



TECHNICAL UNIVERSITY OF KOŠICE
Faculty of Mechanical Engineering

Trends and Innovative Approaches in Business Processes 2022

**Trendy a inovatívne prístupy
v podnikových procesoch 2022**



Proceedings of the XXV. International Scientific Conference

**The area of the Herlany historical spa
October 24th - 26th, 2022**



Conference Program Committee

Chairman

Dr.h.c. mult. prof. Ing. Jozef Živčák, PhD., MPH

Members / Reviewers

prof. Ing. Peter Trebuňa, PhD.
prof. Ing. Ervin Lumnitzner, PhD.
prof. Ing. Jaroslava Kádárová, PhD.
Dr.h.c. mult. prof. Ing. Jozef Mihok, PhD .
prof. Ing. Milan Gregor, PhD.
prof. Ing. Branislav Mičieta, PhD.
prof. Ing. Martin Krajčovič, PhD.
Dr.h.c. prof. Ing. Michal Cehlár, PhD.
prof. Ing. Vladimír Modrák CSc.
prof. Ing. Radovan Hudák, PhD.
prof. Ing. Gabriel Fedorko, PhD
prof. Ing. Miloš Čambál, CSc.
doc. Ing. Milan Edl, PhD.
doc. Ing. Michal Šoltés, PhD.
Dr hab. inż. Sławomir Kłos, prof. UZ
Dr hab. inż. Piotr Kuryło, prof. UZ
Dr hab. inż. Dariusz Plinta, prof. ATH
prof. Ing. Radim Lenort, PhD.
prof. Ing. Felicita Chromjaková, PhD.
prof. Ing. Ján Závadský, PhD.
prof. Ing. Petr Besta, PhD.
prof. Dr. Martin Užík
prof. Ing. Martin Straka, PhD.
Dr.h.c. prof. dr hab. inż. Józef Matuszek
Dr hab. Andrzej Kozina, prof. UEK
prof. Ing. Andrea Rosová, PhD.
prof. Ing. Ľuboslav Dulina, PhD.
prof. Ing. Martin Sisol, PhD.
prof. Ing. Marek Laciak, PhD.
prof. Ing. Michal Hatala, PhD.
prof. Ing. Lucia Bednárová, PhD.
prof. Ing. Peter Tauš, PhD.
doc. Ing. Miriam Pekarčíková, PhD.
doc. Ing. Jaroslava Janeková, PhD.
doc. Ing. Vladimír Rudy, PhD.
doc. Ing. Michal Puškár, PhD.
doc. Ing. Peter Frankovský, PhD.

doc. Ing. Peter Blišťan, PhD.
doc. Ing. Jozef Glova, PhD.
doc. Ing. Monika Zatrochová, PhD.
doc. Ing. Patrik Grznár, PhD.
doc. Ing. Patrik Flegner, PhD.
doc. RNDr. Jana Pócssová, PhD.
doc. Ing. Michal Balog, CSc.
doc. RNDr. Marianna Trebuňová, PhD.
doc. Ing. Andrea Chlpekova, PhD.
doc. Ing. Helena Makýšová, PhD.
doc. Ing. Dagmar Babčanová, PhD.
doc. Ing. Henrieta Hrablík Chovanová, PhD.
doc. Ing. Michal Šimon, PhD.
doc. Ing. David Tuček, PhD.
doc. Ing. Roman Zámečník, PhD.
doc. Ing. Marcel Behún, PhD.
doc. Ing. Oľga Glova Végsőová, PhD.
Dr hab. inż. Michał Sasiadek
Dr hab. inż. Anna Saniuk
Dr hab. inż. Waldemar Woźniak
doc. Ing. Silvia Ručinská PhD.
Dr.h.c. doc. Ing Milan Fiľo, PhD.
doc. Ing. Jaromír Markovič, PhD.
Ing. Martin Morhác
doc. Ing. Ján Vavro, PhD. ml.
doc. Ing. Miroslav Dado, PhD.
doc. Ing. Zdenka Gyurák Babel'ová, PhD.
Ing. Michaela Kočíšová, PhD., MBA
Ing. Juraj Kováč, PhD.
Ing. Martin Gašo, PhD.
Ing. Radovan Furmann, PhD.
Ing. František Koblasa, PhD.
Ing. Marek Bureš, PhD.
Ing. Mgr. Annamária Behúnová, PhD.
Ing. Martina Kuperová, PhD.
Ing. Richard Duda, MBA
Dr Tomasz Małkus

All papers were reviewed by selected members of the conference's scientific committee.



The publication of proceedings was released within the TIABP 2022 conference, supported by the following projects:

- APVV-17- 0258 Application of elements of digital engineering in innovation and optimization of production flows
- APVV-19-0418 Intelligent solutions to increase the innovative capacity of the company in the process of their transformation into intelligent companies
- VEGA 1/0438/20 Interaction of digital technologies to support the software and hardware communication platform of an advanced manufacturing system
- VEGA 1/0508/22 Innovative and digital technologies in production and logistics processes and systems
- VEGA 1/0340/21 The impact of the pandemic and subsequent economic crisis on the development of digitization of businesses and society in Slovakia
- KEGA 001TUKE-4/2020 Modernization of the teaching of industrial engineering to develop the skills of the existing educational program in specialized laboratory
- KEGA 002TUKE-4/2020 Implementation of intelligent technology and advanced technologies to support transformation processes and design future productions
- KEGA 019TUKE-4/2022 Preparation of managers of new production structures of the future based on the principles of "Overall Equipment Effectiveness" (OEE) through the education of students in the subject Production Management in the Industrial Engineering study program
- KEGA 009TUKE-4/2020 Transfer digitalizácie do vzdelávania v študijnom programe Riadenie a ekonomika podniku

NÁZOV: Trends and Innovative Approaches in Business Processes 2022
EDITORI: Ing. Marek Kliment, PhD.
Ing. Jozef Trojan, PhD.
Ing. Marek Mizerák
Ing. Laura Lachvajderová
Ing. Ján Kopec
Ing. Matúš Matiscsák
Ing. Dominika Sukopová

VYDAVATEL: Technická univerzita v Košiciach
ROK: 2022
VYDANIE: 1.
ROZSAH: 206 strán
ISBN: 978-80-553-4177-4



Obsah

A study on plastic regranulates in the production of "zero waste" packaging Tomasz TRAMŚ – Waldemar WOŹNIAK – Michał SĄSIADK – Paweł ZAJĄC	7
Description and classification of stages in product lifecycle management Martin UZIK	16
Catalysts, and what about you? Martin STRAKA – Peter KAČMÁRY	20
Aplikácie tepelných figurín pri hodnotení tepelného komfortu Ružena KRÁLIKOVÁ – Ervin LUMNITZER	27
Aplikácia environmentálnych inovácií v projektoch nových strojárskych výrob Vladimír RUDY	32
Mechanické a fyzikálne vlastnosti gumových kompozitov a ich testovanie Daniela MARASOVÁ – Ľubomír AMBRIŠKO	37
RTLS lokalizačný systém ako nástroj pre ochranu pracovníkov vo výrobných podnikoch Marek MIZERÁK – Jozef TROJAN – Peter TREBUŇA – Tomáš ŠVANTNER	42
Využitie RFID robota v logistike Matúš MATISCSÁK – Peter TREBUŇA – Marek MIZERÁK – Marek KLIMENT	47
The features of negotiations within reverse logistics cooperation Andrzej KOZINA – Tomasz MAŁKUS	53
Možnosti dimenzovania zásobníka s využitím simulácie Marek ONDOV – Peter GOMBOŠ – Ivana KRAJŇÁKOVÁ – Karolína BORTÁKOVÁ – Zuzana SEDLÁKOVÁ	67
Simulácia materiálového toku pri doprave materiálu z podzemia na povrch pomocou dvojčinného ťažného zariadenia Janka ŠADEROVÁ – Andrea ROSOVÁ – Marek ONDOV – Marian ŠOFRANKO – Tawfik MUDARRI	75
Simulačné softvéry, ako efektívny nástroj optimalizácie procesov Marek KLIMENT – Miriam PEKARCÍKOVÁ – Matúš MATISCSÁK – Jana KRONOVÁ	81
Využitie Taguchiho plánu pre optimalizáciu výrobnéj linky Lucia MOZOLOVÁ – Patrik GRZNÁR – Štefan MOZOL – Milan GREGOR – Martin KRAJČOVIČ	89



Productivity of production and possibilities of automation of the production enterprise Matej KRNOUL – Michal SIMON - Pavel VRANEK	96
Přehled průmyslové automatizace v Industry 4.0 Tomáš BROUM – Miroslav MALAGA – Michal ŠIMON – Michael FRONĚK	104
Špecifiká používania priemyselných robotov vo výrobných podnikoch na Slovensku Juraj ŠEBO	114
Mapování a modelování jako nástroj pro zlepšování procesů Tomáš MACHÁČ - Michal ŠIMON	123
Návrh robotického ramena pre mechanickú ruku mechate robot Juraj KOVÁČ	132
An overview study of the Testbed 4.0 laboratory Peter TREBUŇA – Marek MIZERÁK – Matúš MATISCSÁK – Richard DUDA	142
Pokročilé plánovanie a rozvrhovanie výroby ako súčasť digitálneho dvojčat'a Miriam PEKARČÍKOVÁ– Marek KLIMENT – Ján KOPEC – Michal DIC	148
Digitisation of production clusters as part of industrial enterprises Dominika SUKOPOVÁ – Jaroslava KÁDÁROVÁ – Juraj KOVÁČ	152
Metódy kvantifikácie a hodnotenia rizika investičného projektu Jaroslava JANEKOVÁ – Alžbeta SUHANYIOVÁ	158
Effects of intangible assets on market value: what does really matters? Jozef GLOVA – Darya DANCAKOVÁ – Alena ANDREJOVSKÁ – Michal GIMERSKÝ – Vladimíra GIMERSKÁ	164
Determinácia vplyvu daňovo neuznaných nákladov a výnosov v procese tvorby základu dane v priemyselnom podniku Alžbeta SUHANYIOVÁ – Jaroslava JANEKOVÁ	170
Importance and methods of education in companies Laura LACHVAJDEROVÁ – Jaroslava KÁDÁROVÁ– Denisa RYBÁROVÁ	180
Využitelnost' metodiky „PDCA cyklus“ v podnikovej praxi Peter MALEGA	184
Výhody a nevýhody rôznych metód 3D tlače Ján KOPEC – Peter TREBUŇA – Miriam PEKARČÍKOVÁ – Jozef TROJAN	191
3D tlač ako nástroj pri vizualizácii výrobnej haly Jozef TROJAN – Ján KOPEC – Ján KOSTKA - Martin TREBUŇA	196



Reverse engineering with 3D laser scanning technology support

Katarína ŠTAFFENOVÁ –Miroslav RAKYTA– Vladimíra BIŇASOVÁ

201



A STUDY ON PLASTIC REGRANULATES IN THE PRODUCTION OF "ZERO WASTE" PACKAGING

Tomasz TRAMŚ – Waldemar WOŹNIAK – Michał SĄSIADK – Paweł ZAJĄC

Abstract: This article discusses the management of packaging waste, from which the material is obtained, in order to produce recycled polyethylene packaging. Basic issues, related to the production of regranulates, have been identified. Tests on polyethylene regranulates of different densities (LD-PE, MD-PE, HD-PE) by the Differential Scanning Calorimetry method, (DSC) are discussed and presented.

Keywords: regranulate of PE type, Differential Scanning Calorimetry /DSC/, packaging waste management.

Introduction

In many companies in the plastics processing industry, the source material for the production of regranulate, is recycled packaging, such as, bags, bottles, boxes, etc. As described by Gabryelewicz et al (2021), plastic waste is generated at different stages of the supply chain. The multi-stage and complex design of technological processes and the variety of materials used to produce packaging, significantly affect the quality and the possibility of grouping together the resulting waste. An example may be the information design guidelines and marketing elements on the packaging, such as the labels and description and/or bar code GS-1 13, indicating the use of such materials, including any adhesives, for example paint and glue which, in the course of the recycling of the packaging can be separated from the primary packaging and then dissolved in water, in order not to introduce additional impurities in subsequent stages of the production of the regranulates.

Nevertheless, segregated waste, when properly segregated at the place of origin, in accordance with the applicable legislation as stated by Zajac et al (2021), is not, contrary to appearances but technologically speaking, an easy or cheap source of raw materials for the production of regranulates. A classic example already described in the articles could be a PET bottle, in which the big problem is not only the unscrewed cap, but the part that remains on the neck of the bottle that protects the cap, which very effectively interferes with the high-efficiency recycling of plastic. The same applies to packaging composed of PE polyethylene; typically, these are bags for vegetables and fruit in supermarkets or garbage bags used in households and the economy in the wider sense of the word. Unfortunately, collecting them, already separated for reprocessing, for the production of PE regranulate, does not take into account the need to segregate PE, due to the different density of the material, i.e., segregating into packaging composed of MD-PE, LD-PE or HD-PE. Moreover, the latest solutions in the EU, consisting in the production of three-layer film, pose many recycling problems. Packaging, intended for recycling, is not - and probably will never be – sorted, in terms of the quality of the raw material from which it was produced, that is from the very poorest quality, to that made of the best, virgin-quality, pure, original granules.

In accordance with the legislation of 14 December 2012, Waste Act (Legal Journal 2013, item 21), waste management should be understood as the collection, transport and processing of waste, including the supervision of such activities, as well as the subsequent management of waste disposal sites and activities carried out by dealers in waste, or other waste trade intermediaries [Zajac et al (2021)]. According to the above-mentioned legislation, the producer



of the waste should arrange matters in such a way as to prevent creating waste in the first place or at the very least, he/she should ensure that waste is produced as minimally as possible (Chamier-Gliszczyński 2010). As described Ekvall et al. (2005), Chamier-Gliszczyński 2011, Chamier-Gliszczyński 2011a, in addition, it is necessary to limit its harmful effects on the environment when manufacturing products, during production and during use thereof, as well as at the end of the life of the product. However, if it is not possible to stop it, then it is necessary that according to Chamier-Gliszczyński 2011b, Chamier-Gliszczyński and Krzyżyński 2005 every effort be made to recover secondary raw materials in accordance with environmental standards. Residues which cannot be recycled should be disposed of in accordance with environmental rules.

In Section II, Chapter 6, Article 23, point 1, it is noted that waste is collected selectively. According to Zajac et al (2021), Pach (2011), Dmitruk et al (2019), the above sentence suggests that segregation, in this case, is a priority that each one of us, as well as all waste generators, should strive for. An important issue raised in the legislation on waste is the waste management plan, which has been developed to achieve the goals set out in the state's environmental policy, in order to create a sufficient number of installations and equipment for the processing and disposal of waste.

In order to implement the above provisions, in practice, the plastic element is collected from the waste site and is then transported and stored in landfills, usually on hardened surfaces; these are sometimes equipped with a controlled drainage system, onto which the compactor lays it in the form of a prism, the process of storage and preparation for secondary processing. Usually, the prism is not protected from interference by animals and birds, or from rainwater which, additionally, can contaminate the waste.

Post-use polyolefin waste, stored in the above environmental conditions (i.e., synthetic polymer materials, among others PE and PP), after preliminary segregation, goes into machines integrating the granulation and compounding processes, which form lines of regranulate production. The key elements of such a line are the mills to which waste is transported by means of closed transport and a single or multi-screw extruder which, under the influence of temperature and pressure, plasticises the polymer and then transports it, through sieves, in order to clean it. The final product of this process is the regranulate, which can be used in re-production. Modern recycling systems, in the process described above, enable regranulate quality control by reducing the number of:

- substances that deteriorate in processing,
- residues from product packaging, referred to, in the trade, as paint residues,
- additives improving the coefficient of friction, added in transport-forwarding and/or in storage processes,
- cellulose residues,
- adhesive residues,
- other plastics, with different melting points, which, as a result of sorting errors, are found to contain polyethylene, such as, polyamide, polyester and others,
- specks of earth, sand (quartz),
- wood residue,
- metals (non-ferrous and steel),
- moisture (water) and gases.

Nevertheless, as a result of waste processing in the production process, regranulate is obtained independently of its origin. Therefore, it is necessary to clean it with a metallic element such as quartz etc., because the impurities complicate, not only the technological process, with such as



blocked blowers, but also disturb the stability of production on account of defective/inferior products.

Generating waste, not only in the processing of plastics, need not be associated with the improper operation of a production line or technological errors in production processes. Waste generation is normal because each time a new production order is launched, it requires setting/selecting technological parameters for the process, or carrying out product quality control, including the use of destructive methods and other functional tests.

As Zając et al (2021), Mayer et al (2010) notes the waste thus generated can, alternatively, be:

- placed in the waste management system described above, based on,
- used for self-production through the closed-loop recycling system, e.g., through one's own recycling lines.

Companies "know" their own waste because it has passed through their own production lines, unlike regranulates bought on the market and produced on the basis of very diverse, random waste from different branches of the plastics processing economy. Nevertheless, mixing the resulting regranulate from "own waste" with regranulate purchased on the market, becomes more efficient while, at the same time, maintaining a high quality of production.

1. Basic studies of regranulate for processing

Although each granulate and regranulate should have a product card, practice shows that it does not always accurately reflect the actual technological parameters of composition / quality. The quality of manufactured products requires compliance with certain rigours in the production process, which then requires a knowledge of the processing properties of the specific regranulate used in the production and of the source of its origin, as well as accuracy, regarding date of production, batch or specific 'big-bags' as in warehouse packaging. This allows companies in the plastics processing industry to consider whether, for example, co-operation with a specific or group of suppliers is stable and will not disrupt the production process using regranulates as raw materials. Nevertheless, in order to ensure the quality of the raw material purchased, the practice requires each delivery of regranulates to undergo quality tests, determined by the polymer flow index, in accordance with the PN-EN ISO 1133-1:2011 standard.

The melt flow index belongs to the group of useful processability indices and is the basic parameter of the processability of thermoplastic polymers. It is used to assess the suitability of plastics for processing by injection and extrusion methods. The higher the numerical value of the flow rate indicator, the easier the material flows through the channels in the injection mould or in the extruder head, with lower flow resistances and lower drops, in pressure. In general, it can be assumed that materials having a higher melt flow rate are more processable and generate fewer processing problems.

The instrument used to determine the flow rate is a load plastometer. The plastometer consists of a steel piston placed in a steel cylinder which is heated by electric heaters. At the end of the cylinder is a nozzle with standard dimensions with an opening through which the molten material, pressed out by the piston, flows. At the end of the piston, there is a replaceable load. Maintaining the set temperature and sampling is ensured by an automatic control system.

Measurement of the melt flow rate consists in squeezing the molten material through the nozzle and determining its mass or volume under specific measurement conditions. The melt flow rate (MFR) and the melt volume rate (MVR) can then be ascertained. The melt flow rate is a number expressing the mass, in grammes, of the molten material extruded through a nozzle of standard diameter and length, under standardised conditions of temperature, measurement time and applied load. In turn, the volumetric flow rate index is defined analogously and is a number

expressing the volume of the molten material in cm^3 , embossed by a nozzle of a given shape and size under a given load, at a given temperature and at a given reference time.

Typical measurement temperatures are 190°C and 230°C . The standard load, used for the measurement, ranges from 0.325 kg to 21.6 kg, the most commonly used load values being 2.16 kg or 5 kg. The reference time is taken to be 10 minutes and the unit of mass flow rate is $\text{g}/10\text{min}$ with the unit of volumetric flow rate being $\text{cm}^3/10\text{ min}$. The dimensions of the hole in the nozzle and the plunger for squeezing the material, depend on the design of the plastometer; it is assumed that the nozzle should be 8 mm long, the hole in the nozzle should be 2 mm in diameter and the piston should be 9.5 mm in diameter.

2. Basic testing stand

Measurements of the melt flow index, in the research process, were performed using an Instron load plastometer, model CEAST MF20. The general features of the plastometer are shown in Fig. 1.



Fig. 1. General features of the CEAST MF20

The plastometer was connected to a PC while measuring the melt flow index; accessing and processing the measurement data were carried out using VisualMELT C-0710-650 software.

In order to determine the melt flow rate, the plastometer with the nozzle, is heated to the desired temperature and then about 3 grammes of the test material, in the form of granules, are introduced into the cylinder. The material, having been inserted into the cylinder should be pre-kneaded with a kneader, which is supplied with the plastometer; the piston should then be mounted load-free. In this state, the material is heated and melts during pre-heating, which should take about 5 minutes. The load is then placed onto the piston and the encoder lever is brought to the initial position. After the piston has reached the pre-defined initial position, the device automatically starts measuring the flow rate by periodically cutting off pieces of the

extrudate, squeezed out by the plastometer nozzle onto a pre-determined measuring section of the plastometer piston, sliding under the load.

The operating principle of the CEAST MF20 plastometer allows the volumetric flow rate to be measured, expressed in cm³/10 min. The MVR value is read directly in the VisualMELT C-0710-650 programme and is determined using the formula:

$$MVR_{(T, m_{nom})} = \frac{A_m \cdot t_{ref} \cdot L}{t} \quad (1)$$

where: MVR – volumetric flow rate indicator in cm³/10min, T – measurement temperature in °C, mnom - piston load in kg, and m – average cross-sectional area of the piston and cylinder in cm², tref – reference time equal to 600s, L – length of the cut-off step in cm, t - time of the cut-off step in s.

The value of the melt flow rate volume obtained, is given as an average; in addition, the standard deviation is calculated. The data recorded by the plastometer and transmitted to VisualMELT C-0710-650 software can be exported as a *.csv file Sample results saved in a *.csv file are shown in Fig. 2.

Parameter Name	Compiler	Comment	Date	Melt Type	Melt Type Unit	Standard Name	Temperature	Temperature Unit
Regranulat 7 04.03.2020	CEAST Lab.	Melt Flow Modular TEMPLATE parameters set	04.03.2020 19:45:52	1		ISO 1133 D	190	°C
Load	Load Unit	Pressure	Pressure Unit	MFR-MVR Expected Title TYPE	MFR-MVR Expected	MFR-MVR Expected Unit	Step length	Step length Unit
2.16	kg	0	Pa	MVR	1	cm ³ /10min	30	mm
Test name	Instrument Name	Reference	Specimen weight	Specimen weight Unit	Density	Density Unit	Test date	Operator name
Regranulat 7 04.03.2020	MF20	0	1.596	g	1	g/cm ³	04.03.2020 19:26:42	TN
Number Of Received Measures	Number Of Valid Measures	Total Time	Total Time Unit	MFR Mean	MFR Mean Unit	MFR Std. Deviation	MFR Std. Deviation Unit	MFR Sigma
15	15	0	s	2.29	g/10min	0.189	g/10min	0.189
N.	Time [s]	Measure [mm]	MFR [g/10min]	MVR [cm ³ /10min]	ShearRate [1/s]	Viscosity [Pa·s]		
1.	37.07	2	2.3	2.3	4.247	4558.276		
2.	28.79	2.004	2.968	2.968	5.48	3533.123		
3.	36.96	1.985	2.29	2.29	4.228	4578.722		
4.	37.94	2.011	2.26	2.26	4.173	4639.731		
5.	37.87	1.99	2.241	2.241	4.138	4679.177		
6.	38.39	2.015	2.238	2.238	4.132	4685.317		
7.	37.85	1.994	2.246	2.246	4.147	4668.187		
8.	38.02	1.995	2.237	2.237	4.131	4686.556		
9.	38.05	1.996	2.237	2.237	4.13	4688.151		
10.	38.38	2.019	2.243	2.243	4.141	4675.06		
11.	38.16	1.996	2.23	2.23	4.118	4701.826		

Fig. 2. Appearance of data from the plastometer, saved as a *.csv file

Due to the fact that the MVR volumetric melt flow rate is much less common, and the material data sheets, in most cases, provide the mass melt flow rate MFR, the MVR was calculated separately. For this purpose, the value of the cut-off step time was used, as recorded by the plastometer; this was then converted as an average value for the measurement taken, while the total weight of cut-off pieces of extrudate was used and was measured with a laboratory balance (moisture analyser). The value of the mass flow rate indicator is determined by the formula:

$$MFR_{(T, m_{nom})} = \frac{m_{sr} \cdot t_{ref}}{t} \quad (2)$$

where: MFR – mass flow rate in g/10min, T – measurement temperature in °C, mnom - piston load in kg, mavg – the average mass of the measuring samples in g, tref – reference time equal to 600s, t - cut-off step time in s.

On the basis of the volumetric and mass flow rate results obtained, the melt density of polyethylene regranulates was determined. The determination of the regranulate density was treated as supplementary information, as it was recognised that the knowledge of the differences in the density of the material may be a criterion for distinguishing low-density polyethylene from other types of polyethylene, such as, medium-density and high-density. The density in the molten state can be determined by the formula:

$$\rho_T = \frac{MFR}{MVR} \quad (3)$$

where: ρ_T – density of the molten material in g/cm³, T - measurement temperature in °C.

3. Test results for primary plastics and polyethylene regranulates

The results of the melt flow index of two primary materials and eight regranulates are shown in Table 1. The results of the melt density tests are presented in Table 2.

Tab. 1 Results of measurements of the volume and mass flow rate of primary plastics and polyethylene regranulates

Material tested	Gran. 1 (virgin type)	Gran.2 (virgin type)	Reggranulate 1	Reggranulate 2	Reggranulate 3	Reggranulate 4	Reggranulate 5	Reggranulate 6	Reggranulate 7	Reggranulate 8
Volumetric Melt Flow Rate MVR (2.16 kg, 190°C) [cm ³ /10 min]	1.282	4.663	1.864	1.770	1.981	0.688	0.644	0.914	0.666	1.898
Mass Melt Flow Rate MFR (2.16 kg, 190°C) [g/10 min]	0.976	3.543	1.428	1.345	1.527	0.541	0.500	0.742	0.524	1.446

Tab. 2 The value of the density of primary plastics and polyethylene regranulates in the molten state

Material tested	Gran. 1 (virgin type)	Gran. 2 (virgin type)	Reggranulate 1	Reggranulate 2	Reggranulate 3	Reggranulate 4	Reggranulate 5	Reggranulate 6	Reggranulate 7	Reggranulate 8
Molten density ρ_T [g/cm ³]	0.761	0.760	0.766	0.760	0.770	0.787	0.776	0.812	0.787	0.762

The results from Tables 1 and 2 are shown, graphically, in the graphs in Fig. 3, Fig. 4 and Fig. 5.

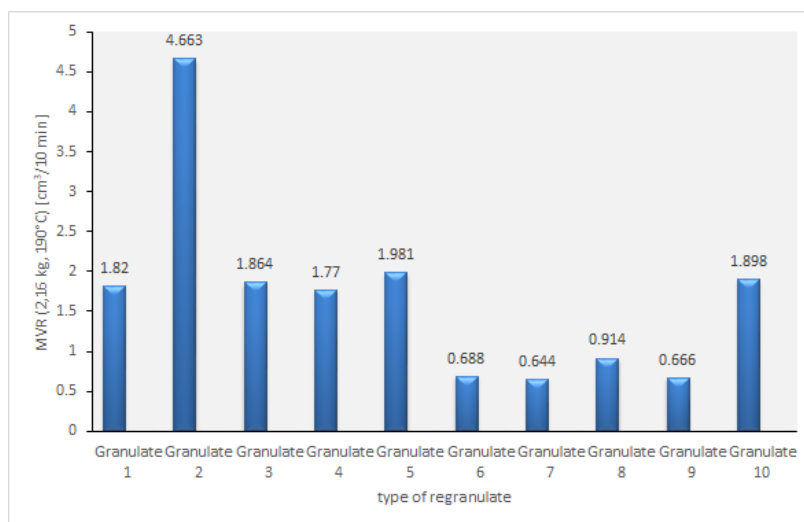


Fig. 3. The value of the volumetric flow rate of primary plastics and polyethylene regranulates

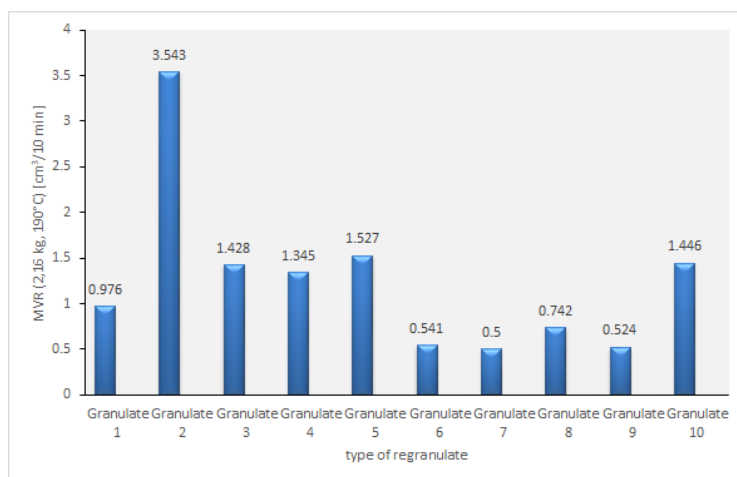


Fig. 4. The value of the mass flow rate of primary plastics and polyethylene regranulates

Table 3 compares the values of the mass flow rate index tested, with those declared by suppliers and manufacturers. In the case of primary polyethylene granulate 1 and regranulates 1, 3 and 6, these values were consistent, while in the case of primary polyethylene granulate 2, the value tested was lower than the declared value by about 10%; in the case of other regranulates, it was not possible to compare the results.

Tab. 3 Comparison of the mass melt flow rate

Material tested	Gran. 1 (virgin type)	Gran. 2 (virgin type)	Regranulate 1	Regranulate 2	Regranulate 3	Regranulate 4	Regranulate 5	Regranulate 6	Regranulate 7	Regranulate 8
Declared MFR (2,16 kg, 190°C) [g/10 min]	1	4	0.96÷1.6	n.d.a.	1.1÷1.6	n.d.a.	n.d.a.	0,61÷0.95	n.d.a.	n.d.a.
MFR tested (2.16 kg, 190°C) [g/10 min]	0.976	3.543	1.428	1.345	1.527	0.541	0.500	0.742	0.524	1.446
	compliant	the difference is about 10%	compliant	-	compliant	-	-	compliant	-	-

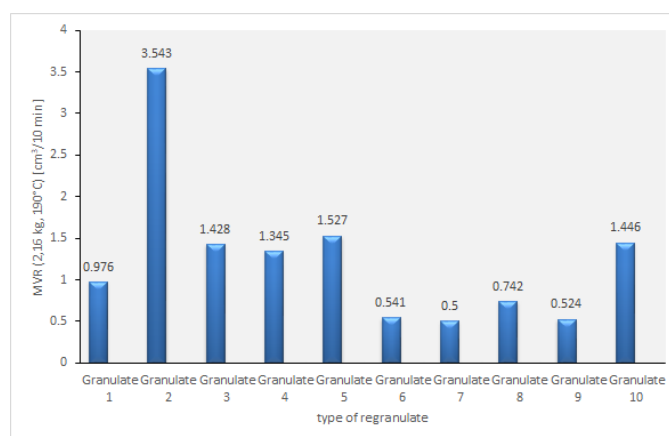


Fig. 5. Melt density values of primary plastics and polyethylene regranulates



For mass flow rate, MFR tests (2.16 kg, 190°C) primary plastics confirmed the MFR value (2.16 kg, 190°C) as specified by the manufacturer for polyethylene LDPE Exceed. For LD-PE Tipolen polyethylene it was shown that the measured MFR (2.16 kg, 190°C) was about 10% lower than the value specified in the TDS material card.

Conclusion

The introduction of regranulate control by companies processing polymers using the following indicators MFR, MVR, allows the volume of waste, generated on production lines, to be reduced and the time taken up by technological start-ups, to be shortened. This is particularly important in the case of large companies that deliver regranulate for production machines through a central charging system and via numerically controlled, pneumatic transport systems. Continuous testing of regranulate requires companies to co-operate with an external laboratory or purchase research equipment and conduct tests personally. Nevertheless, it should be said that conducting research becomes a necessity for modern companies implementing the EU's "zero waste" strategy.

Performing regranulate tests provides a range of qualitative, technological, chemical and strength information which is invaluable from the point of view of a company because they can be used to create a competitive advantage in plastic producing, manufacturing industries.

Acknowledgements

This article was prepared and published as part of the project: ‘The line for the production of high-quality regranulate from own printed film waste in a closed loop. no. POIR.01.01.01-00-0783/19’ funded by the Polish National Centre for Research and Development (NCBiR).

References

- [1] Dmitruk, A., Mayer, P., Pach, J. (2019). Pull-off strength and abrasion resistance of anti-corrosive polymer and composite coatings. *International Journal of Surface Science and Engineering*, 13(1), 50-59.
- [2] Pach, J. (2011). Tworzywa sztuczne–odzysk i recykling. *Recykling*, (9), 32-33.
- [3] Mayer, P., Pach, J. (2010). Zastosowanie nowoczesnych kompozytów polimerowych z włóknami węglowymi i szklanymi w motoryzacji. *Przegląd Mechaniczny*, 30-34.
- [4] Zajac, P., & Poznański, J. (2021). Management Model Improving Environmental Protection.
- [5] Zajac, P., Stas, D., & Lenort, R. (2020). Noise Charge in Rail Transport-EU Regulations Versus Operation of Logistics Systems. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 22.
- [6] Gabryelewicz I., Wędrychowicz M., Krupa P., Woźniak W. (2021). Environmental Loads Resulting from Manufacturing Technology. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 22. Vol 23 Year 2021 ISSN 1506-218X pp. 613-628, <https://doi.org/10.54740/ros.2021.043>,
- [7] Ekvall T., Tillman A.M., Molander S., (2005). Normative Moral Philosophy and Methodology for Life Cycle Assessment. *Journal of Cleaner Production* 13.
- [8] Chamier-Gliszczyński, N., Krzyżyski, T. (2005). On modelling three-stage system of receipt and automotive recycling. *REWAS'04, Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology 2005*, 2813-2814, Madrid, Spain, 26-29 September 2004, Conference Paper, ISBN: 8495520060.



- [9] Chamier-Gliszczyński, N. (2010). Optimal Design for the Environment of the Means Transportation: A Case Study of Reuse and Recycling Materials. *Solid State Phenomena*, 165, 244-249. DOI: 10.4028/www.scientific.net/SSP.165.244
- [10] Chamier-Gliszczyński, N. (2011). Recycling Aspect of End-of Life Vehicles. Recovery of Components and Materials from ELVs. *Key Engineering Materials*, 450, 421-424. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.450.421
- [11] Chamier-Gliszczyński, N. (2011a). Reuse, Recovery and Recycling System of End-of Life Vehicles. *Key Engineering Materials*, 450, 425-428. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.450.425
- [12] Chamier-Gliszczyński, N. (2011b). Environmental aspects of maintenance of transport means, end-of life stage of transport means. *Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability*, 50(2), 59-71. <http://ein.org.pl/podstrony/wydania/50/pdf/07.pdf>

Contact address

Mgr inż. Tomasz Trams
Polipak sp. z o.o.
ul. Fabryczna 7, 63-000 Środa Wielkopolska, Poland
e-mail: t.trams@polipak.com.pl

DESCRIPTION AND CLASSIFICATION OF STAGES IN PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT

Martin UZIK

Abstract: This article deals with the issue of using a PLM software solution as suitable for creating a software platform for managing data on selected products and subsequent cooperation between, for example, a customer and a seller. Products can have different activities during their life cycle. Based on this, 5 basic stages of the product life cycle were designed.

Keywords: PLM, production, stage

Introduction

PLM is an abbreviation for the English term Product Lifecycle Management, which refers to the process of managing the complete life cycle of a product, from its first concept, through detailed design, production and after-sales service to its disposal.

Sometimes this term is misunderstood to mean only the so-called PDM software, which is used in the partial phases of the PLM process to manage engineering design data and communication between designers. In addition to the necessary computer applications, Product Lifecycle Management includes standardized workflows, business systems, key data and also appropriately trained personnel. Such a complex unit can be used as the core system of a manufacturing company or any other company and results in a physical product [1].

1. PLM – Product Lifecycle Management

The definition of PLM, as a software solution, includes a seamless collaborative infrastructure of computer applications used to work with product data throughout its "life", where its "conception" is understood as the recording of the first idea about the form or function of a product into this system. As such, the PLM system covers all product data management and electronic communication between all stakeholders, including customers (CRM), all necessary resources (ERP) and the supply chain.

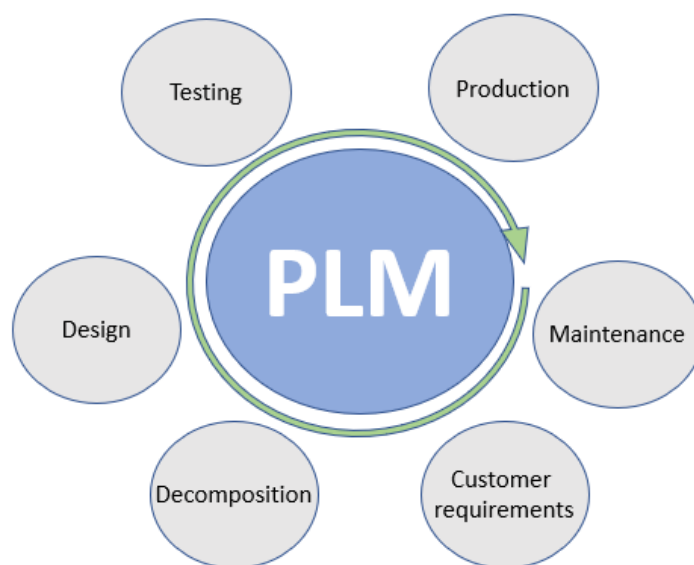


Fig. 1 PLM platform

2. PLM stages

There are 5 stages in the product life cycle:

- development,
- definition (introduction),
- implementation (growth),
- support and use (maturity),
- disposal (decline).

In each of these stages of product life cycle, the product reaches a different state.



Fig. 2 The 5 stages of product lifecycle

Product lifecycle activities can be different as each industry is different in certain processes. Therefore, companies in different industries have a different view of the product life cycle. Regardless of which industry a company is in, the activities associated with the product life cycle can be summarised in the following 5 phases.

None of these life cycle phases can be isolated and seen as an isolated entity. The primary component of PLM is the coordination and management of information about the final product. PLM is associated with the management of technical changes, component release status, variations in product configurations, document management, production scheduling, and risk assessment. To manage these tasks successfully, it is necessary to manage graphical, textual data, e.g. BOM (bills of materials), at the technical level it is PDM (product data management) software, at the enterprise level it is EDM (enterprise data management) software. These systems are further linked to other enterprise systems such as SCM (supply chain management), CRM (customer relationship management) and ERP (enterprise resource planning).

The stage of development

It is the first stage of the entire product life cycle. The product at this stage is not in physical form, but is only at a theoretical level. The company is working out what the product will look like, what features it will have, what manufacturing processes will be used and many other factors. The opinion of customers, the market, society and regulators is also essential at this stage. By combining all the knowledge obtained, the technical parameters of the product can be defined. Simultaneously, an initial concept is carried out at this stage, which defines the appearance of the product as well as the main functional characteristics. This phase ranges from simple pen sketches to complex 3D models.

In some companies, the development phase also includes the investment of resources in research or analysis of production options, e.g. moving into the definition stage because some things might not work. That way, it is always possible to go back to the initial phase and modify the parameters to suit and make the final product meet the customer's requirements. In terms of business development, during the development stage, the company must also deal with financial analysis, business development, market analysis, patent strategy and the name of the venture or enterprise.



The stage of definition (introduction)

At this stage, a more detailed design and development of the final product form, testing of prototypes, ranging from the basic release to full launch of the product, begins to be addressed. It also includes redesign and enhancement of the existing products and their planned obsolescence. CAD drawings are the primary source of information for development and design at this stage of the life cycle. These range from simple 2D drawings to 3D parametric modeling of objects or surfaces. In many cases, hybrid modeling, reverse engineering, non-destructive testing, and assembly design are also used to ensure the most optimal product performance. Simulation and optimization is performed using CAE (computer-aided engineering) software, which is used to perform stress analysis, finite element analysis, and simulation of mechanical events. CAQ (computer-aided quality) is used for small tolerance analysis.

The stage of implementation (growth)

Once the design of the product components is completed, the way in which the product will be manufactured is defined. The implementation phase involves CAD (computer-aided design), such as tooling design, creating instructions and CNC machining centre feeds for the individual product components. Integrated or stand-alone CAM (computer-aided manufacturing) software is used, which includes analytical tools to simulate manufacturing process operations such as casting, moulding, die-forming, etc.

CPM (corporate performance management) is also coming into play, which includes tools such as CAPE (computer-aided production engineering), CAP (computer-aided production) and production simulation (press line simulation, tool selection management). Following the product manufacturing process, verification of the geometric shape and dimensions using the original CAD data is enabled. In parallel with the engineering tasks, product configuration and marketing documentation are performed.

The stage of support and use (maturity)

During the support and product use stages, the product of the company is used by the customer. In this phase, the company provides the customer with a report on operational information, e.g. repair and maintenance information both for customers and for product support service providers, a manual on correct handling and safety requirements.

The stage of disposal (decline)

The disposal/decline stage is the last phase of the product life cycle, when the product no longer adds any value to the customer and is unusable, or is still usable but with a high degree of wear and tear, and the customer finds it more profitable to purchase a new model. At this stage, the company offers information on recycling the product. Each product has special characteristics, so its disposal, destruction of material items or information should be carefully considered, as hasty liquidation can have serious consequences.

Conclusion

Nowadays, every company is trying to shorten the development time of new products, but on the other hand, to multiply the number of variants of the products offered. Connectivity across the enterprise, across production halls and with partners in real time and at the point of need requires increasingly dynamic processes that demand adaptability and sufficient flexibility from the enterprise. It is believed that the right tools, technologies as well as standards, if properly



used and implemented in the production process and in the product lifecycle itself, enable companies to increase their competitiveness and lead them to remarkable improvements. The challenge faced by the PLM system is to provide stakeholders with the necessary information to facilitate their decision-making and improve administrative efficiency. PLM must provide a time-based interface to stakeholders, components and processes. The motivation for companies to use PLM system as efficiently as possible is to have a more detailed understanding of the entire product system, improve the decision making activities of the company and more formally access the necessary information within the development process, increase profits from product manufacturing, reduce the costs associated with production, improve the value of product portfolio and achieve a peak user value of the manufactured products as well as future products for customers and management.

References

- [1] BRUCKER, P.: Scheduling algorithms, Springer, Berlin, 2001.
- [2] CURRAN, R.: Collaborative Product and Service LifeCycle Management for a Sustainable World. Proceedings of the 15th ISPE International Conference on Concurrent Engineering (CE2008). Londýn: Springer, 2008. 620 s. ISBN 978-1-84800-971-4.
- [3] Process Designer: Siemens. Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Corporate Information, 2015 [online]. [cit 2018-23-4]. Available on: <http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/tecnomatix/assembly_planning/process_designer.shtml>.
- [4] TREBUŇA, P. - KLIMENT, M. - FILO, M. - MARKOVIČ, J. - HALČINOVÁ, J.: PLM systems, their history and application today in business process modeling, In: Mechanics: Scientific researches and methodical development. No. 7 (2013), p. 129-133. - ISSN 2227-1104.
- [5] TREBUŇA, P. - KLIMENT, M. - FILO, M.: Komparácia modelov životného cyklu produktu s prihliadnutím na environmentálne aspekty vo výrobe produktov, In: Strojárstvo Extra. Roč. 18, č. 4 (2014), s. 82-83. - ISSN 1335-2938.

Contact address

Prof. Dr. Martin Uzík
Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin
Badensche Straße 52
10825 Berlin
e-mail: martin.uzik@hwr-berlin.de



CATALYSTS, AND WHAT ABOUT YOU?

Martin STRAKA – Peter KAČMÁRY

Abstract: The platinum group metals (PGMs) palladium, platinum, and rhodium represent the key materials for automotive exhaust gas treatment. Since there are currently no adequate alternatives, the importance of these metals for the automotive industry is steadily rising. The high value of PGMs in spent catalysts justifies their recycling. The state-of-the-art technology is to melt the ceramic carrier and collect the precious fraction in a liquid metal bath. As the feed material has quite high melting points, huge amounts of energy are required for this process. Hydrometallurgical treatments of the spent catalysts offer the possibility to recycle the PGMs with fewer costs because of less energy and time demands. Moreover, automotive catalysts contain further valuable materials to improve the exhaust gas treatment. These compounds, like cerium oxide, cannot be recovered in pyrometallurgical processes. There is a study and results of spent catalysts from the sample from Slovakia in the end of this article.

Keywords: statistics, auto catalyst, environment, precious metals

Introduction

Since the 1950s, all major car manufacturers began to devote to reducing the proportion of toxic substances in the exhaust gases and it is that road transport is involved in more than 90% in the overall environmental pollution. The effort of car manufacturers for reduction in emission production is supported by legislation since the late 60s when the first emission standard has been adopted by the exhaust limit values in the California. In Europe, the first emission standard began in 1971, when it is clear that the share of products based on power equipment based on the combustion process will also have an increasing trend to completely exhaust fossil energy resources. The only way to reduce the share of toxic substances in flue gas is to streamline combustion process and simultaneously eliminate the toxic impact of imperfect combustion products by chemical procedures. The catalyst life is estimated at 128,000 km, depending on how combustion engine use. Since the catalyst contains noble platinum metals whose occurrence in the environment is limited, at the end of its life, platinum metals are obtained from the exhausted car catalysts. Opposite to positives that the catalyst brings in reducing the amount of exhalation in the air, it also has a negative impact on the environment in the form of release of platinum metal particles. The high price of these metals led to intensive research activities to substitute them. Nowadays no cheaper materials are available that offer similar properties for these kinds of catalytic reactions. Based on the facts that every new car has to be equipped with a catalytic converter and the number of car registrations is steadily increasing, the demand for platinum group metals (PGMs), particularly platinum, will grow continuously. Taking into account that one catalytic converter contains approximately from 1 g up to 15 g of PGMs, it could be easily supposed that this field represents the main application for palladium, platinum and rhodium.

Many authors have been already dealing with the recycling process itself. Nowadays this is a very often mentioned topic with respect to the environment. Authors Alexandra Končalová and Alena Dubcová are focused on The development of recycling in the waste management concentrate the development of waste recovery in the Slovak Republic with emphasis on its regional differences [1]. Authors DengyeXun, Han Hao, Xin Sun, Zongwei Liu, Fuquan Zhao at article titled End-of-life recycling rates of platinum group metals in the automotive industry:



Insight into regional disparities [2] talk about the unavailability of natural resources in relation to precious metals and the need for recycling materials that contain these rare metals. They are also dealing with regional differences in recycling materials that mentioned rare metals contain. Authors George Asimellis, Nikolaos Michos, Ioanna Fasaki, Michael Kompits, in article titled Platinum group metals bulk analysis in automobile catalyst recycling material by laser-induced breakdown spectroscopy [3] have developed an application to detect noble metals in the catalyst. The application is based on a laser-induced spectroscopy. A true catalytic catalyst form in powder form was used to develop the application. This method requires approximately 1.5 minutes of the sample examination. The accuracy of noble metals can determine with a 3 percent deviation. Authors Yunji Ding and colleagues in article Highly efficient recovery of platinum, palladium, and rhodium from spent automotive catalysts via iron melting collection [4] designed a high-efficient technology to restore platinum, palladium, and rhodium by iron collection. Thanks to the same cubic structure focused on the structure, it is used as a collector because iron and noble metals can form a continuous solid solution. Other authors from recycling car catalysts are Lucas Gonçalves da Silva, Rodolpho Faria Dias de Almeida, Vinícius Marinho Silva Faustino, Pedro Américo Almeida Magalhães Júnior [5]. Many authors deal with different options and recycling methods of car catalysts in their studies. In article Platinum Recovery from Hydrometallurgical Residue of Waste Automotive Catalysts Processing by High-Temperature Smelting Process [6], authors Chuan Liu, Shuchen Sun describe the hydrometallurgical method of recycling at high temperature. This method is also described in our article.

Auto catalyst History

As the environmental pollution is affected by a number of factors (such as discharging of harmful substances to air from individual production undertakings, oil mining, agriculture, waste disposal and so on), with the development of the automotive industry, the production of exhaust exhausts discharged into air is gradually increased, and the environmental pollution was increasingly in increasingly. For this reason, a solution has started with removing of this pollution. At the same time, the effort to reduce the environmental pollution legislatively treated through emission standards. Achieved reduction in emission by means of transport has started by the development and installation of the technical equipment called the catalyst into the exhaust system. Installation of the car catalyst began in 70s. In 1974, the first production of automotive catalysts in the world started in the UK. A year later, the first US catalysts appeared. In 1976, the first a three-way catalyst with a lambda probe was installed to a Volvo car. In 1985, the first cars with exhaust catalysts were introduced in Europe [7], at that time the US cars used it for several years.

Methods of processing of used catalysts

Stronger legislation has set emission limits of exhaust gas vehicles and automotive industry status. Therefore it guarantees the stable interest in new catalysts and also increasing interest after platinum, rhodium and palladium. For the same reasons, the amortized catalysts were also interested. The catalyst operating temperature is about 250 °C. The metal carrier base catalysts reach this temperature under a short period of time than ceramic catalysts. This is an important factor because when the catalyst is heated to operating temperature, a large amount of exhaust emissions is produced. At extreme temperatures, metal catalysts have better physical and chemical properties than ceramic catalysts. The unique cylindrical and corrugated construction allows them to better withstand excessive vibration and constant repetition of temperature changes.

Along with stricter exhaust emission limits, the content of platinum, palladium and rhodium in automotive catalytic converters is also increasing. The two-way catalyst contains 0.04% by weight of platinum and 0.015% by weight of palladium, the three-way catalyst contains 0.08% by weight of platinum, 0.04% by weight of palladium and 0.005 – 0.007% by weight of rhodium. Thus palladium and rhodium is economically significant. Properly organized collection and recycling of car catalysts can be, and definitely it is, a significant secondary source of platinum, palladium, and rhodium in advanced western economies. [9]

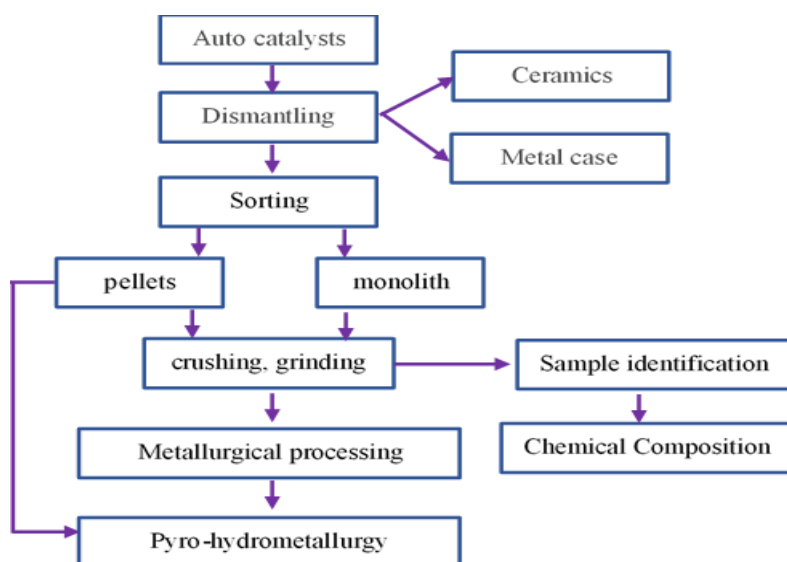


Fig. 1 Exhausted catalyst processing technology scheme

The processing of exhausted catalysts can be divided in two basic methods:

1. Pyrometallurgical method.
2. Hydrometallurgical method.

Pyrometallurgical method

There are many ways to recover precious metals from depleted car-catalysts. Pyrometallurgical methods for the recycling of platinum metals use as a collector the collection of metals, especially iron and copper. The pyrometallurgical method can be divided into 2 parts:

- Plasma melting: In the recycling of catalysts by plasma melting, the catalyst is subjected to crushing and grinding, the batch is supplemented with a mixture of Fe + FeO, melted in a plasma furnace at a temperature exceeding 2000 ° C. This is followed by the separation of the molten slag and the next iron-containing phase with concentrated platinum metals. The iron alloy is then dissolved in an aqueous solution of sulfuric acid with aeration. Undissolved platinum metals are filtered off, the filtrate is neutralized.
- Melting in EOP (electric arc furnaces): When melting with copper, the catalyst is, after mechanical treatment, including crushing and grinding, together with copper carbonate, silica, calcium oxide and iron oxide in a special electric furnace at temperatures of 1600-1800 degrees Celsius. The melt is divided into slag and an alloy of platinum metals with copper. The copper alloy is dissolved in an aqueous sulfuric acid solution using air as an oxidant. Copper carbonate is recovered by precipitation with sodium ash. The cooled solution is filtered. In recent years, pyrometallurgical methods have focused on smelting with copper as the collecting metal and on plasma smelting technology, which uses iron as

a collector. It is necessary to use hydrometallurgical processes to obtain precious metals from an alloy with a collecting metal. We can therefore speak of these recycling technologies as combined processes. The process of recycling platinum metals pyrometallurgically is shown in Fig.2. [9]

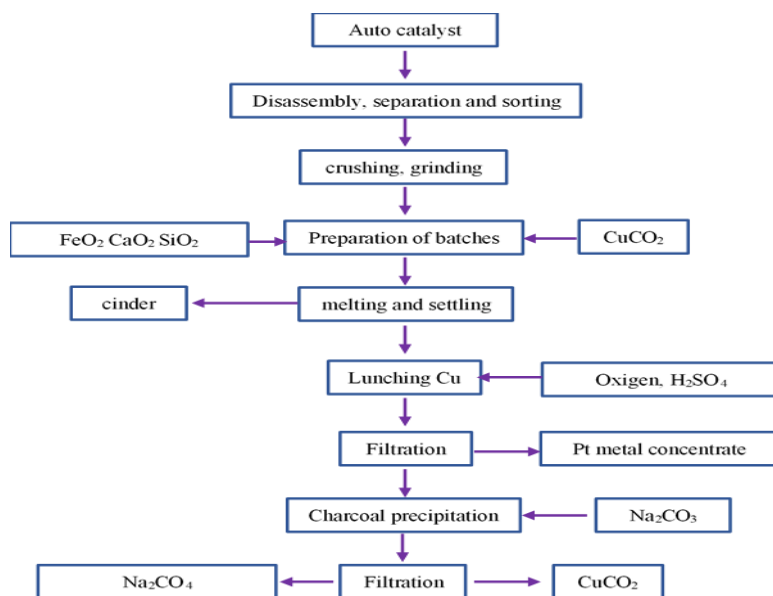


Fig. 2 Recycling diagram for pyrometallurgical procedure

Hydrometallurgical methods:

Several processes have been designed and patented for the processing of auto catalysts. In hydrometallurgical processing, the noble metals leached with salivic acids and subsequently the leachate containing noble metals are purified by chemical precipitation or cementation. The pure leachate is further processed into metal, into a chemical concentrate of precious metals or by other methods (adsorption, ion exchange, extraction). The disadvantages of hydrometallurgical methods are the loss of metals, especially rhodium in wastewater, and the problem is also the formation of aluminum sulphate as a by-product.

The hydrometallurgical treatment of catalysts is preceded (during the treatment of catalysts by acid leaching and chlorination) by calcination at a temperature of approx. 500 – 600 °C, where organic residues of petrol and oils are burned. Unburned carbon residues of gasoline and oils stick to the pores of the catalysts, preventing the penetration of leaching solutions into the pores and thus reducing the yield of the obtained metals.

The catalyst in the form of pellets is dissolved in sulfuric acid after mechanical treatment. to obtain an almost neutral solution (catalyst is in excess). The leachate from the leaching of catalysts is treated by cementation with aluminum in the presence of tellurium dioxide. The resulting aluminum sulfate is used to treat water. The solid phase from the cementation is mixed with insoluble residues from the primary leaching and dissolved in HCl + CL₂. Platinum metals are deducted from this solution by sulfur dioxide in the presence of Te, which acts as a collector. The reduced solution is filtered hot, the platinum metals and, after cooling, the lead chloride are filtered off. Hydrochloric acid HCl is recycled. The procedure for treating the catalyst by acid leaching is shown in Fig. 3.

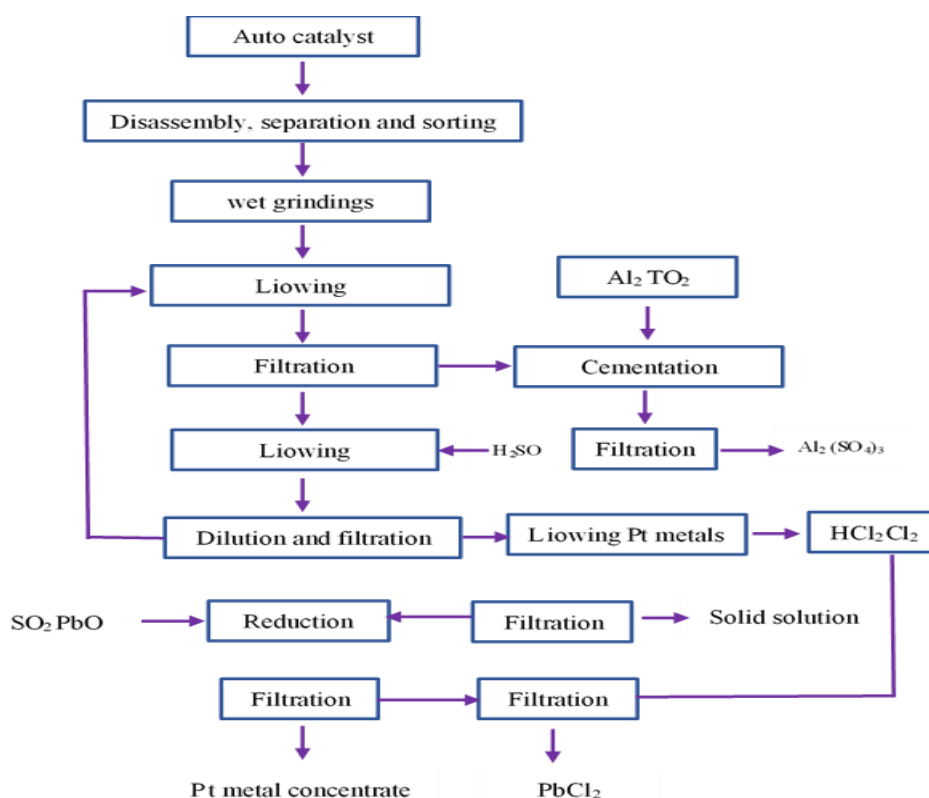


Fig. 3 Hydrometallurgical method processing scheme Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.

