

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ



IMS  
BUWOL METAL  
Výkup a zpracování kovového odpadu  
T5: SHO Model logistiky  
rozvoz/transport zboží a materiálu

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>2</b>
1.1	Autoři a zdroje faktů . . . . .	2
1.2	Ověření validity . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Rozbor tématu</b>	<b>3</b>
2.1	Použité postupy . . . . .	4
2.2	Použité technologie . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Koncepce modelu</b>	<b>4</b>
3.1	Popis konceptuálního modelu . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Architektura simulačního modelu</b>	<b>5</b>
4.1	Mapování abstraktního modelu do simulačního . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Simulační experimenty a jejich průběh</b>	<b>6</b>
5.1	Postup při experimentování . . . . .	6
5.2	Dokumentace jednotlivých výsledků . . . . .	6
5.2.1	Experiment 1 měření času stráveného na cestou do Brna . . . . .	6
5.2.2	Experiment 1 měření času stráveného na kávě . . . . .	6
5.2.3	Experiment 2 měření času stráveného odvážením kontejneru do Žďáru nad Sázavou . . . . .	6
5.3	Závěry experimentů . . . . .	7
5.3.1	Závěr experimentu 1 . . . . .	7
5.3.2	Závěr experimentu 2 . . . . .	7
5.3.3	Závěr experimentu 3 . . . . .	7
<b>6</b>	<b>Závěr simulačních experimentů a shrnutí</b>	<b>7</b>

# 1 Úvod

V této práci je modelována struktura firmy BUWOL METAL s.r.o [1], která se zabývá transportem a zpracováním kovového odpadu. Sídlo společnosti je v České republice, konkrétně ve městysi Luka nad Jihlavou.

Práce vznikla jako projekt do předmětu modelování a simulace na škole VUT FIT v Brně.

V práci jsme nejdříve na základě nasbíraných dat vytvořili model([2] snímek č. 7) pomocí Petriho sítí ([2] č. 126) a následně tento model implementovali za použití simulační knihovny simlib [3].

Cílem projektu bylo ověřit, zda firma provádí přepravu materiálu efektivně z ekonomického hlediska. Případně vhodným experimentováním navrhnout možné změny tak, aby došlo ke zefektivnění transportu materiálu a ke snížení výdajů spojených s transportem.

## 1.1 Autoři a zdroje faktů

Autoři práce jsou Tomáš Valík (xvalik04) a Štěpán Bárta(xbarta50).

Práce je postavena na reálných datech, nasbíraných dlouholetou zkušeností autora při působení ve firmě a konzultacích se zaměstnanci firmy, kteří zajišťují transport materiálů.

## 1.2 Ověření validity

Validitu modelu jsme ověřili prostřednictvím provedených experimentů s implementovaným modelem. Následně jsme konzultovali se zaměstnanci firmy, kteří nám poskytli zpětnou vazbu, zda náš model odpovídá realitě jejich pracovního prostředí.

## 2 Rozbor tématu

Jak již bylo zmíněno, nasbíraná fakta jsou zkušenosti autora, což lze brát jako dlouholeté pozorování procesů ve firmě a konzultace se zaměstnanci.

Firma vlastní 3 vozidla. Nákladní automobil MAN TGA 26.440 s hydraulickou rukou, nákladní automobil VOLVO FM13 460, nákladní skříňový automobil Iveco DAILY 35S14. Ve firmě jsou 3 řidiči, jeden pro každé vozidlo.

Hlavní řidič firmy jezdí s autemobílem VOLVO.

Má 3-4 výjezdy denně, během kterých nakládá kovový odpad na Vysočině. Jedna cesta mu průměrně trvá 30 minut, přičemž zhruba hodinu nakládá materiál. Poté se vydá zpět na firmu, kde náklad vyloží a připravuje se k dalšímu výjezdu.

Dvakrát do měsíce jezdí na pobočku do Žďáru nad Sázavou, kde naloží připravený kontejner s barevnými kovy, vykoupenými v tamní pobočce. Cesta tam i zpět mu trvá přibližně 45 minut. Naložení a vyložení kontejneru trvá 10 - 15 minut. Poté, co se kontejner vyloží v sídle firmy v Lukách, pár dní trvá, než se obsah kontejneru přebere a vyprázdní, a poté ho hlavní řidič musí odvést zpět na pobočku ve Žďáru.

Jednou za 6 týdnů se v sídle firmy nasbírá dostatek materiálu na naplnění kamionu. Hlavní řidič poté odveze nashromážděný materiál prodat do Brna větší firmě, která se zabývá zpracováním kovového odpadu. Náklad materiálu na firmě trvá přibližně 1 hodinu. Cesta po dálnici trvá za příznivých podmínek 2 hodiny. Následně hodinu trvá výklad materiálu v Brně. Poté se vrací na firmu do Luk, přičemž cesta zpět trvá o čtvrtinu méně času kvůli snížené hmotnosti.

Sekundární řidič jezdí s autemobílem MAN.

