, tj. v okamžiku (t_0) je v systému přímo i požadavků. Následující průběh procesu je nezávislý na všem, co se dalo do okamžiku t_0 , další průběh je tedy určen těmito faktory:

- Okamžiky ukončení obsluh požadavků – obsluha již byla zahájena před t_0 .
- Okamžiky vstupu nových požadavků – po t_0 .
- Dobami obsluhy požadavků – obsluha začala po t_0 .

Všechny tři uvedené faktory nezávisí na minulosti zkoumaného systému, to jest na průběhu procesu do okamžiku t_0 . Což znamená, je-li známa přítomnost, pak budoucnost nezávisí na minulosti. Náhodné procesy s výše uvedenou vlastností se nazývají *Markovovy procesy*. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 24)

- **Vytížení obslužného kanálu**

Z parametrů λ (intenzita vstupu jednotek do systému) a μ (intenzita obsluhy) lze zjistit intenzitu provozu ρ (vytíženost obslužného kanálu). Tato intenzita provozu ρ vyjadřuje vytíženost kanálu obsluhy a pro zajištění fungování systému musí být $\rho < 1$, to znamená, že kanál obsluhy musí mít vždy nějakou rezervu. Pokud $\rho > 1$, pak bude fronta čekajících požadavků na obsluhu růst nade všechny meze a systém nebude schopen pojmout vstupní tok požadavků, tudíž nebude fungovat. Proto se v praktických aplikacích nedoporučuje intenzita provozu větší než 0,8 (tzn. 80%). (ŠUBRT, 2011) Čím vyšší je intenzita provozu v systému, tím větší jsou fronty požadavků. Intenzitu provozu vyjádříme:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}. \quad (9.)$$

Z výše uvedených vztahů můžeme odvodit základní charakteristiky modelů systémů hromadné obsluhy. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 stránky 30-31)

Podmínka stabilizace systému hromadné obsluhy zní: *intenzita příchodu λ je nižší než intenzita obsluhy μ .* (JABLONSKÝ, 2002 str. 250)

- **Základní charakteristiky modelů M/M/1**

Základní charakteristiky numerických modelů M/M/1 jsou:

Intenzita vstupu λ

Intenzita obsluhy μ

Intenzita provozu $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$.

Pravděpodobnost, že v systému (ve frontě a obsluze) je alespoň jedna jednotka, to jest pravděpodobnost, že obslužná linka pracuje

$$p\{L>0\} = (1-p_0) = \rho$$

Pravděpodobnost, že jednotka nebude čekat ve frontě (v systému není žádná jednotka), to jest pravděpodobnost, že obslužná linka nepracuje

$$p_0 = 1 - \rho, \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu}, \quad \rho < 1.$$

Pravděpodobnost, že v systému je právě k jednotek

$$p_n = (1-\rho)\rho^n.$$

Pravděpodobnost, že v systému je k nebo více jednotek

$$p\{L \geq n\} = \rho^n.$$

Pravděpodobnost, že v systému je více než k jednotek

$$p\{L > k\} = \rho^{k+1}.$$

Pravděpodobnost, že v systému je k nebo méně jednotek

$$p\{L \leq n\} = 1 - \rho^{n+1}.$$

Střední počet jednotek v systému

$$L = \frac{\rho}{1-\rho}.$$

Střední počet jednotek ve frontě

$$L_Q = \frac{\rho^2}{1-\rho}.$$

Střední doba strávená jednotkou v systému, to jest průměrný čas, který požadavek stráví v systému hromadné obsluhy

$$T = \frac{1}{\mu-\lambda}.$$

Střední doba strávená jednotkou ve frontě, to jest průměrný čas, který požadavek stráví ve frontě

$$T_Q = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)}.$$

Střední doba obsluhy

$$T_S = \frac{1}{\mu}.$$

Na základě uvedených vlastností systému si lze udělat podrobnou představu o systému hromadné obsluhy. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 32)

3.6 Optimalizace nákladů v modelech hromadné obsluhy

Modely systémů hromadné obsluhy mají vedle svého deskriptivního úkolu, jenž vede k co nejpřesnějšímu popisu určitých reálných situací, také za cíl sloužit jako nástroj rozhodování a optimalizace. Předpokladem optimalizace systémů hromadné obsluhy je jednak možnost ovlivňovat některé jejich prvky a tím i základní charakteristiky efektivnosti systému a zároveň i explicitně formulovat kvantitativní kritériální funkci. (KOŘENÁČ, 2002 str. 179)

V systémech s více kanály obsluhy je prostor pro optimalizaci především při rozhodování o tom kolik paralelně řazených obslužných linek je efektivní provozovat s ohledem na minimalizaci nákladů souvisejících s jejich provozem. Realizace optimalizačních výpočtů spočívá v tom, že je uživatel schopen nějakým způsobem ohodnotit náklady provozu obslužných linek a náklady související s pobytem požadavků v systému hromadné obsluhy. (JABLONSKÝ, 2002 str. 256)

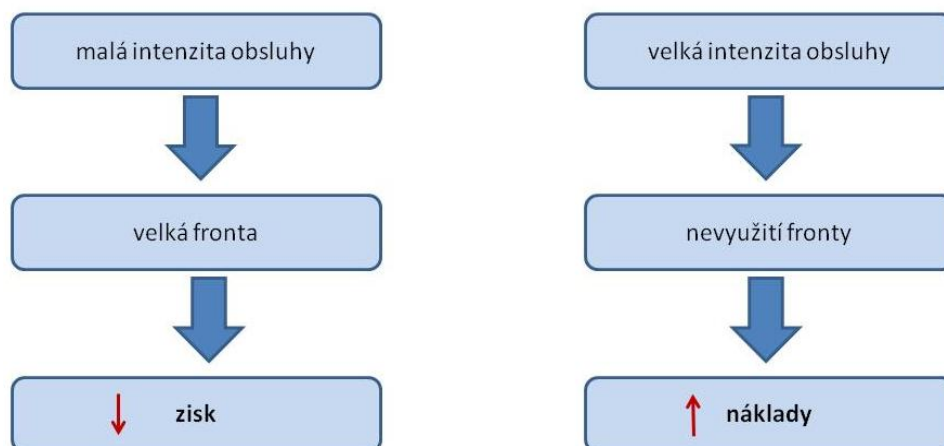
V systémech s jedním kanálem obsluhy můžeme při optimalizaci uvažovat o zrychlení obsluhy například přidáním pomocné síly. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 39)

Při výpočtech optimalizace nákladů v modelech hromadné obsluhy budeme pro zjednodušení předpokládat, že náklady při provozu kanálů obsluhy jsou stejné, ať obsluha probíhá či neprobíhá. V praxi je to mzda prodavačky, která je stále stejná v určitém časovém období, i když obsluha neprobíhá (v některých časových intervalech v obchodě nejsou zákazníci). Náklady v systémech vznikají také v souvislosti s pobytem požadavků (jednotek) ve frontě. Jako příklad uvádíme vytápění čekárny a poskytování občerstvení pro zákazníky. K těmto přímo vyčíslitelným nákladům je potřeba připočítat odhadované ztráty spojené s přechodem nespokojeného zákazníka ke konkurenci. (DÖMENOVÁ Ludmila, 2004 str. 38)

Výše uvedená fakta můžeme obrazně vyjádřit takto:

Obrázek 11 Optimalizace systémů hromadné obsluhy

OPTIMALIZACE SYSTÉMŮ HROMADNÉ OBSLUHY



CÍL

Optimální kapacita obsluhy?
Optimální počet obslužných linek?
→ maximální zisk, minimální náklady

Zdroj: vlastní zpracování (DÖMENOVA Ludmila, 2004 stránky 38-40)

4 Vlastní práce

4.1 Stanice technické kontroly

Stanice technické kontroly je specializované pracoviště na provádění technických prohlídek silničních vozidel. V České republice je provoz stanic technických kontrol upraven příslušným zákonem a vyhláškami. Veškeré činnosti STK (= stanice technické kontroly) provozuje na základě „Oprávnění k provádění technické kontroly jednotlivých druhů vozidel a výměnných nástaveb nebo malých sérií vozidel před schválením jejich technické způsobilosti k provozu na pozemních komunikacích, pokud splňuje předepsané požadavky“. Toto oprávnění vydává příslušný Krajský úřad, v jehož správním obvodu bude provozovatel stanice technické kontroly vykonávat svoji činnost a to na základě osvědčení k provozování zkušební stanice, které vydává Ministerstvo dopravy ČR. Tato oprávnění jsou uvedena v zákoně č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb. Příslušná oprávnění musí mít jak stanice technické kontroly, tak její zaměstnanci. Každý technik STK musí složit zkoušky na Ministerstvu dopravy ČR. Po úspěšném složení zkoušek obdrží technik STK osvědčení o odborné způsobilosti. Všichni technici STK se zavazují být neúplatní a dále se zavazují k dodržování základních postupů STK. Z tohoto pro zaměstnavatele vyplývá, že práce techniků STK nesmí být nijak normována ani mimořádně odměňována, to by mohlo vést k diskreditaci techniků STK.

Všechny STK musí splňovat předepsané základní technické vybavení, stavební uspořádání, způsob metrologického zajištění přístrojů, způsob a rozsah pokrytí správního obvodu činnostmi stanic technické kontroly, podmínky nestrannosti, nezávislosti a věrohodnosti.

Ministerstvo dopravy ČR na základě dohod poskytuje příslušným STK přístup do centrálního informačního systému (= CIS) a databáze „Základní technické popisy k typově schváleným vozidlům k provozu na pozemních komunikacích v ČR“ (= ZTP). Dále Ministerstvo dopravy ČR schvaluje internetové připojení k těmto systémům a zároveň nařizuje, jakým způsobem musí být zpracovávána příslušná dokumentace

k technickým prohlídkám včetně fotografií. Na základě těchto skutečností má Ministerstvo dopravy ČR stálou on-line kontrolu nad činností STK.

Státní dohled nad STK provádí jak příslušné Krajské úřady, tak Ministerstvo dopravy ČR. Krajské úřady vykonávají kontroly státního odborného dozoru (dále jen „kontroly“) provedené podle §81 zákona č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb. ve znění pozdějších předpisů s ohledem na zákon č. 255/2012 Sb., o kontrole. Příslušní pracovníci Krajského úřadu, odboru dopravy a silničního hospodářství vykonávají kontrolu nad činností STK, dodržováním povinností a podmínek provozovatele STK. Pokud při kontrole zjistí jakékoli porušení povinností, mají právo kontrolované STK ihned odebrat oprávnění k provozování zkušební stanice.

Ministerstvo dopravy ČR, odbor auditu, kontroly a dozoru vykonává státní odborný dozor nad STK podle § 81 a § 82 zákona č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb., ve znění pozdějších předpisů a ve smyslu zákona č. 552/1991 Sb., o státní kontrole. Pověření zaměstnanci kontrolního orgánu Ministerstva dopravy ČR provádějí namátkové kontroly plnění povinností a podmínek stanovených zákonem a vyhláškou. Tyto kontroly se stávají z kontroly vybavení STK, administrativní kontroly a kontroly dodržování technologických postupů. S výsledkem kontroly musí SOD (= státní odborný dozor) seznámit jak provozovatele kontrolované STK, tak příslušný Krajský úřad.

4.2 Povinnosti provozovatele stanice technické kontroly

Povinnosti provozovatele stanice technické kontroly jsou stanoveny v zákoně č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích §58. Technické prohlídky musí být prováděny osobami, které jsou držiteli profesního osvědčení kontrolního technika. Technické vybavení a uspořádání stanice technické kontroly musí být v souladu s rozhodnutím příslušného Krajského úřadu vydaným podle § 56 a prováděcím právním předpisem. Přístroje a zařízení používané k provádění technických

prohlídek vozidel musí být schváleny a metrologicky navázány podle zvláštního právního předpisu. Provozovatel STK je povinen zajistit pravidelnou kontrolu přístrojů a stanovišť STK. Provozovatel stanice technické kontroly je povinen oznámit příslušnému krajskému úřadu veškeré změny týkající se údajů a dokladů, které jsou stanoveny jako náležitosti žádosti podle § 55 odstavec 1 a 2. (Česko, 2012 str. 24)

4.3 Činnosti stanice technické kontroly

Nejčastěji STK provádí pravidelné technické prohlídky, které se řídí zákonem č.56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, §40. (Česko, 2012 str. 19) Obecně se ve stanicích technické kontroly provádějí, podle vyhlášky č.302/2001 Sb. o technických prohlídkách a měření emisí vozidel, níže uvedené úkony. (Česko, 2012 str. 95) Technické prohlídky se provádějí v rozsahu plném nebo částečném.

- **Pravidelná technická prohlídka**

Pravidelná technická prohlídka se provádí ve lhůtách stanovených zákonem. S touto prohlídkou se běžný občan setkává nečastěji, její časová náročnost je obvykle 30 minut. Pravidelná technická prohlídka se dle vyhlášky č.302/2001 Sb. o technických prohlídkách a měření emisí vozidel § 8 provádí v rozsahu plném. (Česko, 2012 str. 95)

- **Opakovaná technická prohlídka**

Opakovanou technickou prohlídkou se rozumí dle vyhlášky č.302/2001 Sb. o technických prohlídkách a měření emisí vozidel § 8, technická prohlídka následující po předchozí technické prohlídce, při které byla na vozidle zjištěna závada. Podle typu závad se rozlišují závady vážné (stupně B) a závady nebezpečné (stupně C). (Česko, 2012 str. 95) Opakovaná technická prohlídka provedená do třiceti kalendářních dní od předchozí technické prohlídky se provede v rozsahu částečném, za dobu delší než třicet kalendářních dnů od předchozí technické prohlídky se provede v plném rozsahu.

- **Technická prohlídka před schválením technické způsobilosti vozidla**

Technická prohlídka před schválením technické způsobilosti vozidla se provádí na vozidle, jehož technická způsobilost nebyla dosud schválena a které dosud nebylo

registrováno v České republice. Uvedená technická prohlídka se provádí v rozsahu plném, při respektování zvláštností vozidla. (Česko, 2012 str. 95)

- **Technická prohlídka ADR**

Technická prohlídka ADR je technickou prohlídkou vozidla určeného k přepravě nebezpečných věcí. Tato prohlídka vyplývá z plnění požadavků stanovených vyhláškou č. 64/1987 Sb., o Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR). (Česko, 2012 str. 95) Pro provádění technické prohlídky ADR vydává pověření příslušné ministerstvo. Toto pověření firma RAMALE s.r.o. nemá.