Hydrometallurgical methods include acid leaching of whole pellets, or selective leaching of noble cocci. This is followed by refining of the extract and its processing, most often by pressure reduction or precipitation. They are among the most excited. In addition to the above-diluted conventional technological procedures, research work is aimed at discovering alternative methods. Fast, accurate and correct quantitative determination of platinum metals in automotive catalysts is a must for laboratory researchers and industrial practitioners.

Research and results of used catalyst where TUKE - FBERG was participating

The Greek main catalyst recycling company Monolythos Catalysts & Recycling Ltd. (MON) received 10 spent vehicle catalytic converters (SVCCs) from the Technical University of Košice (TUKE), mentioned in Table 1. MON performed identification, preprocessing and physicochemical characterization on each spent catalyst in order to record their characteristics and determine their PGM content. [10]

Tab. 1 Identification of the 10 received spent commercial catalysts from TUKE [10]

No	Body Code	Model Car
1	44103245-031 6 LEISTRITZ	SKODA FAVORIT 1300CC
2	1026468, 97BK-5E211AK	NOT AVAILABLE
3	028-13117701L, DP5836001	VW CADDY 1900CC, DIESEL
4	8200358551, C114	RENAULT ESPACE, 2200CC, DIESEL
5	46557515	FIAT BRAVO 1900CC, DIESEL
6	ECIA TR PSA K185, 28639-303	CITROEN C5, 2000CC, DIESEL
7	3B0131701Q, 8D0178E, GLH	AUDI A6, 2400CC, DIESEL
8	194A595, D-1-I-05 7751669	NOT AVAILABLE
9	TR PSA K089, 22582093	PEUGEOT PARTNER, 1900CC, DIESEL
10	AC	OPEL ASTRA 1600CC

Each catalyst was dismantled and de-canned in order to remove the metallic canister and gather the ceramic catalytic converter, which was pre-processed as preparation for the physicochemical characterization. [10]

As far as elemental analysis is concerned, preprocessing and proper sampling are crucial. Each ceramic catalyst was individually milled in granulometry below 250 μ m by 80% of the sample using a knife mill. The granulometry of each sample was confirmed using sieves with granulometry below 250 μ m. In some spent catalysts, an essential quantity of organic deposits was observed in the milling process, which was subsequently confirmed by the calcination step. Each sample was homogenized and divided into four parts. Two small samples were collected for more representative results and dried into a Binder oven (120 °C, 2h) in order to be subjected to the X-ray fluorescence (XRF) analysis and determine the PGMs content. The PGMs loading was determined with XRF. XRF analysis provides accurate, fast, non-destructive, repeatable measurements, as well as no chemical preparation is required. Thus, chemical reagents are not used, so the cost is minimized. [10]

The PGM content of the two smaller samples of each catalyst was measured and their average was calculated (Table 2). The catalysts samples were proved homogeneous by the measurements. [10]

Tab. 2 The XRF analysis of the catalysts before and after the calcination process [10]

Catalyst No	PGMs	Before Calcination	After Calcination
01	Pt, ppm	1322	1291
	Rh, ppm	263	255
02	Pt, ppm	539	557
03	Pt, ppm	2927	3717
04	Pt, ppm	620	624
05	Pt, ppm	509	634
06	Pt, ppm	508	577
07	Pt, ppm	2434	2631
08	Pt, ppm	511	525
09	Pt, ppm	490	536
10	Pt, ppm	2347	2474

Conclusion

The research of 10 spent catalysts sent by TUKE was performed to their physicochemical characterization, which included the identification of the catalysts, the preprocessing, the calcination step and the XRF analysis. The research procedure from MON consists of the decanning, milling, and sieving stages in order to prepare the samples for chemical analysis and determine their PGMs (Pt, Pd, Rh) content. The calcination step was performed to detect the presence of organic deposits in each sample. The samples were subjected to XRF analysis before and after the calcination step to evaluate the effect of the organic compounds in detecting the PGMs. Regarding the final identification of the received spent catalysts, the catalysts containing Rh and Pt or/and Pd are identified as Three-Way Catalysts (TWC) in contrast to those containing Pt or/and Pd, mainly recognized as Diesel Oxidation Catalysts (DOC). However, the spent catalytic converters containing a low concentration of Pt or/and Pd could be identified as Two-Way catalysts considering their additional data, like the model car and manufacturing year. Therefore, the following research findings resulted, according to the detailed analysis:

1. Catalyst No1 only is identified as TWC since containing Pt and Rh.
2. Only Pt was detected in the other catalysts.



3. In the DOCs, significantly high organic compound concentrations were detected, 1-18%.
4. In Slovakia, vehicles with diesel engines are mainly used based on the obtained representative spent catalysts.

References

- [1] KONČALOVÁ, A., DUBCOVÁ, A.: Význam recyklácie v odpadovom hospodárstve. In: Geographia Cassviensis. Vol. 4, No. 2 (2010), ISSN 2454-0005, pp. 56-61.
https://uge-share.science.upjs.sk/webshared/GCass_web_files/articles/GC-2010-4-2/11Konc_Dubc_a.pdf [online, 5.5.2022].
- [2] XUN, D., HAO, H., SUN, X., LIU Z., ZHAO, F.: End-of-life recycling rates of platinum group metals in the automotive industry: Insight into regional disparities. In: Journal of Cleaner Production. Vol. 266, (2020), ISSN 0959-6526, pp.
- [3] ASIMELLIS, G., MICHOS, N., FASAKI, I., KOMPITS, M.: Platinum group metals bulk analysis in automobile catalyst recycling material by laser-induced breakdown spectroscopy. In: Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. Vol. 63, No.11 (2008), ISSN 0584-8547, pp. 1338-1343.
- [4] YUNJI, D. et al.: Highly efficient recovery of platinum, palladium, and rhodium from spent automotive catalysts via iron melting collection. In: Resources, Conservation and Recycling. Vol. 155, No. 50, (2020), ISSN 0921-3449.
- [5] GONÇALVES DA SILVA, L. FARIA DIAS DE ALMEIDA, R., MARINHO SILVA FAUSTINO, V., AMÉRICO ALMEIDA MAGALHÃE, P., jr.: Recycling of the platinum of vehicle catalysts at end of life. In: 2018 SAE Brasil Congress & Exhibition (2018). ISSN: 2688-3627.
- [6] CHUAN, L., SHUCHEN, S., ZHU, X., TU, G. Platinum Recovery from Hydrometallurgical Residue of Waste Automotive Catalysts Processing by High-Temperature Smelting Process. In: Mining Metallurgy & Exploration. Vol. 38 (2021), ISSN: 2524-3462, pp. 203-215
- [7] FAKTOR, I.: Cesné vozidlá III. Expol pedagogika, Bratislava 2004, ISBN 80-89003-66-4.
- [8] VYDRA, J.: Ako funguje katalyzátor? Takto - pozrite sa na vlastné oči.
<https://podkapotou.zoznam.sk/cl/1000632/1852153/Ako-funguje-katalyzator--Takto---pozrite-sa-na-vlastne-oci> [online 5.5.2021]
- [9] KRIŠTOFOVÁ, D.: Recyklace neželaných kovů, VŠB- TU, Ostrava, 2003, ISBN 80-248-0485-9
- [10] MONOLYTHOS: Ten (10) Spent Catalysts - Analysis report, Athens, 2022.

Contact address

Assoc. prof. Peter Kačmáry, PhD.
Technical University of Kosice, Faculty BERG, Park Komenského 14, 042 00 Košice,
Slovakia,
e-mail: peter.kacmary@tuke.sk

APLIKÁCIE TEPELNÝCH FIGURÍN PRI HODNOTENÍ TEPELNÉHO KOMFORTU

Ružena KRÁLIKOVÁ – Ervin LUMNITZER

Abstract: Currently, there are various complex models that are used to predict the thermal load, or thermal comfort of the employee with different scales for evaluating the feeling of warmth or of cold, with the help of which it is possible not only to speed up the evaluation of the thermal load but also to make it more precise. With the help of thermal dummies, it is possible to simulate human reactions to heat and humidity conditions. The article deals with the possibilities of using thermal dummies as a useful aid in measuring heat exchange between the environment and the human body, in testing thermal stress, etc. These tools will then be available for use by the industry to develop more efficient thermal comfort systems.

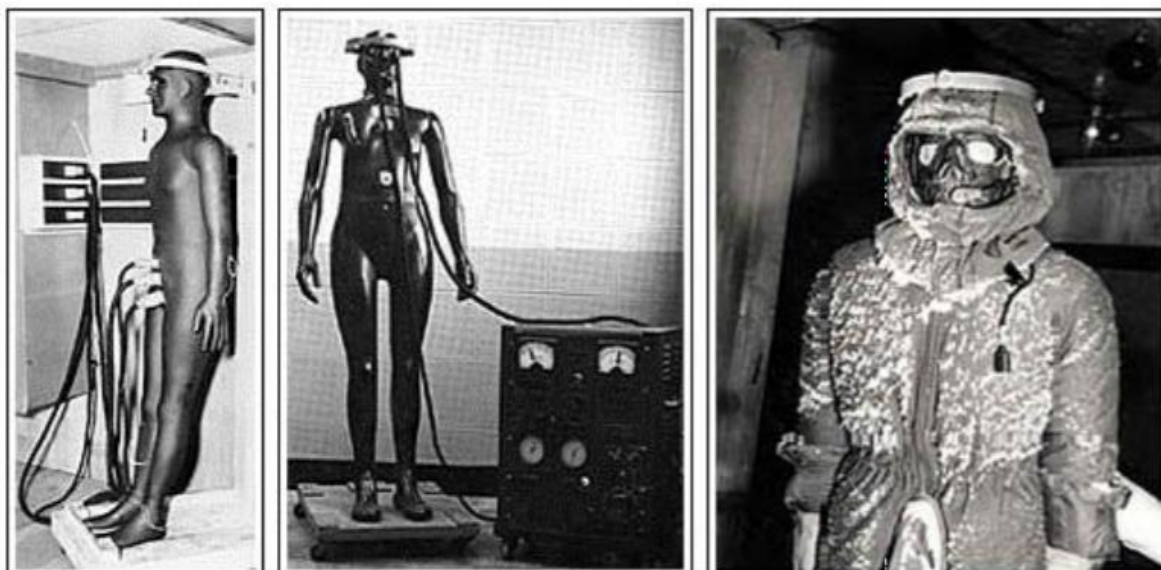
Keywords: microclimate, thermal stress, thermal comfort, environment, thermal manikin

Úvod

Ľudské telo je obklopené mikroklimou, ktorá je výsledkom jeho konvekčného uvoľňovania tepla s okolím. V priemyselných prevádzkach pôsobia na pracovníka rôzne extrémne mikroklimatické podmienky. V súčasnej dobe existujú rôzne komplexné modely, ktoré slúžia na predvídanie tepelného komfortu zamestnanca s rozdielnymi stupnicami hodnotenia pocitu tepla/chladu. Pretože tieto modely pracujú s rozličnými parametrami nevyskytuje sa žiaden jednotný model, ktorý by dokázal obsahovať všetky typy aktivít a odevov, ktoré majú priamočiary dopad na tepelnú pohodu. Reálne podmienky pôsobiace na človeka na pracovisku je možné simulovať v tepelných komorách. Tieto klimatické komory sú špeciálne navrhnuté a vybavené pre tento spôsob simulácie. Reakcie človeka je možné simulovať pomocou tepelných figurín, ktoré predstavujú užitočnú pomôcku pri meraní výmeny tepla medzi okolím a organizmom človeka, pri testovaní tepelného stresu a i. K hodnoteniu tepelného komfortu sa používajú viaceré metódy a výpočtové modely. V súčasnosti sa na tieto účely čoraz častejšie využívajú aj modely ľudského tela, tzv. tepelné figuríny. Tieto zariadenia je možné aplikovať predovšetkým pri testovaní vlastností odevov, alebo bezpečnosti špecifických produktov akými sú napr. ochranné pomôcky, odevy do extrémnych podmienok ale aj pri návrhu a aplikáciách systémov HVAC a pod.. Pomocou tepelných figurín v klimatických komorách s rôznymi teplotách vzduchu je možné simulovať uvoľňovanie tepla z ľudského tela. Na meranie a vizualizáciu sa využívajú rôzne techniky (sledovanie prúdenia vzduchu, termografia, anemometria a i.).

História tepelných figurín

Prvá tepelná figurína bola vyhotovená v roku 1941. Na jej zhotovený sa podieľal vedec Harwood Belging, obr.1. Jej účelom bolo pomôcť pri testovaní ochranných odevov, ktoré využívala americká armáda. Med' bola materiálom, ktorý sa využil na zhotovenie manekýna. Prvý prototyp manekýna mal ešte obmedzenú pohyblivosť. [1,3] Následným vývojom sa menil nie len vzhľad ale aj typ a materiál manekýna. Z jedno-segmentového sa postupne stal multi-segmentový. Postupne sa pridávali prvky ako manekýn so systémom potenia, so systémom dýchania a i. V súčasnosti sa v priemysle využíva termoregulačný manekýn so systémom potenia. V roku 1973 existoval manekýn, ktorý sa dokázal hýbať a v roku 1996 dokázal dokonca aj dýchať. Neskôr vykonával i realistické pohyby, ktoré vykonávajú zamestnanci pri pracovnej činnosti. Menil sa aj materiál, z ktorého bol manekýn vyhotovený.



Obr. 1 Prvý model tepelnej figuríny Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.

V roku 1964 sa upustilo od medi a začali sa konštruovať manekýni z hliníka. Už v roku 1967 sa začal objavovať prvý manekýn z plastu v Dánsku. Prelom nastal počas milénia, kedy sa začali objavovať figuríny vyrobené z poréznych materiálov a kovov. Pokrokom prešiel aj typ regulácie, pričom prvý takýto manekýn fungoval na analógovej regulácii, v súčasnosti sa využíva digitálny prenos získaných údajov. [1,5]

Modely tepelných figurín

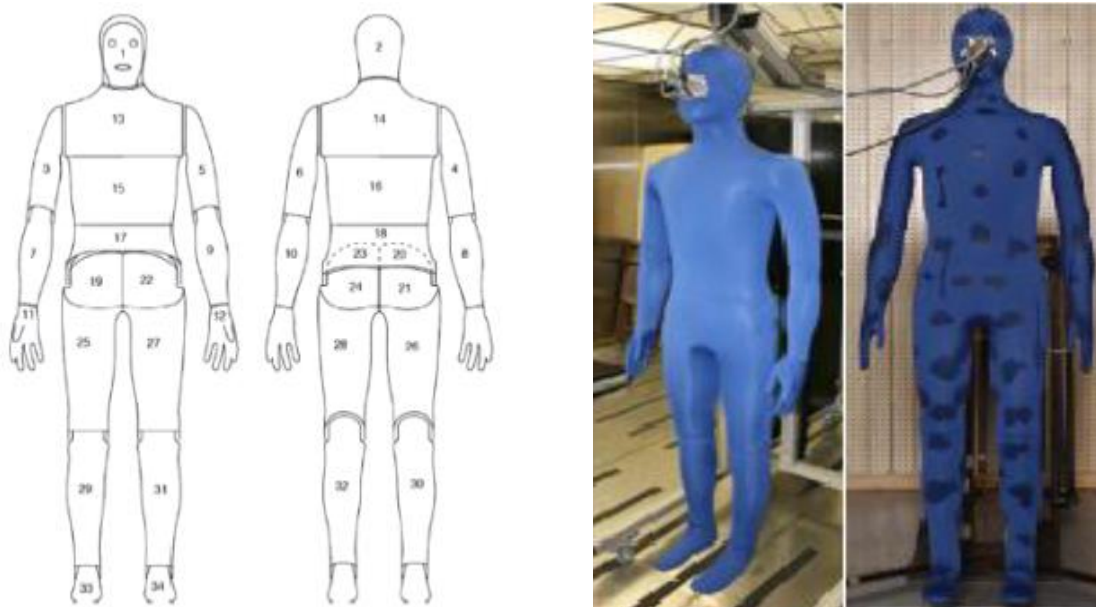
Tepelná figurína predstavuje špeciálne zariadenie, ktoré sa zhoduje s výzorom človeka a používa sa na hodnotenie tepelnej záťaže, tzv. tepelnej pohody, alebo nepohody. Pomocou týchto figurín je možné nasimulovať prechod tepla medzi ľudským telom a pracovným prostredím. Existujú rôzne druhy ľudských modelov, prípadne modelov častí ľudského tela majúce rôzne využitie. V určitom obmedzenom rozsahu je možné ich využiť aj za účelom testovania fyziologických reakcií človeka. Medzi najznámejšie figuríny, ktoré sa používajú na stanovenie tepelného komfortu človeka zaraďujeme **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.:**

- Wisslerov dynamický model
- Stolwijkov model
- Gaggov 2 uzlový model
- Fialov model
- Tanabeho dynamický model
- Kohri a Mochidov model
- Fialov Individualizovaný UTCI-Fialov model.

V súčasnosti existuje približne 100 modelov figurín, ktoré sa využívajú pri stanovení tepelno-vlhkostnej mikroklimy. Najčastejšie používaným manekýnom je Newtonov model, obr. 2. [3], ktorý pozostáva z 34 vyhrievaných 34 zón a tvorený časťami:

- | | |
|-----------|--------------|
| ▪ hlava | ▪ predlaktia |
| ▪ tvár | ▪ ruky |
| ▪ hrudník | ▪ boky |
| ▪ brucho | ▪ stehná |
| ▪ paže | ▪ lýtky |

- chodidlá.



Obr. 2 Newtonom model [7]

Figurína je navzájom prepojená so softvérom, ktorého súčasťou sú fyziologické modely tepelného komfortu. Systémy, ktoré figurína obsahuje spôsobujú, že dokáže simulovať človeka, t. j. potenie, chôdzu, dýchanie. Manekýn má dokonca nastaviteľný dýchací systém. Tieto vymoženosti spôsobujú efektívnejšie monitorovanie tepelného komfortu. Získané údaje z figuríny sú vyhodnocované pomocou špeciálneho softvéru. Inovácie systémov sa stále viac prejavujú nie len pri softvéroch, ale aj pri figurínach. Budúce softvérové varianty budú umožňovať aj prepojenie klasického modelu Newtonovej figuríny s virtuálnou realitou. Toto prepojenie umožní vykonať akékoľvek simulácie. [7]

Tepelné figuríny na testovanie HVAC pre automobily

Využitie tepelných figurín je veľmi široké. Najviac sa však využíva pri testovaní tepelnej izolácie ochranných odevov. Pri stanovení izolácie odevov sú hlavnými sledovanými parametrami:

1. odpor odparovania vlhkosti a
2. tepelná izolácia

Vyššie spomínané faktory tvoria základ pri tepelnej izolácii odevov a sú ovplyvňované okrem druhu použitého materiálu, pohybu človeka aj tepelno-vlhkostnými podmienkami okolia. Požiadavky na merania tepelnej izolácie odevov, odporu odparovania vlhkosti stanovujú príslušné normy. Hodnoty, ktoré sú získané sa následne využívajú na optimalizáciu a modelovanie vetracích, klimatických zariadení vnútorných priestorov budov. **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**

Nebezpečenstvo tepla vzniká často aj v prípadoch požiaru. Keďže v týchto podmienkach nemožno použiť človeka na testy alebo merania kvôli potenciálnemu riziku, používajú sa figuríny, ktoré sú navrhnuté tak, aby nahradili ľudí. Pretože povrchy figurín (škrupiny) sú podstatne odlišnejšie v porovnaní s ľudskou pokožkou, do figurín sa implantujú senzory a zostaví sa aj súvisiaci matematický model pre simuláciu kože.

Tepelné figuríny predstavujú kľúčový prvok aj pri vývoji technológií na princípe HVAC systému (Heating, Ventilation and Air-Conditioning system, Systém vetracieho a klimatizačného zariadenia) pre dosiahnutie bezpečnejšieho a pohodlnejšieho pracovného prostredia. Figuríny sú dostupné v rôznom materiálovom a konštrukčnom prevedení.

Tepelná figurína nachádza svoje využitie aj v automobilovom priemysle. Keďže pomáhajú pri vývoji technológií HVAC, nachádzajú svoje využitie na hodnotenie vykurovacích/klimatických zariadení v osobnom, nákladnom automobile v rôznych iných dopravných prostriedkoch. Automobilová figurína HVAC predstavuje systém, ktorý obsahuje karbónovú epoxidovú formu tela so senzormi namontovanými na povrchu, ktoré merajú rýchlosť vzduchu, teplotu, sálavý tepelný tok a relatívnu vlhkosť vzduchu. Senzory sú chránené, aby sa zabezpečilo, že počas figuríny nedôjde k poškodeniu pri jej nakladaní a polohovaní. **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**

HVAC figurína pre automobily (angl. „Automotive HVAC Manikin“) je navrhnutá tak, že umožňuje jeho jednoduché vloženie do akéhokoľvek vozidla. Ruky sú v tvare rukavíc so zakriveným uchopením, dizajn ktorých umožňuje správne umiestnenie na volante. Ich tvar neovplyvňuje pohyb vzduchu, ale umožňuje prúdenie vzduchu podobné ľudskému úchopu/pästi. Chrbát stehien je sploštený, aby simuloval realistické prúdenie vzduchu. [2,3,4] Automobilová figurína, sa používa na testovanie tepelného komfortu pasažierov a tepelno-vlhkostných parametrov v kabínach dopravných prostriedkov. Akékoľvek zlepšenie systému HVAC a optimalizácia tepelného prostredia v kabíne sú potenciálne spojené so zvýšením tepelného komfortu vo vozidle, znížením tepelnej záťaže a emisií skleníkových plynov, rátane celkovej spotreby energie vozidla. Pokročilá tepelná figurína Newtonovho potenia na testovanie sedadla je na obr. 3. [9]



Obr. 3 Figurína na testovanie HVAC v automobiloch Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.

Požiadavka poskytnúť komfortný vnútorný priestor vo vozidle je splnená často na úkor energetických nárokov. Energetická náročnosť klimatizačnej jednotky si vyžaduje veľkú pozornosť najmä v prípade elektromobilov a hybridov, kedy úspora elektrickej energie ovplyvňuje dojazd vozidla. Medzi najväčšie výzvy HVAC systému dopravných prostriedkov a kabín automobilov patrí rýchle a účinné ochladenie interiéru vozidla zaparkovaného na slnku počas letných slnečných dní. Začlenenie solárnej záťaže, ako zdroja tepla do CFD analýzy bolo ešte do nedávna náročné, avšak v tomto smere nastal posun a mnoho súčasných CFD softvérov umožňuje výpočty zohľadňujúce solárne zaťaženie.

Záver

Dnešné aplikácie tepelných figurín spočívajú predovšetkým v testovaní tepelno-izolačných vlastností odevov, či tepelných pomerov v interiéroch budov. Využívanie testovacích



klimatických komôr s tepelnými figurínami sú jedným z novým trendov v dizajne HVAC. Aplikáciou týchto moderných technológií je v súčasnosti možné vytvoriť komplexný model tepelného komfortu vo vnútornom prostredí budov alebo interiéru kabíny vozidla ešte pred tým, ako dôjde k samotnej inštalácii HVAC. Tepelné figuríny človeka s vysokým stupňom senzorického priestorového rozlíšenia, lokálnymi termoregulačnými reakciami vrátane potenia, rýchlou časovou odozvou a spätnou väzbou na nepretržitú reakciu a prispôbovaním sa tepelnému prostrediu tak ako človek, budú stále viac dostupné na použitie v priemysle, ako aj na vývoj efektívnejších systémov tepelného komfortu. Numerické modely tepelného komfortu a tepelná figurína sa stávajú nástrojmi hodnotenia tepelného komfortu, ktoré dokážu presne predpovedať ľudskú fyziologickú a psychologickú odozvu v skutočných aj simulovaných nerovnomerných prechodných tepelných prostrediach.

Analytické a simulačné počítačové programy v spojení s matematickými modelmi tepelného komfortu a ľudskými tepelnými modelmi, umožňujú v porovnaní s experimentálnymi metódami poskytnúť komplexnejší obraz o mikroklimatických podmienkach s možnosťou rýchleho a finančne nenáročného návrhu riešenia.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol v rámci projektu KEGA 011TUKE-4/2021.

Literatúra

- [1] FANGER, P.: Thermal Comfort-Analysis and Applications in Environmental Engineering, Thermal Comfort-Analysis and Applications in Environ. Engineering, Danish Technical Press, Denmark, 1970, 264 p.
- [2] KHATOON, S.- KIM, M. H.: Thermal Comfort in the Passenger Compartment Using a 3D Num. Analysis and Comparison with Fanger's Comfort Models. Energies, 2020, vol.13, no. 3: 690, <https://doi.org/10.3390/en13030690>
- [3] KOELBLEN, B.et al.: Thermal sensation models: Validation and sensitivity towards thermo-physiological parameters. Building and Environ. 12/2018, pp. 200–211. 3601323
- [4] MATSUNAGA, K., et al.: Evaluation and Measurement of Thermal Comfort in the Vehicles with a New Thermal Manikin," SAE Technical Paper. DOI: 10.4271/931958.
- [5] PSIKUTA, A et al.: Thermal manikins controlled by human thermoregulation models for energy efficiency and thermal comfort research – A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 78, 2017, pp. 1315-1330, ISSN 1364-0321 978-0-08-100909-3.
- [6] SCHAUDIENST, F. et al.: Fanger's model of thermal comfort: a model suitable just for men?,Energy Procedia, 2017, pp. 129-134, ISSN 1876-6102.
- [7] Thermetrics Instruments: Newton Thermal Manikin (goin-vn.com).
- [8] VOELKER,C. - MAEMPEL, S. - KORNADT, O.: Measuring the human body's microclimate using a thermal manikin. Indoor Air, 2014, vol. 24, no. 6, pp. 567-79, <https://doi.org/10.1111/ina.12112>.
- [9] Automotive HVAC Manikin – Thermetrics.

Korešpondenčná adresa

doc. Ing. Ružena Králiková, PhD.

Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Environmental Engineering, Park Komenského 5, 042 00 Košice, Slovakia
e-mail: ruzena.kralikova@tuke.sk



APLIKÁCIA ENVIRONMENTÁLNYCH INOVÁCIÍ V PROJEKTOCH NOVÝCH STROJÁRSKYCH VÝROB

Vladimír RUDY

Abstract:

As the most important attribute of changes in the future production systems, we can consider the transformation to a knowledge-based society and a new production culture based on the gradual application of the principles of "Industry 4.0. This means that knowledge is given priority, i.e. especially original products and their quality, new production technologies, new production systems, new management strategies in the production processes, etc. The fulfillment of these goals is, among other things, limited by the necessity to take into account the ecological and environmental principles of sustainability. The goal is to save energy and resources during production processes, and reduce emissions, vibrations, noise, dustiness, soil and water pollution, etc. The contribution deals with the necessity of incorporating these environmental quality conditions into the whole value chain of the future product, from the selection of material, through its transformation into a product until the end of its lifecycle. Environmental damage by industrial production is reflected in environmental regulations through the environmental policy of EU countries. Companies that do not underrate the implementation of environmental innovations in their production processes gain a strong competitive advantage and it excludes the unprepared from the competitive battle for customers.

Keywords: priemyselná výroba, ekoinovácie, manažérstvo environmentálnej kvality

Úvod

V súčasnosti existuje celý rad rôznych stratégií, ktoré charakterizujú vývoj v predmetnej oblasti, a ktoré sú realizované v priemyselne vyspelých krajinách. Zo základných metód, ktoré môžu napomôcť rozvoju modernej výroby sú dôležité tie metódy, ktoré výrazne urýchľujú inovačné cykly a umožňujú rýchlejšie a efektívnejšie realizovať modernizačné procesy. Rýchla realizovateľnosť inovácií je možná len u systémov, ktorých výrobný potenciál je schopný rýchlo transformovať vyvinuté výrobky a pustiť ich na trh. To si pre budúcnosť ešte viac vyžiada synergiu medzi podnikmi a vedou. Hlavný cieľ nespočíva len v zvyšovaní produktivity práce, ale vo využití progresívnych spracovateľských technológií, aplikovaní nových konštrukčných a nástrojových materiálov, vo využití progresívnej, výkonnej výrobnéj techniky, humanizácii a racionalizácii práce a implementovaní informačných technológií do všetkých firemných činností zabezpečujúcich permanentnosť kvality a pod.

Koncipovanie takýchto výrob sa musí stať finančnou prioritou, zaručujúcou firme trhovú dominantnosť založenú na podpore efektívnej a kvalitatívne flexibilnej produkcie s minimalizovanými dodacími lehotami a reálnymi podmienkami pre rast zamestnanosti. Pre splnenie individuálnych požiadaviek trhu je nevyhnutná koordinácia veľkého počtu informácií a poznatkov. To platí pre vzťahy so zákazníkom, rovnako ako na firemné procesy a vzťahy s dodávateľmi.

V integrácii manažérskych systémov ako už bolo uvedené zatiaľ neexistuje jednotná medzinárodná uznávaná norma, ktorá by sa komplexne zaoberala touto oblasťou, iba Britský štandard PAS 99:2012. No napriek tomu sa v tejto oblasti poslednom období dosahuje výrazný pokrok revíziou noriem, ktoré už majú HLS štruktúru. Normy majú zjednotenú štruktúru, text, sú už účelovo zamerané na riziká. To všetko napomáha integrácii manažérskych systémov a dosahovaniu benefitov z takejto formy zlepšovania. V tejto oblasti by sa Medzinárodná organizácia pre štandardizáciu ISO mala v budúcnosti

zameriť nielen na zjednotenie štandardov, ale mala by sa uberať smerom k jednému manažérskemu štandardu pre integrovaný manažérsky systém, ktorý by dal návod na jeho implementáciu. V praxi podľa oblasti ekonomických činností organizácie a priorit riadenia aspektov, vplyvov a rizík (kvalita, environment, IATF, BOZP, informačná bezpečnosť, sociálna zodpovednosť atď.)

1. Environmentálne chápanie inovácie výrobných systémov a kvality produkcie

Dodávateľsko-odberateľský trh akceptuje štandardnú kvalitu preukazovanú certifikátmi systémov manažerstva. Za komplexný ukazovateľ kvality v sieti dodávateľov hromadných výrob, napr. automobilovej výroby sa považuje schopnosť a spoľahlivosť dodávateľa plniť kontrahované dodávky v stanovenom čase, množstve, kvalite a variabilite. Akceptovaná kvalita komponentov je pritom preukazovaná materiálými, funkčnými a technologickými certifikátmi systémov manažerstva implementovaných vo výrobných a dodávateľských firmách najmä podľa ISO 9001 a IATF 16949. Plnenie cieľov rozvojových stratégií firiem je dnes determinované potrebou hľadania východísk zo spoločensko-hospodárskych, energetických a environmentálnych globálnych problémov. V nich dominuje predovšetkým environmentálna kvalita produkcie a technologické metódy jej výroby.

Dodávateľské štandardy pre manažérské systémy sú z uvedených dôvodov pod neustálym tlakom tak environmentálnej ako aj komplexnej kvality produkcie. Kumulácia poznatkov a progresívnych rozvojových trendov pre projektovanie a prevádzkovanie integrovaných manažérskych systémov na báze revidovaných ISO štandardov (ISO 9001, IATF 16949, ISO 14001 resp. EMAS III) je spájaná do modelov spolu s riešením komplexných procesných charakteristík výrobných procesov. Riešením je zlepšovanie P-D-C-A environmentálnej výkonnosti a rozvojovej udržateľnosti výrobnjej firmy a pod.

Medzinárodná certifikácia systému environmentálneho manažerstva podľa ISO 14001 špecifikuje požiadavky na budovanie systém environmentálneho manažerstva s dorazom na kvalitu životného prostredia a jeho neustále zlepšovanie. Jej dôsledná aplikácia vo firmách poskytuje rozšírenie kooperačne a obchodne možnosti minimálne v rozsahu krajín EU. Zvyšuje renomé firmy a deklaruje, že starostlivosť o environmentálne prevádzkovanie výrobných procesov firmy je dominantným záujmom manažmentu firmy. Základná charakteristika prínosov je dokumentovaná v tab.č.1.

Tab.č.1 Benefity prečo sa oplatí budovať environmentálne produkčné systémy

1) marketingové a obchodne benefity – trhová stabilita, dôveryhodnosť, konkurencieschopnosť, variabilita pridanej hodnoty, úverová výhodnosť...
2) prevádzkové a výrobné – zdokonaľovanie výrobných postupov, ergonómie, znižovanie spotreby energií, variabilita, eliminácia nebezpečných odpadov a redukcia ostatných ...
3) ekonomické – permanentná starostlivosť o technologickú úroveň výrobnjej techniky ...
4) sociálne – rozvoj pracovnej sily, zvyšovanie eko povedomia zamestnancov, záujem na trhu práce, goodwill firmy, zmena hodnôt podnikania ...
5) celospoločenské benefity – rozvoj environmentálnej bezpečnosti a eliminácia nepriaznivých enviro vplyvov na životné prostredie ...

Koncepcia budovania a prevádzkovania strojárkeho podniku podľa zásady trvalo udržateľného rozvoja patri k manažérskym nástrojom firiem budúcnosti. Ekologické správanie manažerov dnes už nie je len o morálnej motivácii a zodpovednosti voči životnému prostredia a spoločnosti. Voľba aktívneho kreovania výrobného prostredia na princípoch environmentálnej zodpovednosti za prevádzkovanie výrobného systému znamená konkurenčnú

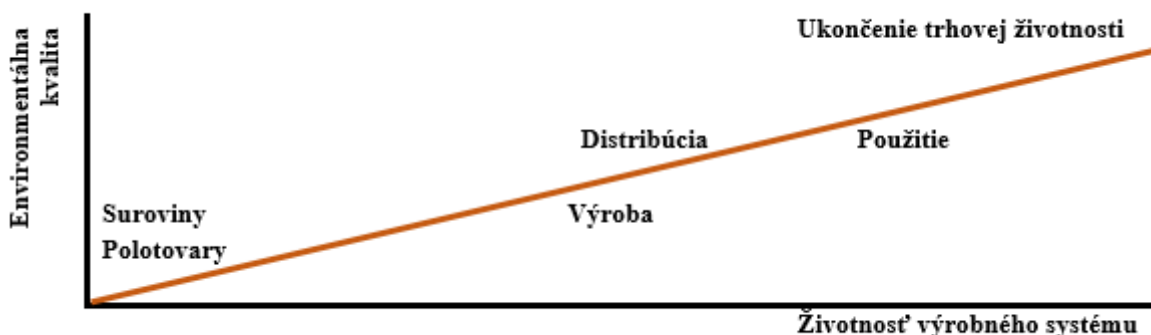
výhodu tak v domácom ako aj zahraničnom podnikateľskom prostredí. Medzi kritické faktory ovplyvňujúce túto trhovú výhodu môžeme zaradiť :

- ✓ Znižovanie a optimalizácia výrobných nákladov – suroviny, energie, odpady, recyklácia.
- ✓ Nárast záujmu trhu o produkciu firmy – environmentálna kvalita ovplyvňuje predaj a pod.
- ✓ Zlepšenie komunikácie s orgánmi štátu - napr. možnosť získať štátnu zákazku a pod.
- ✓ Zlepšenie vzťahu so zamestnancami – miera zodpovednosti za ŽP je v priamej úmere záujmu o zamestnanie vo firme.
- ✓ Zlepšenie cenotvorby vstupných komodít od dodávateľov.
- ✓ Širšie možnosti expandovania na nové trhy.
- ✓ Dôvera pre finančné inštitúcie pri investíciách, úveroch a pod.

Forma a rozsah aplikácie kvalitatívnych environmentálnych kritérií do objektov výroby a následných produkčných aktivít zabezpečujúcich ich výrobu je možná ako :

- ✓ čiastočná (u výrob existujúcich ako aj novo projektovaných výrob),
- ✓ komplexná (projektovanie novej výrobnej štruktúry na systémových princípoch budúceho environmentálneho prevádzkovania).

Pričom dominantné rozhodovacie kritérium sú ekonomické možnosti firmy. Avšak hlavným rozhodovacím kritériom o čiastkovej environmentálnej zmene výrobku, resp. technologických štruktúr jeho výroby by mala byť dôkladná analýza prevádzkových enviro vplyvov v celom hodnotovom reťazci, surovinami (polotovarmi) počnúc a ukončením životnosti výrobku (výrobného systému) končiac. Tato komplexnosť (Obr. 1) musí zahŕňať nielen hlavné výrobné procesy ale aj procesy vedľajších a pomocných výrob spojené so zabezpečovaním vykonávania technologických procesov a prevádzkyschopnosti systému ako celku (výrobné technológie, montáž, prevádzkovanie halových systémov a tvorba priaznivého výrobného prostredia)



Obr. 1 Komplexnosť budovania environmentálnych výrob

2. Environmentálny rozmer projektov budúcich výrob

Cesta dnešných dní je cestou zvládnutia inovácií. Inovácií výrobkov, riadiacich procesov, technológií a v neposlednom rade aj inovácií myslenia a prístupu k riešeniu problémov. To všetko musí zvládnuť každý, kto chce obstať v tvrdej konkurencii. A ten, kto chce naozaj seriózne nastúpiť na túto cestu, je postavený pred množstvo otázok: „Kde začať?“, „Ako postupovať?“, „Aké sú riziká?“, „Kde na to vziať finančné zdroje?“ atď. V dnešnej etape permanentných zmien, okrem času, dôležitým faktorom sú aj náklady vynaložené na realizáciu zmien. Niektoré trhovo senzitívne inovatívne stredné a malé európske firmy musia na permanentné procesy, zapríčinené turbulenciou trhu, vynaložiť prevažnú časť svojich



transakčných nákladov. U veľkých firiem je síce tento podiel menší, ale v absolútnej hodnote predstavuje značnú položku nákladov. Aby výroba sa stala environmentálne efektívnou, budúci výrobný systém musí disponovať oveľa väčším výrobným potenciálom v oblasti :

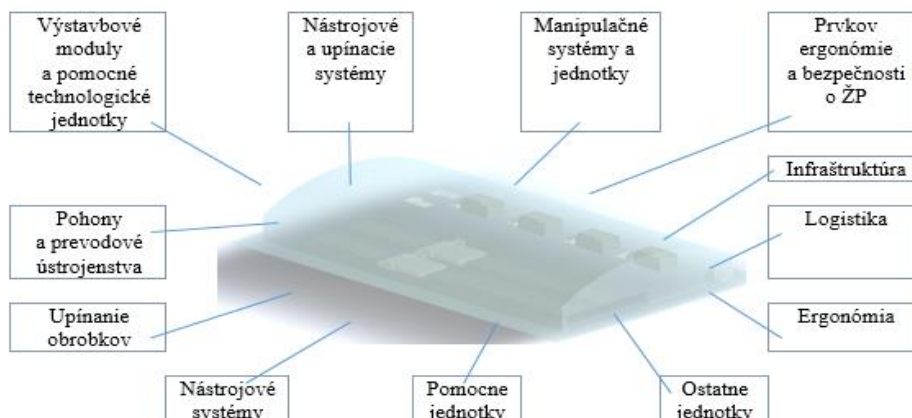
- ✓ technologickej prispôsobivosti výrobných zariadení zmeneným úlohám s minimalizáciou neproduktívnych časov,
- ✓ modularity konštrukcie výrobných prostriedkov zaručujúcej :
 - prispôsobivosť výrobného systému na veľmi malé výrobné dávky
 - prispôsobivosť rýchlo sa meniacim vlastnostiam objektov výroby (pružnosť procesov)
- ✓ vysokej funkčnej integrácii rozličných technológií v kombinácii s modulovou konfiguráciou techniky zaručujúcej rýchlosť transformácie výrobného systému,
- ✓ flexibilne komponentov a modulov modifikovaného výrobného systému, vrátane periférnych zariadení a manipulačných prostriedkov zaručujúcich realizáciu výrobných procesov v súlade so zásadami environmentalistiky,
- ✓ otváranie nových foriem spolupráce so zákazníkom založených na ponímaní zákazníka ako spolutvorcu pridanej hodnoty a jeho spoluúčasťou na vývoji eko-produktu,
- ✓ transparentnosť tvorby pridanej hodnoty produktu počas celého reťazca jeho životného cyklu pre zákazníkov i konkurentov (výrobcov).

Faktory stimulujúce environmentálne inovácie z pohľadu slovenských manažérov sú :

- ✓ zmena ekologického povedomia zákazníkov - narást' dopytu trhu po energeticky, materiálno, environmentálne úsporných riešeniach výrobkov
- ✓ nevyhovujúci ekologický stav životného prostredia - nutnosť jeho zlepšovania,
- ✓ možnosti získavania investícií z dotačných fondov EU - vyššie finančné možnosti napr. granty zo „štrukturálnych fondov EÚ“ a pod.,
- ✓ nevyhnutnosť využívanie obnoviteľných zdrojov energií,
- ✓ tlak regulačných orgánov (legislatíva a odporúčania EÚ) na oblasť tvorby a ochrany životného prostredia,

Technologická environmentálna implementácia inovačnej modernizácia produkčných systémov je nevyhnutnou inovačnou tendenciou firiem a mala by sa aplikovať ako :

- ✓ Modernizácia funkčných modulov výrobných prostriedkov, uzlov a funkčných celkov
 - realizuje sa doplnkovými prostriedkami, špeciálnym príslušenstvom pre dane stroje a používane technológie, doplnkovými mechanizačnými a automatizačnými prvkami ich konštrukčná, materiálová skladba a prevádzkovanie je v zhode environmentálnymi požiadavkami.
 - Ich výber podlieha prísňím výberovým kritériám z pohľadu ich vplyvov na ŽP počas ich prevádzkovania, napr. energetická náročnosť (objemom i sortimentom), prevádzkové podmienky a vplyvy na pracovné prostredie (okolie firmy), prevádzková spoľahlivosť, miera rizika ohrozenia životného prostredia, podmienky a náročnosť ukončenia životnosti, recyklovateľnosť a možnosti druhotného využitia a pod.
 - Sortiment doplnkových mechanizačných prostriedkov je tvorený aplikovanými prostriedkami operačnej a medzioperačnej manipulácie.
- ✓ Modernizácia existujúcich strojov je inovačnou tendenciou s veľmi rýchlou realizáciou. Pri vytvorení vhodných podmienok realizácia modernizácie môže prebehnúť vo veľmi krátkom čase, navyše je investične menej náročná. Vyplýva to aj zo skutočnosti, že niektoré doplnkové modernizačné prostriedky svojim rozsahom a hodnotou nespádajú do kategórie investícií a možno ich modernizáciu zabezpečiť v rámci generálnych opráv týchto strojov.
Model environmentálnej modernizácie výrobného prostredia strojárskej firmy je na obr. Obr. 2



Obr. 2 Model environmentálnej modernizácie technologických výrobných prostriedkov

Záver

Zákazníci prichádzajú neustále z novým požiadavkami. Ak chceme tieto potreby naplniť musíme neustále sledovať vývoj a vnímať názory a podnety zákazníka tak, aby bolo nájdené optimálne riešenie, ktoré prispieva k jeho maximálnej spokojnosti.

Koncepcie výrobných systémov podnikov budúcnosti budú projektované ako systémy novej generácie. Spravidla predstavované komplexnými integrovanými riešeniami s aplikáciou najnovších softvérových, informačných a komunikačných technológií a inteligentných výrobných systémov zoskupených v nových decentralizovaných a adaptabilných výrobných a organizačných štruktúrach.

Cieľom takýchto riešení je zvyšovanie produktivity bez straty pružnosti, skracovanie času výroby, zvyšovanie kvality, zvyšovanie hodnoty výrobkov a služieb a pod. Modifikované sú ako sociálno-ekonomické systémy a preto sú náročné na projektovanie, realizáciu a prevádzkovanie. Ich rozvoju sa venuje početná odborná literatúra.

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu KEGA 002TUKE-4/2020.

Literatúra

- [1] KOVÁČ, J., RUDY, V., KOVÁČ, J.: Metodika projektovania výrobných systémov. TU 2017. ISBN 978-80-553-2874-4
- [2] MAJERNIK, M., DANESHJO, N.: Projektovanie integrovaných systémov manažérstva. 2020. ISBN 978-80-97155-9-9
- [3] MAJERNIK, M., DANESHJO, N., MALEGA, P., RUDY, V.: Integrované manažérstvo environmentálnej kvality v sieti dodávateľov automobilovej výroby.
- [4] PAULIKOVÁ, A., RUDY, V.: Environmentálne ukazovatele modernizácie kovoobrábacia v podmienkach malého podnikania. - 2005. In: Acta Mechanica Slovaca. Roč. 9, č. 2-B, s.319-322. ISSN 1335-2393

Kontaktná adresa

doc. Ing. Vladimír Rudy, PhD.
Technická univerzita v Košiciach
e-mail: vladimir.rudy@tuke.sk



MECHANICKÉ A FYZIKÁLNE VLASTNOSTI GUMOVÝCH KOMPOZITOV A ICH TESTOVANIE

Daniela MARASOVÁ – Ľubomír AMBRIŠKO

Abstract: The article deals with the testing of rubber products with a special focus on determining the mechanical and physical properties of rubber products and the instrumentation of the Testing and Verification Workplace of Rubber Products. The primary goal of the workplace is the provision of comprehensive services in the field of testing and analysis of raw materials, intermediate products, rubber mixtures and rubber products such as tires, conveyor belts and rubber technical products, achieving sustainable quality according to new technical standards.

Abstrakt: Príspevok sa zaoberá testovaním gumárenských výrobkov s osobitným zameraním na zisťovanie mechanických a fyzikálnych vlastností gumárenských výrobkov a prístrojovým vybavením Testovacieho a verifikačného pracoviska gumárenských výrobkov. Primárnym cieľom pracoviska je poskytovanie komplexných služieb v oblasti testovania a analýzy surovín, medziproduktov, gumárenských zmesí a gumárenských produktov ako sú pneumatiky, dopravné pásy a gumárenské technické výrobky s dosahovaním trvalo udržateľnej kvality podľa nových technických noriem.

Keywords: laboratory, testing, rubber composites, conveyor belts

Kľúčové slová: laboratórne experimenty, testovanie, gumové kompozity, dopravné pásy

Úvod

V súčasnej dobe sa na Ústave logistiky a dopravy (ÚLaD) FBERG TUKE je v prevádzke Testovacie a verifikačné pracovisko gumárenských výrobkov (TaVP GV). Výskumno-vývojová činnosť pracoviska je v súlade s vývojovými trendmi v danej oblasti výskumu. Kvalita a ekológia sú ťažiskovými témami a celosvetovým mottom výrobných podnikov v rámci rôznych iniciatív (Quality First, Engineering Green Value) skupiny Continental Conveyor Belt Group a iniciatív skupiny Goodyear Tire & Rubber, Dunlop. Kvalitu a trvalý rozvoj pracoviska zabezpečuje implementácia výsledkov výskumu a vývoja TaVP GV do vybraných systémov výroby a služieb, systematický školiaci koncept a zabezpečenie podpory spolupráce s externými národnými a zahraničnými pracoviskami. Hlavnou funkciou TaVP GV je poskytovanie testovacích (servisných) služieb so zameraním aj na technologickú expertízu pri vývoji, výrobe a použití gumových produktov, na základe ktorých sú získané komplexné poznatky o princípoch ich chovania. Technologická expertíza je zameraná na zlepšenie produktovej, procesnej a servisnej kvality produktov s poukázaním na potenciál pre zlepšenie vo všetkých troch oblastiach. V TaVP GV sa vykonávajú experimentálne skúšky mechanických, fyzikálnych aj špeciálnych vlastností [1] gumových produktov (v prevažnej miere sú to dopravné pásy, ktoré sú najcitlivejším prvkom pásových dopravníkov [2]). Keďže dopravný pás predstavuje najdôležitejšiu časť pásového dopravníka, má veľký význam znižovať náklady na jeho výrobu a údržbu. Zníženie nákladov na údržbu je možné dosiahnuť zvýšením úžitkových vlastností dopravného pásu [3]. Základné prístrojové vybavenie TaVP GV tvoria zariadenia uvedené v Tab. 1.

Nároky na dopravné pásy sú závislé od spôsobu ich použitia, preto sa celý dopravný pás i jeho jednotlivé komponenty musia podrobiť skúškam. Skúšky dopravných pásov možno podľa [4] rozdeliť do 3 skupín: štandardné skúšky, certifikačné skúšky a neštandardné skúšky. Do 1.

skupiny patria skúšky fyzikálno-mechanických vlastností na ich súlad s platnými normami. 2. skupina zahŕňa certifikačné skúšky pásov, ktoré sú potrebné na ich prevádzku v podzemných baniach. 3. skupinu tvoria neštandardné skúšky – odborné skúšky vykonávané na špeciálnych skúšobniach, ktoré zvyčajne nie sú pokryté normami, ale týkajú sa parametrov dôležitých pre činnosť pásov. Výskum pásov sa dnes zaoberá najmä odbornými testami. Medzi neštandardné testy patrí napríklad stanovenie odolnosti dopravného pásu proti nárazu. Metodiku skúšania rázovej odolnosti pomocou špeciálneho testovacieho zariadenia popisujú autori v publikáciách [5-8]. Vyhodnotenie rázovej odolnosti na základe experimentálnych meraní pomocou regresnej analýzy sú uvedené v publikáciách [9-10].

Materiál a metódy

Dopravný pás ako gumový kompozit pozostáva z viacerých materiálov. Textilné dopravné pásy sa zvyčajne skladajú z vrchnej vrstvy odolnej voči opotrebovaniu (horná krycia vrstva), kostry t. j. textílie poskytujúcej pevnosť v ťahu, povrchových vrstiev na priľnavosť medzi gumou a kostrou a spodnej vrstvy (dolná krycia vrstva) na pokrytie kostry a zabezpečenie dostatočného trenia na hnacom bubne [11]. Gumotextilné a oceľokordové dopravné pásy z konštrukčného hľadiska spája spoločný materiál krycích vrstiev. Gumové krycie vrstvy chránia kostru pásu a zabezpečujú potrebnú odolnosť voči vplyvom pôsobiacim na dopravný pás. Horná krycia vrstva sa dostáva do priameho kontaktu s prepravovaným materiálom, ktorý ju pri prevádzke poškodzuje. K najväčšiemu opotrebovaniu krycích vrstiev z hľadiska druhu prepravovaného materiálu dochádza vplyvom jeho abrazivity a ostrohrannosti [12]. Znalosť mechanických vlastností dopravných pásov patrí medzi dôležité predpoklady bezproblémovej prevádzky dopravníkov. Na skúšanie základných vlastností dopravných pásov s textilnou kostrou a kryciami vrstvami z gummy sú určené nasledujúce skúšobné metódy [11]:

- rozmerové – šírka, šírka ochranného okraja, celková hrúbka, celková hrúbka krycích vrstiev, dĺžka nespojeného dopravného pásu, dĺžka spojeného dopravného pásu;
- funkčné – priečna tuhosť, pozdĺžna tuhosť, ohybnosť za nízkych teplôt, pevnosť mechanického spoja;
- fyzikálno-mechanické – ťahové vlastnosti, súdržnosť medzi vložkami, súdržnosť medzi vložkami a kryciami vrstvami;
- požiaro-technické vlastnosti – odolnosť proti pôsobeniu plameňa, odolnosť proti vznieteniu sa a horeniu nad plošným plynovým horákom, odolnosť proti vznieteniu sa v dôsledku trenia;
- špeciálne vlastnosti – odolnosť proti pôsobeniu tepla, nízkych teplôt, oleja a pod.

Na skúšanie základných vlastností dopravných pásov s kostrou z oceľových kordov a kryciami vrstvami z gummy sa najviac používajú tieto skúšobné metódy:

- rozmerové – rozstup oceľových kordov, uloženie oceľových kordov;
- fyzikálno-mechanické – pevnosť v ťahu dopravného pásu s oceľovými kordami, súdržnosť oceľového kordu s jadrovou gumou.

Základné prístrojové vybavenie pre testovanie mechanických a fyzikálnych vlastností gumových kompozitov, vrátane dopravných pásov (DP), tvoria zariadenia uvedené v Tab. 1.

Tab. 1 Prístrojové vybavenie TaVP GV

Zariadenia na prípravu vzoriek		Hydraulický lis na vysekávanie skúšobných vzoriek za použitia vysekávacích nožov.
		Zariadenia na zrezávanie krycích vrstiev dopravných pásov.
		Pomocné ručné nástroje na prípravu a označenie vzoriek, prípravu testovacích strojov - nože, nástroje, náradie a meradlá.
Zariadenia na testovanie gumových kompozitov		Sušiareň na urýchlené tepelné starnutie. Je využívaná na testovanie DP a krycích vrstiev podľa noriem: ISO 8094, ISO 37, ISO 868, ISO 8094, ISO 4649, ISO 252, ISO 7623.
		Trhací stroj do 30 kN s bezkontaktným extenzometrom a pneumaticky ovládanými čeľustami. Prístroj je využívaný na meranie pevnosti a ťažnosti krycích vrstiev, pevnosti v ťahu v celej hrúbke dopravných pásov (max. do pevnosti 1000 N/mm) a pre skúšanie adhézie konštrukčných prvkov dopravných pásov.
		Zariadenia na meranie tvrdosti gumy metódou Shora podľa ISO 868 a IRHD podľa ISO 48.
		Zariadenie na meranie hustoty gumy podľa ISO 1183.
		Zariadenie na meranie odolnosti gumy proti odieraniu podľa ISO 4649.
		Zariadenie na meranie zápalnosti DP podľa EN 14973, EN 12882.
		Skúška elektrickej vodivosti podľa ISO 284.

Rozsah experimentálnych skúšok fyzikálno-mechanických a fyzikálnych vlastností gumových dopravných pásov (DP) sumarizuje Tab. 2.

Tab. 2 Rozsah skúšok mechanických a fyzikálnych vlastností DP

Kategória	Testovanie	Norma
<i>Vlastnosti gumy a rozmery pásu</i>	Ťahová pevnosť gumy (aj po starnutí)	DIN 53504
	Predĺženie pri porušení (aj po starnutí)	
	Odolnosť gumy proti odieraniu	DIN ISO 4649
	Rozmery pásu	DIN 22102, DIN 22109, DIN 22129, DIN EN ISO 15236, DIN EN ISO 14890, DIN EN ISO 7590, DIN EN ISO 22721
	Tvrdosť gumy Shore; IRHD	DIN 53505, DIN EN ISO 868; ISO 48
	Hustota gumy	ISO 2781
<i>Špeciálne vlastnosti pásu</i>	Zápalnosť	DIN 22103, EN ISO 340
<i>Fyzikálne vlastnosti pásu</i>	Elektrická vodivosť	ISO 284
<i>Mechanické vlastnosti pásu</i>	Adhézia u textilných pásov	DIN EN ISO 252, DIN 53530
	Ťahové vlastnosti textilných pásov (max. do 1000 N/mm)	DIN EN ISO 283

Transfer poznatkov z testovania gumových dopravných pásov do výroby a služieb

Jedným z hlavných zámerov experimentálneho laboratórneho výskumu mechanických a fyzikálnych vlastností gumových dopravných pásov je implementácia získaných poznatkov do oblasti výroby, výskumu a použitia gumárenských výrobkov a tým zaistenia dlhodobej udržateľnosti dopravných pásov ale aj iných gumových kompozitov, napr. pneumatík.

Ambíciou kolektívu pracovníkov Testovacieho a verifikačného pracoviska gumárenských výrobkov je integrovať vedecké poznatky z troch základných oblastí, a to gumárenských technológií, teórie experimentu a teórie dopravy pri optimalizácii vybraných technických, ekologických a ekonomických parametrov gumárenských výrobkov s cieľom zlepšenia ich kvality a zabezpečenia spoľahlivého systému (najčastejšie dopravného), ktorého sú súčasťou.

Záver

Servisné služby poskytované TaVP GV majú charakter aplikovaného výskumu s orientáciou na rozvoj vedomostí, schopností, experimentálnych zručností a návykov pracovníkov z oblasti gumárenského priemyslu. U študentov je zabezpečený prenos poznatkov získaných experimentálnym výskumom do praxe. Zároveň TaVP GV bude poskytovateľom akreditovaných skúšok užívateľom a výrobcom gumových produktov. Odborné poradenstvo a spolupráca pri komparácii výsledkov meraní je možné realizovať s výskumnými centrami dopravných pásov skupiny Continental Matador Rubber v Northeime (Nemecko), Tianjine (Čína), Kolubare v Srbsku, v Ponta Grosse v Brazílii, v Bad Blankenburgu v Nemecku a v Kalyanii v Indii.



Pod'akovanie

Túto prácu podporila Agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-18-0248.

Použitá literatúra

- [1] TARABA, V.: The methods of conveyor belt basic characteristics testing and special tests. In: Transport & Logistics, Vol. 4, No. 7 (2004), ISSN 1451-107X, pp. 59-68.
- [2] ANDREJIOVA, M., et al.: Failure analysis of the rubber-textile conveyor belts using classification models. In: Engineering Failure Analysis, Vol. 101, (2019), pp. 407-417.
- [3] VALENTOVA, H. et al.: Mechanical and ultrasound properties of conveyor belt rubbers. In: SGEM 2011 Conference Proceedings, Bulgaria, (2011), pp. 839-844.
- [4] HARDYGORA, M.: Trends in conveyor belt research. In: Transport & Logistics, Vol. 2, No. 3 (2002), ISSN 1451-107X, pp. 1-12.
- [5] GRINCOVA, A., et al.: Measuring and comparative analysis of the interaction between the dynamic impact loading of the conveyor belt and the supporting system. In: Measurement, Vol. 59, (2015), pp. 184 -191.
- [6] AMBRISKO, L., et al.: Investigating the tension load of rubber composites by impact dynamic testing. In: Bulletin of Materials Science, Vol. 40 (2017), pp. 281-287.
- [7] SADEROVA, J.: Laboratory research of a conveyor belts with a textile carcass for mine conveying. In: International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management SGEM 2018, Bulgaria, Vol. 1.3, (2018), pp. 537-544.
- [8] GRUJIC, M. et al.: Possibilities for reducing the negative impact of the number of conveyors in a coal transportation system. In: Tehnicki vjesnik-Technical Gazette, Vol. 18, (2011), pp. 453-458.
- [9] GRINCOVA, A., et al.: Regression model creation based on Experimental tests of conveyor belts against belt rips resistance. In: Acta Montanistica Slovaca, Vol. 14, (2009), pp. 113-120.
- [10] ANDREJIOVA, M., et al.: Failure analysis of rubber composites under dynamic impact loading by logistic regression. In: Engineering Failure Analysis, Vol. 84, (2018), pp. 311-319.
- [11] MARASOVA, D., et al.: Pásová doprava. FBERG TU, Košice, (2006), ISBN 80-8073-628-6.
- [12] ANDREJIOVA, M., GRINCOVA, A.: Classification of impact damage on a rubber-textile conveyor belt using Naive-Bayes methodology. In: Wear: an international journal on the science and technology of friction lubrication and wear, Vol. 414-415, (2018), pp. 59-67.