Má 3 až 4 zakázky týdně. Jedna zakázka obvykle zabere celý den. V rámci zakázky mu trvá přibližně hodinu cesta na místo, kde následně přibližně 5 hodin zpracovává a nakládá materiál. Poté se vrací zpět na firmu.

Řidič dodávky značky IVECO.

Většinu času tráví na firmě kde třídí barevné kovy. Měsíčně se mu ale nashromáždí několik zakázek. Jednou za týden má zakázku na krácení železa plamenem na Vysočině. Přičemž cesta na místo mu průměrně trvá 45 minut. Následně zhruba 6 hodin krátí železo. Poté se vrací na firmu s železem. Jednou za 2 týdny jede na náhodný výjezd - např. výklid starého sklepa, odvoz starého kotle a tak dále. Jednou za 6 týdnů také jezdí do kováren do Opatova naložit hliníkové hobliny. Cesta tam mu trvá přibližně 30 minut, nakládání do vozidla také 30 minut a cesta zpět mu trvá kolem 36 minut protože má plnou dodávku. Dvakrát do měsíce také jezdí vyzvedávat papír do obchodu v Lukách a Brtnici. Cesta po Lukách trvá 10 minut. Cesta do Brtnice 30 minut. Náklad papíru 10 minut.

Řidič VOLVA a řidič dodávky jsou také vášnivými milovníky kávy a velmi často při svých cestách dělají zastávku na kávu.

Dodávka IVECO je již starší vozidlo a porouchává se zhruba každé 3 měsíce, přičemž minimálně 2 dny trvá jeho oprava. MAN a VOLVO jsou poměrně nová vozidla, ale i přesto se jednou do roka porouchají. Jejich oprava trvá déle, obvykle 3 až 4 dny.

## 2.1 Použité postupy

Implementační jazyk byl zvolen C++ a simulační knihovna simlib, jelikož to naše zadání systému hromadné obsluhy ([2] č. 139) vyžadovalo.

## 2.2 Použité technologie

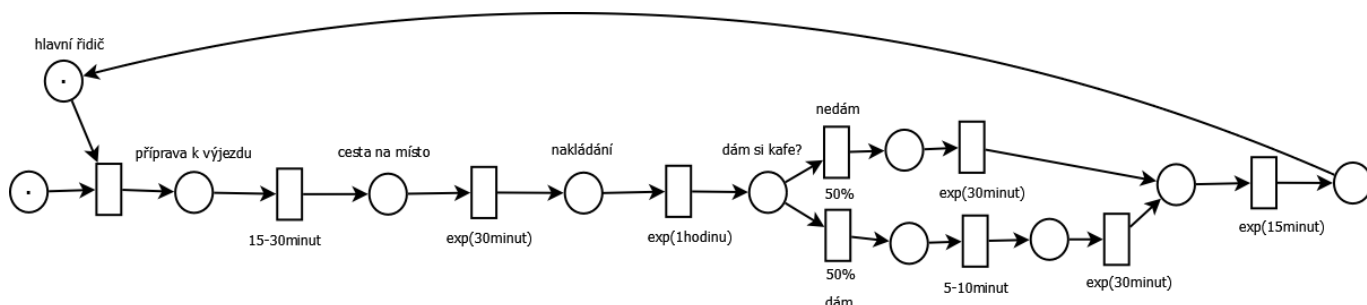
- C++
- G++
- SIMLIB

## 3 Koncepce modelu

V naší práci modelujeme pracovní dny jednotlivých řidičů na základě faktů ze sekce č. 2 rozbor tématu. Každý den má 24 hodin a zaměstnanci pracují minimálně 7 hodin denně s možnými přesčasy, víkendy zanedbáváme. Zanedbáváme také počet ujetých kilometrů a soustředíme se pouze na časovou doménu. Zanedbáváme také nutnost doplňovat pohonné hmoty do automobilů.

Časy na cestách, doby nakládání a počty zakázek za časovou jednotku, které byly přibližné, jsme se rozhodli modelovat s exponenciálním časovým rozložením([2] č. 91) kvůli jejich nepravidelnosti.

### 3.1 Popis konceptuálního modelu



Obrázek 1: Zjednodušený model Petriho sítí řidiče VOLVA

Na obrázku číslo 1 je zjednodušená Petriho síť pro jednu jízdu hlavního řidiče. Po příchodu hlavního řidiče na pracoviště se nejdříve připraví na výjezd. Což mu zabere rovnoměrně 15 až 30 minut. Poté vyrazí na cestu která mu zabere 30 minut exponenciálně rozloženého času. Po příjezdu na místo 60 minut exponenciálně nakládá náklad. Při zpáteční cestě se na 50 % zastaví na kávu což mu zabere 5 až 10 minut rovnoměrně. Poté co přijede zpátky na základnu musí vyložit náklad což mu zabere 15 minut exponenciálně.

## 4 Architektura simulačního modelu

Implementace našeho modelu je prosté přepsání Petriho sítí do simulačního modelu.

### 4.1 Mapování abstraktního modelu do simulačního

Všichni řidiči jsou implementováni jako obslužné linky([2] č. 139), které si jednotlivé procesy([2] č. 124) zabírají. Při spuštění simulace se aktivuje nová událost - event([2] č. 172 ), která má na starost příchod zaměstnanců každé ráno do práce.