- **Evidenční kontrola**

Evidenční kontrola je technická prohlídka vozidla, která je účelově zaměřena na kontrolu souladu provedení vozidla s údaji uvedenými v technickém průkazu vozidla a osvědčení o registraci vozidla. Tato evidenční kontrola je součástí každé pravidelné technické prohlídky. Evidenční kontrola je také vyžadována dopravními úřady v předepsaných úkonech při změnách v technických průkazech vozidel, přívesů, motocyklů. (Česko, 2012 str. 95)

- **Technická prohlídka na žádost zákazníka**

Technická prohlídka na žádost zákazníka je technickou prohlídkou provedenou v plném nebo částečném rozsahu podle žádosti zákazníka. (Česko, 2012 str. 95)

- **Technická prohlídka před registrací**

Technickou prohlídkou před registrací se rozumí technická prohlídka vozidla, jehož technická způsobilost byla již schválena, ale vozidlo dosud nebylo registrováno v České republice. Tato technická prohlídka se provádí v plném rozsahu. (Česko, 2012 str. 96)

- **Nařízená technická prohlídka**

Nařízená technická prohlídka celým názvem technická prohlídka v rámci technické silniční kontroly podle vyhlášky o technických silničních kontrolách. Nařízená technická prohlídka se provádí v rozsahu stanoveném vyhláškou o technické silniční kontrole na žádost policisty nebo celníka. (Česko, 2012 str. 96)

4.4 Výpočet kapacity technických prohlídek kontrolních linek STK

Výpočet kapacity technických prohlídek kontrolních linek STK je uveden v Předpisu č. 9/2006 Sb., který pozměňuje vyhláška Ministerstva dopravy ČR č. 302/2001 Sb. o technických prohlídkách a měření emisí vozidel, ve znění vyhlášky č. 99/2003 Sb. (Česko, 2010-2014) Tyto výpočty se používají pro stanovení teoretické i skutečné kapacity technických prohlídek kontrolních linek STK.

V našem případě se jedná o stanici technické kontroly, která má tři kontrolní stání. Z tohoto důvodu budeme uvádět výpočty pro tato tři konkrétní kontrolní stání.

Výpočet teoretické kapacity technických prohlídek kontrolních linek STK:

Při kalkulaci fondu pracovního času se vychází z těchto údajů:

Tabulka 4 Kalkulace fondu pracovního času

Počet pracovních dní v roce	253
Dovolená počet dní v roce	25
Nemoc počet dní v roce	3
Sanitární dny, plnění jiných úkolů ve dnech	22
Počet produktivních dní v roce (d)	203
Efektivní denní pracovní doba čas/hod (h)	8
Osobní automobily (LOA)	
Pracnost TPr osobního automobilu - 29 min.	$t_{LOA3} = 0,48 \text{ h}$
Počet kontrolních techniků na lince	$p = 3$
Ztráta počtu TPr	$z = 1$

Zdroj: vlastní zpracování (Česko, ze dne 10. ledna 2001)

Teoretická kapacita kontrolní linky STK pro osobní automobily (LOA) pak bude:
 $K_{LOA3} = (p \cdot h / (t_{LOA3} - z)) \cdot d = (3 \cdot 8 / (0,48 - 1)) \cdot 203 = 9.947 = \sim 10.000 \text{ TPr/rok}$ (Česko, 2010-2014)

Skutečná kapacita kontrolní linky STK se vypočte dosazením skutečného efektivního denního pracovního času (h), případně počtu produktivních dnů v roce (d), a počtu kontrolních techniků na lince (p) do výše uvedeného vzorce. (Česko, 2010-2014)

Pro STK RAMALE s. r. o. by výpočet vypadal takto:

Tabulka 5 Kalkulace fondu pracovního času STK RAMLE s. r. o.

Počet pracovních dní v roce 2014	252
Dovolená počet dní v roce 2014	20
Nemoc počet dní v roce 2014	10
Sanitární dny, plnění jiných úkolů ve dnech	22
Počet produktivních dní v roce (d)	200
Efektivní denní pracovní doba čas/hod (h)	8
Osobní automobily (LOA)	
Pracnost TPr osobního automobilu - 29 min	$t_{LOA3} = 0,48 \text{ h}$
Počet kontrolních techniků na lince	$p = 5$
Ztráta počtu TPr	$z = 1$

Zdroj: vlastní zpracování (Česko, ze dne 10. ledna 2001)

$$K_{LOA3} = (p \cdot h / t_{LOA3} - z) \cdot d = (5 \cdot 8 / 0,48 - 1) \cdot 200 = 16.466,66 = \sim 16.500 \text{ TPr/rok}$$

4.5 Profil společnosti

V této kapitole diplomové práce bude představena firma STK RAMALE s. r. o., která je zapsána v obchodním rejstříku, vedeném Městským soudem v Praze oddíl C, vložka 126272.

Firma RAMALE s. r. o. má sídlo v Praze, provozovnu na adrese K Letišti 670, 339 01 Klatovy. Provádí především technické prohlídky, technické kontroly, evidenční kontroly osobních a dodávkových automobilů, motocyklů a přívěsných vozíků. Veškeré výše uvedené činnosti STK RAMALE s. r. o. provozuje na základě „Oprávnění k provádění technické kontroly jednotlivých druhů vozidel a výměnných nástaveb nebo malých sérií vozidel před schválením jejich technické způsobilosti k provozu na pozemních komunikacích, pokud splňuje určité požadavky“. Toto oprávnění vydává příslušný Krajský úřad. (Česko, 2010-2014) Oprávnění má společnost RAMALE s. r. o. udělené Krajským úřadem Plzeňského kraje, odborem dopravy a silničního hospodářství včetně evidenčního čísla stanice technické kontroly č.: 34.30. Dále se výše uvedené činnosti mohou provádět na základě oprávnění, které vydává Ministerstvo dopravy ČR. Uvedená oprávnění jsou uvedena v zákoně č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti

za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb.

Obrázek 12 STK RAMALE s. r. o.



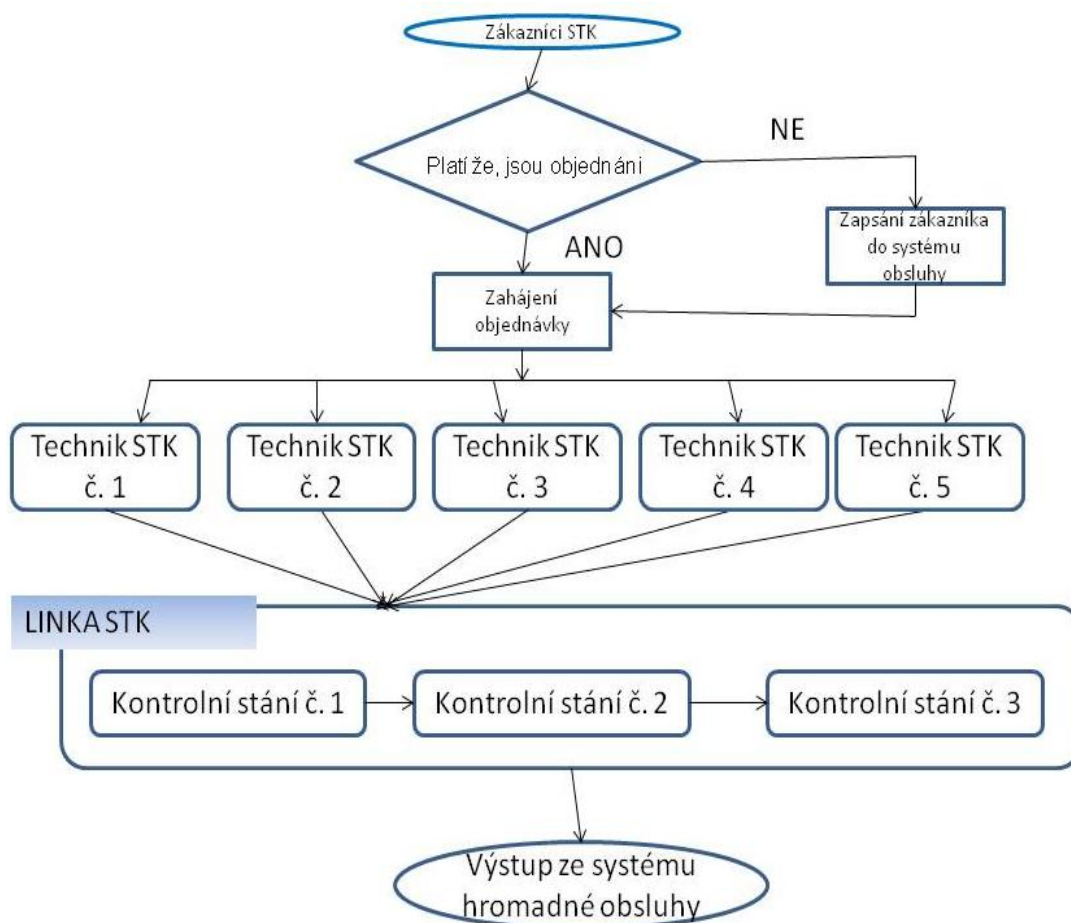
Zdroj: vlastní zpracování fotodokumentace společnosti RAMALE s. r. o.

4.6 Popis problémové situace

Provozovatel obslužné linky, tedy společnost RAMALE s. r. o., má především zájem maximalizovat zisk a minimalizovat náklady na provoz systému hromadné obsluhy. Vedení společnosti má tedy za úkol minimalizovat náklady, ale ne za cenu ztráty zákazníků a zajistit plynulý chod při odbavování na lince stanice technické kontroly. Naopak zákazníci chtějí minimalizovat dobu strávenou při čekání v systému, proto většina upřednostňuje možnost objednání předem.

Stávající systém hromadné obsluhy stanice technické kontroly RAMALE s. r. o. má určitou kapacitu (prostupnost), která mu dovoluje vyrovnat se s proudem vstupujících požadavků (zákazníků). Pro lepší přehled a pochopení provozu stanice technické kontroly jsme vypracovali schéma systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o.

Obrázek 13 Schéma systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o.



Zdroj: vlastní zpracování na základě interních předpisů společnosti RAMALE s. r. o.

- **Zdroj požadavků SHO**

Máme neohraničený zdroj požadavků, jsou jimi zákazníci (klienti) stanice technické kontroly. Tito zákazníci se musí se svým vozidlem (přívěsem, motocyklem) dostavit na STK dle zákona, pokud chtějí uvedené vozidlo provozovat na veřejných komunikacích. Ve skutečnosti je zákazníků konečný počet, ale vzhledem k tomu, že jich jsou měsíčně stovky, lze zdroj považovat za nekonečný počet. Reálně je počet zákazníků STK vyšší než kapacita systému hromadné obsluhy STK.

- **Příchod požadavků do systému HO**

Nositelé požadavků jsou zákazníci STK, kteří vstupují do systému v náhodných časových okamžicích a mají různé požadavky na služby nabízené STK.

Tito zákazníci buď navštíví STK osobně a jsou objednáni na přesný čas nebo se objednají telefonicky. Jestliže zákazník nesouhlasí s tímto objednávacím systémem nebo neměl čas se předem objednat, musí v čekárně STK vyčkat, až se místo uvolní (př. nedostaví se objednaný klient). Bohužel vytíženost linky STK a přesně zadané časy prohlídek jsou v tomto případě omezujícím faktorem. Obsluhované jednotce (zákazníkovi) je přidělen technik STK, který převezme veškeré předepsané dokumenty k požadavku (vozidlu, motocyklu, přívěsu) a s ním pak vstupuje na linku STK.

Příchod požadavků do systému hromadné obsluhy (STK RAMALE s. r. o.) je stochastický. Zákazníci chodí či telefonují na STK náhodně v různě dlouhých intervalech.

V každém časovém okamžiku vstupuje do systému (na linku STK) právě jedna jednotka, považujeme tento vstup jednotek za ordinální.

- **Režim fronty SHO**

V našem případě systému hromadné obsluhy stanice technické kontroly se jedná o obsluhu zákazníků metodou PRI (priority) – výběr požadavků podle různých režimů priorit. STK RAMALE s. r. o. obsluhuje zákazníky zapsané v objednávkovém systému přednostně před zákazníky, kteří přišli bez objednání.

- **Chování čekajících ve frontě SHO**

V tomto systému hromadné obsluhy jsou čekající jednotky ve frontě lidé (zákazníci). Jde o jednotky buď zapsané v objednávkovém systému (tyto jednotky přicházejí v předem dohodnutém termínu a jsou obsluhovány bez čekání) nebo jednotky bez objednání (tyto jednotky čekají, až se v systému uvolní místo).

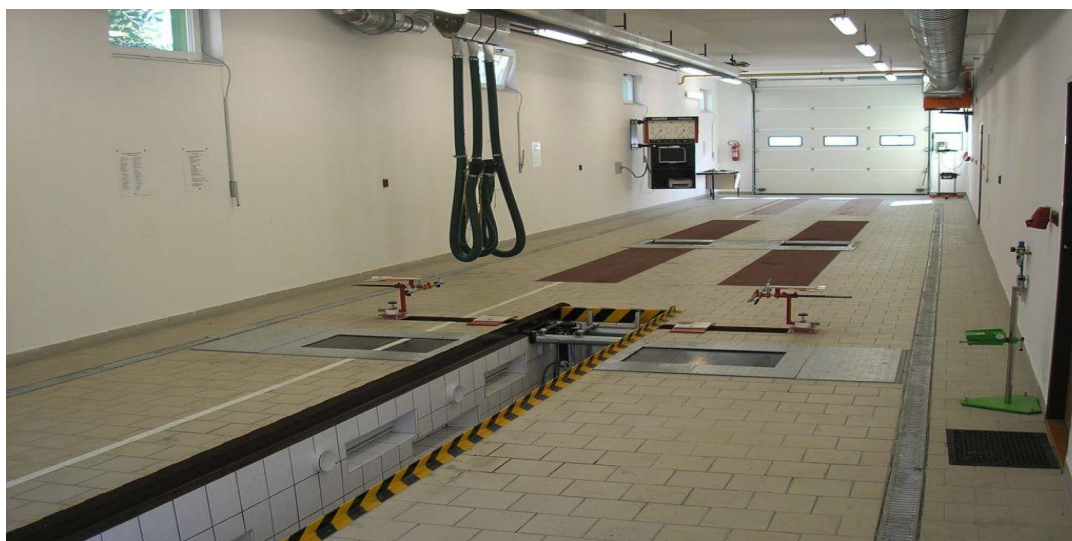
- **Síť obslužných linek SHO**

STK RAMALE s. r. o. má jednu schválenou zkušební linku a čtyři stálé zaměstnance (+ 1 x technika a 1 x administrativní pracovníci), viz Příloha 1.

