

Periodický internetový časopis v oboru logistiky

# ACTA LOGISTICA MORAVICA

ROČNÍK 10, ČÍSLO 2, 2020, ISBN 1804-8315



Vysoká škola  
logistiky  
o.p.s.

Title	Acta Logistica Moravica
Edition (year)	10 <sup>th</sup> edition
Volume	2 <sup>nd</sup> of the year 2020
Scope of volume	Papers from conference Advanced Methods in Logistics
Publisher	College of Logistics, Přerov, Czech Republic
ISSN	1804-8315
Supervisor	doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym
Editor in Chief	doc. Ing. Pavel Šaradín, CSc.
Editor	Mgr. Irena Kalupová

## Acta Logistica Moravica

Issue 2020/2, Year 10, Volume 2

ISSN 1804-8315

Acta Logistica Moravica is a periodical Internet magazine of the College of Logistics in Přerov. The magazine is platform for publishing original scientific and professional papers in the field of logistics and supply systems with a focus on applications in the areas of logistics in transport, logistics in service, logistics in tourism, logistics in air transport and informatics for logistics. Acta Logistica Moravica also monitors important events in the world of logistics. It brings information and news from logistics institutions and businesses, reports on the results of tasks, book reviews, reports on conferences, anniversaries, etc. In the magazine, it is possible to publish advertisements concerning the content of VŠLG activities. ALM closely cooperates with Logistics Monitor.

The ALM magazine is published twice a year. The deadlines for numbers are on 15. 2. and 15. 9. Contributions are accepted in Czech, Slovak and English. All submissions are subject to peer review.

This scientific issue is dedicated to conference Advanced Methods in Logistics. Its 5<sup>th</sup> year was held at College of Logistics. All scientific papers were peer reviewed (by local and abroad reviewers).

Supervisor for Acta Logistica Moravica  
assoc. prof. Oldřich Kodym

*aktuální číslo elektronického časopisu Acta Logistica  
Moravica obsahuje příspěvky přednesené na konferenci  
Pokrokové metody v logistice*

**5. ročník konference Pokrokové metody v logistice se konal  
pod záštitou rektora VŠLG dne 14. 10. 2020 formou on-line  
prezentací jednotlivých příspěvků namísto osobního  
setkání účastníků konference v plánovaných prostorách  
Vysoké školy logistiky o.p.s. v Přerově**



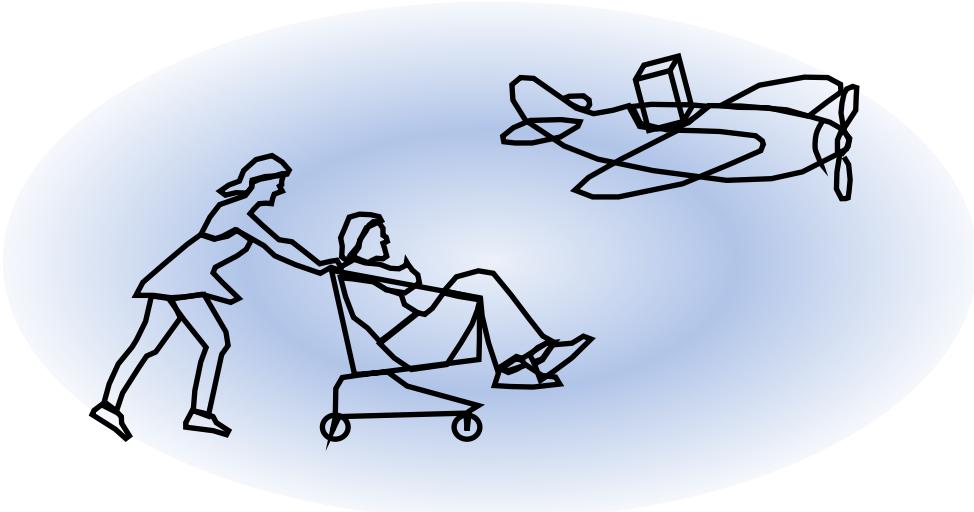
## College of Logistics in Přerov

The event is organized under the auspices of His Magnificence  
Rector of the College of Logistics  
**Professor Václav Cempírek**

# 5<sup>th</sup> Annual Conference **Advanced Methods in Logistics**

**Development and use of new methods in logistics**

Priority is given to contributions/papers from doctoral students  
related to logistics



College of Logistics in Přerov

**Wednesday October 14<sup>th</sup>, 2020**

Opening at 10 am ~~in lecture hall no.~~ 104. Regarding the current pandemic situation,  
the conference will be held only electronically.

Contributions/papers are accepted until October 2<sup>nd</sup>, 2020  
The full text of the 8-page paper must be submitted by October 7<sup>th</sup>, 2020  
Correspondence Address: konferencePML@vslg.cz

## **Thematically, the conference focuses on the issue of logistics in the context of Industry 4.0:**

### **Modeling issues**

- Modeling of risk exposure of projects in transport
- Modeling of the brand valuation process in transport and telecommunications
- Modeling of stochastic processes on transport networks
- Modeling the management of the integration of transport systems in the territory
- Modeling of distribution logistics
- Modeling the performance development of transport equipment
- Design of material flow optimization model
- Creation of a waste logistics model in urban agglomerations

### **Management issues**

- Supply chain management in the metropolitan area
- Synergies of air and high-speed rail transport development
- Optimization of electronic communication flows in the logistics chain
- Management and performance evaluation of logistics processes in practice
- Logistics applications to increase business flexibility
- Evaluation of the logistics performance of the company in the field of services
- Design of methodology for the analysis of logistics systems
- Analysis of pipeline transport of material

**Other modern methods** related to logistics. We also welcome contributions dealing with the solution of the impacts of the pandemic situation on logistics processes.

Accepted papers will be reviewed and published in the journal

### **Acta Logistica Moravica**

Instructions for editing the manuscript are available at <http://www.actalogisticamoravica.cz>.

Speech at the conference is conditional on the delivery of a written paper. The entry fee for the conference is CZK 400 (€ 16), which is to be paid no later than on the day of the conference.

## **Conference program - submitted papers**

---

The chairman of the conference - associate professor Oldřich Kodym



### **Assessment of Urban Public Transport in Northern Great Poland**

Hodnocení městské hromadné dopravy v severním Velkopolsku

dr inž. Piotr Gorzelanczyk

Ing. Ladislav Illés

Ing. Martin Jurkovič, PhD.

Ing. Tomáš Kalina, PhD.

### **Research of the Impact of Quality on Demand for Suburban Bus Transport**

Zkoumání vlivu kvality na poptávku po příměstské autobusové dopravě

doc. Ing. Vladimír Konečný, PhD.

Ing. Mária Brídziková

Ing. Róbert Berežný

### **Impact of Factors on Demand for Suburban Bus Transport**

Vliv faktorů na poptávku po příměstské autobusové dopravě

doc. Ing. Vladimír Konečný, PhD.

Ing. Mária Brídziková

### **Optimization of the Transport Chain in the Company MJM Litovel**

Optimalizace dopravního řetězce v podniku MJM Litovel

Ing. Michal Turek, Ph.D.

Ing. Romana Mazánková

### **Blockchain Technology in the Field of Logistics**

Technologie Blockchain v oblasti logistiky

Ing. Lukáš Kubáč

doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym

### **Analytical view of Industry 4.0**

Analytický pohled na Industry 4.0

Ing. Patrik Richnák, Ph.D.

Ing. Filip Fančovič

The Advanced Methods in Logistics (AML, Pokrokové metody v logistice, PML) Conference was established in 2016. The first conference was organized in cooperation with the Faculty of Transportation Services Czech Technical University in Prague. The first chairman of the conference was Professor Vladimír Strakoš.

Every year, the conference brings about ten important and interesting topics from the field of logistics. AML conference is an annual platform to share new points of view on logistics and to meet students, teachers, scientists, and experts in the field of logistics. The above mentioned Professor Vladimír Strakoš is still the honorary chairman of the Conference.

This year's conference was a bit unique. The pandemic situation and government restrictions did not allow us to hold the conference as usual, but we've found the on-line platform to allow all accepted papers to be presented.

## **CONTENT**

	page
<b>Gorzelanczyk, P. – Illés, L. – Jurkovič, M. – Kalina, T.:</b>	
Hodnotenie mestskej hromadnej dopravy v severnom Veľkopoľsku	1
<b>Konečný, V. – Bríndzíková, M.:</b>	
Vplyv faktorov na dopyt po prímestskej autobusovej doprave	13
<b>Konečný, V. – Bríndzíková, M. – Berežný, R.:</b>	
Skúmanie vplyvu kvality na dopyt po prímestskej autobusovej doprave	21
<b>Kubáč, L. – Kodym, O.:</b>	
Blockchain technologie v oblasti logistiky	28
<b>Richnák, P. – Fančovič, F.:</b>	
Analytický pohľad na Industry 4.0	37
<b>Turk, M. – Mazánková, R.:</b>	
Optimalizace dopravního řetězce v podniku MJM Litovel	45

# **ASSESSMENT OF URBAN PUBLIC TRANSPORT IN NORTHERN GREAT POLAND**

## **HODNOTENIE MESTSKEJ HROMADNEJ DOPRAVY V SEVERNOM VEĽKOPOLSKU**

**dr inž. Piotr Gorzelanczyk**

Cathedral of Transport  
Stanislaw Staszic University of Applied Sciences in Pila, Poland  
pgorzelanczyk@puss.pila.pl

**Ing. Ladislav Illés**

Department of Water Transport  
University of Žilina  
ladislav.illes@multi.engineering

**Ing. Martin Jurkovič, PhD.**

Department of Water Transport  
University of Žilina  
martin.jurkovic@fpedas.uniza.sk

**Ing. Tomáš Kalina, PhD.**

Department of Water Transport  
University of Žilina  
tomas.kalina@fpedas.uniza.sk

### **Abstract**

Urban transport has always been very popular due to the independence in traveling from other people, high frequency of travel, convenience and low cost of travel. Until recently almost everybody used it, and almost no one would get to work or school without it. However, in the recent years, one may notice a smaller number of people using public transport. Transport is a very important element in every city. The purpose of the article is to assess the quality of urban mass transport services and propose directions for its development. The tests carried out are supposed to reflect the real condition of the rolling stock and the noise level occurring in it, which is an extremely important factor influencing the comfort of the passengers.

### **Abstrakt**

Mestská hromadná doprava bola vždy veľmi oblúbená. Medzi jej hlavné prednosti možno zaradiť nezávislosť pri cestovaní od iných ľudí, vysokú frekvenciu cestovania, pohodlie a nízke cestovné náklady. Donedávna mestskú hromadnú dopravu používali takmer všetci a takmer nikto by sa bez nej nedostal nezaobišiel pri dochádzaní za prácou či do školy. V posledných rokoch si však možno všimnúť klesajúci trend využitia mestskej hromadnej dopravy. Mestská hromadná doprava je však stále veľmi dôležitým prvkom v každom meste. Hlavným cieľom článku je zhodnotenie kvality poskytovaných služieb mestskej hromadnej dopravy vo vybranom regióne a návrh jej ďalšieho rozvoja. Jedným z hlavných atribútov, ktorý vplýva na kvalitu prepravy je aj hľuk, ktorého parametre boli v jednotlivých dopravných prostriedkoch porovnané a vyhodnotené. V závere je vykonaný prieskum spokojnosti ľudí s poskytovanými službami mestskej hromadnej dopravy.

## **Key words**

City transport, Wielkopolska, public transport, Pila

## **Kľúčové slova**

Mestská verejná doprava, Veľkopoľsko, MHD, Pila

## **INTRODUCTION**

Urban transport has always been very popular due to: independence from other people, high frequency of travel, convenient and above all low cost of travel. Collective transport is treated as a matter of course, until recently almost everyone has used it, and almost everyone without it would not get to work, school or other destination. However, in the last years, there is a smaller number of people using public transport. Transport is a very important element in every city. It is also noted that it is one of the safest types of transport occurring in the city. It satisfies human needs and allows you to move from point A to point B people and / or loads. Collective transport brings with it a lot of benefits, which makes it an interesting subject, and for this purpose many tests and experiments are carried out to show all its advantages and disadvantages. A person who uses it occasionally may be fully satisfied and have no comments, while a regular passenger often looks through a different prism. It evaluates its comfort and quality during everyday trips [1-3].

The purpose of this article is to assess the quality of urban mass transport services and propose directions for its development. The tests that will be carried out are intended to reflect the real condition of the rolling stock and the noise level occurring in it, which is an extremely important factor creating the comfort of passengers. Delays occurring during each journey will also be tested as well as a fill factor that will allow to realistically determine the number of passengers using public transport. Each carrier must ensure that the level of transport services is at the highest level and meets the expectations of passengers, because they are the main determinant of the quality of transport services. The rolling stock has to be adapted for both children, adults, disabled people and the elderly [4,5]. The timetables, ticket machines, interactive boards informing about lateness are a great facilitation. Disadvantages of urban transport include: emissions, noise, vibration, air pollution, congestion, although these problems are undoubtedly multiplied by the movement of passengers with respectable cars. Nevertheless, the question arises as to what to do to minimize and eliminate possible problems. Take a look at m.in. whether the rolling stock is exchanged for a newer one [6,7].

Technique is constantly developing, and in the case of transport causes, among others production of increasingly ecological engines. Among other things, in order to reduce exhaust emissions in the engine, the exhaust gas recirculation system must be used, and in the exhaust system a particle filter must be used. An important factor affecting ecology is the used urea solution - AdBlue, which significantly reduces the emission of nitrogen oxides. The condition is one - the means of transport must meet at least the EURO 5 combustion standard. It is worth noting that more and more transport companies are replacing rolling stock with a newer one often with hybrid drive to protect the environment. The rolling stock must be efficient, effective, punctual, comfortable, ecological and most importantly – cheap [8-10].

The conducted research and a survey among Pila residents will allow the assessment of the quality of services provided by the Pila carriers, ie: MTC, CTC, NOVABUS. Then the offer of

these carriers will be compared with the domestic carrier, which is PNR. This assessment can be based on the frequency of operation, replacement of parts and the use of modern technologies allowing the development of transport. Each person planning a trip must choose the means of transport that will get to the destination. It is based on individual needs and is guided by the quality and services offered by the representatives of means of transport. The choice of means of transport is made through the prism of communication features such as: frequency of courses, directness of connections, expense, the availability, information, punctuality, travel time, rhythmicity, comfort [11-13].

## 1 TESTING OF PUBLIC TRANSPORT

The research on means of collective transport in Pila was carried out from November 2017 to January 2018. The means of transport of the following carriers were used for measurements:

- MTC Pila.
- CTC Pila.
- NOVABUS.
- PNR.

In the first three cases, measurements were made for each communication line. The main purpose was to determine the time of arrival of the means of transport at the bus stop and compare it with the scheduled timetable and the number of passengers was measured, which allowed to determine the degree of vehicle filling. In the case of PNR, delays of trains were examined and compared with other carriers.

Then the average percentage of transport means filled was examined. For this purpose, the number of standing and sitting places in the analyzed means of transport was determined and then the number of people getting on and off was recorded at each stop. On this basis, the percentage of bus filling at each stop was determined. In the final part of the study the average percentage of filling buses on a given route was determined [14].

The noise level was also tested using the AS-200 meter, which is designed to measure the sounds produced by motor vehicles at a standstill and in traffic (Fig. 1).

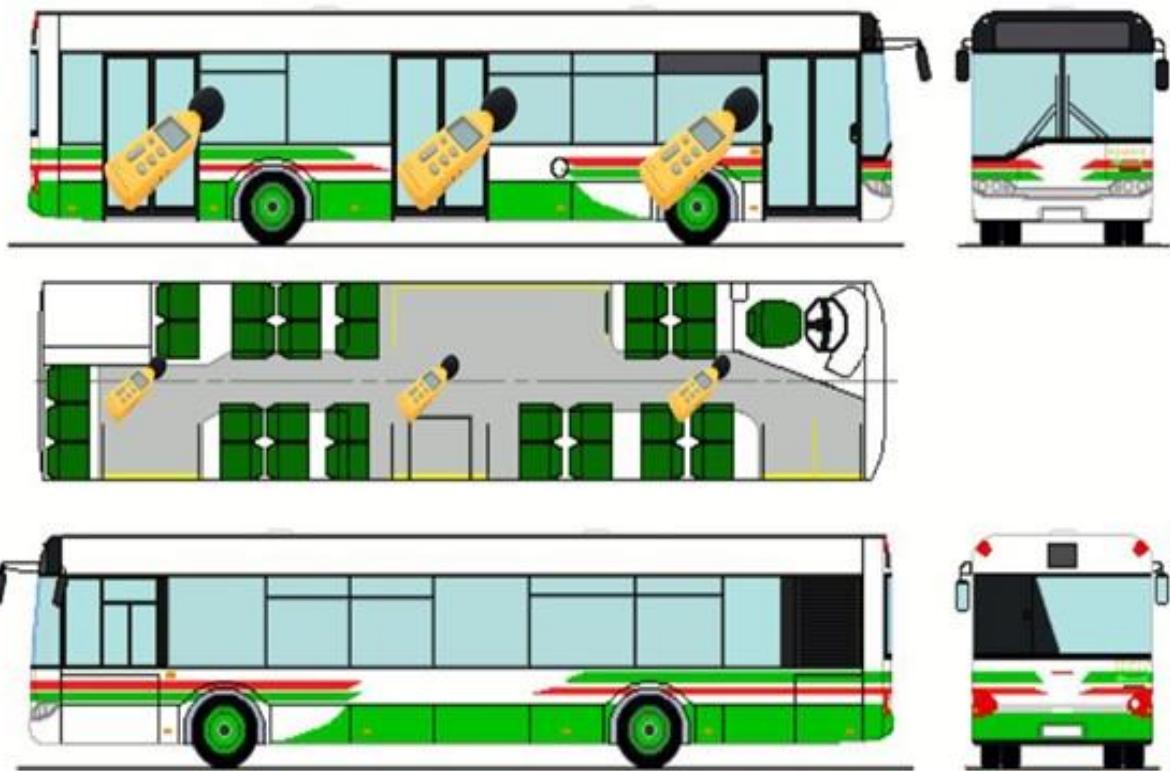


**Fig. 1** AS-200 sound meter  
Source: authors

The meter is designed not only to measure the level of sounds produced by motor vehicles, but also to assess the volume of audio signals. A microphone stand and measuring cables allow you to take measurements by one person. Noise measurement was carried out in accordance with applicable regulations, and the measurement set is certified by the Motor Transport Institute [15]. The noise in the vehicles was tested in the vehicle axis, in three vehicle locations (Fig. 2):

- at the front, behind the driver's cab
- in a place located about the center of the vehicle,
- from the rear (last seating of the vehicle).

After three main measurements, the arithmetic mean was drawn. The dominating factor, which increased the noise level in the bus at the front and in the middle were the boarding / disembarking passengers, and in addition the sound of the engine located there was heard. In the drawing below, the places where the measurements were made were marked.



**Fig. 2** Places for noise measurement

Source: [7]

The Tab. 1 presents the results of tests carried out in MTC transport means containing such information as: measurement day, communication line, bus brand and model, number of seats, planned departure, percentage of filling, bus punctuality and average noise level.

**Tab. 1** Results of research carried out at MTC

Measurement day	Hour	Line number	Vehicle	The number of seats	Average percentage of filling	Average bus delay [min]	Average noise level [dB]
02.11.2017	12:31	1	NEOPLAN N4016	65	19,80%	0,63	78,3
07.11.2017	15:19	1	NEOPLAN N4016	65	27,50%	0,70	78,7
10.11.2017	11:37	3	NEOPLAN N4016	65	12,00%	0,78	77,1
10.11.2017	15:41	3	SOLARIS URBINO10	91	16,10%	0,61	70,6
13.11.2017	08:16	5	SOLARIS URBINO12	105	7,40%	0,17	66,9
13.11.2017	14:12	5	SOLARIS URBINO12	105	10,90%	0,50	72
15.11.2017	08:00	15	SOLARIS URBINO12	105	2,00%	0,17	67,3
15.11.2017	14:10	15	SOLARIS URBINO10	91	6,50%	0,50	76
02.01.2018	15:20	5	SOLARIS URBINO10	91	12,95%	0,14	72,3
03.01.2018	15:20	5	SOLARIS URBINO10	91	20,33%	0,21	72,7
04.01.2018	15:20	5	SOLARIS URBINO10	91	7,53%	0,00	72,7
05.01.2018	15:20	5	SOLARIS URBINO10	91	17,09%	0,36	70
08.01.2018	15:20	5	SOLARIS URBINO10	91	15,39%	0,43	68,1
<b>Arithmetic average:</b>					<b>13,50%</b>	<b>0,40</b>	<b>72,5 dB</b>

Source: authors

Analyzing the results of the conducted research at the Municipal Communication Plant in Pila, it can be seen that the duty ratio of vehicles was definitely higher in the afternoon when passengers return from work or school. Delays that were recorded did not affect the whole course, and they resulted only from congestion in the city or traffic lights that slowed traffic. In addition, information on possible short delays is given on the timetable. The noise level tested did not prevent passengers from traveling, mainly due to conversations conducted by passengers and was on average 73dB. According to the PN-90 / S-04052 standard, public transport buses may not exceed 85 [dB (A)] and the standard has not been exceeded in any of the examined cases.

Another of the surveyed companies is CTC Pila. The table below presents information such as: measurement day, communication line, bus brand and model, number of seats, planned departure, percentage of filling, bus punctuality and average noise level. As in MTC, the noise level was examined in three places (in front, in the middle and at the back of the bus).