Kontakt

prof. Ing. Daniela Marasová, CSc.

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta BERG, Ústav logistiky a dopravy, Park Komenského 14, 042 00 Košice, Slovenská republika

e-mail: daniela.marasova@tuke.sk

doc. Ing. Ľubomír Ambriško, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta BERG, Ústav logistiky a dopravy, Park Komenského 14, 042 00 Košice, Slovenská republika

e-mail: lubomir.ambrisko@tuke.sk



RTLS LOKALIZAČNÝ SYSTÉM AKO NÁSTROJ PRE OCHRANU PRACOVNÍKOV VO VÝROBNÝCH PODNIKOKH

Marek MIZERÁK – Jozef TROJAN– Peter TREBUŇA–Tomáš ŠVANTNER

Abstrakt: Zamestnanci ovplyvňujú úspech spoločností, pre ktorú pracujú. Systém určovania polohy v reálnom čase spoločnosti Sewio pomáha organizáciám chrániť členov tímu zlepšením ich bezpečnosti, skrátením času potrebného na zhromažďovanie a záchranné operácie, zvýšením bezpečnosti a zjednodušením zosúladenia pracovného času miesta. Systém funguje na princípe že každý zamestnanec, dodávateľ alebo návštevník výrobného podniku dostane štítok, ktorý identifikuje jeho presnú polohu v reálnom čase. Štítok môže byť uvedený v štandardnej karte návštevníka, ako sú tie, ktoré sa vydávajú na konferenciách. Voliteľne je možné štítky pripevniť aj na oblečenie, rovnako ako pri monitorovaní športovcov.

Kľúčová slová: RTLS, protection, system

Úvod

RTLS je skratka pre Real Time Localization System. Ako už názov napovedá, ide o miesto v reálnom čase. V tomto prípade je základnou zložkou práve spomínaná poloha. Ak niečo chceme, musíme vedieť, v akej polohe a pozícii to je. Ak chceme na niečo ukázať, musíme poznať správnu polohu. Výrobný podnik môže implementovať procesy na zabezpečenie toho, aby sa určité položky nachádzali na vopred určenom mieste, a tým zvýšiť predaj.

Na druhej strane dokáže firma zabezpečiť aj implementáciu procesov, ktoré umožnia zamestnancovi nájsť materiál alebo nástroje v podstatne kratšom čase pomocou lokalizačnej technológie. Tento prípad sa zameriava aj na bezpečnosť. Pod touto myšlienkou je možné chápať možný nález zraneného človeka vo veľkých výrobných podnikoch a tým zvýšiť percento prežitia pracovníka v nebezpečnej situácii.

Princíp lokalizácie

Technológia RTLS je založená na prenose krátkych UWB signálov, ktoré prenášajú tagy a následne na kotvách, ktoré tieto vlny prijímajú a vyhodnocujú prostredníctvom softvérovej podpory, konkrétne RTLS Studio. Technológia UWB sa vyznačuje tým, že dokáže preniesť množstvo dát s nízkou spotrebou energie, čo z nej robí ekologickú a nízko nákladovú technológiu na jej prevádzku. Na Katedre priemyselného a digitálneho inžinierstva využívame technológiu RTLS od Sewio.

Hardvér Sewio UWB RTLS pozostáva z dvoch typov hardvéru. Prvým typom sú vysielacie signály, poznáme ich pod menovkami, ktoré slúžia na sledovanie objektov. Druhým typom hardvéru sú prijímače signálu, kotvy, používané na príjem signálov z tagov.

Štítky sú malé elektronické zariadenia, ktoré sú pripojené k akémukoľvek objektu alebo osobe, ktorú potrebujeme sledovať. Tagy slúžia ako vysielacie signály, ktoré sú potom prijímané kotvami a posielané na lokalizačný server, kde je vypočítaná poloha tagov.

Tagy od Sewio sa vyznačujú vysokou presnosťou lokalizácie, až 30 cm, a dlhou výdržou batérie až 5 rokov. Odolnosť a životnosť batérie závisí od frekvencie aktualizácie umiestnenia štítku počas jeho používania. Štítok môže byť vybavený skupinou senzorov a to: akcelerometer, gyroskop, magnetometer, barometer, teplomer, dozimeter alebo iné. Štítky môžu spoľahlivo fungovať pri teplotách od -20 do +60 °C. Technológia určovania polohy spoločnosti Sewio využíva tri typy značiek: Tag Leonardo Personal, Tag Leonardo Asset a Tag Leonardo Vehicle.

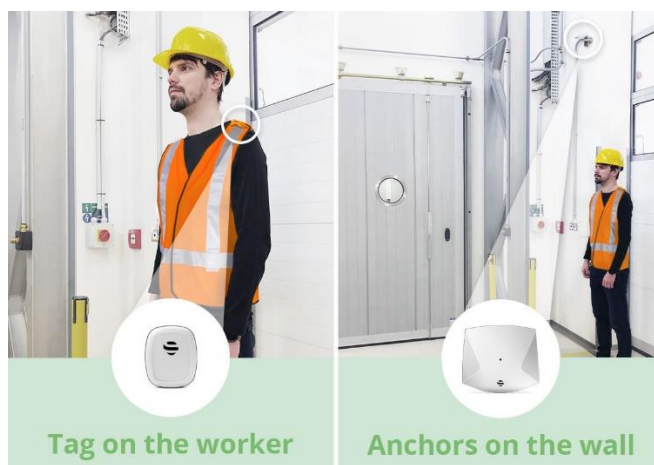


Fig. 1 Tag Leonardo Personal na monitorovanie pracovníkov

Prípady využitia RTLS lokalizačného systému pre ochranu pracovníkov **Inteligentná karanténa**

Jedným kliknutím je možné zistiť, kto bol v kontakte so zamestnancom pozitívnym na Covid-19. Záchrana životov tým, že sa uistíte, že títo exponovaní zamestnanci sú testovaní a okamžite dostanú liečbu. Udržiavanie kritických operácií v továrni v chode (karanténa sa vzťahuje na výber zamestnancov, nie na celý tím). „Inteligentná karanténa“ znižuje reprodukčné číslo COVID-19. RTLS softvér Sewio ponúka bezplatné poradenstvo na zavedenie „inteligentnej karantény“ akejkoľvek spoločnosti na celom svete.

Rýchlejší čas zhromažďovania

Dokonca aj tie najaktuálnejšie papierové zhromažďovacie procesy si vyžadujú značné množstvo času, kým sa konečne bezpečne zistí, kto je v bezpečí a kto je stále nezvestný. Zložitosť procesu sa znásobuje s veľkosťou zariadenia, počtom podlaží v budovách a množstvom zhromažďovacích bodov. Digitalizácia procesu zhromažďovania výrazne pomáha skrátiť čas potrebný na jeho dokončenie a prináša aktuálne informácie o zistených a stále nezvestných osobách spolu s okamžitým zoznamom evakuácie.



Fig. 2 Zhromažďovacia zóna

Rýchlejšia záchrana zranených osôb a núdzových zranení

V prípade núdzových situácií, ako sú požiare, výbuchy alebo úniky plynu, je známa presná poloha postihnutého personálu, čo výrazne skracuje čas potrebný na jeho záchranu. Lokalizačné

značky sú tiež vybavené „núdzovým tlačidlom“ s funkciou „pomoc“. V prípade infarktu, práceneschopnosti alebo úrazu môže postihnutý okamžite požiadať o pomoc stlačením núdzového tlačidla, odoslaním upozornenia s aktuálnou polohou do dispečingu a urýchlením záchrannej akcie.

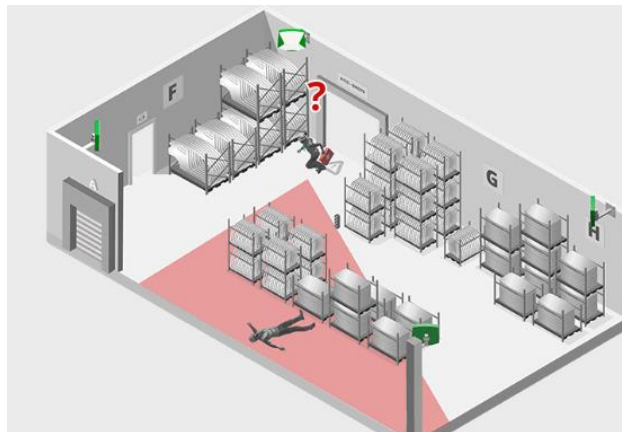


Fig. 3 Vyhľadanie zraneného pracovníka

Zlepšenie núdzových cvičení pomocou analýzy

Reálne historické údaje o pohybe všetkých osôb a prípadne aj kľúčových predmetov počas havarijných cvičení pomáha overiť platnosť evakuačných trás, odhaliť blokátory v cestách aj procesoch a zefektívniť ich. Núdzoví manažéri zariadení môžu použiť tieto poznatky z reálneho života na zvládnutie špeciálnych núdzových scenárov najlepším možným spôsobom, čím sa maximalizuje bezpečnosť všetkých ľudí v zariadení.

Geofencing a znížovanie pohybu v obmedzenom priestore

Funkcia geofencingu Sewio RTLS umožňuje nastaviť ľubovoľný počet virtuálnych zón, ktoré predstavujú geografické hranice, a povoliť automatické spustenie odpovede, keď sledovaná značka vstúpi do oblasti alebo ju opustí. Napríklad, keď osoba vstúpi do varovnej zóny, svetelná veža s aktivovaným IO linkom môže signalizovať možné nebezpečenstvo a tiež upozorniť správcu objektu na narušenie. Ak osoba pokračuje do nebezpečnej zóny, stroj, ktorý predstavuje riziko pre zdravie osoby, sa môže automaticky zastaviť, čím sa zabráni akejkoľvek hrozbe zranenia.



Fig. 4 Nebezpečné zóny

Zvýšenie bezpečnosti pohybujúcich sa entít pomocou dynamických zón

Dynamické zóny umožňujú varovanie, hlásenie a sledovanie na základe blízkosti dvoch pohybujúcich sa entít a trvania ich stretnutia. Táto funkcia odomkne scenáre bezpečnosti

zamestnancov, kde blízkosť dvoch pohybujúcich sa objektov môže vytvárať výstrahy a varovania. Napríklad, keď osoba kráča uličkou a spoza rohu sa k nej blíži vysokozdvížný vozík, zóny dynamických značiek zviditeľnia tieto entity umiestnené za rohmi alebo za uličkami a môžu ich upozorniť, aby zabránili incidentom alebo smrteľným zraneniam.

Zvýšenie bezpečnosti vytvorením detekčnej zóny pre pracovníkov

Niektoré prípady bezpečnostného použitia kombinujú sledovanie osôb so sledovaním pohybujúcich sa objektov, ako sú napríklad sledovanie vysokozdvížných vozíkov, aby sa predišlo zraneniam. Na miestach vykládky sú vysokozdvížné vozíky zaneprázdnené svojimi prevádzkami a kedykoľvek sa môže v blízkosti vysokozdvížného vozíka náhle objaviť ktokoľvek, napríklad vodič kamiónu, ktorý práve prišiel s novým nákladom. Sledovaním vysokozdvížného vozíka aj vodiča nákladného vozidla môže systém automaticky upozorniť obsluhu vysokozdvížného vozíka na ich obrazovke, že osoba (vodič nákladného vozidla) náhle vstúpila do ich prevádzkovej zóny, aby zabránila smrteľnému zraneniu.

Navigácia pre ľudí v interiéri

Vnútrotná navigácia pomáha ľuďom, či už zamestnancom alebo návštevníkom stránok, tým, že ich nasmeruje do plánovaného cieľa v čo najkratšom čase a najbezpečnejším možným spôsobom. Ľudia môžu byť navigovaní pomocou mobilného zariadenia so sledovacou značkou buď na zariadení alebo v odznaku návštevníka. Táto výhoda sa stáva ešte dôležitejšou pri podpore pohybu zrakovovo postihnutých ľudí, ktorých možno ľahko hlasovo naviesť na cieľové miesto.

Analýza toku ľudí v interiéri

Teplotné mapy toku ľudí a diagramy špagiet zobrazujú hustotu pohybu a tok, čo pomáha vizualizovať vzorce toku a zobrazuje analýzu pohybov a interakcií ľudí a vecí vo vašom fyzickom priestore. Odhaľujú vzorce doby zotrvania a zdôrazňujú čakacie doby, čo umožňuje zvýšenie prevádzkovej efektivity prostredníctvom optimalizácie procesov, priestoru a pracovného toku. Vedieť, v ktorej lokalite a zóne ľudia trávili svoj čas, možno využiť aj na automatické zosúladenie pracovného času pre subdodávateľov.

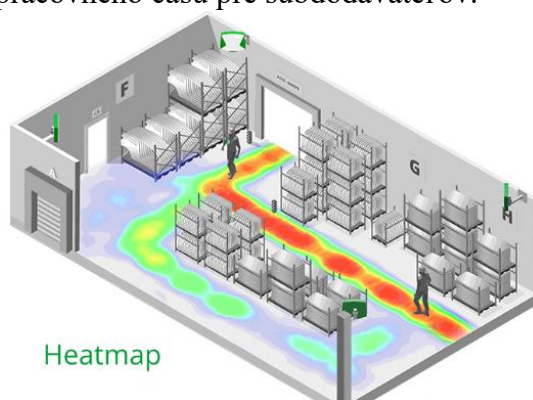


Fig. 5 Heatmapa toku ľudí vo výrobe

Podakovanie

Tento článok vznikol s podporou projektov VEGA 1/0438/20 Interakcia digitálnych technológií na podporu softvérovej a hardvérovej komunikačnej platformy pokročilého výrobného systému, KEGA 001TUKE-4/2020 Modernizácia výučby priemyselného inžinierstva na rozvoj zručností existujúceho vzdelávacieho programu v r. špecializované laboratórium, APVV-17-



0258 Aplikácia prvkov digitálneho inžinierstva pri inováciách a optimalizácii výrobných tokov, APVV-19-0418 Inteligentné riešenia na zvýšenie inovačnej kapacity spoločnosti v procese ich transformácie na inteligentné spoločnosti. VEGA 1/0508/22 Inovatívne a digitálne technológie vo výrobných a logistických procesoch a systémoch.

Záver

Lokalizačné systémy RTLS možno rozhodne považovať za dôležité a efektívne prvky v oblasti inovatívnych nástrojov Industry 4.0 ale aj Logistiky 4.0. Cieľom tohto článku bolo poukázať na možnosti ich využitia v inteligentnom vyhľadávaní pracovníkov následne interpretovať možné riešenia zefektívnenia týchto procesov pomocou lokalizačnej technológie RTLS. Príkladom boli aj obrázky, ktoré tieto skutočnosti ilustrovali.

Digitalizácia a odkaz Industry 4.0 sa dotýkajú nielen „klasických“ výrobných podnikov, ale aj firiem zaoberajúcich sa ťažkým priemyslom. Dôležitosť ochrany zdravia pracovníkov pri nebezpečných situáciách je nesmierne dôležitá pre výrobné podniky. Existuje predikcia že na tieto parametre sa bude v budúcnosti brať väčší ohľad a to nie len z dôvodu digitalizácie.

References

- [1] Edl M., Kudrna, J.: Methods of industrial engineering. 1nd. ed. Smart Motion, Plzen, Czech Republic. (2013).
- [2] Straka M., Kacmary, P., Rosova A., Yakimovich B., Korshunov A. 2016. Model of unique material flow in context with layout of manufacturing facilities, Manufacturing Technology, Vol. 16, No. 4, pp. 814-820.
- [3] GREGOR, M., MEDVECKÝ, Š., MIČIETA, B., MATUSZEK, J., HRČEKOVÁ, A., Digitálny podnik. Žilina: Slovenské centrum produktivity, 2006. 80-969391-5-7.e.g.:
- [4] FILO, M., MARKOVIČ, J., IŽARÍKOVÁ, G., TREBUŇA, P.: Geometric Transformations in the Design of Assembly Systems, 2013. In: American Journal of Mechanical Engineering. Vol. 1, no. 7 (2013), s. 434-437. - ISSN 2328-4110 Spôsob prístupu: <http://www.sciepub.com/journal/ajme/Archive>.
- [5] Sewio Networks. Technology comparison. General information Dostupné na internete - <https://www.sewio.net/uwb-technology/rtls-technology-comparison/Sewio>
- [6] Sewio Networks. RTLS in industry. General information Dostupné na internete - <https://www.sewio.net/rtls-in-industry/>

Contact address

Ing. Marek Mizerák

Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department Industrial and Digital Engineering, Park Komenského 9, 042 00 Kosice, Slovakia

e-mail: marek.mizerak@tuke.sk



VYUŽITIE RFID ROBOTA V LOGISTIKE

Matúš MATISCSÁK – Peter TREBUŇA – Marek MIZERÁK – Marek KLIMENT

Abstrakt: Cieľom tohto článku je poukázať na možnosť využívania RFID robota v logistike a zhodnotenie jeho výhod a nevýhod. V článku je tiež opísaná technológia RFID, pričom rádiové frekvenčné identifikačné zariadenia (RFID) a snímače patria medzi hlavné inovácie posledných rokov, ktoré majú obrovský vplyv na fyzickú komunikačnú vrstvu internetu vecí (IoT), ako aj na logistiku a robotiku.

Abstract: The aim of this paper is to highlight the possibility of using RFID robot in logistics and to evaluate its advantages and disadvantages. RFID technology is also described in the paper, with radio frequency identification devices (RFID) and sensors being one of the major innovations of recent years that have had a huge impact on the physical communication layer of the Internet of Things (IoT), as well as on logistics and robotics.

Kľúčové slová: RFID robot, Internet vecí, Logistika

Keywords: RFID robot, Internet of Things, Logistics

Úvod

Žijeme vo svete plnom inteligentných zariadení. Máme inteligentné telefóny, inteligentné domáce spotrebiče, inteligentné snímače a ďalšie iné. Tento zoznam by sme dokázali písať veľmi dlho a pravdepodobne sa bude naďalej zväčšovať. Je to vďaka inžinierom, ktorí navrhujú zariadenia pomocou informačných technológií. Nové elektromechanické komponenty teraz dokážu rýchlo spracovať a vypočítať údaje vo väčšom množstve. Produkty vyrobené pomocou tejto technológie môžu nielen plniť svoju pôvodnú úlohu, ale dokážu aj oveľa viac.

Vzájomným prepojením inteligentných zariadení sa svet stal prístupnejším. Inteligentné zariadenia sa používajú takmer všade, vďaka čomu si internet vecí obľúbili podniky a služby vo všetkých odvetviach. Jednou z týchto technológií je rádiové frekvenčná identifikácia (RFID).

Internet vecí

Pojem „internet vecí“ (IoT) prvýkrát použil v roku 1999 britský technologický priekopník Kevin Ashton na označenie systému, v ktorom by sa objekty vo fyzickom svete mohli pripojiť k internetu pomocou senzorov. Ashton tento termín zaviedol, aby ilustroval silu pripojenia rádiové frekvenčných identifikačných štítkov (RFID) používaných v podnikových dodávateľských reťazcoch k internetu s cieľom počítať a sledovať tovar bez potreby ľudského zásahu.

Internet vecí (IOT) je globálna sieťová infraštruktúra, ktorá spája fyzické a virtuálne objekty prostredníctvom využívania možností zberu údajov a komunikácie. Ponúka špecifické možnosti identifikácie objektov, senzorov a pripojenia ako základ pre vývoj nezávislých kooperatívnych služieb a aplikácií. Tie sa budú vyznačovať vysokým stupňom autonómneho zachytávania údajov, prenosu udalostí, sieťovej konektivity a interoperability. [1][2]

Technológia RFID

Rádiové frekvenčná identifikácia (RFID) - sa používa na automatickú identifikáciu objektu a zachytávanie údajov o tomto objekte, ktoré sú uložené v malom mikročipovom štítku a pripojené k objektu. Značka RFID má zabudovanú anténu, ktorá komunikuje so snímacím zariadením, ktoré údaje načíta na diaľku. Údaje sa potom prenášajú zo snímacieho zariadenia do podnikového aplikačného softvéru, v ktorom sú uložené. Každý tag RFID má svoje vlastné jedinečné identifikačné číslo. [3]

RFID sa môže používať na zaznamenávanie a kontrolu pohybu majetku a zamestnancov. Tagy RFID ste už pravdepodobne videli na zadnej strane kníh v knižnici alebo dokonca v nových biometrických pasoch.

Pasívne RFID

Technológia bez interného zdroja energie, ktorá na odosielanie signálu využíva rádiové vlny vytvorené čítačkou RFID. Pasívne RFID je najbežnejšou formou RFID v skladoch. V Tab.1 môžeme vidieť výhody a nevýhody pasívneho RFID. [4]

Tab. 2 Výhody a nevýhody pasívneho RFID

Výhody	Nevýhody
Nízke náklady (~ 0,10 € za štítok)	Vyžadujú sa drahé čítačky signálov RFID
Malé rozmery a hmotnosť	Existuje krátky dosah
Používanie až 20 rokov	Nie je možné ukladať pamäť

Aktívne RFID

Technológia, ktorá využíva energiu batérie na nepretržité vysielanie jedinečného identifikátora štítku do danej čítačky. Aktívne RFID nie je v skladoch také bežné ako pasívne RFID. V Tab.2 môžeme vidieť výhody a nevýhody aktívneho RFID. [4]

Tab. 3 Výhody a nevýhody aktívneho RFID

Výhody	Nevýhody
Dlhý dosah čítania	Vyššie náklady (~ 20 € za štítok)
Čítačky s nižším výkonom	Životnosť batérie 3 – 5 rokov
Môžu mať senzory aj úložisko údajov	Väčšia veľkosť a hmotnosť

Typy RFID systémov

Existujú tri hlavné typy systémov RFID: nízkočfrekvenčné (LF), vysokočfrekvenčné (HF) a ultravysoké frekvencie (UHF). K dispozícii je aj mikrovlnná RFID. Frekvencie sa značne líšia v závislosti od krajiny a regiónu.

- Nízkočfrekvenčné RFID systémy. Tieto sa pohybujú od 30 kHz do 500 kHz, hoci typická frekvencia je 125 kHz. LF RFID má krátke prenosové rozsahy, vo všeobecnosti od niekoľkých centimetrov približne až do 1 metra .
- Vysokočfrekvenčný systém RFID. Tieto sa pohybujú od 3 MHz do 30 MHz, pričom typická HF frekvencia je 13,56 MHz. Štandardný rozsah je menej ako 2 metre.
- UHF RFID systémy. Tieto sa pohybujú v rozsahu od 300 MHz do 960 MHz, s typickou frekvenciou 433 MHz a vo všeobecnosti sa dajú čítať zo vzdialenosti viac ako 7,5 metra.
- Mikrovlnné RFID systémy. Tieto bežia na frekvencii 2,45 GHz a dajú sa prečítať na vzdialenosť viac ako 9 metrov. [4]

Výhody RFID technológie v logistike

Jednou z najvýznamnejších výhod tejto technológie je možnosť prideliť jedinečné číslo pre konkrétny sortiment položiek, čo môže byť užitočné, ak váš sklad prijíma a skladuje tovar od viacerých dodávateľov súčasne. [6]

Okrem presnejšieho pohľadu na stav zásob vám technológia RFID umožňuje sledovať priemerné dodacie lehoty a sledovať výstup a vstup zásob v reálnom čase, čo pomôže zabezpečiť správne odoslanie položky a znížiť počet vrátených výrobkov. [5]

RFID ROBOT

Oblasti umelej inteligencie, automatizácie a robotiky zaznamenali v posledných desaťročiach obrovský rast a inovácie. Presnosť inventúry RFID s ručnými čítačkami RFID by mohla presiahnuť 98 %, ale chybné postupy a ľudské chyby znižujú túto presnosť na 85 - 95 %. RFID robot je mobilný a autonómny systém RFID, ktorý automaticky vykonáva inventarizáciu daného priestoru, napríklad maloobchodnej predajne alebo skladu, ktorý poskytuje vyššiu presnosť inventúry RFID ako ručné čítačky. Funguje úplne autonómne: používateľ určí, kedy sa má inventúra vykonať, a robot sa spustí, keď je to naplánované. RFID robot tiež lokalizuje každú označenú položku v 2 rozmeroch (x a y). Tieto informácie sa dajú spracovať na vytvorenie planogramu položiek vo vnútri priestoru. Informácie vygenerované RFID robotom sa môžu použiť na pomoc zamestnancom pri odhaľovaní nesprávne umiestnených položiek, na urýchlenie riadenia vychystávania a vrátenia tovaru, na účely mapovania peňazí a iné prevádzkové procesy. Väčšina RFID robotov sa už môže pohybovať všetkými smermi, pretože sa môže otáčať bez posunutia. Preto sa môže ľahko pohybovať po akomkoľvek priestore. Rýchlosť je synchronizovaná s čítaním tagov s cieľom maximalizovať rýchlosť čítania. RFID robot obsahuje: - systém RFID s určitým počtom antén, čo závisí od veľkosti daného RFID robota. V súčasnosti existuje už niekoľko spoločností (Tab.3), ktoré sa venujú výrobe a poskytovaniu RFID robotov.

Tab. 4 Spoločnosť a názov RFID robota

Spoločnosť	Názov RFID robota
keonn	Robin-200 TM
MetraLabs	TORY RFID
PAL Robotics	StockBot
fetch robotics	TagSurveyor
Simbe Robotics	Tally RFID

Na Obr.1 môžeme vidieť RFID robotov od spoločnosti PAL Robotics, Simbe Robotics a fetch robotics.



Obr. 2 RFID roboty

Každý z uvedených RFID robotov (Tab.3) má špecifické vlastnosti, ktorými sa odlišuje od ostatných. Najväčší rozdiel je do akej výšky dokáže skenovať RFID štítky. Medzi ďalšie rozdiely patrí autonómna navigácia a vyhýbanie sa prekážkam, možnosť autonómneho

dokovania a nabíjania, možnosť naplánovať si trasy skenovania, nahrávanie údajov na server zákazníka v rôznych formátoch a mnoho ďalších iných. [7]

Väčšina RFID robotov funguje na rovnakom princípe. Tieto princípy dokážeme zhrnúť do štyroch bodov.

1. Pri prvej operácii v novom priestore sa RFID robot pohybuje po priestore väčšinou pomocou aplikácie rozhrania. V tomto kroku subsystém RFID nefunguje.
2. Táto navigácia vedená používateľom umožňuje automaticky vygenerovať mapu priestoru. Tento proces mapovania je potrebné vykonať znova len vtedy, ak sa rozloženie priestoru výrazne zmení.
3. Používateľ naplánuje, kedy má RFID robot vykonávať inventúry. Napríklad každý deň o 22:00. V uvedenom čase sa robot začne autonómne pohybovať po priestore, čítať a lokalizovať značky RFID a ukladať tieto informácie.
4. Keď dokončí inventúru, naviguje sa späť do svojej dokovacej stanice, aby sa nabil.

Využitie RFID robota v logistike

Zlé riadenie zásob je jednou z najväčších nočných mór distribúcie, pretože má negatívny vplyv a znamená straty pre spoločnosť v dôsledku nesprávnych údajov o skladových zásobách a chýb pri preprave. Používanie RFID robotov nám umožňuje získať prehľad o tom, kde sa položky nachádzajú a koľko zásob je k dispozícii, aby sme sa vyhli predzásobeniu a nedostatočnému zásobeniu v dôsledku možných strát výrobkov. Využitie RFID robotov pomáha znížiť počet ľudských chýb, ktoré môžu mať významný vplyv na riadenie skladu. To všetko tiež pomáha uvoľniť zamestnancov, aby mohli pracovať na úlohách s vyššou hodnotou, ako je optimalizácia riadenia skladu a poskytovanie lepších služieb zákazníkom.

Využívanie RFID robotov v logistike prináša mnoho výhod, ale taktiež aj nevýhody, ktoré sú zobrazené v Tab.4.

Tab. 5 Výhody a nevýhody využitia RFID robota

Výhody	Nevýhody
Vysoká presnosť	Vysoké vstupné náklady
Vysoká rýchlosť	Rušenie
Viacnásobné skenovanie	Problémy s ochranou dát
Mnoho formátov	
Zníženie nákladov	

Z tabuľky je zrejmé, že používanie RFID robotov nám prináša viac výhod ako nevýhod. RFID robot dokáže rozpoznať a zachytiť 98% všetkých výrobkov označených RFID štítkom. Čo sa týka rýchlosti tak je v priemere 10-krát rýchlejší v porovnaní s manuálnym sčítaním zásob. Taktiež dokáže skenovať oveľa viac položiek naraz oproti ručným RFID skenerom. Všetky naskenované údaje sú ukladané a zasielané do podnikových informačných systémov spoločnosti. Dáta sa ukládajú v rôznych formátoch, aby sme ich ďalej vedeli využívať. Keďže RFID robot funguje autonómne, dokážeme tým znížiť mzdové náklady.

Veľkou nevýhodou pri implementácii RFID technológie a kúpe RFID robota sú vysoké vstupné náklady, ktoré sa nám, ale postupom času vrátia. Ďalšou z nevýhod využívania RFID robota môže byť nepresnosť nasnímaných údajov, pretože určité materiály, ako sú ťažké kovy a zdroje rádiových vln, môžu rušiť prenos údajov. Využívanie RFID technológie a RFID robotov môže predstavovať nebezpečenstvo ochrany dát. Do týchto údajov sa nám dokážu nabúrať hackeri. Z toho dôvodu je veľmi dôležité mať dobre zabezpečené údaje a investovať do bezpečnostných softvérov.

Záver

Predtým, ako sa rozhodnete využívať RFID robotov v logistike, je dôležité zvážiť objem skladu a reálne úspory. Ak vstupné náklady nemôžu v priebehu nasledujúcich troch rokov priniesť kladnú návratnosť, tak z ich zavedením ešte počkajte.

Využívanie technológie RFID a RFID robotov sa v súčasnosti stáva už bežným štandardom. Využívanie RFID robotov v logistike nám zlepšuje prehľad o stave zásob a znižuje nám náklady. Taktiež nám pomáha odbremeniť zamestnancov, ktorí vykonávajú inventúry ručne pomocou RFID skenerov. Títo zamestnanci tak dokážu pracovať na úlohách, ktoré sa bez ľudského faktora nedajú vykonávať.

Podakovanie

Tento príspevok bol vypracovaný v rámci realizácie projektov: APVV-17-0258 Aplikácia prvkov digitálneho inžinierstva pri inovácii a optimalizácii produkčných tokov. APVV-19-0418 Inteligentné riešenia pre zvýšenie inovačnej schopnosti podnikov v procese ich transformácie na inteligentné podniky. VEGA 1/0438/20 Interakcia digitálnych technológií za účelom podpory softvérovej a hardvérovej komunikácie pokročilej platformy systému výroby. KEGA 001TUKE-4/2020 Modernizácia výučby priemyselného inžinierstva za účelom rozvoja zručností existujúceho vzdelávacieho programu v špecializovanom laboratóriu. VEGA 1/0508/22 „Inovatívne a digitálne technológie vo výrobných a logistických procesoch a systémoch.“

Literatúra

- [1] GREGOR, T., MAGVAŠI, V., GREGOR, M.: 2015c. Internet vecí (IoT). ProIN – Productivity and Innovation, No. 16, č.2, s.35-41, 2015, ISSN 1339-2271
- [2] BURGANOVA, N.; GRZNAR, P.; MOZOL, Š.: CHALLENGES OF FACTORY OF FUTURE IN THE CONTEXT OF ADAPTIVE MANUFACTURING; 2021. https://www.researchgate.net/publication/355218272_CHALLENGES_OF_FACTORY_OF_FUTURE_IN_THE_CONTEXT_OF_ADAPTIVE_MANUFACTURING
- [3] DURICA, L.; GREGOR, M.; VAVRIK, V.; MARSCHALL, M.; GRZNAR, P.; MOZOL, S.: A Route Planner Using a Delegate Multi-Agent System for a Modular Manufacturing Line: Proof of Concept. Appl. Sci.-Basel 2019, 9 (21), 4515. <https://doi.org/10.3390/app9214515>. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000498058600040>
- [4] GRZNAR, P.; KRAJCOVIC, M.; GOLA, A.; DULINA, L.; FURMANNOVA, B.; MOZOL, S.; PLINTA, D.; BURGANOVA, N.; DANILCZUK, W.; SVITEK, R.: The Use of a Genetic Algorithm for Sorting Warehouse Optimisation. Processes **2021**, 9 (7), 1197. <https://doi.org/10.3390/pr9071197>. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000677104800001>
- [5] PEKARČÍKOVÁ, M., TREBUŇA, P., KLIMENT, M., EDL, M., ROSOCHA, L.: Transformation the logistics to digital logistics: theoretical approach. In: Acta logistica. - Košice (Slovensko) : 4S go Roč. 7, č. 4 (2020), s. 217-223 [online]. ISSN 1339-5629.
- [6] TREBUŇA, Peter, Miriam, PEKARČÍKOVÁ, Marek, KLIMENT, Jozef, TROJAN. METÓDY A SYSTÉMY RIADENIA VÝROBY V PRIEMYSELNOM INŽINIERSTVE. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta: Univerzitná knižnica, 2019. ISBN 978-80-553-3280-2.
- [7] MARSCHALL, M.; GREGOR, M.; DURICA, L.; VAVRIK, V.; BIELIK, T.; GRZNAR, P.; MOZOL, S.: Defining the Number of Mobile Robotic Systems Needed



for Reconfiguration of Modular Manufacturing Systems via Simulation. Machines
2022, 10 (5), 316. <https://doi.org/10.3390/machines10050316>.
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000804335800001>

Contact address

Ing. Matúš Matiscsák

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného a digitálneho
inžinierstva, Park Komenského 9, 042 00 Košice, Slovensko

e-mail: matus.matiscsak@tuke.sk Strana: 52



THE FEATURES OF NEGOTIATIONS WITHIN REVERSE LOGISTICS COOPERATION

Andrzej KOZINA – Tomasz MAŁKUS

Abstract: The interest in the implementation of principles of sustainable development in enterprises relates to improvement through the use of solutions enabling the achievement and balance of economic and environmental benefits. The way to achieve ecological benefits includes improvement of solutions in the area of reverse logistics and related closing the loop in supply chain. Types of operations included in reverse logistics may be carried out by suppliers of specialized logistics services. Negotiating and updating the terms of cooperation between the client and the provider of reverse logistics services requires a specific approach. The objective of the paper is to present specific features of negotiations between cooperating parties influencing further ability to create and recover the value in reverse logistics.

Keywords: reverse logistics, cooperation, value, negotiations, dimensions of negotiations.

Introduction

The interest in the implementation of principles of sustainable development in enterprises relates to improvement through the use of solutions enabling the achievement and balance of economic and environmental benefits. The way to achieve ecological benefits includes improvement of solutions in the area of reverse logistics and related closing the loop in supply chain. In the closed-loop supply chain, among the main factors influencing the achievement of a competitive advantage, special attention is paid to the value associated with logistics solutions used in creating and delivering the final product to the buyer, as well as solutions used in the field of reverse logistics.

Reverse logistics is concentrated around three main directions of activity: recycling, reuse, remanufacturing [1]. The importance of value restoration is also underlined in the definition of reverse logistics [2]. The values achieved by the reverse logistics activity can be of tangible or intangible character [3-5].

Types of operations included in reverse logistics may be carried out by suppliers of specialized logistics services. The issue of cooperation with service providers is treated as one of most important problems when managing reverse logistics [6]. Activities in the area of reverse logistics carried out by service providers may be implemented separately but may also be part of comprehensive logistics service for partners in the supply chain. Due, in particular, to the characteristics of waste, recyclable materials, its impact on the environment cooperation with service providers is the subject of numerous regulations of national law as well as international agreements and conventions [7]. Negotiating and updating the terms of cooperation between the client and the provider of reverse logistics services requires a specific approach [8].

Considering the above statements, the objective of the paper is to present specific features of negotiations between cooperating parties influencing further ability to create and recover the value in reverse logistics. As introductory part of the article the methodology used for preparation of article is presented. Then, reverse logistics as the activity influencing value creation is characterized. In next part of the work main units cooperating and negotiating within reverse logistics are emphasized. The specificity of reverse logistics as environment for negotiations is presented. Within the next part of the paper the key dimensions of negotiations within reverse logistics are described, i.e. as a process, methods of conflict management and reaching agreement, mutual dependence of the parties and processes of: decision making, communication, mutual exchange and value creation. The part related to conclusions



synthetizes the major features of the considered negotiations, and also indicates the directions of research enriching the proposed concept.

Methodology used in the article

The concept of product/service value used in this article refers first of all to generic core designed to fulfil basic customer needs, surrounded by additional attributes or supplementary services [9]. The approach refers also to understanding how the relationship between exchange parties contributes to understanding value. There is also another way to consider value, presented in literature. It relates to trade-off between benefits and tangible monetary sacrifices, as well as intangible costs, that customer make to buy the product [10]. This aspect of the value considerations is not addressed in the article.

As the main approach for the preparation of this article desk research is used. The application of such a concept is supported by the analysis of studies presented in literature in which generalizations and detailed experience are presented, concerning value in reverse logistics and the impact of cooperation with logistics service providers on the processes of value creation and recovery.

Published studies, that are taken into consideration can be divided into several groups. The first of these contains basic studies on the genesis and essence of reverse logistics [11,12]. The second group consists of review papers on the essence of reverse logistics activity, its contemporary development trends, as well as structures of cooperation in reverse logistics channel [13-19]. The studies included in this group take also into account the assumptions of the activity in the field of reverse logistics, principles of shaping the relationship between participants cooperating in reverse logistics, as well as conditions of cooperation with specialized service providers, operating in such areas as: transport, storage, processing of recyclable materials and waste disposal [20-23]. Considered group of studies includes also the issues of legal regulations regarding the handling of various types of waste and recyclable materials, in particular the conditions for handling hazardous goods [24-26]. The third group of studies are those that concern the identification of activities that affect the recovery of values in reverse logistics [27,28]. The last group of studies used in the preparation of this article are those in which the issues of negotiating the terms of cooperation, conditions for the occurrence of conflicts, preparation of contracts, assumptions for limiting conflicts in organizations and between cooperating units were considered. The authors' methodological framework was applied [29], comprising the key dimensions of negotiation's, including the concepts by other authors, e.g. [30-34].

The preparation of the content is also supported by authors' individual experience in the area of designing reverse logistics management systems, negotiating and preparing the terms of cooperation with service providers specializing in handling used products, products with expired date of use, recyclable materials, as well as waste.

Reverse logistics as the activity of value recovery

According to one of the early comprehensive descriptions of reverse logistics such concept is defined as a process of planning, implementing, and controlling the efficient, cost effective flow



of raw materials, in-process inventory, finished goods and related information from the point of consumption to the point of origin for the purpose of recapturing value or proper disposal [35]. The main activities distinguished in the area of reverse logistics include product repair, recycling, refurbishing, upgrade, disassembly of a defective or used product to recover parts for reuse, as well as disposal of products with expired date of use and also disposal of waste [36]. The implementation of these activities requires taking into account transport, selection, storage as well as packaging. More specifically, the characteristics of the tasks related to the flow of goods in reverse logistics include: [37,38]:

- collection of goods to be returned to supplier – it concerns identification of incorrectly delivered, redundant, defective goods, as well as the identification of materials, damaged parts and separation of the number of units to be returned, this process may also apply to goods from recipients,
- collection and sorting of expired used, as well as damaged products, waste and recyclable materials, it relates to the qualification of mentioned types of goods for further actions (use of product components in re-manufacturing process, recycling, repair of product),
- recovery of parts suitable for remanufacturing by disassembly of products that turned out to be defective and were not sold as a result of quality control after the end of production or due to defects disclosed in the distribution channel,
- recovery of parts from end of life products for use in remanufacturing, which requires disassembling of these products, inspection and sorting as well as qualifying suitability for reuse,
- repair of damaged product,
- delivery of waste for disposal,
- recycling of materials for further use in manufacturing proces.

The implementation of the above-mentioned activities becomes possible primarily through the provision of transport. Similarly to forward logistics activities related to transport are emphasized among the main activities that significantly affect the effectiveness of value creation in reverse logistics, [39]. Taking into account four main aspects of economic utility, which influence the value of product for recipient (the usefulness of the form, place, time and possession), it should be indicated, that the aforementioned activities related to securing, preparation and processing relate to the utility of the product form, as well as possession in the area of reverse logistics. Transport is about the utility of time and place to use this product. It influences also possession of product.

Types of activities presented so far, influence processes of value creation and value recovery in reverse logistics, as it is reflected in Figure 1. The diversified impact of individual types of activities on these processes reflects also the different bargaining power of units specializing in particular tasks in negotiation with the client.

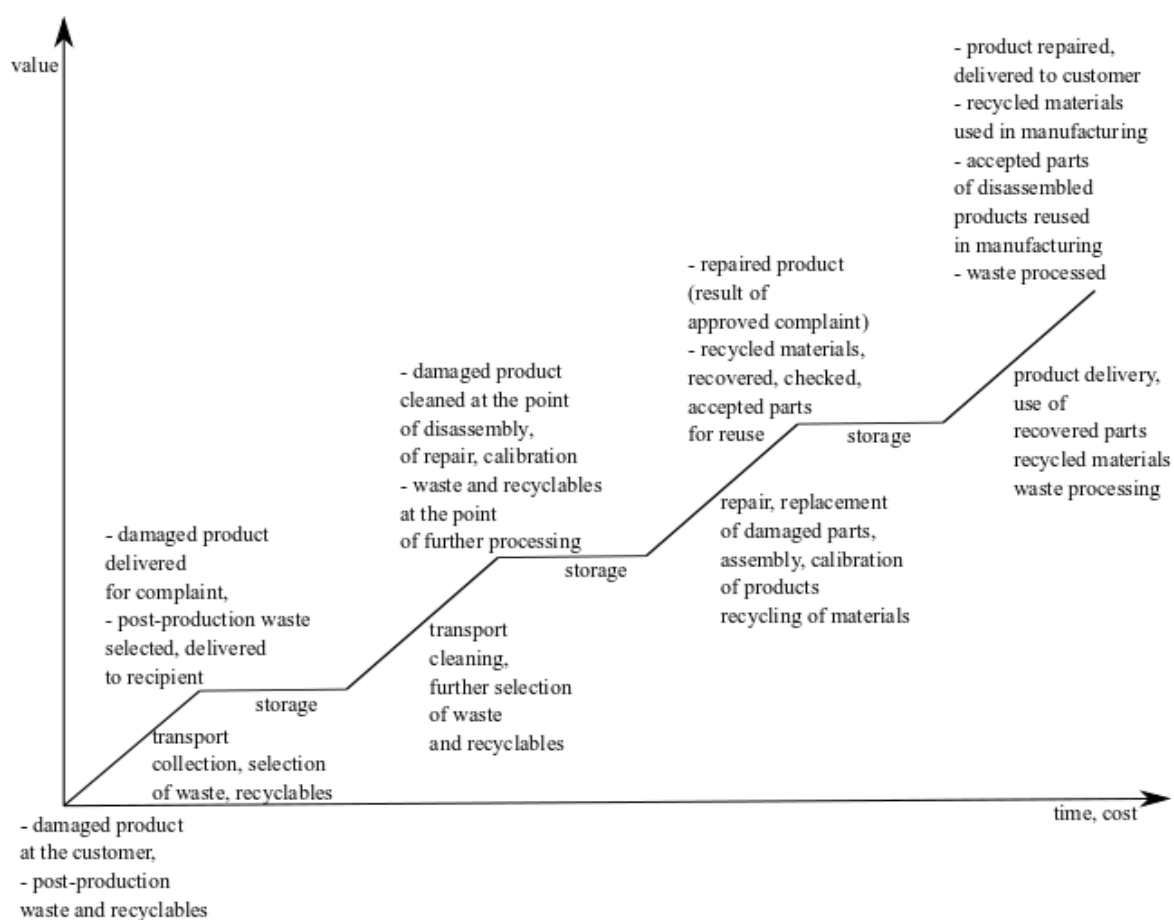


Fig. 1 Value creation in reverse logistics (source: own research based on: [40-45]).

Considering the information in Figure 1 it should be added, that the places where the increase in value is marked do not reflect the differences in the size of the increase. In addition, presented diagram does not take into account returns of full value goods. In such a case, value creation scheme is simplified. It covers only the return from the point of sale to the supplier, who, after receiving this product, prepares it again for sale and passes it to the distribution chain. The place where a recycled material or a reusable part from disassembled product, accepted for further use is waiting to be used in the manufacturing process means entering the value chain of product manufacturing and delivering it to the customer.

It should be also emphasized, that the value created in reverse logistics is not just about preparing recycled material for reuse in manufacturing process, reusable parts, repairing the product and restoring its functionality to the customer. These are activities related to recovery value associated with the product for the customer. Along with such activities, there are other activities related to the creation of new value, playing also important role. An example is the creation of energy in the process of waste disposal by a company, often for own use.

Types of companies involved in reverse logistics cooperation

Taking into consideration previously mentioned types of activities in the area of reverse logistics, relationships between reverse logistics and the flow of goods in manufacturing



process, as well as the ways of specialization of service providers following types of participants can be distinguished:

- product suppliers,
- recipients (using the delivered goods in the further production or distribution process),
- end users of products,
- units disassembling worn, damaged, spoiled products,
- units recycling materials for reuse,
- units participating in waste disposal,
- specialized service providers authorized to collect and transfer waste and recyclable materials to the places of their further use.

In practice, there may be enterprises combining the above-mentioned specializations, in accordance with legal restrictions related to the handling of waste and recyclable materials.

Product suppliers, by establishing cooperation with further manufacturers or sellers of finished products negotiate with their recipients the rules of handing over to the supplier of unused products, products with expired use-by dates, end-of-life products, products being the subject of a complaint, and packaging for re-use. If the supplier of products is also authorized to collect materials for recycling and waste for disposal, the rules for collecting these goods may also be negotiated.

Suppliers may also negotiate with users of finished products the rules for collecting used products or complaints about broken products, treating it, for example, as an additional element of the offer as part of the sale of a new product. Also handing over of the generated waste and materials for recycling (e.g. used packaging, parts replaced during repair) to the supplier may also be the subject of negotiation. Reverse logistics negotiations can also include the rules of transfer of waste to final waste disposal companies. It relates to cooperation with product manufacturers, distributors, units disassembling products as well as companies recycling materials.

Taking into consideration the process of transferring waste and recyclable materials, specialized logistics service providers authorized to collect, segregate and transport waste and recyclable materials may also participate in negotiation with companies mentioned earlier.

Negotiations on the terms of collection of waste and secondary raw materials with such companies can be conducted by producers and distributors of products, companies dealing with disassembly of used and broken products, companies processing recyclable materials into materials and companies dealing with final waste disposal.

The Dimensions of Negotiations within Reverse Logistics

1. Process of negotiation – due to their complexity and volatility, the negotiation processes in general, and those considered here in particular, are not easily structured. They can be disordered, and unpredictable. Some activities are carried out intuitively, spontaneously, and even instinctively. Other ones are formalized by procedures. Quite large amount of data facilitates the implementation of these processes, especially the identification and analysis of the negotiating situation.



The scope of negotiations in reverse logistics can vary greatly depending on the specific characteristics of the goods to be exchanged. Sometimes the negotiations cover the terms of the transaction considering typical, standard elements, and in other cases they concern very specific products and their parameters. In addition, in the negotiation processes under consideration, there are restrictions on the freedom of specialist actions due to numerous legal regulations regarding the way of handling individual types of goods (waste, secondary raw materials, expired products) - security for the duration of transport and storage, requirements of means of transport and storage area, storage process, neutralization of threats to the environment, documentation. Thus, the negotiation processes under consideration may be not only complex, but also very specific.

An important issue is the selection of the right negotiation partners. Whenever possible, they should be undertaken with those entities with whom positive relationships can be forged and maintained. In addition, service providers that have special licenses to handle certain types of goods, such as liquid goods that need to be transported in special tanks, often must be selected. When collecting waste and secondary raw materials from customers, you also need to take into account their preferences, limitations in the ability to prepare for the transfer of waste secondary raw materials, out-of-date products to suppliers, etc. As a result, some partners may have greater bargaining power.

There is an increasing need to negotiate with multiple partners at the same time. Undertaking multiparty negotiations is, however, difficult due to the limited possibilities of analyzing their context, selecting strategies, arranging meetings and conducting them. Thus, in reverse logistics, we deal with both bilateral and multilateral negotiations, i.e., with the participation of the aforementioned partners, cooperating in reverse logistics. In addition, negotiations must take into account the conditions resulting from legal provisions, but also the individual conditions of units that specialize in recycling or waste management, etc. As a result, seemingly bilateral negotiations may be conducted under the influence of conditions imposed by third parties participating in the processing, etc.

Conducting considered negotiations requires high flexibility of operation and efficient, direct and multi-directional coordination of activities carried out in networks of numerous interactions.

2. Managing conflicts – it is a competitive dimension of negotiations within reverse logistics as their participants strive to achieve their own goals and obtain the best possible results. They have divergent intentions and different views on the issues under consideration. The contradictions also concern the values, principles, expectations, perceptions, etc., which creates the emotional context of the negotiations, significantly influencing the substantive issues.

On the one hand due to the large amount of data with virtually unlimited availability and a wide exchange of information, the number of potential conflicts between the parties to the considered negotiations may be large, as a result of many different interactions between them. There are very violent and sharp disputes over fundamental, mainly material, issues. There may also be unnecessary data conflicts, very often occurring in practice and sometimes difficult to recognize, but here they do not result from their lack (as is usually the case) but from their excess and mutual lack of understanding, which also causes unnecessary disputes. As a result,



the parties to negotiations are then not able to properly identify and assess the causes, effects and the course of such conflicts, as well as the negotiating situation.

The available data may be unreliable, erroneous, selective, incorrectly compiled, etc., or differently interpreted by negotiators. Unnecessary data conflicts can cause other serious misunderstandings, mostly about values and relationships, and even stimulate real conflicts of interest. Therefore, it becomes necessary to provide a reliable and comprehensive explanation of the situation by confronting the possessed information and organizing it based on commonly agreed standards for its presentation and evaluation. This may allow for a relatively quick and cheap solution of the discussed conflicts, which will prevent their escalation.

On the other hand, the increasing speed of action, the multiplicity and virtualization of relations, and sometimes the anonymity of the partners to negotiations mean that possible conflicts are mostly short-lived, unnoticeable, they cannot fully reveal themselves, let alone develop. Moreover, due to possible anonymity of partners or incomplete knowledge about them, it is much more difficult to use competitive negotiation techniques, use the effect of surprise or asymmetry of information, strengthen bargaining power, threaten and promise, bluff, etc., because the parties are "well-informed". It is much easier to explain the nature of short-term conflicts, their causes and effects. They are and must be dealt with on an ongoing basis, when and where they appear, directly through their website. You can make better use of their positive functions, especially stimulating changes that improve performance.

3. Reaching agreement – this dimension concerns their intended result, beneficial to all their participants, i.e., meeting their needs. They also have common goals, so they are interested in the results of negotiations, which constitute important values for them (tangible and intangible). The cooperation of the parties is therefore necessary to achieve the desired level of effectiveness. This, in turn, requires concluding a number of contracts (implicit and explicit), specifying the terms of the agreement between them. It is therefore the cooperative dimension of negotiations.

Nowadays, under the so-called revolution 4.0, the possibilities of identifying new, potential negotiating partners are large, provided that there is access to data on their reliability, credibility, etc. The choice of partners, usually made from among many alternatives, is hypothetically easier, because a relatively good recognition of the negotiation environment increases the probability of interacting with relevant partners, establishing and maintaining positive and beneficial relationships based on mutual trust, which reduces the risk for the course and the effects of negotiations. To achieve this, a reliable analysis of the partners' credibility is required.

In addition, in the current reality, sometimes limited, short-term or even virtual contracts are established, which on the one hand frees us from permanent obligations, but on the other hand increases the risk of losses due to the partners failing to meet contractual arrangements or concluding incomplete contracts. It should be noted, however, that with broad, virtually unlimited access to data, signals about disloyal or unreliable partners are easily available in the negotiating environment. In general, negotiators are more inclined to establish and consolidate positive relationships and to use cooperative-oriented negotiating techniques.



It is therefore advisable to rely on proven partners, especially those trusts. Therefore, the scope of cooperation with them should be expanded.

The virtualization of contacts causes that their implementation is usually faster, and it is often necessary to consider many different issues and many different goals, both common and contradictory.

4. Mutual dependence – there is an interaction of the dimensions of cooperation (collaboration) and competition (rivalry), i.e., the coexistence of contradictory and convergent goals of the participants in the considered negotiations. It expresses the efforts of the parties to achieve a favorable result, conditioned by the necessity to resolve the conflict between them. Neither party can achieve its goals on its own, and at the same time each of them can achieve their goals by others. If the partners saw alternative and more effective ways of achieving their goals, they would not negotiate. Thus, such a relationship expresses a close relationship between the two previously discussed dimensions.

In today's business the parties are rarely "doomed to each other", much more often negotiating by choice than by force. On the one hand, a large amount of information available expands the group of potential partners for cooperation, but on the other hand, it makes it difficult to search for and select the right partners and analyze them in the context of negotiations, and competition intensifies, and conflicts may arise. There is much more interaction between the parties to the negotiation. Mutual relations are varied, usually stronger, symmetrical or asymmetrical, although sometimes short-lived or momentary, creating complex networks of connections.

It is easier to build and maintain lasting positive relationships, especially partnerships. You are more likely than usual to establish and maintain positive and beneficial relationships with negotiators based on mutual trust. The aim is to shape and maintain them in order to ensure effective cooperation, beneficial to all, but it is not always possible and/or necessary. Signals about disloyal or unreliable partners are easily available in the negotiating environment. Moreover, generally "well-informed" negotiating parties are more likely to establish and maintain positive relationships, and to use cooperative-oriented negotiation techniques. Cooperation and competition coexist in the form of a coopetition strategy. On the other hand, establishing and developing partnerships is usually time-consuming and generally costly, and sometimes unprofitable or risky. Anonymous functioning in a negotiating environment may turn out to be more beneficial and even safer.

5. Decision-making process – it is the most important interpretation of negotiations as it expresses direct finding solutions to the negotiated issues by the parties involved. In the preparatory phase, this process is carried out by them independently of each other, i.e. each of them analyzes the negotiating situation from the point of view of their goals and interests. On this basis, they determine initial solutions to negotiated problems based on their own criteria for selecting solutions. Then they iteratively make the necessary arrangements of possible alternatives, determining the scope of negotiations, i.e. a set of acceptable solutions to negotiated problems, based on the analysis of the community and divergence of interests. By adopting common selection criteria and rules, they find a solution acceptable to everyone.

In negotiations within reverse logistics, all typical activities within the process of interactive decision-making by negotiators, i.e. identifying problems, collecting and analyzing



information, generating alternative solutions, selecting criteria for their evaluation, making choices and the necessary implementation works, are facilitated due to both the wide access to data and strong relations of the parties, as well as difficult and complex due to the specificity of the negotiation process itself and the redundancy of information.

Therefore, the information needs of negotiators as decision makers are, in principle, satisfied to the required degree, so their choices should be accurate, adequate to the problems, made on time, adequately detailed, etc. That substantially increases the quality of decisions. Moreover, it significantly reduces the uncertainty of their performance and the effects of negotiations. In this case, the difficulty may be the excessive amount of data, requiring their careful analysis and selection.

The disadvantages of the decision-making process in the considered negotiations include the need to act quickly, forcing the parties to decide, the presence of an excess of information and the need for careful selection, expanding analyzes, and making choices too quick and hasty. As a result, decision-making processes can be more time-consuming, although burdened with lower risk.

Taking this into account, the most significant positive effects of the decision-making process in negotiations within reverse logistics are better and faster decisions, more settlements in real time, data availability for innovation and lower costs.

6. Communication process – this dimension concerns the mutual exchange of information, "penetrating" all activities of the parties in the negotiation process, from the initial presentation of positions, through: shaping relations, formulating, and exchanging offers, persuading, asking questions and answering, listening, clarifying doubts, etc., to final arrangements and drafting the contract.

On the one hand, as a result of the impact of revolution 4.0, and big data in particular, the exchange of information in the considered negotiations is significantly enriched. The parties to the negotiations have practically unlimited access to all necessary data in real time, although, for obvious reasons, not all information necessary for action is public, presented to everyone on the forum. High availability of information and transparency of communication allow negotiators to properly determine how to better achieve goals. It increases the efficiency of analytical and diagnostic activities. It significantly enriches the tools for conducting negotiations, i.e., increases the number and quality of offers and the accuracy of arguments, improves the effectiveness of questions, facilitates clarification of doubts and the effective selection of negotiation techniques. In addition, virtual negotiations create greater opportunities for the negotiating team to communicate during the negotiations, allowing for establishing a common ground.

On the other hand, negotiators are not favored by a kind of artificiality of communication during online meetings, a kind of "narrow field of view", and especially by limiting non-verbal communication. It is much more difficult to interpret and analyze the meaning of non-verbal messages of other negotiation participants and their emotional behavior. It is easier to hide some inconvenient facts due to the lack of necessity to disclose some data, which may be a condition for cooperation with negotiation partners. There are fewer opportunities to care for data protection and security, and limited awareness of potential threats in this area.



In general, a wide exchange of information and efficient communication allow to better meet the information needs of the participants to negotiations within reverse logistics. They improve the throughput of omni-directional communication channels. They increase the usefulness of information in terms of its detailed parameters, i.e., reliability, authenticity, proper form, appropriate detail, etc.

7. Mutual exchange – must take place on terms jointly agreed by the parties, through mutual agreements and concessions. It is favored by the differences in the hierarchy of negotiators' goals, i.e., it seeks to obtain significant resources and values, giving back less important but important for other parties in return. It concerns not only tangible resources, as well as intangible ones, i.e., ideas, ideas, concepts of solutions.