Pro analýzu sledovaného systému hromadné obsluhy je zde třeba podrobně popsat celý systém STK RAMALE s. r. o. Jakmile je požadavku (zákazníkovi) přidělen technik STK, tento technik neprodleně zkontroluje veškeré zákonem vyžadované doklady a zapíše požadavek do systému CIS. Tento systém je přímo na servu Ministerstva dopravy ČR

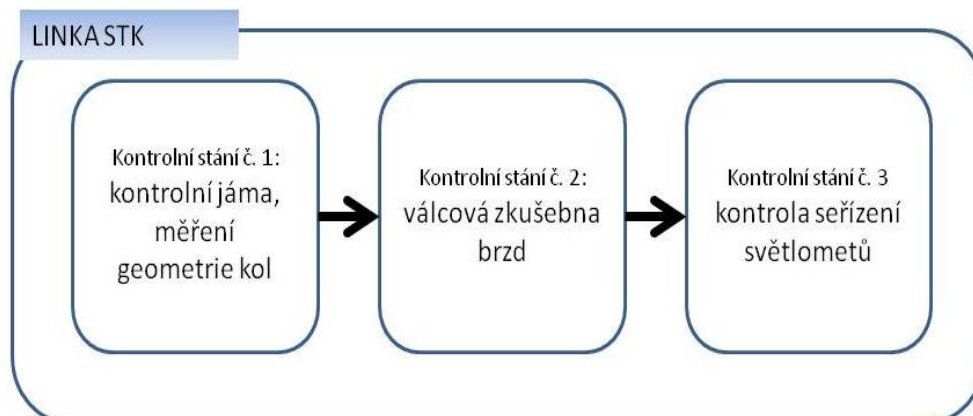
a každý technik (administrátor) se zde musí přihlásit pod svým jedinečným kódem. Systém CIS dle zadaného kódu přesně rozeznává na jaké úkony má příslušný technik (administrátor) oprávnění a podle toho mu dovolí, či zakáže, provádět příslušné úkony. Dále pak přidělený technik STK vyzve zákazníka k přistavení vozidla před linku STK. Zákazník (požadavek) má v tuto chvíli dvě možnosti, buď chce být přítomen celému procesu na lince STK a vozidlo přistaví, nebo předá technikovi STK klíčky od vozidla a vyčká v čekárně (na místě k tomuto účelu určeném). V této chvíli opouští požadavek (vozidlo) frontu a vstupuje na linku STK (do obslužného kanálu systému hromadné obsluhy). Popis linky STK:

Obrázek 14 Obslužná linka STK RAMALE s. r. o.



Zdroj: vlastní zpracování fotodokumentace společnosti RAMALE s. r. o.

Obrázek 15 Schéma obslužné linky STK RAMALE s. r. o.



Zdroj: vlastní zpracování na základě interních předpisů společnosti RAMALE s. r. o.

Z výše uvedeného obrázku je zřejmé, že námi popisovaný systém hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. má jeden kanál obsluhy (1 linka STK) se třemi sériově uspořádanými kontrolními místy. Každé kontrolní stání má přesný rozpis úkonů, které jsou na něm prováděny. Technici STK musejí na určeném kontrolním stání provést všechny předepsané úkony včetně fotografování požadavku (automobilu, motocyklu, přívěsného vozíku) a pak se mohou posunout na další kontrolní stání. Technici STK jsou tedy atributem, který neomezuje 1 kanál obsluhy. Technici s požadavky najíždějí na linku STK za sebou, jakmile se kontrolní stání s předešlým požadavkem uvolní.

- **Časová náročnost technických prohlídek – doba obsluhy**

Doba obsluhy, tj. doba potřebná k vyřízení jednoho požadavku, je v tomto systému hromadné obsluhy různá, podle požadavků zákazníků.

Dle vyhlášky č. 9/2006 Sb., kterou se mění vyhláška MD ČR č. 302/2001 Sb. o technických prohlídkách a měření emisí vozidel, ve znění vyhlášky č. 99/2003 Sb. je stanovena doba technické prohlídky vozidla kategorie M1 a N1 na lince pro osobní automobily se třemi kontrolními stáními minimálně 29 min.

Níže uvedené doby prohlídek jsou stanoveny výsledováním, tedy časovým měřením přímo v praxi. Časové měření tzv. čistého času bylo prováděno dle kategorií vozidel. Kategorie: M = osobní automobil, N1 = nákladní automobil do 3,5 t, L = motocykl, O = přívěsný vozík.

- Technická prohlídka pravidelná vozidla kategorie M, N1: 30 min
- Technická prohlídka pravidelná vozidla kategorie L, O: 15 min
- Evidenční kontrola vozidel kategorie M, N1, L, O - 15 min.
- Opakovaná technická prohlídka vozidel kategorie M, N1, L, O – částečný rozsah: 15 min.
- Opakovaná technická prohlídka vozidel kategorie M, N1 – plný rozsah: 30 min.
- Opakovaná technická prohlídka vozidel kategorie L, O – plný rozsah: 15 min
- Technická prohlídka před schválením technické způsobilosti vozidla kategorie M, N1: 30 min.
- Technická prohlídka před schválením technické způsobilosti vozidla kategorie L, O: 15 min.
- Technická prohlídka před schválením technické způsobilosti vozidla kategorie M, N1– opakovaná – částečný rozsah: 15 min.
- Technická prohlídka před schválením technické způsobilosti vozidla kategorie M, N1– opakovaná – plný rozsah: 30 min.
- Technická prohlídka před schválením technické způsobilosti vozidla kategorie L, O – opakovaná – částečný rozsah: 15 min.

- Technická prohlídka před schválením technické způsobilosti vozidla kategorie L, O – opakovaná – plný rozsah: 15 min.
- Technická prohlídka před registrací vozidla kategorie M, N1 - 30 min.
- Technická prohlídka před registrací vozidla kategorie L, O - 15 min.
- Technická prohlídka před registrací vozidla kategorie M, N1 - opakovaná – částečný rozsah: 15 min.
- Technická prohlídka před registrací vozidla kategorie M, N1 - opakovaná – plný rozsah: 30 min.
- Technická prohlídka před registrací vozidla kategorie L, O - opakovaná – částečný rozsah: 15 min.
- Technická prohlídka před registrací vozidla kategorie L, O - opakovaná – plný rozsah: 15 min.
- Technická prohlídka na žádost zákazníka - dle počtu úkonů.
- Technická prohlídka nařízená - dle počtu úkonů.
- Vystavení Technického protokolu a jeho přílohy pro schválení tech. způsobilosti jednotlivě dovezeného vozidla k provozu na pozemních komunikacích: cca 90-180 min. Vozidlo může být mimo linku STK, administrativní úkon.
- Vystavení Výpisu z technických údajů vozidla (při dovozu): cca 60-90 min. Vozidlo může být mimo linku STK, administrativní úkon.
- Vystavení Technického protokolu stavěného nebo přestavěného vozidla: 180-240 min. Vozidlo může být mimo linku STK, administrativní úkon.

Pro účely této diplomové práce se pokusíme veškeré činnosti, které provádí stanice technické kontroly, vložit do přehledné tabulky.

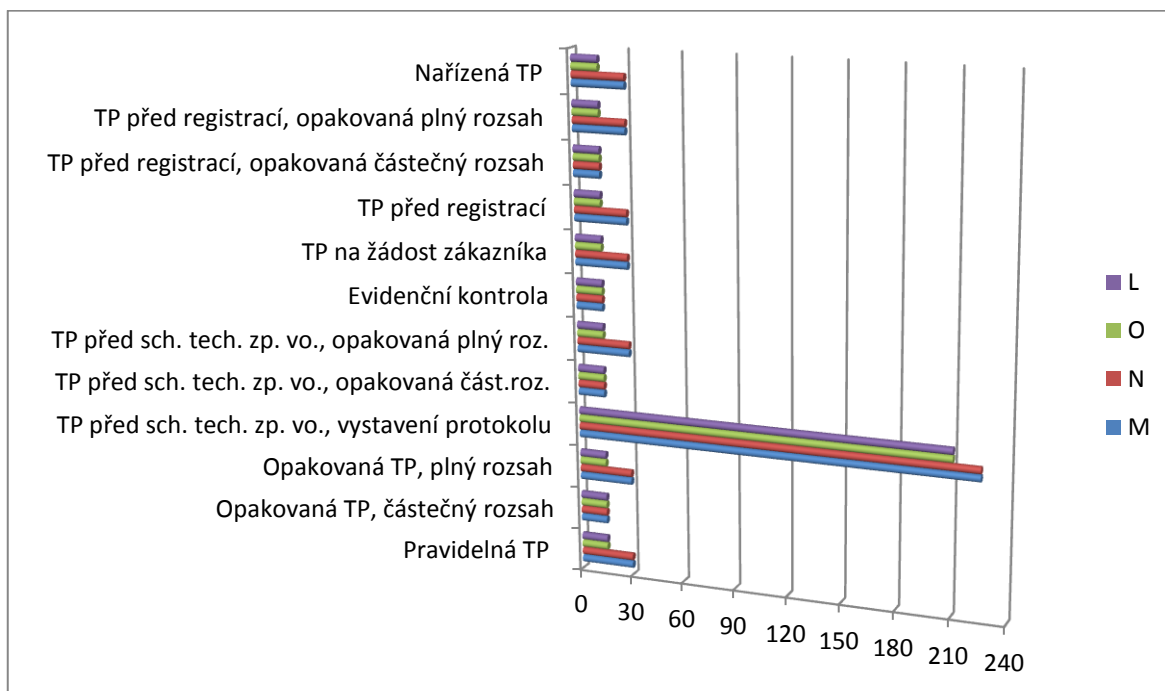
Tabulka 6 Doby činností prováděných stanicí technické kontroly (uvedené v minutách)

Úkony / kategorie vozidel	M		N1		O		L	
	NA LINCE STK	MIMO LINKU STK	NA LINCE STK	MIMO LINKU STK	NA LINCE STK	MIMO LINKU STK	NA LINCE STK	MIMO LINKU STK
Pravidelná TP (= technická prohlídka)	30		30		15		15	
Opakovaná TP – částečný rozsah	15		15		15		15	
Opakovaná TP – plný rozsah	30		30		15		15	
TP před schválením technické způsobilosti vozidla, vystavení technického protokolu...	30	90 - 180	30	90 - 180	15	90- 180	15	90 - 180
TP před schválením technické způsobilosti vozidla – opakovaná částečný rozsah	15		15		15		15	
TP před schválením technické způsobilosti vozidla – opakovaná plný rozsah	30		30		15		15	
Evidenční kontrola	15		15		15		15	
TP na žádost zákazníka (TP provedená v plném nebo částečném rozsahu podle žádosti zákazníka)	30 (15)		30 (15)		15		15	
TP před registrací	30		30		15		15	

TP před registrací – opakovaná částečný rozsah	15		15		15		15	
TP před registrací – opakovaná plný rozsah	30		30		15		15	
Nařízená TP	30		30		15		15	

Kategorie: M = osobní automobil, N1 = nákladní automobil do 3,5 t, L = motocykl, O = přívěsný vozík
Zdroj: vlastní zpracování na základě interních dokladů společnosti RAMALE s. r. o.

Graf 1 Doby činností prováděných stanicí technické kontroly (uvedené v min)



Kategorie: M = osobní automobil, N = nákladní automobil do 3,5 t, L = motocykl, O = přívěsný vozík
Zdroj: vlastní zpracování na základě interních dokladů společnosti RAMALE s. r. o.

Při časovém měření požadavků přímo na STK RAMALE s. r. o. jsme přišli na zajímavé zjištění. Ze zákona musí všechny požadavky (vozidla, motocykly, přívěsy) projít linkou STK (obslužným kanálem). Z tohoto důvodu při běžném provozu všechny požadavky stráví v obslužném kanálu 30 minut, i když čistý čas požadavku je různý. Pro vysvětlení uvádíme příklad z praxe: Požadavky se řadí na linku STK metodou PRI (př. požadavek EK (= evidenční kontrola) trvající čistý čas strávený na lince STK 15 minut) a jakmile přijde požadavek do systému, systém neřeší jaký požadavek je před ním (př. PTP (= pravidelná technická prohlídka) trvající čistý čas strávený na lince STK 30 minut). Z tohoto příkladu je patrné, že požadavek PTP brzdí v obslužném kanálu

požadavek EK. Zde se nabízí teoretická otázka, jak by mohl požadavek EK předjet požadavek PTP?

- **Výstup z obsluhy SHO**

Jakmile je požadavek na lince STK vyřízen (buď s kladným či záporným výsledkem), opouští obslužný kanál. Požadavek s kladným výsledkem (vozidlo způsobilé k provozu na veřejných komunikacích) opouští obslužný kanál a dostaví se na příští pravidelnou technickou prohlídku za čas určený v zákoně. Například osobní automobil za 2 roky, přívěsný vozík za 4 roky. Požadavek se záporným výsledkem (vozidlo částečně způsobilé či nezpůsobilé k provozu na veřejných komunikacích) musí provést požadované opravy na vozidle (motocyklu, přívěsu) a dostavit se k opakované technické prohlídce (ze zákona do třiceti pracovních dní). Požadavek se záporným výsledkem tedy můžeme považovat za vstupní požadavek do obslužného systému STK.

4.7 Modelování systému hromadné obsluhy

V našem případě se jedná o analytický model systému hromadné obsluhy, který je stochastický. Stochastický systém je systém, ve kterém dochází k náhodným jevům. Provedeme tedy jeho klasifikaci a výpočet.

4.7.1 Klasifikace modelu hromadné obsluhy

V níže uvedené tabulce klasifikujeme systém hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. a určíme, o jaký model hromadné obsluhy jde.

Tabulka 7 Klasifikace modelu hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o.

Symbol	Význam	Systém obsahuje
A	Typ pravděpodobnostního rozdělení intervalů mezi vstupy požadavků do systému	M
B	Typ pravděpodobnostního rozdělení trvání obsluhy	M
C	Počet paralelních linek	1
D	Kapacita systému hromadné obsluhy, tj. místa v obsluze a ve frontě	50
E	Početnost zdroje požadavků	∞
F	Režim fronty	PRI

Zdroj: vlastní zpracování na základě teoretické části této diplomové práce

Model M/M/1/50/∞/PRI

A – intervaly mezi příchody požadavků do systému hromadné obsluhy STK lze popsat jako markovský potok - exponenciální rozdělení s *parametrem* λ .

B – doba trvání obsluhy, v systému hromadné obsluhy STK je náhodná veličina s exponenciálním rozdělením s *parametrem* μ .

C – jeden obslužný kanál – jedna obslužná linka STK.

D – maximální počet jednotek v systému je padesát – kapacita parkoviště STK.

E – zdroj požadavků je řádově vyšší než kapacita systému.

F – režim fronty je PRI (priority).

4.7.2 Základní charakteristiky modelu M/M/1/50/∞/PRI

Veškeré výpočty v této diplomové práci budeme provádět za měsíc srpen 2014 a to z důvodu, že v tuto dobu byla autorka v uvedené firmě na diplomní praxi. Vedení STK RAMALE s. r. o. poskytlo autorce podklady ke zpracování za jeden měsíc s podmínkou ochrany osobních dat jejich zaměstnanců, viz Přílohy. Vzorce pro výpočty a značení jednotlivých charakteristik vychází z literární rešerše této diplomové práce.

- **Vytížení obslužného kanálu**

Z parametrů λ (intenzita vstupu jednotek do systému) a μ (intenzita obsluhy) lze zjistit intenzitu provozu ρ (vytíženost obslužného kanálu).

Celková maximální kapacita systému hromadné obsluhy STK je 50 kusů (parkoviště STK RAMALE s. r. o.).

Intenzitu vstupu jednotek do systému hromadné obsluhy určíme:

Použijeme zjištěné hodnoty z Přílohy č. 3:

Technik B. F. = 182 prohlídek za měsíc

Technik D. V. = 173 prohlídek za měsíc

Technik R. J. = 55 prohlídek za měsíc (jednatel STK RAMALE s. r. o., pracuje jako technik STK na lince jen v případě potřeby)

Technik V. K. = 188 prohlídek za měsíc

Technik V. Z. = 158 prohlídek za měsíc

Celkem 5 techniků STK = 756 prohlídek za měsíc.