**Tab. 2** Results of tests carried out at CTC

Measurement day	Hour	Line number	Vehicle	The number of seats	Average percentage of filling	Average bus delay [min]	Average noise level [dB]
07.11.2017	16:45	Pila - Zlotow	DAB 7-1024	86	21,50%	0,88	84,6
08.11.2017	09:00	Zlotow - Pila	DAB 7-1024	86	21,40%	0,85	86,1
16.11.2017	09:10	Pila – Walcz	DAB 9-948 L	64	13%	0,25	86,6
23.11.2017	18:15	Walcz - Pila	DAB 9-948 L	64	2,60%	0,25	87,7
22.11.2017	10:10	Wyrzysk - Pila	DAB 9-948 L	64	24,30%	0,39	83,4
22.11.2017	16:15	Pila - Wyrzysk	DAB 9-948 L	64	41,40%	0,53	88,4
02.01.2018	16:25	Pila – Walcz	JELCZ L-100	60	16,57%	2,00	80,7
03.01.2018	16:25	Pila – Walcz	JELCZ L-100	60	30,89%	5,63	80,1
04.01.2018	16:25	Pila – Walcz	JELCZ L-100	60	31,33%	0,56	78,9
05.01.2018	16:25	Pila – Walcz	JELCZ L-100	60	28,86%	4,75	78,9
08.01.2018	16:25	Pila – Walcz	JELCZ L-100	60	19,66%	1,88	78,4
<b>Arithmetic average:</b>					<b>22,86%</b>	<b>1,63</b>	<b>83,1 dB</b>

Source: authors

Analyzing the above data, it can be concluded that the percentage of bus filling is low and amounts to only 23%. Despite the vehicle's maximum speed of 60km / h, delays occurred due to the rotation of passengers, and at the entrance to the city, traffic lights and congestion were contributing to this. The noise level did not exceed 84dB, did not hinder passengers and did not interfere with communication. At the beginning of the race, the result was slightly higher, but with each kilometer it was relatively smaller. Obtained results confirm the fact that older vehicles have a less-quiet passenger space. According to the PN-90 / S-04052 standard, public transport buses may not exceed 85 [dB (A)]. In this case, the norm is exceeded.

The next of these carriers is NOVABUS. Similarly to previous carriers, the following table presents information such as: measurement day, communication line, bus brand and model, number of seats, planned departure, percentage of filling, bus punctuality and average noise level.

**Tab. 3** Results of tests carried out in NOVABUS

Measurement day	Hour	Line number	Vehicle	The number of seats	Average percentage of filling	Average bus delay [min]	Average noise level [dB]
09.11.2017	07:00	Bialosliwie - Pila	MERCEDES-BENZ 614 D	31	49,60%	0,68	83,8
13.11.2017	15:35	Pila-Bialosliwie	MERCEDES-BENZ 614 D	31	37,60%	0,26	98,3
13.11.2017	14:45	Pila-Kaczory	MERCEDES BENZ-MEDIO	29	52,50%	0,50	83,4
13.11.2017	06:50	Kaczory - Pila	MERCEDES BENZ-VARIO	33	30,30%	0,50	82,6
03.01.2018	14:40	Pila - Kaczory	MERCEDES-BENZ 614 D	31	30,27%	0,21	76,6
04.01.2018	14:40	Pila – Kaczory	MERCEDES-BENZ 614 D	31	45,15%	0,50	76
05.01.2018	14:40	Pila – Kaczory	MERCEDES-BENZ 614 D	31	29,77%	0,00	75,6
08.01.2018	14:40	Pila – Kaczory	MERCEDES-BENZ 614 D	31	54,58%	1,14	73,5
09.01.2018	14:40	Pila – Kaczory	MERCEDES-BENZ 614 D	31	43,16%	0,29	75,8
<b>Arithmetic average:</b>					<b>41,44%</b>	<b>0,45</b>	<b>80,6 dB</b>

Source: authors

Analyzing the above data, it can be concluded that the percentage of bus filling is high for collective transport and amounts to 41%. Delays are insignificant and occurred due to the rotation of passengers, and at the entrance to the city, traffic lights and congestion have contributed to this. The noise level did not exceed 81dB, did not impede passenger traffic and did not interfere with communication. According to the PN-90 / S-04052 standard, public transport buses may not exceed 85 [dB (A)]. In this case, the norm is exceeded.

The next analyzed carrier is PNR. In this case, the train delay was examined and compared with the results of delays of other surveyed carriers.

As can be seen in the table above, the average train delay does not exceed 14 minutes. The above fact should be considered satisfactory. The greatest delay in trains resulted from the failure of other means of rail transport on the same route. The lowest train delays occur on the route from Pila to Bydgoszcz, the highest result that was obtained is 2 minutes and it should not significantly affect the travel time. It can be added that ultimately at the destination station, the trains arrived almost punctually, one-off delay results were obtained for approx. 1-2 minutes. An exception to the satisfactory result is the transport from Pila to Poznań on December 15, 2017, which arrived 15 minutes later. Summing up the results obtained during the measurements, it should be stated that trains reach the destination stations rather punctually, small delays on the route have no major impact on travel time. The main passengers of the trains were students, students and employees commuting to centers located up to 40 kilometers from Pila.

**Tab. 4** Results of tests carried out in PNR

Measure day	Time	Route	Average train delay [min]
11.12.2017	15:05	Pila – Bydgoszcz	0,88
12.12.2017	15:05	Pila – Bydgoszcz	0,81
14.12.2017	15:05	Pila – Bydgoszcz	1,94
15.12.2017	15:05	Pila – Bydgoszcz	1,88
16.12.2017	15:05	Pila – Bydgoszcz	0,19
11.12.2017	14:33	Pila – Kolobrzeg	6,18
12.12.2017	14:33	Pila – Kolobrzeg	0,27
14.12.2017	14:33	Pila – Kolobrzeg	0,41
15.12.2017	14:33	Pila – Kolobrzeg	1,86
16.12.2017	14:33	Pila – Kolobrzeg	5
11.12.2017	16:04	Pila – Poznań	2,95
12.12.2017	16:04	Pila – Poznań	4,37
14.12.2017	16:04	Pila – Poznań	1,37
15.12.2017	16:04	Pila – Poznań	13,68
16.12.2017	16:04	Pila – Poznań	0,16
<b>Arithmetic average:</b>			<b>2,80</b>

Source: authors

Measurements were carried out in unfavorable weather conditions, falling snow and temperature below 0 °C always brings with it the risk of additional breakdowns of means of transport, which lead to longer travel times. If people using the type of transport under study use other branches of public transport, there may be problems with their synchronization. Persons who also use public transport services due to possible delays must plan their journey to work, school and home, taking into account several variants of public transport. By relying only on the means of rail and road transport planned for a minute, there is a high risk that we will be late for the next transport, the more in the winter.

**Tab. 5** Summary of average measurement results

Carrier	Average percentage of filling	Average bus delay [min]	Average noise level [dB]
MTC	13,50%	0,40	72,5 dB
CTC	22,86%	1,63	83,1 dB
NOVABUS	41,44%	0,45	80,6 dB
PNR	-	2,80	-

Source: authors

Analyzing the data contained in the table above, it can be seen that the highest average noise level occurred in the CTC and NOVABUS carriers. Average noise levelin the means of

transport of these carriers it was similar and amounted to 83dB and 81dB respectively. Definitely lower noise level occurred in modern buses managed by MTC - 73dB. The results were also influenced by low speeds achieved by vehicles and good technical condition of roads in the city. The NOVABUS carrier achieved the highest average percentage of vehicle fill. The aforementioned carrier brings mainly pupils to schools in Piła. The company, by adapting its schedule to the schedule of classes, thus secured a large number of passengers every day. According to the PN-90 / S-04052 standard, public transport buses may not exceed 85 [dB (A)]. In the tested means of transport, the average noise result does not exceed the norm.

A filling level of 41% should be considered satisfactory. The result is also affected by smaller vehicles that can transport up to 31 passengers. The average percentage of filling in MTC and CTC vehicles is 14% and 23%, respectively. However, the average delays occurring in MTC buses and NOVABUS from Piła are below 1 minute. Carriers in their regulations reserve the right to possible small time differences, so they can be completely omitted. Vehicles of Przedsiębiorstwo Komunikacji Samochodowej and Pily were, on average, late at their destination by approximately 2 minutes. If we use different branches of means of transport, we must for our own safety assume the occurrence of possible time differences in the travel plan. However, the largest average delay occurred in PNR and was about 3 minutes. Such a high value was mainly due to the train from Piła to Poznań on 15/12/2017, which arrived 15 minutes late.

## 2 VERIFICATION OF THE RESULTS

In order to verify the obtained test results, a questionnaire was also carried out. It also examined the comfort and satisfaction of passengers with the quality of mass transport services. 50 people were interviewed; these were people using the services of carriers such as: MTC Piła, CTC Piła, PNR, NOVABUS. The questionnaire contained 15 questions, its results may provide guidance for decision-makers managing the collective transport organization. These were mainly questions with 'yes' or 'no' answers and the scale of answers. A small-scale pilot study was prepared for the prepared questionnaire to verify the correctness of the questionnaire preparation. After minor modifications, the questionnaire was forwarded directly to individual respondents, asking for a written answer. He was directed to respondents residing in the city of Piła and around this city. The method of testing incidental communities was used to select respondents.

The results obtained during the tests are presented in the Tab. 6.

**Tab. 6** Summary of the survey results

Questions:	Percentage share of respondents:
1. Sex:	
a) Woman	46%
b) Men	54%
2. Age	
a) 17-20	32%
b) 21-30	20%
c) 31-50	20%
d) 50+	8%
3. How often do you use public transport services:	
a) once a month	16%
b) once a week	34%
c) daily	50%
4. The services of which company most often use:	
a) MTC Pila	50%
b) CTC Pila	28%
c) PNR	12%
d) NOVABUS	10%
5. Do you think that the bus frequency is too low?	
a) yes	62%
b) no	38%
6. How would you rate the comfort of a bus / train ride?	
a) good	42%
b) medium	40%
c) wrong	8%
7. How would you rate the punctuality of buses / trains?	
a) they are punctual	36%
b) there are minimal delays	36%
c) there are long delays	28%
8. How do you assess the safety of bus / train driving?	
a) good	54%
b) medium	46%
c) wrong	0%
9. Are the buses well synchronized with each other?	
a) yes	42%
b) no	58%
10. How do you rate the cleanliness of buses / trains?	
a) good	62%
b) medium	34%
c) wrong	4%
11. How do you assess the noise level in a bus / train?	
a) it's too loud	20%
b) moderately loud	60%
c) it is very quiet	20%
12. Do you think tickets are too expensive?	
a) yes	30%
b) no	40%
c) I have no opinion	30%
13. Do you think that means of transport are sufficiently adapted for people with disabilities?	
a) yes	72%
b) no	28%
14. What amenities would you bring to the means of transport?	
a) Wi-Fi	22%
b) USB charger	18%
c) Dynamic Information System	32%
d) Stationary ticket machines	28%
15. How would you rate the organization of public transport in the city of Pila in comparison to other agglomerations?	
a) good	20%
b) medium	34%
c) wrong	46%

Source: authors

Based on the above table, it can be stated that 50 respondents participated in the study. 54% of them were men and 46% women. Most of the respondents were between 17 and 20 years old. The respondents used public transport almost every day and most often public transport in Piła. They found that the frequency of buses is too low, there is poor synchronization between buses, while they rated the ride comfort, punctuality, safety, cleanliness, facilities for the disabled and the ticket price of the analyzed means of transport well. In conclusion, the respondents proposed the introduction of dynamic passenger information system and stationary ticket machines in the analyzed city.

In the last question, the respondents had the opportunity to answer the organization of public transport in the city of Piła and compare it with other cities. The rating was unfavorable for Piła. This is information for the city authorities that the transport organization in the city should be changed.

## CONCLUSION

A total of 48 transport vehicles were tested, including 15 trains and 33 buses. On the basis of research, it can be concluded that collective transport in northern Wielkopolska is of a good standard, taking into account the noise level, delay and the opinions of its users. To improve the quality of public transport services, it is necessary to constantly monitor the level of passenger service, travel comfort and follow the news from the public transport industry, appearing at fairs and in other cities. The latest amenities present in the city of Pily are modern, ecological vehicles, including hybrid vehicles, and a city card. Both facilities were introduced by MTC. The main purpose of public transport organizers is to encourage as many passengers as possible to use their services. In order to increase the interest in public transport, a range of solutions can be proposed that will improve both the quality of transport and optimize their costs. These activities include: introduction of smaller buses, ticket machines at most stops, dynamic passenger information system (which is planning in the near future in Pila), as well as the introduction of a mobile application that facilitates travel planning and ticket purchase.

## REFERENCES

- [1] Car Transport Company, 2019. Available at: <http://www.pks.pila.pl>.
- [2] Gil A., Calado H., Bentz J., 2011, Public participation in municipal transport planning processes – the case of the sustainable mobility plan of Ponta Delgada, Azores, Portugal, Journal of Transport Geography, vol. 19, Issue 6, November 2011, pp. 1309-1319.
- [3] Gorzelańczyk P., Koczarowski A., 2018, Analiza kosztów utrzymania floty transportowej na przykładzie Miejskiego Zakładu Komunikacji, Autobusy. Technika, Eksplotacja, Systemy Transportowe.
- [4] Gorzelańczyk P., Koczarowski A., 2018, Optymalizacja kosztów utrzymania floty transportowej na przykładzie Miejskiego Zakładu Komunikacji, Autobusy. Technika, Eksplotacja, Systemy Transportowe.
- [5] Jelinek, J., 2014, Municipal Public Transport Line Modelling. Communications – Scientific Letters of the University of Zilina, 16(2), 4-8.

- [6] Gasparik, J., Zitricky, V., Abramovic, B., David, 2017. A. Role of CRM in supply chains using the process portal. Business logistics in modern management: proceedings. - ISSN 1849-5931. Osijek: Faculty of Economics in Osijek, 2017. - pp. 385-404.
- [7] Municipal Transport Company, 2019, Available at: <http://www.mzk.pila.pl>.
- [8] Novabus, 2019, Available on the Internet: <http://www.novabus.pl>.
- [9] Pina V., Torres L., 2001, Analysis of the efficiency of local government services delivery. An application to urban public transport, Transportation Research Part A: Policy and Practice, vol. 35, Issue 10, December 2001, pp. 929-944.
- [10] Pilski district, 2019, Available at: [www.powiat-pila.pl](http://www.powiat-pila.pl).
- [11] Law 2010, The Act of December 16, 2010 about public transport. Dz. U. of 2011 No. 5 item 13. Available at: <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20110050013/T/D20110013L.pdf>.
- [12] Tylicki H., Gorzelańczyk P., 2011, Problems occurring in road transport logistics and methods of solving them.
- [13] Vuchic V. R., 2009, Urban public transportation; systems and technology, Transportation Enginnering and Planning vol. 1.
- [14] Galierikova, A., Sosedova, J. 2015. Passenger traffic and freight handling in ports of European Union. Perner's Contacts, 10, 4, pp. 13-17. Available at: [http://pernerscontacts.upce.cz/41\\_2015/Galierikova.pdf](http://pernerscontacts.upce.cz/41_2015/Galierikova.pdf).
- [15] Sipa M., 2014, Public Public Transport on the market of transport services" Czestochowa University of Technology.

# **IMPACT OF FACTORS ON DEMAND FOR SUBURBAN BUS TRANSPORT**

## **VPLYV FAKTOROV NA DOPYT PO PRÍMESTSKEJ AUTOBUSOVEJ DOPRAVE**

**doc. Ing. Vladimír Konečný, PhD.**

Department of Road and Urban Transport  
University of Žilina  
e-mail: vladimir.konecny@fpedas.uniza.sk

**Ing. Mária Brídziková<sup>1</sup>**

Department of Road and Urban Transport  
University of Žilina  
e-mail: maria.bridzikova@fpedas.uniza.sk

### **Abstract**

The demand for transport services is determined by many factors, each of which has a different effect. Knowledge of the influence of factors is an important basis for the procurement of transport services. Also, knowing the influence of individual factors can help to improve the competitiveness and sustainability of the suburban bus transport system. In this paper, we deal with the identification of selected factors influencing the demand for suburban bus transport and the research of the influence on individual factors in the Žilina self-governing region in Slovakia. The most important factors of demand are fare, the quality of transport services, incomes of the population, supply of transport services, number and structure of inhabitants.

### **Abstrakt**

Dopyt po dopravných službách je determinovaný mnohými faktormi, z ktorých každý má na dopyt iný vplyv. Poznanie vplyvu faktorov je významným podkladom pre obstarávanie dopravnej obslužnosti. Taktiež poznanie vplyvu jednotlivých faktorov môže napomôcť k zlepšeniu konkurencieschopnosti a udržateľnosti systému prímestskej autobusovej doprave. V článku sa zaobráme identifikáciou vybraných faktorov vplývajúcich na dopyt po prímestskej autobusovej doprave a výskumom vplyvu jednotlivých faktorov v Žilinskom samosprávnom kraji. Medzi najvýznamnejšie faktory dopytu patrí cena cestovného, kvalita dopravných služieb, príjmy obyvateľstva, ponuka dopravných služieb, počet a štruktúra obyvateľov.

### **Key words**

Demand, transport service, factor, sustainability, bus transport

### **Klíčová slova**

Dopyt, dopravná obslužnosť, faktor, udržateľnosť, autobusová doprava

---

<sup>1</sup> Doktorandka, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Katedra cestnej a mestskej dopravy

## INTRODUCTION

Dopyt po dopravných službách je determinovaný mnohými faktormi, z ktorých každý má na dopyt iný vplyv [1]. Na dopyt po doprave vplýva celý rad faktorov, ktorých zmena môže objem realizovaných prepráv zvyšovať alebo na druhej strane znižovať. Taktiež cestujúci pri výbere druhu dopravy zvažujú niekoľko faktorov, ktoré ovplyvňujú ich výber. Správanie sa cestujúcich je determinované sociálnym prostredím, hospodárskou vyspelosťou krajiny resp. územím, dopravnou infraštruktúrou a zvyklosťami obyvateľov.

V článku sa zaoberáme identifikáciou faktorov vplývajúcich na dopyt po prímestskej autobusovej doprave a výskumom vplyvu jednotlivých faktorov. Zahraničné výskumy identifikujú ako najvýznamnejšie faktory dopytu kvalitu dopravných služieb, cenu cestovného, príjmy obyvateľov a samotný potenciál dopytu vo forme a počtu a štruktúry obyvateľov [2].

Autori ako Blacome a kol. (2004), Berson a kol. (2003), Francis (2002), Lythgoe a Wardman (2002) sú len niektorí, ktorí poukázali na kvalitu služieb ako na faktor s najsilnejším vplyvom na dopyt. Bresson a kol. (2003) dospeli k záveru, že kvalita služby je prinajmenšom rovnako dôležitá ako cestovné, ak nie viac.

Cena cestovného je jeden z ďalších faktorov, ktorý ovplyvňuje dopyt. Zmeny v cenách cestovného patria k najpriamejším a najsilnejším vplyvom na dopyt. Existuje niekoľko štúdií, ktoré sa zaoberajú skúmaním vplyvu zmien cien na dopyt [3]. Väčšina týchto štúdií sa zhoduje na tom, že zmeny cien cestovného majú relatívne značný vplyv na dopyt po verejnej osobnej doprave. Citlivosť pri zmene ceny cestovného je však vyššia v prípade zvýšenia cien cestovného ako pri ich poklese.

Najvýznamnejším demografickým ukazovateľom v súvislosti s dopytom po autobusovej doprave je počet obyvateľov a ich vývoj v danom území. Jedným z významných problémov, ktorým čelí väčšina krajín a očakáva sa jej zintenzívnenie v najbližších desaťročiach je starnutie obyvateľstva [4]. So zmenou vekovej štruktúry obyvateľstva dochádza tiež k zmene prepravných zvykostí obyvateľstva, čo má výrazný dopad na budúce fungovanie systému verejnej osobnej dopravy [5,6]. Zmena štruktúry obyvateľstva v zmysle starnúcej populácie má vplyv na potrebu bezbariérového prístupu v systémoch verejnej osobnej dopravy [7,8].

Vzhľadom na dostupnosť informácií, štatistických údajov realizujeme výskum dopytu po prímestskej autobusovej doprave v podmienkach Žilinského samosprávneho kraja.

## 1 METODIKA

Predmetom výskumu je identifikácia najvýznamnejších faktorov dopytu a ich vplyvu na dopyt po prímestskej autobusovej doprave. Výskum realizujeme v systéme prímestskej autobusovej doprave v Žilinskom samosprávnom kraji. Z dostupných údajov sme ako najvýznamnejšie faktory identifikovali ponuku prímestskej autobusovej dopravy, počet a štruktúru obyvateľov, cenu cestovné, príjmy obyvateľstva a kvalitu služieb.

Pre skúmanie faktorov dopytu, identifikácie ich vplyvu na dopyt jednotlivých skupín cestujúcich sú použité metódy korelačnej a regresnej analýzy, vybrané metódy teórie časových radov (priemerné tempo rastu).

## Priemerné tempo rastu

$$\bar{k}_t = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}} \quad (1)$$

kde  $n$  – počet členov časového radu,  
 $y_n$  – hodnota  $n$ -teho člena časového radu,  
 $y_1$  – hodnota 1. člena časového radu.