On the one hand, the positive aspect the negotiations processes under consideration is mainly expressed by supporting the determination of the scope and conditions of a possible exchange due to the wide range of interactions and cooperation between the negotiating parties and the appropriate scope of communication between them. It is much easier to obtain and transmit full and reliable information about the needs of the parties and to gather the necessary data on mutual requirements and expectations already in the initial phase of the negotiations, as they are widely available. In other words, it is not difficult to define and confront the preferences of the participants in negotiations, as their expectations are not undisclosed or unclear.

Potential exchange offers are precise and well-thought-out, oriented not only towards material values. There are favorable conditions for the creativity of the parties in the search for opportunities to exchange immeasurable assets. It is easier for negotiators to create wider possibilities of meeting their needs mutually. They rarely show a tendency to formulate non-equivalent exchange proposals only for the purpose of achieving quick and immediate benefits, especially tangible ones. Negotiations based on interests dominate, not simple haggling. There are many options for selecting potential exchange partners and their offers. It is easier to obtain and communicate complete and reliable information about the needs of the parties and to limit focus on immediate needs at the expense of long-term effects.

On the other hand, the significant acceleration and increase in the complexity of the considered negotiation processes may cause them to appear too quick and simpler exchange proposals with a higher "weight", entailing greater risk. Undoubtedly, greater precision is required when formulating exchange offers. In addition, there may be opportunities to surprise other negotiating participants when they are not prepared to accept certain proposals.

8. Creating values – the interdependence of the parties and the process of mutual exchange in the negotiations allow the parties to the negotiations to achieve mutual benefits by creating additional value, which would not be possible without negotiation. These common values are a synergistic effect of the cooperation of the parties. Creating them is also possible when one party has something to offer that is not worth much for itself but is of great value to other participants in the negotiation - and vice versa. By exchanging these values, each side loses little, but gains a lot. Within reverse logistics usually we face the process of values recovery, creating a new ones. It should be emphasized, that this is another aspect of value creation in cooperation in reverse logistics, next to the previously presented issue of recovering value related to the use of parts from damaged products, use of recyclable materials, waste, etc.



Therefore, negotiations within reverse logistics are characterized by the ease of their parties agreeing on common values that are to be the subject and effect of cooperation. Orientation not only on the immediate effects of negotiations, the strength and durability of relationships, their positive nature, mutual trust of the parties, wide exchange of information about the values themselves and the possibility of achieving them make their co-creation much easier. At most, the prospect of quick and measurable benefits as an effect of the temporary cooperation of the parties may induce them to try to obtain these benefits.

There may, of course, be the danger of unjustified appropriation of resources, and as a result, reliable partners must be relied upon in the search for common values. In addition, cases of such unethical activities are exposed online and widely stigmatized. Differences in the assessment of the values represented by their participants, i.e., different priorities, create the potential for reaching agreement through the exchange of values that are beneficial to them. On an ad hoc basis, these values may be of little importance to the parties to the negotiations but bring them benefits deferred in time. Moreover, potential conflicts of values can and should be resolved by explaining their causes and by convincing each other about the positive impact of different values on the negotiation processes.

Conclusions

To sum up, the following features of negotiations within reverse logistics can be indicated:

- substantial acceleration of the conduct of these processes, especially pre-negotiation analysis,
- significant increase of the scope of such analysis in a wider negotiating environment,
- searching for trusted negotiation partners and shaping and maintaining positive relations with them,
- on the other hand, exercising caution when establishing relationships, i.e., applying the principle of limited trust,
- adopting a broader perspective when looking for possible alternative solutions,
- generally greater creativity while looking for them,
- increased flexibility of performance, especially when searching for options for solutions,
- seeking for new strategies and negotiation techniques aimed at finding a balance between cooperation and competition,
- enriching the tools of multiparty negotiation, more and more dominant in contemporary socio-economic life,
- full acceptance of the multicultural nature of the negotiating environment and its creative use,
- particular attention is related to compliance with limitations resulting from law on environmental protection, treatment of special types of goods, dangerous goods waste and recyclable materials as well as with requirements of permits for transport, storage, securing, etc. resulting from these regulations,
- paying much more attention to information security,
- using modern systems of supporting negotiations via the Internet.



These are not all the suggestions that are useful in negotiating with service providers in the area of reverse logistics. Those presented were treated as the most important.

Acknowledgements

The Project has been financed by the Ministry of Science and Higher Education within “Regional Initiative of Excellence” Program for 2019-2022. Project no.: 021/RID/2018/19. Total financing: 11 897 131,40 PLN

References

- [1] Jayaraman V., LuoY, Creating Competitive Advantages Through New Value Creation: A Reverse Logistics Perspective, *Academy of Management Perspectives*, Vol. 21, No. 2 (2007), ISSN: 1943-4529, pp. 56-73.
- [2] Rogers D.S., Tibben-Lembke R.S., *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practises*, Reverse Logistics Executive Council 1999, ISBN-13 : 978-0967461908.
- [3] Jayaraman, V., et al., A closed-loop logistics model for remanufacturing, *Journal of Operational Research Society*, Vol. 50, No. 5 (1999) ISSN: 1476-9360, pp. 497-508.
- [4] Jayaraman V., et al., The design of reverse distribution networks: Model and solution procedures, *European Journal of Operational Research*, Vol. 150 (2003), ISSN: 0377-2217, pp. 128-149.
- [5] Linton J.D., Jayaraman V., A framework for identifying differences and similarities in the managerial competencies associated with different modes of product life extension, *International Journal of Production Research*, Vol. 43, No. 9 (2005), ISSN: 0020-7543 pp. 1807-1829.
- [6] Rogers D.S., Tibben-Lembke R.S., *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practises*, Reverse Logistics Executive Council 1999, ISBN-13 : 978-0967461908.
- [7] Małkus T., Assumptions for the regulation of operations in reverse logistics, *Proceedings of 9-th International Carpathian Logistics Congress CLC 2019, 2020*, ISBN: 978-80-87294-96-3, ISSN: 2694-9318, pp. 58-65.
- [8] Tombido L.L. et al., A systematic review of 3PLS' entry into reverse logistics, *South African Journal of Industrial Engineering*, Vol. 29, No. 3 (2018), ISSN: 2224-7890, pp. 235-260.
- [9] Levitt, T., Marketing success through differentiation – of anything, *Harvard Business Review*, Vol. 58, No. 1 (1980), ISSN: 0017-8012, pp. 83-91.
- [10] Lindgreen, A., et al., Value in business and industrial marketing: past, present, and future, *Industrial Marketing Management*, 2012, Vol. 41 No. 1 (2012), ISSN: 0019-8501, pp. 207-214.
- [11] Rogers D.S., Tibben-Lembke R.S., *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practises*, Reverse Logistics Executive Council 1999, ISBN-13 : 978-0967461908.
- [12] Dowlatsahi, S., Developing a reverse logistics theory. *Interfaces*, Vol. 30 (2000), ISSN: 00922102 pp. 143-155.
- [13] Johnson, P.F., Managing value in reverse logistics systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 1998, Vol. 34, Iss. 3 (1998), ISSN: 1366-5545, pp. 217-227.



- [14] El korch A, Milet D., Designing a sustainable reverse logistics channel: the 18 generic structures framework, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 19, Iss. 6-7 (2011), ISSN: 0959-6526, pp. 588-597.
- [15] Huscroft J. R., et al., Reverse logistics: past research, current management issues and future directions, *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 24, No. 3 (2013), ISSN: 0957-4093, pp. 304-327.
- [16] Senthil S., Sridharan R., Reverse logistics: a review of literature, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, Vol. 3, No. 11 (2014), ISSN: 2319-1163, pp. 140-144.
- [17] Agrawal S., et al., A literature review and perspectives in reverse logistics, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 97 (2015), ISSN: 0921-3449, pp. 76-92.
- [18] Tombido L.L., et al., A systematic review of 3PLS' entry into reverse logistics, *South African Journal of Industrial Engineering*, Vol. 29, No. 3 (2018), ISSN: 2224-7890, pp. 235-260.
- [19] Govindan K., Bouzon M., From a literature review to a multi-perspective framework for reverse logistics barriers and drivers, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 181 (2018), ISSN: 0959-6526, pp. 318-337.
- [20] Sasikumar, P., Haq, A.N., Integration of closed loop distribution supply chain network and 3PRLP selection for the case of battery recycling, *International Journal of Production Research*, Vol. 49, No. 11 (2011), ISSN: 0020-7543, pp. 3363-3385.
- [21] Senthil S., Sridharan R., Reverse logistics: a review of literature, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, Vol. 3, No. 11 (2014), ISSN: 2319-1163, pp. 140-144.
- [22] Agrawal S., et al., A literature review and perspectives in reverse logistics, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 97 (2015), ISSN: 0921-3449, pp. 76-92.
- [23] Tombido L.L., et al., A systematic review of 3PLS' entry into reverse logistics, *South African Journal of Industrial Engineering*, Vol. 29, No. 3 (2018), ISSN: 2224-7890, pp. 235-260.
- [24] Huscroft J. R., et al., Reverse logistics: past research, current management issues and future directions, *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 24, No. 3 (2013), ISSN: 0957-4093, pp. 304-327.
- [25] Govindan K., Bouzon M., From a literature review to a multi-perspective framework for reverse logistics barriers and drivers, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 181 (2018), ISSN: 0959-6526, pp. 318-337.
- [26] Maľkus T., Assumptions for the regulation of operations in reverse logistics, *Proceedings of 9-th International Carpathian Logistics Congress CLC 2019, 2020*, ISBN: 978-80-87294-96-3, ISSN: 2694-9318, pp. 58-65.
- [27] Agrawal S., et al., A literature review and perspectives in reverse logistics, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 97 (2015), ISSN: 0921-3449, pp. 76-92.
- [28] Rachih H., et al., Meta-heuristics for reverse logistics: A literature review and perspectives, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 127 (2019), ISSN: 0360-8352, pp. 45-62.



- [29] Kozina A., Zasady negocjacji, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2018, ISBN: 978-83-7252-769-1.
- [30] Kozina A., Pieczonka A., Structural determinants of conflicts within the logistics system of an enterprise, *Acta Logistica*, Vol. 4, Iss. 2 (2017), ISSN 1339-5629, pp. 19-22.
- [31] Jung S., Krebs P., *The Essentials of Contract Negotiation*, Springer 2019, ISBN: 978-3-030-12866-1.
- [32] Lewicki R.J., et al., *Zasady negocjacji*, Dom Wydawniczy Rebis, Poznań 2018, ISBN: 978-83-8062-326-2.
- [33] Rockmann K.W., et al., *Negotiation: Moving From Conflict to Agreement*, Sage Publications Inc., Thousand Oaks 2020, ISBN-13: 978-1544320441.
- [34] Thompson L., *The Truth About Negotiations*, FT Press 2013, ISBN-13: 978-0136007364.
- [35] Rogers D.S., Tibben-Lembke R.S., *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practises*, Reverse Logistics Executive Council 1999, ISBN-13 : 978-0967461908.
- [36] Tombido L.L., et al., A systematic review of 3PLS' entry into reverse logistics, *South African Journal of Industrial Engineering*, Vol. 29, No. 3 (2018), ISSN: 2224-7890, pp. 235-260.
- [37] El korch A., Milet D., Designing a sustainable reverse logistics channel: the 18 generic structures framework, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 19, Iss. 6-7 (2011), ISSN: 0959-6526, pp. 588-597.
- [38] Małkus T., Assumptions for the regulation of operations in reverse logistics, *Proceedings of 9-th International Carpathian Logistics Congress CLC 2019*, 2020, ISBN: 978-80-87294-96-3, ISSN: 2694-9318, pp. 58-65.
- [39] Dowlatshahi S., The role of transportation in the design and implementation of reverse logistics systems, *International Journal of Production Research*, Vol. 48, No. 14 (2010), ISSN: 0020-7543, pp. 4199-4215.
- [40] Johnson, P.F., Managing value in reverse logistics systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 1998, Vol. 34, Iss. 3 (1998), ISSN: 1366-5545, pp. 217–227.
- [41] Christopher, M., *Logistyka i zarządzanie łańcuchem dostaw. Strategie obniżki kosztów i poprawy poziomu usług*, Polskie Centrum Doradztwa Logistycznego, wydanie II, Warszawa 2000, ISBN: 83-914870-0-8.
- [42] Dowlatshahi S., The role of transportation in the design and implementation of reverse logistics systems, *International Journal of Production Research*, Vol. 48, No. 14 (2010), ISSN: 0020-7543, pp. 4199-4215.
- [43] Agrawal S., et al., A literature review and perspectives in reverse logistics, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 97 (2015), ISSN: 0921-3449, pp. 76-92.
- [44] Dapiran G.P., Kam B.H., Value creation and appropriation in product returns management, *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 28, No. 3 (2017), ISSN: 0957-4093, pp. 821-840.
- [45] Rachih H., et al., Meta-heuristics for reverse logistics: A literature review and perspectives, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 127 (2019), ISSN: 0360-8352, pp. 45-62.



MOŽNOSTI DIMENZOVANIA ZÁSOBNÍKA S VYUŽITÍM SIMULÁCIE

POSSIBILITIES OF DIMENSIONING THE STORAGE TANK USING SIMULATION

Marek ONDOV – Peter GOMBOŠ – Ivana KRAJŇÁKOVÁ – Karolína BORTÁKOVÁ –
Zuzana SEDLÁKOVÁ

Abstract: Production processes with bulk raw materials need to have a storage tank available as a collection point as well as an entry point for the raw material in the production process. From the point of view of costs, it is necessary to appropriately dimension bulk material storage tanks depending on the filling and emptying of the storage tank. The main factors that influence this are the hourly performance of the filling equipment, the method and speed of emptying and the type and capacity of the means of transport into which the material is loaded. Simulation, as a means of analysis, displays in graphic outputs the development of the amount of stored material in the storage tank depending on the input parameters.

Abstrakt: Výrobné procesy so sypkými surovinami potrebujú mať k dispozícii zásobník ako zberný a zároveň vstupný bod danej suroviny vo výrobnom procese. Z hľadiska nákladov je potrebné zásobníky sypkých materiálov vhodne dimenzovať v závislosti od charakteru plnenia a vyprázdňovania zásobníka. Hlavné faktory, ktoré na to vplyvajú sú hodinová výkonnosť plniaceho zariadenia, spôsob a rýchlosť vyprázdňovania a typ a kapacita dopravných prostriedkov, do ktorých sa materiál nakladá. Simulácia ako prostriedok analýzy zobrazí v grafických výstupoch vývoj množstva uskladneného materiálu v zásobníku v závislosti od zadáných vstupných parametrov.

Keywords: Storage, Bulk material, Modelling, Simulation

Kľúčové slová: Skladovanie, Sypký materiál, Modelovanie, Simulácia

Úvod

V primárnom odvetví priemyslu je dimenzovanie zásobníkov sypkých hmôt neoddeliteľnou súčasťou logistických činností vo výrobnom procese. Úlohou zásobníkov je vytvoriť potrebnú zásobu materiálu, aby sa odstránili vplyvy nerovnomerného prísunu a odsunu materiálu, ďalej časovo od seba oddeliť technologické procesy iných charakterov a brať do úvahy fyzikálno-chemické vlastnosti spracovávaných materiálov. Skladovanie sypkých hmôt v zásobníkoch má svoje výhody aj nevýhody. Medzi hlavné výhody patrí ochrana skladovaného materiálu pred nepriaznivými poveternostnými vplyvmi a automatizácia plnenia a vyprázdňovania zásobníka. Plnenie zásobníkov sa môže vykonávať vrchom, nasýpaním, vypúšťanie materiálu je realizované v spodnej časti zásobníka v podobe jedného alebo viacerých vypúšťacích otvorov [1].

Zásobníky sa delia podľa viacerých hľadísk. Z dôležitého hľadiska pôdorysných a výškových rozmerov rozlišujeme nízke bunkre a vysoké silá. Bunkre sú určené na krátkodobé skladovanie, pretože majú menšiu kapacitu danú geometrickým tvarom. Môžu sa v nich uchovávať sypké materiály všetkých vlastností. Bunkre môžu byť umiestnené nad zemou i pod zemou a mávajú rôzny tvar. Silá slúžia na utvorenie väčšej zásoby preto sú využívané hlavne na dlhodobé skladovanie a sú vhodné len na práškové alebo jemnozrnné drobné sypké materiály [2].

Pri návrhu zásobníka pre sypké hmoty je dôležité stanoviť priebeh plnenia a vyprázdňovania zásobníka, čo úzko súvisí aj s návrhom jeho kapacity. Priebeh plnenia a vyprázdňovania je závislý od viacerých faktorov [3]:

- Spôsob a rýchlosť plnenia predstavuje parameter hodinová výkonnosť plniaceho zariadenia, napr. kontinuálne pomocou pásového dopravníka.
- Spôsob a rýchlosť vyprázdňovania či kontinuálny alebo v určitých intervaloch.
- Typ a kapacita dopravných prostriedkov, napr. nákladný automobil, železničný vagón, sústava dopravných pásov.

Cieľom článku je ukázať možnosti ako zrýchliť proces navrhovania kapacity zásobníka využitím simulačného nástroja. Z čiastkových cieľov môže byť vypichnuté použitie simulácie ako analytického nástroja so zámerom sledovať správanie navrhnutého zásobníka a návrh rôznych opatrení s cieľom racionalizácie množstva suroviny v zásobníku.

Metodológia

Stanovenie objemu a kapacity už existujúceho zásobníka sa jednoducho určí výpočtom na základe jeho rozmerov. Iný prípad nastáva, keď je potrebné navrhnuť kapacitu a objem nového zásobníka pre konkrétne prevádzkové podmienky. Objem a kapacitu je nutné navrhnuť efektívne tak, aby nebol predimenzovaný alebo poddimenzovaný a mohol by predstavovať úzke miesto vo výrobnom alebo dopravnom procese. Návrh kapacity a objemu zásobníka môžeme rozdeliť na dve časti. Prvá časť – výpočtová, je podkladom pre vypracovanie druhej časti, ktorej základom je znázornenie grafického priebehu plnenia a vyprázdňovania zásobníka a následné určenie jeho objemu a rozmerov [4].

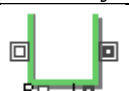
Podľa algoritmu návrhu zásobníka je nutné postupovať týmito krokmi [4]:

1. Návrh tvaru a rozmerov výpustného otvoru zásobníka
 2. Výpočet priepustnosti otvoru
 3. Výpočet času vyprázdňovania zásobníka
 4. Výpočet času naplnenia zásobníka množstvom materiálu pre jeden dopravný prostriedok
 5. Výpočet minimálneho množstva materiálu v zásobníku pred nakládkou
 6. Zostrojenie grafu prísunu a odsunu materiálu z a do zásobníka
- V tomto bode algoritmu sa pristúpi k využitiu simulačného nástroja.
7. Určí sa maximálne množstvo materiálu v zásobníku
 8. Množstvo materiálu sa prepočíta pomocou objemovej sypnej hmotnosti suroviny
 9. Stanovenie rozmerov zásobníka

Metódu, pri ktorej skúmaný systém pretransformujeme do modelu nazývame simuláciou. Experimentovanie s modelom prináša množstvo dát a informácií, ktoré je možné aplikovať na skutočný systém [5]. Simulácia je vhodným nástrojom na vyhodnotenie efektívnosti výrobného procesu aj v prípade neinvazívnych zmien, ako je úprava výroby, plánovanie a racionalizácia logistických operácií [6].

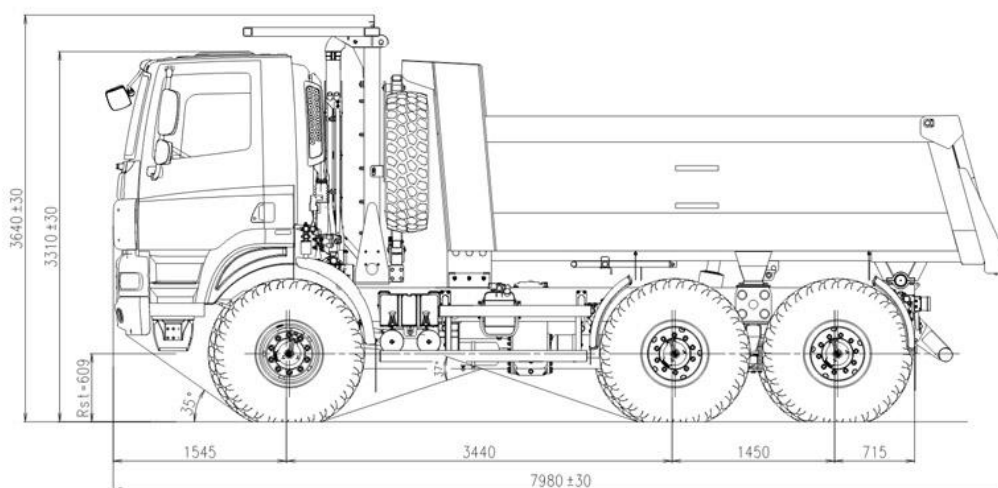
V súčasnosti sa používa veľa simulačných programov ako TECNOMATIX, SIMUL8, WITNESS, ExtendSim alebo ARENA [7]. ExtendSim je blokovo orientovaný simulačný program, ktorý ponúka možnosť diskretnej aj nepretržitej simulácie. Programové bloky sú rozdelené do knižníc Value, Item, Plotter, Rate, Utilities a Animation. Počet blokov v modeli nie je obmedzený. Predpripravené bloky so zabudovaným programovacím jazykom uľahčujú tvorcom logicky pracovať s modelom [8].

Tab. 6 Bloky potrebné na vytvorenie simulačného modelu [8], vlastné spracovanie

Blok	Funkcia	Blok	Funkcia
 Executive	Nutný pre chod diskkrétnej simulácie. Riadi simuláciu.	 Get	Číta hodnoty vlastností danej entity.
 Create	Vytvára entity v simulácii.	 Holding tank	Kumuluje hodnoty, na požiadanie aj odoberá.
 Exit	Odoberá entity zo simulácie.	 Constant	Generuje konštantnú hodnotu.
 Activity	Simuluje aktivitu, spracovávanie.	 Line chart	Tvorí čiarový graf počas simulácie.
 Queue	Simuluje frontu.		

Výsledky a diskusia

Zásobník je naplňovaný kontinuálne pracujúcim zariadením a pravidelne cyklicky vyprázdňovaný. Zo zásobníka je surovina nakladaná do dopravných prostriedkov. Ako vzorový dopravný prostriedok bol vybraný jednostranný sklápač 6x6, zobrazený na Obr. 1. Jeho užitočné zaťaženie môže byť 25 000 kg a môže dosahovať rýchlosť 60 km/h [9].



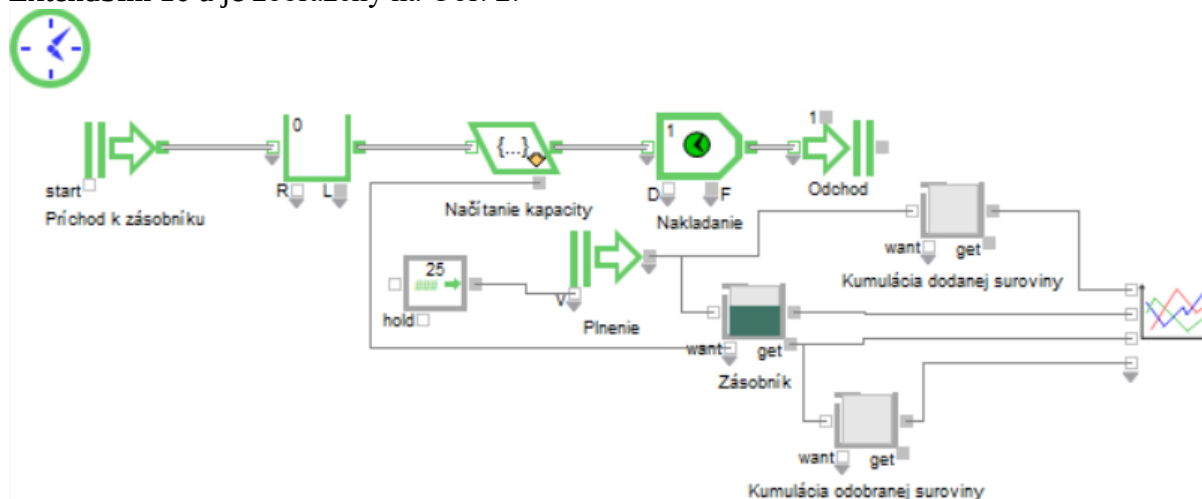
Obr. 3 25t jednostranný sklápač [9]

Skôr, než bol vytvorený samotný simulačný model bolo potrebné vykonať výpočty podľa algoritmu. Vstupné a vypočítané údaje sú uvedené v Tab. 2. Vzťahy pre vypočítané hodnoty uvádzajú autori týchto publikácií [10].

Tab. 7 Vstupné a vypočítané hodnoty potrebné pre vytvorenie simulačného modelu, zdroj: autor

	Parameter	Hodnota
Vstupné údaje	hodinová výkonnosť kontinuálneho plniaceho zariadenia Q_h^{pz} , t.h ⁻¹	180
	objemová sypná hmotnosť uskladneného materiálu ρ , t.m ⁻³	1,6
	maximálna veľkosť vypúšťaných kusov v zásobníku z , m	0,05
	kapacita dopravného prostriedku K_{DP} , t	25
	koefficient zaplnenia priečneho prierezu výpustného otvoru φ .	0,5
Vypočítané hodnoty	priepustnosť - výkonnosť výpustného otvoru zásobníka, Q_h^z , t.h ⁻¹	560
	čas vyprázdňovania zásobníka T_{VZ} , min	2,7
	čas manipulácie s dopravným prostriedkom T_{PV} , min	4
	čas naplnenia zásobníka množstvom materiálu pre jeden dopravný prostriedok T_{PZ} , min	8,33
	minimálne množstvo materiálu v zásobníku pred nakládkou K_z^{min} , t	16,89

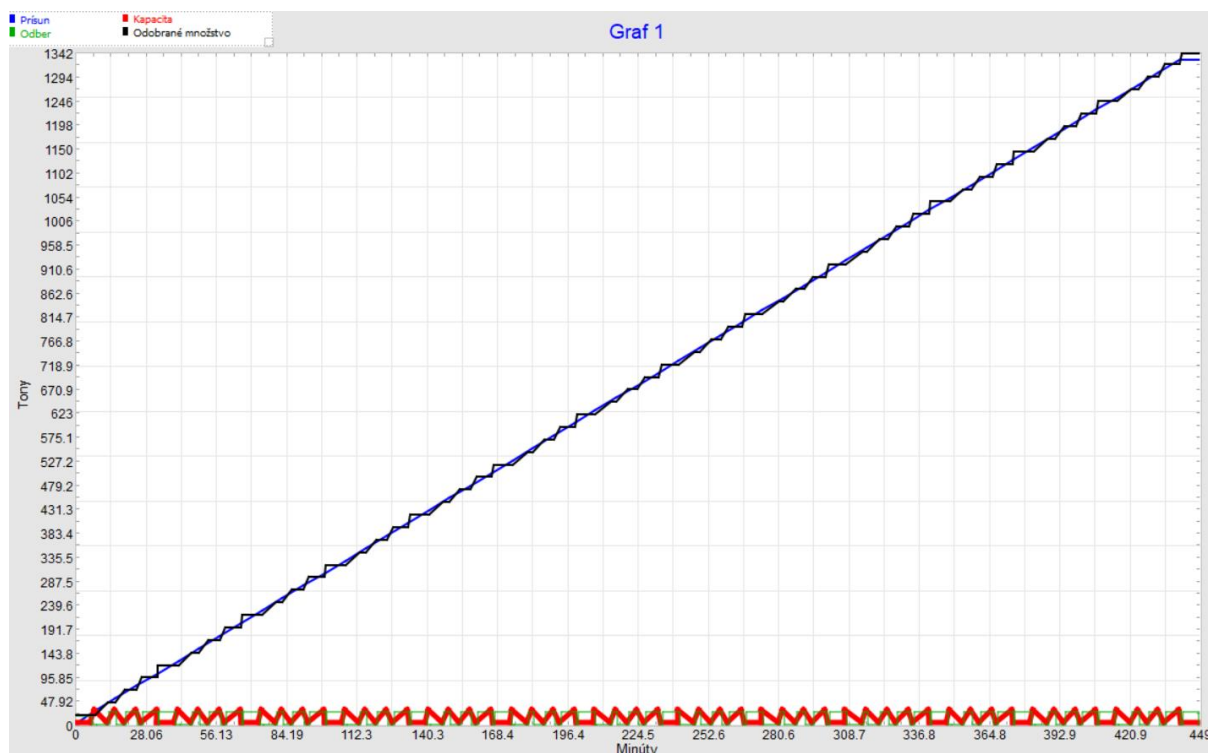
Simulačný model pre proces plnenia a vyprázdňovania zásobníka bol vytvorený v programe ExtendSim 10 a je zobrazený na Obr. 2.



Obr. 4 Simulačný model plnenia a vyprázdňovania zásobníka

Simulačný model na Obr. 2 je kombinovaný simulačný model, v ktorom príchod a odchod nákladných vozidiel (zelené bloky) je simulovaný diskrétno a tok hodnôt (sivé bloky) je spojený so zaznamenávaním v určitých časových okamihoch. Blok príchod k zásobníku generuje vozidlo pravidelne. Blok get načíta jeho kapacitu a odošle požiadavku do zásobníka. Blok activity simuluje zdržanie počas nakladania, manipuláciu a vyprázdňovania zásobníka. Blok plnenie plní zásobník pravidelne hodnotou generovanou v bloku constant. Kumulačné bloky holding tank slúžia na kumulovanie hodnôt pre vykreslenie kriviek v grafe.

V prvom experimente sú parametre blokov nastavené podľa tabuľky vstupných hodnôt. Dĺžka simulácie je jedna pracovná zmena a to 450 minút.



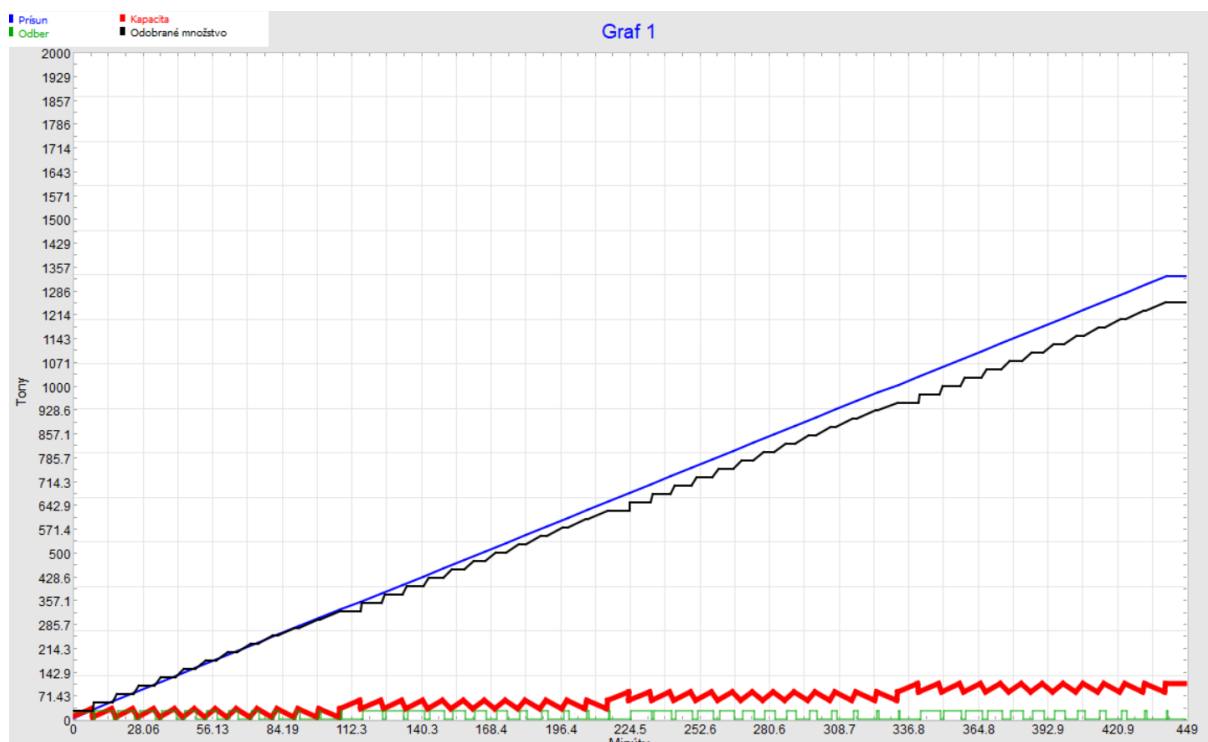
Obr. 5 Výsledky experimentu 1

Množstvo suroviny v zásobníku sa počas simulácie nepostačujú na pokrytie potrieb nasledujúcich procesov. Počas simulácie bolo naplnených 67 vozidiel s odberom 1 341,89 t, čo znamená, že vozidlá neboli plne vyťažené. Plniace zariadenie doplnilo 1 325 t. Takto nastavený proces nie je dlhodobu udržateľný. Ideálny stav by nastal, keby na konci smeny bolo v zásobníku opäť množstvo $K_z^{\min}$.

K tomuto ideálnemu stavu sa môžeme priblížiť buď zmenou:

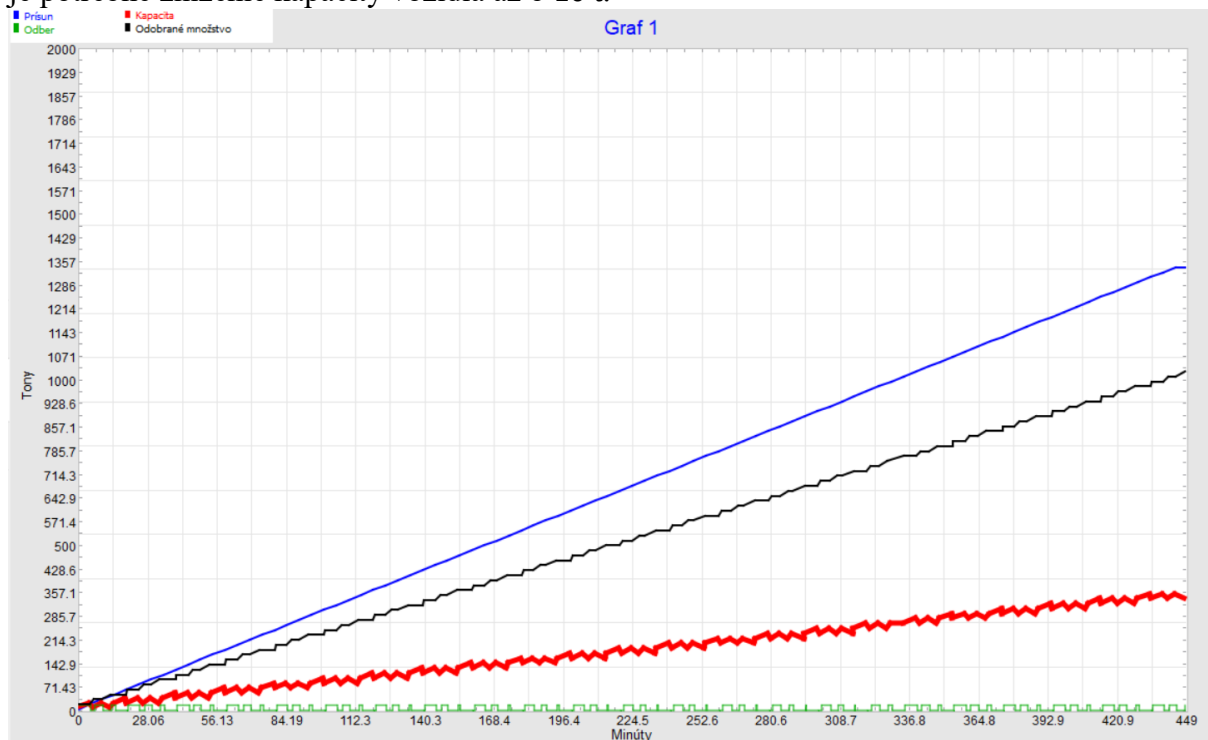
1. výkonnosti plniaceho zariadenia - zvýšením,
2. času manipulácie – zvýšením,
3. kapacity dopravných prostriedkov – znížením.

Na Obr. 4 je zobrazený experiment 2 pri zmene výkonnosti plniaceho zariadenia zo 180 t/h na 230 t/h. Pre potrebu simulácie bola prepočítaná hodnota $K_z^{\min} = 22$ t pre zadané hodnoty. No ani táto zmena samotná nie je dostatočná, preto príchod áut sa predĺžil z hodnoty každých 6,7 minút na 9 minút. Z grafu vyplýva, že kapacita v zásobníku sa mierne zvýši na 100 t (červená krivka) a prísun suroviny (modrá krivka) presiahne odber (čierna krivka).



Obr. 6 Výsledky experimentu 2

Na Obr. 5 je zobrazený experiment 3 pri zmene vozidla na vozidlo s kapacitou 15 t, pri zachovaní pôvodných podmienok. Pre potrebu simulácie bola prepočítaná hodnota času naplnenia zásobníka množstvom materiálu pre jeden dopravný prostriedok na 5 minút. Pri takejto zmene kapacita dosiahne na konci simulácie hodnotu až 330t. Z toho vyplýva, že nie je potrebné zníženie kapacity vozidla až o 10 t.



Obr. 7 Výsledky experimentu 3



Záver

Keď odčítame maximálne množstvo materiálu v zásobníku $KZ_{\max}$, dané množstvo prepočítame na objem $VZ_{\max}$ [m³] pomocou sypnej hmotnosť suroviny, hodnota $VZ_{\max}$ je podkladom pre určenie rozmerov zásobníka a jeho kapacity.

Vykonané experimenty ukazujú vývoj zásob v zásobníku na základe vypočítaných hodnôt podľa dostupných vzorcov. Ani v jednom z experimentov sa nepodarilo priblížiť k tzv. ideálnemu stavu. Pre dosiahnutie takého stavu sa javí najvhodnejšia cesta pomocou kombinácie navrhnutých opatrení. Takéto kombinácia znamená aj odchýlenie sa od vypočítaných hodnôt podľa zaužívaných vzorcov.

Okrem hore uvedených príkladov sa v praxi vyprázdňovanie zásobníkov môže vykonávať do dopravných prostriedkov rôzneho typu a rôznej kapacity. Napríklad sa môžu nakladať rôzne vlakové súpravy o rôznom počte železničných vozňov. V tomto prípade treba brať do úvahy aj výmenu vlakovej súpravy.

PodĎakovanie

Tento článok bol vytvorený realizáciou grantových projektov VEGA 1/0430/22 Výskum, vývoj a tvorba konceptu nových riešení na báze TestBedu v kontexte Industry 4.0 na zefektívnenie výroby a logistiky pre Mining 4.0 a VEGA 1/0588/21 Výskum a vývoj nových metód na báze princípov modelovania, logistiky a simulácie pri riadení interakcie procesov dobývania suroviny a zakladania ťažobných blokov s ohľadom na ekonomickú efektívnosť a bezpečnosť ťažby surovín.

References

- [1] ZAJAC, O., BOROŠKA J., GONDEK H.: Hlbinné dobývacie stroje a dopravné zariadenia. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1991. 428 s. ISBN 80-05-00713-2.
- [2] VYDRA, J.: Návrh zásobníku pro sypké materiály. Brno: Vysoké učení technické, 2014, 49 s. [cit. 16.10.2022] Online: [Hlavní dokument \(core.ac.uk\)](http://hlavni.dokument.core.ac.uk).
- [3] DANĚK, J., PAVLIŠKA, J.: Technologie ložných a skladových operací II., VŠB-TU Ostrava 2002, 164 s., ISBN 80-248-02/8-X
- [4] ŠADEROVÁ, J., KAČMÁRY, P.: Application of the simulation of a tank capacity proposal for loading and unloading process of bulk material. In: Acta Montanistica Slovaca. Roč. 17, č. 3, 2012, s. 143-150. ISSN 1335-1788. [cit. 16.10.2022] Online: <http://actamont.tuke.sk/pdf/2012/n3/1saderova.pdf>.
- [5] STRAKA, M. Teoretické Východiská Simulácie—Simulačný Systém EXTENDSIM 9.x. 1. vyd. Edičné stredisko/AMS: Košice, 2017.
- [6] SEEBACHER, G.; WINKLER, H.; OBEREGGER, B. In-Plant Logistics Efficiency Valuation Using Discrete Event Simulation. Int. J. Simul. Model. 2015, 60–70. [cit. 16.10.2022] Online: [http://doi.org/10.2507/IJSIMM14\(1\)6.289](http://doi.org/10.2507/IJSIMM14(1)6.289).
- [7] ŠADEROVÁ, J., et al.: Modelling as a Tool for the Planning of the Transport System Performance in the Conditions of a Raw Material Mining. Sustainability 2020, 12, 8051. [cit. 16.10.2022] Online: <http://doi.org/10.3390/su12198051>.
- [8] DIAMOND, P.; SACKETT, C.; HANSEN, K. ExtendSim9 User Guide; Imagine That Inc.: San Jose, CA, USA, 2013; ISBN 978-0-9825040-4-8.
- [9] 6×6 jednostranný sklápač. Tatra-phoenix, 2015. [cit. 16.10.2022] Online: [6x6 JEDNOSTRANNÝ SKLÁPAČ | Predaj a servis nákladných vozidiel Tatra \(tatra-phoenix.sk\)](http://6x6.jednostranny-sklapac.tatra-phoenix.sk).



- [10] ŠADEROVÁ, J., ROSOVÁ, A.: Návrh určenia kapacity zásobníka ako prvku materiálového toku logistického reťazca. In: Logistický monitor. Január 2012, č. 1, 2012, s. 1-6. ISSN 1336-5851. [cit. 16.10.2022] Spôsob prístupu:
<http://www.logistickymonitor.sk/images/prispevky/saderova-rosova-1-2012.pdf>.

Contact address

Ing. Marek Ondov

Technická univerzita v Košiciach, F BERG, Ústav logistiky a dopravy

Park Komenského 14, 042 00 Košice, Slovakia

e-mail: marek.ondov@tuke.sk



SIMULÁCIA MATERIÁLOVÉHO TOKU PRI DOPRAVE MATERIÁLU Z PODZEMIA NA POVRCH POMOCOU DVOJČINNÉHO ŤAŽNÉHO ZARIADENIA

SIMULATION OF MATERIAL FLOW DURING THE MATERIAL TRANSPORTATION FROM UNDERGROUND TO THE SURFACE USING A DUAL-ACTION HOISTING EQUIPMENT

Janka ŠADEROVÁ – Andrea ROSOVÁ – Marek ONDOV – Marian ŠOFRANKO –
Tawfik MUDARRI

Abstract: Vertical transport with the help of mining hoisting equipment in the deep mining of mineral raw materials is a very important part of the entire complex of intra-company transport at every mining plant. The aim of this paper is the simulation of the material flow ensured by a double-action hoisting equipment. EXTENDSim was used as a simulation tool, which combines the possibilities of discrete and continuous simulation and is used by researchers in various fields. The paper presents a simulation model of the material flow - transport of coal from the underground to the surface. The paper also presents the results of the experiments performed on the created simulation model, too.

Abstrakt: Zvislá doprava pomocou ťažného zariadenia pri hlbinnom dobývaní nerastných surovín je veľmi dôležitým článkom celého komplexu vnútropodnikovej dopravy na banskom závode. Cieľom tohto príspevku je simulácia materiálového toku zabezpečovaného dvojčinným ťažným zariadením. Ako simulačný nástroj bol použitý EXTENDSim, ktorý kombinuje možnosti diskkrétnej a spojitej simulácie, je využívaný výskumníkmi v rôznych oblastiach. V príspevku je prezentovaný simulačný model materiálového toku – dopravy uhlia z podzemia na povrch. V príspevku sú prezentované aj výstupy experimentov vykonaných na vytvorenom simulačnom modeli.

Keywords: hoisting equipment, simulation, model, experiment

Kľúčové slová: ťažné zariadenie, simulácia, model, experiment

Úvod

Dopravný proces ako jeden z logistických procesov má v súčasnosti nezastupiteľné miesto v logistických systémoch v podnikoch a v dodávateľskom reťazci. Spoločným cieľom dopravy, ako vnútropodnikovej tak aj mimopodnikovej, je uspokojiť potreby zákazníkov, t.j. premiestniť materiál v správnom čase, na správne miesto a v požadovanej kvalite pri efektívnom využití dopravných prostriedkov a zariadení.

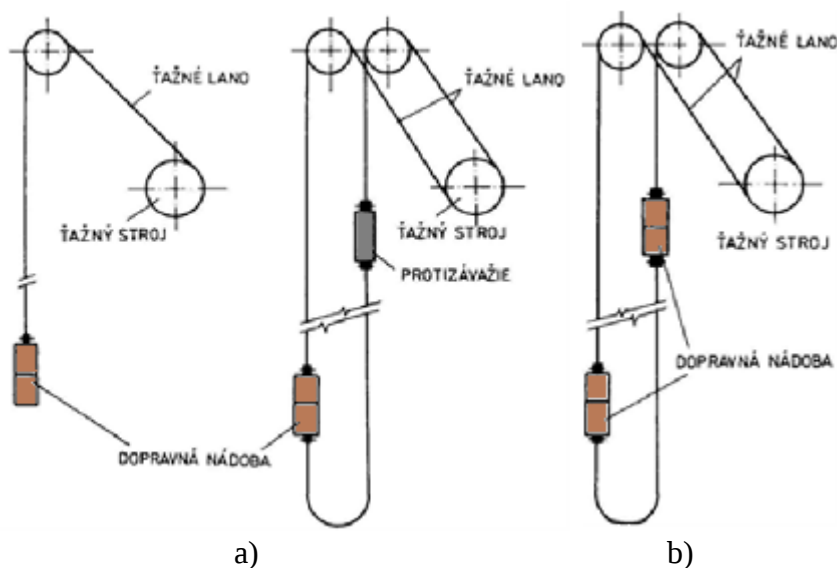
V ťažobnom priemysle má vnútropodniková doprava dôležité postavenie. V podzemných prevádzkach sa využívajú na horizontálnu dopravu rôzne dopravné systémy (banská koľajová doprava, doprava hrabľovými a pásovými dopravníkmi, závesná doprava, banská bezkoľajová doprava a pod.) Na dopravu materiálu z podzemia a aj do podzemia sa najčastejšie pri hlbinných baniach využíva zvislá doprava pomocou ťažného zariadenia. Zvislá doprava je preto veľmi dôležitým článkom celého komplexu vnútropodnikovej dopravy na každom banskom závode s hlbinnou ťažbou. Definície základných pojmov zvislej dopravy sú uvedené vo viacerých publikáciách [1].

Ťažné zariadenia používané pri zvislej doprave sa delia z rôznych hľadísk. Usporiadanie a prevádzka zvislej dopravy a ťažného zariadenia závisí od viacerých činiteľov, ktoré sú pri klasifikácii ťažných zariadení rozhodujúce [2].

Podľa spôsobu dopravy rozlišujeme:

- A) Jednočinné ťažné zariadenia, Obr. 1a). Vyznačujú sa tým, že na lane je zavesená iba jedna dopravná nádoba. Umožňujú vykonávať ťažbu z ľubovoľného ťažného obzoru bez presadzovania ťažnej nádoby, v porovnaní s dvojčinnými ťažnými zariadeniami majú polovičný výkon.
- B) Dvojčinné ťažné zariadenia, Obr. 1b). Používajú sa oveľa častejšie ako jednočinné ťažné zariadenia. Pri doprave sa používajú dve ťažné nádoby, ktoré môžu byť zavesené na dvoch ťažných lanách dvojbubnového ťažného stroja alebo na obidvoch koncoch jedného lana, prípadne viacerých ťažných lán pri použití ťažného stroja s trecím kotúčom. Bubnové ťažné stroje pri tomto spôsobe zabezpečujú ťažbu z ľubovoľného obzoru, lebo umožňujú predlžovať alebo skracovať ťažné lano. V prípade ťažby pomocou trecieho kotúča možno dvojčinne ťažiť len z jedného obzoru.

Niekedy sa používajú kombinované ťažné zariadenia, ktoré sa vyznačujú tým, že majú rôzne dopravné nádoby zavesené na obidvoch lanách pri bubnovom zariadení a na obidvoch koncoch lana pri ťažbe pomocou trecieho kotúča.



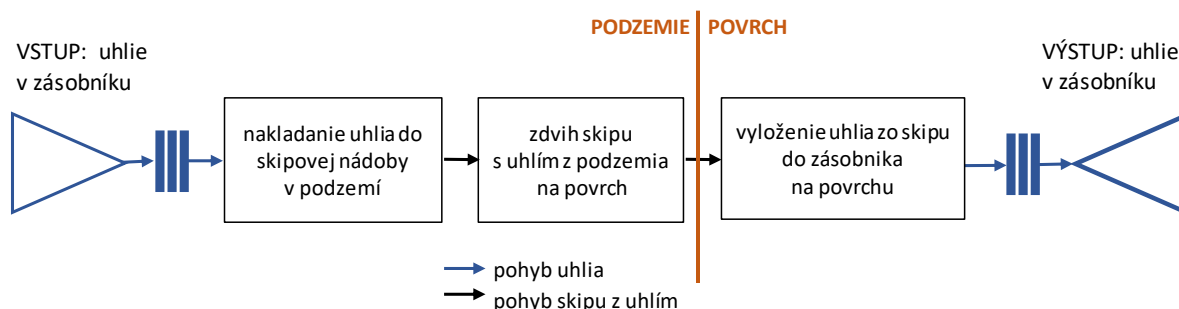
Obr. 1 Ťažné zariadenia a) jednočinné a b) dvojčinné

Cieľom tohto príspevku je prezentácia simulačného modelu materiálového toku pri použití dvojčinného ťažného zariadenia. Simulácia ako vedecká metóda je v súčasnosti rozšírená vo výskume a praxi. V súčasnosti sa využívajú pre tvorbu simulačných modelov v rôznych oblastiach (dopravné systémy, manipulačné systémy, výrobné systémy, urbanistické systémy, logistické systémy, ekologické problémy a pod [3,4]), viaceré simulačné prostriedky ako sú Witness [5], Tecnomatix Plant Simulation [6], Extend [7] a ďalšie.

V tomto príspevku bude využitý simulačný nástroj ExtendSim [8]. Tento simulačný systém kombinuje možnosti diskkrétnej a spojitkej simulácie a je vyhľadávaným simulačným nástrojom pre počítače platformy PC_MS Windows a aj Macintosh. Tento nástroj využili viacerí autori pri simulácií v rôznych oblastiach [7,9,10].

Metodológia

Pre aplikovanie simulácie a vytvorenie simulačného modelu je potrebné vykonať dôkladnú analýzu materiálového toku. V tomto prípade bol analyzovaný tok uhlia z podzemia na povrch, ktorý je zabezpečovaný skipovým dvojčinným ťažným zariadením s trecím kotúčom, ktoré sa využíva na slovenskej banskej prevádzke. Materiálový tok je zobrazený na formalizovanej schéme na Obr. 2.

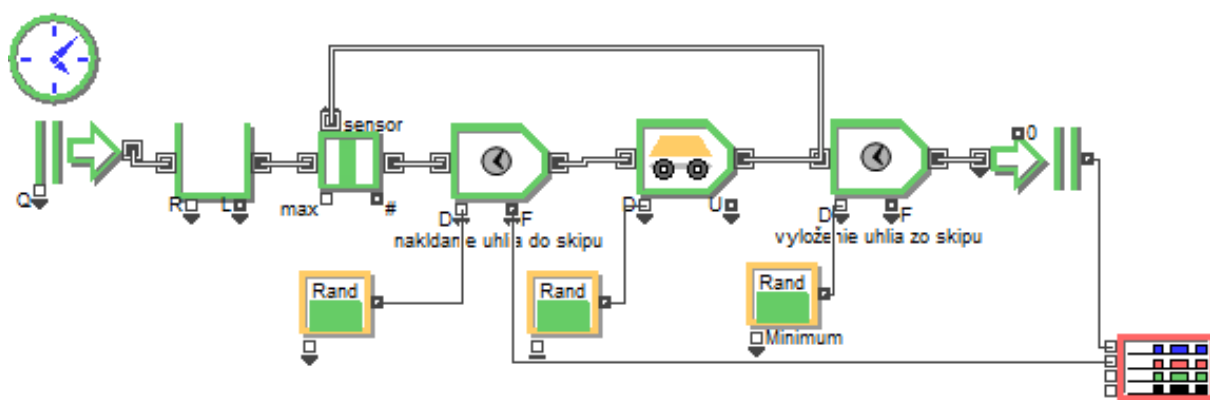


Obr. 2 Tok uhlia z podzemia na povrch

Ako je vidno z Obr. 2, v podzemí sa uhlie nachádza v zásobníku. Do zásobníka je uhlie sypané cez výsypnú rampu z banských vozov. Zo zásobníka sa uhlie plní pomocou pásovej váhy do skipovej dopravnej nádoby. Po naložení uhlia do skipu. Po ukončení nakladania je skip s uhlím zdvíhaný na povrch, kde je uhlie cez spodný otvor v skipe vyložené opäť do zásobníka, odkiaľ je následne premiestnené pomocou pásových dopravníkov na ďalšie spracovanie.

Keďže tok uhlia je zabezpečovaný dvojčinným zariadením (dva skipy), takže je dôležité podotknúť, že v okamihu nakladania uhlia do skipu (1) v podzemí, prebieha na povrchu vykladanie uhlia zo skipu (2).

Pre tvorbu simulačných modelov boli použité bloky z knižníc. „Item.lix“, ktorá obsahuje bloky pre tvorbu diskretných simulačných modelov a „Plotter.lix“ – bloky, ktoré umožňujú zobraziť priebeh simulácie. Na Obr. 3 je zobrazený Print Screen vytvoreného simulačného modelu toku uhlia. Bloky použité na tvorbu modelu sú vysvetlené v Tab. 1.



Obr. 3 Print Screen simulačného modelu

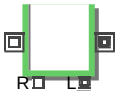
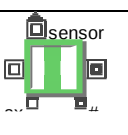
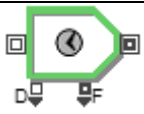
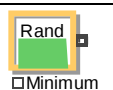
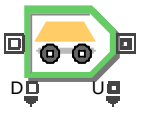
Výsledky simulácie a diskusia

Na danom simulačnom modeli boli vykonané viaceré experimenty. Vstupné údaje boli získané priamo z prevádzky. Čas nakladania a vykladania uhlia do skipu a zo skipu sa pohybuje v rozsahu 90-100 s pre hmotnosť 10 ton uhlia. Tento interval bol zadaný do blokov Random

Number ako vstup pre bloky Activity. Čas zdvihu skipu z uhlím bol nameraný v rozsahu 43-50 s, interval bol zadaný do bloku Random Number pre blok Transport.

Na simulačnom modeli boli vykonané viaceré experimenty pre simulovaný čas 1 hodina (Experiment A) a čas odpovedajúci reálnemu času práce na danom ťažnom zariadení 5 hodín a 30 minút (Experiment B).

Tab. 8 Použité bloky

	„Executive“ – blok pre riadenie času simulácie.
	„Create“ – blok generuje vstupy do simulačného modelu, v tomto prípade vygeneruje dávky uhlia.
	„Queue“ – zásobník, predstavuje rad vygenerovaných vstupov (dávky uhlia), ktoré čakajú na nakládku.
	„Gate“ – úlohou bloku je zabezpečiť, že požiadavka vstúpi do procesu v momente keď predchádzajúca požiadavka dokončí blok Transport, t.z. že v tomto prípade zabezpečuje, že nakládka aj vykládka prebehne v rámci jedného časového intervalu.
	„Activity 1“ – blok zdrží prvok na určitý čas, predstavuje činnosť nakladanie uhlia do skipu „Activity 2“ – blok zdrží prvok na určitý čas, predstavuje činnosť vykladania uhlia zo skipu
	„Random Number“ – bloky generujú vstupy (časy) aktivít (nakladania, zdvihu, vyloženia)
	„Transport“ – prepravuje prvky z jedného miesta na druhé, predstavuje premiestnenie (zdvih) dávky uhlia z miesta nakladania na miesto vykladania
	„Exit“ – výstup požiadaviek, počet vyložených dávok uhlia
	„Plotter, Discrete Event“ – blok zo vstupných hodnôt vykreslí grafy priebehov simulácie a hodnoty sledovaných vstupov zapíše do tabuľky.

Priemerné výsledky z experimentov sú zhrnuté v Tab. 2. Na obr. 4 je zobrazený jeden z výstupov Experimentu A. Modrá krivka predstavuje počet vyložených dávok uhlia, červené krivky predstavujú počet naložených dávok a ich trvanie. Na obrázku je možné vidieť, že prvá dávka uhlia bola vyložená v okamžiku, keď bola v podzemí naložená druhá dávka uhlia.

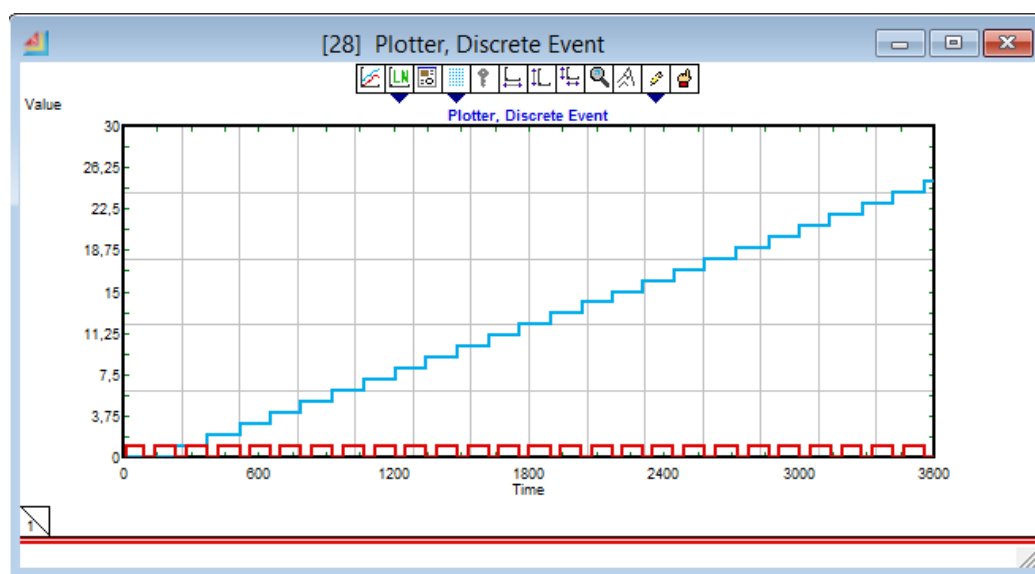
Tab. 2 Výsledky experimentov

	Experiment A	Experiment B
Simulovaný čas	1 hodina	5 hodín 30 minút
Počet naložených dávok uhlia	26	142
Počet premiestnených dávok uhlia	26	142
Počet vyložených dávok uhlia	25	141

Využitie bloku „nakladanie uhlia do skipu“	66,5	66,8
Využitie bloku „Transport“	33,5%	33,2
Využitie bloku „vykládanie uhlia zo skipu“	61,5	66,3

Záver

Simulačný model simuluje materiálový tok zabezpečovaný pomocou banskej zvislej dopravy, ktorá je realizovaná dvojčinným ťažným zariadením. Výsledkom simulácie v experimentoch je počet dávok uhlia, ktoré boli premiestnené z podzemia na povrch za simulovaný čas a tiež využitie jednotlivých blokov. Takto získaný počet je možné využiť pre výpočet hodinovej kapacity ťažného zariadenia a dennej kapacity ťažného zariadenia.