Ta nejdříve aktivuje procesy které zaměstnance poslali domů z práce a následně jim spustí časovače na 7 hodin po kterých z práce odcházejí.

Dále jednotlivé zakázky na náklad materiálu jsou implementovány jako procesy, které jsou generovány událostmi. Pro hlavního řidiče události generují následující procesy

- Exponenciálně každých 8 hodin jedna zakázka po Vysočině
- Exponenciálně každé 2 týdny cesta do Žďáru nad Sázavou.
- Exponenciálně každých 6 týdnů jízda do Brna.

Zbývající řidiči jsou implementováni obdobným způsobem.

## 5 Simulační experimenty a jejich průběh

Cílem experimentování je ověřit, zda přeprava materiálu probíhá efektivně a případně vhodným experimentováním navrhnout možné změny, aby došlo z časového a finančního hlediska ke zefektivnění přepravy.

### 5.1 Postup při experimentování

Při experimentování byly měřeny doby jednotlivých činností. Doby cestování na cestách, doby nakládání, časy strávený přípravou. Doba běhu systému byla nastavena na 5 let, data byla poté zprůměrována na jeden rok pro věrohodnější výsledky.

### 5.2 Dokumentace jednotlivých výsledků

#### 5.2.1 Experiment 1 měření času stráveného na cestou do Brna

Tento experiment sloužil pro otestování validity našeho modelu a zjistili jsme roční počet hodin strávených řidičem VOLVA na cestách do Brna.

Typ řidiče	Hodiny ročně
Řidič VOLVA	65

Tabulka 1: Průměrný roční čas strávený řidičem VOLVA jízdou do Brna

#### 5.2.2 Experiment 1 měření času stráveného na kávě

Při experimentování jsme zjistili roční počet hodin strávených řidiči při zastávce na kávu.

Typ řidiče	Hodiny ročně
Řidič dodávky	13
Řidič VOLVA	64

Tabulka 2: Průměrný roční čas strávený řidiči přestávkami na kávu

#### 5.2.3 Experiment 2 měření času stráveného odvážením kontejneru do Žďáru nad Sázavou

Při experimentování jsme zjistili roční počet hodin strávených řidičem nákladního automobilu značky VOLVO odvážením kontejneru do Žďáru nad Sázavou.

Typ řidiče	Hodiny ročně
Řidič VOLVA	70

Tabulka 3: Průměrný roční čas strávený řidičem VOLVA odvážením kontejneru

### **5.3 Závěry experimentů**

#### **5.3.1 Závěr experimentu 1**

Tento výsledek jsme konzultovali se zaměstnancem firmy, který nám potvrdil, že odpovídá realitě. A náš model může být validní.

#### **5.3.2 Závěr experimentu 2**

V experimentu č. 2 jsme zjistili že řidič VOLVA stráví 64 hodin času přestávkami na kávě. Přepočteno na cenu co firma vydává za řidiče VOLVA při možné mzdě 230 Kč/h tyto zastávky činí 15 000 Kč ročně. Řidič dodávky stráví průměrně 13 hodin času přestávkami ročně při možné mzdě 230 Kč / h firma vydává 3000 Kč za přestávky na kávu řidiče dodávky. Jako řešení této situace je možnost přikoupit na firmu automat na kávu aby došlo aspoň k 50 % snížení s přestávkami na kávu při cestování.

#### **5.3.3 Závěr experimentu 3**

V experimentu č.3 jsme došli k závěru že roční čas strávený převážením kontejneru zpět do Žďáru nad Sázavou bylo stráveno 70 hodin ročně. Přepočteno na cenu co firma vydává za zaměstnance při možném platu 230 Kč/h toto činí 16000 Kč ročně. Při aktuálních cenách nafty 38 Kč a průměrné spotřebě vozidla 25 litrů nafty na 100 km firma vydává 30 000 Kč za naftu ročně.

Celkové výdaje za odvážení kontejneru nazpět na pobočku jsou průměrně 46 000 Kč ročně. Jako řešení navrhu- jeme dokoupit druhý kontejner do pobočky ve Žďáře nad Sázavou, který by celkovou nutnost vracet kontejner na druhou pobočku eliminoval a ušetřil by zmíněnou částku.

## **6 Závěr simulačních experimentů a shrnutí**

Výsledkem projektu je validní model který reprezentuje reálnou strukturu procesů ve firmě BUWOL METAL s.r.o. Modelem je možné měřit časy strávené řidiči při různých činnostech.

Na základě experimentování s modelem jsme dokázali dojít k několika změnám, které mohou vést ke zefek- tivnější přepravě materiálů z hlediska ekonomiky firmy.



## Reference

- [1] Firma BUWOL METAL <http://www.buwolmetal.cz/www/>
- [2] Peringer Petr a Hrubý Martin, Modelování a simulace [online], 14. září 2023. Dostupné na:  
<https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>
- [3] Peringer Petr, Stránky simlibu [online]. Dostupné na: <https://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>