## Korelačná analýza

Korelačná analýza skúma tesnosť štatistickej závislosti medzi kvantitatívnymi premennými. Nástrojom korelačnej analýzy je tzv. koeficient korelácie (ozn.  $r$ ). Korelačný koeficient je mierou lineárnej závislosti dvoch premenných a môžeme ho vyjadriť pomocou nasledujúceho vzťahu (2):

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

## Viackriteriálna regresná analýza

Viackriteriálna regresná analýza umožňuje vyjadriť vplyv viacerých nezávislých premenných ( $X, P, Q, R, \dots$ ) na sledovaný ukazovateľ ( $Y$ ) súčasne. Vplyv nezávisle premenných na závisle premenných je stanovený hodnotami parametrov všeobecného viackriteriálneho regresného modelu, ktorý má všeobecný tvar:

$$y_i = b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + b_3 x_{3i} + \dots + b_k x_{ki} + e_i \quad (3)$$

a konkrétny model viackriteriálnej regresnej funkcie má tvar:

$$y_i = b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + b_3 x_{3i} + \dots + b_k x_{ki} \quad (4)$$

## 2 VÝSLEDKY A ICH INTERPRETÁCIA

Z dostupných údajov sme zistili, že dopyt po prímestskej autobusovej doprave za sledované obdobie klesá. Pokles dopytu je zaznamenaný najmä u cestujúcich, ktorí sa prepravujú za obyčajné cestovné ale taktiež tento trend sme zaevideovali aj u skupiny cestujúcich žiaci a študenti. Naopak v posledných rokoch nám narastá počet prepravených cestujúcich za iné cestovné. Do danej skupiny cestujúcich (iné cestovné) patria obyvatelia vo veku 65-69 rokov, 70 rokov a viac, držitelia preukazov ŤZP a ŤZP-S.

Priemerný medziročný koeficient vývoja počtu prepravených osôb v období rokov 2013 až 2018 vypočítaný podľa vzťahu (1) dosahuje v Žilinskom samosprávnom kraji hodnoty:

- pri dopyte osôb prepravných za žiacke (osobitné) cestovné hodnotu 0,941339, t.j. v priemere medziročne dopyt klesal o 5,9 %,
- pri dopyte osôb prepravených za obyčajné cestovné hodnotu 0,954110, t.j. v priemere medziročne dopyt klesol o 4,6 %,
- pri dopyte osôb prepravených za iné cestovné hodnotu 1,0195377, t.j. v priemere medziročne sa dopyt zvyšoval o 2,0 %,
- pri dopyte celkom hodnotu 0,957572, t.j. v priemere medziročne dopyt klesal o 4,2 %.

## **Korelačná analýza vybraných faktorov dopytu po prímestskej autobusovej doprave v Žilinskom kraji**

Použitím vzťahu (2) sme skúmali vzťah jednotlivých faktorov dopytu na dopyt po prímestskej autobusovej doprave (PAD).

### **Korelacia dopytu a príjmov obyvateľstva**

Vzťah medzi dopytom po prímestskej autobusovej doprave (počet prepravených cestujúcich v PAD) a príjmami obyvateľstva (priemerná mesačná nominálna mzda, priemerný mesačný starobný dôchodok) potvrdzujú aj vypočítané koeficienty korelácie:

- koeficient korelácie medzi počtom prepravených osôb za obyčajné cestovné a priemernou mesačnou nominálnou mzdou v Žilinskom samosprávnom kraji dosahuje hodnotu -0,9929, ide o silnú nepriamu štatistickú závislosť,
- koeficient korelácie medzi počtom prepravených osôb za iné cestovné a priemerným mesačným starobným dôchodkom v Žilinskom samosprávnom kraji dosiahol hodnotu 0,8863, ide o silnú priamu štatistickú závislosť.

Rast priemernej mesačnej nominálnej mzdy znižuje dopyt ekonomicky aktívnych obyvateľov po PAD. Obyvateľom sa stáva dostupnejší osobný automobil a tak v mnohých prípadoch individuálnou automobilovou dopravou substituujú služby verejnej osobnej dopravy, resp. prímestskej autobusovej dopravy.

Naopak pri dôchodkoch, rast starobných dôchodkov stimuluje ich dopyt po PAD, je to ovplyvnené aj skutočnosťou, že táto skupina cestujúcich sa prepravuje za iné cestovné, ktorého úroveň je niekoľkonásobne nižšia v porovnaní s plným cestovným v PAD.

### **Korelacia dopytu a počtu obyvateľov**

Koeficienty korelácie medzi počtami obyvateľov podľa ich veku a počtom vybraných skupín cestujúcich dosahujú rozdielne hodnoty, výsledky sú uvedené v tabuľke 1.

**Tab. 1 Hodnoty koeficientu korelácie medzi počtom obyvateľov a počtom prepravených osôb podľa vekových skupín**

Premenná počet obyvateľov podľa veku	Premenná počet prepravených cestujúcich podľa veku	Koeficient korelácie	Typ závislosti
0 – 15 rokov	0 – 15 rokov	0,5323	Stredný priamy vzťah
16 – 25 rokov	16 – 25 rokov	0,9858	Silný priamy vzťah
26 – 64 rokov	26 – 64 rokov	-0,9504	Silný nepriamy vzťah
70 rokov a viac	70 rokov a viac	0,8539	Silný priamy vzťah

Source: spracované autormi na základe vlastného výskumu, údajov ŠÚ SR a ŽSK

Všetky skupiny cestujúcich nemajú rovnaký potenciál substituovať služby autobusovej dopravy, použitím osobného automobilu. Najväčší potenciál na presun z autobusovej dopravy

na individuálnu automobilovú dopravu má obyvateľstvo v produktívnom veku, nasledujú dôchodcovia. Najmenší potenciál majú žiaci a študenti do 18 rokov (majú len možnosť prepravy ako spolucestujúci s dospelou osobou osobným automobilom). Obyvatelia v produktívnom veku môžu vlastniť vodičské oprávnenie na vedenie osobného motorového vozidla a použiť ho pre realizáciu svojich prepráv.

### **Viackriteriálna regresná analýza**

Pre návrh multikriteriálnej dopytovej regresnej funkcie bolo použité programové vybavenie MS Excel, konkrétnie nástroj „analýza údajov“ a jeho viackriteriálnu regresnú funkciu. Tento nástroj umožňuje na základe minulého vývoja sledovaného ukazovateľa (v našom prípade ide o počet prepravených cestujúcich) a faktorov, ktoré ho determinujú, vygenerovať funkciu, ktorej premennými sú determinujúce faktory. Vstupom sú teda štatistické súbory (časové rady) údajov za minulé obdobia.

Výstupom modelu je výstupná zostava obsahujúca koeficienty viackriteriálnej regresnej funkcie charakterizujúcej sledovaný jav. Pre navrhnutý model je stanovený aj koeficient determinácie, je posudzovaná aj štatistická vhodnosť navrhnutého viackriteriálneho modelu.

Na základe identifikácie faktorov dopytu a štatistických údajov za obdobie rokov 2013 až 2018 boli zostavené tri viackriteriálne regresné modely dopytu skupín cestujúcich.

### **Viackriteriálny regresný model pre dopyt za žiacke a študentské cestovné**

Regresné štatistiky modelu sú uvedené v tabuľke 2, model uvažuje s tromi nezávislými premennými, nezávislé premenné a vypočítané koeficienty nezávislých premenných sa nachádzajú v tabuľke 3.

**Tab. 2 Regresná štatistika pre viackriteriálny regresný model pre dopyt za žiacke a študentské cestovné**

Regression Statistics	
Multiple R	0,999931874
R Square	0,999863752
Adjusted R Square	0,666439587
Standard Error	171635,5361
Observations	6

Source: Autori

**Tab. 3 Premenné a koeficienty pre viackriteriálny regresný model pre dopyt za žiacke a študentské cestovné**

		<i>Coefficients</i>
Intercept		0
X Variable 1	Žiaci a študenti	479,3990607
X Variable 2	Ponuka spojov- km	-1,276152337
X Variable 3	Zľavnené cestovné – eur/oskm	-206440362,3

Source: spracované autormi na základe vlastného výskumu, údajov ŠÚ SR a ŽSK

Viackriteriálna regresná funkcia pre dopyt po PAD za žiacke a študentské cestovné v Žilinskom samosprávnom kraji má tvar:

$$Y = 479,3990607X_1 - 1,276152337X_2 - 206440362,3X_3$$

#### **Viackriteriálny regresný model pre dopyt za plné cestovné**

Regresné štatistiky modelu sú uvedené v tabuľke 4, model uvažuje so štyrmi nezávislými premennými, nezávislé premenné a vypočítané koeficienty nezávislých premenných sa nachádzajú v tabuľke 5.

**Tab. 4 Regresná štatistika pre viackriteriálny regresný model pre dopyt za plné cestovné**

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,99998525
R Square	0,999970499
Adjusted R Square	0,499926248
Standard Error	122467,2479
Observations	6

Source: Autori

**Tab. 5 Premenné a koeficienty pre viackriteriálny regresný model pre dopyt za plné cestovné**

		<i>Coefficients</i>
Intercept		0
X Variable 1	Ekonomicky aktívne obyvateľstvo	36,47407986
X Variable 2	Ponuka spojov- km	0,883197002
X Variable 3	Plné cestovné – eur/oskm	-214485150
X Variable 4	Priemerná mesačná mzda – eur/mesiac	-11462,44122

Source: spracované autormi na základe vlastného výskumu, údajov ŠÚ SR a ŽSK

Viackriteriálna regresná funkcia pre dopyt po PAD za plné cestovné v Žilinskom samosprávnom kraji má tvar:

$$Y = 36,47407986X_1 + 0,883197002X_2 - 214485150X_3 - 11462,44122X_4$$

### **Viackriteriálny regresný model pre dopyt za iné cestovné**

Regresné štatistiky modelu sú uvedené v tabuľke 6, model uvažuje s tromi nezávislými premennými, nezávislé premenné a vypočítané koeficienty nezávislých premenných sa nachádzajú v tabuľke 7. Model vykazuje spoľahlivosť 99,98 %. Model nezahŕňa cenu cestovného, keďže táto skupina cestujúcich sa prepravuje za minimálne (evidenčné) cestovné.

**Tab. 6 Regresná štatistika pre viackriteriálny regresný model pre dopyt za iné cestovné**

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,999869
R Square	0,999738
Adjusted R Square	0,66623
Standard Error	79288,09
Observations	6

Source: Autori

**Tab. 7 Premenné a koeficienty pre viackriteriálny regresný model pre dopyt za iné cestovné**

		<i>Coefficients</i>
Intercept		0
X Variable 1	Dôchodcovia	20,57751
X Variable 2	Ponuka spojov - km	0,070626
X Variable 3	Priemerný mesačný dôchodok – eur/mesiac	-614,25

Source: spracované autormi na základe vlastného výskumu, údajov ŠÚ SR a ŽSK

Viackriteriálna regresná funkcia pre dopyt po PAD za iné cestovné v Žilinskom samosprávnom kraji má tvar:

$$Y = 20,57751X_1 + 0,070626X_2 - 614,25X_3$$

## **CONCLUSION**

Autobusová doprava predstavuje významný a pre spoločnosť nenahraditeľný prepravný systém, ktorý využívajú všetky vekové skupiny obyvateľov za účelom uspokojenia prepravných potrieb. Výkony pravidelnej autobusovej dopravy v ostatných rokoch výrazne klesajú. Tento pokles nie je

spôsobený len cenovými zmenami a zmenami v príjmoch obyvateľov, ale aj zmenami štruktúry obyvateľstva a štruktúrou osídlenia územia. Populácia a jej situovanie v konkrétnych sídelných útvaroch predstavuje potenciálny dopyt po službách pravidelnej autobusovej dopravy.

V ostatných rokoch sa výrazne mení aj proporcionalita skupín cestujúcich, ktorí cestujú so zľavami a bez zliav. Výraznejšie sa znižuje počet cestujúcich prepravených za občianske cestovné v porovnaní s ostatnými cestujúcimi. Demografický vývoj a zmeny štruktúry obyvateľstva ako aj štruktúry osídlenia ovplyvňujú aj kvalitatívne parametre dopravnej obslužnosti územia ako aj kvalitatívne parametre poskytovaných prepravných služieb v oblasti prímestskej autobusovej dopravy.

Navrhnuté regresné modely je možné použiť pre odhad dopytu skupín cestujúcich v budúcnosti. Použitie tejto metódy prognózovania je náročné na zber, analýzu a spracovanie dostupných štatistických údajov reprezentujúcich minulý vývoj spoločensko-ekonomických javov. Aplikácia metódy si tiež vyžaduje výpočet hodnôt niektorých determinantov dopytu konkrétnych skupín cestujúcich v PAD (napr. priemerné ceny cestovného).

Príspevok bol vypracovaný s podporou projektu: MŠVVŠ SR VEGA č. 1/0566/18 KONEČNÝ, V.: Výskum vplyvu ponuky a kvality dopravných služieb na konkurencieschopnosť a udržateľnosť dopytu po verejnej osobnej doprave

## REFERENCES

- [1] Polat, C. The demand determinants for urban public transport services: A review of the literature. *Journal of Applied Sciences*, 2012, 12 (12), pp. 1211-1231, DOI: 10.3923/jas.2012.1211.1231
- [2] Paulley, N. et.al. The demand for public transport: The effect of fares, quality of service, income and car ownership. *Transport Policy*, 2006, 13 (4), pp295-306, DOI: 10.1016/j.tranpol.2005.12.004
- [3] Sharaby, N., Shiftan, Y. The impact of fare integration on travel behavior and transit ridership. *Transport Policy*. 2012, 21, pp. 63-70, DOI: 10.1016/j.tranpol.2012.01.015
- [4] Gnap, J., Konečný, V. The impact of a demographic trend on the demand for scheduled bus transport in the Slovak Republic. *Komunikacie*. 2008, 2, pp.55-59, ISSN 13354205
- [5] Fatima, K. Moridpour, S. Measuring public transport accessibility for elderly. *6th International Conference on Traffic and Logistic Engineering (ICTLE 2018)*. 2019, 259, DOI: 10.1051/matecconf/201925903006
- [6] Fatima, K et.al. A case study of elderly public transport accessibility, *Asia-Pacific Conference on Intelligent Medical (APCIM)/2018 7Th International Conference on Transportation and Traffic Engineering (ICTTE2018)*, 2018, 253-257, DOI: 10.1145/3321619.3321651
- [7] Starzynska, B. et.al. Requirements elicitation of passengers with reduced mobility for the design of high quality, accessible and inclusive public transport services. *Management and Production Engineering Review*, 2015, 6(3), pp.70-76, DOI: 10.1515/mper-2015-0028
- [8] Buhlerr, C. Heck, H. Becker, J. How to inform people with reduced mobility about public transport. *Computers Helping People with Special Needs, Proceedings*, 2008
- [9] Poliak, M., Mrníkova, M., Jaskiewicz, M., Jurecki, R., Kaciakova, B.: Public transport integration. In: *Communications – Scientific Letters of the University of Zilina*, 2017, vol.19, Issue 2, pp.127-132, ISSN:13354205

# **RESEARCH OF THE IMPACT OF QUALITY ON DEMAND FOR SUBURBAN BUS TRANSPORT**

## **SKÚMANIE VPLYVU KVALITY NA DOPYT PO PRÍMESTSKEJ AUTOBUSOVEJ DOPRAVE**

**doc. Ing. Vladimír Konečný, PhD.**

Department of Road and Urban Transport  
University of Žilina  
e-mail: vladimir.konecny@fpedas.uniza.sk

**Ing. Mária Brídziková<sup>2</sup>**

Department of Road and Urban Transport  
University of Žilina  
e-mail: maria.bridzikova@fpedas.uniza.sk

**Ing. Róbert Berežný<sup>3</sup>**

Department of Road and Urban Transport  
University of Žilina  
e-mail: robert.berezny@fpedas.uniza.sk

### **Abstract**

The quality of transport services is one of the key factors in the demand for bus transport. The impacts of individual demand factors also differ depending on the groups of passengers. The quality of transport services and quality improving can help stabilize the constantly decreasing demand for bus transport. The aim is to increase the competitiveness and sustainability of demand for bus transport by improving the quality of transport services, thus eliminating the negative impacts of passenger car transport. The research is carried out in the Slovak Republic in the Žilina Region.

### **Abstrakt**

Kvalita dopravných služieb patrí medzi zásadné faktory dopytu po autobusovej doprave. Dopady jednotlivých faktorov dopytu sa odlišujú aj v závislosti od skupín cestujúcich realizujúcich dopyt po autobusovej doprave. Kvalita dopravných služieb a jej zvyšovanie môže pomôcť stabilizovať neustále klesajúci dopyt po autobusovej doprave. Cieľom je prostredníctvom zlepšovania kvality dopravných služieb zvyšovať konkurencieschopnosť a udržateľnosť dopytu po autobusovej doprave, a tak eliminovať negatívne dopady individuálnej automobilovej dopravy. Výskum je realizovaný v Slovenskej republike v Žilinskom kraji.

### **Key words**

bus transport, demand, passenger groups, quality, relational analysis methods

### **Klíčová slova**

Autobusová doprava, dopyt, skupiny cestujúcich, kvalita, metódy vzťahovej analýzy

---

<sup>2</sup> Doktorandka, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Katedra cestnej a mestskej dopravy

<sup>3</sup> Doktorand, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Katedra cestnej a mestskej dopravy

## INTRODUCTION

Dopyt po verejnej osobnej doprave vrátane autobusovej dopravy, ovplyvňuje celý rad faktorov.[1] Medzi najvýznamnejšie faktory vplývajúce na dopyt patria cena cestovného, príjmy obyvateľstva [2], ponuka spojov súvisiaca s rozsahom dopravnej obslužnosti, počet a štruktúra obyvateľstva, ako aj demografický vývoj obyvateľstva [3] a vplyv bezplatnej prepravy v železničnej osobnej doprave ako konkurenta prímestskej autobusovej dopravy.[4] Ponuka dopravných služieb je tiež významným kritériom kvality vo verejnej osobnej doprave.

V súčasnosti je na poskytovateľa dopravnej služby kladených mnoho požiadaviek zo strany cestujúceho a to hlavne na kvalitu poskytovaných služieb.[5] Prejavuje sa to spokojnosťou cestujúcich s kvalitou dopravnej služby a ochotou realizovať dopyt po verejnej osobnej doprave aj v budúcnosti. Identifikované požiadavky cestujúcich na kvalitu korešpondujú s kritériami kvality definovanými v norme STN EN 13 816.

Správanie zákazníkov (cestujúcich) výrazne ovplyvňuje budúcnosť každej organizácie. Jedným z hlavných cieľov každej organizácie, ktorá poskytuje dopravné služby, by malo byť predovšetkým zvyšovanie miery spokojnosti zákazníkov. [6]

Dôvodom pre meranie spokojnosti zákazníkov je kvantifikácia ich názorov na úroveň plnenia potrieb a očakávaní v súvislosti s poskytovaním dopravných služieb. [7] Meranie spokojnosti zákazníkov predstavuje nástroj pre získanie spätej väzby za účelom zlepšovania kvalitatívnej úrovne produktu. Účelom merania spokojnosti zákazníkov je identifikácia konkrétnych nedostatkov v kvalite poskytovaných služieb a ich využitie pre prijímanie nových riešení a nápravných opatrení. [8], [9]. Len na základe takéhoto prístupu dokáže byť autobusová doprava konkurencieschopná individuálnej automobilovej doprave.

## 1 METODIKA

Pre identifikáciu najvýznamnejších kritérií kvality cestujúcich bol použitý dotazníkový prieskum realizovaný v Žilinskom kraji v rokoch 2013 – 2017. Hlavnou úlohou prieskumu bolo zistiť najvýznamnejšie kritériá kvality pre zákazníka, ako aj dôležitosť pripisovanú jednotlivým kritériám. K otázkam bola priradená bodová stupnica, kde jednotlivým bodom zodpovedá Likertova stupnica (5 – najviac dôležité, 1 – najmenej dôležité). Medzi najdôležitejšie kritéria kvality sme zaradili presnosť spojov, informovanosť, čistotu a správanie vodiča. V našom prípade sme pre posúdenie vplyvu kvality na dopyt použili metódy vzťahovej analýzy (koeficient kovariancie, korelačná analýza a teória elasticity dopytu).

### Metóda kovariancie

O tom či sú dve premenné X a Y vo vzájomnom lineárnom vzťahu (priamom alebo nepriamom) sa môžeme presvedčiť na základe koeficientu kovariancie premenných X a Y (ozn. cov xy) definovanom na základe vzťahu:

$$\text{cov}_{xy} \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}) = \bar{x} \cdot \bar{y} - \bar{x} \cdot \bar{y} \quad (1)$$

- Ak sú premenné X a Y nezávislé, potom cov xy=0,
- Ak cov xy>0, medzi X a Y existuje priamy lineárny vzťah,
- Ak cov xy<0, medzi X a Y existuje nepriamy lineárny vzťah.

Veľkosť kovariancie závisí od jednotiek, v ktorých boli údaje merané, t.j. hodnoty kovariancie sa nedajú pre rôzne premenné porovnať, sú neohraničené.

### Korelačná analýza

Korelačná analýza skúma tesnosť štatistickej závislosti medzi kvantitatívnymi premennými. Korelačná analýza na rozdiel od regresnej nevyjadruje príčinno – následný vzťah. Premenná Y nezávisí na premennej X, ale dve náhodné premenné X a Y sa spoločne menia. Nástrojom korelačnej analýzy je tzv. koeficient korelácie (ozn. r). Určuje mieru tesnosti (stupňa) závislosti. Korelačný koeficient je mierou lineárnej závislosti dvoch premenných a môžeme ho vyjadriť pomocou nasledujúceho vzťahu: [10]

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

### Teória elasticity dopytu

Využíva sa predovšetkým v oblasti ekonomiky no taktiež sa s týmto pojmom môžeme stretnúť v sektore dopravy. Elasticita dopytu sa považuje za jednoduché a zrozumiteľné kvantitatívne meranie závislostí (reakcie) jednej premennej na druhú. Všeobecný vzorec pre elasticitu je možné vyjadriť aj v tvare:

$$E = \frac{\frac{\Delta}{\%} \rightarrow X}{\frac{\Delta}{\%} \rightarrow Y} \quad (3)$$

Elasticita dopytu po doprave je realizovaná z hľadiska sledovania medziročných zmien dopytu. Sledovanie zmien dopytu po verejnej osobnej doprave sa z časového hľadiska realizuje:

- Krátkodobo (sledovanie zmien medziročne),
- Dlhodobo (sledovanie zmien v horizonte viac ako 1 rok) [11].