Obr. 4 Grafické zobrazenie výsledkov Experimentu A

Simulačný model je vhodným pomocným nástrojom pre rozhodovací proces či už pri projektovaní nových systémov alebo hodnotení existujúcich. Rozšírenie modelu je možné aj o ďalšie činnosti, popr. môže predstavovať ďalšie činnosti, ktorým by sa mal venovať výskum do budúcnosti.

Pod'akovanie

Tento článok bol vytvorený realizáciou grantových projektov VEGA 1/0430/22 Výskum, vývoj a tvorba konceptu nových riešení na báze TestBedu v kontexte Industry 4.0 na zefektívnenie výroby a logistiky pre Mining 4.0 a VEGA 1/0588/21 Výskum a vývoj nových metód na báze princípov modelovania, logistiky a simulácie pri riadení interakcie procesov dobývania suroviny a zakladania ťažobných blokov s ohľadom na ekonomickú efektívnosť a bezpečnosť ťažby surovín.

References

- [1] MARASOVÁ D., ŠADEROVÁ J.: Technológie vnútropodnikovej dopravy. TU, Košice, 2017, ISBN 978-80-553-3125-6.
- [2] MARASOVÁ a kol.: Vnútropodniková doprava v ťažobnom priemysle. TU, Košice, 2009, ISBN 978-80-553-0276-8.



- [3] STRAKA, M., et al.: The simulation model of the material flow of municipal waste recovery. In: *Przemysl Chemiczny*. Vol. 95, No. 4, (2016), ISSN 0033-2496, e-ISSN 2449-9951, pp.773-777.
- [4] JANIC, P., et al.: Modeling of underground mining processes in the environment of MATLAB / Simulink. In: *Acta Montanistica Slovaca*. Vol.24, No. 1, (2019), ISSN 1335-1788, pp. 44-52.
- [5] ONOFREJOVA, D., et al.: Simulation and evaluation of production factors in manufacturing of fireplaces. In: *International Journal of Simulation Modelling*. Vol. 19, No. 1, (2020), ISSN 1726-4529, pp. 77-88
- [6] ŠADEROVÁ, J., et al.: Simulation as logistic support to handling in the warehouse: case study. In: *TEM Journal*. Vol. 7, No. 1, (2018), ISSN 2217-8309, pp. 112-117.
- [7] STRAKA, M., et al.: Simulation of homogeneous production processes. In: *International Journal of Simulation Modelling*. Roč. 21, No. 2, (2022), ISSN 1726-4529, pp. 214-225
- [8] STRAKA, M.: *Teoretické východiská simulácie simulačný systém EXTENDSIM 9.x*. TU, Košice, 2017, ISBN 978-80-553-3143-0.
- [9] ROSOVA, A. et al.: Case study: the simulation modeling to improve the efficiency and performance of production process. In: *Wireless networks: the journal of mobile communication, computation and information*. Vol. 28, No. 2m (2022), ISSN 1022-0038, pp. 863-872.
- [10] ONDOV, M., et al.: Aplikácia simulácie pri návrhu a implementácii redizajnu výroby. In: *Acta Logistica Moravica : periodický internetový časopis v oboru logistiky*. Roč. 12, č. 1 (2022), ISSN 1804-8315, s. 11-20.

Contact address

doc. Ing. Janka Šaderová, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, F BERG, Ústav logistiky a dopravy

Park Komenského 14, 042 00 Košice, Slovakia

e-mail: Janka.saderova@tuke.sk



SIMULAČNÉ SOFTVÉRY, AKO EFEKTÍVNY NÁSTROJ OPTIMALIZÁCIE PROCESOV

SIMULATION SOFTWARE AS AN EFFICIENT TOOL FOR PROCESS OPTIMIZATION

Marek KLIMENT – Miriam PEKARČÍKOVÁ – Matúš MATISCSÁK – Jana
KRONOVÁ

Abstract: The aim of the contribution is to point out the advantages of applying simulation software and its possibilities in solving the improvement of the efficiency of processes, especially those of production, but also non-production ones. It is necessary to thoroughly analyze and define all investigated business processes and their parts, after revealing their bottlenecks, to establish optimization criteria and goals. When implementing simulation software in this process, it is necessary to carefully select and edit data for the needs of their application in such software. This activity can often be more demanding than the independent processing of simulation models and the subsequent testing of options for the actual improvement of real processes in the digital environment.

Keywords: Simulation, Plant Simulation, Efficiency, Optimization

Abstrakt: Cieľom príspevku je poukázať na výhody uplatnenia simulačného softvéru a jeho možností pri riešení zlepšovania efektívnosti procesov, predovšetkým tých výrobných, ale aj nevýrobných. Je nevyhnutné dôkladne analyzovať a definovať všetky skúmané podnikové procesy a ich časti, po odhalení ich úzkych miest stanoviť kritéria a ciele optimalizácie. Pri implementácii simulačného softvéru do tohto procesu je nevyhnutné dôkladne selektovať a editovať dáta pre potreby ich uplatnenia v takomto softvéri. Táto činnosť môže byť častokrát náročnejšie ako samostatné spracovanie simulačných modelov a následné testovanie možností pre samotné zlepšenie reálnych procesov v digitálnom prostredí.

Kľúčové slová: Simulácia, Plant Simulation, Efektivita, Optimalizácia

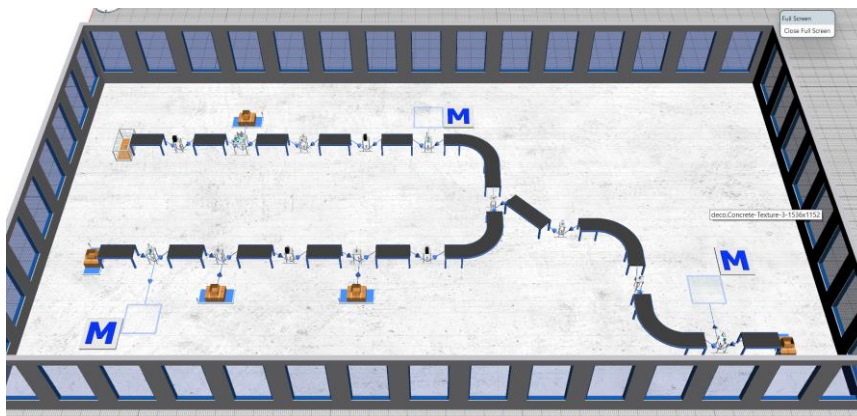
Úvod

Príspevok je akýmsi prierezom vybraných projektov, pri ktorých bol použitý simulačný softvérový modul Tecnomatix Plant Simulation. Uplatnenie našiel tento softvérový modul v rôznych situáciách v rámci hodnotenia, analýzy a zlepšovania rôznych typov a fáz podnikových procesov. Využitý bol napríklad pri rozširovaní výroby o nové zariadenia, alebo pri overovaní návratnosti investície pri inovácii niektorých častí výrobného procesu. Svoj význam našiel aj pri riešení skladových priestorov a overovaní kapacity paletových miest. Efektívne bol použitý pri optimalizácii procesu výroby karty na separáciu krvnej plazmy Cobas HIV-1. Z uvedených je zrejmé, že svoje opodstatnenie má jeho implementácia nie len v strojárskom priemysle a automotive, ale jeho uplatnenie je širokospektrálne všade tam kde je možné analyzovať nejaký transformačný proces, prípadne pohyb zásob a materiálový tok.

Optimalizácia pri výrobe karty na separáciu krvnej plazmy Cobas HIV – 1

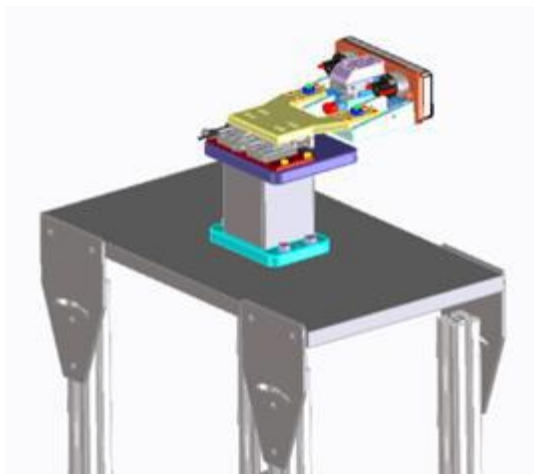
Pri tomto projekte bol simulačný softvér využitý pri riešení optimalizácie linky na výrobu kariet na separáciu krvnej plazmy, ktoré sú využívané najmä v rozvojových krajinách kde je ochorenie HIV oveľa viac rozšírené ako v dnešnom modernom svete vo vyspelejších krajinách. Pri tomto

proces je nevyhnutné dodržiavať prísne hygienické predpisy a taktiež normy podľa ktorých sa vzorky plazmy uschovávajú a následne transportujú z miest odberu na miesta kde sa na nich vykonávajú ďalšie testy, ktoré nie je možné vykonať na mieste. Preto sa vzorka plazmy uschová zabezpečená v podobe karty Cobas HIV – 1.



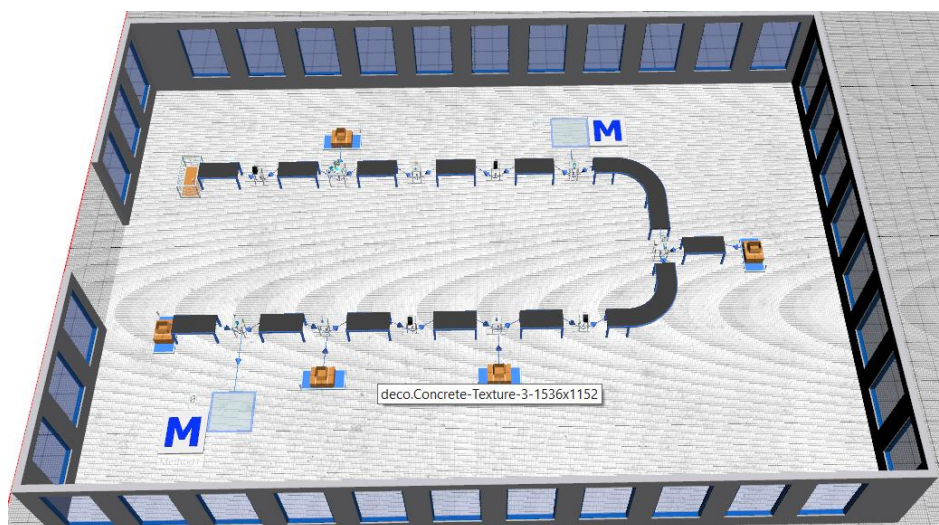
Obrázok 1 Simulačný model pôvodného stavu

Pri analýze celého procesu bolo odhalené pracovisko aplikácie finálnej (Obrázok 2.) vrstvy vyhodnotené ako najkritickejšie a je potrebné výrobu v tomto bode optimalizovať.



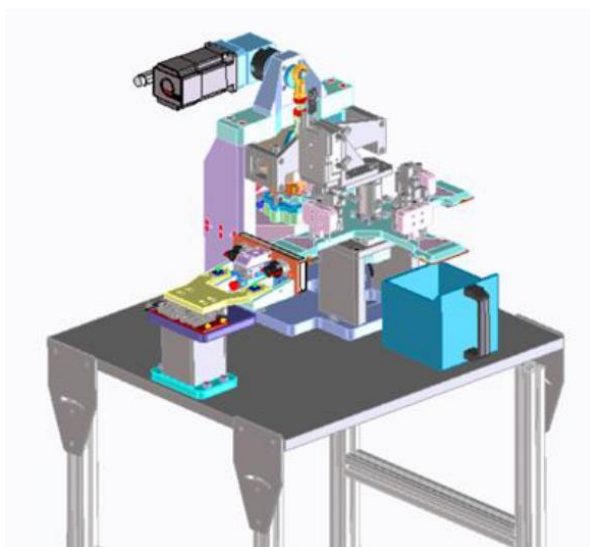
Obrázok 2 Pracovisko aplikácie finálnej vrstvy v pôvodnom výrobnom procese

Cieľom optimalizácie bolo ušetriť čas v tomto bode výroby a tým navýšiť aj kapacitu výroby. Viacerými variantmi a návrhmi zlepšenia sa podarilo túto operáciu nakoniec vylepšiť a celkový proces skrátiť. Proces výroby sa skrátil vďaka tomu, že sme na tomto stanovišti pridali niekoľko operácií, ktoré sa predtým robili jednotlivo a medzi týmito pracoviskami sa predmetný výrobok presúval za pomoci dopravníkov, ktoré sa v tomto bode výroby odbúrali.



Obrázok 3 Simulačný proces po aplikácii zmien

Na obrázku 4 je vidieť model výrobnjej stanice aplikácie finálnej vrstvy po zmenách, ktoré boli vykonané v rámci optimalizačných opatrení.



Obrázok 4 Pracovisko aplikácie finálnej vrstvy s implementáciou zlepšovacích návrhov

Porovnanie výsledkov výrobného procesu pred a po optimalizácii je viditeľné v tabuľkách nižšie.

Tabuľka 1 Výsledky výrobného procesu pred optimalizáciou

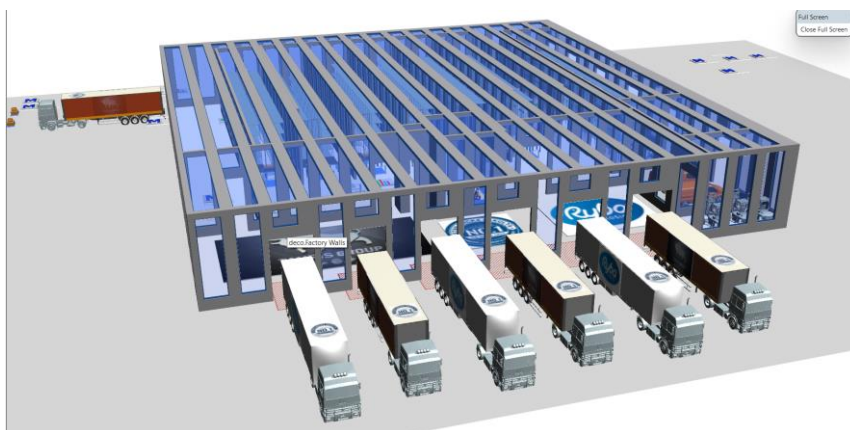
Operácia	Názov výstupu	TPH (ks/hod)	Produkcia	Transport
Výstup	Cobas HIV-1	350	52.94%	47.06%

Tabuľka 2 Výsledky pri optimalizácii procesu aplikácie finálnej vrstvy

Operácia	Názov výstupu	TPH (ks/hod)	Produkcja	Transport
Výstup	Cobas HIV-1	699	52.94%	47.06%

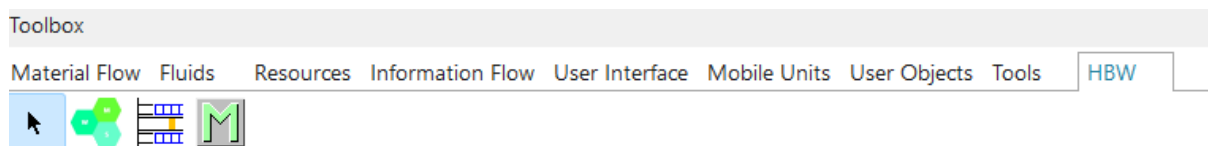
Rozširovanie výroby o nové zariadenia

Ďalším projektom, pri ktorom sa uplatnil simulačný softvér Tecnomatix Plant Simulation, bol projekt overenia navrhovanej kapacity počtu paletových miest na sklade. Predmetný projekt sa týkal chladiarenského skladu v potravinárskom priemysle. Ide o sklad, ktorý je momentálne vo výstavbe a úlohou projektového tímu bolo overiť navrhovanú kapacitu, stanovenú investorom. Pri analýze a samotnom riešení tohto projektu sa aj vďaka výsledkom simulácie niekoľko krát menilo plánované rozloženie paletových miest, ako aj layout celého skladu. Tento projekt bol spracovaný na pomerne vysokej grafickej úrovni a celé jeho prevedenie bolo prezentované za pomoci virtuálnej prehliadky za pomoci náhlavnej virtuálnej helmy Oculus.



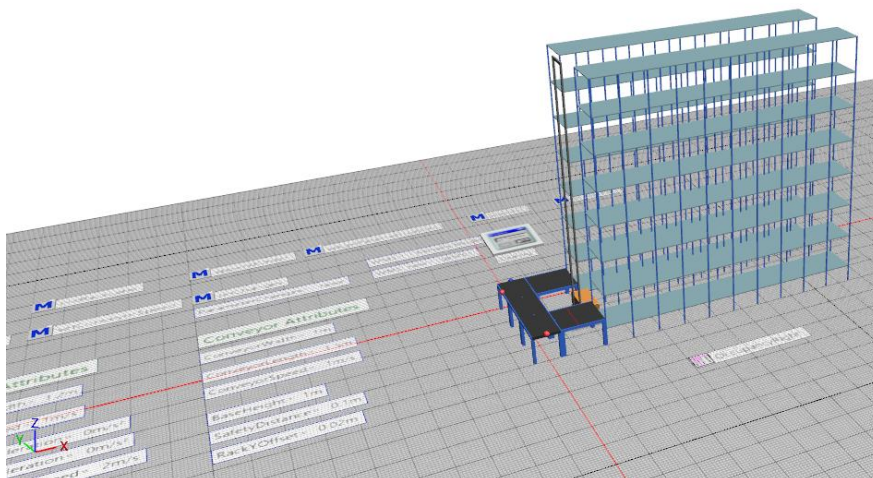
Obrázok 5 3D projekcia skladu pripravená pre detailnu a virtuálnu prehliadku

Pri samotnej realizácii projektu bol v rámci simulácie využitý panel funkcií pre spracovanie automatického naskladňovacieho a vyskladňacieho systému.



Obrázok 6 Panel pre simuláciu HBW regálov

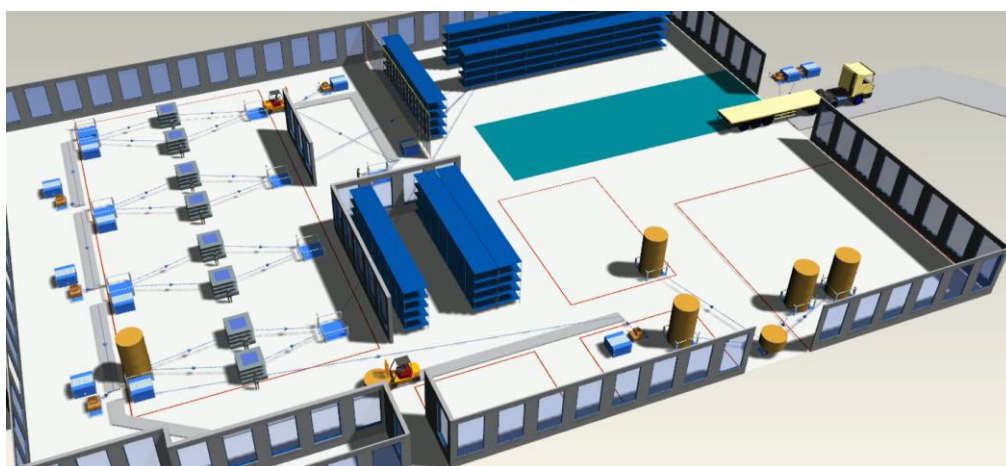
Automatický regálový zakladač je zobrazený na obrázku 7.



Obrázok 7 Automatický regálový zakladač v simulačnom softtvéri

Projekt rozšírenia výroby o nové stroje a overenie ich vyťaženia

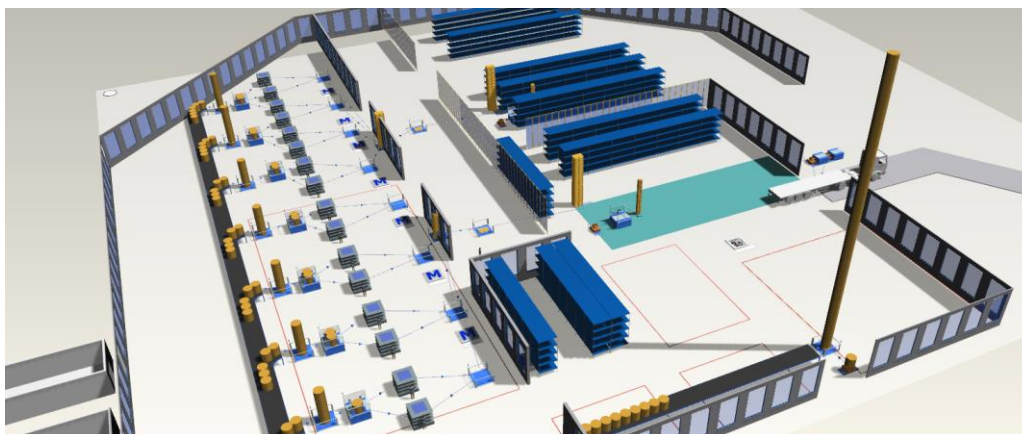
Ďalším projektom je rozširovanie výroby a zdvojnásobenie počtu výrobných zariadení a overenie ich vyťaženia a kapacity výroby. V pôvodnom stave výroby figurovalo 8 výrobných liniek, ktoré vyrábali rôzne typy výrobkov v rôznych výrobných dávkach (Obrázok 8). Tieto výrobky sa následne balili na jednom baliacom stroji a následne boli uskladňované na sklade, odkiaľ smerovali na export k zákazníkovi.



Obrázok 8 Simulácia pôvodného stavu výroby

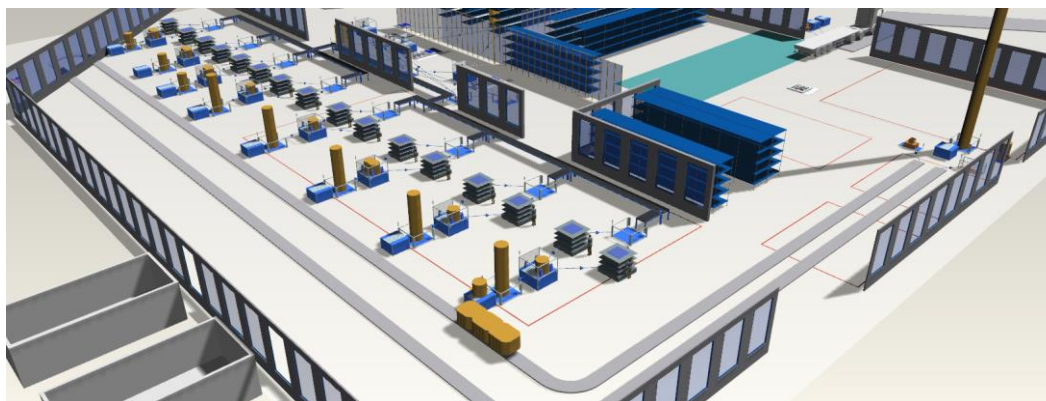
Požiadavkou spoločnosti, ktorá si nechala vypracovať tento projekt, bolo, zdvojnásobiť počet výrobných zariadení v hlavnej výrobní hali z 8 výrobných liniek na 16 liniek. Zároveň bolo potrebné overiť potrebný počet baliacich strojov, ktoré by zabezpečovali plynulé balenie vyrábaných výrobkov. V pôvodnom stave figuroval jeden baliaci stroj, ktorý mal značnú kapacitnú rezervu vo svojej vyťaženia. Otázne bolo, či bude postačujúce pri výrobe s dvojnásobným počtom strojov navýšiť počet baliacich zariadení taktiež na dvojnásobok vzhľadom nato, že 2 z plánovaných nových strojov mali mať dvojnásobný výkon pri svojej

výrobe, čiže, výroba sa rozširovala o 6 výrobných zariadení s výrobnou kapacitou zhodnou s týmto súčasnými a 2 zariadenia mali mať dvojnásobný výkon ako aj kapacitu výroby. Požiadavkou taktiež bolo navrhnuť efektívny spôsob zásobovania výrobných zariadení zo vstupného skladu. Pri riešení projektu sa spracovalo niekoľko variantov vzhľadom na skúmanie najlepšieho spôsobu zásobovania. Riešil sa návrh zásobovanie za pomoci dopravníkových pásov (Obrázok 9).



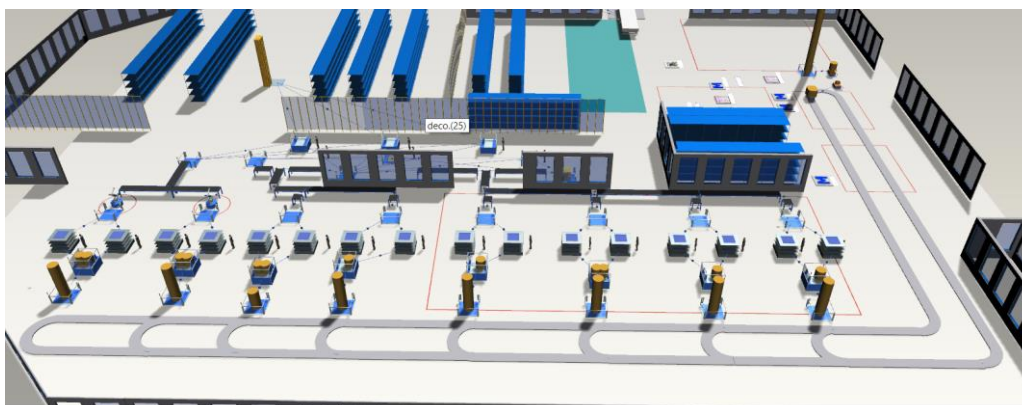
Obrázok 9 Návrh naskladňovania za pomoci dopravníkových pásov

Druhou variantou bolo do výroby implementovať vláčik s niekoľkými vagónmi, ktorý by zásoboval zariadenia niekoľkými jazdami vláčika počas výrobných zmien po celej výrobe.



Obrázok 10 Overenie zásobovacieho vláčika vo výrobe

Poslednou verziou spôsobu zásobovania bolo implementácia AGV vozíka, ktorý by jazdil podľa potreby po výrobe a zásoboval jednotlivé výrobné zariadenia.



Obrázok 11 Uplatnenie AGV vozíkov pri zásobavnej výrobe

Záver

Z uvedených príkladov je vidieť dôležitosť využitia simulačných softvérov v rôznych oblastiach priemyslu, nie len v rámci strojárskych výrob a automotive, ale napríklad aj potravinárstve, zdravotníctve, papierníctve a podobne. Simulácie sú veľmi potrebný a užitočný nástroj ako pri overovaní možností vylepšenia už existujúcich výrob, tak aj pri riešení uskutočniteľnosti nových prevádzok, ako výrobných tak aj nevýrobných, napríklad skladovacích a podobne. Je to spôsob ako rýchlo a lacno overiť rôzne návrhy a varianty riešenia zmien, ktoré sa následne aplikujú v praxi v optimálnej podobe.

Podakovanie

Tento článok vznikol s podporou projektov VEGA 1/0438/20 Interakcia digitálnych technológií na podporu softvérovej a hardvérovej komunikačnej platformy pokročilého výrobného systému, KEGA 001TUKE-4/2020 Modernizácia výučby priemyselného inžinierstva na rozvoj zručností existujúceho vzdelávacieho programu v r. špecializované laboratórium, APVV-17-0258 Aplikácia prvkov digitálneho inžinierstva pri inováciách a optimalizácii výrobných tokov, APVV-19-0418 Inteligentné riešenia na zvýšenie inovačnej kapacity spoločnosti v procese ich transformácie na inteligentné spoločnosti. VEGA 1/0508/22 Inovatívne a digitálne technológie vo výrobných a logistických procesoch a systémoch.

Použitá literatúra

- [1] MARSCHALL, M.; GREGOR, M.; DURICA, L.; VAVRIK, V.; BIELIK, T.; GRZNAR, P.; MOZOL, S.: Defining the Number of Mobile Robotic Systems Needed for Reconfiguration of Modular Manufacturing Systems via Simulation. *Machines* 2022, 10 (5), 316. <https://doi.org/10.3390/machines10050316>.
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000804335800001>
- [2] GRZNAR, P.; KRAJCOVIC, M.; GOLLA, A.; DULINA, L.; FURMANNOVA, B.; MOZOL, S.; PLINTA, D.; BURGANOVA, N.; DANILCZUK, W.; SVITEK, R.: The Use of a Genetic Algorithm for Sorting Warehouse Optimisation. *Processes* 2021, 9 (7), 1197. <https://doi.org/10.3390/pr9071197>.
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000677104800001>
- [3] BURGANOVA, N.; GRZNAR, P.; MOZOL, Š.: CHALLENGES OF FACTORY OF FUTURE IN THE CONTEXT OF ADAPTIVE MANUFACTURING; 2021. https://www.researchgate.net/publication/355218272_CHALLENGES_OF_FACTORY_OF_FUTURE_IN_THE_CONTEXT_OF_ADAPTIVE_MANUFACTURING



- [4] Plinta, D. – Krajčovič, M. 2016. Production System Designing with the Use of Digital Factory and Augmented Reality Technologies. In Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 350 (2016), p. 187-196. ISSN 2194-5357
- [5] Straka M., Bindzár P., Kaduková A. 2014. Utilization of the multicriteria decision-making methods for the needs of mining industry. Acta Montanistica Slovaca. Volume 19, Issue 4, 2014., ISSN 1335-1788.
- [6] Edl, M., Lerher, T., Rosi, B.: „Energy efficiency model for the mini-load automated storage and retrieval systems“. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, č. 2013, s. 1-19. ISSN: 0268-3768, (2013).
- [7] Saniuk, S., Saniuk, A., Lenort, R., Samolejova, A.: Formation and planning of virtual production networks in metallurgical clusters, Metalurgija, Vol. 53, pp. 725-727. (2014).

Contact address

Ing. Marek Kliment, PhD.

Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department Industrial and Digital Engineering, Park Komenskeho 9, 042 00 Kosice, Slovakia

e-mail: marek.kliment@tuke.sk

VYUŽITIE TAGUCHIHO PLÁNU PRE OPTIMALIZÁCIU VÝROBNEJ LINKY

Lucia MOZOLOVÁ – Patrik GRZNÁR – Štefan MOZOL – Milan GREGOR – Martin
KRAJČOVIČ

Abstrakt: Simulácia, ako nástroj cieleného zisťovania predikcií pre produkčný systém si nachádza čoraz širšie uplatnenie v podnikovej praxi. Počet experimentov na zistenie interpretovateľných výsledkov je veľmi vysoký. Preto sa čoraz častejšie využívajú metódy pre plánovanie simulačných experimentov, medzi ktoré patrí aj Taguchiho plán experimentov. Cieľom článku je na praktickej prípadovej štúdií poukázať na výhody plánovania experimentov pri simulácií. Pre plán experimentov bola v štúdií využitá Taguchiho matica.

Keywords: simulácia, optimalizácia, plánovanie experimentov, Taguchiho plán

Úvod

Simulácia bola v minulom storočí označovaná ako technológia 21. storočia [1]. Rast výkonnosti výpočtových systémov umožnil simulovať rozsiahle a komplikované systémy [2]. Projektovanie a optimalizácia komplexných výrobných a logistických systémov je činnosť, ktorá vyžaduje extrémnu pozornosť, nakoľko chyba v projektovaní môže výrazne ovplyvniť výkon a správne fungovanie systému po jeho spustení, s následným nárastom nákladov [3, 4]. Simulačné nástroje umožňujú efektívne plánovanie výrobných a logistických procesov [5], nakoľko je možné odhaliť nielen chyby v projektovaní materiálových reťazcov [6], ale umožňujú aj vopred zistiť výkon zariadení ich náklady na chod a definovať úzke miesta v dlhodobom časovom horizonte [7].

Jedným z hlavných problémov pri simulačnom experimentovaní s komplexnejšími modelmi je explodujúci počet potrebných pokusov [8]. Tento je možné redukovať s využitím postupu, ktorý je známy ako plánovanie experimentov. Pri simulačnom experimentovaní pracuje experimentátor s dvomi skupinami hlavných premenných [9]. Prvú skupinu predstavujú nezávislé premenné (nazývané aj vstupné faktory) [10]. Druhá skupina je tvorená odozvami systému (závislé výstupné premenné) na zmeny vstupných faktorov [11]. Z množiny odoziev sú najdôležitejšie tie, na základe ktorých hodnotíme činnosť simulovaného systému, označujeme ich aj ako výstupné parametre systému [12].

Nové metódy plánovania experimentov, akými sú napríklad Taguchiho plány experimentov, umožnili drastickú redukciu počtu pokusov, pričom nutný počet pokusov je v tomto prípade rovný počtu faktorov plus jedna ($k+1$). Cieľom článku je na praktickej prípadovej štúdií poukázať na výhody akú plánovanie experimentov pri simulácií poskytuje.

Prípadová štúdia

V popisovanom príklade sa jedná o optimalizáciu činnosti výrobné linky na opracovanie ložiskových krúžkov vybraných v nadnárodnej spoločnosti, pôsobiacej v Slovenskej republike. Výrobná linka je tvorená 27 pracoviskami. V rámci analýzy citlivosti sa určilo 7 hlavných faktorov, ktoré ovplyvňujú výrobný výkon linky.

Hlavné vplyvné faktory:

- A - Modernizácia brúsky 1 (A- pôvodný taktový čas, A+ nový taktový čas)
- B - Modernizácia brúsky 2 (B- pôvodný taktový čas, B+ nový taktový čas)

- C - Zníženie poruchovosti zariadenia na meranie vnútornej dimenzie vonkajšieho krúžku (C- pôvodná dostupnosť zariadenia, C+ nová dostupnosť zariadenia)
- D - Modernizácia meracej stanice na meranie vnútornej dimenzie vonkajšieho krúžku (D- pôvodný taktový čas, D+ nový taktový čas)
- E - Modernizácia meracej stanice na meranie vonkajšej dimenzie vnútorného krúžku (E- pôvodný taktový čas, E+ nový taktový čas)
- F - Doplnenie druhej plničky guľičiek (F- bez sekundárneho stroja, F+ s doplneným strojom)
- G - Automatická kontrola na výstupe (G- s pracovníkom, G+ bez pracovníka)

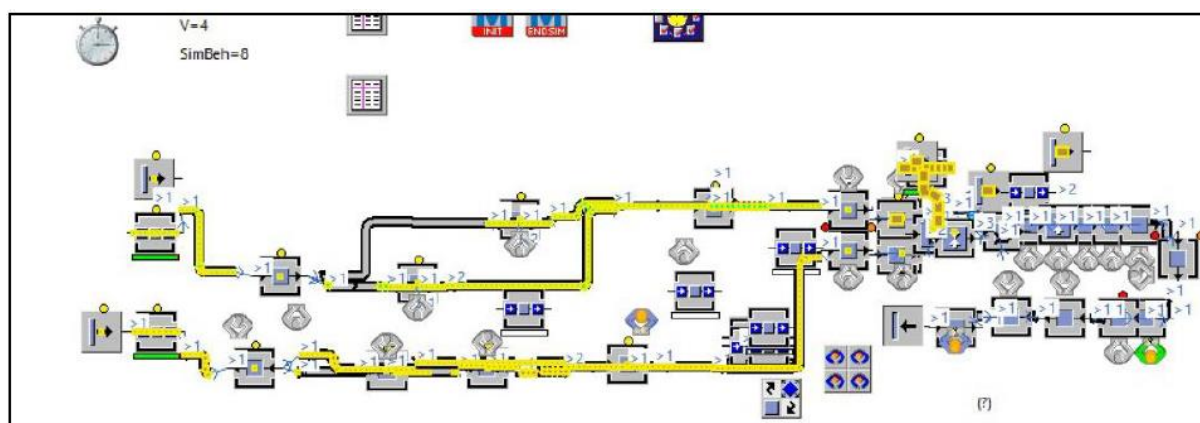
Úlohou je pomocou simulácie overiť vplyv hlavných faktorov a ich hladín na vybraný výstupný parameter linky (výrobný výkon). Pre plánovanie experimentov bol využitý Taguchiho plán experimentov.

Na Obr. 1 je zobrazený layout výrobnjej linky.



Obr. 1 Layout výrobnjej linky

Na Obr. 2 vidieť layout simulačného modelu analyzovanej výrobnjej linky.



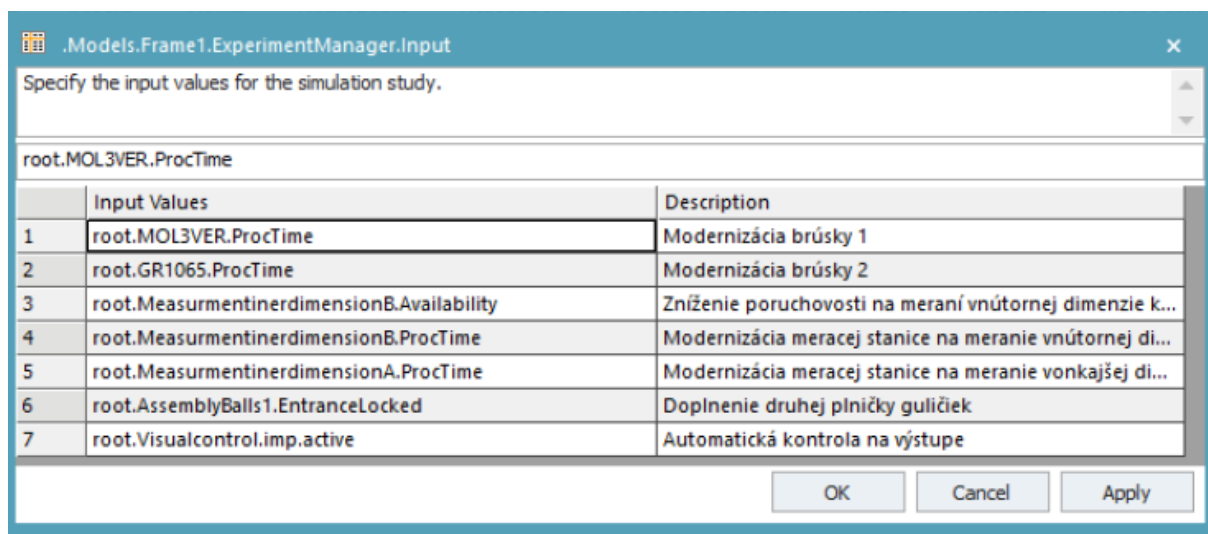
Obr. 2 Layout simulačného modelu výrobnjej linky

Výsledky simulácie činnosti výrobnjej linky sú uvedené v Tab.1.

Tab. 1 Taguchiho plán experimentov a výsledky simulácie

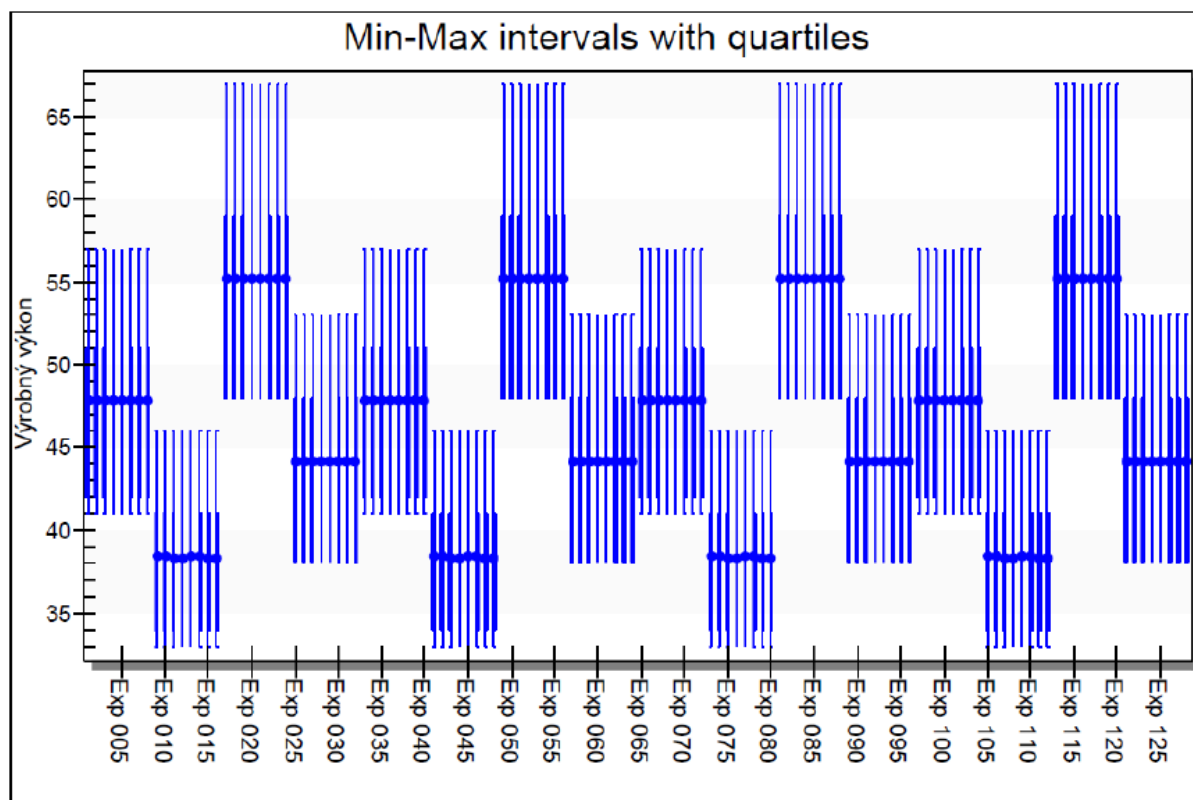
Simulačný beh	Faktory							Výrobný výkon (ks)				
	A	B	C	D	E	F	G	V1	V2	V3	V4	Priemer
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	33	34	46	39	38,0
2	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	51	36	52	62	50,2
3	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	38	49	48	44	44,7
4	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	61	56	69	58	61,0
5	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	43	51	54	45	48,2
6	+1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	57	51	71	51	57,5
7	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	45	31	41	45	40,5
8	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	45	44	56	46	47,7
Priemer V(-1)	48,5	48,5	44,1	42,8	47,0	48,7	49,2					
Priemer V(+1)	48,5	48,5	52,8	54,1	50,0	48,2	47,7					

Ako vidieť z Tab. 1, v rámci experimentu bolo potrebné realizovať celkom 8 pokusov (simulačných behov). V prvých 7. stĺpcoch a 8 riadkoch je uvedená matica Taguchiho plánu. V nasledovných štyroch stĺpcoch (označené symbolom V), sa nachádzajú výsledky (odozvy) simulačných behov (4 nezávislé experimenty), teda v rámci každého pokusu (daného nastavenia hladín faktorov) boli realizované 4 nezávislé simulačné behy. Pre zvýšenie presnosti štatistických výstupov bolo pre každý simulačný beh vykonaných 10 replikácií a v každom experimente boli menené generátory náhodných čísiel. Pre simuláciu bol využitý simulačný systém Plant Simulation firmy Siemens AG. Pre realizáciu pokusov bola využitá funkcia ExperimentManager, integrovaná v simulačnom systéme. Na Obr. 3 je maska pre nastavenie plánu experimentov v ExperimentManager.



Obr. 3 Nastavenie plánu experimentov v ExperimentManager

Pre ilustráciu je na Obr. 4 zobrazená časť výsledkov simulácie pre parameter výrobný výkon, pre 128 pokusov, každý s 10 replikáciami. Na obrázku sú pre každý pokus zobrazené minimálne a maximálne hodnoty parametra a jeho kvartily.



Obr. 4 Grafické zobrazenie výsledkov experimentovania

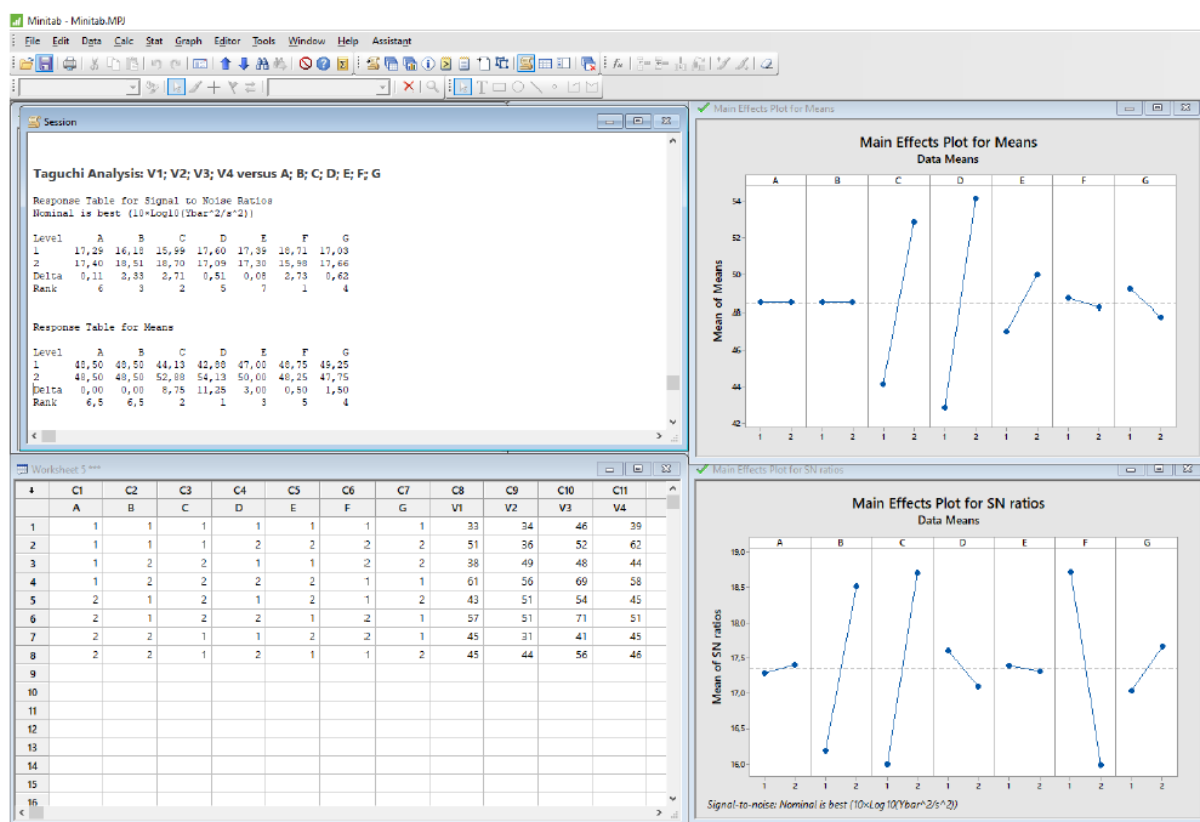
Simulácia bežala na počítači s procesorom Intel(R) Core(TM) i9-10850K, ktorý obsahoval 10 jadier. Každý simulačný beh trval 10 sekúnd. V Tab. 2 sú vypočítané efekty jednotlivých faktorov a ich hladín.

Tab. 2 Efekty faktorov a ich hladín

Faktor	Efekt	Faktor	Efekt	Faktor	Efekt
A-	48,5	C+	52,875	E	3
A+	48,5	C	8,75	F-	48,75
A	0	D-	42,875	F+	48,25
B-	48,5	D+	54,125	F	0,5
B+	48,5	D	11,25	G-	49,25
B	0	E-	47	G+	47,75
C-	44,125	E+	50	G	1,5

Na základe výsledkov z Tab. 2 môžeme určiť poradie významnosti faktorov a ich hladín: D+, C+, E+, G-, F-, A, B.

Pre spracovanie výsledkov experimentov bol využitý štatistický softvér Minitab. Pri aplikácii UFE by bolo potrebné realizovať celkom 27 = 128 pokusov. Ak uvažujeme 4 nezávislé simulačné behy, každý s 10 replikáciami, narástol by počet replikácií na 5 120. Pri použití Taguchiho plánu experimentov postačuje vykonať celkom 8 pokusov. Pri 4 nezávislých simulačných behoch, každý s 10 replikáciami, by počet replikácií bol rovný 320. Na Obr. 5 je zobrazené spracovanie výsledkov experimentov v softvéri Minitab.



Obr. 5 Výsledky experimentov v Minitab



Záver

Aj keď sú princípy základných metód plánovania experimentov známe už celé dekády, ich praktické uplatňovanie v simulácii je nedostatočné. Hlavnými dôvodmi tohto stavu sú neznalosť danej problematiky a náročnosť spracovania. Cieľom článku bolo na konkrétnom príklade z praxe poukázať na potencionálne prínosy, ktoré plánovanie experimentov prináša. Jedná sa najmä o zníženie počtu simulačných experimentov potrebných pre exaktné hodnotenie váhy jednotlivých faktorov, na základe ktorých sa môžeme pri optimalizácii sústrediť práve na tie faktory, ktoré majú rozhodujúci efekt na systém.

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporila Agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-18-0522.

Použitá literatúra

- [1] KLIMENT, M., TREBUNA, P., PEKARCIKOVA, M., STRAKA, M., TROJAN, J. and DUDA, R., 2020. Production Efficiency Evaluation and Products' Quality Improvement Using Simulation. *International Journal of Simulation Modelling*. 15 September 2020. Vol. 19, no. 3, pp. 470–481. DOI 10.2507/IJSIMM19-3-528.
- [2] KLIMENT, M., PEKARCIKOVA, M., TREBUNA, P. and TREBUNA, M., 2021. Application of TestBed 4.0 Technology within the Implementation of Industry 4.0 in Teaching Methods of Industrial Engineering as Well as Industrial Practice. *Sustainability*. 10 August 2021. Vol. 13, no. 16, pp. 8963. DOI 10.3390/su13168963.
- [3] KLIMENT, M., POPOVIČ, R. and JANEK, J., 2014. Analysis of the Production Process in the Selected Company and Proposal a Possible Model Optimization Through PLM Software Module Tecnomatix Plant Simulation. *Procedia Engineering*. 2014. Vol. 96, pp. 221–226. DOI 10.1016/j.proeng.2014.12.147.
- [4] KOPEC, J., LACHVAJDEROVÁ, L., KLIMENT, M. and TREBUŇA, P., 2021. SIMULATION PROCESSES IN COMPANIES USING PLM AND TECNOMATIX PLANT SIMULATION SOFTWARE. *Acta Simulatio*. 30 September 2021. Vol. 7, no. 3, pp. 13–18. DOI 10.22306/asim.v7i3.61.
- [5] PEKARCIKOVA, M., TREBUNA, P., KLIMENT, M., MIZERAK, M. and KRÁL, S., 2021. Simulation Testing of the E-Kanban to Increase the Efficiency of Logistics Processes. *International Journal of Simulation Modelling*. 15 March 2021. Vol. 20, no. 1, pp. 134–145. DOI 10.2507/IJSIMM20-1-551.
- [6] PEKARCIKOVA, M., TREBUNA, P., KLIMENT, M. and DIC, M., 2021. Solution of Bottlenecks in the Logistics Flow by Applying the Kanban Module in the Tecnomatix Plant Simulation Software. *Sustainability*. 17 July 2021. Vol. 13, no. 14, pp. 7989. DOI 10.3390/su13147989.
- [7] PEKARČIKOVÁ, M., TREBUŇA, P., KLIMENT, M., EDL, M. and ROSOCHA, L., 2020. TRANSFORMATION THE LOGISTICS TO DIGITAL LOGISTICS: THEORETICAL APPROACH. *Acta logistica*. 31 December 2020. Vol. 7, no. 4, pp. 217–223. DOI 10.22306/al.v7i4.174.
- [8] PEKARCIKOVA, M., TREBUNA, P., KLIMENT, M. and TROJAN, J., 2019. Management and Production Engineering Review. *Management and Production Engineering Review*. Online. 2019. [Accessed 19 October 2022]. DOI 10.24425/MPER.2019.129568.
- [9] PUŠKÁR, M., KOPAS, M., SABADKA, D., KLIMENT, M. and ŠOLTÉSOVÁ, M., 2020. Reduction of the Gaseous Emissions in the Marine Diesel Engine Using Biodiesel Mixtures.



Journal of Marine Science and Engineering. 8 May 2020. Vol. 8, no. 5, pp. 330. DOI 10.3390/jmse8050330.

[10] TREBUNA, P., PEKARCIKOVA, M., FRANKOVSKY, P., TROJAN, J. and ROSOCHA, L., INFLUENCE OF THE ABC ANALYSIS ON INVENTORY MANAGEMENT. ISBN 978-80-87294-88-8.

[11] TREBUŇA, P., KLIMENT, M., EDL, M. and PETRIK, M., 2014. Creation of Simulation Model of Expansion of Production in Manufacturing Companies. Procedia Engineering. 2014. Vol. 96, pp. 477–482. DOI 10.1016/j.proeng.2014.12.118.

[12] TROJAN, J., TREBUNA, P. and KLIMENT, M. TX PROCESS SIMULATE AS A MEANS TO INCREASE PRODUCTION IN THE ENTERPRISE FOR THE PRODUCTION U-PROFILES. ISBN 978-80-87294-92-5.

Kontaktná adresa

Ing. Lucia Mozolová

Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného inžinierstva,

Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovensko

e-mail: lucia.mozolova@fstroj.uniza.sk



PRODUCTIVITY OF PRODUCTION AND POSSIBILITIES OF AUTOMATION OF THE PRODUCTION ENTERPRISE

Matej KRNOUL – Michal SIMON - Pavel VRANEK

Abstract: The article deals with the analysis of the current state of an unnamed manufacturing company and assesses the level of production productivity. Some changes and suggestions have been suggested to optimize and increase the overall productivity. In the next part of the text, possibilities for automation of sub-activities and processes are revealed. Within automation, the thesis particularly focuses on three main areas with potential for modernization and automation. The aim of this thesis was to uncover bottlenecks in the current state of the art and to find opportunities for possible automation of individual activities.

Keywords: Automation, production effectivity, productivity measurement, industry

Introduction

The thesis deals with the topic of production productivity and the possibility of automation in a company producing silicone semi-finished products for the chemical industry, healthcare and other commercial applications. The aim of this thesis is to evaluate the productivity of production and to identify opportunities for automation of the process and its subcomponents in the environment of this company. The text will start with an assessment of the current state of the art, where the different processes will be analyzed and evaluated, and a search for areas with potential for improvement will be carried out. Within automation, this work focuses on three main directions:

- Automation of manufacturing processes
- Automation of logistics processes
- Digital enterprise

The company did not track OEE in any way, so it was necessary to conduct multiple time studies of the workers to get an overview of overall productivity and to find possible bottlenecks of the process.

Summary of the time studies

The time study of the workers' working day revealed some process bottlenecks. Cleaning of machines is very time consuming and this function needs to be performed at every material change. On average, the machine operator spends more than 90 minutes per shift manually cutting material on the rollers and 15 minutes operating the machine control panel. A worker spends 20 minutes per shift completing documentation, so the information retrieval process needs to be optimised and revised. Separating the input material when it arrives as a whole block is a physically very strenuous activity. The shift preparer spends 25 minutes weighing the finished product into the warehouse and 15 minutes manually winding the packaging film. He spends 40 minutes out of shift driving with an unloaded handling unit, such as round trips and after-running. A warehouse worker spends an average of 10 minutes a day loading material into production. This low time is since the material is picked continuously throughout the duration of the shift and order. It takes a warehouse worker approximately 10 minutes to load a truck and 35 minutes to unload a truck. Other bottlenecks and potentially wasteful processes were identified by monitoring the production process and communicating with workers [3].



Shortcomings

The following deficiencies have been identified through an analysis of the current state of the site and production process. In the following, these deficiencies will be presented and described in more detail.

a. Information transfer at shift change

At the shift change, the worker ending the shift should hand over his/her workstation and the information about the allocated job to the incoming worker. He should also tell him the time of the screen change for filtering the dirt material. These screens must be changed several times per shift and carry a regular material cost. At present, the information on the time of sieve change is not communicated between the workers, so the incoming worker automatically changes the sieve immediately, thus avoiding the possibility that the sieve is already clogged and does not perform its function correctly. This creates material waste, which could be eliminated, for example, by introducing an information board at each workstation where the worker would always write the date and exact time of the sieve change. In this way, the incoming worker would be able to estimate how long the sieve would still be sufficient for its function and would not have to change it at the beginning of each shift.

b. Obsolete machines and their controls

As mentioned in the previous text, the machines used for production are of an older date of manufacture and therefore do not meet many of the now standard features of recently manufactured machines. One of these problems is the lack of automation on most of the machines used. This entails the need for laborious manual cutting of the material using a spatula and feeding the material back into the mixing rollers. Another shortcoming of these machines is the outdated control unit of the machine. For example, if the operator wants to increase a parameter, he must press the button repeatedly to add a value, where each press increases the value by only one unit. Modern machines have the option of writing the desired value and then the machine automatically re-sets itself to that value. This need to repeatedly press the control unit button delays production operators and distracts them from their productive activities.

c. Material handling

Workplace supply currently operates through the activities of warehousemen who load input material for production. However, this material is often brought in for the entire job at once and begins to pile up in the input material area. This leads to a shortage of storage space and the material is often stored in such a way that it encroaches on the handling aisle. Ideally, input material should be introduced in such quantity and frequency that it covers the production needs and there is no build-up in these storage areas. Another problem with material handling is that the operator is often forced to take the pallet of finished goods away himself using a pallet truck due to prepper overload, and this keeps him away from his primary function, which is machine operation and production.

d. Large amounts of paper documentation

Much of the company's internal documentation is in paper form and it takes workers a long time to fill out the documents they use daily. These documents are often multi-page with many lines to be filled in and the information value of these documents is not clearly measurable. Digitising and simplifying these documents would simplify and speed up their completion, while making them more archivable and traceable when needed.