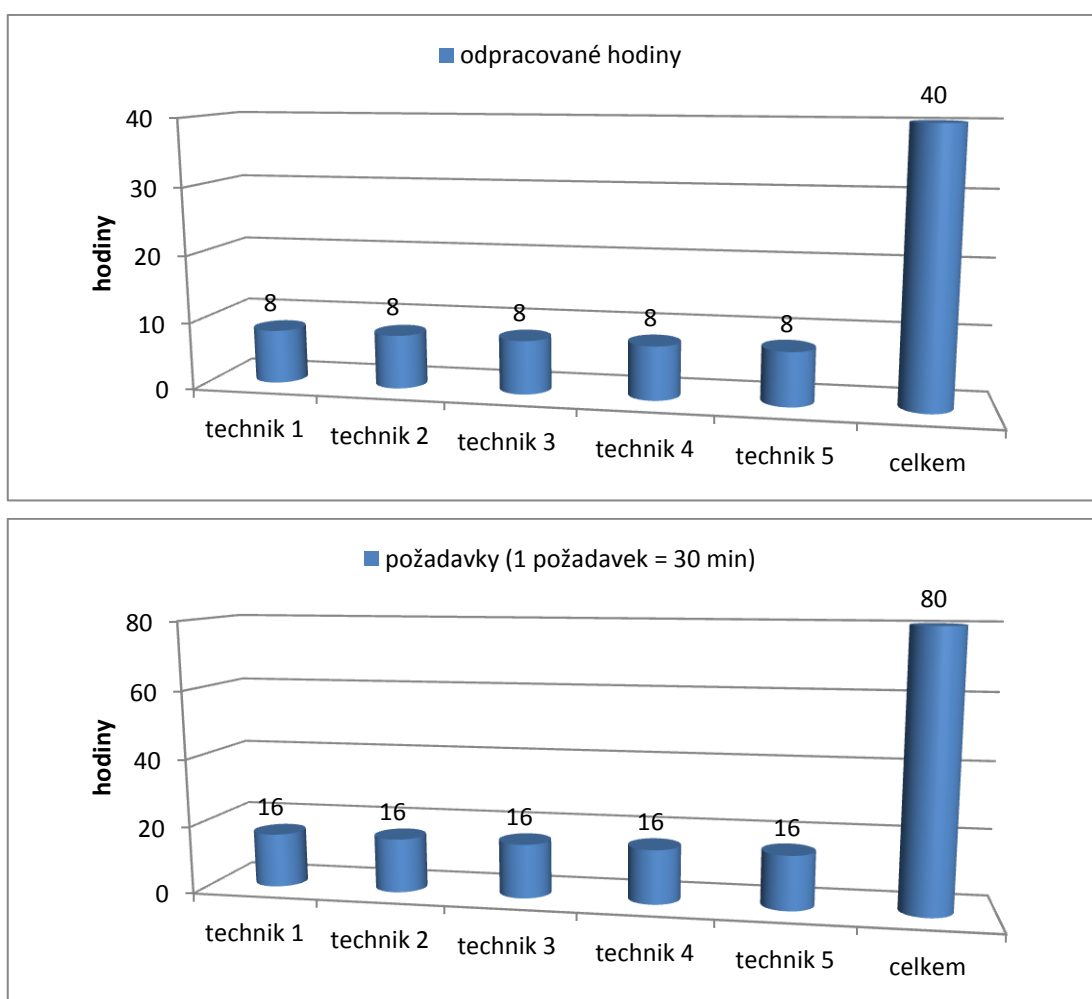
Výpočet hodnoty $\lambda = \text{měsíční počet požadavků} / 21 \text{ pracovních dní} = 756 / 21 = 36$ (požadavků). Průměrná návštěvnost na tomto pracovišti je 36 klientů za den (λ).

Intenzita vstupu je tedy uvedena v průměrném počtu klientů vstupujících do systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. za jeden den.

Průměrná doba potřebná k odbavení jednoho požadavku na lince STK je 30 minut.

Teoreticky to znamená, že na lince STK je možné za jeden den, při otevírací době od 7 hodin do 17 hodin tj. 10 pracovních hodin linky, provést XYpožadavků.

Graf 2 Maximální teoretická vytíženost techniků STK RAMALE s. r. o. za 1 pracovní den



Zdroj: vlastní zpracování

V systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. pracuje 5 techniků po dobu 8 hodin, pak tedy můžeme říci:

$$5 \text{ (techniků)} \times 8 \text{ (hodin)} = 40 \text{ odpracovaných hodin} / 1 \text{ den}$$

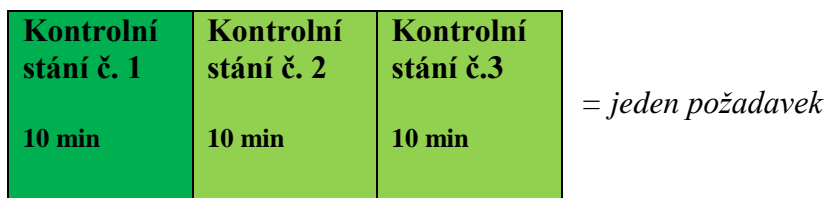
$$40 \text{ (hod)} / 0,5 \text{ hod (požadavek 30 min)} = 80 \text{ požadavků} / 1 \text{ den}$$

Z toho nám vyplývá, že pokud by nebyla linka STK limitujícím parametrem, technici STK by v průměru zvládli za 1 pracovní den 80 požadavků. Nesměli bychom však brát v úvahu administrativní práci techniků, která je při určitých prohlídkách vyžadována. (viz kapitola 4.6) a další povinné administrativní úkony (př. vedení pracovních deníků).

V systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. je jedna obslužná linka ($m = 1$), která je v provozu 10 hodin, technici STK pracují na směny.

Teoretická vytíženost linky STK:

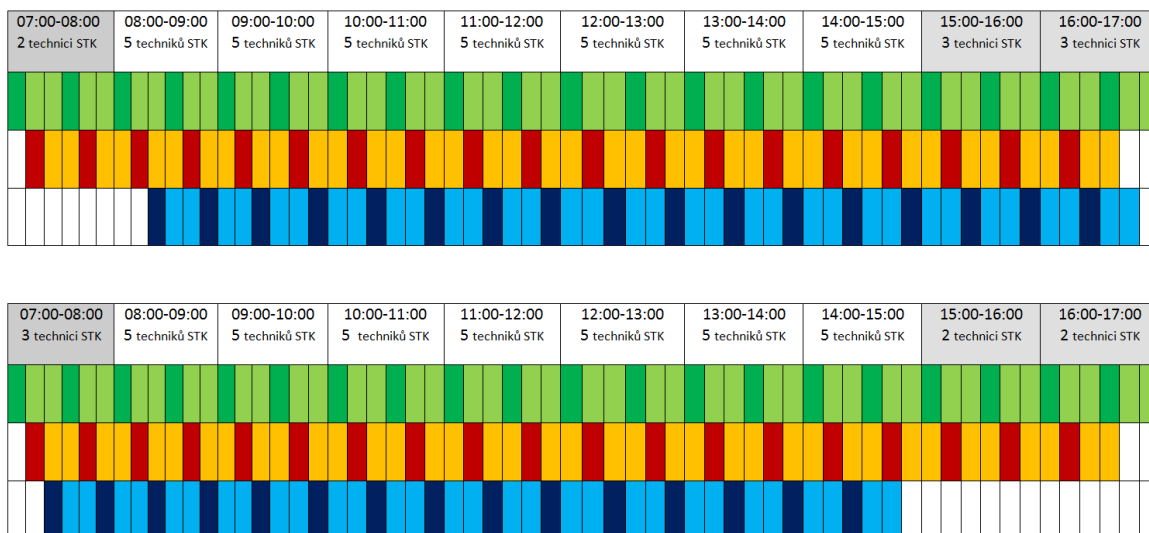
Obrázek 16 Jeden požadavek na lince STK



Zdroj: vlastní zpracování

Na obrázku číslo 17 Jeden požadavek na lince STK je znázorněn pohyb jednoho požadavku po lince STK při průchodu třemi kontrolními stáními (kontrolní jáma, válcová zkušebna brzd, kontrola seřízení světlometů).

Obrázek 17 Požadavky na lince STK (5 techniků STK)



Zdroj: vlastní zpracování

Vytíženost linky STK RAMALE s. r. o. – A) při provozu 2 technici ranní a 3 technici odpolední směna:

- 1 stání – 20 požadavků
 - 2 stání – 19 požadavků
 - 3 stání – 17 požadavků
- celkem 56 požadavků.

Vytíženost linky STK RAMALE s. r. o. – B) při provozu 3 technici ranní a 2 technici odpolední směna:

- 1 stání – 20 požadavků
 - 2 stání – 19 požadavků
 - 3 stání – 15 požadavků
- celkem 54 požadavků.

Hodnota – celkem požadavků za den. Závisí na tom, kolik techniků má ranní či odpolední směnu. Směny se střídají po kalendářních týdnech, 2 technici ranní + 3 technici odpolední = lichý týden, 3 technici ranní + 2 technici odpolední = sudý týden. Z tohoto důvodu můžeme celkovou hodnotu požadavku za den zprůměrovat: $(56 + 54) / 2 = 55$ (požadavků).

μ = udává počet obslužených požadavků jedním kanálem obsluhy za jednotku času (den).

V analyzovaném systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. je limitující obslužný kanál (linka STK), z tohoto důvodu musíme brát v úvahu hodnotu $\mu = 55$.

Intenzitu provozu systému hromadné obsluhy (také nazýváme vytížení obslužného kanálu) STK RAMALE s. r.o. spočítáme z určených parametrů:

$$\text{Intenzita provozu: } \rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{36}{55} = 0,65 \Rightarrow 65\%$$

Pro intenzitu provozu musí platit $\rho < 1$.

Pokud by bylo $\rho > 1$, pak by fronta čekajících požadavků na obsluhu rostla nade všechny meze a systém hromadné obsluhy by nebyl schopen pojmout vstupní tok požadavků, tudíž by byl nefunkční. V systému by docházelo ke vzniku front, což by se mohlo projevit ve ztrátě zákazníků. V praxi se snažíme předejít tomuto problému a tak se vytváří určitá časová rezerva. Ve většině případů se intenzita provozu pohybuje mezi 0,7 a 0,8 (tj. 70% a 80%). (VESELÝ, 2011 str. 24)

V analyzovaném systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. je intenzita provozu 65%. To znamená, že systém hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. je z 35%

nevytížený (35% pracovního času není na lince žádné vozidlo, linka stojí). Z tohoto důvodu je nám jasné, že investovat do možnosti tzv. předjíždění požadavků EK (zařazení tzv. vidličky) před požadavky PTP se ekonomicky nevyplatí. Linka je nevytížena a proto zde máme prostor pro zařazení dalších, nových požadavků.

Tabulka 8 Souhrn měsíčních hodnot základních charakteristik M/M/1/50/∞/PRI

Intenzita příchoďů (λ)	Intenzita obsluhy (μ)	Počet kanálů obsluhy (m)	Intenzita provozu (ρ)
756	1155	1	0,65

Zdroj: vlastní zpracování

Tuto tabulku uvádíme z důvodu porovnání námi vypočtených hodnot s tabulkově určenými hodnotami v kapitole 4.4 Výpočet kapacity technických prohlídek kontrolních linek STK, kde kapacita linky STK RAMALE s. r. o. byla vypočítána na 16.500 TPr/rok, což znamená cca 1.375 TPr/měsíc. Námi vypočtená hodnota nepřesahuje tabulkovou hodnotu, z čehož opět můžeme vyčíst nevytíženost linky STK.

Podmínka stabilizace systému hromadné obsluhy zní: intenzita příchoďu λ je nižší než intenzita obsluhy μ .

V analyzovaném systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. je intenzita příchoďu $\lambda = 36$ a intenzita obsluhy $\mu = 55$ $\lambda < \mu$ platí tedy podmínka stabilizace systému hromadné obsluhy.

Tabulka 9 Souhrn denních hodnot základních charakteristik M/M/1/50/∞/PRI

Pracovní den	Požadavky	Intenzita příchoďu (λ)	T_s (min)	Intenzita obsluhy (μ)	Intenzita provozu (ρ)
		$\lambda =$ denní počet požadavků	$T_s = 30$	$\mu = \frac{1}{T_s} * (55 * 30)$	$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$
1	21	21	30	55	0,382
2	40	40	30	55	0,727
3	30	30	30	55	0,545
4	43	43	30	55	0,782
5	36	36	30	55	0,655
6	28	28	30	55	0,509
7	42	42	30	55	0,764
8	40	40	30	55	0,727

9	48	48	30	55	0,873
10	26	26	30	55	0,473
11	33	33	30	55	0,600
12	47	47	30	55	0,855
13	40	40	30	55	0,727
14	44	44	30	55	0,800
15	19	19	30	55	0,345
16	31	31	30	55	0,564
17	34	34	30	55	0,618
18	36	36	30	55	0,655
19	39	39	30	55	0,709
20	40	40	30	55	0,727
21	39	39	30	55	0,709

Zdroj: vlastní zpracování na základě vlastních výpočtů

Z tabulky č. 8 je patrné, že se intenzita provozu systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. pohybuje mezi hodnotami 0,345 (21. 8. 2014) a 0,873 (13. 8. 2014). Dne 21. 8. 2014 si vybíral technik STK B. F. řádnou dovolenou a technik R. J. si vybíral náhradní volno, na lince STK bylo vyřízeno pouze 19 požadavků. Dne 13. 8. 2014 pracovali všichni technici a počet obslužených požadavků vzrostl na 48.

- **Střední počet jednotek v systému**

Nebo také průměrný počet jednotek v systému lze vypočítat ze vzorce:

$$L = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,65}{1-0,65} = 1,857(\text{jednotek})$$

Z této vypočtené hodnoty vidíme, že v analyzovaném systému hromadné obsluhy jsou průměrně 2 jednotky.

- **Střední počet jednotek ve frontě**

Nebo také průměrný počet jednotek ve frontě lze vypočítat ze vzorce:

$$L_Q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,65^2}{1-0,65} = 1,207(\text{jednotek})$$

Z této vypočtené hodnoty vidíme, že se v analyzovaném systému hromadné obsluhy netvoří dlouhé fronty. Z tohoto důvodu se někteří zákazníci neobjednávají předem, přijdou do systému a čekají, až se místo na lince STK uvolní.

- **Střední doba strávená jednotkou v systému**

Nebo také průměrná doba, kterou jednotka stráví v systému lze vypočítat ze vzorce:

$$T = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{55 - 36} = 0,0526 \text{ dny} * \text{pracovní doba linky 10 hodin} \Rightarrow 31,56 \text{ minut}$$

Průměrný čas, který požadavek stráví v systému hromadné obsluhy je 31,56 minut.

- **Průměrná intenzita vstupu**

Tuto hodnotu lze vypočítat ze vzorce:

$$T = \frac{1}{\mu - \lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{T\mu - 1}{T} = \frac{0,0526 * 55 - 1}{0,0526} = 35,988 \text{ (požadavků, klientů)}$$

Tímto jsme si ověřili výpočet hodnoty intenzity vstupu λ , námi zjištěná hodnota činí 36 požadavků.