### Lineárna elasticita

Lineárna elasticita predstavuje veľmi často využívaný spôsob pre výpočet elasticity. Je vhodné ju použiť vtedy, ak sledované ukazovatele nie sú vyjadrené pomocou funkcie, ale prostredníctvom usporiadaných dvojíc hodnôt ukazovateľov. Je možné ju vypočítať podľa nasledujúceho vzťahu:

$$e_{x_i}^{line} = \left( \frac{\frac{y_2 - y_1}{\frac{1}{2}(y_2 + y_1)}}{\frac{x_{i2} - x_{i1}}{\frac{1}{2}(x_{i2} + x_{i1})}} \right) = \frac{(y_2 - y_1) \cdot (x_{i2} + x_{i1})}{(y_2 + y_1) \cdot (x_{i2} - x_{i1})} \quad (4)$$

## 2 VPLYV KVALITY NA DOPYT PODĽA SKUPÍN CESTUJÚCICH V PRÍMESTSKEJ AUTOBUSOVEJ DOPRAVE V ŽILINSKOM SAMOSPRÁVNOM KRAJI

V danej kapitole sme aplikovali vybrané metódy a postupy pre posúdenie vplyvu kvality dopravných služieb na dopyt podľa skupín cestujúcich. Jednotlivé metódy sú skúmané vzhľadom na spôsob stanovenia úrovne kvality:

- **Alternatíva I** – úroveň kvality zistená reálnym meraním kontrolórmi,

- **Alternatíva II** – úroveň kvality zistená meraním na základe údajov od dopravcov z interného merania kvality,
  - **Alternatíva III** – úroveň kvality zistená meraním spokojnosti cestujúcich na základe výskumu autora.
- a) *Aplikácia koeficientu kovariancie a koeficientu korelácie pre posúdenie vplyvu kvality na dopyt*

Pre výpočet koeficientu kovariancie bol použitý vzťah (1) a pre výpočet koeficientu korelácie bol použitý vzťah (2). V tabuľke 1 sa nachádzajú vypočítané hodnoty koeficientu kovariancie a koeficientu korelácie medzi úrovňou dopytu podľa skupín cestujúcich v rokoch 2013 až 2017.

**Tab. 8 Hodnoty koeficientu kovariancie a koeficientu korelácie medzi úrovňou dopytu podľa skupín cestujúcich**

Skupina cestujúcich	Alternatíva	Koeficient kovariancie	Vzájomný lineárny vzťah	Koeficient korelácie	Lineárna závislosť
Študenti	I.	2962148	priamy	0,992816	silná
	II.	620345	priamy	0,919145	silná
	III.	2747275	priamy	0,809384	silná
EAO	I.	8052024	priamy	0,933411	silná
	II.	1881142	priamy	0,964003	silná
	III.	6337632	priamy	0,645781	mierna
Dôchodcovia	I.	963497	priamy	0,930270	silná
	II.	222589	priamy	0,950059	silná
	III.	964723	priamy	0,818751	silná

Source: spracované autormi na základe meraní kvality a údajov o dopyte poskytnutých ŽSK

Koeficient kovariancie medzi meraním hodnotenou kvalitou resp. spokojnosťou cestujúcich a dopytom dosahuje pri všetkých skupinách cestujúcich kladné hodnoty, čo možno interpretovať ako priamy lineárny vzťah a teda s rastúcou kvalitou dopyt stúpa. Koeficient korelácie pri skupine ekonomicke aktívne osoby (EAO) v alternatíve III. dosahuje hodnoty menšie ako 0,8 čo predstavuje miernu lineárnu závislosť. V ostatných prípadoch sa hodnota koeficientu korelácie blíži k hodnote 1, čo možno interpretovať ako silnú lineárnu závislosť. Koeficient korelácie dosahuje vo všetkých prípadoch kladné hodnoty, čo znamená, že s rastúcou kvalitou dopyt stúpa.

*b) Aplikácia metódy lineárnej elasticity pre posúdenie vplyvu kvality na dopyt*

V tabuľke 2 sú na základe vzťahu (4) vypočítané hodnoty lineárnej elasticity pri dvoj a viac ročnej zmene dopytu a kvality, elasticity dosahuje vo všetkých prípadoch kladné, t.j. logické výsledky. Tieto logické kladné hodnoty znamenajú, že s rastom kvality služieb autobusovej dopravy dochádza k zvyšovaniu počtu cestujúcich. Zistené výsledky je možné interpretovať na príklade priemernej hodnoty dvoj a viac ročnej elasticity dopytu a kvality (Alternatíva I) u skupiny cestujúcich študentov nasledovne: priemerná hodnota elasticity dopytu a meraním hodnotenej kvality je 0,4851, čo znamená, že ak dôjde z krátkodobého hľadiska k zvýšeniu kvality dopravnej obslužnosti o 1% dôjde k zvýšeniu počtu prepravených cestujúcich o 0,4851%.

Taktiež sme počítali lineárnu elasticitu aj pri medziročnej zmene dopytu a kvality, kde dosahovala záporné nelogické výsledky. Tieto nelogické záporné hodnoty znamenajú, že so zvyšovaním kvality by dochádzalo k miernemu poklesu dopytu, pritom kvalita je považovaná za faktor zvyšujúci dopyt. Dôvodom tejto nelogickosti je fakt, že medziročný nárost úrovne kvality dopravnej obslužnosti sa môže prejavíť oneskorene nárastom dopytu (s odstupom viac ako 1 rok). Tiež to môže byť spôsobené existenciou ďalších faktorov dopytu, o vplyv ktorých nebolo možné dopyt korigovať.

**Tab. 9 Hodnoty lineárnej elasticity pre posúdenie vplyvu kvality na dopyt z hľadiska dvoj a viac ročných zmien podľa skupín cestujúcich**

Skupina cestujúcich	Alternatíva	Dvoj a viac ročná zmena						Priemerná hodnota	Interval hodnoty
		2017/2015	2017/2014	2017/2013	2016/2014	2016/2013	2015/2013		
Študenti	I.	0,6874	0,5358	0,4503	0,4386	0,4030	0,3957	0,4851	0,40-0,69
	II.	1,0062	1,4546	2,1849	2,1083	3,1226	4,0761	2,3255	1,01-4,08
	III.	1,7450	1,8559	0,5765	0,2816	0,2818	0,4557	0,8661	0,28-1,86
EAO	I.	2,3380	1,4670	1,1090	0,7433	0,7415	0,8308	1,2049	0,74-2,34
	II.	3,4221	3,9822	5,3808	3,5727	5,7456	8,5569	5,1101	3,42-8,56
	III.	5,9349	5,0808	1,4198	0,4772	0,5185	0,9566	2,3980	0,48-5,93
Dôchodcovia	I.	1,5348	0,7697	0,5052	0,6910	0,4780	0,2701	0,7081	0,27-1,53
	II.	2,2464	2,0893	2,4510	3,3212	3,7038	2,7821	2,7656	2,09-3,78
	III.	3,8959	2,6657	0,6467	0,4436	0,3342	0,3110	1,3829	0,31-3,90

Source: spracované autormi na základe meraní kvality a údajov o dopyte poskytnutých ŽSK

### 3 VPLYV KVALITY NA CELKOVÝ DOPYT V PRÍMESTSKEJ AUTOBUSOVEJ DOPRAVY V ŽILINSKOM SAMOSPRÁVNOM KRAJI

#### a) Aplikácia koeficientu kovariancie a koeficientu korelácie pre posúdenie vplyvu kvality na dopyt

V tabuľke 3 sa nachádzajú vypočítané hodnoty koeficientu kovariancie a koeficientu korelácie medzi úrovňou dopytu a úrovňou kvality celkom v rokoch 2013 až 2017.

**Tab. 10 Hodnoty koeficientu kovariancie a koeficientu korelácie medzi úrovňou kvality a úrovňou dopytu celkom**

Alternatíva	Koeficient kovariancie	Vzájomný lineárny vzťah	Koeficient korelácie	Lineárna závislosť
I.	4376020	priamy	0,912726	silná
II.	938333	priamy	0,865181	silná
III.	3266180	priamy	0,598814	mierna

Source: spracované autormi na základe meraní kvality a údajov o dopyte poskytnutých ŽSK

Koeficient kovariancie medzi meraním hodnotenou kvalitou resp. spokojnosťou cestujúcich a dopytom dosahuje kladné hodnoty, čo možno interpretovať ako priamy lineárny vzťah a teda s rastúcou kvalitou dopyt stúpa. Koeficient korelácie medzi spokojnosťou cestujúcich a dopytom dosahuje hodnoty menšie ako 0,8, čo prestavuje strednú lineárnu závislosť. Hodnoty koeficientu korelácie medzi meraním hodnotenou kvalitou a dopytom sa blížia k hodnote 1, čo možno interpretovať ako silnú lineárnu závislosť. Koeficient korelácie dosahuje vo všetkých prípadoch kladné hodnoty, čo znamená, že s rastúcou kvalitou dopyt po dopravných službách v PAD stúpa.

### **b) Aplikácia metódy lineárnej elasticity pre posúdenie vplyvu kvality na dopyt po prímestskej autobusovej doprave v Žilinskom kraji**

Pre výpočet lineárnej elasticity pri dvoj a viac ročnej zmene dopytu a kvality bol použitý vzťah (4). V tabuľke 4 je vypočítaná lineárna elasticita pri dvoj a viac ročnej zmene dopytu a kvality dosahuje vo všetkých prípadoch kladné, t.j. logické výsledky. Tieto logické kladné hodnoty znamenajú, že s rastom kvality služieb autobusovej dopravy dochádza k zvyšovaniu počtu cestujúcich.

**Tab. 11 Hodnoty lineárnej elasticity pre posúdenie vplyvu kvality na dopyt z hľadiska dvoj a viac ročných zmien**

Alternatíva	Dvoj a viac ročná zmena						Priemerná hodnota	Interval hodnoty
	2017/2015	2017/2014	2017/2013	2016/2014	2016/2013	2015/2013		
I.	0,4820	0,3262	0,3328	0,0947	0,2080	0,2984	0,2904	0,0947-0,4820
II.	0,7055	0,8854	1,6149	0,4554	1,6115	3,0732	1,3910	0,4554-3,0732
III.	1,2235	1,1297	0,4261	0,0608	0,1454	0,3436	0,5546	0,0608-1,2235

Source: spracované autormi na základe meraní kvality a údajov o dopyte poskytnutých ŽSK

## **CONCLUSION**

Cieľom článku bolo prezentovať navrhnutú metodiku a jej aplikáciu na posúdenie vplyvu kvality poskytovaných služieb na dopyt cestujúcich v autobusovej doprave v konkrétnych podmienkach Žilinského samosprávneho kraja. Na základe analýzy existujúcich metód pre posudzovanie vplyvu kvality na dopyt po autobusovej doprave boli vzhľadom na vhodnosť analyzovaných metód a štruktúru vhodných a dostupných údajov použité nasledujúce metódy: koeficient kovariancie, koeficient korelácie, lineárna elasticita.

Koeficient kovariancie dosahuje vo všetkých prípadoch kladné hodnoty, čo možno interpretovať ako priamy lineárny vzťah a teda s rastúcou kvalitou dopyt stúpa.

Koeficient korelácie dosahuje takmer vo všetkých prípadoch hodnoty blízke 1, čo možno interpretovať ako silnú lineárnu závislosť tzn. s rastúcou kvalitou dopyt stúpa. Najsilnejšia lineárna závislosť bola zaznamenaná pri skupine cestujúcich – študenti (Alternatíva I). Koeficient korelácie dosahoval hodnotu 0,993. Naopak najslabšia lineárna závislosť bola zaznamenaná pri skupine cestujúcich – EOA (Alternatíva III). Koeficient korelácie dosahoval hodnotu 0,646.

Lineárna elasticita pri medziročnej zmene dopytu a kvality dosahuje vo väčšine prípadov záporné, t. j. nelogické výsledky. Priemerné hodnoty lineárnej elasticity z hľadiska medziročných zmien podľa skupín cestujúcich sú v rozmedzí od -8,7885 po 0,7611. Nelogické záporné hodnoty znamenajú, že so zvyšovaním kvality by dochádzalo k miernemu poklesu dopytu, pritom kvalita je považovaná za faktor zvyšujúci dopyt. Dôvodom tejto nelogickosti môže byť fakt, že medziročný nárast úrovne kvality dopravnej služby sa môže prejavíť oneskorene nárastom dopytu (s odstupom viac ako 1 rok). Vypočítaná lineárna elasticita pri dvoj a viac ročnej zmene dopytu a kvality už dosahuje vo všetkých prípadoch kladné, t. j. logické výsledky. Priemerné hodnoty lineárnej elasticity z hľadiska dvoj a viac ročných zmien podľa skupín cestujúcich sú v rozmedzí od 0,4851 po 5,1101. Tieto logické kladné hodnoty znamenajú, že s rastom kvality služieb autobusovej dopravy dochádza k zvyšovaniu počtu cestujúcich.

Zistenie tohto pozitívneho vplyvu kvality služieb autobusovej dopravy na dopyt cestujúcich môže byť dôvod pre ďalšie zvyšovanie kvality v oblasti autobusovej dopravy.

Kvalita dopravných služieb v PAD je významným faktorom dopytu po PAD v ŽSK. Skvalitňovanie dopravných služieb vplýva na dopyt cestujúcich po PAD v ŽSK a spomaľuje jeho

pokles. Je tiež nástrojom konkurencieschopnosti vo vzťahu k individuálnej automobilovej doprave.

Na základe získaných výsledkov je možné konštatovať, že je vhodné pre meranie a hodnotenie kvality získavať údaje za dlhšie časové obdobie a k meraniu a hodnoteniu pristupovať systematicky. Získaním dlhších časových radov údajov o kvalite v PAD na základe systematického merania a hodnotenia kvality bude možné dosiahnuť spoločnejšie a presnejšie výsledky, tiež aplikovať metódy jedno a viackriteriálnej regresnej analýzy pri výskume vplyvu kvality na dopyt.

Príspevok bol vypracovaný s podporou projektu: MŠVVŠ SR VEGA č. 1/0566/18 KONEČNÝ, V.: Výskum vplyvu ponuky a kvality dopravných služieb na konkurencieschopnosť a udržateľnosť dopytu po verejnej osobnej doprave

## REFERENCES

- [1] Berežný, V., Konečný, V. The impact of the quality of transport services on passenger demand in the suburban bus transport. *Procedia Engineering* [elektronický zdroj]. 2017, 192, ISSN 1877-7058.
- [2] Paulley et.al. The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership. *Transport Policy*. 2006, 13 (4), pp.295-306, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.12.004>.
- [3] Metz, D. Demographic determinants of daily travel demand. *Transport Policy*. 2012. 21, pp. 20-25, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.007>.
- [4] Konečný, V., Berežný, R. Dopyt po autobusovej doprave v kontexte bezplatnej prepravy v železničnej doprave v SR. *Železničná doprava a logistika*. 2017, 13 (1), ISSN 1336-7963.
- [5] Gnap, J., Konečný, V. Meranie a hodnotenie kvality služieb prímestskej autobusovej dopravy. *Transport: top magazín o motorizme, doprave, zasielateľstve a logistike*. 2011, 13 (1), pp. 34-35, ISSN 1335-7433.
- [6] Islam, R. et.al. Measuring customer's satisfaction on bus transportation. *American Journal of Economics and Business Administration*. 2014, 6 (1), pp. 34-41, ISSN 1945-5488, DOI: 10.3844/ajebasp.2014.34.41.
- [7] Gnap. J. et.al. Determination of time savings for passengers by applying the public passenger transport preference in cities. *Communications – Scientific Letters of the University of Žilina*. 2018, 20 (3), pp. 3-8, ISSN 13354205.
- [8] Gnap, J. Konečný, V. Vývoj v autobusovej doprave v SR a vybrané otázky jej konkurencieschopnosti. *Transport a logistika: top magazín o motorizme, doprave, zasielateľstve a logistike*. 2013, 15 (1), ISSN 1338-3809.
- [9] Graham, D. et.al. A dynamic panel analysis of urban metro demand. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2009, 45, pp. 787-794.
- [10] Markechová, D. et.al. *Základy štatistiky pre pedagógov*, Nitra: UKF v Nitre, 2011. ISBN 978-80-8094-899-3.
- [11] Královenský, J. et.al. *Ekonomika cestnej a mestskej dopravy I*. Žilina: Vydala ŽU v Žiline, 2008. ISBN 978-80-8070-831-3.
- [12] Poliak, M. et al. The competitiveness of public transport. In: *Journal of Competitiveness*, 2017, vol. 9, Issue 3, pp.81-97, DOI: 10.7441/joc.2017.03.06.

# BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE FIELD OF LOGISTICS

## BLOCKCHAIN TECHNOLOGIE V OBLASTI LOGISTIKY

**Ing. Lukáš Kubáč<sup>4</sup>**

VŠB – Technical University of Ostrava  
e-mail: lukas.kubac@vsb.cz

**doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym**

Department of Master Studies  
College of logistics  
e-mail: oldrich.kodym@vslg.cz

### **Abstract**

Traceability and transparency are some of the most important foundations of logistics. Blockchain technology offers a shared ledger that is updated and validated in real time with each network participant. It enables equal visibility of activities and reveals where an asset is at any point in time, who owns it and what condition it's in. This technology as a foundation for distributed ledgers offers an innovative platform for a new decentralized and transparent transaction mechanism in supply chain. Characteristics of this technology enhance trust through transparency and traceability within any transaction of data, goods, and financial resources. Blockchain technology can bring breakthroughs in visibility, optimization and demand. The purpose of this paper is to explore the potential of Blockchain technology in the field of logistics.

### **Abstrakt**

Sledovatelnost a transparentnost jsou jedny z nejdůležitějších základů logistiky. Technologie Blockchain nabízí sdílenou knihu, která je aktualizována a ověřována v reálném čase u každého účastníka sítě. Umožňuje rovnoměrnou viditelnost činností a odhaluje, kde se majetek nachází v každém okamžiku, kdo ho vlastní a jaký je jeho stav. Tato technologie jako základ pro distribuované knihy nabízí inovační platformu pro nový decentralizovaný a transparentní transakční mechanismus v dodavatelském řetězci. Vlastnosti této technologie zvyšují důvěru díky transparentnosti a vysledovatelnosti v rámci každé transakce dat, zboží a finančních zdrojů. Blockchain technologie může přinést průlom ve viditelnosti, optimalizaci a poptávce. Cílem tohoto příspěvku je prozkoumat potenciál Blockchain technologie v oblasti logistiky.

### **Key words**

Blockchain, supply chain, Peer-to-peer (P2P)

### **Klíčová slova**

Blockchain, dodavatelský řetězec, Peer-to-peer (P2P)

## **INTRODUCTION**

The intricacy of supply chains, with their vast networks of different actors, consists of concealed

---

<sup>4</sup> External PhD. student.

elements for both supplier and consumer, which raise questions about the monitoring of the supply chains multiple layers. These layers can contain socially and ethically questionable activities, such as exploitation of natural and human resources, leaving environmental footprints, contribution to waste from production and transportation [1]. In most transactions these factors are concealed due to either or both lack of transparency in the supply chains and information asymmetries in business agreements. In parallel, there is a growing interest for knowledge regarding product origins from consumers, and demand for sustainable transportation. Consider the origins of everyday commodities. Products are imported and sold with the limited information of a label addressing the manufacturing or production origins; commonly known as “Made in X” [2]. A decade ago neither supplier nor customer would reflect on the restriction of this information. However, with the expansion of the global market demand for information has increased. Sellers’ advantage of knowledge, regarding the demanded products and services, could contribute to low-quality services for high-quality prices in the pursuit of maximum profit. Consequently, buyers can pay the same amount for a high respectively low service quality due to their inability to access the same information [3].

To counteract the imbalance caused by asymmetric information, and generate more knowledge about products, companies should aim to implement and produce more transparency in their business model. Transparency has been defined as the disclosure of information that enables fair competition, profitable business ventures and company fulfillment regarding sustainability efforts. Knowledge concerning the supply chain is also extracted by instilling transparency. Supply chains need transparency in order to supply all actors with knowledge that equalizes the negotiation power between parties, and generates more information concerning product origins [4]. This could in turn fulfill customers demand for more knowledge regarding product origins and demand for sustainable transportation.

Information is key in the pursuit of improving relationships between actors in the supply chain because an increase of coordination of transactions could reduce costs, risks and improve a supply chains’ overall competitiveness. Logistics service providers work in a system with multiple layers of freight carriers and forwarders that have their sub-hauliers. Which represents a large number of contracts, clauses and transactions. There is therefore a risk unfulfilled clauses, or contracts, can be challenged and this can contribute to additional transaction costs and involvement of a third party that weaker or smaller parties cannot afford [5]. The third party is added due to systems operating in a centralized model, where all transactions are executed through a trust-based system making all participants dependent on the third party. To counteract these limitations Nakamoto introduces blockchain technology as an innovative solution, which is a decentralized digital payment system, based on cryptography and a public ledger, containing information on every transaction made within a system. The use of this technology can have a big impact in the world of economics and finance because it enables transaction execution without the need for a third party in form of a bank or governmental institution [6].

## 1 WHAT IS BLOCKCHAIN

Blockchain is an invariable, highly available and distributed database in which all data written in it is tamper-proof and can be protected against unwanted access via encryption. It is like a database in which, similar to in a normal ledger, all transactions are entered chronologically. In order to prevent manipulation, blocks are formed and then closed with a checksum. The blocks are then arranged one after the other, each block containing the checksum of the previous block. Thus, a type of chain is created, hence “Blockchain.” Many copies of this chain are created and distributed. There is therefore no central unit that has control over the chain.

The Blockchain ensures that all participants have the same copy of the Blockchain, making it easy to detect and subsequently exclude altered versions.