Suggestions for increasing productivity

The following section focuses on suggestions for potential productivity improvements in the production and logistics process. Process locations with potential for improvement were revealed in the current state analysis chapter. Optimisation of these processes will be proposed in this text.

a. The technological process

The process flow is not standardised for the material in the current state. There is a wide range of possible operating temperatures of the different machines and the operation time of the machines is not standardised. The prescribed production time depends on the type of additive or dye used. The line operator must therefore know from his own experience how long the material needs to be mixed in the cylinders before extrusion. The technological procedure is therefore very individual and not standardised. Standardising the process would standardise production times and increase the possibilities for planning the use of machine capacity.

b. Modernization of control panels

Most machine control panels are very outdated. By modernising the control panels, it would be possible to speed up the movement of machine parts and reduce the time required to operate the machines. The current extruder control panels include buttons to start and stop the main motor and oil pump, as well as an emergency button to stop the machine and a button to increase and decrease the screw speed. The screw speed controls the speed at which material is extruded from the extruder through the screen. Other information that is displayed on the control panel is the temperature and pressure in the extruder strainer head and the current screw speed. The auger speed control buttons operate on an analogue basis, so it is necessary to press the button once to change by one speed unit. Upgrading this control panel would provide the ability to digitally set the desired speed and the machine would immediately start operating at that speed without tedious button pressing. Rolling machines have the same problems with control panels. Compared to extruders, with rolling machines, more production and machine parameters need to be regulated and controlled. The production flow is dependent on the speed of rotation of the rollers and the gap between them. The gap between the rollers is used to correct the mechanical forces and thus mix the material to be produced. This control panel is equipped with a black and white display which shows the data on the gap between the rollers, the speed of each roller and the tension on each roller. By upgrading and digitising this equipment, it would be possible to receive and analyse data in real time, while reducing the time taken to change the working position of the rollers and the rotation speed. In addition, there would be an option for automatic process setup using a control program and the operator could have a pre-set mixing program for each type of material. This would standardise the workflow and make the overall machine control easier.

c. Optimisation of the production plan

The production plan is drawn up continuously several weeks in advance and the logistics department is responsible for drawing it up. The production plan process starts with the receipt of an order from a customer. This order is submitted through the company's German department and entered the software containing the order list. The logistics department incorporates this request into the production plan and the order is then confirmed internally. In the next stage, the input material is either ordered for the date or checked for its presence in stock. At the time of the scheduled date, the material is produced, and the production cycle continues and the product flow through the production process illustrated here. In the current state, the production process is managed with respect to priority orders and top customers, which are given priority

over other orders when establishing the production plan with respect to deadlines. Each production order entails high non-productive times due to cleaning of machines after the production of the material is completed. These times for cleaning and other cleaning operations after the completion of the job average around 60 minutes per line per shift. This is due to the nature of chemical production and the high requirements for material quality, required homogeneity and overall cleanliness. By suitable optimisation of the production schedule, it would be possible to produce orders of the same material in sequence and thus achieve the greatest possible reduction in these unproductive times or parts thereof. Reducing machine downtime would lead to an increase in the possible total machine utilisation and an increase in production capacity.

Process automation

There are currently several projects where there is considerable potential for automation. These production improvement initiatives are in the design phase and additional information and evidence is currently being gathered to assess their potential benefits and the extent to which production processes can be improved.

Automation of production processes	Automation of logistics processes	Digital enterprise
Mixing unit	Automatic production loading	Digitisation of data collection
Silicone block separator	Automatic weighing of finished products into the warehouse	Automation of data collection
Coiling and cutting of packing material	Automatic weighing of dispatch	Reporting and data visualisation

Table 1 – Automation options

Automation of production processes

The following section will discuss the possibilities of automating manufacturing processes. These processes can include all machinery and equipment intended for the production of the final product and involved in the production process. Several locations with potential for automation have been identified.

a. Automatic mixing unit on the cylinder

Most of the machines are not equipped with an on-roll mixing unit in the current technical design. Therefore, the silicone has to be manually and very laboriously separated from the rollers with a scraper and returned between the rollers to mix well and evenly. Automatic mixing equipment mixes the silicone many times faster and the worker can concentrate on other activities while mixing. This device automatically disturbs the material with the paddles and returns it to the working area of the rollers by moving it sideways. As a result, the material is mixed faster and better than with manual mixing. The introduction of automatic mixing units



into the existing technical design of all production lines promises a reduction in laborious manual work and an overall acceleration of the production process.

b. Automatic separator for large silicone blocks

The base material is very often supplied as a single silicone block. This silicone block sometimes weighs more than 200 kg and has to be cut into small pieces, which are then gradually thrown in between the mixing rollers by the machine operator. The material is cut by hand using a steel string. This is a very tedious and often very tiring activity for the worker. This separator would automatically or semi-automatically cut the material into smaller pieces and would save the machine operator a lot of manual exhausting work and speed up the whole production process. This equipment would also be mobile so that it could be moved around the production floor and could serve multiple workstations. By implementing an automated silicone block material separator, the risk of occupational illness can be reduced. These illnesses occur when there is a monotonous physical load or periodic use of only one part of the body. These diseases include carpal tunnel disease, tendon, muscle and joint diseases and other diseases associated with prolonged excessive physical stress

c. Automatic wrapping film winder and cutter

The films in which the manufactured material is packed have certain standardized dimensions. The individual parts of the packaging material are cut with a breaking knife from a manual winder. This wound layer must be wound to a thickness of approximately 10 mm before it can be cut. The manual winding of the film takes a long time and it is time-consuming and dangerous to cut off the required piece of packaging material with a cut-off knife. The new automated machine would roll up a layer of film and automatically cut it into specified lengths according to the number of pieces required. The introduction of this solution would increase worker safety and the speed of production support processes. From a snapshot of the working day of a production preparer, who has film winding in his job description, it was observed that film winding takes an average of 15 minutes out of a work shift. The introduction of an automatic machine for winding and cutting packaging film would eliminate this time. The preparer would just push a button, he could leave to do other work. When the film was unwound and cut, he would take it to the production line.

Automation of logistics processes

In this chapter the possibility of automating logistics processes will be discussed. The basis for the implementation of automation of logistics processes is the use of standardised packaging units. Standard Euro pallets are used in the production process, so there is some potential for planning autonomous trucks. In the current solution, machine operators often take the finished pallets of material to the warehouse using pallet trucks. This is done when the warehouse operators are busy. This process could be automated by acquiring automatically controlled pallet trucks. The AGV can organise the collection and delivery of the material itself and the worker can focus on more productive activities. If set up appropriately, these automatically guided trucks could also deliver material to the workstations and minimize the number of materials stored at the machines to the necessary inventory levels needed to ensure production. This solution entails a high initial investment and a thorough payback analysis would be required. [2]

Digital enterprise

Data digitisation, automated data collection and digital visualisation is becoming the standard for data collection and subsequent work with data. The collection of large volumes of production data is now one of the most important bases for the creation of analyses and reports



and serves as a basis for decision-making processes and predictions of future states. Therefore, it is important that the data is collected, categorised and managed in the best possible way.

a) Digitisation of data collection

To enable the digitisation of data collection, I propose to equip each machine with an industrial tablet. A waterproof and dustproof tablet would be used to record downtime and share information about the line and material produced in the event of a shift change. This operator-recorded data would be automatically transcribed via a real-time internet connection to a shared drive or storage device where the collected data could be immediately manipulated by the supervisor or management, providing an instant overview of production status and machine downtime. Subsequently, the software would contain information on screen replacements, thus providing a record of the actual consumption of screens in relation to individual orders. How such a software could look like is shown in Figure 5. This software would also be used to pass information between workers at shift changeover and would have a runsheet with the production process for the material being produced available for writing and reading.

b) Automation of data collection

Automation of data collection is a prerequisite for the creation of databases containing production information and is an important component for the evaluation and further work with this data. Data collection can be automated by introducing complex data collection using sensors through the implementation of new control panels on existing machines as proposed in the chapter above. Another option is to use individual sensors and deploy these sensors on important machine parts and then process the collection of this data. With the automation of the data collection, the volume of data recorded will increase several times and therefore these data packages will need to be efficiently sorted into a database, standardised and then further processed. Thanks to data automation, production reports can be automatically recorded on an ongoing basis and the execution of the production plan can be monitored.

c) Reporting and data visualisation

Automatically collected and digitized data needs to be transformed into valuable outputs. These outputs need to be further handled and reported on for the purposes of production status mapping, process optimization and continuous improvement. Data visualisation applications such as Excel charts or Power BI can be used for this purpose. Power BI is very suitable for implementation, as it is very clear, and the evaluated data can be filtered and graphically visualized [3]. For the reporting capabilities of this data, instead of the existing shopfloor whiteboard, I propose to place a TV on the wall in the place of the daily meetings, which would display the production data from the previous day in digital form with the possibility of sorting the data and a comprehensive evaluation of the production status. In this way, the digital visualisation of data looks more coherent and is much clearer for the reader than data written on a whiteboard using a marker. The sequence of the proposed data collection, reporting and visualization process is schematically shown in Figure 1.

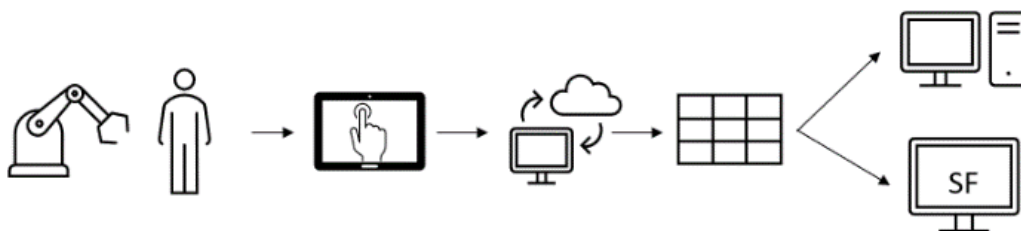


Figure 1 - the enrolment and data collection process

Conclusion

Optimizing and increasing the productivity of production is a very important aspect of manufacturing enterprises. The more efficiently an enterprise can produce its products, the more potential it has for its all-round growth and in the competitive struggle. Therefore, it is important for every manufacturing enterprise to focus on eliminating all kinds of wastage and uncovering its potential bottlenecks. Wastage activities and bottlenecks can be detected in several ways such as direct measurement of production productivity or by using various indicators for production performance and efficiency. Once these are discovered, corrective action needs to take place. This can be achieved by rationalisation, workplace optimization or automation of sub-processes. Businesses that can continuously improve their production processes have the best chance of succeeding in today's fierce competition and pushing their product through to the customer. This text looks at production efficiency and automation opportunities in a specific manufacturing company. First, the theory required for this thesis was introduced, where basic concepts were defined and options for measuring production productivity and options for automating sub-processes were presented. In the practical part, an analysis of the current situation and an introduction of the manufacturing enterprise was made. An analysis of the company's production was carried out and snapshots of the working day of each job were developed. As a result, places with potential for improvement were revealed. Furthermore, the internal production documentation was analysed to reduce the amount of manual paper documents. For the bottlenecks identified, changes were proposed to increase labour productivity using automation of sub-processes and machines.

Acknowledgements

This article was supported by the internal grant of the University of West Bohemia number SGS-2021-028 entitled Developmental and training tools for the interaction of man and the cyber-physical production system and project KEGA 019TUKE-4/2022.

References

- [1] ZELENKA, A., PRECLÍK, V.: Racionalizace výroby. Praha, ČVUT 2004. ISBN 80-01-02870-4
- [2] JUROVÁ, Marie a kol. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: GRADA, 2016. ISBN 9788027193301.
- [3] RYBNÍKÁŘ, F., BAJIČOVÁ, T., ŠIMON, M. Hodnocení reklamačních procesů ve výrobním podniku pomocí BI nástroje. In: Průmyslové inženýrství 2021: Mezinárodní studentská vědecká konference, pp. 189-196. 2021. ISBN 978-80-261-0792-7.



Contact address

Ing. Matej Krnoul

University of West Bohemia, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Industrial Engineering and Management, Univerzitni 2762/22, 301 00 Pilsen 3, Czech Republic.

e-mail: mkrnoul@kpv.zcu.cz



PŘEHLED PRŮMYSLOVÉ AUTOMATIZACE V INDUSTRY 4.0

Tomáš BROUM — Miroslav MALAGA — Michal ŠIMON — Michael FRONĚK

Abstrakt: Příspěvek se zabývá průmyslovou automatizací, zejména průmyslovými roboty. V první části je popsán automatizovaný výrobní a montážní proces, automatizované systémy, jejich typy, výhody a nevýhody. V druhé části jsou popsány možnosti automatizace a důvody, které k ní vedou. Dále je zde automatizace popsána a rozdělena dle velikosti.

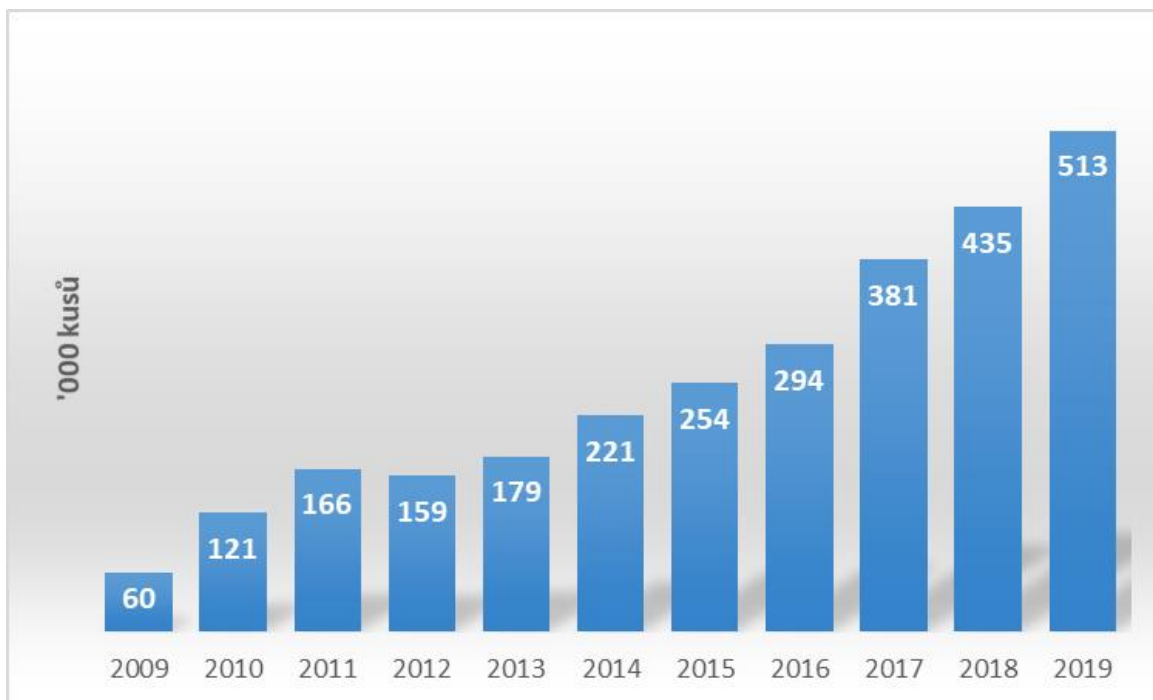
Klíčová slova: Automatizace, robot, robotika, Industry 4.0

Úvod

V dnešní době dochází k rostoucímu zájmu o využívání automatických výrobních zařízení, a to především kvůli neustále rostoucímu tlaku na zvýšení produktivity a kvality výroby. Dalším důvodem je například zvýšení konkurenceschopnosti firem a jejich udržení na finančním trhu. Díky automatizaci dochází ke změnám ve výrobních, technologických a celkově v logistických procesech, a to nejen ve strojírenství, ale i v dalších sektorech. V rámci automatizace jak celých procesů, tak jednotlivých úkonů v procesech se v různých odvětvích čím dál více prosazují především manipulátory a roboty. Zvyšování efektivity, kvality a produktivity práce nelze bez modernizace, rekonstrukce a automatizace výrobních zařízení zajistit.

Automatizovaný výrobní a montážní proces

Pokud se zamyslíme nad futuristickými výrobními zařízení a procesy, může přijít do mysli automatizace v prostředí sci-fi, kde nejsou přítomni lidé a výrobní linky jsou řízeny z druhé strany planety Země. V takových systémech jsou všechny části plně autonomní, plní úkoly s neuvěřitelnou přesností, nepotřebují spát, nepotřebují občerstvení, neplýtvají, zkrátka jsou to ideální pracovníci, které si každý výrobce přeje. Jelikož nás tempo růstu technologií rychle přenáší do skutečné budoucnosti, výrobci se musí pozastavit, aby prozkoumali účel automatizace a nejlépe řídili její směr. Ve všech průmyslových odvětvích se technologie vyvíjí stále silněji, a proto je třeba stále sofistikovanějších řešení problémů. Rychlost pokroku lze popsat jednoduchým srovnáním. Na začátku třetího tisíciletí si lidé nemohli představit celou řadu programů a služeb, jako jsou videokonference, cloudová úložiště, virtuální realita nebo v neposlední řadě aplikace pro chytré telefony. Ve výrobním procesu by si málokdo představil ucelený výrobní systém počínaje autonomními zaskladňovacími systémy přes zcela automaticky fungující obráběcí centra a robotizované montážní linky po expedici, která si vystačí s jedním kódem a vyrobené zboží bezchybně nalezne svého koncového uživatele. Strmý nárůst automatizace lze popsat dle celosvětového počtu průmyslových robotů, které jsou jedním ze základních stavebních kamenů automatizačního procesu. Z obrázku 1 lze vypočítat začínající meziroční exponenciální trend v počtu dodaných průmyslových robotů, který naplno vystihuje směr, kterým se současný průmysl ubírá. [1]



Obr. 1 Počet implementovaných průmyslových robotů meziročně celosvětově [2]

Automatizované systémy

Automatizované systémy zvyšují efektivitu výroby v továrnách a snižují časovou náročnost výrobních operací. Zároveň tyto systémy zkvalitňují pracovní podmínky a zvyšují jejich bezpečnost. Tvoří také nepostradatelnou jednotku v oblasti kontroly kvality. Zaměstnanci by museli vynaložit mnohonásobně více úsilí, aby dosáhli za směnu to, co nyní mohou dosáhnout s automatizovanými průmyslovými systémy. Výroba by byla celkově mnohem obtížnější a nebezpečnější. [3]



Obr. 2 Automatizovaný montážní proces [1]



Automatizované výrobní systémy se nyní staly normou pro masové výrobce. Maximální výkon a efektivita se staly zlatým standardem pro dodavatele a cokoli méně bude mít za následek ztrátu termínů a ztrátu zisku v důsledku pomalé, neefektivní výroby. Cílem automatizovaných průmyslových systémů je udržovat špičkovou ziskovost v uzavřeném výrobním závodě. Nyní je také nezbytné správně zavést automatizované výrobní systémy s cílem zvýšit výrobu a snížit náklady. Průmyslová technologie je daleko za hranicí používání systému "one size fits all". Je důležité, aby byla realizována vlastní řešení s cílem dosáhnout maximálního zisku. [3]

Klady a zápory automatizovaných systémů

Výhody automatizovaných výrobních systémů jsou podstatné, jakmile jsou implementovány, ale je otázkou, zda stojí za velké počáteční investice. V následující části jsou popsány výhody a nevýhody implementace automatizace průmyslových procesů. [4]

Výhody:

- Bezpečnost,
- Zvýšená produktivita,
- Zlepšení kvality produktu,
- Vyšší výnosy,
- Přesnější sběr dat.

Nevýhody:

- Náklady na počáteční investici,
- Výměna náhradních dílů,
- Nutnost servisu.

Nejen, že automatizované průmyslové systémy zvyšují výrobní kapacitu, ale zlepšuje se kvalita této výroby spolu s větší bezpečností obsluhy zařízení. Tyto systémy mohou být také nakonfigurovány tak, aby poskytovaly přesnější údaje pro optimalizaci slabých míst a výrazně snížily vady produktů v důsledku lidské chyby. [5]

Největší nevýhodou pro implementaci automatizovaných výrobních systémů jsou počáteční náklady. To zahrnuje náklady na strojní zařízení a implementaci automatizovaného programování, stejně jako školení zaměstnanců o správě těchto nových systémů. Avšak návratnost těchto investic se pohybuje okolo několika let. [5]

Typy automatizačních systémů

Typy automatizačních systémů lze rozdělit do následujících tří kategorií:

- Pevná automatizace,
- Programovatelná automatizace,
- Flexibilní automatizace. [6]

Pevná automatizace

Jedná se o systém, v němž je sekvence operací určena konfigurací zařízení. Operace v sekvenci jsou obvykle jednoduché. Jedná se o integraci a koordinaci mnoha takových operací do jednoho zařízení, které činí systém složitým. Typické vlastnosti pevné automatizace jsou:

- Vysoká počáteční investice pro vybavení na zakázku,
- Vysoké produkční sazby,
- Poměrně nepružný při přizpůsobování změn produktu. [6]

Ekonomické odůvodnění fixní automatizace se nachází ve výrobcích s velmi vysokými nároky na spotřebu a objemy. Vysoká počáteční cena zařízení může být rozložena na velmi velký počet jednotek, což činí jednotkové náklady atraktivní ve srovnání s alternativními způsoby výroby. Příklady pevné automatizace zahrnují mechanizované montážní a obráběcí přenosové linky. Pevná automatizace je v současné době synonymem hromadné a velkosériové výroby. [6]
Za příklad pevné automatizace lze považovat výrobu šroubů. Vyznačuje se tím, že celý cyklus doprovázejí jednoúčelové stroje, které jsou striktně určeny pro jednu činnost a nejsou schopny provozovat jinou činnost bez zásadního zásahu do konstrukce stroje. Tato výroba je schopna produkovat tisíce i více kusů denně. Na obrázku .. lze vidět šrouby opouštějící výrobní systém na pásovém dopravníku. [6]



Obr. 3 Automatizovaná výroba šroubů [7]

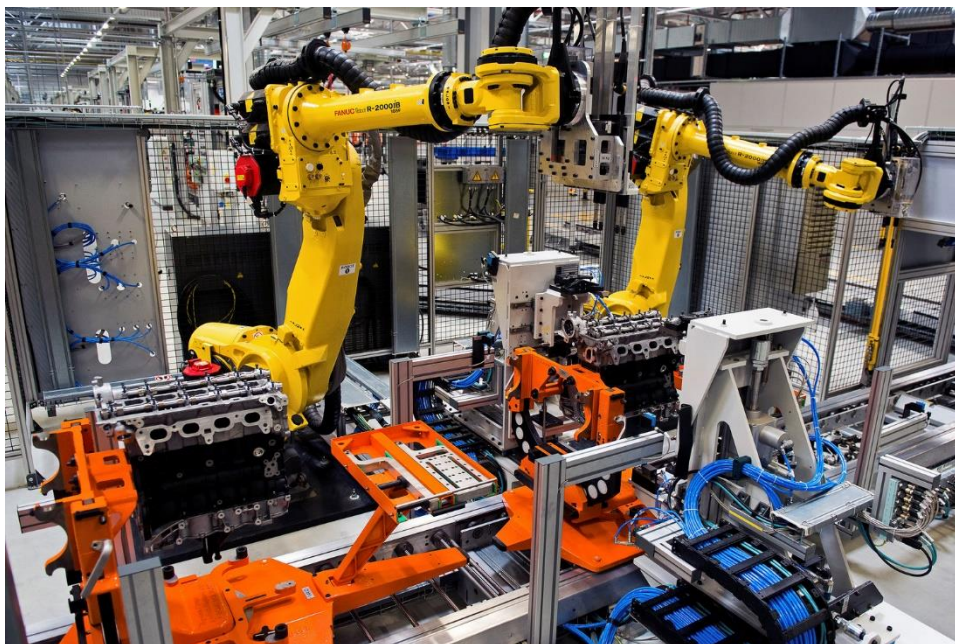
Programovatelná automatizace

V tomto případě je výrobní zařízení navrženo tak, aby bylo možné měnit pořadí operací tak, aby vyhovovaly různým konfiguracím produktu. Operační sekvence je řízena programem, který obsahuje sadu instrukcí kódovaných tak, že je systém může číst a interpretovat. K výrobě nových produktů lze připravit nové programy a vložit je do zařízení. Některé funkce, které charakterizují programovatelnou automatizaci, jsou:

- Vysoká investice do zařízení pro všeobecné účely,
- Nízká produkční sazba ve vztahu k pevné automatizaci,
- Flexibilita při řešení změn v konfiguraci produktu,
- Nejvhodnější pro výrobu šarží. [6]

Automatizované výrobní systémy, které jsou programovatelné, se používají v nízkém a středním objemu výroby. Části nebo výrobky jsou obvykle vyráběny v dávkách. K výrobě každé nové dávky jiného výrobku musí být systém přeprogramován sadou strojních pokynů, které odpovídají novému produktu. Musí se také měnit fyzické nastavení stroje: Musí být načteny informace o nástrojích, musí být připevněny přípravky ke stolu stroje a musí být také změněno nastavení stroje. Tento postup přechodu trvá déle. V důsledku toho typický cyklus daného produktu zahrnuje dobu, během níž probíhá nastavení a přeprogramování, po němž následuje období, ve kterém se vyrábí dávka. Příklady programované automatizace zahrnují numericky řízené obráběcí stroje a průmyslové roboty. [8]

Příkladem programovatelné automatizace je montáž spalovacích motorů, kterou lze vidět na obrázku 1-4, kdy je robot schopen provádět několik činností s bezkonkurenční rychlostí. V případě změny sortimentu nebo činností lze robot pouze přeprogramovat na nové podmínky bez nutnosti zásahu do jeho mechanismů či elektro zapojení. [8]



Obr. 4 Automatizovaná kompletace spalovacího motoru [9]

Flexibilní automatizace

Jedná se o rozšíření programovatelné automatizace. Flexibilní automatizovaný systém je takový, který dokáže vyrábět celou řadu produktů a prakticky neztrácí čas při přechodu od jednoho produktu k druhému. Při přeprogramování systému a při změně fyzického nastavení stroje nedochází ke ztrátě výrobního času. V důsledku toho systém může vyrábět různé kombinace a plány výrobků místo toho, aby vyžadoval výrobu oddělených dávek jednotlivých výrobků. Vlastnosti flexibilní automatizace lze shrnout takto:

- Vysoká investice pro zákaznický systém,
- Průběžná výroba proměnných směsí produktů,
- Míry střední produkce,
- Flexibilita pro řešení změn návrhu výrobku. [6]

Základní funkce, které rozlišují flexibilní automatizaci od programovatelné automatizace, jsou:

- Schopnost měnit dílčí programy bez ztráty času výroby,
- Schopnost přepnout fyzické nastavení, opět bez ztráty času výroby. [6]

Tyto funkce umožňují automatickému výrobnímu systému pokračovat v produkci bez přestávek mezi dávkami, které jsou charakteristické pro programovatelnou automatizaci. Změna dílčích programů se obecně provádí přípravou programů off-line v počítačovém systému a elektronickým přenosem programů do automatizovaného výrobního systému. Proto čas potřebný k programování pro další úlohu nepřerušuje výrobu na aktuální úlohu. Pokroky v technologii počítačových systémů jsou z velké části zodpovědné za tuto programovací schopnost v pružné automatizaci. Změna fyzického uspořádání mezi jednotlivými částmi se provádí tak, že přepnutí probíhá mimo provoz a současně se přemísť na místo, zatímco další část se dostane do pozice pro zpracování. Použití paletových přípravků, které drží součásti a přenáší se na pracovní místo, je jedním ze způsobů implementace tohoto přístupu. Aby byla flexibilní automatizace úspěšná, je nutné zajistit zpravidla omezenější rozmanitost součástí než v systému řízeném programovatelnou automatizací. [6]

Možnosti automatizace

Při myšlenkách na automatizaci je nutné zvážit, zda bude mít automatizace kýžený výsledek. Zároveň je nezbytné provést studie proveditelnosti z ekonomického hlediska. Je nutné definovat, které výhody chceme automatizací dosáhnout, a kterých negativních vlastností současného neautomatizovaného výrobního systému se chceme zbavit, respektive minimalizovat je. Mezi tyto negativní činitele mohou patřit vysoké náklady na pracovní sílu, nedostatek kvalifikovaných pracovníků, nedostatečná bezpečnost práce, vysoké režijní náklady, apod. Důvody, které vedou k rozhodnutí automatizovat lze rozdělit do několika skupin. [10]

Vynucená automatizace

V případech, kdy je práce člověka nahrazena automatem, z důvodu určitých skutečností. Takové důvody k náhradě účasti člověka na procesech automaty, mohou být následující:

- Bezprostřední přítomnost představuje pro člověka nebezpečí (často smrtelné), např. práce ve velkých hlubinách, u manipulace s vysoce radioaktivními materiály, práce spojené s nebezpečím výbuchu, práce za extrémně vysokých teplot,
- Přímá účast člověka mu způsobuje fyzickou únavu nebo na něho proces působí jinak nepříznivě (teplo, prach, vlhko, otřesy, hluk) s možnými zdravotními následky – např. práce u vysokých pecí, v dolech, cementárnách, chemických provozovnách, apod.,
- Činnost člověka je příčinou chyb, jejichž následky vedou ke značným ztrátám nebo jsou značně nepříznivé. Např. automatická navigace letadel v mlze při přistávání,
- Člověk není schopen vykonávat potřebnou činnost z hlediska přesnosti, rychlosti, rozsahu nebo jiných příčin. Jedná se o případy řízení raket, výroby čipů nebo ovládání parních a spalovacích turbín,
- Musíme použít automatické zařízení, protože z různých důvodů nemůže být přítomen člověk, který by mohl dané činnosti vykonávat. Jako příklad lze uvést simulátor srdce, automatické signalizační bóje v moři nebo kosmické sondy,
- Automatické stroje vykonávají požadované úkony s vyšší jakostí než člověk. Příkladem mohou být svařovací či lakovací průmyslové roboty. Ty jsou schopné vést pohyb mnohem rovnoměrněji a přesněji, čímž vytvářejí kvalitnější finální podobu výrobku,
- Není možné si dovolit vázat tolik lidské práce, např. automatické vydávání jízdenek, automatická počítadla počtu aut na parkovišti a tím počet volných míst nebo automaty s občerstvením, které jsou schopné obsluhovat zákazníky v jakýkoliv okamžik. [10]

Ekonomicky zdůvodněná automatizace

Z hledisek tržní ekonomiky lze vycházet z následujících důvodů:

- Využití automatického stroje představuje snížení jednotkových a režijních nákladů ve srovnání s neautomatizovanou výrobou. Zvláště se jedná o mzdové náklady na pracovní sílu a úspory materiálu (stroj pracuje přesněji, a proto produkuje méně odpadu),
- Použití automatického pojetí výroby umožňuje zvýšení produktivity práce a objemu výroby, takže jsme schopni vyrobit více za méně času v porovnání s neautomatizovanou výrobou,
- Použití automatizačního zařízení umožňuje snížení nákladů na výrobní plochy, skladovací prostory, opotřebování strojů, administrativní práce a spotřebu energie,
- Automatizace podporuje zkrácení průběžné doby výroby a vývoje. Díky automatizace je možné získat konkurenční výhodu před ostatními,
- Automatizací lze pružněji vyhovět přáním zákazníka a získat si ho tak pro koupi dalších výrobků.



- Automatickými stroji lze dodat výrobkům určité funkční vlastnosti vítané zákazníkem, takže se výrobek prodá většímu okruhu zákazníků,
- Je možné automatizaci dosáhnout nadstandartní jakosti, která se může promítnout do zvýšené ceny výrobku,
- Díky automatizovaným vnitrofiremním informačním systémům lze získat jistou konkurenční výhodu. Jedná se o rychlejší přístup k informacím, o potřebách zákazníka nebo rychlejší nápravy problému. [10]

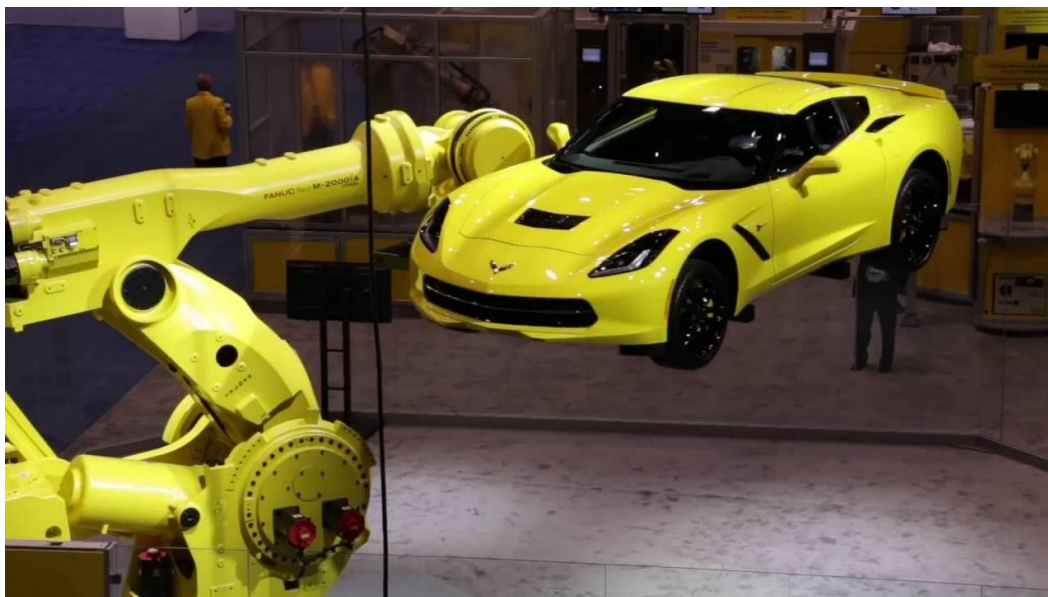
Další případy automatizace

Mimo vynucené a ekonomicky zdůvodněné automatizace lze popsat následující důvody:

- Prestiž jednotlivých firem či institucí, které chtějí dokumentovat své konstrukční, technické nebo finanční schopnosti a možnosti
- Snaha zajistit člověku pohodlí, jako příklad lze uvést např. veškerá dálková ovládání spotřebičů nebo elektronických zařízení, které může používat i neodborník
- Snaha zajistit nadstandartní přísun informací o stavech výrobních zařízení, výrobních podmínkách, chybách apod.
- Zabezpečení ekologického standartu, kterého lze pomocí automatizace docílit bez jakýchkoliv omezení. Jedná se o různé monitorovací systémy, řízení optimálního spalování pro docílení minimálních emisních hodnot apod.
- Automatizace může být také zdrojem a předmětem zábavy, např. automatická losovací zařízení, hrací automaty, simulátory sportovních her apod. [10]

Velká automatizace

Automatizace považovaná za velkou se opírá o instalaci klasických průmyslových robotů. Tyto roboty mají většinou hmotnost přesahující 50kg. Jsou instalovány v kombinaci se sofistikovaným bezpečnostním systémem, který je tvořen především bezpečnostními ploty, ale také optickými závorami, čidly a prvky kontrolujícími všechny aspekty výrobního či montážního procesu. Jedná se o automatizace manipulačních, svařovacích, povrch upravujících, paletizačních nebo řezacích procesů. Vzhledem k nutnosti zajistit bezpečnost pomocí plotů jsou s výhodou instalovány větší skupiny robotů úzce napojeny na dopravníkové systémy, výrobní stroje, čistící stroje apod. Instalace zapadající do skupiny velkých automatizací jsou ve většině případů záležitostí investice v řádech milionů Kč, proto jsou výhradně voleny ve velkosériových výrobcích, kde je možné dosáhnout návratnosti investice během několika let či dříve. Pro tyto instalace jsou možné pouze minimální úpravy vyráběných výrobků, a to především z důvodu mechanických schopností celého systému. Roboty jsou instalovány dle požadovaných nosností a dosahů, proto nelze změnit výrobu z pohledu hmotnosti nebo velikosti výrobku. Pokud jsou i přes změnu zachovány fyzikální vlastnosti, většinou se nelze vyhnout úpravám uchopovacích prvků, přípravků ve strojích, na dopravnících apod. Jakákoliv změna automaticky generuje náklady spojené s úpravou mechanických prvků, případně elektroniky a pneumatiky. [11]



Obr. 5 Robot s nosností 2300kg [12]

Klasické průmyslové roboty disponují bezkonkurenčními parametry, které nelze docílit pomocí pracovníků. Tyto parametry lze popsat na několika příkladech:

- Maximální rychlost: 6 m/s,
- Maximální nosnost: 2300 kg,
- Maximální dosah: kruh okolo základny s poloměrem 4683 mm,
- Schopnost pracovat pod vodou,
- Schopnost pracovat v život ohrožujících podmínkách.

Malá automatizace

Na rozdíl od velké se malá automatizace vyznačuje jednoduchým nenáročným charakterem výrobního či montážního procesu. Je postavena na kolaborativních respektive spolupracujících robotech a má své uplatnění ve smíšené výrobě, kde se produkují malé série vysoce individualizovaných produktů. Jsou ideální pro automatizaci dílčích procesů, u kterých je zároveň přítomen člověk. Hlavními vlastnostmi kolaborativních robotů jsou pomalejší rychlosti a schopnost zastavit při kontaktu s člověkem. Princip této schopnosti zastavit tkví v porovnání vypočítané zátěže na robotické rameno s hodnotami získanými pomocí senzoru, který je součástí základny. Díky těmto vlastnostem odpadá nutnost bezpečnostních plotů a dalších prvků. Kolaborativní roboty velikostně simulují stojícího nebo sedícího člověka a jedná se o finančně přijatelnou automatizaci často se opakujících jednoduchých až triviálních úkonů. Vzhledem k tomu že se celý obor kolaborativních robotů nachází zatím poměrně v plenkách, je legislativa kolaborativů značně nekompletní a vlastně nikdo neví jak řešit například skřípnuté prsty mezi chapadlo robota a část výrobku. Problémem je, že robot sice zastaví, ale až poté co detekuje přetížení a to už může být pozdě. [11]



Obr. 6 Kolaborativní robot Universal Robots [13]

Hlavními výhodami kolaborativních robotů jsou:

- Jednodušší manipulace,
- Flexibilita,
- Nižší pořizovací náklady,
- Jednodušší programování,
- Minimalizace bezpečnostních prvků.

Závěr

V rámci tohoto příspěvku byl uveden přehled průmyslové automatizace v Industry 4.0. Příspěvek lze rozdělit na dvě části. V první části byl popsán automatizovaný výrobní a montážní proces, automatizované systémy, jejich typy, výhody a nevýhody. V části druhé byly popsány možnosti automatizace a důvody vedoucí k potřebě automatizovat. Dále byly popsány typy automatizace dle velikosti a jejich vhodnost dle charakteru výrobního systému.

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen za podpory projektu KEGA 019TUK-4/2022 Příprava manažerů nových výrobních struktur budoucnosti na principech „Overall Equipment Effectiveness“ (OEE) prostřednictvím vzdělávání studentů v předmětu Management výroby ve studijním programu Průmyslové inženýrství a projektu SGS-2021-028 s názvem "Vývojové a tréninkové prostředky pro interakci člověka a kyber-fyzického výrobního systému" řešeného v rámci Interní grantové agentury Západočeské univerzity v Plzni.

Reference

[1] R. Tatlock, „DS Biovia,“ 1. Leden 2012. [Online]. Available: <http://www.3dsbiovia.com/about/news-pr/discoverant-pdf/2012/bioprocess-international-january-2012-manufacturing-process-automation-finding-a-pathway-forward.pdf>. [Přístup získán 20.11.2018].



- [2] „International federation of robotics,“ [Online]. Available: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/global-industrial-robot-sales-doubled-over-the-past-five-years>. [Přístup získán 3.12.2018].
- [3] L. Šmejkal a M. Martinásková, PLC a automatizace. 1. díl, Základní pojmy, úvod do programování, Praha: BEN, 1999.
- [4] O. Khatib a B. Siciliano, Springer handbook of robotics, Berlin: Springer, 2008.
- [5] M. Weber, „What are automated manufacturing systems,“ 26. Leden 2018. [Online]. Available: <https://connell-ind.com/what-are-automated-manufacturing-systems/>. [Přístup získán 20.11.2018].
- [6] „Types of automation production and operations management,“ [Online]. Available: <https://www.wisdomjobs.com/e-university/production-and-operations-management-tutorial-295/types-of-automation-9679.html>. [Přístup získán 20.11.2018].
- [7] KM Steel India [Online]. Available: <http://www.kmsteelindia.com/fasteners-nut-washer-screws-bolts-manufacturing-process.html>. [Přístup získán 20.11.2018].
- [8] Z. Kolíbal, Roboty a robotizované výrobní technologie, Brno: nakladatelství VUTIUM, 2016.
- [9] Sync Robotics [Online]. Available: <https://www.syncrobotics.ca/>. [Přístup získán 20.11.2018].
- [10] P. Beneš, Automatizace a automatizační technika 1 : systémové pojetí automatizace, Brno: Computer Press, 2012.
- [11] S. Musílek, „Automatizace v roce 2018,“ [Online]. Available: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/automatizace-v-roce-2018.htm>. [Přístup získán 20.11.2018].
- [12] „Fanuc Robotics,“ [Online]. Available: <https://www.fanuc.eu/cz/en>. [Přístup získán 3.12.2018].
- [13] „National Aeronautics and Space Administration,“ [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/>. [Přístup získán 3.12.2018].

Contact address

Ing. Miroslav Malaga

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a management, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, Česká republika

e-mail: malaga@kpv.zcu.cz

ŠPECIFIKÁ POUŽÍVANIA PRIEMYSELNÝCH ROBOTOV VO VÝROBNÝCH PODNIKOKH NA SLOVENSKU

Juraj ŠEBO

Abstrakt: Celosvetovo každoročne narastá počet prevádzkovaných priemyselných robotov, pričom Slovensko je nad svetovým priemerom čo sa týka hustoty robotov na počet zamestnancov vo výrobných podnikoch. Cieľom tejto štúdie je identifikovať vzťahy medzi charakteristikami výrobných podnikov a používaním priemyselných robotov na Slovensku. Štúdia vychádza z dát získaných v rámci prieskumu výrobného potenciálu na Slovensku realizovaného v rámci celoeurópskeho výskumu European Manufacturing Survey v roku 2018 a 2019. Podľa našich zistení s rastúcou veľkosťou podniku, rastúcou sériovosťou výroby, rastúcou zložitosťou výrobku, ako aj realizáciou výskumu a vývoja rastie percento výrobných spoločností, ktoré používajú priemyselné roboty.

Kľúčové slová: priemyselný robot, výrobný podnik, Slovensko, prieskum.

Abstract: Globally, the number of industrial robots in operation is increasing every year, while Slovakia is above the world average in terms of the density of robots per number of employees in manufacturing companies. The aim of this study is to identify the relationships between the characteristics of manufacturing enterprises and the use of industrial robots in Slovakia. The study is based on data collected in the Slovakia manufacturing survey conducted as part of the Europe-wide European Manufacturing Survey in 2018 and 2019. According to our findings, the percentage of manufacturing companies using industrial robots increases with increasing company size, increasing batch size, increasing product complexity, as well as the implementation of research and development.

Keywords: industrial robot, manufacturing company, Slovakia, survey.

Úvod

Na základe ISO a International Federation of Robotics (IFR) môžeme roboty rozdeliť na dve skupiny, priemyselné roboty a servisné roboty. Každoročne narastá počet prevádzkovaných priemyselných robotov (v roku 2020 podľa [1] predstavuje približne 3 milióny jednotiek), pričom v priebehu posledných rokov pribúda približne 400 tisíc jednotiek ročne. Podľa [1], sa v posledných rokoch najviac robotov inštaluje v elektrotechnickom a automobilovom priemysle (približne 100 tisíc v každom). Čo sa týka oblasti využitia priemyselných robotov, v posledných rokoch dominujú manipulačné činnosti (približne 170 tisíc), nasledované zvarovaním (približne 70 tisíc) a montážou (približne 40 tisíc). Čo sa týka hustoty robotov vo výrobných podnikoch (výrobnom sektore) (počíta sa v jednotkách na 10000 zamestnancov), s veľkým náskokom vedie Južná Kórea (s viac ako 900 robotmi), nasledovaná Singapurom (s viac ako 600 robotmi), Japonskom a Nemeckom (s takmer 400 robotmi). V tomto rebríčku sa ocitlo aj Slovensko so 175 robotmi, pričom celosvetový priemer je 126 robotov [1].

Používanie robotov, ich zavádzanie v súčasnosti ako aj plány do budúcnosti sú ovplyvnené mnohými faktormi, či už na úrovni ekonomiky, priemyslu alebo samotného podniku. Z hľadiska globálnej ekonomickej situácie, podľa [2] by mal aj v roku 2022 pokračovať nárast objednávok, aj v súvislosti s vládnymi stimulmi, dopytom elektrotechnického priemyslu a výroby kovových výrobkov. Na druhej strane, obmedzenia v súvislosti s Covid-19, nedostatok surovín a polotovarov ako aj neistota (vrátane politickej) môže pôsobiť tlmiaco. V súvislosti s priemyselnými robotmi môžeme vnímať rôzne trhové ako aj technologické trendy, ako

napríklad poskytovanie robotov vo forme služby (Robots-as-a-Service), rastúca ponuka lacných robotov, podpora prispôsobovania zákazníkom (customization), rozvoj v oblasti strojového videnia a umelej inteligencie, spolupráca robota a človeka stále v začiatkoch, a v neposlednom rade tiež vplyv zavádzania robotov na životné prostredie, či už priamo (úspornejšie roboty) alebo nepriamo (efektívnejšia výroba, menej chybných výrobkov) [2]. Táto štúdia je zameraná na identifikáciu vzťahov medzi charakteristikami výrobných podnikov a používaním priemyselných robotov na Slovensku.

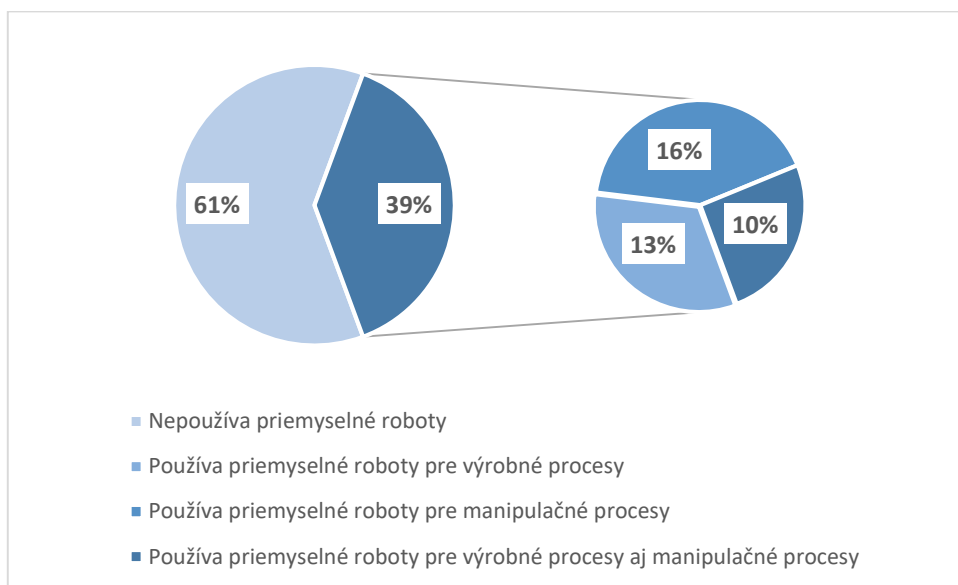
Metodológia a dáta

Táto štúdia vychádza z dát získaných v rámci prieskumu výrobného potenciálu na Slovensku realizovaného v rámci celoeurópskeho výskumu European Manufacturing Survey v roku 2018 a 2019. Z oslovených priemyselných (resp. výrobných) podnikov s počtom zamestnancov viac ako 20, vyplnilo dotazník 114 podnikov (n=114). Percentuálne zastúpenie podnikov v našej vzorke 114 výrobných podnikov korešponduje podľa veľkosti (0-49, 50-249 a nad 250) a podľa priemyselných odvetví (NACE) s percentuálnym zastúpením v celkovej vzorke výrobných podnikov na Slovensku. Vzhľadom na chýbajúce údaje v niektorých dotazníkoch, je pri každej analýze uvádzaný počet podnikov, ktoré boli do analýzy zahrnuté (napr. n=112). V nasledujúcej tabuľke (Tab. 1) je stručná charakteristika vzorky 114 výrobných podnikov.

Tab. 9 Charakteristika vzorky 114 výrobných podnikov (podiel podnikov v %)

High-technology*	Medium-high-technology*	Medium-low-technology*	Low-technology*
5 %	15 %	29 %	51 %
Malé podniky (<50 zamestnancov)	Stredné podniky (50-249 zamestnancov)	Veľké podniky (> 250 zamestnancov)	
38 %	45%	17 %	
Jednoduchý výrobok	Výrobok so strednou zložitou	Zložitý výrobok	
25 %	52 %	23 %	
Kusová výroba	Malosériová výroba	Veľkosériová výroba	
23 %	40 %	37 %	
Realizuje alebo zadáva zákazky na výskum a vývoj	Nerealizuje a nezadáva zákazky na výskum a vývoj		
21 %	79 %		
* kategórie podľa NACE klasifikácie [3]			
Pozn.: do uvádzaných percent nie sú zahrnuté podniky s chýbajúcimi dátami v danej charakteristike, t.j. celkový počet podnikov môže byť v jednotlivých charakteristikách o niečo nižší ako 114.			

V analytickej časti tejto štúdie budeme pomocou výstupov z kontingenčných tabuliek porovnávať percentuálne zastúpenie podnikov, ktoré využívajú akékoľvek priemyselné roboty, a to v rôznych podvzorkách celej vzorky 114 podnikov. Keďže existuje širšie spektrum robotov, ako už bolo vyššie uvedené v našich analýzach bude zahrnuté iba využívanie priemyselných robotov. Priemyselné roboty sú v našom prieskume rozdelené na dva druhy (priemyselné roboty pre manipulačné operácie a priemyselné roboty pre výrobné operácie). V nasledujúcej analytickej časti za používanie robotov v podniku považujeme používanie jedného alebo oboch týchto druhov. Percentuálne zastúpenie podnikov využívajúcich priemyselné roboty v rámci našej vzorky je znázornené na nasledujúcej schéme (Obr. 1) . Ako môžeme vidieť na Slovensku využíva priemyselné roboty podľa nášho prieskumu 39 % výrobných podnikov.

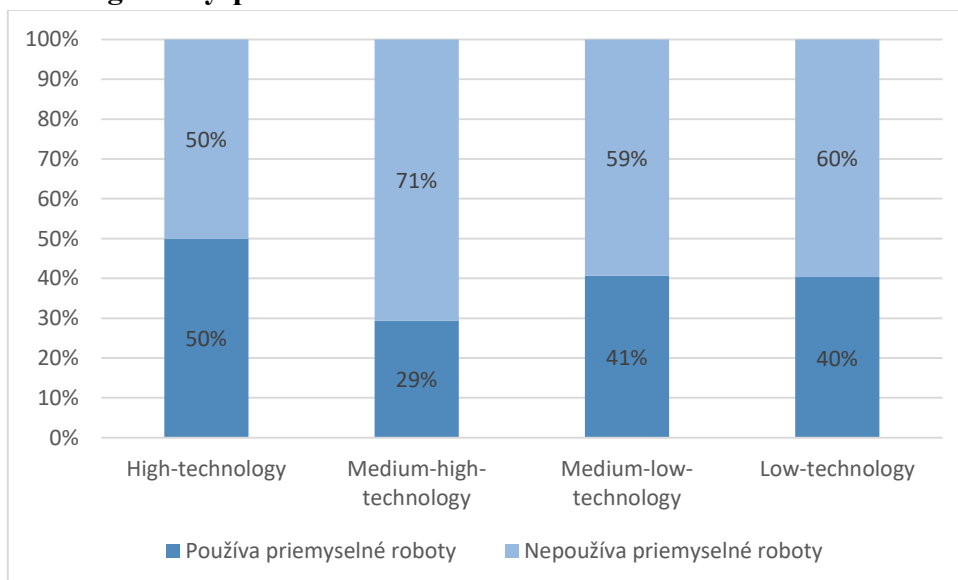


Obr. 1 Využívanie priemyselných robotov na Slovensku (percento výrobných podnikov nad 20 zamestnancov) (n=111) (vlastné spracovanie)

Analýza slovenských výrobných podnikov z hľadiska vzťahu medzi charakteristikami výroby a výrobku a využívaním priemyselných robotov

V nasledujúcej časti budeme postupne interpretovať výsledky analýzy (vid Metodológia) potenciálnych vzťahov medzi vybranými siedmymi parametrami (resp. charakteristikami výroby alebo výrobku) a používaním priemyselných robotov v našej vzorke výrobných podnikov.

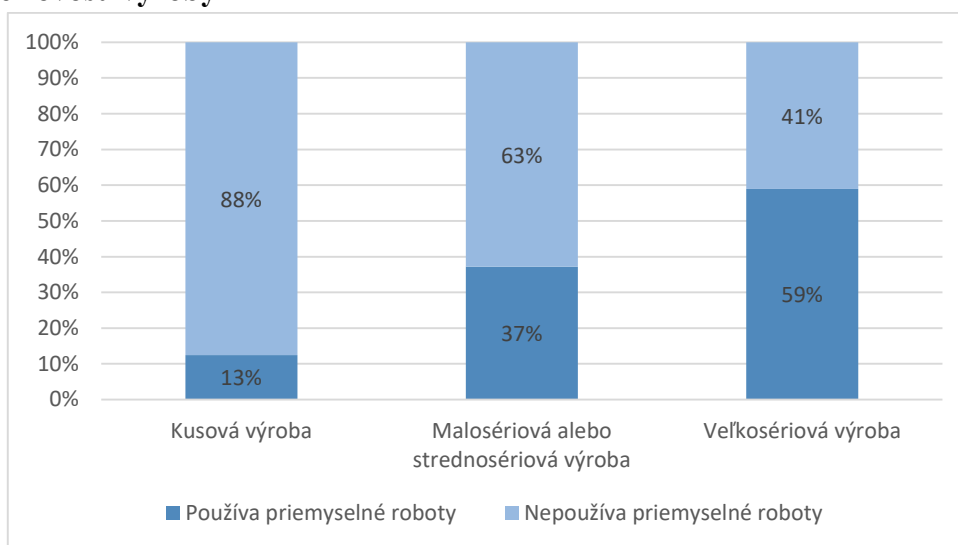
• Technologická vyspelosť odvetvia



Obr. 2 Porovnanie využívania priemyselných robotov podľa technologickej vyspelosti odvetvia (% výrobných podnikov) (n=112) (kategórie podľa NACE klasifikácie [Eurostat, 2022]) (vlastné spracovanie)

Z grafu na obr.2 môžeme vidieť, že väčšie percento výrobných podnikov podnikajúcich v High-technology odvetviach, ako je napríklad farmaceutický alebo elektrotechnický priemysel, využíva priemyselné roboty v porovnaní s podnikmi podnikajúcimi v menej vyspelých odvetviach. Graf do určitej miery naznačuje súvislosť medzi technologickou vyspelosťou odvetvia a využívaním priemyselných robotov, ale zároveň výrazne nižšie percento v prípade Medium-high-tech podnikov, túto súvislosť narúša. Aj vzhľadom na nižší počet firiem zastúpených v High-tech a Medium-high-tech odvetví v našej vzorke je potrebné považovať údaje na tomto grafe za orientačné.

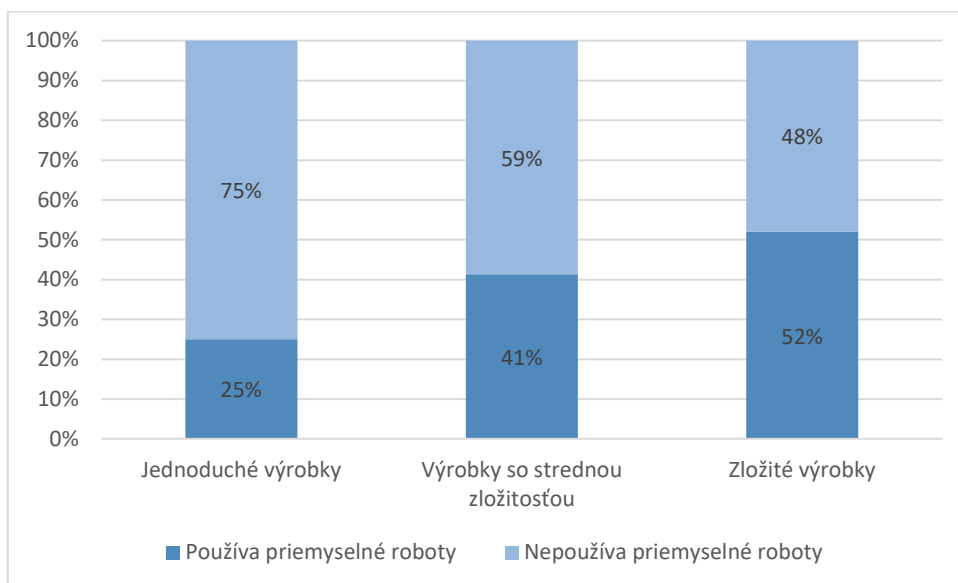
- **Sériovosť výroby**



Obr. 3 Porovnanie využívania priemyselných robotov podľa sériovosti výroby (% výrobných podnikov) (n=106) (vlastné spracovanie)

Ako je možné vidieť na grafe (Obr.3), najväčšie percento výrobných podnikov vyrábajúcich vo veľkých sériách využíva priemyselné roboty v porovnaní s podnikmi vyrábajúcimi menšie série. Z grafu je tiež zrejmé, že výrazne najnižšie percento podnikov, ktoré využívajú priemyselné roboty, je v skupine podnikov zameraných na kusovú výrobu. Na základe týchto údajov je možné predpokladať, že existuje určitá súvislosť medzi sériovosťou výroby a využívaním priemyselných robotov, pričom sa javí, že potenciál využívania robotov rastie u výrobných firiem s rastom sériovosti ich výroby. Môže to súvisieť napríklad s rozsahom opakujúcich sa činností.