- **Střední doba strávená jednotkou ve frontě**

Nebo také průměrná doba, kterou stráví jednotka ve frontě lze vypočítat ze vzorce:

$$T_Q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{36}{55 * (55 - 36)} = 0,0344 * \text{pracovní doba linky 10 hodin} \Rightarrow 20,64 \text{ minut}$$

Z této vypočtené hodnoty vidíme, že požadavek stráví ve frontě 20,64 minuty, což je akceptovatelná doba čekání. Z tohoto důvodu můžeme čekající zákazníky v tomto systému hromadné obsluhy označit za trpělivé.

- **Střední doba obsluhy**

Nebo také průměrná doba obsluhy lze vypočítat ze vzorce:

$$T_S = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{55} = 0,01818 * \text{pracovní doba linky 10 hodin} \Rightarrow 10,91 \text{ minut}$$

- **Pravděpodobnost, že v systému (ve frontě a obsluze) je alespoň jedna jednotka**

Tuto pravděpodobnost vypočítáme ze vzorce:

$$p\{L > 0\} = (1 - p_0) = \rho = 0,65 \Rightarrow 65\%$$

L = střední počet jednotek v systému ($36 > 0$)

Výpočtem této hodnoty se nám potvrdilo, že analyzovaný systém hromadné obsluhy je využíván na 65%. S 65% pravděpodobností víme, že v analyzovaném systému je alespoň jedna jednotka ve frontě či v obsluze.

- **Pravděpodobnost, že jednotka nebude čekat ve frontě (v systému není žádná jednotka)**

Nebo také pravděpodobnost, že jednotka bude čekat nulovou dobu ve frontě, to jest pravděpodobnost, že obslužná linka nepracuje, lze vypočítat dle vzorce:

$$p_0 = 1 - \rho = 1 - 0,65 = 0,35 \Rightarrow 35\%$$

Výpočtem této hodnoty se nám potvrdilo, že analyzovaný systém hromadné obsluhy není využíván z 35%. Což v praxi znamená, že v 35% pracovního času není na lince STK žádné vozidlo (požadavek).

- **Pravděpodobnost, že v systému je právě k jednotek**

Nebo také pravděpodobnost, že v systému budou dva požadavky lze vypočítat ze vzorce:

$$p_n = (1-\rho) \rho^n$$

$$p_2 = (1-\rho) \rho^2 = (1-0,65) 0,65^2 = 0,1478 \Rightarrow 14,78\%$$

Pravděpodobnost, že v analyzovaném systému hromadné obsluhy budou dva požadavky je 14,78%.

- **Pravděpodobnost, že v systému je více než k jednotek**

Tuto pravděpodobnost vypočítáme ze vzorce:

$$p\{L > k\} = \rho^{k+1}$$

$$p\{36 > 2\} = \rho^{2+1} = 0,65^{2+1} = 0,2746 \Rightarrow 27,46\%$$

Pravděpodobnost, že v analyzovaném systému hromadné obsluhy budou dva a více požadavků je 27,46%.

- **Pravděpodobnost, že v systému je k nebo méně jednotek**

Tuto pravděpodobnost vypočítáme ze vzorce:

$$p\{L \leq n\} = 1 - \rho^{n+1}$$

$$p\{36 \leq 37\} = 1 - \rho^{37+1} = 1 - 0,65^{37+1} = 0,9999 \Rightarrow 99,99\%$$

4.7.3 Základní charakteristiky modelu při změně počtu techniků STK na 4

Propočítáme základní charakteristiky modelu systému hromadné obsluhy stanice technické kontroly RAMALE s. r. o. při změně počtu techniků. Zajímalo by nás, jak se změní charakteristika systému při odchodu jednoho plnohodnotného technika STK.

Předpokládáme, že počet požadavků (zákazníků) zůstane stejný a to celkem 756 prohlídek za měsíc.

- **Vytížení obslužného kanálu se 4 techniků STK**

Celková maximální kapacita systému hromadné obsluhy STK zůstává 50 kusů (parkoviště STK RAMALE s. r. o.).

Intenzitu vstupu jednotek do systému hromadné obsluhy určíme:

Výpočet hodnoty $\lambda = \text{měsíční počet požadavků} / 21 \text{ pracovních dní} = 756 / 21 = 36$ (požadavků).

Průměrná návštěvnost na tomto pracovišti zůstává 36 klientů za den (λ).

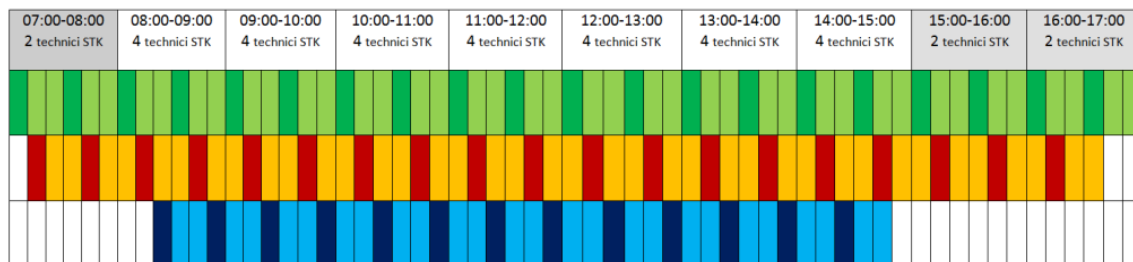
Intenzita vstupu je tedy uvedena v průměrném počtu klientů vstupujících do systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. za jeden den.

Průměrná doba potřebná k odbavení jednoho požadavku na lince STK zůstává 30 minut, tuto hodnotu nelze měnit.

V systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. je jedna obslužná linka ($m = 1$), která je v provozu 10 hodin, technici STK pracují na směny. Protože limitujícím faktorem celého systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. zůstává linka STK, musíme namodelovat průchod linkou se 4 techniků STK.

Teoretická vytíženost linky STK (4techniků STK):

Obrázek 18 Požadavky na lince STK (4 technici STK)



Zdroj: vlastní zpracování

Vytiženost linky STK RAMALE s. r. o. – při provozu 2 technici ranní a 2 technici odpolední směna:

- 1 stání – 20 požadavků
 - 2 stání – 19 požadavků
 - 3 stání – 13 požadavků
- celkem 52 požadavků.

Hodnota – celkem požadavků za den při snížení počtu pracovníků na čtyři techniky STK činí 52 požadavků.

μ = udává počet obslužených požadavků jedním kanálem obsluhy za jednotku času (den).

V analyzovaném systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o., se čtyřmi techniky STK, je intenzita příchodu $\lambda = 36$ a intenzita obsluhy $\mu = 52$ $\lambda < \mu$ platí tedy podmínka stabilizace systému hromadné obsluhy.

Intenzitu provozu systému HO (4 technici STK) STK RAMALE s. r.o. spočítáme z výše určených parametrů:

$$\text{Intenzita provozu: } \rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{36}{52} = 0,6923 \Rightarrow 69,23\%$$

- **Střední počet jednotek v systému**

$$L = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,69}{1-0,69} = 2,22 \text{ (jednotek)}$$

- **Střední počet jednotek ve frontě**

$$L_Q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,69^2}{1-0,69} = 1,53 \text{ (jednotek)}$$

- **Střední doba strávená jednotkou v systému**

$$T = \frac{1}{\mu-\lambda} = \frac{1}{52-36} = 0,0625 \text{ * pracovní doba linky 10 hodin } \Rightarrow 37,5 \text{ minut}$$

- **Střední doba strávená jednotkou ve frontě**

$$T_Q = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} = \frac{36}{52*(52-36)} = 0,043269 \text{ * pracovní doba linky 10 hodin } \Rightarrow 25,96 \text{ minut}$$

- **Střední doba obsluhy**

$$T_S = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{52} = 0,01923 \text{ * pracovní doba linky 10 hodin } \Rightarrow 11,538 \text{ minut}$$

- **Pravděpodobnost, že v systému (ve frontě a obsluze) je alespoň jedna jednotka**

$$p\{L > 0\} = (1-p_0) = \rho = 0,69 \Rightarrow 69\%$$

- **Pravděpodobnost, že jednotka nebude čekat ve frontě (v systému není žádná jednotka)**

$$p_0 = 1 - \rho = 1 - 0,69 = 0,31 \Rightarrow 31\%$$

- **Pravděpodobnost, že v systému je právě k jednotek**

$$p_n = (1-\rho) \rho^n$$

$$p_2 = (1-\rho) \rho^2 = (1-0,69) 0,69^2 = 0,14759 \Rightarrow 14,76\%$$

- **Pravděpodobnost, že v systému je k nebo více jednotek**

$$p\{L \geq n\} = \rho^n$$

$$p\{36 \geq 2\} = 0,69^2 = 0,4761 \Rightarrow 47,61 \%$$

- **Pravděpodobnost, že v systému je více než k jednotek**

$$p\{L > k\} = \rho^{n+1}$$

$$p\{36 > 2\} = \rho^{2+1} = 0,69^{2+1} = 0,3285 \Rightarrow 32,85\%$$

- **Pravděpodobnost, že v systému je k nebo méně jednotek**

$$p\{L \leq n\} = 1 - \rho^{n+1}$$

$$p\{36 \leq 37\} = 1 - \rho^{37+1} = 1 - 0,69^{37+1} = 0,9999 \Rightarrow 99,99\%$$

4.7.4 Základní charakteristiky modelu při změně počtu techniků STK na 6

Propočítáme základní charakteristiky modelu systému hromadné obsluhy stanice technické kontroly RAMALE s. r. o. při změně počtu techniků. Zajímalo by nás, jak se změní charakteristika systému při zamětnání jednoho plnohodnotného technika STK.

Předpokládáme, že počet požadavků (zákazníků) zůstane stejný a to celkem 756 prohlídek za měsíc.

- **Vytížení obslužného kanálu s 6 techniky STK**

Celková maximální kapacita systému hromadné obsluhy STK zůstává 50 kusů (parkoviště STK RAMALE s. r. o.).

Intenzitu vstupu jednotek do systému hromadné obsluhy určíme:

Výpočet hodnoty $\lambda = \text{měsíční počet požadavků} / 21 \text{ pracovních dní} = 756 / 21 = 36$ (požadavků).

Průměrná návštěvnost na tomto pracovišti zůstává 36 klientů za den (λ).

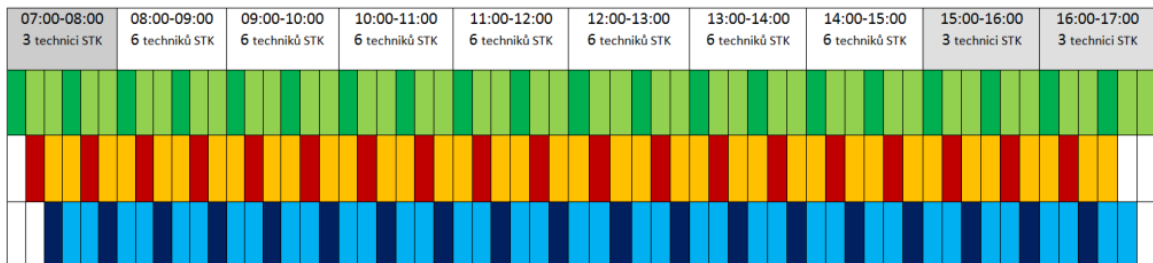
Intenzita vstupu je tedy uvedena v průměrném počtu klientů vstupujících do systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. za jeden den.

Průměrná doba potřebná k odbavení jednoho požadavku na lince STK zůstává i v tomto případě 30 minut.

V systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. je jedna obslužná linka ($m = 1$), která je v provozu 10 hodin, technici STK pracují na směny. Protože limitujícím faktorem celého systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. zůstává linka STK, musíme namodelovat průchod linkou se 6 techniky STK.

Teoretická vytíženost linky STK (6 techniků STK):

Obrázek 19 Požadavky na lince STK (6 techniků)



Zdroj: vlastní zpracování

Vytíženost linky STK RAMALE s. r. o. – při provozu 3 technici ránní a 3 technici odpolední:

- 1 stání – 20 požadavků
 - 2 stání – 19 požadavků
 - 3 stání – 19 požadavků
- celkem 58 požadavků.

Hodnota – celkem požadavků za den při zaměstnání jednoho technika navíc, to znamená při počtu šesti techniků, činí 58 požadavků.

μ = udává počet obslužených požadavků jedním kanálem obsluhy za jednotku času (den).

V analyzovaném systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o., se šesti techniky STK, je intenzita příchodu $\lambda = 36$ a intenzita obsluhy $\mu = 58$ $\lambda < \mu$ platí tedy podmínka stabilizace systému hromadné obsluhy.

Intenzitu provozu systému hromadné obsluhy (6 techniků STK) STK RAMALE s. r.o. spočítáme z určených parametrů:

$$\text{Intenzita provozu: } \rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{36}{58} = 0,6207 \Rightarrow 62,07\%$$

- **Střední počet jednotek v systému**

$$L = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,62}{1-0,62} = 1,63 \text{ (jednotek)}$$

- **Střední počet jednotek ve frontě**

$$L_Q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,62^2}{1-0,62} = 1,11 \text{ (jednotek)}$$

- **Střední doba strávená jednotkou v systému**

$$T = \frac{1}{\mu-\lambda} = \frac{1}{58-36} = 0,04545 \text{ dny} * \text{pracovní doba linky 10 hodin} \Rightarrow 27,27 \text{ minut}$$

- **Střední doba strávená jednotkou ve frontě**

$$T_Q = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} = \frac{36}{58*(58-36)} = 0,02821 * \text{pracovní doba linky 10 hodin} \Rightarrow 16,92 \text{ minut}$$

- **Střední doba obsluhy**

$$T_S = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{58} = 0,0172 * \text{pracovní doba linky 10 hodin} \Rightarrow 10,32 \text{ minut}$$

- **Pravděpodobnost, že v systému (ve frontě a obsluze) je alespoň jedna jednotka**

$$p\{L > 0\} = (1-p_0) = \rho = 0,62 \Rightarrow 62\%$$

- **Pravděpodobnost, že jednotka nebude čekat ve frontě (v systému není žádná jednotka)**

$$p_0 = 1 - \rho = 1 - 0,62 = 0,38 \Rightarrow 38\%$$

- **Pravděpodobnost, že v systému je právě k jednotek**

$$p_n = (1-\rho) \rho^n$$

$$p_2 = (1-\rho) \rho^2 = (1-0,62) 0,62^2 = 0,1461 \Rightarrow 14,61\%$$

- **Pravděpodobnost, že v systému je k nebo více jednotek**

$$p\{L \geq n\} = \rho^n$$

$$p\{36 \geq 2\} = 0,62^2 = 0,3844 \Rightarrow 38,44 \%$$

- **Pravděpodobnost, že v systému je více než k jednotek**

$$p\{L > k\} = \rho^{k+1}$$

$$p\{36 > 2\} = \rho^{2+1} = 0,62^{2+1} = 0,2383 \Rightarrow 23,83\%$$

- **Pravděpodobnost, že v systému je k nebo méně jednotek**

$$p\{L \leq n\} = 1 - \rho^{n+1}$$

$$p\{36 \leq 37\} = 1 - \rho^{37+1} = 1 - 0,62^{37+1} = 0,99999 \Rightarrow 99,99\%$$

4.7.5 Výsledky základní charakteristiky modelu hromadné obsluhy

Pro lepší přehlednost výsledků jsme vypočtené hodnoty parametrů systému hromadné obsluhy stanice technické kontroly vložili do tabulky:

Tabulka 10 Výsledky základní charakteristiky modelu

STK RAMLE s. r. o.	Skutečný stav, 5 techniků STK (scénář I.)	Změna počtu techniků STK na 4 (scénář II.)	Změna počtu techniků STK na 6 (scénář III.)
λ = Intenzita vstupu jednotek do systému	36 (požadavků)	36 (požadavků)	36 (požadavků)
μ = Intenzita obsluhy	55 (požadavků)	52 (požadavků)	58 (požadavků)
ρ = Intenzita provozu	65 %	69,23 %	62,07 %
L = Střední počet jednotek v systému	1,857 (jednotek)	2,22 (jednotek)	1,63 (jednotek)
L_Q = Střední počet jednotek ve frontě	1,2 (jednotek)	1,53 (jednotek)	1,11 (jednotek)
T = Střední hodnota celkové doby v systému, tj. doba čekání plus doba obsluhy	31,56 min	37,5 min	27,27 min
T_Q = Střední doba čekání ve frontě	20,64 min	25,96 min	16,92 min
T_S = Střední doba obsluhy	10,91 min	11,538 min	10,32 min
p = Pravděpodobnost, že obslužná linka pracuje	65%	69%	62%
p_0 = Pravděpodobnost, že v systému není žádná jednotka (obslužná linka nepracuje)	35%	31%	38%
p_2 = Pravděpodobnost, že v systému je právě k	14,78%	14,76%	14,61%

jednotek (n=2)			
$p\{L > k\}$ = Pravděpodobnost, že v systému je více než k jednotek (n=2)	27,46%	47,69%	38,44%
$p\{L \leq n\}$ = Pravděpodobnost, že v systému je k nebo méně jednotek (n=L+1)	99,99%	99,99%	99,99%

Zdroj: vlastní zpracování na základě předešlých výpočtů

I když je limitním místem systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o. obslužný kanál (linka STK), můžeme tento systém ovlivnit počtem techniků STK nebo provozní dobou linky STK. V našem případě provozní doba linky STK zůstává, na požádání vedení STK RAMALE s. r. o., konstantní (tj. 10hodin).