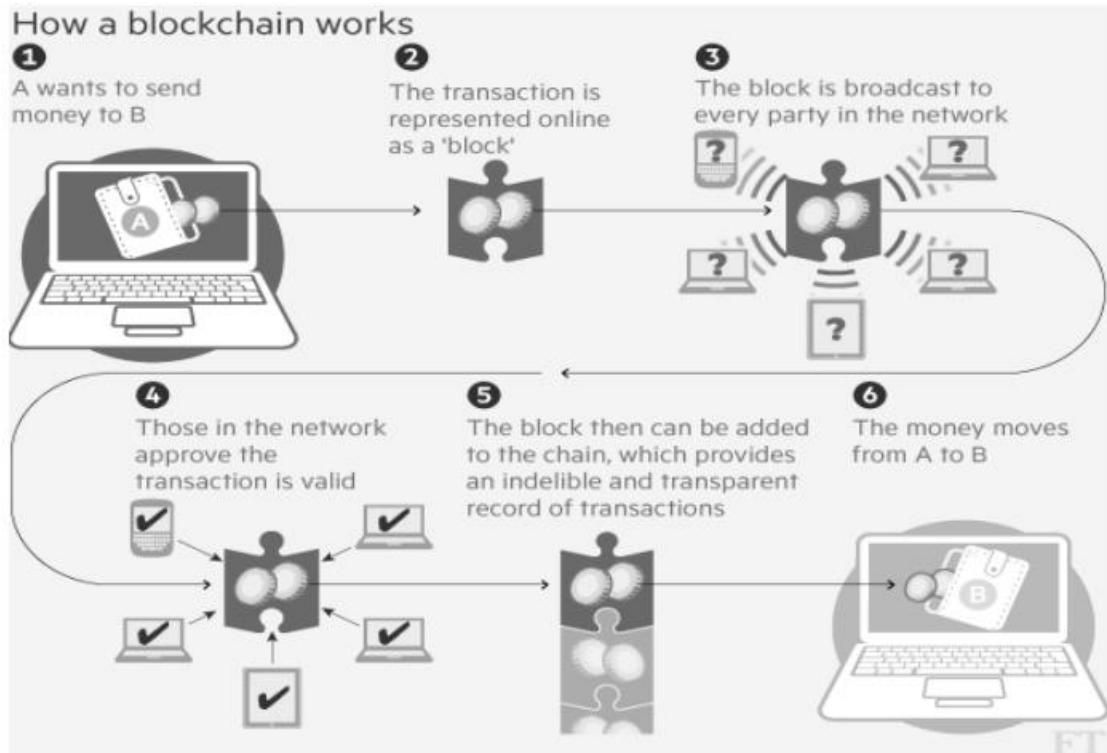
The innovation behind cryptocurrency, like Bitcoin, is not the entity itself but the system that it rests upon and makes it applicable, the blockchain. It is a digital payment system that is based on cryptographic proof instead of trust, which allows two consenting parties to conduct a direct transaction between themselves instead of using a trusted centralized intermediate, such as a bank or governmental institution. In essence, the blockchain is a public ledger containing information on every transaction made within a P2P-system.

Blockchain is like a giant global google.doc spread sheet representing the accounting of transactions and registry of both tangible and intangible assets such as currency, physical property or documents. In addition, the technology can be used for tracking and monitoring assets, communication and information sharing, and executing long-term and conditioned contracts. The essence of the blockchain is a distributed ledger auditing valuable information.

The establishment and introduction of blockchain technology solved the double-spending problem that had for a long time been associated with the implementation of digital currency. The usage of cryptocurrency within a decentralized system could be hazardous as a consequence of not having a trusted third party to ensure, by keeping a ledger, that the digital currency being used for one transaction has not already been spent on another transaction, the double-spending problem. To counteract this problem and enable secure digital transactions Nakamoto proposes the use of a peer-to-peer distribution server where timestamps are used to register and confirm transactions in chronological order. These occurrences are validated by a proof-of-work system that has to be implemented. The proof-of-work is accomplished through the use of hashing. A hash is created from processing original data (input) in a mathematical algorithm, and the results (output) represent the hash, which is placed on the blockchain. When input converts to output there is no possibility to reverse the process due to the cryptographic function of a hash.

### **Blockchain technology principle**

Realising a transaction via a blockchain (illustrated in Figure 1 with cryptocurrency as the entity) starts with an identity, known as participant A, informing the network of his arrangement with participant B (another identity). Then B announces its acceptance, by using his public-key, to the network and simultaneously petitions the peers within the network to determine the authenticity of the transaction. Validation of a transaction is established by peer consensus. The verification is conducted with the use of minors (computer power). Minors extract the information from the block, in which it has been stored after B's acceptance, and turn it into a hash by applying a mathematical formula to it. The validity of the hash is then processed within a proof-of-work system to guard the transaction from double-spending. When confirmed valid, a timestamp is added and the hash is placed, in chronological order, on a platform creating a blockchain. Hashes are built off of each other, which grants legitimacy to every block that is created later on along the chain. In effect, tampering with one block would alert the whole network because alterations would contradict the proof-of-work applied in the previous blocks. The only mode of procedure that could overturn a blockchain is if the culprit bestows 51 % of the network processing power. In essence, transactions that have been proven solid will be recorded in the public ledger, which makes it irreversible due to the networks awareness to sed action. When a block is admitted to a chain the transaction is considered completed [7] [8].



**Fig. 1** Illustrates the different steps of a transaction using a blockchain, the example is based in the transfer of currency. Source: Financial Times, 2015 [9]

The system notifies the public that a transaction is transpiring. However, it does not disclose the parties of the transaction, it only states that size of the exchange, much like information concerning a stock exchange. An extra length of precaution is to use a new set of keys for every transaction in the notion of concealing ones identity from being linked to different transactions. Anonymity can be difficult to insure with multi-input transactions because the inputs show indications of being from the same owner. Exposing ownership of one key can lead to the uncovering of multiple transactions by linking [6].

### The Peer-to-peer distribution system

The emergence of the peer-to-peer (P2P) system is regarded as a paradigm of significance in regard to digital distribution of services such as information and resource sharing [10]. In a simple client-server model resources are stored by the server and only shared with the client upon request. It functions in the form of a one-to-many distribution model, where the client is dependent on the centralized entity in their quest for information. Whereas, P2P computing consists of an interconnected network where peers (computers) share resources and information without of the use of a central server. In essence, peers are identical and all hold the attributes of both the client and server. Hence, requests placed on the network can be reciprocated by any peer that holds the desired information. The system has the equivalents of a many-to-many distribution model, where all participants have the ability to respond to an enquiry in a decentralized manner excluding a centralized entity. The two models are illustrated below in figure 2. Direct access to multiple information sources instead of a single one generates faster execution and higher efficiency. Utilization of this system provides communication and information sharing regarding task distribution and transaction execution [11].



Fig. 2 A one-to-many network: where a central server controls and distributes information, (left). A peer-to-peer network: where every node is both a client and a server, sharing information, (right). Source: Gigatribe, (n.d.). [12]

The P2P-system is of significance because the results from a search are based on recent data. This is possible due to the online interactions amongst peers, which generates or reflects real time pricing and inventory [13]. Research has identified that the P2P architecture is applicable in many fields, especially concerning exchange and storage of data. The system can be used in areas such as communication and collaboration, Internet service support, database system and content distribution. The requirements for partaking in a P2P network are Internet access and P2P software, such as Kazaa and Limewire. By using the network instead of going through a centralized entity a connection or relationship between peers is created, which instils a sense of trust and generates new opportunities. In addition, P2P reforms the conventional hierarchy of information sharing. The system has no distinction of peers roles and their contribution; there is no emphasis on identification as producer, consumer or intermediary. However, it should be mentioned that, in some areas, the absence of a central authority has created disturbances concerning copyright, identity theft and illegal activities. Other concerns regard the application of the system in a larger scale due to the insufficient algorithms used in regards to localisation and transactions within the network. In the realm of P2P-systems, the blockchain can be found.

## 2 IMPLICATIONS FOR SUPPLY CHAINS

Supply chain has become complicated. Some would say cumbersome. It takes days to make a payment between a manufacturer and a supplier, or a customer and a vendor. Contracts must be handled by lawyers and bankers, which means extra cost and delay. Products and parts are often hard to trace back to suppliers, making defects difficult to eliminate. Whether for industrial equipment, consumer goods, food products, or digital offerings, supply chains have headaches a-plenty.

Friction in supply chain is a big problem. There are too many go-betweens. The rise in uncertainty stops supply chains from working well. Suppliers, providers and clients must deal via central third-party entities, instead of directly with each other. What should be simple transactions turn into lengthy procedures with many steps.

Blockchain could be the answer to many of these issues. This recent technology is what

drives bitcoin and other so-called cryptocurrencies. However, it goes much further than a hackproof way of holding and exchanging money. Blockchain can be used for any kind of exchange, agreements or tracking. In a supply chain, it can apply to anything from self-executing supply contracts to automated cold chain management.

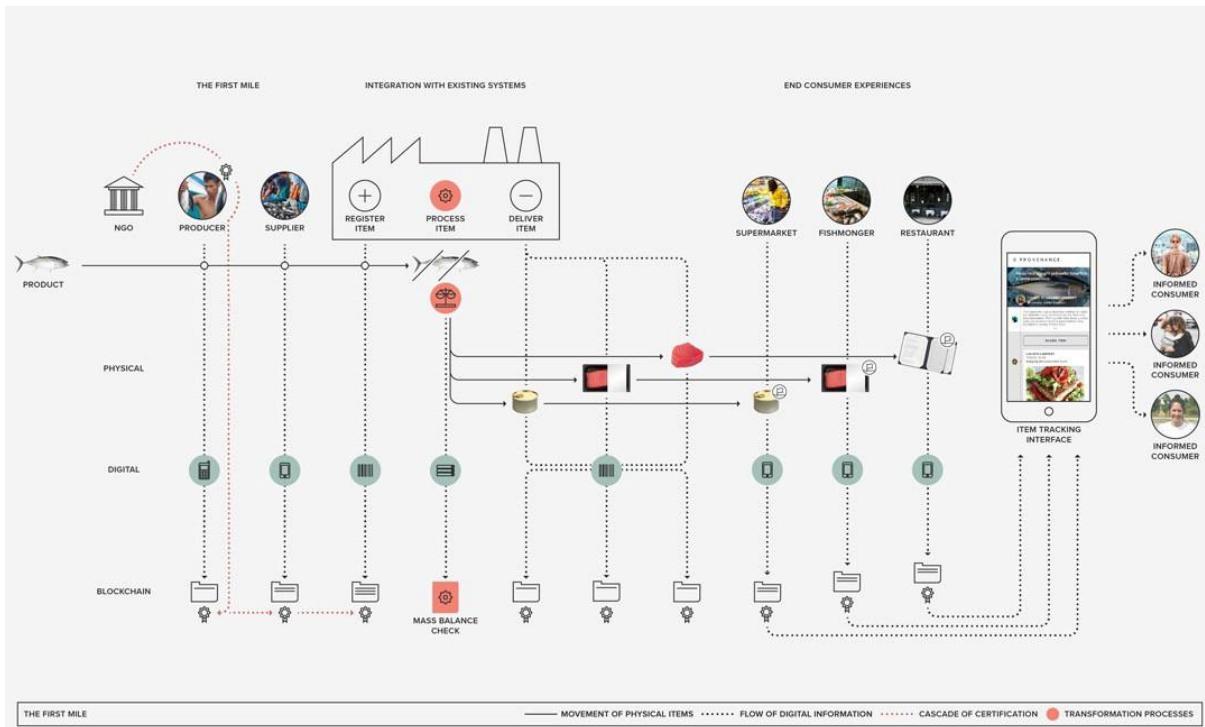
### **Key features of blockchain for a supply chain**

- Consensus -All the entities in the chain agree that each transaction is valid. For supply chain, it could be payment, warehousing, transport or delivery.
- Provenance - The entities in the chain know where each asset came from. They also know who owned it before and at what time. For supply chain, assets can be anything from iron ore and wheat to money, machines and copyrights.
- Immutability - No entity can tamper with an entry in the distributed ledger. None transactions cannot be erased. Only a new transaction can reverse the effect of a previous one. Supply chain payments cannot be falsified. Neither can records of inventory, warehousing conditions, delivery times and dates, and so on.
- Finality - The copies of the shared ledger all hold the same version of the truth.

### **Provenance – Blockchain: the solution for transparency in product supply chain**

In their white paper Dr. Jutta Steiner and Jessi Baker, with some insight from Dr. Gavin Wood at Ethereum, present Provenance, a project with the ability to securely trace documentation and other information within the supply chain by using blockchain technology. The prototype “model” enables every physical resource to be embedded with a digital “passport” or identification that confirms the resource and its origin. This generates a record of a products journey throughout a supply chain. Registering of the different links would present business, social and environmental benefits. For example, counterfeit goods could be identified and stopped in a more efficient way. The model poses as a solution to potential certification and chain-of-custody challenges by assigning and verifying the warranty of the physical resources movements in the supply chain. From origin to end consumer the model recognizes the nature of the product “(what it is), the quality (how it is), the quantity (how much of it there is) and the ownership of the product (whose it is at any moment)”. These four key elements are accessible via datasets (barcodes) and placed on a blockchain to be shared in a secure environment. The reasoning for using blockchain is its ability to monitor and audit all transactions of a product, and its unquestionable ability to authorise the given information.

Operational benefits generated by the blockchain interoperable, cost-efficient, auditable, public, real-time and agile, and guaranteed continuity.



**Fig. 3 Blockchain providing the base layer of truth across the supply chain**  
Source: Provenance, Tracking Tuna on the blockchain, Case Study (2016) []

### How it works

The proposed model consists of six modular programs; registering, standards, production, manufacturing, tagging and user-facing. These are broadcasted and independently controlled on the same blockchain thereby enabling frictionless co-existence within the same system.

**Registering** generates access to the system by a public or private profile with an individual private key, and the user regulates the degree of shared information on the profile. By registering one links the real-world identity to the digital-identity of the blockchain, and thereby enables interaction on the blockchain.

**Standards** concerning the manufacturing and production of products must be met to gain access to the blockchain. To be granted a certified program one must undergo an inspection for their facilities and questionings about chosen processes by a certifier or auditor. If deemed appropriate, the facilitator of the product would gain the equivalent of a physical-product in digital form (a token), which would be represented on the blockchain.

**Production and manufacturing programs** are only possible after granted authorization. The production programs are the producers' tools for verifying the output of products. It stipulates and enforces requirements on the facility, such as production capacity, classification and categorization of the output with information regarding any additional label (fair trade) or specific trait (fair labour, organic) a product could possess, and proper accounting of annual production and sales. The requirement of a facility can be adjusted in relation to the company and the evaluation of a certifier or auditor. As the supplier of products, the producer programs are the source of traceability of goods, which are linked to the identity "passport" received when registering. The manufacturing programs are implemented to insure that the input of materials is used for the creation of output, with no leftovers.

**Tagging** for the propose of linking the digital realm with the physical world, and creating a information “database” which allows for informed purchases, accessible throughout the supply chain and its end consumer. The technologies used for linking the two worlds on the blockchain are RFID- and NFC-tags, serial numbers, and QR- and barcodes. Choosing the right technology for the product is crucial for the identification on the blockchain. Its within the production and manufacturing programs that identities are assigned, reasonably existing serial numbers and bar codes should be the chosen form of tagging. The tags contain a hash that links them to the blockchain.

Linking the digital world with the real one enables user-facing, generating the ability to inspect a products journey thought the supply chain. This is made possible by the full auditability and security of a blockchain. Information placed there is deemed trustworthy, which grants users a sense of assurance in their purchasing decisions. In addition, a guarantee that the products are genuine might increase the desire to buy. The screening of the supply chain via the blockchain is potentially done with smartphone applications that scan a tag to gain access to the information. By using conspicuous hologramatic or RFID tag, a brand or company could guarantee products authenticity.

## CONCLUSION

Innovations in technology are reflected upon multiple areas such as politics, society and science, and not only economics. Consequently an innovation like blockchain technology should be regarded and approached on a global scale by all actors. Potential benefits include surpassing governmental and hierarchical power structures that inflict demanding regulation within industries, elimination of inefficiencies in the global financial market, reduction of transaction costs, exclusion of intermediaries which diminishes the risk for human error by automated processing, and generate a secure platform for global communication, interaction and trade. New opportunities regarding traceability and control of goods are provided by the transparency of a blockchain. The recording and peer validation of transactions, on a public network, generate the possibility of tracking or retracing a products movement between different supply chains, from origin to end consumer. In addition, the system could be used to identify the ownership and/or legal rights to products in the supply chain. Blockchain technology provides a form of supply chain mapping where entities within the chain can represent currency, property or contracts. Imaging a digital encryption representing a pallet, container, trailer or barrel and being easily monitored and moved from one nod to the other.

## REFERENCES

- [1] Baker, J. and Steiner, J. (2015). Provenance | Blockchain: the solution for transparency in product. [online] Provenance. Available at: <https://www.provenance.org/whitepaper> [cit. 2018-03-20].
- [2] Williams, R. & Gerber, J. (2015). "Could Make Supply Chains More Transparent" Published on May 31, 2015. Available at: <http://www.coindesk.com/how-bitcoins-technology-could-make-supplychains-more-transparent/>.
- [3] Akerlof, G. A. (1970). The market for “Lemons”: Quality uncertainty and the market mechanism. Quarterly Journal Of Economics, 84(3), 488-500.

- [4] Lamming, R. C., Caldwell, N. D., Harrison, D. A., & Phillips, W. (2001). Transparency in Supply Relationships: Concept and Practice. *Journal of Supply Chain Management*, 37(4), pp. 4-10.
- [5] Williamson, O. E. (1981). The Economics of Organization: The Transaction Cost Approach. *American Journal of Sociology*, (3). 548.
- [6] Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. Available at: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- [7] Pilkington, M. (2015). Blockchain Technology: Principles and Applications. Research Handbook on Digital Transformations, edited by F. Xavier Olleros and Majlinda Zhegu. Edward Elgar (2016).
- [8] Swan, M. (2015). Blockchain: Blueprint for a New Economy. O'Reilly Media, Inc.
- [9] Financial Times, 2015, Available at: <https://www.ft.com/content/eb1f8256-7b4b-11e5-a1fe-567b37f80b64>
- [10] Rowstron, A. & Druschel, P. (2001, November). Pastry: Scalable, decentralized object location, and routing for large-scale peer-to-peer systems. In *Middleware 2001* (pp. 329-350). Springer Berlin Heidelberg.
- [11] Xiong, L. & Liu, L. (2004). Peertrust: Supporting reputation-based trust for peer-to-peer electronic communities. *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on*, 16(7), pp. 843-857.
- [12] Gigatribe, (n.d.). What is peer-to-peer (p2p)? [image] Available at: <https://www.gigatribe.com/en/help-p2p-intro> [Accessed 24 Mar. 2016].
- [13] Pandurangan, G. P. T. P. N., Raghavan, P., & Upfal, E. (2003). Building low-diameter peer-to-peer networks. *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on*, 21(6), pp. 995-1002.

# **ANALYTICAL VIEW OF INDUSTRY 4.0**

## **ANALYTICKÝ POHLAD NA INDUSTRY 4.0**

**Ing. Patrik Richnák, PhD.**

Department of Production Management and Logistics  
University of Economics in Bratislava  
e-mail: patrik.richnak@euba.sk

**Ing. Filip Fančovič**

Graduate of Department of Production Management and Logistics  
University of Economics in Bratislava  
e-mail: fancovic.filip@gmail.com

### **Abstract**

At present, the rapid development of new technologies is dominant. These technologies are fundamentally changing and affecting the functioning of today's world. Digital technology and automation conceal the name Industry 4.0, which is called the Fourth Industrial Revolution. Its typical elements are the industrial Internet of Things and the digital (smart) factory. The implementation of new technologies is one of the important characteristics of competitive advantage and dominant position in the market. The main aim of the paper was to create an analytical view of Industry 4.0 through a bibliographic-information apparatus. The partial aims of the paper included to characterize the development of industrial revolutions, to identify Industry 4.0 and to approach selected key technologies of Industry 4.0.

### **Abstrakt**

V súčasnosti je dominujúci rýchly vývoj nových technológií. Tieto technológie zásadne menia a ovplyvňujú fungovanie dnešného sveta. Digitálne technológie a automatizácia pod sebou skrývajú označenie Industry 4.0, ktoré sa nazýva štvrtá priemyselná revolúcia. Jej typickým prvkom je priemyselný internet vecí a digitálna (inteligentná) továreň. Implementácia nových technológií je jednou z významných charakteristík konkurenčnej výhody a dominujúceho postavenia na trhu. Hlavným cieľom príspevku bolo vytvoriť analytický pohľad na Industry 4.0 prostredníctvom bibliograficko-informačného aparátu. Medzi čiastkové ciele príspevku patrilo charakterizovať vývoj priemyselných revolúcií, identifikovať Industry 4.0 a priblížiť vybrané kľúčové technológie Industry 4.0.