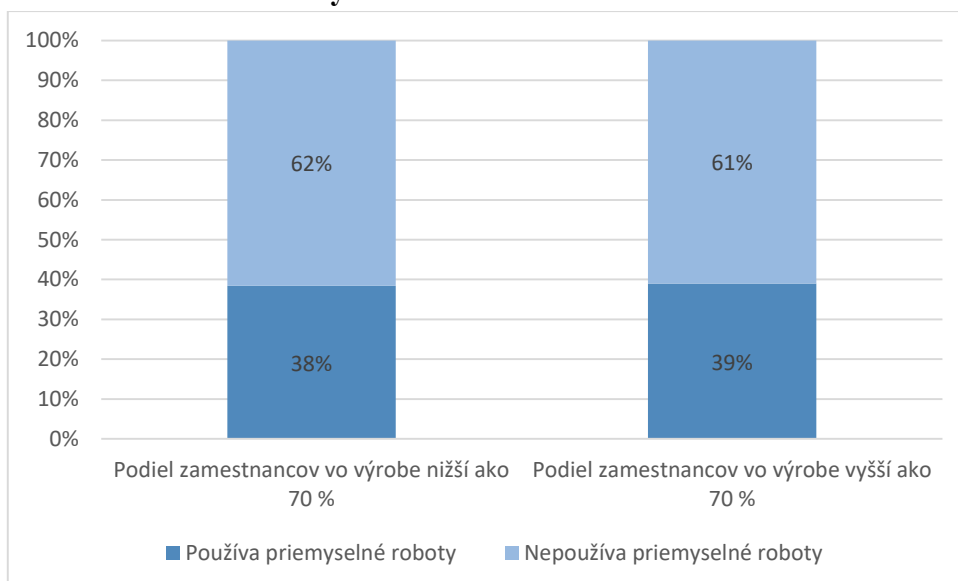
- **Zložitosť výrobku**



Obr. 4 Porovnanie využívania priemyselných robotov podľa zložitosti výrobkov (% výrobných podnikov) (n=111) (vlastné spracovanie)

Na grafe (Obr. 4) je možné vidieť, že najväčšie percento výrobných podnikov vyrábajúcich zložité výrobky využíva priemyselné roboty v porovnaní s podnikmi vyrábajúcimi menej zložité. Z grafu je tiež zrejmé, že výrazne najnižšie percento podnikov, ktoré využívajú priemyselné roboty, je v skupine podnikov vyrábajúcich jednoduché výrobky. Z týchto zistení môžeme predpokladať, že existuje určitá súvislosť medzi zložitosťou výrobku a využívaním priemyselných robotov, pričom sa javí, že potenciál využívania robotov rastie u výrobných firiem s rastom zložitosti ich výrobku.

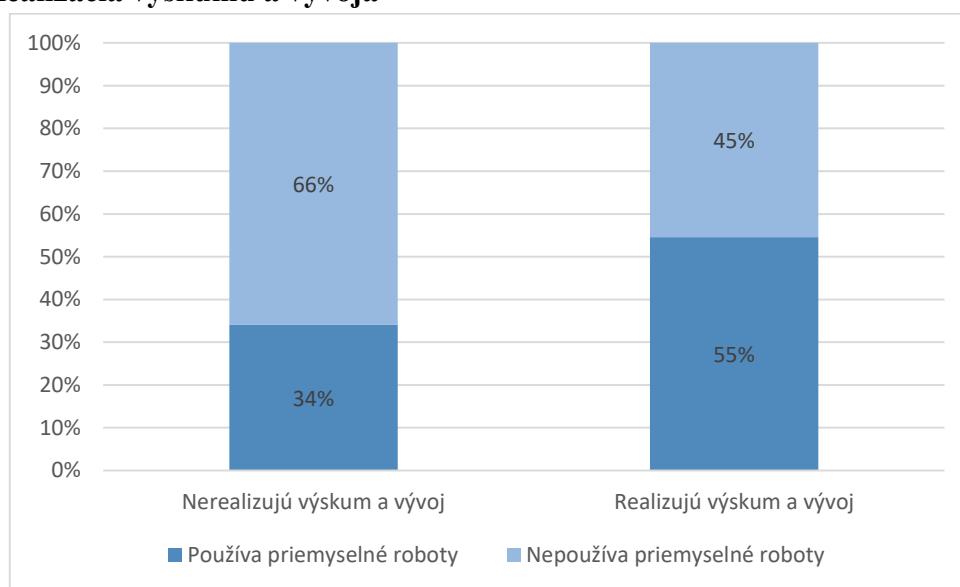
• Podiel zamestnancov vo výrobe



Obr. 5 Porovnanie využívania priemyselných robotov podľa percenta zamestnancov vo výrobe (% výrobných podnikov) (n=111) (vlastné spracovanie)

Ďalšou z charakteristík, ktorú sme analyzovali v našej štúdii je percento pracovníkov v podniku, ktorí pracujú vo výrobe a montáži. Vzorku sme rozdelili na dve skupiny, a to podľa priemeru uvádzaných hodnôt za celú vzorku (v našom prípade 70,5 % pracovníkov). V prvej skupine boli zastúpené firmy s nižším ako 70 % (vrátane 70 %) zastúpením pracovníkov vo výrobe a v druhej skupine firmy s vyšším ako 70 % zastúpením. Následne sme tieto dve skupiny porovnali. Ako je možné vidieť na obr. 5, približne rovnaké percento výrobných podnikov s nižším ako 70 % zastúpením pracovníkov vo výrobe využíva priemyselné roboty v porovnaní s podnikmi s vyšším ako 70 % zastúpením. Aj keď sme práve tu predpokladali určitú súvislosť medzi percentom výrobných zamestnancov a využívaním priemyselných robotov, naše dáta ukazujú, že to tak pravdepodobne nie je.

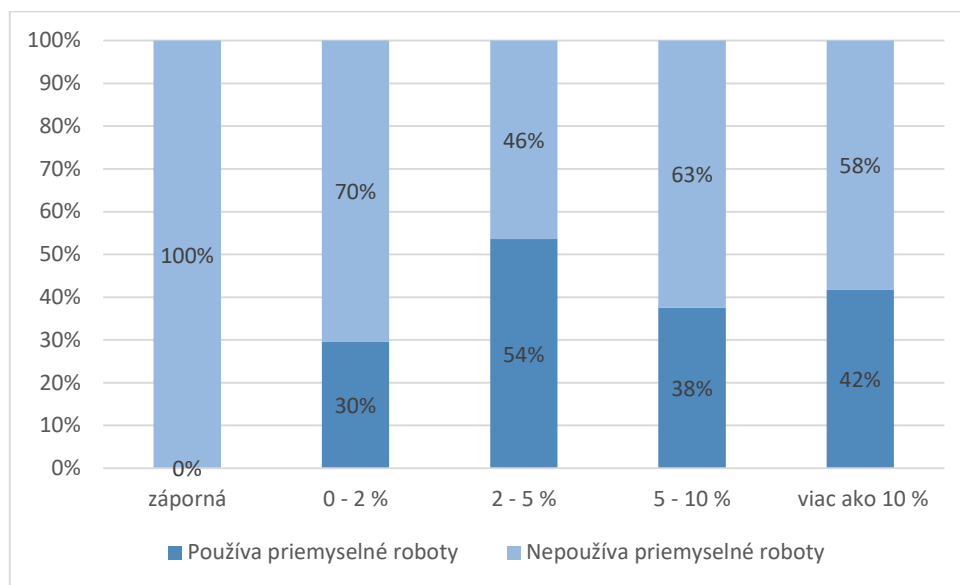
- **Realizácia výskumu a vývoja**



Obr. 6 Porovnanie využívania priemyselných robotov podľa realizácie výskumu a vývoja (% výrobných podnikov) (n=107) (vlastné spracovanie)

Ďalším skúmaným parametrom bolo zainteresovanie podniku vo výskume a vývoji, buď vo forme samotnej realizácie výskumu a vývoja, alebo vo forme zadávania zákaziek na výskum a vývoj externým partnerom. Na grafe (obr. 6) je jednoznačne vidieť, že väčšie percento podnikov, ktoré sú zainteresované na výskume a vývoji, využíva priemyselné roboty v porovnaní s podnikmi nezainteresovanými vo výskume a vývoji.

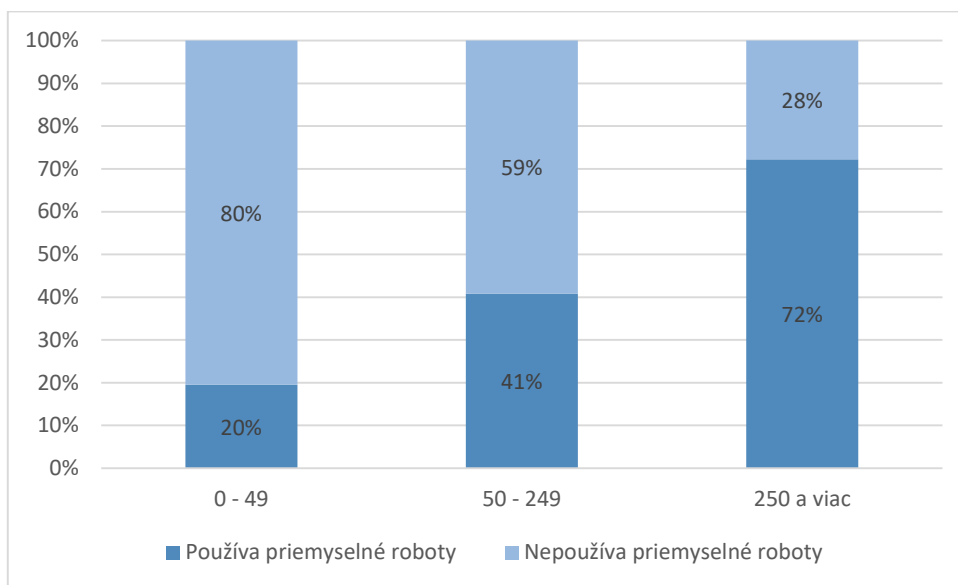
- **Rentabilita tržieb**



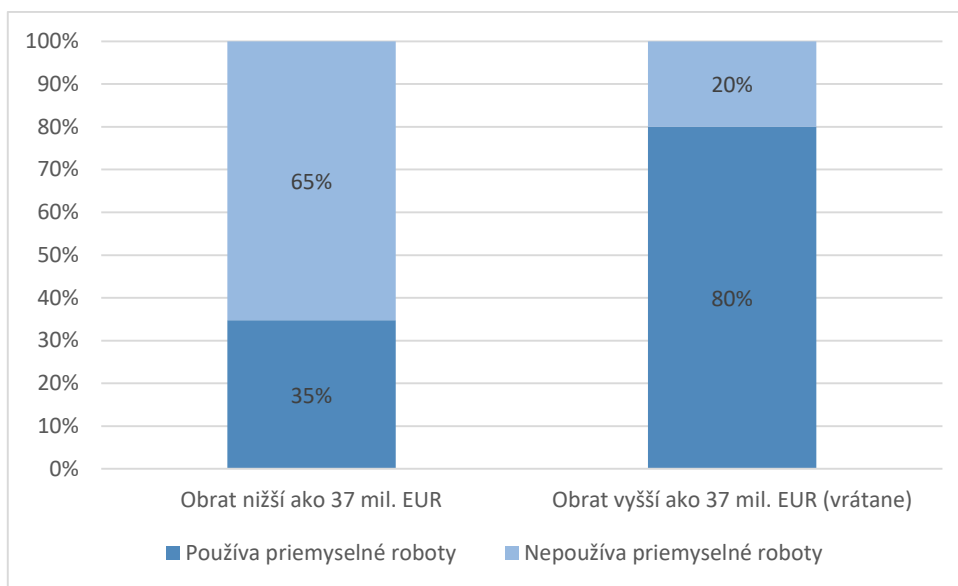
Obr. 7 Porovnanie využívania priemyselných robotov podľa rentability tržieb (% výrobných podnikov) (n=89) (vlastné spracovanie)

Rentabilita tržieb predstavuje jeden zo základných ekonomických ukazovateľov, ktoré podniky sledujú. Na grafe (obr. 7) môžeme vidieť, že v princípe s rastúcou rentabilitou percento výrobných podnikov, ktoré využívajú priemyselné roboty rastie. Vysvetlenie môžeme hľadať v investičnej náročnosti zavádzania priemyselných robotov, ale aj v opačnom smere pôsobenia (t.j. roboty – rentabilita) a to napríklad zvyšovaním efektívnosti výroby. Je tu potrebné podotknúť, že síce graf do určitej miery naznačuje súvislosť medzi rentabilitou a využívaním priemyselných robotov, ale zároveň, výrazne vyššie percento podnikov využívajúcich roboty, pri rentabilite 2-5 %, túto súvislosť narušuje. Okrem toho, v prípade tohto ukazovateľa (rentability), ktorý sa člení do väčšieho počtu kategórií (päť), môže nerovnomerné (alebo nízke) zastúpenie podnikov v jednotlivých kategóriách, ktoré súvisí s relatívne malou vzorkou (114 podnikov), znížiť vypovedaciu schopnosť percentuálneho zastúpenia podnikov v prezentovanom grafe.

- **Veľkosť firmy (počet zamestnancov a výška ročného obrátu)**



Obr. 8 Porovnanie využívania priemyselných robotov podľa počtu zamestnancov (% výrobných podnikov) (n=108) (vlastné spracovanie)



Obr. 9 Porovnanie využívania priemyselných robotov podľa ročného obrátu (% výrobných podnikov) (n=102) (vlastné spracovanie)

Posledné dve skúmané charakteristiky podniku popisujú v princípe jeho veľkosť. Ako môžeme vidieť na grafoch (obr. 8, obr. 9), výrazne najväčšie percento veľkých výrobných podnikov (či podľa počtu zamestnancov alebo obrátu) využíva priemyselné roboty v porovnaní s menšími podnikmi. Z grafu (obr. 8) je tiež zrejmé, že existuje výrazný rozdiel v percente podnikov, ktoré využívajú priemyselné roboty, aj medzi strednými a malými podnikmi. Vysvetlenie môže súvisieť napríklad s finančnou náročnosťou alebo potrebou odborného zázemia pri implementácii priemyselných robotov vo výrobnom podniku.



Záver

Cieľom našej štúdie bolo identifikovať možné súvislosti medzi špecifickými charakteristikami výroby a výrobku vo výrobných podnikoch na Slovensku a percentom spoločností, ktoré využívajú priemyselné roboty. Z analýzy vybraných charakteristík je zrejmé, že existuje súvislosť medzi veľkosťou podniku (či už do počtu zamestnancov alebo obratu), sériovosťou výroby, zložitou výrobou, realizáciou výskumu a vývoja a percentom spoločností, ktoré využívajú priemyselné roboty. Podľa našich zistení s rastúcou veľkosťou podniku, rastúcou sériovosťou výroby, rastúcou zložitou výrobou, ako aj realizáciou výskumu a vývoja rastie percento výrobných spoločností, ktoré používajú priemyselné roboty.

Je potrebné podotknúť, že na základe nášho výskumu, nie je možné stanoviť či zistené súvislosti sú odrazom kauzálneho vzťahu medzi skúmanými dvojicami charakteristík (premenných). Taktiež, pri niektorých charakteristikách (premenných), ako napr. rentabilita, ktoré sa členia do väčšieho počtu kategórií, nerovnomerné (alebo nízke) zastúpenie podnikov v jednotlivých kategóriách, znižuje vypovedaciu schopnosť percentuálneho zastúpenie podnikov v prezentovaných grafoch.

Podakovanie

Táto práca bola podporená aj výskumným grantom KEGA 019TUKE-4/2022 Príprava manažérov nových výrobných štruktúr budúcnosti na princípoch „Overall Equipment Effectiveness“ (OEE) prostredníctvom vzdelávania študentov v predmete Manažment výroby v študijnom programe Priemyselné inžinierstvo

Použitá literatúra:

- [1] IFR: World Robotics – Industrial Robots, 2021a
- [2] IFR: World Robotics 2021, prezentácia, 28. október 2021, 2021b
- [3] Eurostat: Eurostat indicators on High-tech industry and Knowledge – intensive services, https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/htec_esms_an3.pdf (On-line: 14.10.2022)

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Juraj Šebo, PhD.

Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department Industrial and Digital Engineering, Park Komenského 9, 042 00 Kosice, Slovakia

e-mail: juraj.sebo@tuke.sk

MAPOVÁNÍ A MODELOVÁNÍ JAKO NÁSTROJ PRO ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ

Ing. Tomáš MACHÁČ - doc. Ing. Michal ŠIMON, Ph.D.

Abstract: Příspěvek se zaměřuje na mapování a modelování procesních diagramů. Zde se pro modelování procesů využívá metodika BPMN. Tento projekt se nemohl uskutečnit bez spolupráce určité firmy. Kontaktovaná byla společnost LINTECH, spol. s r.o. která se zaměřuje na laserové technologie. Cílem bylo identifikovat a vymodelovat podnikové procesy této společnosti. Následně se identifikovala úzká místa na základě vypracovaných BPMN diagramů a definovaly se návrhy na zlepšení. Projekt přináší zřehlednění a zjednodušení procesů tím, že se zkrátí průběh procesů a implementovala řešení, která v procesu chyběla.

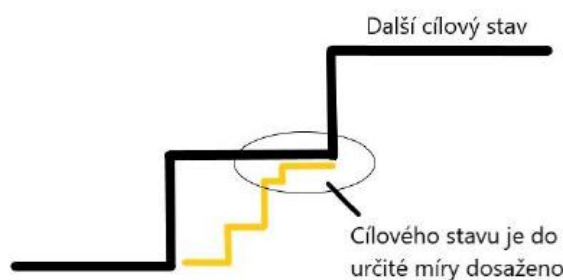
English Article is focused on modelling business processes using BPMN diagrams. The project was created at LINTECH, spol. s r.o. which focuses on the use of laser technology. Based on the BPMN diagrams, bottlenecks were identified for which improvements were proposed. The benefit of the work is the streamlining of processes and shortening their processes and the fact that there is an effort to clarify and simplify process diagrams.

Klíčová slova: Procesní mapy, BPMN diagramy, zlepšování, identifikace úzkých míst, racionalizace procesů, mapování procesů, podnikové procesy.

Keywords: Process maps, BPMN diagrams, improvement, bottleneck identification, process mapping.

1. Úvod

Zlepšování podnikových procesů je nezbytnou součástí pro udržitelnost a konkurenceschopnost společnosti. Průběžné zlepšování procesů je neustálý proces, který se nezastavuje, viz Obr. 1. Pokud se dosáhne požadovaného cíle, musí být snaha o další zlepšování, jinak může dojít k úpadku zlepšení. [1]



Obr. 1 Neustálý postup vpřed [2]

Řepa [1] popisuje podnikové procesy jako „*souhrn činností, transformujících souhrn vstupů na souhrn výstupů pro jiné lidi nebo procesy, používající k tomu lidi a nástroje.*“

Vstup je počáteční stav, který spouští proces. Se vstupem se pojí i zdroj, který reprezentuje prostředky používané pro transformaci vstupu na výstup. Zdroj může být technologie, materiál, finance, informace nebo čas. [3]

Výstup představuje konec procesu. Výstup může být definována jako produkt či služba. Výsledek procesu musí přinášet hodnotu. [3]

Činnost vede k účelové přeměně vstupu na výstup v určitém čase a posloupnosti. [3]

Procesy lze popsat z mnoha hledisek, které napomáhají k rozdělení podle důležitosti a účelu. Základní procesy dělíme na: hlavní procesy, řídicí procesy a podpůrné procesy. Též dává přehled o přidané hodnotě pro zákazníka. [4]

Procesy lze definovat jako hmotné procesy a informační procesy. Lukoszová [5] definuje materiálový tok jako „*fyzický pohyb surovin, materiálů, náhradních dílů, rozpracované výroby, hotových výrobků v podniku, ale i mimo něj. V širším pojetí dochází k materiálovému toku u všech kategorií zásob, energií a dalších médií, nástrojů a dalších činitelů od výrobního procesu až po distribuci. Předmětem logistického řízení se pak přirozeně stávají takové prvky informačního toku, jako například zakázky, objednávky a dodávky všech výše uvedených částí hmotného toku.*“

Dle Tomka a Vávrové [6] představuje výrobní proces součástí hodnototvorného řetězce, který vytváří hmotné statky a služby pro splnění potřeb zákazníků.

Mládková [6] popisuje, že je tok informačních procesů spjat s technologickou a lidskou sítí. Jurová [8] ve své publikaci zmiňuje, že můžeme plýtvání nalézt i v administrativních procesech, a to z hlediska spotřeby materiálu, času i financí. Příkladem lze uvést tvorbu duplicitních informací v systému, chybná nebo chybějící data a informace. Lambert, Stock a Ellram [9] uvádí, že „*kvalita a rychlost informačních toků, které se liší v závislosti na důmyslnosti systému objednávání a podnikového řídicího informačního systému, významně ovlivňují schopnost výrobce poskytovat rychlé a spolehlivé (tj. vyrovnané) doby cyklu objednávek, konsolidovat dopravu a dosáhnout co nejnižší hladiny zásob.*“

Nedílnou součástí informačního toku je komunikace. Většinou je ve firmě zavedený odborný jazyk, který může být pro nové osoby v administrativě obtížně pochopitelný. Proto je potřeba, aby se zaměstnanec ve společnosti s těmito procesy seznámil a porozuměl jim. [10]

Modelování procesů se užívá k registrování procesů, které probíhají ve společnosti. Současně je základním nástrojem procesního řízení a zároveň zefektivňuje podnikové procesy. K tomu jsou určeny tzv. procesní diagramy, které graficky vyjadřují provázanost jednotlivých procesů s textovou zprávou uvnitř buňky. Toto znázornění se vytváří z důvodu přehlednosti, jednoduchosti a úplnosti. [1]

Business Process Modeling Notation (BPMN) reprezentuje standard pro grafické znázornění podnikových procesů v podobě diagramu, které je doplněn o tzv. Business Process Modeling Language (BPML). Jedná se o jazyk pro modelování a popis procesů. BPML je určen pro určité aplikace, které grafickou notaci tohoto jazyka specifikují normou BPMN. Cílem grafické notace je jednoduché porozumění pro uživatele i účastníka procesu. [11]

2. Případová studie

Případová studie se zaměřuje na zpracování procesních diagramů společnosti LINTECH. V procesních diagramech se identifikují úzká místa a provedou návrhy na jejich zlepšení.

2.1. Zpracování procesních map

Společnost LINTECH byla založena roku 1993 se sídlem v Chrastavicích. Tehdy společnost LINTECH započala podnikání v oblasti výroby, instalace, opravy elektronických strojů a

přístrojů, elektronických a telekomunikačních zařízení, zámečnictví, nástrojářství a obráběčství. V důsledku růstu společnosti se část výroby přesunula do přilehlého města Domažlice, kde se nyní nachází vedení společnosti a nejdůležitější střediska společnosti.

V průběhu doby se společnost LINTECH postupně zaměřila na vývoj a výrobu v oblasti laserové technologie a automatizace, též na stavbu jednoúčelových strojů a zakázkovou výrobu, zejména v oblasti průmyslového značení. Společnost začala rozšiřovat nabídku v oblasti výroby razidel, identifikačních a výrobních štítků, včetně výroby ovládacích panelů. S rozšiřujícím se automobilovým průmyslem se rozrostly služby o montáž elektrotechnických dílů pro automotive, např. ŠKODA AUTO a.s., Valeo Compressors s.r.o., Varroc, TRW.

Mapování procesu probíhalo na dvou ze tří středisek, a to na klíčových střediscích v Domažlicích. Jedním je středisko zakázkové výroby, které se zabývá zakázkovou výrobou v širokém spektru. V případě, že má zákazník specifické požadavky, středisko mu vyhoví. V určitém případě dochází i ke kooperaci s jinou společností, tak aby se uspokojil požadavek zákazníka, přestože společnosti s požadovanou technologií nedisponuje. Největší poptávkou je výroba razníků, gravírování a laserové značení dle požadavků zákazníka. Unikátností je různorodost zakázek, a to tak, že nejsou totožné. Středisko disponuje dvěma výrobními halami. Každá hala má svého mistra výroby, který přímo zodpovídá za zpracování zakázky a řízení výroby. Součástí střediska je administrativní část a expedice, v neposlední řadě menší sklad.

Druhé středisko se zaměřuje na výrobu jednoúčelových strojů s využitím laserové technologie. Středisko garantuje zákazníkovi výrobu jednoho stroje v horizontu 10-12 týdnů, tedy předání stroje od objednání. Zakázky se přidělují dvěma projektovým manažerům, kteří projekty přebírají od obchodního asistenta, manažer řídí a zodpovídá za úspěšné ukončení projektu. Na středisku dochází k mnohem většímu propojení jednotlivých skupin, kdy během zpracování společně spolupracuje oddělení montáže, konstrukce, programování s managementem. Součástí tohoto střediska je i menší mechanická dílna. Zde se vyrábí i velká část komponentů. Ostatní díly jsou vyráběny formou kooperace nebo jako prefabrikát.

Popis podnikových procesů byl uskutečněn formou rozhovorů se všemi zainteresovanými osobami. Na počátku proběhlo seznáání se skladbou jednotlivých středisek, hal a pracovišť. Komunikace o průběhu procesů se diskutovalo od vedoucích středisek a manažerů, až k samotným pracovníkům, kteří obsluhují stroje na hale. Na základě získaných informací a načerpaných postřehů z výroby i prostředí, se zpracovaly BPMN diagramy, kdy se zkonzultovaný postup ověřoval v reálném běhu. Tyto procesní diagramy následně slouží jako vstupní údaj pro identifikaci úzkých míst.

Hierarchie procesů – Výroba jednoúčelových strojů:

- Tvorba nabídky
- Tvorba projektu
- Tvorba modelu
- Zpracování zakázky
 - Správa zboží na skladě
 - Kooperace

- Ukončení projektu
- Servis

Hierarchie procesů – Zakázková výroba:

- Tvorba zakázky
- Výroba zakázky
 - Detailní technologický proces nástrojárna
 - Externí kooperace
 - Interní kooperace
 - Proces naskladnění materiálu
 - Detailní technologický proces laser
 - Externí kooperace
 - Interní kooperace
 - Proces naskladnění materiálu
- Expedice zakázky
- Reklamace zakázky

2.2. Identifikace úzkých míst

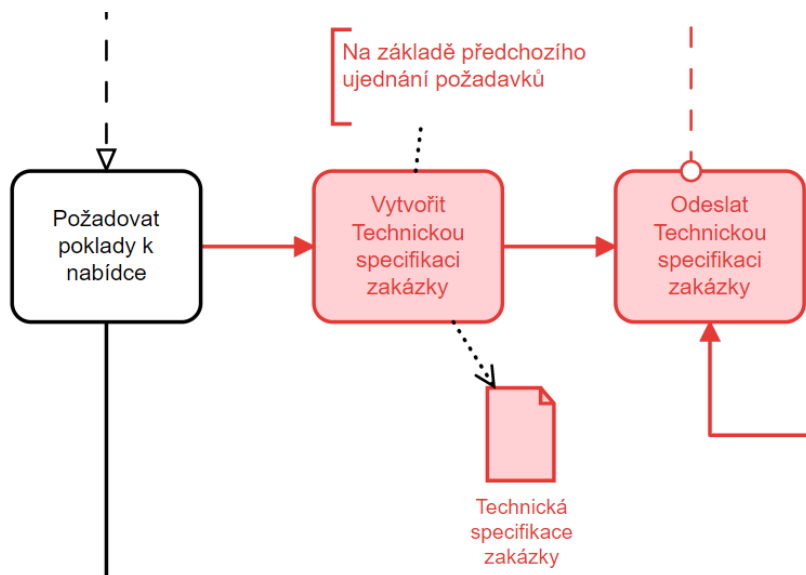
Na základě zpracovaných BPMN diagramů si identifikujeme úzká místa procesů. Cílem je tato místa eliminovat, logicky uspořádat či zlepšit. Výsledek je tyto procesní diagramy zjednodušit, zpřehlednit a zrychlit. V procesech můžeme nalézt činnosti, které celý proces prodlužují, vytváří složitější a nepřehledný. Tím, že tato místa identifikujeme, popíšeme a dokážeme, že má proces potenciál být jednodušší a přehlednější. Konkrétní činnosti si vyznačíme a popíšeme. Zároveň uvedeme, proč k daným situacím dochází. Z důvodu rozsahu práce si v příspěvku představíme ty nejzásadnější a blíže si je představíme.

a) Úzké místo střediska výroby jednoúčelových strojů

Podklad, který by měl předcházet nabídce, je **technická specifikace zakázky**. Jedná se o soupis jednotlivých technických náležitostí, které bude obsahovat budoucí zařízení. O jeho zpracování a vyřízení zodpovídá **obchodní zástupce**. Často se stává, že je nabídka zpracovaná a odeslaná dříve, než se technická specifikace zakázky začne zpracovávat. Musí se dodělat již v době, kdy je přijatá objednávka a došlo k zahájení projektu. Tyto údaje jsou **nezbytné** a v případě, že si určité náležitosti společnost se zadavatel neupřesnila, je nutné vyvolat další jednání, viz Obr. 2.

Postřehy z mapování procesů ve společnosti:

- Při definování počátečního návrhu některé podniky požadují i nabídky;
- Přeposílání emailů na ostatní oddělení – zahrlování emailové pošty.



Obr. 2 Úzké místo nabídky [12]

b) Úzké místo střediska zakázkové výroby

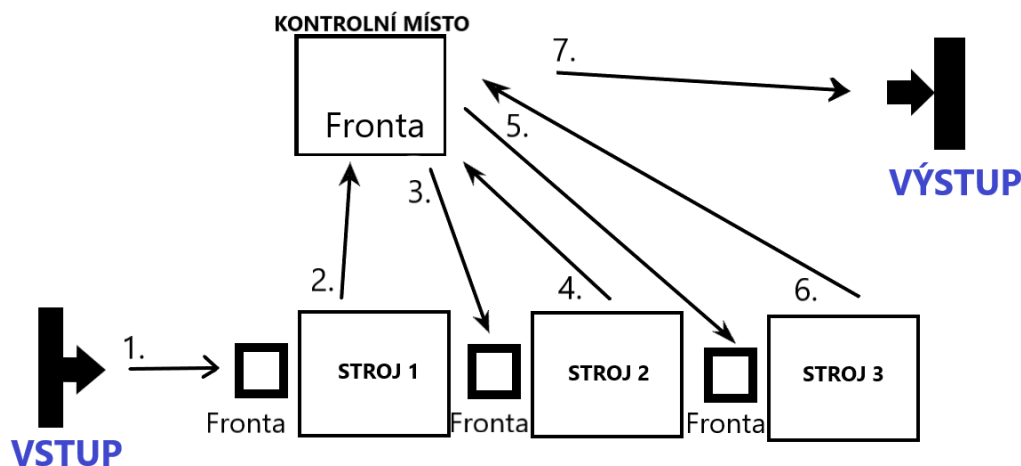
Průvodka, kterou obdrží mistr na poradě, má vyplněnou pouze hlavičku. Výrobní postupy jsou předvyplněné, viz Obr. 3. Toto způsobuje, že je průvodka nepřehledná a nelze z průvodky vyčíst, jaký je technologický postup. To, jaký je technologický postup, udržuje mistr z paměti.

☐	Vrtání, broušení					
☐	Drátořezy Mitsubishi					
☒	CNC gravírování DATRON	25-26.8	25	550' + 60'	Michal	25.8.16
☒	Značení laserem	1.9.	25	45'	Jan	1.9.
☐	Navařování VISION	24.8.	25	500'	Michal	24.8.
☒	Řezání laserem	20.8.	25	1120'	Michal	20.8.

Obr. 3 Průvodka [12]

Proto bylo zřízení stanoviště kontrolní místo. Zde se umístí výrobek z každého pracoviště po provedené operaci. Na kontrolním místě probíhá ověření správně provedené operace, nebo se stanoví další operace na základě přiložené dokumentace v podobě výkresů. V případě, že je výrobek v pořádku, umístí se do další fronty k příslušnému stroji. [3]

Pro příklad zde znázorňuji postup výroby zakázky, která obsahuje tři výrobní operace, viz Obr. 4.



Obr. 4 Příklad výroby zakázky [12]

Aby mohla být zakázka zpracovaná musí projít minimálně dvojnásobkem front, oproti počtu výrobních operací.

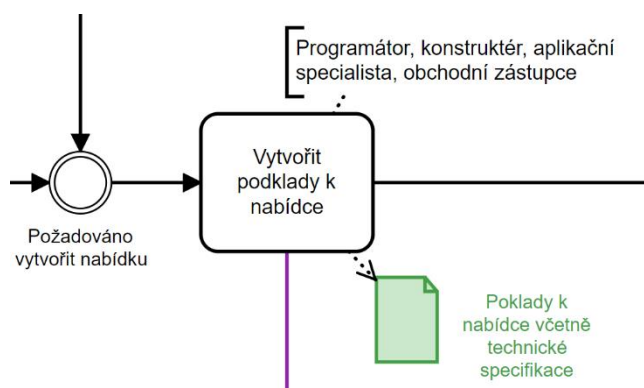
2.3. Návrh na zlepšení

Zde si nastíníme návrhy na zlepšení, které vychází z identifikovaných úzkých míst. Návrhy nahrazují červenou část diagramu. Návrhy na zlepšení se odlišují zelenou barvou, tak abychom rozlišili, která část procesu je změněná, tedy nová.

a) Návrh pro středisko výroby jednoúčelových strojů

Při tvorbě nabídky se zpracovávají dva zásadní dokumenty. Technická specifikace zakázky a podklady pro nabídku. Následně je z podkladů vytvořená nabídka, která se odesílá zákazníkovi. V ideálním případě je Technická specifikace odeslána a schválená zákazníkem před odesláním nabídky. Ale nastává i situace, kdy je specifikace zařízení řešená až po odeslání nabídky a přijetí objednávky. V tomto případě, kdy se konstrukční oddělení má zabývat modelováním zařízení, se zaměřuje na procesy, které měly být již ukončené.

Návrhem je sjednocení dokumentů do jednoho dokumentu, který se odesílá zákazníkovi, a to do samostatné nabídky. Zajistí se tak, že je zákazník informován o všech náležitostech, viz Obr. 5.

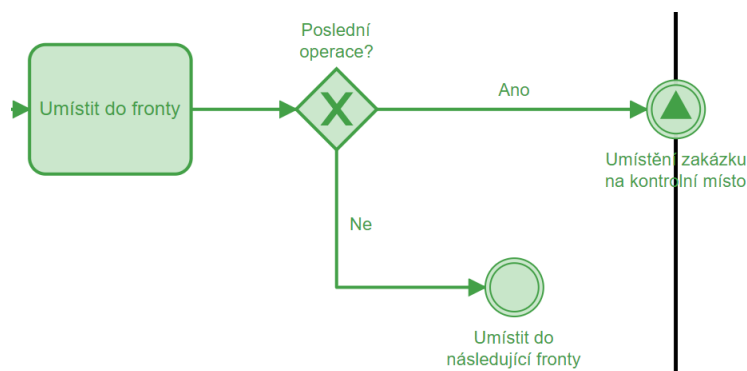


Obr. 5 Sjednocení dokumentů [12]

b) Návrh pro středisko zakázkové výroby

Zásadním úzkým místem výroby je velké množství front. Nejen, že výrobek musí procházet dvojnásobkem front, aby prošel výrobním postupem, ale není stanovený ani výrobní postup. Průvodka vstupuje do výroby prázdná. Mistr umísťuje průvodku do fronty dle přiloženého výkresu a znalosti výrobních operací, které jsou nezbytné pro vytvoření požadované zakázky. V závěru celý technologický postup dané zakázky drží v hlavě. Při komunikaci s mistrem výroby v průměru denně projde výrobou 50–60 zakázek. Pro zpřehlednění si mistři zřídili kontrolní místo, kde umístí po vykonané operaci obsluha stroje výrobek. [3]

1. Návrhem je eliminace kontrolního místa a nahradit ho **místem pro hotové výrobky**, kde se budou shromažďovat zpracované výrobky, které jsou připravené pro kontrolu a odvoz na expedici.
2. Sníží se množství front, do kterých zakázka vstupuje, a je **pevně daný technologický postup**. Snížení front je v závislosti na potřebných technologických operacích, které jsou nezbytné pro zpracování zakázky. V zakázkové výrobě nelze přímo určit o kolik se počet sníží, ale v závislosti na počtu těchto operací vždy o polovinu. Za průběh výroby zodpovídá mistr, který je ve výrobní hale nejzkušenější.
3. Kontrolního místa se nahradí místem pro hotové výrobky. **Obsluha stroje přenáší zakázku na další frontu dle technologického postupu průvodky**, viz Obr. 6.



Obr. 6 Předávání zakázky dle technologického postupu [12]

3. Závěr

V závěrečném shrnutí si představíme nejzásadnější vyhodnocené návrhy procesů. Procesy jsou rozděleny na tři konkrétní kategorie, kterými přispívají ke zlepšení.

a) Redukce osob v procesu

Ve zhodnocení procesů musíme brát v úvahu, že se jedná o malou společnost a dochází ke kumulaci funkcí. Ve společnosti probíhá nízkosměnný provoz, současně je nízká fluktuace zaměstnanců. Nelze provést redukci zaměstnanců, a proto se zaměřit na jejich současné přetížení a příčiny přetížení eliminovat. Činnosti, které nejsou pro proces podstatné je nutné odstranit. Případně činnosti delegovat na jiné osoby, u kterých nedochází k přetížení.

b) Zrychlení procesu

Snahou návrhů je zrychlení procesů ve smyslu vyčištění činností, které nejsou potřebné a zpomalují tok procesu.



Návrh na zlepšení ze střediska zakázkové výroby:

Z výrobního procesu se odstraní kontrolní místo. Tím, že se odstraní kontrolní místo, se zrychluje výroba. Jelikož se zakázka přesouvá po výrobní operaci vždy na kontrolní místo, eliminujeme tím počet front na polovinu. V úvahu lze brát kontrolu před nejnákladnější technologickou operací.

c) Zpřehlednění procesu

Procesy nemají standardizovaný průběh a nelze stanovit jeho řízení. Proto je potřebné proces zpřehlednit a určit meze jeho průběhu.

Návrh na zlepšení ze střediska výroby jednoúčelových strojů:

Zpřehledňuje komunikaci aplikačního inženýra se zadavatelem. Zároveň eliminuje obchodního zástupce, který informace předával. Vstupním předpokladem návrhu je, že aplikační inženýr má k dispozici kontakt na zadavatele, konkrétně na předem stanovenou osobu pro technické řešení zakázky. Zvyšuje se zpřehlednění v procesu a reakční doba ze strany zadavatele.

Poděkování

Príspevek byl vytvořen za podpory projektu "Vývojové a tréninkové prostředky pro interakci člověka a kyber-fyzického výrobního systému" s evidenčním číslem SGS-2021-028, který je řešen v rámci interních projektů Západočeské univerzity v Plzni a projektu KEGA 002TUKE-4/2020.

Použitá literatura

- [1] ŘEPA, Václav. Podnikové procesy: procesní řízení a modelování. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2007. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-2252-8.
- [2] ROTHER, Mike. Toyota kata: systematickým vedením lidí k výjimečným výsledkům. Přeložil Martin ŠIKÝŘ. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0435-2.
- [3] SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [4] GRASSEOVÁ, Monika, Radek DUBEC a Roman HORÁK. Procesní řízení ve veřejném sektoru: teoretická východiska a praktické příklady. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-1987-7.
- [5] LUKOSZOVÁ, Xenie. Logistické technologie v dodavatelském řetězci. Praha: Ekopress, 2012. ISBN 978-80-86929-89-7.
- [6] TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra. Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.
- [7] MLÁDKOVÁ, Ludmila. Moderní přístupy k managementu: tacitní znalost a jak ji řídit. Praha: C.H. Beck, 2005. C.H. Beck pro praxi. ISBN 80-7179-310-8.
- [8] JUROVÁ, Marie. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
- [9] LAMBERT, Douglas M., James R. STOCK a Lisa M. ELLRAM. Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží. 2. vyd. Brno: CP Books, 2005. Business books (CP Books). ISBN 80-251-0504-0.
- [10] TOMAN, Miloš. Zamrzlá produktivita: proč produktivita práce stagnuje a co se s tím dá dělat? Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-427-1.



- [11] VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA. Podnikové řízení. Praha: Grada, 2013. Finanční řízení. ISBN 978-80-247-4642-5.
- [12] MACHÁČ, Tomáš. Mapování a zlepšování procesů [online]. Plzeň, 2022 [cit. 2022-08-31]. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/49325/1/DP_mapovani_a_zlepsovani_procesu_Machac.pdf. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní.

Kontaktní adresa

Ing. Tomáš Macháč
Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta strojní
Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Univerzitní 2762/22, 301 00 Plzeň 3
Česká republika
e-mail: machact@kpv.zcu.cz

doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta strojní
Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Univerzitní 2762/22, 301 00 Plzeň 3
Česká republika
e-mail: simon@kpv.zcu.cz

NÁVRH ROBOTICKÉHO RAMENA PRE MECHANICKÚ RUKU MECHATE ROBOT

Juraj KOVÁČ

Abstract: Článok sa zaoberá návrhom a výrobou robotického ramena pre mechanickú ruku MechateRobot. V prvej kapitole článku je uvedené konštrukčné riešenie ramena, ktoré bolo namodelované a odsimulované pomocou softvéru Inventor Profesionál. V nasledujúcej kapitole je popísaná metóda výroby navrhutej konštrukcie pomocou aditívnej technológie a ukážka kompletnej zostavy robotického zariadenia.

The article deals with the design and manufacture of a robotic arm for the MechateRobot mechanical arm. In the first chapter of the article, the structural solution of the arm is presented, which was modeled and simulated using Inventor Professional software. The following chapter describes the method of manufacturing the proposed structure using additive technology and a demonstration of the complete assembly of the robotic device.

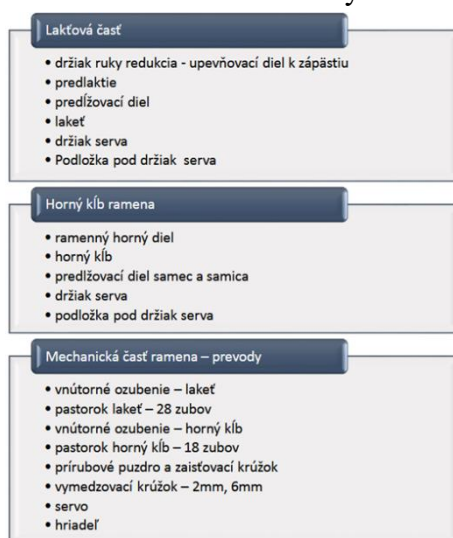
Keywords: robotic hand, robotic arm, 3D printing

Úvod

V posledných rokoch došlo k obrovskému pokroku vo vývoji robotických rúk. Za robotickú ruku môžeme označiť v podstate akékoľvek zariadenie slúžiace k pohybovaniu s predmetmi. S týmto produktom sa môžeme stretnúť v priemysle, kde sú robotické ruky využívané pre zváranie, lakovanie a iné práce, ktoré vyžadujú presnosť. V dnešnej dobe je na trhu dostupné množstvo robotických rúk a ramien, ktoré sa od seba líšia konštrukciou, materiálom z ktorého sú vyrobené, rôznorodosťou koncových efektorov a v neposlednom rade aj cenou. Keďže sa robotické ruky čoraz viac uplatňujú v rôznych odvetviach, ako napríklad v priemysle, medicíne, vo vede alebo gastronómii, stále prebieha ich vývoj a neustále zdokonaľovanie.

1. Konštrukčný návrh robotického ramena v CAD systéme

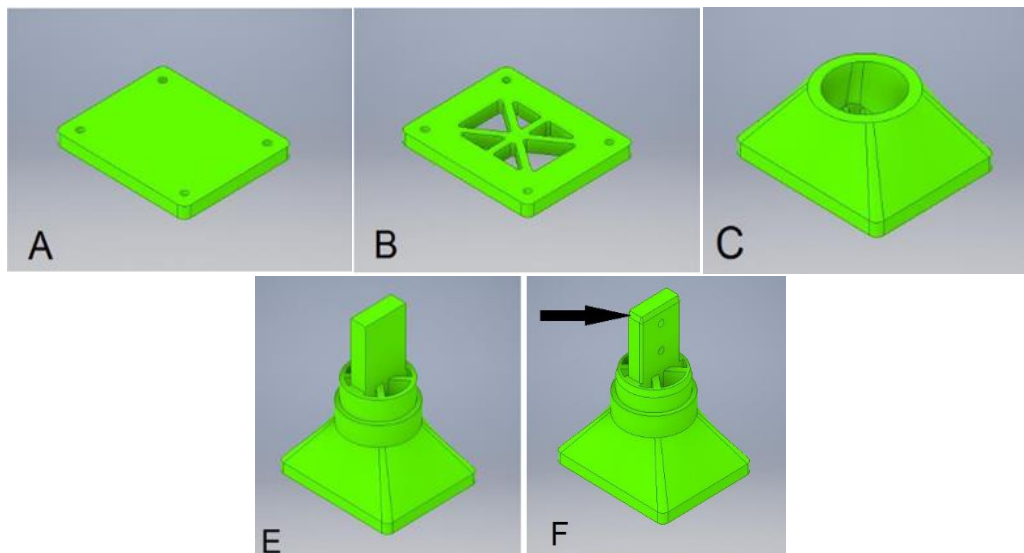
Pri návrhu robotického ramena bolo vychádzané z už existujúcej robotickej ruky, ku ktorej bolo potrebné navrhnuť zvyšok funkčného ramena. Počas navrhovania sa riešili viaceré varianty, ktoré sa postupne prispôbovali a zdokonaľovali až k vybranému variantu.



Obr. 1 Časti navrhovaného robotického ramena [1]

Lakt'ová časť

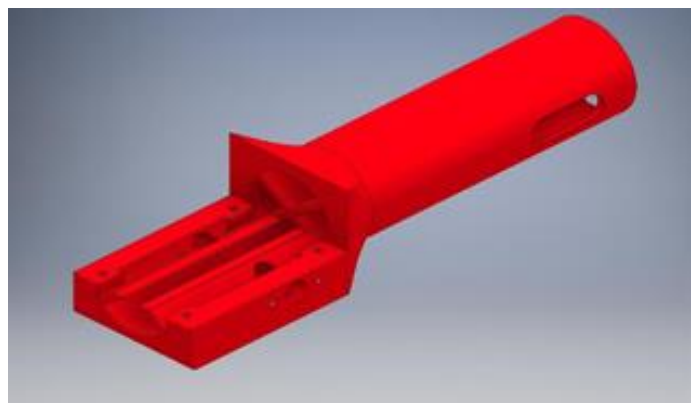
Držiak ruky – redukcia, je vlastne upevňovací diel k zápästiu. Bol prispôsobený k už vyhotoveným dielom zápästia ruky, aby bolo možné ich prepojenie. Na nasledujúcich obrázkoch je vidieť postupné modelovanie držiaka ruky. V poslednej časti F obrázku č.1 je hotový držiak ruky. [1]



Obr. 2 Držiak ruky – redukcia [1]

Predlaktie

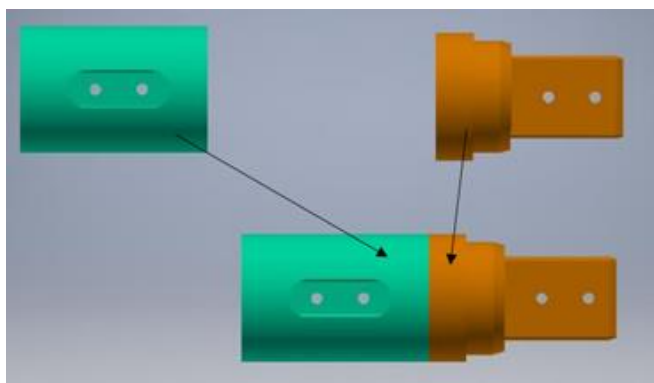
Časť predlaktia je navrhnutá tak aby bolo aj neskôr možné jej predĺženie do požadovanej dĺžky ramena a priamo na neho sa upevní servopohon. V tejto časti predlaktia sa bude nachádzať prevodové ústrojenstvo dolnej časti ramena. Už hotový vymodelovaný diel sa nachádza na obrázku.3 [1]



Obr. 3 Predlaktie [1]

Predlžovací diel

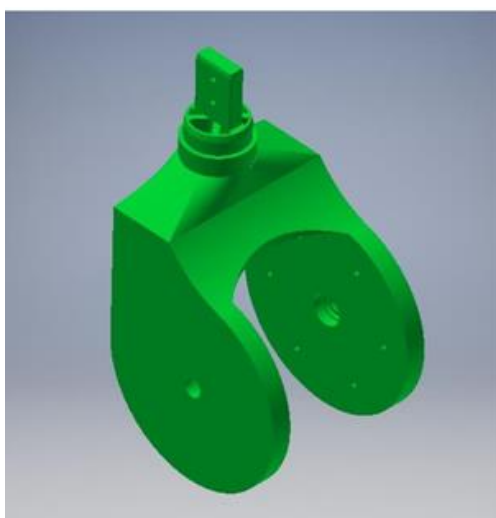
Predlžovací diel, obrázok č.4. je navrhnutý tak, aby ho bolo možné kedykoľvek vyhotoviť v potrebnej dĺžke a pripojiť k už existujúcemu dielu a tým sa predĺži predlaktie alebo horný ramenný diel do požadovanej dĺžky. Tento predlžovací diel sa skladá z dvoch častí, a to „samec“ a „samica“, čo zabezpečí jeho jednoduché spojenie. Ako je na obrázku č.4 zobrazené, spojením zelenej časti a oranžovej časti vznikne celkový predlžovací diel. Dĺžka zelenej časti „samica“ sa dá jednoducho a rýchlo v CAD systéme upraviť na požadovanú dĺžku. [1]



Obr. 4 Predĺženie ramien [1]

Lakt'ový kĺbový diel

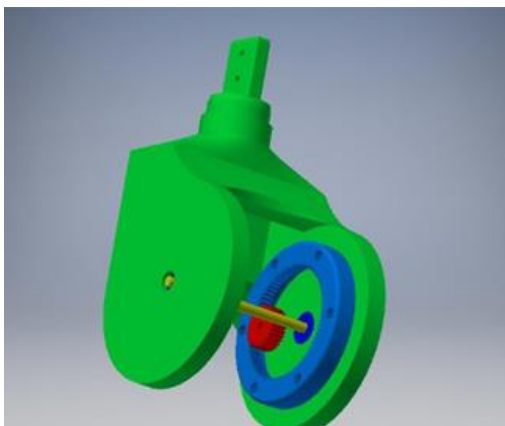
Na obrázku č.5 je zobrazený lakt'ový diel ramena. Jeho návrh vychádzal z toho, aby v ňom bolo možné umiestniť prevodové ústrojenstvo, to znamená aj časť predlaktia a aby jeho tvar umožňoval rotačný pohyb. Prvý variant lakt'ového dielu bol neskôr skráteneý, pretože jeho dĺžka presahovala možnosti 3D tlačiarne. [1]



Obr. 5 Lakt'ový diel ramena [1]

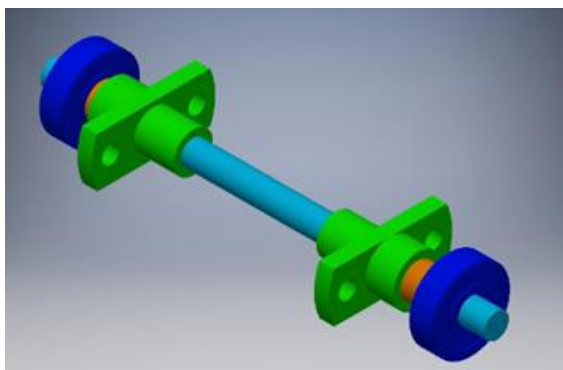
Prevodové ústrojenstvo lakt'ového kĺbu

Pre riešenie prevodového ústrojenstva na robotickom ramene sa zvažovali viaceré možné prevody, ako aj ozubené prevody, ktoré sa používajú na prenos krútiaceho momentu z hnacieho hriadeľa na hnaný hriadeľ bez sklzu. A keďže v našom prípade máme malú osovú vzdialenosť, rozhodlo sa pre použitie ozubeného prevodu s vnútorným ozubením s priamymi zubami [10]. Na obrázku č.6 je znázornený celý lakt'ový kĺb s ložiskami, oskou, presným uložením osky a vnútorným ozubeným prevodom. Program CAD Inventor Professional umožnil simulovať presné uloženie jednotlivých dielov a tým sa predišlo riziku nevhodnosti alebo veľkosti určitých častí alebo komponentov [10] Vonkajšia časť lakt'ového prevodu s vnútorným ozubením má 80 priamych zubov a vnútorné ozubenie – pastorok má 28 priamych zubov. Hriadeľ je pre jednoduchosť vyrobený zo závitovej tyče M5, ktorá je uchytená v držiakoch hriadeľa a jednoradových guľôčkových ložiskách „625 Z2“ na oboch stranách tejto lakt'ovej časti. [1]



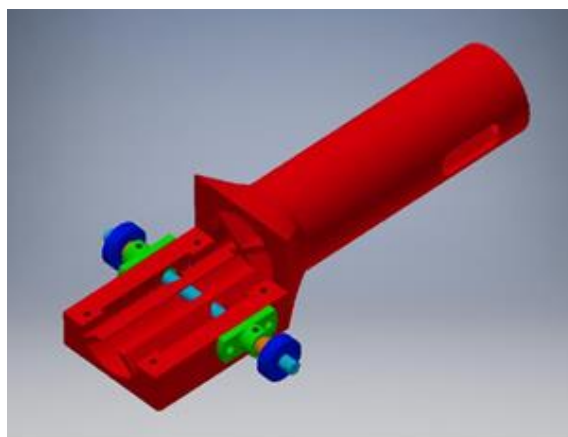
Obr. 6 Lakeť s prevodom [1]

Nasledujúci obrázok č.7 zobrazuje hriadeľ laktového kĺbu, ktorý je totožný s hriadeľom hornej časti ramena. Tieto časti sú umiestnené v totožných držiakoch hriadele (na obrázku zobrazené zelenou farbou), neskôr upevnené skrutkami k predlaktiu a hornej časti ramena (nezobrazované na obrázku), pričom časť držiaka hriadele je zasunutá v týchto dieloch. Hriadeľ je na svojich koncoch uložený v guľôčkovom ložisku (modrá farba) a voči axiálnemu posúvaniu zaistená vymedzovacími krúžkami (oranžová farba). [1]



Obr. 7 Hriadeľ, ložiská a vymedzenie ložísk [1]

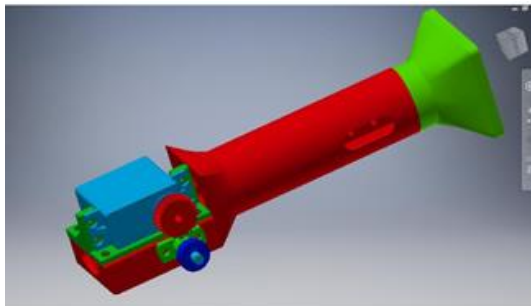
Uloženie hriadele s ložiskami a držiakmi do predlaktia je znázornené na obrázku č.8. Taktiež je vidieť upevňovacie otvory. Držiaky hriadele sú navrhnuté pre jednoduchšiu výmenu.



Obr. 8 Predlaktie so servom [1]

Uloženie servopohonu predlaktia

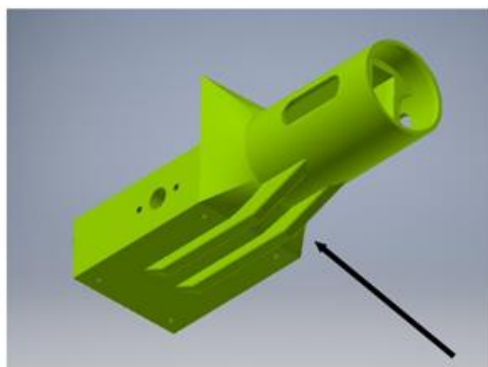
Na obrázku č.9 je celé predlaktie aj s držiakom ruky, servomotor, uloženie serva na držiaku, hriadeľ s ložiskami a prevodové koleso na hriadeli.



Obr. 9 Predlaktie so servom [1]

Druhá časť ramena

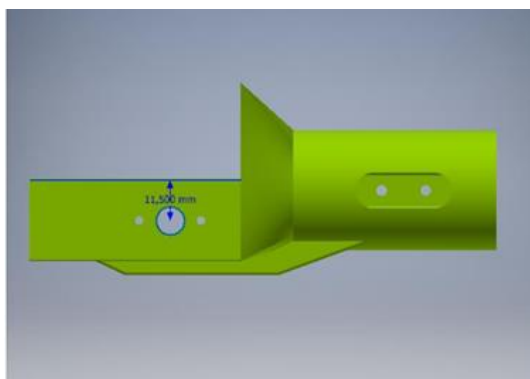
Horná časť ramena ruky. Na obrázku č. 10 je vymodelovaný diel horného ramena ruky.



Obr. 10 Horné rameno ruky [1]

Jeho tvar je podobný ako časť predlaktia, odlišuje sa umiestnením osovej vzdialenosti.

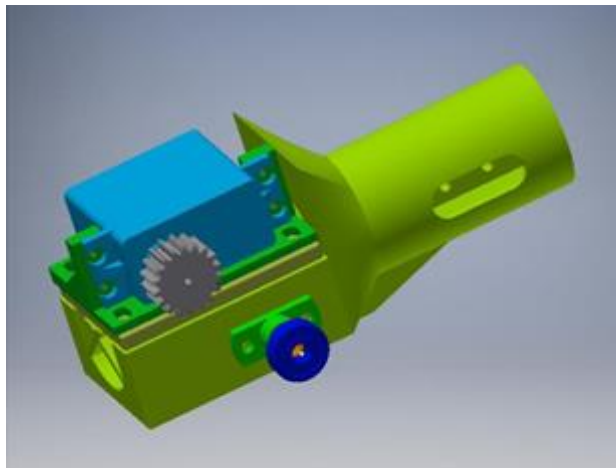
V spodnej časti je viditeľné spevnenie dielu a takisto je vidieť aj otvory na hriadeľ, diery na upevnenie držiakov hriadele pomocou skrutiek. Nasledujúci obrázok č. 11 znázorňuje osovú vzdialenosť na hornom ramene, ktorá je odlišná od vzdialenosti osovej vzdialenosti osi na dolnom ramene ruky.