Z vypočtených parametrů můžeme vidět, jak se mění intenzita provozu systému hromadné obsluhy. Zaměstnáme-li o jednoho pracovníka méně (scénář II.), intenzita provozu stoupne o 4,23%, zaměstnáme-li o jednoho pracovníka více (scénář III.), intenzita provozu klesne o 2,93%.

Zákazníky STK zajímá, jak se změní doba čekání ve frontě, tuto otázku nám zodpoví parametr TQ (střední doba čekání ve frontě). V současném stavu (scénář I.) zákazník průměrně čeká 20,64 minut. Pokud bychom zaměstnali o jednoho pracovníka méně, průměrné čekání se zákazníkům zvýší na 25,96 minut. Naopak pokud zaměstnáme o jednoho pracovníka více, průměrné čekání se zákazníkům sníží na 16,92 minut.

Zákazníky STK také zajímá průměrná doba, kterou jednotka (zákazník) stráví v systému hromadné obsluhy (T). V současném stavu tato hodnota činí 31,56 minut, ve scénáři II. 37,5 minut. Ve scénáři III. jsme vypočetli, že by doba strávená v systému hromadné obsluhy mohla činit 27,27 minut, ale v praxi to není možné. Jak jsme již v předchozích kapitolách uvedli, ze zákona musí požadavek být na lince STK minimálně 29 minut. Z tohoto důvodu musíme i ve scénáři III. počítat s hodnotou minimálně 29 minut + 1 minuta na vjetí (či vyjetí) požadavku (vozidla) na obslužný kanál (linku STK).

4.8 Kalkulace jednotlivých scénářů

Pro zjištění kalkulace jednotlivých scénářů je důležitá dostupnost potřebných informací o nákladech a výnosech analyzované firmy STK RAMALE s. r. o. V dnešní době každý manažer ví, že je pro firmu důležité udržet její konkurenceschopnost na trhu. Z tohoto důvodu jsme oslovili vedení firmy a požádali o potřebné podklady pro námi zpracovávanou analýzu. Co nejpřesnější informace o nákladech a výnosech slouží jako

podklady pro řízení firmy či rozhodování o její budoucnosti. Vedení firmy nám bohužel odmítlo sdělit podrobné informace z účetnictví, poskytlo nám pouze Rozvahu a Výkaz zisku a ztráty uvedené v Příloze 4 Podnikové výkazy. Z tohoto důvodu si budeme muset vystačit s těmito dostupnými informacemi.

Uvažujeme, že největší rozdíl ve scénářích je pouze v počtu techniků (úplné mzdové náklady) a počtu požadavků. Zkusíme si tedy z dostupných zdrojů zprůměrovat cenu jednoho požadavku

Tabulka 11 Výpočet průměrné ceny jednoho požadavku (v současných cenách TP)

Prohlídka	Počet prohlídek (za měsíc 08/2014)	Cena prohlídky v Kč	Počet prohlídek x cena prohlídky v Kč
<i>Pravidelná celkem</i>	513	---	---
Pravidelná (motocykly)	53	400,-	21200
Pravidelná (osobní automobily)	424	700,-	296800
Pravidelná (přívěsy)	36	400,-	14400
<i>Opakovaná celkem</i>	27	---	---
Opakovaná (motocykly)	0	---	---
Opakovaná (osobní automobily)	25	250,-	6250
Opakovaná (přívěsy)	2	200,-	400
Před schválením technické způsobilosti vozidla	49	800,-	39200
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	2	250,-	500
Před registrací	3	1.600,-	4800
Před registrací (opakovaná)	0	---	---
Evidenční kontrola	161	250,-	40250
Na žádost zákazníka	1	150,-	150
Nañízená	0	---	---
Celkem	756	---	423950
Průměrná cena jedné prohlídky (požadavku) v Kč		423950 : 756	560,78 (zaokrouhlíme na 561)

Zdroj: vlastní zpracování na základě interních dokladů společnosti RAMALE s. r. o.

Výpočet úplných nákladů na jednoho technika STK:

osobní náklady za rok 2014..... 1.683.000,- Kč / rok

techniků STK za rok 2014 4 technici STK (+ 1 jednatel STK, pracuje jako technik STK v případě potřeby, nezapočítává se do osobních nákladů na jednoho technika)

$$\frac{1683000}{4} = 420750, - \text{ Kč} \dots \dots 1 \text{ technik} / 1 \text{ rok}$$

$$\frac{420750}{12} = 35062,50 \text{ Kč} \dots \dots \dots 1 \text{ technik} / 1 \text{ měsíc}$$

$$\frac{35062,50}{20} = 1753,125 \text{ Kč} \dots \dots \dots 1 \text{ technik} / 1 \text{ den.}$$

Tabulka 12 Přehled scénářů

	Scénář I. skutečný stav	Scénář II. změna počtu techniků STK	Scénář III. změna počtu techniků STK
Počet techniků STK (ks)	5 = (4+1)	4 = (3+1)	6 = (5+1)
Počet techniků x průměrné úplné mzdové náklady na 1 den (Kč) = úplné náklady na 1 den (Kč)	4 x 1753 = 7012	3 x 1753 = 5259	5 x 1753 = 8765
Celkem maximálně možný počet požadavků za jeden den (ks)	55	52	58
Možné požadavky za den x průměrná cena jednoho požadavku (Kč)	55 x 561 = 30855	52 x 561 = 29172	58 x 561 = 32538
Intenzita vstupu požadavků (ks)	36	36	36
Intenzita požadavků x průměrná cena jednoho požadavku (Kč) = tržby	36 x 561 = 20196	36 x 561 = 20196	36 x 561 = 20196
Tržby – úplné náklady na techniky STK na 1 den (Kč)	20196 – 7012 = 13184	20196 – 5259 = 14937	20196 – 8765 = 11431
Teoreticky možné tržby – úplné náklady na techniky STK na 1 den (Kč)	30855 – 7012 = 23843	29172 – 5259 = 23913	32538 – 8765 = 23773

Zdroj: vlastní zpracování

Při hodnocení scénářů musíme brát zřetel na nemocnost, návštěvy lékařů a dovolenou techniků STK. Každý technik má nárok na 20 dní řádné dovolené, v průměru je jeden technik STK na pracovní neschopnosti či ošetřování člena rodiny 12 dní a návštěvy lékařů (zubař, rehabilitace, řádné prohlídky...) průměrně 3 dní. Z čehož plyne, že jeden technik STK zamešká průměrně 35 dní. Což ve scénáři I. znamená, že při 4 plnohodnotných technících STK je zameškáno 4 x 37 = 140 dní za kalendářní rok. Z tohoto důvodu se jednatel společnosti rozhodl složit zkoušky technika STK a zastupovat chybějící techniky STK, aby společnost nemusela odmítat zákazníky.

Pokud bychom zvolili scénář II., musel by vedoucí STK začít pracovat jako technik STK na plný úvazek. To však v praxi není možné. Vedoucí má své předepsané úkoly a jeho práce by nebyla vykonávána.

Další otázka, na kterou musíme brát ohled při hodnocení scénářů je: Přejde ve skutečnosti větší počet požadavků (zákazníků) do systému? Museli bychom se zaměřit

na marketingovou kampaň, která v tomto oboru nemá moc dobré výsledky. Činnost stanic technických kontrol je monitorována a částečně řízena státní správou. Existují přesné výpočty, podle kterých se vydávají povolení pro provozovatele STK. Z tohoto důvodu je pro předem určený počet evidovaných automobilů v daném okruhu (na dopravních úřadech) předepsaný počet STK. Proto můžeme při reklamní kampani působit jen na předem určený okruh potenciálních zákazníků.

Podívejme se, kolik prohlídek bychom museli provést ve scénáři III., abychom měli stejné výsledky jako v současném stavu scénář I.

Tabulka 13 Porovnání scénářů I. a III.

Počet požadavků (Ks)	Požadavky x prům. cena jednoho požadavku (Kč)	Změna hosp. výsledku ve scénáři III. k dosahovaným tržbám – úplné náklady na techniky STK na 1 den (20196 – 7012 = 13184,- Kč) ve scénáři I. (Kč)
36	36 x 561 = 20196	20196 – 8765 = 11431 – 13184 = - 1753
37	37 x 561 = 20757	20757 – 8765 = 11992 – 13184 = - 1192
38	38 x 561 = 21318	21318 – 8765 = 12553 – 13184 = - 631
39	39 x 561 = 21879	21879 – 8765 = 13114 – 13184 = - 70
40	40 x 561 = 22440	22440 – 8765 = 13675 – 13184 = + 491
58	58 x 561 = 32538	32538 – 8765 = 23773 – 13184 = + 10589

Zdroj: vlastní zpracování na základě výpočtů

Z tabulky můžeme vyčíst, že ve scénáři III. bychom museli zajistit minimálně 40 požadavků (zákazníků) denně, což je o 4 požadavky více než ve scénáři I.

Podívejme se, o kolik požadavků bychom museli minimálně zajistit ročně: 4 požadavky x 252 pracovních dní (v roce 2014) = 1008 požadavků ročně.

5 Shrnutí výsledků a doporučení společnosti

V této kapitole se podíváme na celý systém hromadné obsluhy stanice technické kontroly společnosti RAMALE s. r. o. ze dvou úhlů pohledu. Zhodnotíme tedy systém z pohledu zákazníka a z pohledu jednatelů společnosti.

Z pohledu zákazníka by vyhovoval nejvíce scénář III.. V tomto scénáři se sníží čekací doba na 16,92 minuty, je zde největší pravděpodobnost, že v systému zákazník nebude čekat ve frontě a to s 38% pravděpodobností. Zákazníci by měli větší šanci zařazení do systému hromadné obsluhy STK i bez předešlého objednání. V praxi je stále velké procento zákazníků, kteří jsou zvyklí jezdit na technické prohlídky bez předešlého objednání. Ze zkušenosti můžeme uvést většinu zákazníků, kteří přijíždějí do SHO STK na evidenční kontrolu. Nesmíme zapomínat ani na zákazníky, kteří nejsou ochotni si hlídat pravidelný termín technické prohlídky a přijíždějí do systému hromadné obsluhy s neplatnou technickou prohlídkou. Tito zákazníci pak jsou ochotni vyčkat až se místo v SHO uvolní, jejich automobil (motocykl, přívěs) není v tu chvíli určen k provozu na českých komunikacích.

Jednatelé společnosti by museli zvážit novou reklamní kampaň za účelem navýšení počtu technických prohlídek. Jak jsme již uvedli, tato reklamní kampaň se v praxi moc nevyužívá a to z důvodu omezeného volného potenciálu nových zákazníků. Jediné město, ve kterém dochází k čilé reklamní kampani je Praha a to z důvodu většího potenciálu nových zákazníků. Cena technické prohlídky není tak vysoká, aby byli zákazníci ochotni cestovat větší vzdálenosti do jiného města či obce.

Vedení společnosti STK RAMALE s. r. o. můžeme doporučit setrvání u současného stavu (scénář I.). Systém hromadné obsluhy je vytížen na 65%, což se pohybuje mezi doporučenými hodnotami 60% - 80%. Při standardním zatížení systému hromadné obsluhy by měla být splněna podmínka stabilizace systému a to tím, že vypočtená hodnota intenzity provozu (ρ) je menší než jedna. V tomto případě pak nedochází k zahlcení systému a neomezenému růstu fronty před obsluhou. Z tohoto důvodu se v praktických aplikacích SHO nedoporučuje intenzita provozu větší než 80%. Námí vypočtená hodnota 65% vytíženosti ukazuje pouze vytíženost obslužné linky stanice technické kontroly. Technici STK však mají v povinnostech i další administrativní úkony, které jsou při prohlídkách vyžadovány. Někteří technici mají za úkol vedení pracovních

deníků, vedení servisních deníků zvedáku, kompresoru, brzdové stolice a dalších pracovních prostředků. Dále je v náplni práce techniků i pravidelná kontrola a servis těchto zařízení. Všechny tyto úkony zvyšují procento pracovní vytiženosti techniků STK.

Scénář I. (současný stav) je pro zákazníky stanice technické kontroly přijatelný. Hodnota pravděpodobnosti, že v SHO není žádná jednotka (zákazník) činí 35%, což je o 3% méně než ve scénáři III. Střední doba čekání zákazníka ve frontě je 20,64 minut, což je o 3,72 minuty déle.

V této diplomové práci se za pomoci námi zvolených matematických metod teorie front prokázalo, že současný stav systému hromadné obsluhy stanice technické kontroly společnosti RAMALE s. r. o. je správně nastaven. Účelem modelu systému hromadné obsluhy je kontrola analyzovaného systému, zda vyhovuje požadavkům, či je potřeba tento systém upravit. Při optimalizaci SHO nesmíme zapomínat na náklady na pořízení a provoz SHO plus ztráty vyplývající z neobsloužení požadavků. V našem příkladě SHO s jedním kanálem obsluhy jsme při optimalizaci uvažovali o zrychlení obsluhy přidáním jednoho technika STK.