### **Key words**

the Fourth Industrial Revolution, Industry 4.0, Industry 4.0 technologies, digitalization, digital revolution

### **Klíčová slova**

štvrťá priemyselná revolúcia, Industry 4.0, technológie Industry 4.0, digitalizácia, digitálna revolúcia

### **INTRODUCTION**

V 21. storočí pokračuje rýchly vývoj moderných informačných technológií. Tieto technológie pomerne zásadným spôsobom ovplyvňujú fungovanie dnešného sveta. V minulých

obdobiach k úspešnému podnikaniu stačilo ponúknut' odlišné produkty a služby oproti konkurencii. V tomto prípade sa darilo podniku najmä v prípadne veľkého dopytu po jeho ponuke, alebo ponukou produktov, ktoré boli totožné s konkurenciou, ale s nižšou cenou. Dnes nestáčí konkurovať iba cenou, ktorá je síce stále dôležitým faktorom pri výbere produktu či služby, ale do rozhodovania vstupujú aj ďalšie faktory ovplyvňujúce dopyt po produktoch či službách. Zákazník je v dnešnej dobe schopný rýchlo vyhľadať konkurenčnú ponuku produktov, služieb alebo substitútov, ktoré môžu byť ponúkané za nižšiu cenu a môžu splňať aj ďalšie zákaznícke potreby, ku ktorým patrí napríklad dostupnosť. Sú to práve informácie o dostupnosti, ktoré nadobúdajú zákazníkom čoraz väčšiu dôležitosť. Vďaka dnešným technológiám je možné porovnať cenu, dostupnosť, kvalitu a spokojnosť zákazníkov behom pár minút, čo môže viest' aj k zmene konečného dodávateľa.

Zlepšovanie podnikových procesov sa vplyvom tlaku konkurencie stáva čoraz dôležitejším a je jedným z efektívnych nástrojov zabezpečovania dlhodobej konkurencieschopnosti podnikov. Tie dnes celia tlaku zmien zo strany nových informačných technológií, pri ktorých aplikácia v priemysle očakáva dramatický nárast produktivity a vytvorenie nových smerov rozvoja podniku. Všeobecne sa pre túto transformáciu začal používať termín Industry 4.0.

## 1 VÝSKUMNÝ DIZAJN

Hlavným cieľom príspevku bolo vytvoriť analytický pohľad na Industry 4.0 prostredníctvom bibliograficko-informačného aparátu. Medzi čiastkové ciele príspevku patrilo charakterizovať vývoj priemyselných revolúcií, identifikovať štvrtú priemyselnú revolúciu a priblížiť vybrané klúčové technológie Industry 4.0.

Pri spracovaní informácií a poznatkov v príspevku sme vychádzali z rešerše a excerptie predovšetkým zahraničných odborných knižných zdrojov opisujúcich predmetnú problematiku. Pri spracovaní príspevku boli využité klasické metódy skúmania: literárna rešerša, systémová analýza, komparatívna analýza, indukcia, dedukcia a metóda vizualizácie, ktorá sprehľadnila charakteristické črty Industry 4.0.

## 2 VÝVOJ PRIEMYSELNÝCH REVOLÚCIÍ

Už od začiatku industrializácie viedli technologické skoky k zmenám paradigiem v oblasti priemyslu. Tieto obdobia označujeme ako priemyselné revolúcie [1]. Tak ako tri predchádzajúce priemyselné revolúcie, aj tá dnešná štvrtá priemyselná revolúcia postupne mení nielen priemyselné prostredie [2].

Prvá priemyselná revolúcia prebiehala v období rokov 1750 až 1830 a predstavovala zapojenie parných strojov, ktoré nahradili manuálnu silu a zmenili výrobné procesy [3]. Druhá priemyselná revolúcia začala zavedením elektrickej energie, spaľovacích motorov, tečúcej vody medzi rokmi 1870 a 1900. Predovšetkým využívanie elektriny a organizácia výrobných liniek založená na deľbe práce umožnili ďalšie rozšírenie výrobných možností a vyúsťili v masovú produkciu od polovice 19. storočia [4]. Elektrická energia bola hlavným motorom investovania do nových technológií, ktoré znížili náklady, zvýšili produktivitu, zmenili štruktúru priemyslu a ovplyvnili výkon národných hospodárstiev, ktoré vytvorili nové inštitúcie - moderné priemyselné podniky. Za tretiu priemyselnú revolúciu je považovaný nárast automatizácie vo výrobnom procese. Začiatok tejto revolúcie sa datuje s prvým používaním

počítačov pre komerčné účely v 60. rokoch 20. storočia. Túto revolúciu sprevádzal predovšetkým vývoj internetu a e-commerce v 90. rokoch 20. storočia. Využívanie nových informačných technológií a internetu v kombinácii s globalizáciou odstartovali silnú vlnu industrializácie od 70. rokov 20. storočia [4]. Túto revolúciu v podstate umožnila digitalizácia spoločne so zavedením prvých programovateľných, logických ovládačov a zariadení, ktoré mali za následok automatizáciu výroby založenú na informačných technológiách [2].

Dnešné zavádzanie internetu vecí a kyberneticko-fyzikálnych systémov do výrobného prostredia umožňuje monitorovanie, analýzu a automatizáciu podnikových procesov, čím sa vytvára štvrtá priemyselná revolúcia. Tieto nové technologické zmeny transformujú výrobu a logistické procesy do prostredia tzv. inteligentnej továrne (smart factory) sprevádzaného zvýšením produktivity a efektivity.

Existuje niekoľko dôvodov, prečo sa prerod vo forme Industry 4.0 nezaraďuje do tretej priemyselnej revolúcie, ale je považované za novú, štvrtú priemyselnú revolúciu. Medzi tieto dôvody zaraďujeme:

- Rýchlosť, rozsah a vplyv nových systémov - rýchlosť vývoja súčasných technológií nemá historický precedens.
- Zmeny zasahujú do takmer každého odvetvia po celom svete - šírka i hĺbka týchto zmien sú príčinou toho, že je potrebná transformácia celých systémov výroby i riadenia. V súčasnosti sú miliardy ľudí spojené mobilnými zariadeniami naprieč celým svetom, tzn. dátové kapacity a prístup k znalostiam sú takmer neobmedzené.
- Tempo vývoja – pri komparácii s predchádzajúcimi priemyselnými revolúciami sa štvrtá priemyselná revolúcia vyvíja skôr exponenciálnym než lineárnym tempom.

Diferenciáciu s ostatnými priemyselnými revolúciami vidíme aj v tom, že ich počiatok bol priamo v priemysle, čo potom spôsobilo spoločenské zmeny, ale u štvrtej priemyselnej revolúcie je to naopak. Súčasný transformačný proces nie je poháňaný samotným výrobným priemyslom, ale vývojom sociálnych sietí a inteligentných (smart) zariadení, ktoré sa dostanú do styku s pracovníkmi a spotrebiteľmi. Tento vývoj sa vďaka prepojeniu sietí potom premietol aj do priemyselnej sféry [5]. Vplyv tejto priemyselnej revolúcie je rozsiahly a okrem výrobnej činnosti ovplyvňuje aj ďalšie oblasti. Potenciál rastu produktivity spočíva najmä v nehmotných aspektoch, tzn. vo vylepšovaní práce s rozumom.

Na druhej strane existujú aj názory, že Industry 4.0 nepredstavuje revolučné zmeny. Niektorí ho vidia ako logický vývoj od implementácie automatizácie riadenej elektronikou, ktorá už do značnej miery definovala tretiu priemyselnú revolúciu. Iní považujú len určitý aspekt Industry 4.0 za revolučný. Podľa mnohých autorov je revolúciou aditívna výroba. Ak je pojem Industry 4.0 označovaný za revolúciu, pretože zmení podobu výroby (kustomizáciou, vyrábaním malých dávok, ideálne jediného kusu, tzv. Batch size one) potom jediná technológia, ktorá to umožní a môže sa tým pádom nazývať revolučná, je 3D tlač. Výhodou propagácie termínu „štvrťa priemyselná revolúcia“ je vyvolanie pocitu naliehavosti, vďaka čomu sa ľahšie šíri posolstvo nutnosti zmeny [6].

### 3 IDENTIFIKÁCIA INDUSTRY 4.0

Označenie Industry 4.0 bolo vytvorené nemeckou vládou [4] a po prvýkrát tento pojem zaznel na veľtrhu v nemeckom meste Hannover v roku 2011 [7]. Hlavným zámerom bolo označovanie štvrtej priemyselnej revolúcie. Termín sa rozšíril potom, čo ho v Nemecku začali používať ako

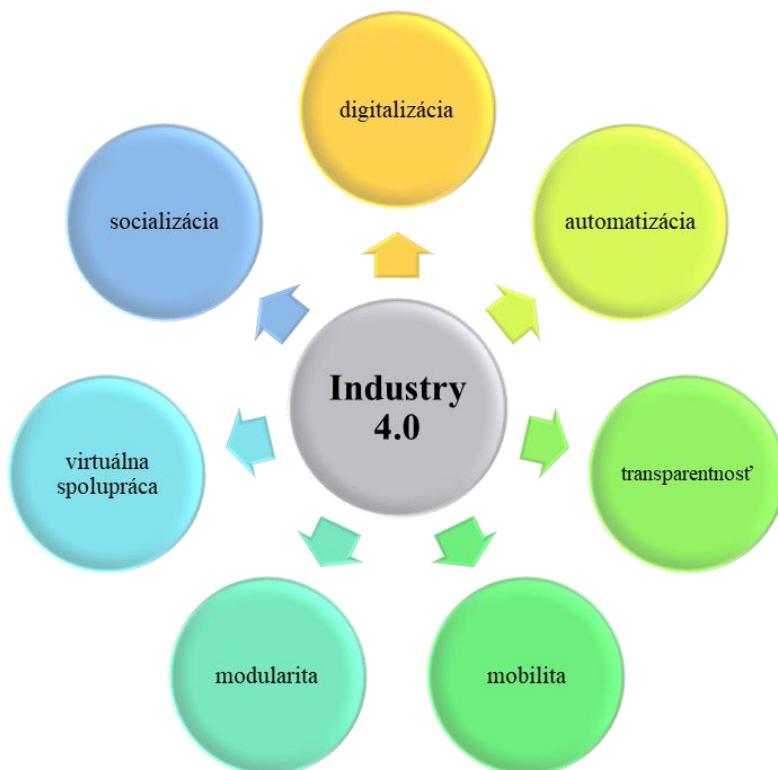
označenie pre strategickú iniciatívu s názvom Industry 4.0. Táto strategická iniciatíva začala v apríli roku 2013, pričom jej cieľom bolo využitie integrácie a prepojovania najrôznejších technológií s využitím ich rýchleho a pritom trvalého rozvoja a súčasne špecifikovať investície do vedy a výskumu pre vylepšenie nemeckého strojárskeho a automobilového priemyslu.

Industry 4.0 sa zameriava na vybudovanie inteligentných výrobných procesov [8]. Môžeme ho charakterizovať vysoko individualizovanými a zároveň integrovanými výrobnými procesmi, ako organizáciu produkčných procesov zakladajúcich na autonómnej komunikácii medzi zariadeniami a technológiami. Jeho značným prínosom je, že transformuje výrobu zo samostatných jednotiek na plne integrované, automatizované a priebežne optimalizované výrobné prostredie [9]. Jedná sa o revolučný spôsob výroby, ktorý predpokladá prepojenie jednotlivých medzi sebou komunikujúcich strojov.

V tejto súvislosti označujeme Industry 4.0 za technologický prechod zo vstavaných systémov na kyberneticko-fyzikálne systémy, ktoré neskôr budú vytvárať základný stavebný prvok týchto inteligentných tovární. Radziwon et al. [10] hovorí, že inteligentná továreň je také riešenie výroby, ktoré poskytuje pružné a prispôsobivé výrobné procesy, ktoré budú schopné riešiť problémy v rýchlo a neustále sa meniacich podmienkach. Na jednej strane povedie automatizácia ku optimalizácii výroby, zníženiu zbytočnej práce a obmedzeniu plynania zdrojmi. Na druhej strane ide o rozvinutie spolupráce medzi rôznymi priemyselnými a aj menej rozvinutými partnermi.

Autori Pfohl, Yahsi a Kurnaz [11] definujú Industry 4.0 ako súhrn inovácií implementovaných v hodnotovom reťazci, ktorý vykazuje znaky digitalizácie, automatizácie, transparentnosti, mobility, modularity, virtuálnej spolupráce a socializácie produktov a procesov.

Na Fig. 1 môžeme vidieť, charakteristické črty Industry 4.0, medzi ktoré môžeme zaradiť: digitalizáciu, socializáciu, virtuálnu spoluprácu, automatizáciu, transparentnosť, mobilitu a modularitu.



**Fig. 1** Charakteristické črty Industry 4.0  
Source: vlastné spracovanie podľa [11]

Lasi a kol. považujú za charakteristické znaky Industry 4.0 [1]:

- interoperabilitu – kyberneticko-fyzikálne systémy umožňujúce interakciu medzi ľuďmi a strojmi,
- virtualizáciu – prepojenie informácií zo senzorov a simulačných modelov,
- decentralizáciu – rýchlejšie rozhodovanie a odbúravanie organizačných štruktúr,
- operácie v reálnom čase – zber a analýza dát v danom okamihu,
- modularitu – flexibilná adaptácia tovární podľa meniacich sa požiadaviek,
- flexibilitu.

Medzi ďalšie významné znaky Industry 4.0 zaradujeme individuálnu výrobu podľa aktuálneho dopytu (tzv. kustomizácia produktu). Dnešný spotrebiteľ požaduje individuálne vyrábané produkty a služby prispôsobené jeho potrebám [12]. Už niekoľko desiatok rokov môžeme sledovať trend premeny trhu do stavu, kedy kupujúci diktuje svoje požiadavky na produkt a podmienky jeho nákupu. Ponuka sa čím ďalej, tým viac riadi dopytom [1]. Vďaka tomu môžeme predpokladať, že hromadná výroba rovnakých kusov bude klesať a premeni sa na kustomizovanú výrobu. Jednotlivé produkty tak budú mať jedinečnú charakteristiku podľa požiadaviek zákazníka. Na základe požiadaviek sa ráta s veľkým zberom dát. Tie budú analyzované tak, aby mohli byť produkty upravované už v samotných začiatkoch výroby.

V súčasnej dobe sa skracuje životný cyklus mnohých výrobkov. Kvôli rýchlemu vývoju a silnému konkurenčnému boju sú čím ďalej kratšiu dobu na trhu. Z tohto dôvodu, sa podniky snažia držať krok so svojimi konkurentmi, tým, že čo najviac skrácujú proces vývoja produktu, čím sa umožní technologicky dokonalejší výrobný proces za pomoci prvkov Industry 4.0 [5]. Zavádzaním nových technológií Industry 4.0 sa zvyšuje tiež transparentnosť celého hodnotového reťazca. Celý proces, jeho výstup a výkon, budú sledované v reálnom čase. Takýto prehľad umožní každému podniku pružne a rýchlo reagovať aj na prípadné zmeny na trhu.

Významným znakom štvrtej priemyselnej revolúcie je tiež tzv. servitizácia. Tá je definovaná ako strategická inovácia procesov vedúca k prechodu od predaja samotných výrobkov na predaj integrovaného produktu, ktorý zahŕňa služby pridávajúce hodnotu. Servitizácia zdôrazňuje koncept zamerania sa na zákazníka. Produkt, služba, zákaznícka podpora a vedomosti sú ideálnou kombináciou, ktoré môže firma zákazníkovi ponúknut'. Nielen sektor služieb, ale aj výrobný priemysel by sa mal zameráť na inovatívny vývoj služieb s pridanou hodnotou, aby sa zvýsili kompetencie a tým pádom aj ponúkané portfólio. Cieľom výrobcov potom v takom prípade nie je iba jednorazový predaj produktov, ale permanentný zisk vďaka celkovým servisným riešeniam, ktoré plne uspokojujú potreby zákazníkov.

Výhody plynúce z Industry 4.0 sú rozsiahle. Výrobné podniky zvýšia flexibilitu svojich výrobných liniek implementáciou nových technológií ako sú roboty alebo 3D tlačiarne. Budú tak môcť ponúkať viac kustomizované výrobky. Tým sa zvýši ich výkonnosť a ziskovosť. Zavedenie nových obchodných modelov a využitie servitizácie môže navyše firmy viesť k rozšíreniu portfólia a vstupu na nové trhy. Industry 4.0 zaradujeme medzi priemyselné revolúcie, pretože prináša technické a spoločenské zmeny [2].

## 4 KĽÚČOVÉ TECHNOLÓGIE INDUSTRY 4.0

Ako sme už spomenuli v predchádzajúcich častiach príspevku hlavnými myšlienkami Industry 4.0 je počítačové prepojenie výrobných strojov, opracovaných produktov a polotovarov, všetkých

subjektov zapojených do procesov (prostredníctvom rozhrania) a všetkých ďalších systémov a subsystémov výrobného podniku. V tejto časti príspevku sa zameriame na vybrané kľúčové aspekty v podobe technológií Industry 4.0. K nim zaradujeme: Big data, autonómnych robotov, aditívnu výrobu a rozšírenú realitu. Každému z vymenovaných kľúčových technológií bude venovaný samostatný odstavec, v ktorom priblížime ich podstatu a možnosti implementácie v podmienkach Slovenskej republiky.

Ako prvú kľúčovú technológiu si predstavíme **Big data**, ktoré je možno charakterizovať pomocou skratky „3V“, písmaná „V“ pochádzajú z anglických slov velocity (rýchlosť), volume (objem) a variety (rôznorodosť). Ako objem sa najčastejšie udávajú terabajty, pentabajty alebo exabajty dát. Takto veľké datasety vznikajú vďaka zberu dát rôznorodými spôsobmi. Často sa jedná o dátá získané z obchodných záznamov o predaji, dátá spojené s vedeckými experimentmi alebo dátá získané autonómnymi senzormi. Rôznorodosť spočíva v rozličných typoch súborov. Môže ísť napríklad o štruktúrované dátá, ako sú napríklad databázy, neštruktúrované dátá ako sú napríklad textové dokumenty, dátové prúdy z rozličných senzorov alebo kombinácia vyššie spomenutých. Rýchlosť v tejto značke označuje časový úsek, v ktorom sa musia dátá analyzovať. Môže sa jednáť o jednorazové časové úseky, periodické alebo analýzy v reálnom čase [13]. Jedným z hlavných predpokladov pre rozšírenie Big data do širokého spektra podnikov je dostupnosť výkonnej, výpočtovej techniky a zároveň napojenie na rýchle počítačové siete. Potreby vlastnej a výkonnej výpočtovej techniky sa s rozvojom clouдовých služieb postupne obmedzujú, ale naopak požiadavka existencie rýchlej počítačovej siete napojenej na vysokorýchlosný internet sa stáva kľúčovou.

Druhou popisanou technológiou sú **autonómne roboty**, ktoré predstavujú výrazný nástroj na zvýšenie produktivity výrobných závodov. Pokroky v robotike prinášajú nové druhy robotov, ktoré sú univerzálnejšie a prípadne vybavené umelou inteligenciou. Na čele zavádzania nových robotov sú veľké podniky, častokrát z automobilového priemyslu, ktoré si môžu dovoliť veľké fixné investície. Bariérou pre podniky, ktoré nemajú s robotizáciou žiadne alebo veľmi obmedzené skúsenosti je ťažké odhadnúť, a preto je náročné určiť, či investovať do robotizácie výroby, alebo či pre tieto spoločnosti bude výhodnejšie rovnakú prácu vykonávať pomocou ľudskej pracovnej sily. V Slovenskej republike sú používané najmä roboty navrhnuté pre špecifické úkony. Univerzálosť nie je bežná a zvyčajne tieto roboty nie sú autonómne alebo vybavené nejakou formou umelej inteligencie. Ďalším limitujúcim faktorom v podmienkach Slovenskej republiky je nedostatok špecialistov, ktorí programujú, udržujú a nastavujú roboty. Nástup nových univerzálnejších robotov predstavuje veľkú príležitosť pre slovenské podniky, ktoré často menia výrobu a potrebujú sa častejšie prispôsobovať potrebám trhu.

Ďalšou technológiou je **aditívna výroba**. Táto technológia predstavuje proces výroby, kde výsledný výrobok vzniká nanášaním jednotlivých vrstiev na seba. Proces aditívnej výroby sa zvyčajne tiež nazýva 3D tlač. Veľkou výhodou tejto výrobnej technológie je možnosť nekontinuálnej výroby rôznych výrobkov. Ďalšou výhodou tejto technológie je možnosť presného určenia, kolko materiálu bude potrebné na výrobu konkrétneho výrobku. V súčasnosti sa čoraz viac presadzuje 3D tlač využívajúca zliatiny kovov. Veľkosť príjmov odvetví aditívnej výroby v roku 2016 dosiahla 6,063 mld. USD a oproti predchádzajúcemu roku vzrástli o 17,4% [14]. V súčasnosti existuje už 7 základných technológií aditívnej výroby. Kvôli cenovej dostupnosti a nenáročnosti je najrozšírenejšia technológia FFF/FDM. Jej využitie je hlavne pre náhradné diely, obrábacie časti prípravkov, originálne dekoračné predmety, personalizované výrobky na mieru a pod. Materiál sa volí podľa použitia, nárokov na mechanické a tepelné zaťaženie. Nastavenia tlače sa opäť volia podľa toho, akú kvalitu produktu chceme dosiahnuť [15].

Poslednou popisanou technológiou je **rozšírená realita** (augmented reality). Jedná sa o pojem označujúci umiestnenie digitálnych prvkov do reálneho obrazu sveta. Tento fenomén sa začal rozvíjať až v posledných rokoch vzhľadom k nutnému predpokladu úrovne výkonnosti hardvérového vybavenia (inteligentné telefóny, tablety, prieľadové okuliare, náhľavné kamery), čo vytvára štartovacie podmienky pre tento typ služieb rovnaké v Slovenskej republike ako inde vo svete. K rozvoju rozšírenej reality sú kľúčové tzv. priestorové údaje vo forme digitálnych máp, ktoré umožňujú väzbu informácií ku konkrétnej lokácii. V súčasnej dobe sa rozšírená realita využíva najmä v oblasti reklamy a zábavy (vizualizácia katalógov), pre výcvik armády (virtuálne ciele), či v automobilovom priemysle (projekcia na čelné sklo). Z hľadiska budúceho vývoja a využitia rozšírenej reality možno uvažovať o využití pre všetky fázy životného cyklu výrobku. Pri plnej integrácii možno maximalizovať okamžitý tok dát zo systému ku konečnému užívateľovi a tým tak zefektívniť tie časti procesu, ktorých súčasťou je ľudský faktor (okuliare umožnia volné použitia rúk). Túto technológiu možno využiť v rámci skladových a logistických operácií pre automatickú navigáciu v skladovom priestore, navigácia v rámci montáže produktov, servis výrobkov pomocou vizualizácie, automatický prekladač manuálov a pod. Veľkou výhodou rozšírenej reality je to, že nekladie nároky na vzdelanie užívateľa, čo môže mať pozitívny vplyv na zamestnanosť v rámci celého kvalifikačného spektra populácie.