Dále jsme pro porovnání provedli místní šetření u konkurenčních stanic technické kontroly s jednou obslužnou linkou. Na náš dotaz kolik tyto společnosti zaměstnávají techniků STK, nám někteří s ochotou odpověděli. Zjištěné hodnoty jsme uvedli v tabulce:

Tabulka 14 STK - počet zaměstnanců

STK	Počet techniků STK	Počet operátorů STK
STK RAMALE s. r. o.	5 techniků (4 stálí technici + 1 technik zaskakující dle potřeby)	
STK Klatovy	5 techniků (4 stálí technici + 1 technik STK i SME (= stanice měření emisí) zaskakující dle potřeby)	1 operátor
STK Přeštice	4 technici (3 stálí technici + 1 technik SKT i SME zaskakující dle potřeby)	1 operátor
STK Sušice	3 technici	
STK Čimice u Sušice	3 technici	
STK Horažďovice	3 technici	
STK Blovice	4 technici	1 operátor
Průměr celkem	27 : 7 = 3,86 technika	

Zdroj: vlastní zpracování

Hodnoty z předešlé tabulky jsme zprůměrovali a vyšlo nám, že stanice technické kontroly (s jednou obslužnou linkou) v průměru zaměstnávají 3,86 technika STK, zaokrouhlíme na 4 techniky STK. Takže i místní šetření prokázalo, že systém hromadné obsluhy stanice technické kontroly (s jednou obslužnou linkou) v praxi zaměstnává nejčastěji čtyři techniky STK.

6 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zhodnocení současného provozu stanice technické kontroly. Konkrétně se jednalo o čekací doby zákazníků při odbavování na lince stanice technické kontroly a zajištění plynulého chodu při obsluhování.

V teoretické části diplomové práce je uvedeno seznámení se základními pojmy a metodami teorie hromadné obsluhy, popis základních charakteristik modelů a jejich klasifikace. Pro lepší přehlednost řešené problematiky jsou uvedeny příklady systémů hromadné obsluhy z praxe a jejich zákonitosti, na základě kterých hromadná obsluha funguje.

V praktické části byl popsán provoz systému hromadné obsluhy stanice technické kontroly na základě studia interních dokladů společnosti a získané praxe v tomto oboru. Vstupní data byla autorce diplomové práce poskytnuta vedením společnosti RAMALE s. r. o. Při práci autorka využila osobních zkušeností z praxe, ve které se denně pohybuje. Autorka diplomové práce má oprávnění k nakládání s daty v centrálním informačním systému Ministerstva dopravy ČR, musí však respektovat zákon o ochraně osobních dat. Stanice technické kontroly je subjekt, který poskytuje služby veřejné správy. Po zanalyzování zaběhnutého systému hromadné obsluhy stanice technické kontroly byly vyhodnoceny zjištěné výsledky.

Tato diplomová práce prokázala, že současný stav systému hromadné obsluhy stanice technické kontroly společnosti RAMALE s. r. o. je vyhovující. Avšak i v tomto současném stavu jsou rezervy vyplývající z hodnot intenzity vstupu jednotek do SHO ($\lambda = 36$) a intenzity obsluhy ($\mu = 55$). Rozdíl těchto dvou hodnot činí 19, což je hodnota možných obslužitelných požadavků (zákazníků). Analyzovaný SHO má rezervy pro příjem nových potenciálních zákazníků. Za pomoci námi zvolených matematických metod teorie front se prokázalo, že současný stav systému hromadné obsluhy stanice technické kontroly společnosti RAMALE s. r. o. je správně nastaven.

Diplomová práce prokázala, že i v podmínkách mikropodniku lze využít vhodně zvolené metody teorie front. Při použití těchto metod si hodnotitelka mohla ověřit správnost rozhodování majitelů stanice technické kontroly.

Zde se můžeme zamyslet nad další možností využití tohoto systému hromadné obsluhy jako vzorového systému. Veřejná správa by mohla v současné době tento systém

využívat jako vzorový systém s jednou obslužnou linkou v armádě na technických kontrolách všech vojenských vozidel.

Všude tam, kde se občan setkává s veřejnou správou, stává se součástí systému hromadné obsluhy. Veřejná správa je typická tím, že se na všech úřadech tvoří různé fronty, například uvedeme: dopravní úřad, finanční úřad, úřad práce, živnostenský úřad, stavební úřad apod. Veřejná správa v rámci svých systémů řeší stejné problémy jako soukromý sektor. Nesmí nechat systém hromadné obsluhy zahltit, občané by s touto situací byli nespokojeni. Na druhé straně nesmí mít vysoké náklady na provoz systému, v tomto případě by systém byl zbytečně drahý a občané by byli opět nespokojeni.

7 Seznam literatury a použitých zdrojů

Literatura:

BRIŠ Radim, LITSCHMANNOVÁ Martina. 2007. *Statistika II.* 1. vydání. Ostrava : Technická univerzita Ostrava, 2007. str. 163. ISBN 978-80-248-1482-7.

BROŽOVÁ Helena, HOUŠKA Milan. 2008. *Základní metody operační analýzy.* 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2008. str. 244. ISBN 80-213-1193-2.

DÖMENOVÁ Ludmila, BERÁNKOVÁ Martina. 2004. *Systémy hromadné obsluhy I.* Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2004. str. 58. ISBN 80-213-1193-2.

HILLIER Frederick, LIEBERMAN Gerald. 2010. *Introduction to Operations Research.* 9. vydání. Boston: McGraw-Hill, 2010. str. 1047. ISBN 978-007-126767-0.

HOUŠKA, Milan. 2009. *Simulační modely I.* 1. vydání dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2009. str. 58. ISBN 978-80-213-1334-7.

HRABLIK-CHOVANOVÁ Henrieta, SAKÁL Petr, DRIENIKOVÁ Katarína, NAŇO Tomáš. 2012. *Operační analýza část II.* Trnava: AluminiPress, 2012. str. 223. ISBN 987-80-8096-165-7.

JABLONSKÝ, Josef. 2002. *Operační Výzkum, Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování.* 1. vydání. Praha: Professional Publishing, 2002. str. 321. ISBN 80-86419-23-1.

KOŘENÁČ, Václav. 2002. *Stochastické procesy.* 1. vydání. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 2002. str. 228. ISBN 80-245-0311-5.

KRÁL, B. a kolektiv. 2008. *Manažerské účetnictví.* místo neznámé: Management Press, 2008. str. 622. ISBN 80-7175-060-3.

LUKÁŠ, Ladislav. 2009. *Pravděpodobnostní modely v managementu, Markovovy řetězce a systémy hromadné obsluhy.* 1. vydání. Praha: Academia ČM, 2009. str. 136. ISBN 978-80-200-1704-08.

STORDAHL, Kjell. 2007. *The History Behind the Probability Theory and the Queuing Theory.* místo neznámé: Teletronikk, 2007. stránky 123-140. ISBN 0085-7130.

ŠUBRT, Tomáš a kolektiv. 2011. *Ekonomicko-matematické metody.* 1. vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. str. 352. ISBN 987-80-7380-345-2.

ZÍSKAL Jan, HAVLÍČEK Jaroslav. 2010. *Ekonomicko matematické metody II. - studijní texty pro distanční studium.* 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2010. str. 204. ISBN 978-80-213-0664-6.

Legislativní dokumenty:

Česko. Vyhláška č.302/2001 Sb. *Technické podmínky provozu na pozemních komunikacích*. Ministerstvo dopravy České republiky. Ostrava-Hrabůvka: Sagit, a.s., 2012. ISBN 978-80-7208-946-8

Česko. Zákon č.56/2001 Sb. *Technické podmínky provozu na pozemních komunikacích*. Ministerstvo dopravy České republiky. Ostrava-Hrabůvka: Sagit, a.s., 2012. ISBN 978-80-7208-946-8

Česko. Zákon 56/2001Sb., *o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu... 56/2001Sb. Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.....- změně dle 239/13 Sb.* Parlament České republiky, ze dne 10. ledna 2001.

Česko. Předpis č.9/2006 Sb. Ministerstvo dopravy České republiky. *Zákony pro lidi cz*. [Online] AION CS, s.r.o., T. G. Masaryka 1280, 760 01 Zlín, 2010-2014. [Citace: 11. 10 2014]. Dostupný z WWW: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-9>.

Vysokoškolské kvalifikační práce:

PRAŽSKÝ, Tomáš. *Uplatňování metod teorie front při řízení vybraných podnikových procesů*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická, 2012. str. 67.
Vedoucí diplomové práce: Ladislav Lukáš.

RÝZNER, Zdeněk. *Využití teorie hromadné obsluhy při návrhu a optimalizace paketových sítí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. Vedoucí diplomové práce: Vít Novotný.

SEVEROVÁ, Věnceslava. *Zefektivnění systému obsluhy zákazníka prostřednictvím vyvolávacího systému České pošty, s. p.* Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2010. Vedoucí bakalářské práce: Eva Zákorová.

SLÁMOVÁ, Kateřina. *Simulace stochastických procesů hromadné obsluhy*. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta informatiky a statistiky, 2006. Vedoucí diplomové práce: Josef Jablonský.

VESELÝ, Jiří. *Analýza systému obsluhy na vybrané pobočce České pošty*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2011. Vedoucí bakalářské práce: Milan Houška.

VETCHÝ, Josef. *Teorie hromadné obsluhy a její aplikace na model křižovatky*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, 2010. Vedoucí diplomové práce: Tomáš Fürst.

Webové stránky:

DVOŘÁK, Jiří. *Systémy hromadné obsluhy*. [Online] [Citace: 28. 09 2015]. Dostupný z WWW: www.uai.fme.vutbr.cz/~jdvorak/vyuka/tsoa/PredO11.ppt.

VORÁČKOVÁ, Šárka. *Přednášky - Teorie hromadné obsluhy.* [Online] [Citace: 28. 09 2015]. Dostupný z WWW:
<https://www.fd.cvut.cz/department/k611/PEDAGOG/K611THO.html>.

8 Seznam tabulek, grafů a obrázků

8.1 Seznam tabulek

Tabulka 1 Příklady systémů hromadné obsluhy	15
Tabulka 2 Šesti-symbolová klasifikace modelů hromadné obsluhy.....	24
Tabulka 3 Přehled základních proměnných systému hromadné obsluhy	26
Tabulka 4 Kalkulace fondu pracovního času.....	42
Tabulka 5 Kalkulace fondu pracovního času STK RAMLE s. r. o.	43
Tabulka 6 Doby činností prováděných stanicí technické kontroly (uvedené v minutách) ..	49
Tabulka 7 Klasifikace modelu hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o.	51
Tabulka 8 Souhrn měsíčních hodnot základních charakteristik M/M/1/50/∞/PRI.....	56
Tabulka 9 Souhrn denních hodnot základních charakteristik M/M/1/50/∞/PRI	56
Tabulka 10 Výsledky základní charakteristiky modelu.....	65
Tabulka 11 Výpočet průměrné ceny jednoho požadavku (v současných cenách TP).....	67
Tabulka 12 Přehled scénářů.....	68
Tabulka 13 Porovnání scénářů I. a III.....	69
Tabulka 14 STK - počet zaměstnanců	71

8.2 Seznam grafů

Graf 1 Doby činností prováděných stanicí technické kontroly (uvedené v min)	50
Graf 2 Maximální teoretická vytíženost techniků STK RAMALE s. r. o. za 1 pracovní den	53

8.3 Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma systému hromadné obsluhy	15
Obrázek 2 Otevřený zdroj požadavků SHO	16
Obrázek 3 Uzavřený zdroj požadavků SHO	17
Obrázek 4 Jedna obslužná linka.....	20
Obrázek 5 Paralelně uspořádané linky (jedna fronta).....	21
Obrázek 6 Paralelně uspořádané linky (více front)	21
Obrázek 7 Sériově uspořádané linky (2 linky)	22
Obrázek 8 Vícekanálové systémy hromadné obsluhy	23
Obrázek 9 M/M/S/∞/FIFO.....	25
Obrázek 10 Realizace náhodného procesu	30
Obrázek 11 Optimalizace systémů hromadné obsluhy.....	37
Obrázek 12 STK RAMALE s. r. o.....	44
Obrázek 13 Schéma systému hromadné obsluhy STK RAMALE s. r. o.	45
Obrázek 14 Obslužná linka STK RAMALE s. r. o.	47
Obrázek 15 Schéma obslužné linky STK RAMALE s. r. o.	47
Obrázek 16 Jeden požadavek na lince STK.....	54
Obrázek 17 Požadavky na lince STK (5 techniků STK)	54
Obrázek 18 Požadavky na lince STK (4 technici STK)	60
Obrázek 19 Požadavky na lince STK (6 techniků).....	63

9 Přílohy

Příloha 1 Zaměstnanci STK RAMALE s. r. o.	I
Příloha 2 Výkony STK RAMALE s. r. o.	II
Příloha 3 Druhy prohlídek STK RAMALE s. r. o.	III
Příloha 4 Podnikové výkazy	XV

Příloha 1 Zaměstnanci STK RAMALE s. r. o.

STK RAMALE s. r. o. má čtyři stálé zaměstnance (+ 1 x technika a 1 x administrativní pracovníci, oba pracují dle dohody).

Tabulka Kvalifikační údaje zaměstnanců STK RAMALE s. r. o.

Zaměstnanec STK	Operátor STK	Kontrolní technik STK	Kontrolní technik STK typu K
Technik č. 1 (odpovědný vedoucí)	x	x	x
Technik č. 2 (zástupce vedoucího)	x	x	
Technik č. 3	x	x	x
Technik č. 4	x	x	x
Technik č. 5		x	
Adm. pracovnice	x		

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Přehled úkonů, pravomocí zaměstnanců STK RAMALE s. r. o.

Úkony	Kontrolní technik STK	Kontrolní technik STK typu K
Pravidelná technická prohlídka	x	x
Opakovaná technická prohlídka – částečný rozsah	x	x
Opakovaná technická prohlídka – plný rozsah	x	x
Technická prohlídka před schválením technické způsobilosti vozidla		x
Technická prohlídka před schválením technické způsobilosti vozidla – opakovaná částečný rozsah		x
Technická prohlídka před schválením technické způsobilosti vozidla – opakovaná plný rozsah		x
Evidenční kontrola	x	x
Technická prohlídka na žádost zákazníka (TP provedená v plném nebo částečném rozsahu podle žádosti zákazníka)	x	x
Technická prohlídka před registrací		x
Technická prohlídka před registrací – opakovaná částečný rozsah		x
Technická prohlídka před registrací – opakovaná plný rozsah		x
Nářízená technická prohlídka	x	x

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 2 Výkony STK RAMALE s. r. o.

Podklady – výkony, na základě vygenerovaných skutečností z programu Ministerstva dopravy České republiky. Tabulka 9 slouží jen jako přibližný přehled činnosti stanice technické kontroly, nejsou zde uvedeny všechny typy prohlídek. V tomto přehledu ministerští pracovníci sledují hodnocení vozidel: zda jsou vozidla způsobilá, dočasně způsobilá či nezpůsobilá. Pro výpočty systému hromadné obsluhy budeme potřebovat podrobnější přehled.