## CONCLUSION

Prostredníctvom štvrtej priemyselnej revolúcii sú podniky schopné vytvoriť stabilnú konkurenčnú výhodu v dlhodobom horizonte a ďalej rozširovať svoje jedinečné postavenie implementovaním technológií Industry 4.0. Práve Industry 4.0 so svojou značnou schopnosťou produkovať na mieru vyrábané produkty, pri ktorých sú nižšie náklady a kratšie výrobné úsilie predstavujú hlavné hodnoty, ktoré prilákajú nových zákazníkov a výrazne tak bude ovplyvnená ziskovosť poskytovateľov logistických služieb a priemyselných výrobcov. Implementovaním Industry 4.0 v podniku sa umožní efektívne využitie ľudských zdrojov, prírodných zdrojov a surovín. Budú tak čiastočne znížené nároky na životné prostredie a vytvoria sa tým aj lepšie životné podmienky pre budúce generácie. Čo sa týka ľudských zdrojov, prostredníctvom vývoja postupov Industry 4.0 budú môcť i staršie generácie pracovať v inteligentných továrňach (smart factory), pretože budú zaškolení a mentorovaní na riadenie a kontrolu požadovaných postupov. Okrem toho, transformácia priemyslu vytvorí nové pracovné miesta, a to najmä v oblasti IT. Príspevok poskytol analytický pohľad na štvrtú priemyselnú revolúciu prostredníctvom vymedzenia Industry 4.0 a jeho vybraných kľúčových technológií, ktoré budú v nasledujúcom dynamickom podnikateľskom prostredí zohrávať neodmysliteľnú konkurenčnú výhodu nielen na slovenskom trhu.

**„Príspevok bol riešený v rámci projektu VEGA MŠ SR č. 1/0375/20 Nová dimenzia rozvoja manažmentu výroby a logistiky pod vplyvom Industry 4.0 v podnikoch na Slovensku.“**

## ZDROJE

- [1] Lasi, H. et. al. Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*. 2014, 6(4), pp. 239-242. DOI: 10.1007/s12599-014-0334-4.
- [2] Preuveneers, D., Elisabeth I.-Z. The Intelligent Industry of the Future: A Survey on Emerging Trends, Research Challenges and Opportunities in Industry 4.0. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*. 2017, 9(3), pp. 287–298, DOI: 10.3233/ais-170432.

- [3] Gordon, R. *IS U.S. ECONOMIC GROWTH OVER? FALTERING INNOVATION CONFRONTS THE SIX HEADWINDS* [online]. Cambridge. 2012. [cit. 2020-07-05]. Dostupné na: <https://www.nber.org/papers/w18315.pdf>.
- [4] Smit, Jan et al. *Industry*. [online]. Brusel. 2016. [cit. 2020-07-05]. Dostupné na: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL\\_STU\(2016\)570007\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)
- [5] Schuh, G., et al. Collaboration Mechanisms to Increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. *Procedia CIRP*. 2014, 19, pp. 51–56, DOI: 10.1016/j.procir.2014.05.016.
- [6] Koch, W. Why Industry 4.0 is not a revolution, but 3D printing is. [online]. *LinkedIn.com*. 2018. [2020-07-07]. Dostupné na: <https://www.linkedin.com/pulse/why-industry-40-revolution-3d-printing-werner-koch/>.
- [7] Hofmann, E., Marco R. Industry 4.0 and the Current Status as Well as Future Prospects on Logistics. *Computers in Industry*. 2017, 89, pp. 23–34, DOI: 10.1016/j.compind.2017.04.002.
- [8] Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., Rosenberg, N. How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*. 2014, 8(1), pp. 37–44, DOI: 10.1999/1307-6892/9997144.
- [9] Mařík, V. et al. *Národní iniciativa Průmysl 4.0*. Praha, 2015. [cit. 2020-16-05]. Dostupné na: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>.
- [10] Radziwon, A., et al. The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions. *Procedia Engineering*. 2014, 69, pp. 1184–1190. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.03.108.
- [11] Pfohl, H.-C., Yahsi, B., Kurnaz, T. The Impact of Industry 4.0 on the Supply Chain. *Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*. Hamburg. 2015, 267 p. DOI: 10.13140/RG.2.1.4906.2484.
- [12] Jazdi, N. *Cyber physical systems in the context of Industry 4.0*. 1st Edition. Cluj-Napoca: IEEE, 2014, 28 p. DOI: 10.1109/AQTR.2014.6857843.
- [13] De Mauro, A., et al. A Formal Definition of Big Data Based on Its Essential Features. *Library Review*. 2016, 65(3), pp. 122–135. DOI: 10.1108/lr-06-2015-0061.
- [14] Wohler's Report 2017 Shows Increased AM Commercialisation and Development Worldwide. *Metal Additive Manufacturing*. [online]. 2017. [2020-07-07]. Dostupné na: [www.metal-am.com/wohlers-report-2017-shows-increased-commercialisation-development-worldwide](http://www.metal-am.com/wohlers-report-2017-shows-increased-commercialisation-development-worldwide).
- [15] Štrba, M. Rozhovor: Petr Štěpánek – Na Akej Úrovni Je 3D Tlač Na Slovensku? Má Už Svoje Miesto Aj Na Slovenskom Trhu? *Biznis Klub.Sk*. [online]. 2018. [cit. 2020-07-05]. Dostupné na: [biznisklub.sk/rozhovor-petr-stepanek-na-akej-urovni-je-3d-tlac-na-slovensku-ma-uz-svoje-miesto-aj-na-slovenskom-trhu/](http://biznisklub.sk/rozhovor-petr-stepanek-na-akej-urovni-je-3d-tlac-na-slovensku-ma-uz-svoje-miesto-aj-na-slovenskom-trhu/).

# **OPTIMIZATION OF THE TRANSPORT CHAIN IN THE COMPANY MJM LITOVEL**

## **OPTIMALIZACE DOPRAVNÍHO ŘETĚZCE V PODNIKU MJM LITOVEL**

**Ing. Michal Turek, Ph.D.**

Department of Bachelor Studies  
College of Logistics  
e-mail: michal.turek@vslg.cz

**Ing. Romana Mazánková**

Graduate of Department of Master Studies  
College of Logistics

### **Abstract**

The aim of the paper is the analysis of the transport chain in a selected company and the elaboration of proposals for its improvement. The first part defines the basis for optimizing distribution logistics. The second part characterizes the selected company, analyzes the distribution routes and optimizes them using linear programming. Finally, the evaluation compares the current and optimized state of distribution.

### **Abstrakt**

Záměrem příspěvku je analýza dopravního řetězce ve vybraném podniku a zpracování návrhů na jeho zkvalitnění. V první části jsou definována východiska optimalizace distribuční logistiky. Ve druhé části je charakterizována vybraná společnost, analyzovány distribuční trasy a provedena jejich optimalizace s využitím lineárního programování. Na závěr je v rámci výhodnocení provedeno porovnání současného a optimalizovaného stavu distribuce.

**Key words** (up to 5 keywords)

transport, distribution, optimization

### **Klíčová slova**

doprava, distribuce, optimalizace

## **INTRODUCTION**

Přeprava materiálu či zboží jsou velmi významnou součástí logistiky. Tyto procesy jsou nedílnou součástí zabezpečení plynulého a efektivního přesunu materiálu nebo zboží od dodavatele k odběrateli či do místa spotřeby.

Společnosti se zabývají optimalizací nákladů přepravy materiálu nebo zboží, které se výrazným způsobem promítají do cen prodávaného zboží nebo služeb, proto, aby se snažily snižovat tyto náklady na minimum.

Optimalizace přepravních tras může být pro firmu značně důležitá, jelikož dokáže uspořit přepravní náklady v daném časovém období. Tyto ušetřené zdroje financí investovaných do dopravy může uplatnit v dalších oblastech podniku.

## 1 VÝCHODISKA OPTIMALIZACE DISTRIBUČNÍ LOGISTIKY

Distribuce je spojovacím článkem mezi výrobou a zákazníkem. Tvoří ji veškeré skladovací a dopravní pohyby k zákazníkovi a také příslušné informační, řídící a kontrolní činnosti. Distribuce se podstatně podílí na úrovni logistických služeb. Cílem distribuce je zabezpečit přesun výrobku na trh včas, v nepoškozeném stavu a v požadovaném množství. Přeprava generuje značnou část logistických nákladů a z toho vyplývá, že je pro podnik efektivní optimalizovat logistický řetězec, jehož nedílnou součástí je právě distribuce.

Optimalizace distribuce a s ní související řešení distribučních úloh je jedním ze základních předpokladů správně fungujících podniků a firem. Když náklady na distribuci představují jednu z největších položek, je velmi důležité správné „nastavení“ distribuce z hlediska jejich minimalizace, ale i časové úspory a úspory distribučních prostředků. Optimalizaci distribuce je možné dosáhnout až 50% snížení nákladů a času potřebného na distribuci.

Řešení distribučních úloh se skládá ze základních kroků, které jsou společné pro všechny typy distribučních úloh:

- formulace celé řešené úlohy,
- analýza distribuce řešené úlohy - analýza současného stavu,
- nedostatky vyplývající z analýzy - identifikace a určení problémů,
- návrh možných řešení,
- výběr řešení,
- vyhodnocení výsledků řešení a porovnání se současným stavem.

Ekonomická formulace úlohy: v dopravní, resp. distribuční úloze se jedná o rozvoz materiálu či zboží z dodavatelských míst k odběratelům tak, aby se minimalizovali celkové náklady na přepravu.

Pro tyto účely definujeme základní pojmy:

- zdroje - dodavatelé  $Z_1, Z_2, \dots, Z_m$ ,
- kapacity zdrojů  $a_1, a_2, \dots, a_m$ ,
- odběratelé - zákazníci  $O_1, O_2, \dots, O_n$ ,
- požadavky odběratelů  $b_1, b_2, \dots, b_n$ .

Každou dvojici  $(Z_i, O_j)$ , to znamená souvislost i-tého zdroje či dodavatele a j-tého odběratele či zákazníka, je potřeba nějakým způsobem ocenit. Zpravidla se používají vykalkulované náklady na přepravu jednoho kusu zboží mezi i-tým zdrojem a j-tým odběratelem nebo kilometrová vzdálenost od zdroje k odběrateli. Zmíněné ocenění se značí  $c_{ij}$ .

Cílem dopravní úlohy je naplánovat přepravu, to znamená stanovit objem přepravy pro každou dvojici  $c_{ij} = (Z_i, O_j)$  tak, aby nebyly překročeny kapacity zdrojů (dodavatelů) a aby byly uspokojeny požadavky odběratelů (zákazníků). Uvedený objem přepravy zboží se označuje  $x_{ij}$ .

Ještě, než provedeme výpočet, je nutné vzít v úvahu vztah mezi celkovou kapacitou zdrojů ai a celkovými požadavky bj. Z tohoto vztahu vyplývají dvě možnosti, které mohou nastat:

1. tzv. vyrovnaný problém  $\sum a_i = \sum b_j$ ,
2. tzv. nevyrovnaný problém  $\sum a_i \neq \sum b_j$ .

Matematický model k vyřešení dopravní, resp. distribuční úlohy obsahuje:  
účelovou funkci

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \quad (1)$$

a soustavu omezujících podmínek

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \text{ nebo } \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \text{ nebo } \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i \quad (2)$$

pro  $i = 1, \dots, m$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \text{ nebo } \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq b_j \text{ nebo } \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (3)$$

pro  $j = 1, \dots, n$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (4)$$

pro  $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$

## 2 ANALÝZA DOPRAVNÍHO ŘETĚZCE V PODNIKU MJM LITOVEL

Společnost MJM Litovel a.s. je dynamická firma, která sídlí ve městě Litovel. Podnik byl založen roku 1992 za využití zkušeností ze zemědělství, zejména aplikace hnojiv a výrobou krmných směsí. Od tohoto roku se firma MJM Litovel a.s. stává spolehlivým a stabilním partnerem pro zemědělské podniky, farmy a drobné pěstitely.

Hlavními činnostmi společnosti jsou výroba krmiv, mlynářství, nákup zemědělských komodit od subjektů zemědělské průvýroby, jejich posklizňová úprava a jejich skladování a obchodní činnost, která je zaměřena na osiva, hnojiva, pesticidy, pohonné hmoty a služby s nimi spojené pro zemědělské podniky. V příspěvku se zabýváme stěžejními činnostmi dopravního řetězce v podniku MJM Litovel a.s., kterými jsou:

- aplikace vápenných hmot,
- aplikace průmyslových hnojiv,
- aplikace výživy rostlin, tzn. postřiků.

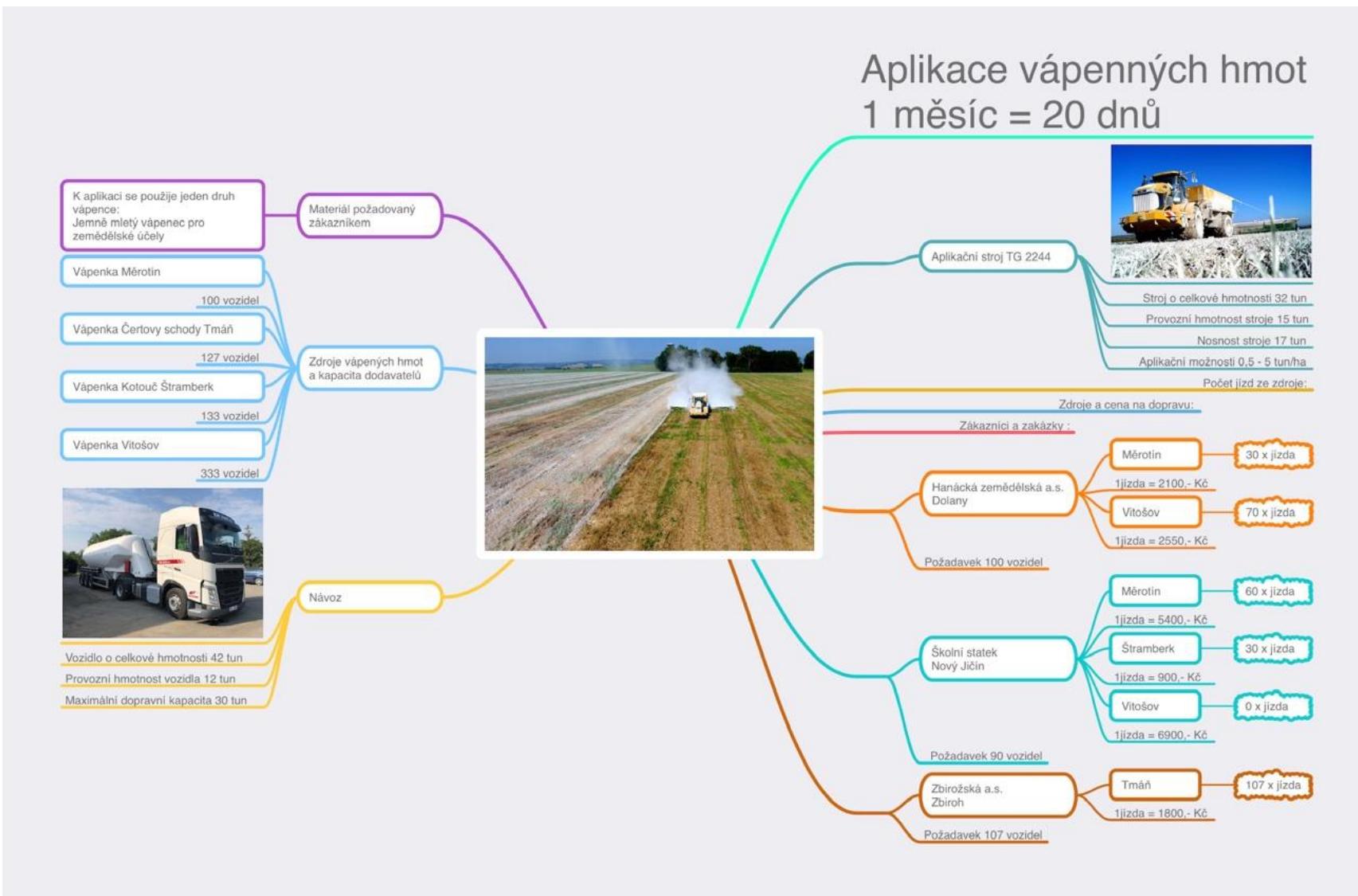
### Aplikace vápenných hmot

Fig. 1 názorně popisuje aplikaci vápenných hmot v průběhu 1 měsíce, tj. 20 pracovních dnů, zdroje vápenných hmot s jejich kapacitami, odběratele s jejich požadavky, ceny za přepravu a v neposlední řadě objem přepravy, tj. počet vozidel od dodavatelů k zákazníkům.

### Aplikace průmyslových hnojiv

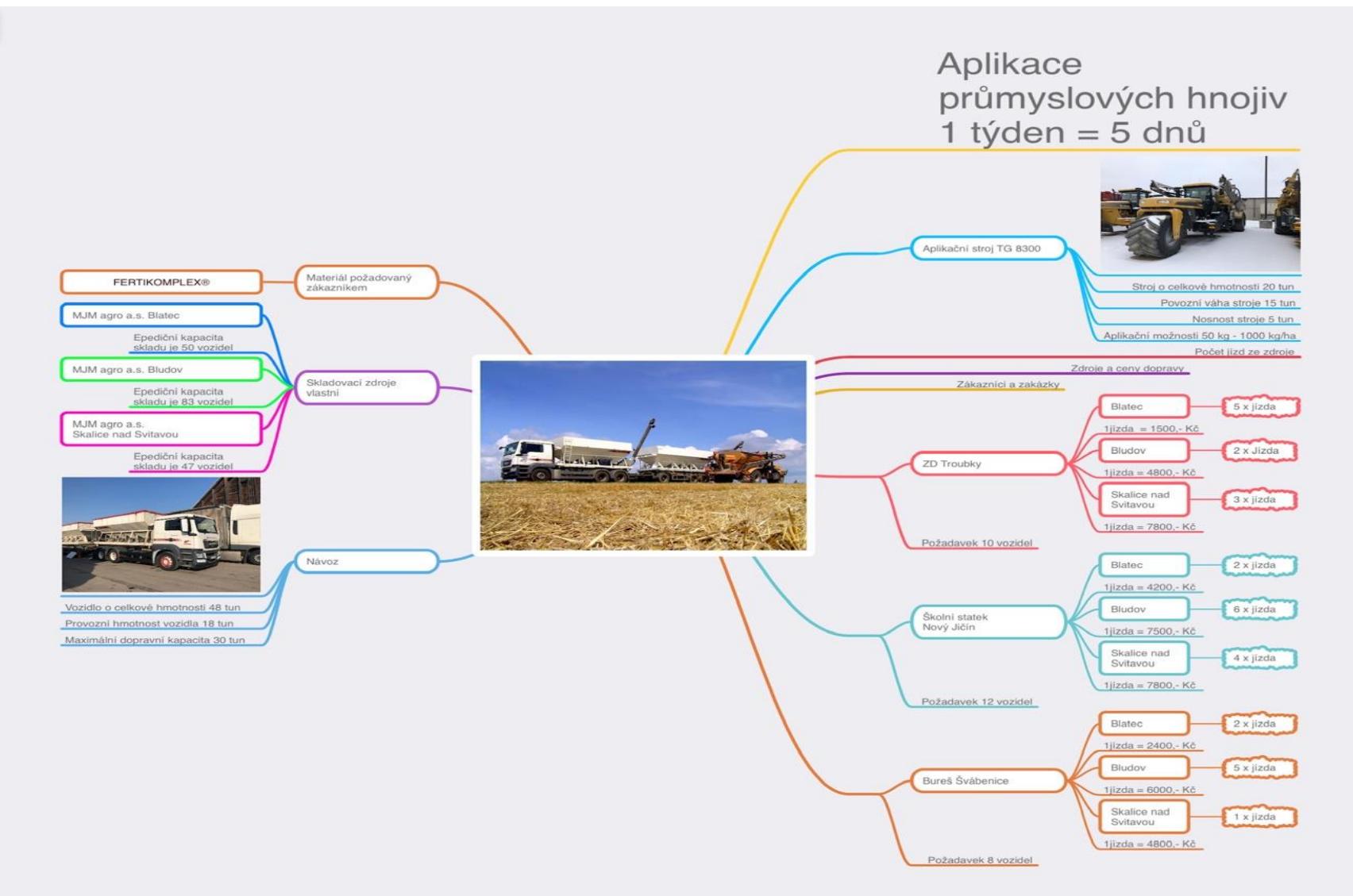
Fig. 2 názorně popisuje aplikaci průmyslových hnojiv v průběhu 1 týdne, tj. 5 pracovních dní, zdroje průmyslových hnojiv s jejich kapacitami, odběratele s jejich požadavky, ceny za přepravu a v neposlední řadě objem přepravy, tj. počet vozidel od dodavatelů k zákazníkům.

## Aplikace vápenných hmot 1 měsíc = 20 dnů



**Fig. 1 Aplikace vápenných hmot**  
Source: vlastní zpracování

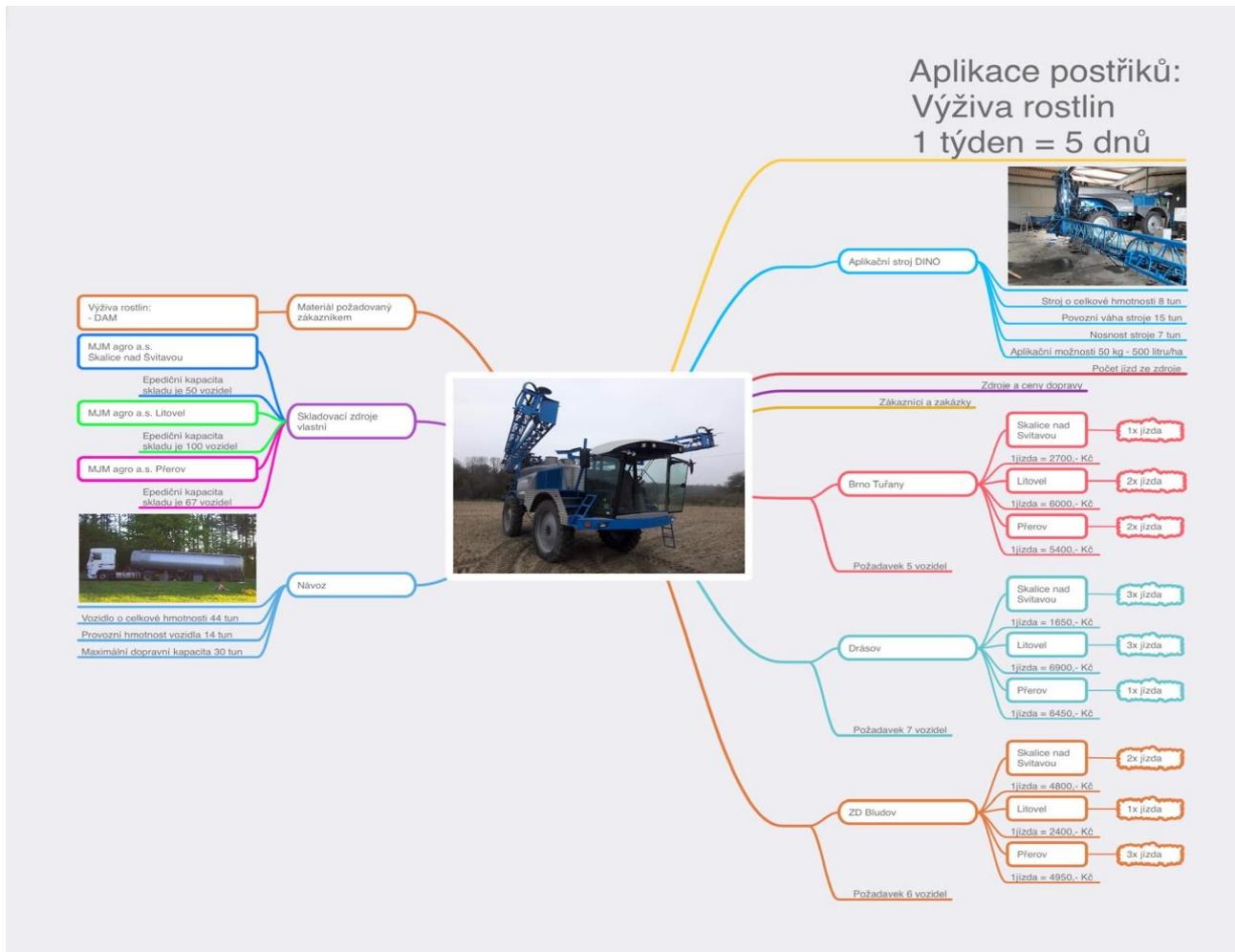
## Aplikace průmyslových hnojiv 1 týden = 5 dnů



**Fig. 2** Aplikace průmyslových hnojiv  
Source: vlastní zpracování

## Aplikace výživy rostlin

Fig. 3 názorně popisuje aplikace výživy rostlin v průběhu 1 týdne, tj. 5 pracovních dní, zdroje výživy rostlin s jejich kapacitami, odběratele s jejich požadavky, ceny za přepravu a v neposlední řadě objem přepravy, tj. počet vozidel od dodavatelů k uvedeným zákazníkům.



**Fig. 3 Aplikace výživy rostlin**  
Source: vlastní zpracování

### **3 ZPRACOVÁNÍ NÁVRHŮ NA ZKVALITNĚNÍ DOPRAVNÍHO ŘETĚZCE**

Naším úkolem je nalezení takové struktury dopravního plánu ze zdrojů k odběratelům, který podniku MJM Litovel a.s. přinese co nejvyšší zisk při respektování všech známých omezujících podmínek, mezi které patří kapacita zdrojů a v neposlední řadě snaha vyhovět požadavkům stálých odběratelů.

Abychom mohli úlohu dále řešit, musíme výše uvedené slovní vyjádření problému převést do matematického modelu úlohy. Prvním krokem je vymezení hledaných proměnných. Dále si vyjádříme tvar účelové funkce a rozobereme jednotlivé položky, ze kterých je účelová funkce složena. Druhým krokem je vyjádření omezujících podmínek, které ovlivňují hodnoty proměnných, které vyjádříme jako soustavu nerovnic. Posledním krokem je zajištění podmínky nezápornosti. Pro přehlednost si hodnoty rozhodovacích konstant s kapacitami dodavatelů a požadavky zákazníků zapíšeme do tabulky vstupních údajů.

#### **Návrh řešení dopravy při aplikaci vápenných hmot**

První aplikace se provádí u zákazníků: Hanácká zemědělská a.s. Dolany, Školní statek Nový Jičín a Zbirožská a.s. Zbiroh. Aplikaci společnost MJM Litovel a.s. provádí hnojivy, které naváží vozidlem o celkové kapacitě 30 t z vápenek neboli zdrojů a těmi jsou: Měrotín, Tmáň, Štramberk a Vitošov. Rozhodovací konstantou je cena 1 jízdy vozidla realizovaná ze zdroje k zákazníkovi.

#### **Vstupní údaje**

Vstupní údaje jsou uvedeny v Tab. 1:

**Tab. 1** Vstupní údaje

Zdroj/Odběratel	O1 Dolany	O2 Nový Jičín	O3 Zbiroh	Kapacita/měsíc [počet vozidel]
Z1 Měrotín	2100	5400	0	100
Z2 Tmáň	0	0	1800	127
Z3 Štramberk	0	900	0	133
Z4 Vitošov	2550	6900	0	333
Požadavky/měsíc [počet vozidel]	100	90	107	

Source: vlastní zpracování

#### **Matematický model**

Matematický model aplikace vápenných hmot má tvar:

$$\begin{aligned} \min f(x) = & 2100 \cdot x_{11} + 5400 \cdot x_{12} + 0 \cdot x_{13} + 0 \cdot x_{21} + 0 \cdot x_{22} + 1800 \cdot x_{23} + \\ & + 0 \cdot x_{31} + 900 \cdot x_{32} + 0 \cdot x_{33} + 2550 \cdot x_{41} + 6900 \cdot x_{42} + 0 \cdot x_{43} \end{aligned}$$

za podmínek

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 100$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} \leq 127$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} \leq 133$$

$$x_{41} + x_{42} + x_{43} \leq 333$$

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} = 100$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} = 90$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} = 107$$

$$x_{13} = 0$$

$$x_{21} = 0$$

$$x_{22} = 0$$

$$x_{31} = 0$$

$$x_{33} = 0$$

$$x_{43} = 0$$

$$x_{ij} \geq 0$$

pro  $i = 1, 2, 3, 4; j = 1, 2, 3$

### Výsledek po optimalizaci

Výsledek 483 600 Kč je cena za celkovou dopravu při aplikaci vápenných hmot uskutečněnou za 1 měsíc. Optimalizací v MS Excel byl navržen počet jízd zdroj-odběratel následovně:

$$x_{11} = 100 \text{ (Měrotín-Dolany)},$$

$$x_{23} = 107 \text{ (Tmáň-Zbiroh)},$$

$$x_{32} = 90 \text{ (Štramberk-Nový Jičín)}.$$

### Návrh řešení dopravy při aplikaci průmyslových hnojiv

Druhá aplikace se provádí u zákazníků: Zemědělské družstvo Troubky, Školní statek Nový Jičín a Bureš Švábenice. Aplikaci společnost MJM Litovel a.s. provádí hnojivy, které naváží vozidlem o celkové kapacitě 30 t z vlastních či cizích skladovacích prostor neboli ze zdrojů a těmi jsou: Blatec, Bludov a Skalice nad Svitavou. Rozhodovací konstantou je cena 1 jízdy vozidla realizovaná ze zdroje k zákazníkovi.

### Vstupní údaje

Vstupní údaje jsou uvedeny v Tab. 2:

**Tab. 2** Vstupní údaje

Zdroj/Odběratel	O1 Troubky	O2 Nový Jičín	O3 Švábenice	Kapacita/týden [počet vozidel]
Z1 Blatec	1500	4200	2400	50
Z2 Bludov	4800	7500	6000	83
Z3 Skalice nad Svitavou	7800	7800	4800	47
Požadavky/týden [počet vozidel]	10	12	8	

Source: vlastní zpracování

### Matematický model

Matematický model aplikace průmyslových hnojiv má tvar:

$$\min f(x) = 1500 \cdot x_{11} + 4200 \cdot x_{12} + 2400 \cdot x_{13} + 4800 \cdot x_{21} + 7500 \cdot x_{22} + \\ + 6000 \cdot x_{23} + 7800 \cdot x_{31} + 7800 \cdot x_{32} + 4800 \cdot x_{33}$$

za podmínek

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 50$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} \leq 83$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} \leq 47$$

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 10$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 12$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 8$$

$$x_{ij} \geq 0$$

pro  $i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$

### Výsledek po optimalizaci

Výsledek 84 600 Kč je cena za celkovou dopravu při aplikaci průmyslových hnojiv uskutečněnou za 1 týden. Optimalizací v MS Excel byl navržen počet jízd zdroj-odběratel následovně:

$$x_{11} = 10 \text{ (Blatec-Troubky)},$$

$$x_{12} = 12 \text{ (Blatec-Nový Jičín)},$$

$$x_{13} = 8 \text{ (Blatec-Švábenice)}.$$

### Návrh řešení dopravy při aplikaci postříků

Třetí aplikace se provádí u zákazníků: Brno Tuřany, Zemědělské družstvo Drásov a Bludov. Aplikaci společnost MJM Litovel a.s. provádí hnojivy, které naváží vozidlem o celkové kapacitě 30 t z vlastních či cizích skladovacích prostor neboli od dodavatelů a těmi jsou: Skalice nad Svitavou, Litovel a Bludov. Rozhodovací konstantou je cena 1 jízdy vozidla realizovaná ze zdroje k zákazníkovi.

## Vstupní údaje

Vstupní údaje jsou uvedeny v Tab. 3:

**Tab. 3** Vstupní údaje

Zdroj/Odběratel	O1 Brno Tuřany	O2 Drásov	O3 ZD Bludov	Kapacita/týden [počet vozidel]
Skalice nad Svitavou	2700	1650	4800	50
Litovel	6000	6900	2400	100
Přerov	5400	6450	4950	67
Požadavky/týden [počet vozidel]	5	7	6	

Source: vlastní zpracování

## Matematický model

Matematický model aplikace postříků má tvar:

$$\min f(x) = 2700 \cdot x_{11} + 1650 \cdot x_{12} + 4800 \cdot x_{13} + 6000 \cdot x_{21} + 6900 \cdot x_{22} + \\ + 2400 \cdot x_{23} + 5400 \cdot x_{31} + 6450 \cdot x_{32} + 4950 \cdot x_{33}$$

za podmínek

$$\begin{aligned}x_{11} + x_{12} + x_{13} &\leq 50 \\x_{21} + x_{22} + x_{23} &\leq 100 \\x_{31} + x_{32} + x_{33} &\leq 67\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{11} + x_{21} + x_{31} &= 5 \\x_{12} + x_{22} + x_{32} &= 7 \\x_{13} + x_{23} + x_{33} &= 6\end{aligned}$$

$$x_{ij} \geq 0 \\ i = 1,2,3; j = 1,2,3$$

## Výsledek po optimalizaci

Výsledek optimalizace 39 450 Kč je cena za celkovou dopravu při aplikaci postříků uskutečněnou za 1 týden. Optimalizací v MS Excel byl navržen počet jízd zdroj-odběratel následovně:

$$\begin{aligned}x_{11} &= 5 \text{ (Brno-Skalice nad Svitavou)}, \\x_{12} &= 7 \text{ (Brno-Litovel)}, \\x_{13} &= 6 \text{ (Brno-Přerov)}, \\x_{23} &= 6 \text{ (Drásov-Přerov)}.\end{aligned}$$

## 4 VYHODNOCENÍ

Při aplikaci lineárního programování v MS Excel na problém optimalizace dopravy v podniku MJM Litovel a.s. se nám z poskytnutých vstupních údajů podařilo získat nákladově a ziskově výhodnější rozvržení jednotlivých dopravních tras ze zdrojů k odběratelům.

## Aplikace vápenných hmot

Srovnání stávajícího a optimalizovaného stavu u zákazníka Dolany:

Zákazník Dolany je obslužen ze 2 zdrojů, a to Měrotín a Vitošov. Z Měrotína se jezdí 30krát a z Vitošova 70krát. Cena 1 jízdy vozidla činí z Měrotína 2 100 Kč a z Vitošova 2 550 Kč. Cena dopravy v současnosti je 241 500 Kč.

Optimalizovaný stav dopravy je navážet 100krát pouze z Měrotína a cena dopravy činí 210 000 Kč. Pokles dopravních nákladů je 13 %.

Srovnání stávajícího a optimalizovaného stavu u zákazníka Nový Jičín:

Zákazník Nový Jičín je obslužen ze 3 zdrojů, a to Měrotína, Štramberku a Vitošova. Z Měrotína se jezdí 60krát, ze Štramberku 30krát a Vitošova 0krát. Cena 1 jízdy vozidla přepraveného materiálu činí z Měrotína 5 400 Kč, ze Štramberku 900 Kč a Vitošova 0 Kč. Cena dopravy v současnosti je 351 000 Kč.

Optimalizovaný stav dopravy je 90krát pouze ze Štramberku a cena dopravy činí 81 000 Kč. Pokles dopravních nákladů je 77 %.

Srovnání stávajícího a optimalizovaného stavu u zákazníka Zbiroh:

Zde je optimalizovaný stav stejný jako současný, tudíž náklady dopravy zůstávají stejné, Zbiroh je navážen ze zdroje Tmáň, náklady na 1jízdu vozidla jsou 1 800Kč. Cena dopravy je 192 600 Kč.

## Aplikace průmyslových hnojiv

Srovnání stávajícího a optimalizovaného stavu u zákazníka Troubky:

Zákazník Troubky je obslužen ze 3 zdrojů, a to z Blatce, Bludova a Skalice nad Svitavou. Z Blatce se jezdí 5krát, z Bludova 2krát a ze Skalice nad Svitavou 3krát. Cena dopravy v současnosti je 40 500 Kč.

Optimalizovaný stav dopravy je navážet 10krát pouze z Blatce a cena dopravy činí 15 000 Kč. Pokles dopravních nákladů této přepravy činí 63 %.

Srovnání stávajícího a optimalizovaného stavu u zákazníka Nový Jičín:

Zákazník Nový Jičín je zavážen také ze 3 zdrojů, a to z Blatce, Bludova a Skalice nad Svitavou. Z Blatce se jezdí 2krát, z Bludova 6krát a ze Skalice nad Svitavou 4krát. Cena dopravy v současnosti je 84 600 Kč.

Optimalizovaný stav dopravy je navážet 12krát pouze z Blatce a cena dopravy činí 50 400 Kč. Pokles dopravních nákladů je 40 %.

Srovnání stávajícího a optimalizovaného stavu u zákazníka Švábenice:

Zákazník Švábenice je zavážen ze 3 zdrojů, a to z Blatce, Bludova a Skalice nad Svitavou. Z Blatce se jezdí v současnosti 2krát, z Bludova 5krát a ze Skalice nad Svitavou 1krát. Cena dopravy v současnosti je 39 600 Kč.

Optimalizovaný stav dopravy je navážet 8krát pouze z Blatce a cena dopravy činí 19 200 Kč. Pokles dopravních nákladů po optimalizaci je téměř 52 %.

## Aplikace postříků

Srovnání stávajícího a optimalizovaného stavu u zákazníka Brno Tuřany:

Zákazník Brno Tuřany je zavážen ze 3 zdrojů, a to ze Skalice nad Svitavou, z Litovle a Přerova. Ze Skalice nad Svitavou se jezdí 1krát, z Litovle 2krát a ze Přerova 2krát. Cena dopravy v současnosti je 26 300 Kč.

Optimalizovaný stav dopravy je navážet pouze 5krát ze Skalice nad Svitavou a cena dopravy činí 13 500 Kč. Pokles dopravních nákladů po optimalizaci je téměř 49 %.

Srovnání stávajícího a optimalizovaného stavu u zákazníka Drásov:

Zákazník Drásov je zavážen ze 3 zdrojů, a to ze Skalice nad Svitavou, z Litovle a Přerova. Ze Skalice nad Svitavou se jezdí 3krát, z Litovle také 3krát a ze Přerova 1krát. Cena dopravy v současnosti je 32 100 Kč.

Optimalizovaný stav dopravy je navážet 7krát jen ze Skalice nad Svitavou a cena dopravy činí 11 550 Kč. Pokles dopravních nákladů po optimalizaci je 64 %.

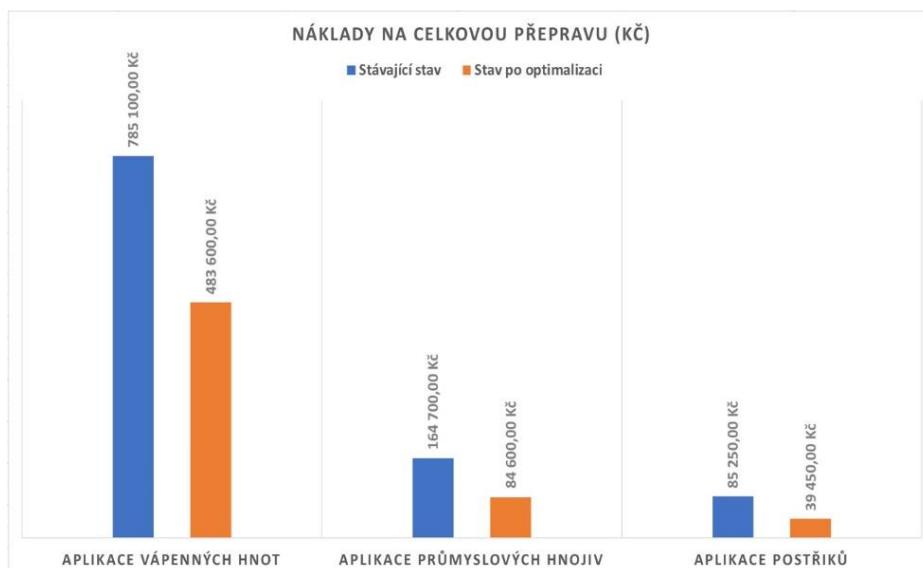
Srovnání stávajícího a optimalizovaného stavu u zákazníka ZD Bludov:

Zákazník ZD Bludov je zavážen ze 3 zdrojů, a to ze Skalice nad Svitavou, z Litovle a Přerova. Ze Skalice nad Svitavou se jezdí 2krát, z Litovle 1krát a z Přerova 3krát. Cena dopravy v současnosti je 26 850 Kč.

Optimalizovaný stav dopravy je navážet pouze 6krát jen z Litovle a cena dopravy činí 14 400 Kč. Pokles dopravních nákladů po optimalizaci je 46 %.

## Vyhodnocení nákladů na celkovou přepravu

V příspěvku uvádíme současný stav dopravních tras aplikací společnosti, které jsou stěžejní pro zisk společnosti. Optimalizace prokázala významnou úsporu nákladů při prováděných aplikacích u významných a klíčových zákazníků.



**Fig. 4** Náklady na celkovou přepravu  
Source: vlastní zpracování

Při aplikaci vápenných hmot by společnost MJM Litovel a.s. uspořila až 38 % dopravních nákladů. Při aplikaci průmyslových hnojiv by přinesla společnosti úsporu nákladů na tuto přepravu téměř 50 %. Při aplikaci postřiků by podnik ušetřil až 54 % nákladů.

## CONCLUSION

Pomocí optimalizace mají dopravní trasy od dodavatelů k zákazníkům co nejnižší náklady. Při optimalizaci dopravy byla použita metoda lineárního programování v MS Excel, která snížila náklady o značný počet financí na téměř všech trasách.

Kritériem hodnocení byla stanovena minimalizace nákladů s ohledem na existující omezující podmínky, kterými byly kapacity dodavatelů s požadavky zákazníků.

V celkovém objemu byly dopravní náklady u všech hlavních činností sníženy téměř o 50 %.

Závěrem je třeba konstatovat, že uspořené finance z optimalizací těchto činností je třeba investovat do dalšího rozvoje firmy. Máme na mysli, mzdové náklady, investice do propagace společnosti a v neposlední řadě rozšiřování aktivit společnosti MJM Litovel a.s.

## REFERENCES

- [1] Gros, I. et al. *Velká kniha logistiky*. Praha: VŠCHT, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [2] Macurová, P. et al. *Logistika*. Ostrava: VŠB-TU, 2018. ISBN 978-80-248-4158-8.
- [3] Straka, M. *Distribučná logistika*. Košice: TU v Košiciach, 2005. ISBN 80-8073-296-5.
- [4] Mazánková, R. *Dopravní řetězec v podniku MJM Litovel a.s.* Přerov, 2019. Diplomová práce. Vysoká škola logistiky o.p.s. Vedoucí práce: Ing. Michal Turek, Ph.D.