Tabulka Výkony STK 1. 8. 2014 – 31. 8. 2014

Kategorie vozidel	Druh prohlídky	Počet	Podíl (v %)	Hodnocení vozidel (v %)		
				Způsobilé	Dočasně způsobilé	Nezpůsobilé
MOT (motocykly)	Pravidelná	53	100	52	1	0
	Opakovaná	0	0	0	0	0
	Celkem	53				
NA (nákladní vozidla)	Pravidelná	0	0	0	0	0
	Opakovaná	0	0	0	0	0
	Celkem	0				
OA (osobní automobily)	Pravidelná	424	94,43	392	29	3
	Opakovaná	25	5,57	25	0	0
	Celkem	449				
OST (ostatní)	Pravidelná	0	0	0	0	0
	Opakovaná	0	0	0	0	0
	Celkem	0				
PRI (přívěsy)	Pravidelná	36	94,74	33	3	0
	Opakovaná	2	5,26	2	0	0
	Celkem	38				
TRA (traktory)	Pravidelná	0	0	0	0	0
	Opakovaná	0	0	0	0	0
	Celkem	0				
Celkem všechny prohlídky		540				

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 3 Druhy prohlídek STK RAMALE s. r. o.

Podklady – počet druhů prohlídek pro modelování systému hromadné obsluhy stanice technické kontroly RAMALE s. r. o. na základě vygenerovaných skutečností z programu Ministerstva dopravy České republiky. V tomto přehledu jsou technici STK RAMALE s. r. o. řazeni podle abecedy, v tabulkách uvádíme, z důvodu ochrany osobních dat, pouze monogram (příjmení, jméno).

Tabulka Počet druhů prohlídek 1. 8. 2014 – 31. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	106	101	40	127	139
Opakovaná	1	11	1	5	9
Před schválením technické způsobilosti vozidla	19	21	4	0	5
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	2	0	0	0
Před registrací	1	2	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	0	0
Evidenční kontrola	55	35	10	26	35
Na žádost zákazníka	0	1	0	0	0
Nařízená	0	0	0	0	0
Celkem	182	173	55	158	188
Celkem všechny prohlídky	756				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 1. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	3	3	1	1	4
Opakovaná	0	0	0	0	1
Před schválením technické způsobilosti vozidla	0	1	0	0	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	0	0
Před registrací	0	0	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	0	0
Evidenční kontrola	1	2	0	0	3
Na žádost zákazníka	0	1	0	0	0
Nařízená	0	0	0	0	0
Celkem	4	7	1	1	8
Celkem všechny prohlídky	21				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 4. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	4	7	1	dovolená	13
Opakovaná	0	0	0	dovolená	1
Před schválením technické způsobilosti vozidla	3	2	0	dovolená	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	dovolená	0
Před registrací	0	0	0	dovolená	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	dovolená	0
Evidenční kontrola	5	1	1	dovolená	2
Na žádost zákazníka	0	0	0	dovolená	0
Narízená	0	0	0	dovolená	0
Celkem	12	10	2	dovolená	16
Celkem všechny prohlídky	40				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 5. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	8	5	1	dovolená	6
Opakovaná	0	1	0	dovolená	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	2	1	0	dovolená	1
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	dovolená	0
Před registrací	0	0	0	dovolená	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	dovolená	0
Evidenční kontrola	2	1	1	dovolená	1
Na žádost zákazníka	0	0	0	dovolená	0
Narízená	0	0	0	dovolená	0
Celkem	12	8	2	dovolená	8
Celkem všechny prohlídky	30				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 6. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	4	7	5	dovolená	9
Opakovaná	0	1	0	dovolená	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	2	1	0	dovolená	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	dovolená	0
Před registrací	0	0	0	dovolená	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	dovolená	0
Evidenční kontrola	7	2	2	dovolená	3
Na žádost zákazníka	0	0	0	dovolená	0
Nañízená	0	0	0	dovolená	0
Celkem	13	11	7	dovolená	12
Celkem všechny prohlídky	43				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 7. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	6	9	4	dovolená	6
Opakovaná	0	1	0	dovolená	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	0	0	1	dovolená	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	dovolená	0
Před registrací	1	0	0	dovolená	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	dovolená	0
Evidenční kontrola	5	1	0	dovolená	2
Na žádost zákazníka	0	0	0	dovolená	0
Nañízená	0	0	0	dovolená	0
Celkem	12	11	5	dovolená	8
Celkem všechny prohlídky	36				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 8. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	8	3	3	dovolená	5
Opakovaná	0	1	1	dovolená	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	0	1	0	dovolená	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	dovolená	0
Před registrací	0	0	0	dovolená	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	dovolená	0
Evidenční kontrola	3	1	1	dovolená	1
Na žádost zákazníka	0	0	0	dovolená	0
Nářizená	0	0	0	dovolená	0
Celkem	11	6	5	dovolená	6
Celkem všechny prohlídky	28				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 11. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	11	5	1	4	6
Opakovaná	0	2	0	2	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	0	0	1	0	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	0	0
Před registrací	0	0	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	0	0
Evidenční kontrola	3	2	2	1	2
Na žádost zákazníka	0	0	0	0	0
Nářizená	0	0	0	0	0
Celkem	14	9	4	7	8
Celkem všechny prohlídky	42				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 12. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	2	3	2	11	5
Opakovaná	0	0	0	0	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	2	3	0	0	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	0	0
Před registrací	0	0	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	0	0
Evidenční kontrola	8	3	0	0	1
Na žádost zákazníka	0	0	0	0	0
Narízená	0	0	0	0	0
Celkem	12	9	2	11	6
Celkem všechny prohlídky	40				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 13. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	6	5	1	9	5
Opakovaná	0	0	0	0	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	4	1	2	0	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	0	0
Před registrací	0	0	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	0	0
Evidenční kontrola	8	4	1	2	0
Na žádost zákazníka	0	0	0	0	0
Narízená	0	0	0	0	0
Celkem	18	10	4	11	5
Celkem všechny prohlídky	48				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 14. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	6	3	volno	5	4
Opakovaná	0	0	volno	0	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	1	0	volno	0	2
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	volno	0	0
Před registrací	0	0	volno	0	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	volno	0	0
Evidenční kontrola	4	0	volno	1	0
Na žádost zákazníka	0	0	volno	0	0
Nařízená	0	0	volno	0	0
Celkem	11	3	volno	6	6
Celkem všechny prohlídky	26				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 15. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	4	9	2	8	7
Opakovaná	0	0	0	0	1
Před schválením technické způsobilosti vozidla	0	0	0	0	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	0	0
Před registrací	0	0	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	0	0
Evidenční kontrola	1	0	0	1	0
Na žádost zákazníka	0	0	0	0	0
Nařízená	0	0	0	0	0
Celkem	5	9	2	9	8
Celkem všechny prohlídky	33				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 18. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	8	5	5	8	3
Opakovaná	0	0	0	0	2
Před schválením technické způsobilosti vozidla	1	1	0	0	1
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	0	0
Před registrací	0	1	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	0	0
Evidenční kontrola	2	1	0	4	5
Na žádost zákazníka	0	0	0	0	0
Nářizená	0	0	0	0	0
Celkem	11	8	5	12	11
Celkem všechny prohlídky	47				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 19. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	dovolená	5	1	13	9
Opakovaná	dovolená	0	0	1	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	dovolená	2	0	0	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	dovolená	1	0	0	0
Před registrací	dovolená	0	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	dovolená	0	0	0	0
Evidenční kontrola	dovolená	2	1	3	2
Na žádost zákazníka	dovolená	0	0	0	0
Nářizená	dovolená	0	0	0	0
Celkem	dovolená	10	2	17	11
Celkem všechny prohlídky	40				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 20. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	dovolená	3	3	10	10
Opakovaná	dovolená	0	0	0	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	dovolená	4	0	0	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	dovolená	0	0	0	0
Před registrací	dovolená	0	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	dovolená	0	0	0	0
Evidenční kontrola	dovolená	5	0	5	4
Na žádost zákazníka	dovolená	0	0	0	0
Nañízená	dovolená	0	0	0	0
Celkem	dovolená	12	3	15	14
Celkem všechny prohlídky	44				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 21. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	dovolená	4	volno	7	6
Opakovaná	dovolená	0	volno	0	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	dovolená	0	volno	0	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	dovolená	0	volno	0	0
Před registrací	dovolená	0	volno	0	0
Před registrací (opakovaná)	dovolená	0	volno	0	0
Evidenční kontrola	dovolená	0	volno	0	2
Na žádost zákazníka	dovolená	0	volno	0	0
Nañízená	dovolená	0	volno	0	0
Celkem	dovolená	4	volno	7	8
Celkem všechny prohlídky	19				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 22. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	dovolená	2	1	10	8
Opakovaná	dovolená	1	0	1	1
Před schválením technické způsobilosti vozidla	dovolená	2	0	0	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	dovolená	1	0	0	0
Před registrací	dovolená	1	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	dovolená	0	0	0	0
Evidenční kontrola	dovolená	2	0	1	0
Na žádost zákazníka	dovolená	0	0	0	0
Nañízená	dovolená	0	0	0	0
Celkem	dovolená	9	1	12	9
Celkem všechny prohlídky	31				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 25. 8. 2015

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	3	4	1	10	4
Opakovaná	1	2	0	1	1
Před schválením technické způsobilosti vozidla	2	0	0	0	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	0	0
Před registrací	0	0	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	0	0
Evidenční kontrola	2	1	0	1	1
Na žádost zákazníka	0	0	0	0	0
Nañízená	0	0	0	0	0
Celkem	8	7	1	12	6
Celkem všechny prohlídky	34				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 26. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	6	6	0	11	6
Opakovaná	0	1	0	0	2
Před schválením technické způsobilosti vozidla	1	0	0	0	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	0	0
Před registrací	0	0	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	0	0
Evidenční kontrola	0	2	1	0	0
Na žádost zákazníka	0	0	0	0	0
Nañízená	0	0	0	0	0
Celkem	7	9	1	11	8
Celkem všechny prohlídky	36				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 27. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	6	4	3	7	7
Opakovaná	0	0	0	0	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	0	2	0	0	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	0	0
Před registrací	0	0	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	0	0
Evidenční kontrola	3	2	0	5	0
Na žádost zákazníka	0	0	0	0	0
Nañízená	0	0	0	0	0
Celkem	9	8	3	12	7
Celkem všechny prohlídky	39				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 28. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	10	dovolená	1	13	8
Opakovaná	0	dovolená	0	0	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	1	dovolená	0	0	1
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	dovolená	0	0	0
Před registrací	0	dovolená	0	0	0
Před registrací (opakovaná)	0	dovolená	0	0	0
Evidenční kontrola	1	dovolená	0	2	3
Na žádost zákazníka	0	dovolená	0	0	0
Nañízená	0	dovolená	0	0	0
Celkem	12	dovolená	1	15	12
Celkem všechny prohlídky	40				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Počet druhů prohlídek 29. 8. 2014

Prohlídka / Technik STK	Technik B. F.	Technik D. V.	Technik R. J.	Technik V. Z.	Technik V. K.
Pravidelná	11	9	4	dovolená	8
Opakovaná	0	1	0	dovolená	0
Před schválením technické způsobilosti vozidla	0	0	0	dovolená	0
Před schválením tech. způsob. vozidla (opakovaná)	0	0	0	dovolená	0
Před registrací	0	0	0	dovolená	0
Před registrací (opakovaná)	0	0	0	dovolená	0
Evidenční kontrola	0	3	0	dovolená	3
Na žádost zákazníka	0	0	0	dovolená	0
Nañízená	0	0	0	dovolená	0
Celkem	11	13	4	dovolená	11
Celkem všechny prohlídky	39				

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Přehled denních prohlídek za srpen 2014

Datum	Pracovní den	Celkem všechny prohlídky
1. 8. 2014	1	21
4. 8. 2014	2	40
5. 8. 2014	3	30
6. 8. 2014	4	43
7. 8. 2014	5	36
8. 8. 2014	6	28
11. 8. 2014	7	42
12. 8. 2014	8	40
13. 8. 2014	9	48
14. 8. 2014	10	26
15. 8. 2014	11	33
18. 8. 2014	12	47
19. 8. 2014	13	40
20. 8. 2014	14	44
21. 8. 2014	15	19
22. 8. 2014	16	31
25. 8. 2014	17	34
26. 8. 2014	18	36
27. 8. 2014	19	39
28. 8. 2014	20	40
29. 8. 2014	21	39
celkem	21	756
Denně průměrně	$756 / 21 = 36$ prohlídek (požadavků)	

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 4 Podnikové výkazy

Tabulka Rozvaha k 31. 12. 2014

ROZVAHA ve zjednodušeném rozsahu ke dni 31. 12. 2014 (v celých tisících Kč)						
označ. a	AKTIVA b	řád. c	Běžné účetní období			Minulé úč. období Netto 4
			Brutto 1	Korekce 2	Netto 3	
	AKTIVA CELKEM	001	972	0	972	868
C.	Oběžná aktiva	007	962	0	962	853
C. I.	Zásoby	008	7	0	7	0
C. IV.	Krátkodobý finanční majetek	011	955	0	955	853
D. I.	Časové rozlišení	012	10	0	10	15
označ. a	PASIVA b	řád. c	Stav v běžném účetním období 5		Stav v minulém účetním období 6	
	PASIVA CELKEM	013	972		868	
A.	Vlastní kapitál	014	666		626	
A. I.	Základní kapitál	015	200		200	
A. III.	Rezervní fondy, nedělitelný fond a ostatní fondy ze zisku	017	0		20	
A. IV.	Výsledek hospodaření minulých let	018	20		0	
A. V.1.	Výsledek hospodaření běžného účetního období (+/-)	019	446		406	
B.	Cizí zdroje	021	307		242	
B.III.	Krátkodobé závazky	024	307		242	

Zdroj: podnikové výkazy RAMALE s. r. o.

Tabulka Výkaz zisku a ztráty k 31. 12. 2014

VÝKAZ ZISKU A ZTRÁTY ve zjednodušeném rozsahu ke dni 31. 12. 2014				
(v celých tisících Kč)				
označ. a	TEXT b	číslo řádku c	Skutečnost v účetním období	
			sledovaném 1	minulém 2
I.	Tržby za prodej zboží	001	0	7
A.	Náklady vynaložené na prodané zboží	002	0	15
+	Obchodní matže	003	0	-8
II.	Výkony	004	3.759	3.306
B.	Výkonová spotřeba	005	1.540	1.422
+	Přidaná hodnota	006	2.220	1.876
C.	Osobní náklady	007	1.683	1.337
C. 1.	Mzdové náklady		1.283	1.005
C. 3.	Náklady na soc. zabezp. a zdrav. poj.		352	280
C. 4.	Sociální náklady		48	52
D.	Daně a poplatky	008	5	0
IV.	Ostatní provozní výnosy	013	55	0
H.	Ostatní provozní náklady	014	5	0
*	Provozní výsledek hospodaření	017	581	539
O.	Ostatní finanční náklady	029	24	31
*	Finanční výsledek hospodaření	032	-24	-31
Q.	Daň z příjmů za běžnou činnost	033	112	101
**	Výsledek hospodaření za běžnou činnost	034	446	407
***	Výsledek hospodaření za účetní období (+/-)	040	446	407
****	Výsledek hospodaření před zdaněním	041	557	508

Zdroj: podnikové výkazy RAMALE s. r. o.