Obr. 11 Osová vzdialenosť horného ramena [1]

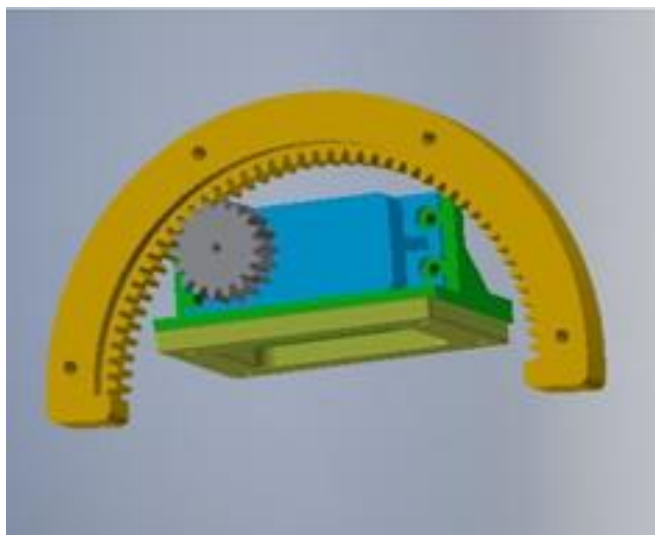
Uloženie servo motora horného kĺbu Obrázok č.12 zobrazuje horné rameno spolu so servom, hriadeľom, ložiskami a prevodovým ozubením. Uloženie serva na tomto diele je oproti uloženiu serva na predlaktí odlišné v dvoch bodoch. Jedným z nich je osová vzdialenosť medzi osou

serva a osou hriadele okolo ktorej sa otáča rameno. Druhou odlišnosťou je otočenie serva o 180° , toto otočenie zabezpečilo, že osová vzdialenosť sa ešte zväčšila a pomocou tejto úpravy bolo možné dosiahnutie požadovaného prevodového pomeru a tým aj zabezpečenie použitia servomotorov s rovnakým výkonom pre obe časti robotického ramena. [1]



Obr. 12 Horné rameno so servom [1]

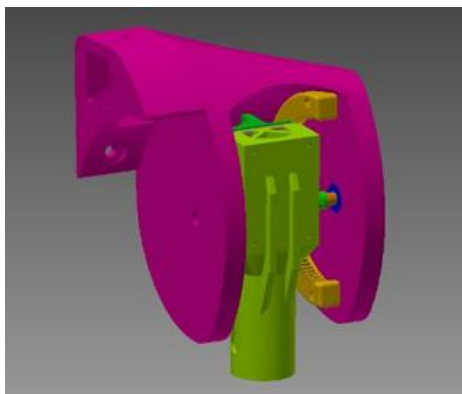
Na obrázkoch č. 13 je ozubenie horného kĺbu a znázornený prevod tohto kĺbu spolu so servom. Kvôli nedostatočnej osovej vzdialenosti pre požadovaný prevod bolo rozhodnuté použitie ozubeného prevodu s vnútorným ozubením s priamymi zubami. V tomto prípade bolo použité 90 zubové koleso a pastorok má 18 zubov. Keďže potrebný pohyb ramena bol stanovený v rozsahu do 180° , nebolo nutné použiť tak ako pri laktovom kĺbe celé kompletne kruhové ozubenie, ale iba jeho polovicu. Touto úpravou bolo možné zmenšiť rozmer horného kĺbového dielu – „horný kĺb ramena“. Pre spojenie vnútorného ozubení a horného kĺbového dielu boli na ozubení vymodelované štyri otvory pre skrutky. [1]



Obr. 13 Prevod horného kĺbu [1]

Horný kĺb ramena

Na nasledujúcich obrázkoch je postupné modelovanie horného kĺbu. Obrázok č. 14 znázorňuje základ pre horný kĺb – bočné steny kĺbu s otvormi pre osku, otvory pre osadenie ložísk a diery pre skrutky uchytenia prevodového ozubení.



Obr. 14 Horný kĺb ramena [1]

2. Výroba ramena za pomoci 3D tlače

Jednotlivé časti ramena robotického ruky boli tlačené na 3D tlačiarňi v laboratóriu Technickej Univerzity v Košiciach (obrázok č. 15). Ako sa už bolo uvedené v predchádzajúcich kapitolách článku, jednotlivé časti boli konštruované v CAD systéme v programe Inventor Professional a následne uložené v súbore STL, ktorý je podporovaný 3D tlačiarňou. Takto sa postupne upravili a vytlačili všetky konštruované časti. Na tlač bol použitý vyššie spomínaný materiál ABS a PLA vlákno.



Obr.15 Laboratórium s 3D tlačiarňami [1]

Keďže sa jedná o prototyp tak sa pre lepšiu vizualizáciu jednotlivé časti ruky sa tlačili odlišnými farbami. Obrázok 16 zobrazuje všetky časti ramena , ktoré bolo potrebné vytlačiť na 3D tlačiarňi.



Obr. 16 Časti ramena tlačené na 3D tlačiarňi [1]

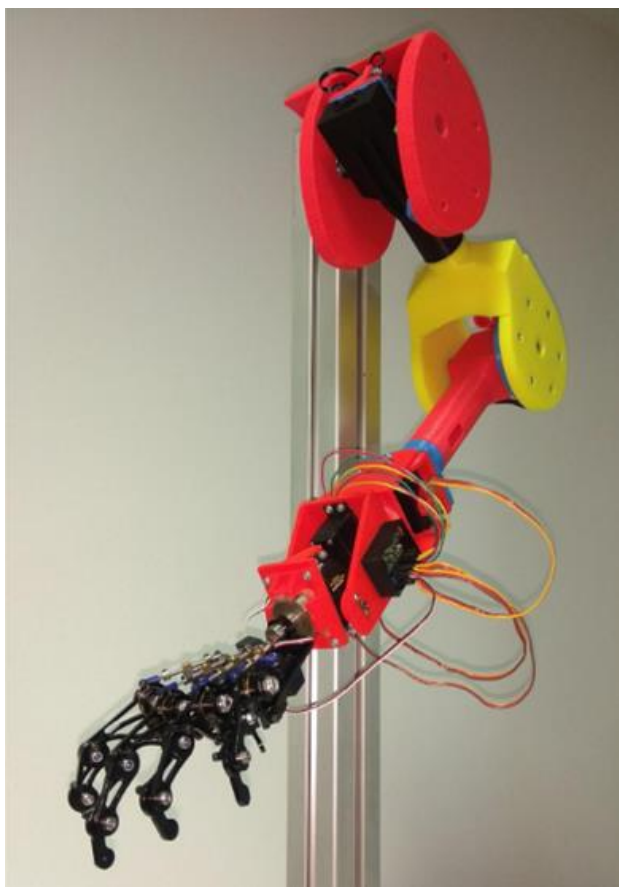
Pohon ramena

Pre pohybové ústrojenstvo robotického ramena bol vybraný servomotor SRT-DL3017 DC, jeho špecifikácia je v tabuľke č.1. Hlavným dôvodom pre výber tohto serva s maximálnym ťažným zaťažením 17kg.cm bola vysoká váha koncového efektora s jeho pohybovým ústrojenstvom (zápästím) dosahujúcim skoro 700g a taktiež vzhľadom celková dĺžku navrhovaného robotického ramena spolu so spomínaným koncovým zariadením dosahovala skoro 70cm. [3]

Tab. 10 Technické parametre servomotora [3]

Rozmery	40,7 x 20,5 x 39,5 mm
Hmotnosť	63,0 g
Ložisko	duálne
Pracovná frekvencia	1520us/330hz
Pracovné napätie	DC 4,8 – 6 V
Pracovná rýchlosť (4,8V)	0,17s /60 stupňov bez zaťaženia
Pracovná rýchlosť (6 V)	0,15s /60 stupňov bez zaťaženia
Ťažné zaťaženie (4,8V)	15,5 kg.cm
Ťažné zaťaženie (6 V)	17,0 kg.cm
Pohon potenciometra	Priamy pohon
Dĺžka konektora kábla	JR 250 mm
Materiál prevodovky	Titan a mosadz

A na záver, na poslednom obrázku č. 17 je kompletne robotické rameno ruky Mechate Robot umiestnenej na tiež navrhovanom stojane.



Obr. 17 Robotická ruka Mechate Robot [1]

Príspevok bol riešený v rámci projektu KEGA 002TUKE-4/2020, Implementácia inteligentnej techniky a pokrokových technológií pre podporu transformačných procesov a projektovanie výrob budúcnosti a KEGA 019TUKE-4/2022 Príprava manažérov nových výrobných štruktúr budúcnosti na princípoch „Overall Equipment Effectiveness“ (OEE) prostredníctvom vzdelávania študentov v predmete Manažment výroby v študijnom programe Priemyselné inžinierstvo, KEGA 009TUKE-4/2020 „Transfer digitalizácie do vzdelávania v študijnom programe Riadenie a ekonomika podniku“, VEGA 1/0438/20 „Interakcia digitálnych technológií za účelom podpory softvérovej a hardvérovej komunikácie pokročilej platformy systému výroby“, KEGA 001TUKE-4/2020 „Modernizácia výučby priemyselného inžinierstva za účelom rozvoja zručností existujúceho vzdelávacieho programu v špecializovanom laboratóriu“. Túto prácu podporila aj Agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-19-0418 „Inteligentné riešenia pre zvýšenie inovačnej schopnosti podnikov v procese ich transformácie na inteligentné podniky“ a APVV-17-0258 „Aplikácia prvkov digitálneho inžinierstva pri inovácii a optimalizácii produkčných tokov“. VEGA 1/0508/22 „Inovatívne a digitálne technológie vo výrobných a logistických procesoch a systémoch.“



Záver

Cieľom návrhu bolo vytvoriť funkčný model ramena pre robotickú ruku MechateRobot. Na výrobu modelu bola zvolená metóda 3D tlače. Robotická ruka by mala slúžiť pre animačné účely a simuláciu pohybu počas vyučovacieho procesu alebo výskumu. Vznikol plne funkčný model robotickej ruky. Každý zo stupňov voľnosti umožňuje robotickej ruke, ktorá je pripojená k zápästiu, simulovať svoju funkciu identickú s funkciou ľudskej ruky. To zvyšuje význam robotickej ruky MechateRobot v animácii a potenciálne využitie v inžinierskej a vzdelávacej praxi.

References

- [1]Lukačová M. Riešenie robotického ramena ruky mechaté robot. Diplomová práca 2020. Technická univerzita v košiciach
- [2]3D tlačiareň Easy Maker [online]. 2020 [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://3dprintersuperstore.com.au/products/3dfactories-easy3dmaker-3d-printer>.
- [3] SERVO: SRT-DL3017 [online]. Dostupné z: Servo <https://www.tatramodel.sk/zakladna-ponuka/serva/serva-eco-a-pod/SRT-DL3017-dl3017-dc-servo-17-kg>

Contact address

Ing. Juraj Kováč, PhD.

Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department Industrial and Digital Engineering, Park Komenského 9, 042 00 Kosice, Slovakia

e-mail: juraj.kovac@tuke.sk



AN OVERVIEW STUDY OF THE TESTBED 4.0 LABORATORY

Peter TREBUŇA – Marek MIZERÁK – Matúš MATISCSÁK – Richard DUDA

Abstract: Testbed 4.0 is located at the Technical University of Košice at the Faculty of Engineering, specifically in the building of the Department of Industrial and Digital Engineering. Testbed was created as a response to the needs arising from the currently ongoing digital transformation of companies and at the same time as a support tool for companies in the competitive struggle, whether on the market of Slovak companies or on a European scale.

Keywords: Testbed, Industry 4.0, technology.

Úvod

Rozvoj technológií, IT sektora a procesného inžinierstva ženie priemysel do novej priemyselnej revolúcie s poradovým číslom štyri ktorá vychádza z predošlých troch. Ak v prvej fáze evolúcie priemyslu bolo hlavným poslaním nahradenie manuálnej práce človeka strojom v dominantnom zastúpení parným alebo mechanickým princípom chodu. Na túto fázu nadväzuje druhá fáza, ktorá sa primárne venuje organizácii a zefektívňovaniu práce kde dobrým príkladom sú Fordove pracovné linky a pásové dopravníky implementované vo výrobe. Týmto posunom vo výrobe sa inšpirovala tretia fáza ktorej hlavným účelom bolo oslobodenie človeka od namáhavej fyzickej práce. Podstatným inovatívnym palivom tejto evolučnej fázy bola automatizácia a robotizácie, ktorá pretrváva do súčasnosti a pokračovaním vývoja priemyslu a otvorením svetového trhu privádza priemysel do novej evolučnej fázy priemyslu a to Priemyslu 4.0 resp. Industry 4.0. Práve táto štvrtá fáza miery svoje zameranie na náhradu človeka v riadení a je postavená na digitalizácii. Dobrou otázkou určite je, prečo je cieľenie týchto inovačných procesov zamierené na riadenie a manažment podniku v ktorom je cieľom nahradenie ľudského faktora? Po nie veľmi dlhej úvahe môžeme dospieť k záveru že úspešnosť podnikania v dnešnej dobe je postavená na kvalite riadenia a človek na tomto poste sa dostáva na limit svojich schopností. Paradoxne pod označením človek chápeme tvora ktorý je nedokonalý, má v povahe robiť chyby, zabúdať a často riešiť dané vzniknuté problémy emotívne. Tým pádom je víziou Industry 4.0 tieto negatívne vplyvy eliminovať.

Dáta a ich význam pre Industry 4.0

Dôležitým faktorom ktorý je kľúčom pre vývoj firiem a zefektívnenie či optimalizácia procesov v nich sú informácie a dáta. Aj človek dokáže pri dostatočnom množstve informácií sa rozhodnúť resp. zaujať stanovisko na základe skúseností a intuície ale je na pováženie, či stanovisko ktoré vydal je to najoptimálnejšie a najlepšie, tým pádom je možné tvrdiť že zvyšovaním množstva dát a zberom korektných informácií je možné spresniť úsudok a následne vybrať lepšie riešenie. Po zbere dostatočného množstva dát o procesoch je možné zautomatizovanie procesu a tým úplne vylúčenie človeka alebo je možné poskytnúť manažérovi nástroje na prijímanie efektívnych a kvalitných rozhodnutí. Môžeme konštatovať že prelomové zmýšľanie Industry 4.0 digitálne prepája všetky stroje, procesy, pracovníkov, dodávateľov a v neposlednom rade zákazníkov, zbiera dáta od nich a spracováva ich na riadiace procesy ktoré produkujú v reálnom čase výstupy ktoré zefektívňujú a modifikujú optimálnosť procesov.

Tým pádom človek na akomkoľvek postavení v hierarchii firmy, je oprostý od riešenia problémov mikromanažmentu a iných drobných problémov spôsobených hluchými miestami vytvorenými nedostatočným dátovým obrazom procesu.

Môžeme teda povedať že dáta musia obsahovať tieto 3 základné vlastnosti aby sa stali plnohodnotnými a užitočnými a to sú:

- Zmysluplne využiteľné

- Rýchlo prístupné
- Chránené pred poškodením a stratením

Spracovanie dát a vyhodnocovanie

Ako už bolo povedané, prioritou firiem by mal byť zber informácií resp. dát o procesoch. Nastávajúcou otázkou je: Aké dáta by sme mali zbierať? Vo firme prebieha veľmi veľa procesov v reálnom čase čo predstavuje kvantum dát ale zatiaľ sa darí zbierať veľmi malý zlomok týchto informácií a ostatné nemonitorované procesy a ich informácie ostávajú zabudnuté časom a potenciálne nevyužitú. Samozrejme každá informácia sa dá nejak využiť ale treba si určiť prioritné procesy a tým pádom vieme povedať aké informácie nás vedú k lepšiemu poznaniu procesov a tým pádom ukazujú neefektívne miesta, priestory alebo časy na ktoré by sme sa mali zamerať.

Záverečnou fázou po zbere a spracovaní dát by malo nastať vyhodnocovanie dát. Prístup pri spracovaní dát sa dá rozdeliť na dva prístupy:

1. Prvý prístup ku dátam je využitie na priame riadenie procesov, strojov a výrobkov
2. Druhý prístup využíva dáta na podporu rozhodovania a riadenia procesov za pomoci dátovej analytiky

Technológie Industry 4.0

Ďalším oporným bodom o ktoré sa bude priemyselná evolúcia Industry 4.0 opierať bude jednoznačne nová technológia. Všeobecne zastávaný názor a model počíta a prerozdeľuje Industry 4.0 do 9 hlavných pilierov a tu sú :

- **Big data a analytika dát** – Spracovanie dát vo veľkom objeme prijímaných dát efektívne.
- **Simulácie** – Overovanie a testovanie funkčnosti a vlastností digitálnych procesov a výrobkov a následná optimalizácia čoho prínosom je zníženie nákladov a zvýšenie kvality a efektívnosti procesu. Možno ju vykonávať ešte pred samotnou investíciou.
- **Horizontálna a vertikálna integrácia** – Vytvorenie flexibilného prostredia ktoré dokáže v reálnom čase reagovať na vzniknuté podnety
- **Priemyselný internet vecí** - Prepájanie systémov a fyzických zariadení pomocou internetu za účelom zberu dát ich výmeny a spracovania dát.
- **Pokročilá robotika** – Využívanie kolaboratívnych robotov robotou ktoré dokážu spolupracovať na jednom pracovisku s človekom bez vzniku ohrozenia človeka.
- **Cloud computing a kybernetická bezpečnosť** – Prepožičiavanie alebo prenajímanie serverov ako úložisko dát a softvérov, tým sa zvyšuje výpočtový výkon, znižujú sa náklady a dáta ostávajú chránené a zálohované.
- **Rozšírená realita** – Zobrazenie reálneho priestoru s pridaním digitálnych informácií.
- **Aditívna technológia** - Široké uplatnenie pri prototypoch a návrhoch zložitých tvarov.



Obr. Pilieri Industry 4.0

Testbed

Testbed môžeme považovať za experimentálne pracovisko ktoré je navrhnuté ako skúšobná testovacia linka alebo ako komplexný celok zariadení, ktorý je vybavený najmodernejšou technikou.



Vďaka týmto podmienkam je možné navrhovať, overovať, hodnotiť produkty, procesy a technológie digitalizácie. Aplikácie využitia Testbedu siahajú do vývoja, výskumu a inovácií v priemysle, a svojím umiestnením v rámci univerzít či vzdelávacích inštitúcií nachádza uplatnenie aj ako edukačný nástroj, teda napomáha vzniku nových študijných odborov zameraných na digitalizáciu priemyselných požiadaviek.

Industry 4.0 otvára jedinečné riešenia pre najrozmanitejšie požiadavky a nároky podnikov a tým pádom je nevyhnutné dôležité aby Testbedy dokázali flexibilne reagovať na novovzniknuté problémy spojené so zavádzaním nových požiadaviek priemyslu. Z toho vyplýva že nemožno brať Testbed ako nástroj, ale aj ako pracovisko, lepšie povedané platformu, pre podporu už vyššie spomenutých oblastí ako je výskum a inovácie. Teda Testbed môžeme považovať za podporu pre riešenia konceptov Industry 4.0.

Keďže v stredných a menších firmách nie je priestor a často aj finančný kapitál na skúšanie nových technológií, Testbed ponúka platformu na skúšanie a hľadanie optimálnych ciest a návrhov bez toho aby firmy mali dostatočné know-how na realizáciu projektov. V testbedoch môžu firmy testovať aplikácie Industry 4.0 bez konkurenčného tlaku, s nízkym rizikom, prijateľnými nákladmi a vysokou hodnotou v podobe špičkových technológií a odbornej asistencie.

Veľmi dôležitou strategickou výhodou je využitie Testbedu ešte pred samotnou investíciou do technológií. Tento prístup sa nazýva testovanie pred investovaním alebo anglicky „test before invest“ kedy podnik podá svoje požiadavky a návrhy a Testbed im ponúka komplexný strategický a technologický pohľad na proces.

Miera oblasti záberu Testbedov je veľmi široká a pribúdaním nových ich požiadavky priemyslu dokážu presnejšie špecifikovať. Oblasť siaha od kybernetickej bezpečnosti, robotiky, automatizácie, spracovania dát, ponúka riešenia pre sériové a hromadné výroby, a siaha až ku umelej inteligencii či virtuálnej a rozšírenej reality. Testbed a jeho časti dokážu plne komunikovať s inými Testbedmi a teda stáva sa trendom viacpriemyslové prepojenie, teda je bežné že strojársky priemysel je možné pri vývoji a výskume s inými priemyslami ako je zdravotnícky, civilný či armádny sektor.

Testbed v zahraničí

Slovensko a jeho priemysel je schopný čerpať informácie o problematike Testbedu napríklad zo západných krajín európskej únie a takým pomysleným lídrom je jednoznačne Nemecko. Podľa zistení v aktuálnom období roku 2021 má Nemecko 89 testovacích pracovísk čo je spomedzi ostatných krajín EU jednoznačne najviac. Budovanie testbedov je možné zaznamenať aj u Českej republiky a prvé dva boli vybudované strategicky v Brne a Prahe.

RICAIP ZeMA Testbed Saarbrücken

Testbed Saarbrücken sa nachádza v nemeckom meste Saarbrücken kde zo svojou testovacou plochou 4000 metrov štvorcových zahŕňa dve priemyselné haly a rôzne plochy pre experimentálne demonštrácie a prototypy pre výrobu budúcnosti. Hlavným zámerom je využívanie digitalizácie pre potreby Industry 4.0 ako aj využívanie umelej inteligencie pre účely aplikácie vo výrobnej oblasti rovnako ako využívanie robotov. Zameranie tohto testbedu sa prejavuje hlavne v tých oblastiach:

- **Senzory a akčné členy** – nasadzovanie inteligentných materiálov pre vývoj a inováciu nových produktov a možností ich aplikácie
- **Automotiv** – Rozvoj výrobných a testovacích technológií pre nadchádzajúce generácie aut
- **Robotizácia** – Vývoj na kooperácii Robot-človek a aplikácie výroby spojené s využitím umelej inteligencie vo výrobe
- **Manipulačná technika** – Digitalizácie v oblasti logistiky za pomoci digitalizácie a AI

RICAIP Testbed Prague CIIRC CTU

Testbed sa nachádza na Českom Inštitúte Informatiky, Robotiky a Kybernetiky na ČVUT v Prahe. Tento Testbed sa rozprestiera na dvoch podlažiach o rozlohe dohromady 1640 metrov štvorcových. Využíva sa na výskum, vývoj, vzdelávanie a kolaborácie s partnermi. Umožňuje testovanie riešení pre pokročilú a integrovanú priemyselnú výrobu a procesy pre inteligentné továrne. Taktiež umožňuje



optimalizáciu energetickej efektívnosti výrobného systému, diagnostikovať a navrhovať prediktívnu údržbu alebo dokáže spravovať dáta v rámci oblasti životného cyklu produktu. Zameranie tohto Testbedu je dedikované v týchto častiach priemyslu :

- **Systém pre plánovanie výroby** – plánovanie výroby v rôznych úrovniach hierarchie ako je level jedného zariadenia až po level celej výrobnéj linky a logistické systémy
- **Digitálne dvojča a digitálny tieň** – Spracovávanie a analyzovanie dát z výroby ako sú výrobné procesy, scenáre, metrologických riešení a štatistické riadenie procesov
- **Ekosystém podniku** – prepojenia výrobných liniek, logistiky a zákaznických služieb s podporou autonómneho rozhodovania a plánovania výroby
- **Vývoj technológií** – vývoj laserovej, aditívnej a robotickej technológie

RICAIIP Testbed Brno CEITEC BUT

Brno Testbed sa nachádza v priemyselnej hale v areáli VUT v Brne, je spravovaný Stredoeurópskou inštitúciou Technológie (CEITEC) . Infraštruktúra pracoviska je zameraná na výskum, vývoj, vzdelávanie a experimentálnu produkciu. Počas fáze strat-upu bol používaný v medzinárodných veľkoprojektoch na poli Industry 4.0 a veľkú úlohu zohráva využitie v automobilovej technológii. Brnenský Testbed je prepojený s regionálnym inovačným ekosystémom orientovaným na strojové a produkčné technológie. Hala testbedu je vybavená presným optickým lokalizačným systémom a poskytuje podnikové softvérové riešenia pre návrh, modelovanie, simuláciu a prevádzku výrobných liniek, ako aj najmodernejšiu automatizačnú sieť. Okrem týchto výrobných technológií existujú aj jedinečné zariadenia na vývoj a testovanie vysokovýkonných rotačných pohonov do výkonu 250 kW pre priemyselné a automobilové aplikácie a lineárne motorové pohony do výkonu 100 kW. Orientácia testbedu je teda smerovaná do týchto oblastí:

- **Flexibilne výrobné systémy** – kombinácia aditívnej a obrábacej technológie ako aj vývoj transportných technológií ako sú mobilné manipulátory
- **Kooperácia človek – stroj – robot** – 3D lokalizácia robotov a zariadení ako aj zavádzanie virtuálnej a rozšírenej reality
- **Diagnostika strojov** – predikcie a odhady v oblasti údržby a stavov stroja
- **Akustická a vibračná diagnostika** – vibrodiagnostika, analýzy akustických emisií a vývoj senzorov pre diagnostiku
- **Vývoj krokových motorov** – vývoj vysokovýkonných rotačných a posuvných motorčekov a prediktívna údržba

Engine Testbeds Graz, Austria

Skupina Testbedov nachádzajúca sa v Rakúskom Grazi prepožičiava služby testbedov pre svetovo najprestížnejšie automobilové značky. Počas roka dokážu laboratória otestovať cez 150 rozličných motorov podľa akreditačných štandardov TÜV Süd. Zameriavanie testbedov možno rozdeliť na :

- **24 motorových testbedov** – testovanie motorov od 1kW až do 1900kW
- **Alternatívne palivá**
- **Montážne a testovacie zariadenia**

TestBed 4.0

Ak by sa prínos TestBedu 4.0 dal zovšeobecniť je možné povedať, že prináša služby pre priemysel, ktoré podnikom umožňuje navrhovanie, testovanie, a hľadanie optimálnych a efektívnych riešení procesov vzniknutých zavádzaní princípov Industry 4.0. To umožňuje firmám detailný prehľad nad procesmi ktoré ich investícia prinesie a predostri niekoľko iných variant ktoré by mali pomôcť pri výbere vhodného riešenia.

Pracovisko Testbedu poukazuje a kladie dôraz na prácu s dátami od vývoja výrobku cez zavedenia spôsobu a logistické úkony až po samotnú výrobu. Práve tieto potenciálne zdroje poskytujúce dáta podnecujú k dôkladnému zberu a budovaní vlastných informačných tokov dát. Testbed 4.0 poskytuje možnosť, zázemie a radu odborníkov s ktorými dokážu podniky tieto prehliadané miesta vo výrobe lepšie podchytiť čo sa týka dát, a v ďalších krokoch ich dostatočne kvantifikovať. Návrh a koncipovanie



TestBedu 4.0 bolo z úmyslom aby čo najmenej podliehalo starnutiu zariadení. Hardvér ktorý by sa v priebehu mesiacov a rokov dal považovať za zastaralý bol zastúpený zariadeniami ktoré sú vytvárané virtuálnom priestore.

Hlavným poslaním TestBedu 4.0 pre každý konkrétny podnik je v širšom slova zmysle riešenie, vytvárané na mieru daného podniku. Riešenie zahŕňa metodiku, koncepciu a postupy pri aplikácií Industry 4.0 čo predstavuje čiastočnú alebo komplexnú integráciu podnikových procesov a široké zameranie sa na zber, výmenu, zhromažďovanie dát a po ich vyhodnotení aj premenu na relevantné informácie. Neodmysliteľnou súčasťou pri realizácii návrhu, optimalizácie a overovanie je správna aplikácia konceptu digitálneho dvojčat'a. Podpora a prítomnosť digitálneho dvojčat'a dopomáha pri vytváraní a kontrole digitálneho ekosystému priemyselného podniku. Celý ekosystém môže zahŕňať:

- EPR - riešenia pokrývajúce potreby MSP
- PLM – systém pre riadenie vývojových a predvýrobných fáz
- CAD/CAM systémy
- RTLS – sledovanie toku materiálu, pracovníkov a logistiky
- Výrobné stroje – zariadenia, stroje a roboty prepojené v ekosystéme
- Monitorovanie energetických nákladov počas prevádzky

Podľa predom stanovených zásad Industry 4.0 a možností ktoré ponúka TestBed 4.0 pre podniky v priemysle, by sa riešenia v praxi dalo rozdeliť do týchto služieb:

1. **Overovanie investícií** – Zaradenie Testbedu vo fáze prípravy a projektovania umožňuje vytváranie virtuálneho modulu pracovnej linky alebo inak zložitého pracoviska ktorý slúži ako ideálny model tohto pracoviska. Pri riešení a optimalizovaní tohto modelu je možné vykonávať zmeny bez investícií a s využitím virtuálnej reality ponúka aj pohľad na pracovisko. Týmto overením je možné predísť chybám ktoré by mohli vzniknúť už pri realizácii investícií.
2. **Vytváranie parametrického modelu** – V procese reorganizácie alebo úpravy pracoviska s cieľom zvýšenia výkonu a úspory priestoru vznikajú mnohé komplikácie. Parametrický model dokáže simulovať varianty procesov pri rôznych podmienkach/parametroch a tým ponúka viac riešení pre procesné optimalizácie za cieľom zefektívnenia procesu.
3. **Virtuál comissioning** – TestBed 4.0 umožňuje vykonávanie simulácií a testov pred spustením výrobnéj linky alebo výrobného procesu. Tento krok dokáže odskúšať celé softvérové vybavenie a teda predchádza možnosti vzniku problémov pri zlom zapojení do prevádzky, čo by mohlo vyústiť do poškodenia časti linky alebo zraneniam človeka.
4. **Návrh zberu dát z výroby** – Umožňuje navrhovanie štruktúr prepájania zariadení pod princípom IoT. Tieto prepojenia strojov a procesov umožňuje zbieranie dát ktoré sú podstatné pre závislý chod a autonómne riešenie problémov.
5. **Monitoring CNC strojov** – Automatický zber dát z PLC riadiacich jednotiek CNC stroja. Pomocou presného monitorovania, teda zberom dát, je možné zvýšiť vyťaženosť stroja tým znížiť čas ktorý stroj nepracuje čo sa prejaví na zisku z daného stroja. Taktiež zber dát o chode stroja informujú o potrebách servisu a prediktívnej údržby čo má za následok skvalitnenie výroby a finančnú náročnosť na prípadné opravy stroja.
6. **Systém RTLS pre tok zákazky a logistiku** – TestBed 4.0 pomáha pri riešení lokalizácie výrobkov vo výrobnéj hale ako aj navrhuje získavanie informácií o zásobovaní pracovísk. Technológiou RTLS je možné sledovať stav a polohy zákazky v reálnom čase čo dáva prehľad o úkonoch ktoré už boli vykonané, ktoré sa vykonávajú a ktoré budú vykonané a na akom pracovisku alebo pracovnej stanici sa to vykonáva.



Pod'akovanie

Tento príspevok bol vypracovaný v rámci realizácie projektov: KEGA 009TUKE-4/2020 „Transfer digitalizácie do vzdelávania v študijnom programe Riadenie a ekonomika podniku“, VEGA 1/0438/20 „Interakcia digitálnych technológií za účelom podpory softvérovej a hardvérovej komunikácie pokročilej platformy systému výroby“ a KEGA 001TUKE-4/2020 „Modernizácia výučby priemyselného inžinierstva za účelom rozvoja zručností existujúceho vzdelávacieho programu v špecializovanom laboratóriu“. Túto prácu podporila aj Agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-19-0418 „Inteligentné riešenia pre zvýšenie inovačnej schopnosti podnikov v procese ich transformácie na inteligentné podniky“ a APVV-17-0258 „Aplikácia prvkov digitálneho inžinierstva pri inovácii a optimalizácii produkčných tokov“. VEGA 1/0508/22 „Inovatívne a digitálne technológie vo výrobných a logistických procesoch a systémoch.“

Literatúra

- [1] TREBUŇA, P.: Aplikácia vybraných metód modelovania a simulácie v priemyselnom inžinierstve. 1. vyd - Košice : TU, SJF - 2017. - 208 s.. - ISBN 978-80-553-2835-5.
- [2] POPOVIČ, R. - TREBUŇA, P. - KLIMENT, M.: Basic overview about digital factory and virtual commissioning, Acta Logistika. Roč. 2, č. 1 (2015), s. 1-4. - ISSN 1339-5629.
- [3] GRZNÁR, P.; MOZOL, Š.; GABAJOVÁ, G.; MOZOLOVÁ, L.: APPLICATION OF VIRTUAL REALITY IN THE DESIGN OF PRODUCTION SYSTEMS AND TEACHING. AT 2021, 7 (2), 67–70. <https://doi.org/10.22306/atec.v7i2.110>. https://www.actatecnologia.eu/issues/2021/II_2021_05_Grznar_Mozol_Gabajova_Mozolova.pdf
- [4] X. YANG, R.C. MALAK, C. LAUER, C. WEIDIG, H. HAGEN, B. HAMANN, J.C. AURICH, O. KREYLOS: Manufacturing System Design with Virtual Factory Tools, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 28 (1) (2015), pp. 25–40

Contact address

prof. Ing. Peter TREBUŇA, PhD.

Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department Industrial and Digital Engineering, Park Komenského 9, 042 00 Kosice, Slovakia

e-mail: peter.trebuna@tuke.sk

POKROČILÉ PLÁNOVANIE A ROZVRHOVANIE VÝROBY AKO SÚČASŤ DIGITÁLNEHO DVOJČAŤA

Miriam PEKARČÍKOVÁ – Marek KLIMENT – Ján KOPEC – Michal DIC

Abstract: Traditional planning and scheduling systems (such as MRP II) go through individual technological operations step by step and allocate the necessary material and production capacity to them. This approach is simple, but not adapted to rapid changes in requirements for production resources or production material. Production material and capacity are planned separately, and many systems do not consider the availability of material or production equipment (bottleneck). In such cases, the plans created may be unfeasible. Advanced Planning and Scheduling is the scheduling that currently forms the basis for the Digital Twin of production, which has the potential to increase the efficiency of production processes in the context of mass customization and personalization of products.

Keywords: Planning, scheduling, systems, advanced, digital twin.

Úvod

Zavedenie akéhokoľvek informačného systému v rámci spoločnosti prináša so sebou množstvo výhod, ale na druhej strane treba uvažovať aj s nevýhodami. Jedným z možných problémov pri zavedení je to ak nemá podnik dobre nastavené samotné procesy, ktoré sa v ňom nachádzajú. To môže spôsobiť, že systém nebude zobrazovať stav, ktorý zodpovedá realite. Taktiež so zavedením IS musia byť stotožnený aj všetci zamestnanci spoločnosti spolu s jeho vedením. Prečo by sa teda mali zaoberať podniky zavádzaním MES? Odpoveďou na túto otázku je množstvo výhod a zjednodušení, ktoré samotné systémy ponúkajú. Niektoré výhody zo zavedenia MES sú nasledovné:

- používanie aktuálnych a správnych údajov,
- poskytovanie informácií o vykonávaných činnostiach,
- efektívne riadenie výroby a súvisiacich procesov,
- rýchlejšia reakcia na vzniknuté nezhody,
- znižovanie činností nepridávajúcich hodnotu,
- odstránenie off-line získavania a prenosu informácií medzi jednotlivými úrovňami, apod.

Pokročilé plánovanie a rozvrhovanie

Súčasť MOM/MES riešení je Advanced Planning and Scheduling – Pokročilé plánovanie a rozvrhovanie ktoré súčasne tvorí základ pre Digital Twin of production – digitálne dvojča výroby. Systém bol navrhnutý na základe manažérskeho princípu, podľa ktorého vstupný materiál a výrobné kapacity sú optimálne využívané pre uspokojenie potreby zákazníka. Systémy pokročilého plánovania a rozvrhovania výroby sú zvlášť vhodné pre prostredie, v ktorom jednoduché plánovacie metódy nemôžu adekvátne pokryť rozhodovacie pravidlá pre konkurenčné (protichodné) priority (viackriteriálne rozhodovanie).

Tradičné systémy pre plánovanie a rozvrhovanie (ako napr. MRP II) prechádzajú postupne jednotlivé technologické operácie a pridelujú im potrebný materiál a výrobnú kapacitu. Tento prístup je jednoduchý, ale neprispôsobený k rýchlym zmenám v požiadavkách na výrobné zdroje, prípadne výrobný materiál. Výrobný materiál a kapacita sú plánované

samostatne a veľa systémov neberie na zreteľ dostupnosť materiálu, prípadne výrobných zariadení (úzke miesto). V takýchto prípadoch môžu byť vytvorené plány nezrealizovateľné. V porovnaní s predošlými systémami, systémy APS plánujú súčasne požiadavky na materiál s dostupnou kapacitou výrobných zariadení, čo má za následok oveľa realistickejší plán. Hlavnou výhodou APS systémov je používanie optimalizačných metód pre tvorbu výrobného plánu (rozvrhu) tak, aby zohľadnil aktuálny stav priorit v pláne. Systémy APS boli najčastejšie implementované v prostrediach, ktoré spĺňali nasledujúce podmienky:

- Make-To-Order - výroba na objednávku
- Investične náročné výrobné procesy s obmedzenou kapacitou výroby (nie je možné pokryť všetky zákaznicke požiadavky)
- Široký sortiment výrobkov „súťažiacich“ o výrobnú kapacitu zariadení
- Produkty so zložitými hierarchickými kusovníkmi (BOM) a technologickými postupmi
- Výroba si vyžaduje častú zmenu výrobného plánu (rozvrhu) z dôvodu zmien, ktoré nie je možné predpovedať

Typickým príkladom digitálneho dvojčata môže byť aj koncept closed loop manufacturing popísaný obrázkom obr. 1. ERP vrstva získa objednávku od zákazníka. Dana objednávka cez Requirements (požiadavky) je spracovaná na oddelení PLM. Keď je virtuálna časť výroby pripravená, PLM uvoľní BOM -kusovník do ERP. ERP na základe plánovacieho modulu zadá požiadavku do MOM vrstvy. MOM vrstva prijme nezatriedenú objednávku a na základe rozvrhovacieho modulu ju zatriedi do plánu podľa rozvrhovacieho algoritmu. Takto zatriedený rozvrh ktorý berie do úvahy dostupnosti a špecifiká jednotlivých pracovných stanovišť je naspať uvoľnený do MOM/MES vrstvy. MOM/MES vrstva uvoľní danú objednávku do výroby. Jednotlivé pracovné stanovišťa komunikujú s MES riešením obojsmerne a poskytujú mu aktuálne informácie o rozpracovanosti výroby a dostupnosti strojov. Informácia či je objednávka spracovaná, kde sa nachádza a či je kompletná sa cez MOM/MES vrstvu naspať dostáva do ERP.

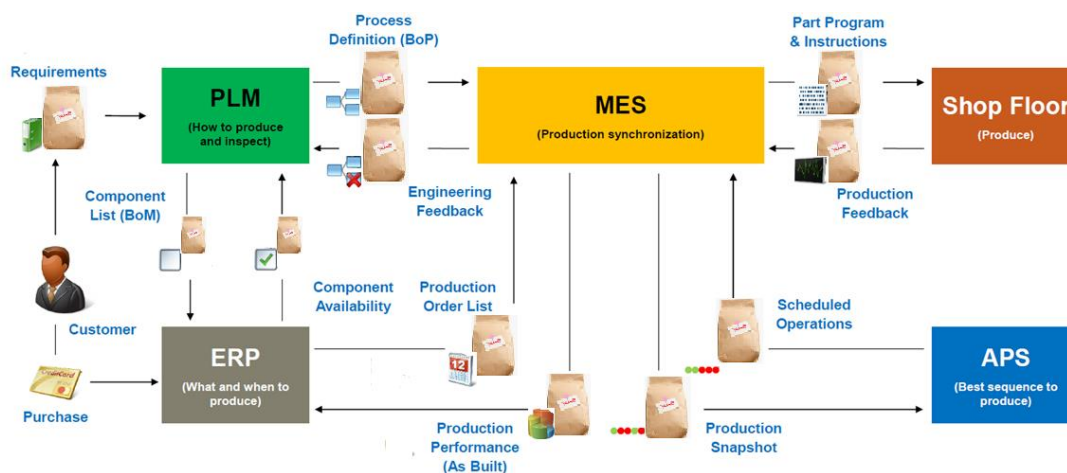


Fig. 1 Prepojenie MES – PLM- ERP – APS

V poslednej dobe do konceptu digitálnych dvojčiat vstupuje ďalší element, ktorý sa nachádza v automatizačnej piramide ešte nad vrstvou ERP – Industrial Internet of Things. Je to stále vrstva ktorá sa vyvíja.

Digitálna transformácia

Prepájanie jednotlivých vrstiev ako aj implementáciu nových riešení môžeme definovať aj ako digitálna transformácia. Je komplexná prestavba akejkolvek organizácie tak, aby prácu v nej v optimálnej miere vykonávali informačné systémy a softvérové nástroje tvoriace spolu jednotné, plne integrované prostredie. Digitálnu transformáciu je možné zaradiť do oblasti Industry 4.0/ SmartFactory/ atď. (pomenovanie iniciatívy je závislé od regiónu).

Medzi výhody digitálnej transformácie patrí:

- Ušetrenie času – automatizácia urýchli všetky procesy a zvyšuje pracovný výkon.
- Skrátenie času pri zavádzaní nových služieb – vhodné pre firmy, ktorých portfólio sa často obmieňa; zmena parametrov služby vyžaduje len prepis v tabuľkách.
- Rýchla odozva na požiadavky zákazníkov, flexibilita – od zaslania ponuky dovolenkovej destinácie po potvrdenie objednávky spolu s prideleným číslom cestovného poistenia prejde len zopár minút.
- Rozhodovanie na základe dát je umožnené schopnosťou systému jednoducho odpovedať na biznis otázky

Digitálna transformácia ovplyvňuje aj vývoj výrobných systémov. S konceptom Closed Loop Manufacturing spoločnosť Siemens Digital Industries Software prepája ERP riešenie spolu s PLM a MES vrstvou. Samotný koncept Closed loop manufacturing je podrobnejšie vysvetlený na obr. 4. Samotný tlak priemyslu ale neostáva len v koncepte PLM-ERP-MES ale v budúcnosti sa budú pridávať ďalšie prvky do konceptu ako QMS/LIMS a podobne. Evolúcia, ako to vidí dodávateľ MOM riešení Siemens Digital Industries Software je podrobnejšie vysvetlená na obr. 2.



Fig. 2 Evolúcia digitálnej transformácie

Koncept štvrtej priemyselnej revolúcie začal v roku 2011 na veľtrhu v Hannoveri, kde bola predstavená digitálna továreň označená ako „Industrie 4.0“ (v preklade Priemysel 4.0). Tento pojem sa dnes vyvinul a už sa nezameriava len na výrobu, ale zahŕňa v sebe všetky oblasti dnes populárne označované ako „smart“ (múdre, či inteligentné). Tento trend prinesie zmenu do všetkých oblastí podnikania, vytvorí nové biznis modely naprieč všetkými oblasťami produktov a služieb. Najlepšie by sme mohli definovať Industry 4.0 ako informačno-intenzívnu transformáciu výroby v prostredí, kde sú spojené dáta, ľudia, procesy, služby, systémy a produkčné aktíva s generovaním, maximalizáciou a využitím užitočných informácií ako prostriedkom na vytvorenie inteligentnej továrne a nových výrobných ekosystémov. Priemysel 4.0 zmení všetky oblasti životného cyklu produktu. Víziou v tejto oblasti je vytvorenie digitálneho reťazca od vývoja produktu, cez plánovanie výroby, logistiku až po s tým spojené služby.



Záver

Koncept štvrtej priemyselnej revolúcie začal v roku 2011 na veľtrhu v Hannoveri, kde bola predstavená digitálna továreň označená ako „Industrie 4.0“ (v preklade Priemysel 4.0). Tento pojem sa dnes vyvinul a už sa nezameriava len na výrobu, ale zahŕňa v sebe všetky oblasti dnes populárne označované ako „smart“ (múdre, či inteligentné). Tento trend prinesie zmenu do všetkých oblastí podnikania, vytvorí nové biznis modely naprieč všetkými oblasťami produktov a služieb. Najlepšie by sme mohli definovať Industry 4.0 ako informačno-intenzívnu transformáciu výroby v prostredí, kde sú spojené dáta, ľudia, procesy, služby, systémy a produkčné aktíva s generovaním, maximalizáciou a využitím užitočných informácií ako prostriedkom na vytvorenie inteligentnej továrne a nových výrobných ekosystémov. Priemysel 4.0 zmení všetky oblasti životného cyklu produktu. Víziou v tejto oblasti je vytvorenie digitálnej siete, ktorá pokryje všetky procesy od vývoja produktu, cez plánovanie výroby, logistiku až po s tým spojené služby.

PodĎakovanie

Tento článok vznikol s podporou projektov VEGA 1/0438/20 Interakcia digitálnych technológií na podporu softvérovej a hardvérovej komunikačnej platformy pokročilého výrobného systému, KEGA 001TUKE-4/2020 Modernizácia výučby priemyselného inžinierstva na rozvoj zručností existujúceho vzdelávacieho programu v r. špecializované laboratórium, APVV-17-0258 Aplikácia prvkov digitálneho inžinierstva pri inováciách a optimalizácii výrobných tokov, APVV-19-0418 Inteligentné riešenia na zvýšenie inovačnej kapacity spoločnosti v procese ich transformácie na inteligentné spoločnosti. VEGA 1/0508/22 Inovatívne a digitálne technológie vo výrobných a logistických procesoch a systémoch. L

Literatúra

- [1] Grznar, P.; Gregor, M.; Gaso, M.; Gabajova, G.; Schickerle, M.; Burganova, N. (2021). Dynamic simulation tool for planning and optimisation of supply process, International Journal of Simulation Modelling, Vol. 20, No. 3, 441-452, doi: 10.2507/IJSIMM20-3-552
- [2] Straka, M., Sofranko, M., Glova Vegsoova, O., Kovalcik, J. (2022). Simulation of homogeneous production processes, International Journal of Simulation Modelling, Vol. 21, No. 2, 214-225, doi: 10.2507/IJSIMM21-2-597
- [3] Vegsoova, O.; Khouri, S.; Straka, M.; Rosova, A.; Kacmary, P.; Betus, M. (2019). Using Technical Means and Logistics Principal Applications to Solve Ecological Water Course Accidents, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 28, No. 5, 3875-3883, doi: 10.15244/pjoes/95183
- [4] Ojstersek, R.; Acko, B.; Buchmeister, B. (2020). Simulation study of a flexible manufacturing system regarding sustainability, International Journal of Simulation Modelling, Vol. 19, No. 1, 65-76, doi: 10.2507/IJSIMM19-1-502
- [5] <https://is.muni.cz/th/yq3hn/thesis.pdf>
- [6] <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/digital-twin/24465>
- [7] <https://www.engineering.sk/clanky2/informacne-technologie/3868-vlastnosti-systemov-digitalnych-dvojciat>

Contact address

doc Ing. Miriam Pekarčíková, PhD.

Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department Industrial and Digital Engineering, Park Komenského 9, 042 00 Kosice, Slovakia

e-mail: miriam.pekarcikova@tuke.sk



DIGITISATION OF PRODUCTION CLUSTERS AS PART OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Dominika SUKOPOVÁ – Jaroslava KÁDÁROVÁ – Juraj KOVÁČ

Abstract: This article highlights a very topical issue for successful entrepreneurs - digitalization and its necessity in industrial enterprises. The article discusses the comparison of digitization and visualization programs for manufacturing clusters considering several factors such as student license, user level as well as hardware required. The last step of the article was the creation of a model of the production hall PK12a of the Technical University of Kosice as an illustrative example of the use of software products in industry.

Keywords: digitisation, software, software products

Introduction

The goal of every successful entrepreneur is to maintain or continuously improve their market position. One of the options is to improve the technology used or changes in the field of visualization. Digitalization represents a big step forward, a technological shift of the company. It will allow the entrepreneur to discover the shortcomings of his business, save time, financial costs and make his enterprise more efficient. Thanks to it, he can easily use various advanced software applications in the areas of online sales or marketing, CRM systems, improve his communication with customers, but also the internal one, between individual employees. Other strengths of digitalization include increased productivity in production - producing more, cheaper and of course easier, the reason being the gathering and creation of information between individual machines, quickly, efficiently and flexibly. Nowadays, digitization is much more accessible and necessary, it is already available to small and medium-sized enterprises, whereas until recently it was only available to large companies.

Programs for creating models of production systems

From a wide range of options, three software products were compared for the digitalization of the production floor.

Tarakos

This program was designed by the tarakos team GmbH, which focuses on technical and dynamic 3D imaging. This group develops 3D software tools for planning, animation and simulation of logistics, material flows and production systems. Their programs are used especially for the digitization of factories. Software tools tarakos are characterized by their extensive libraries industry-specific libraries with simple and intuitive operation.

Factory design utilities

Autodesk Factory Design Suite is a software, used to create technical models in 2D and 3D form. Using the software is mainly used to design production halls, workshops and production lines. The core products of the software package include AutoCAD Architecture, Autodesk Navisworks, and Autodesk Inventor, which is enhanced with Autodesk Factory Design Utility. It provides users with better parametric options that are specific to individual manufacturing and factory environments. The package also includes a digital library of manufacturing and peripheral of equipment that allows you to select the necessary equipment to the production layout.



SketchUp

SketchUp is a 3D modelling program models. It allows users to work online in browser or by installing on computer. It is licensed by the American company Trimble Navigation. The use of this software brings a huge number of possibilities not only for professionals as well as beginners in various fields - construction, architecture, engineering and other completely free of charge or after payment of a fee is the portfolio of tools offered to the user is extended.

Software products for production hall visualization

In this case, Twinmotion and Lumion software were compared.

Twinmotion

Twinmotion is 3D software that can be used to create high-quality images, panoramas and standard or even 360° VR videos. This software was primarily designed for professionals in the field of architecture, construction, urban planning and landscape design, yet it is very easy to learn and use, regardless of the size and complexity of the project, material, computer skills of the user. The transition from BIM model to VR experience in just three clicks is achieved by the user thanks to the direct synchronization with Archicad. The user interface is really simple, with the main model cantered in the middle of the screen. Movement in the environment is done using the mouse also the arrow keys on the keyboard. Instructions are given at the top of the screen. Tools and program functions are listed on the sides of the screen. On the left side and at the bottom there are basic tools whether add-ons, equipment or advanced options such as lighting, weather changes or determining the exact location of an object. On the right side we can find a list of embedded device objects.

Lumion

Working in Lumion 3D requires no training and after 15 minutes you can learn how to create images, videos of 360 panoramas (including VR) in high resolution that are ideal for client presentations. From adding thousands of trees and textured buildings to rendering high-resolution images in poster format. Lumion is compatible with any 3D CAD program. The idea behind Lumion is extended compatibility, ensuring that simple and fast architectural visualization is available to every architect and designer, planner regardless of 3D or CAD modelling software.

Table 2 Comparison of programs for the digitization of production systems

Software name	User level	Student license	Advantages	Disadvantages
Tarakos	advanced user	no, just the trial version	-Windows and iOS compatibility	more demanding user level
Factory design utilities	advanced user	Yes, free while studying at university	-Windows and iOS compatibility -Wide output format options	High demand for hardware more demanding user level
SketchUp	beginner	free basic version	-User level -Program environment, tool portfolio -Windows and iOS compatibility -Output format also for 3D printing	Fewer output format options

Table 1 shows the main advantages and disadvantages of the three programs for the digitization of production systems. Considering the user level, the student license and the planned interfacing with visualization software, SketchUp software is the most suitable alternative.

Table 3 Comparison of programs for visualization of production systems

Software name	User level	Student license	Advantages	Disadvantages
Lumion	Beginner/advanced/professional	Yes (fee for full version)	-Easy to use -High feature options (professional edition)	-Degrees of difficulty at full use (professional edition) -fee
Twinmotion	beginner	Yes	-easy operation program -environment with many functions -free student version	High demand for hardware

Table 2 clearly shows the differences of Twinmotion and Lumion software. After taking into account the advantages and disadvantages, Twinmotion was used for the visualization itself.

Visualization of the production hall of the Technical University of Kosice

The first step before creating the digital model of the PK12a production hall was a tour of the space, which consisted of documenting the relevant machinery and equipment, their layout, as well as obtaining the actual dimensions. The basic model was created in SketchUp, in which the space of the hall was created and the production machines and equipment were added.

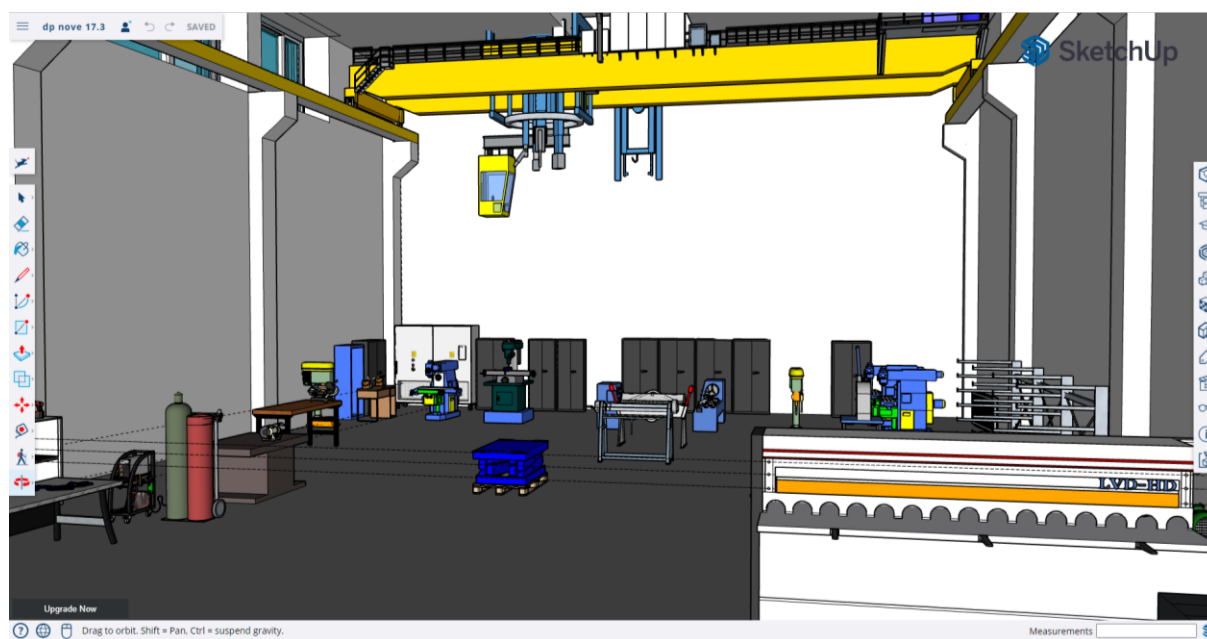


Fig. 1 The production hall space in SketchUp

The last modification in this software product was the creation of an outdoor painting.

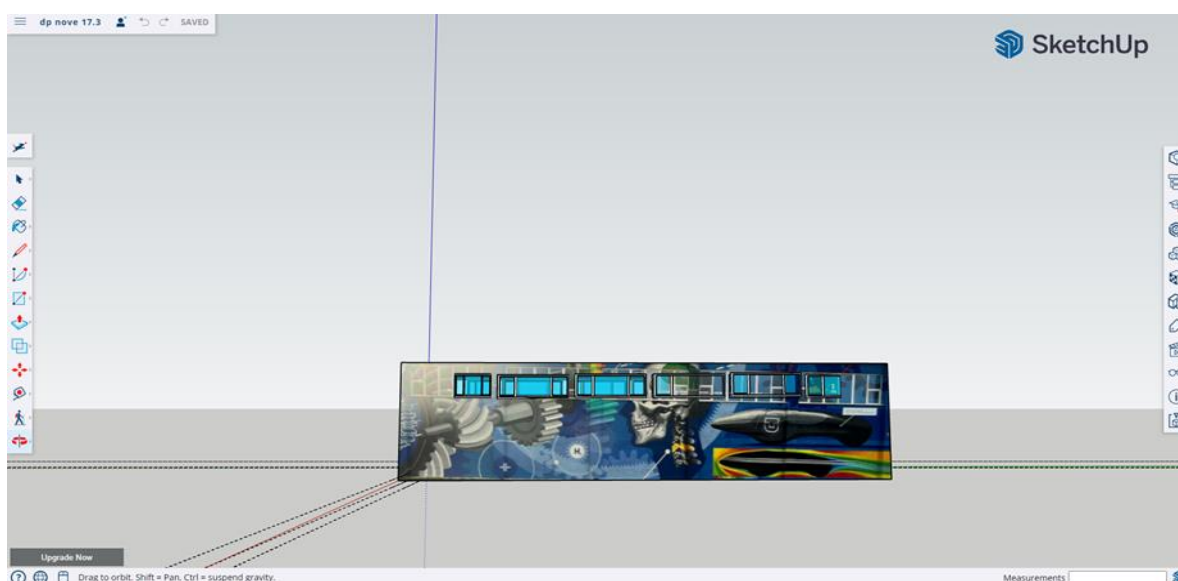


Fig. 2 Exterior painting of the production hall

The basic model of the PK12a production hall was transferred to the Twinmotion software, which allowed the materials as well as the colours to be changed.



Fig. 3 Model of the production hall in Twinmotion after material modification

Twinmotion also allows you to add sound effects, various animations, as well as operating production machines and equipment.



Fig. 4 Model of the production hall in Twinmotion after the addition of machine operators

Twinmotion software allows you to create individual photos, videos of the created model, allows the user to move around the space, which resembles a real visit to the production hall.

Conclusion

The right choice of a software product for an entrepreneur is greatly influenced by his experience, knowledge, as well as the question of financial complexity. However, the most important role is played by the subject matter of the business. Some programs have a richer selection of tools for the field of architecture, others for industrial production. In our digitalization example, after creating a basic model of the production hall in SketchUp, we used Twinmotion, which is more suitable for digitalizing production clusters. It gives a more realistic look to the models, adds workers, animations, sound effects of individual machines and equipment. Another great advantage of Twinmotion is its interconnectivity with virtual reality, which gives an improved view of the model created.

Acknowledgement

This article was created with the support of projects: KEGA 009TUKE-4/2020 “Transfer of Digitization into Education in the Study Program Business Management and Economics”, VEGA 1/0340/21 “The impact of a pandemic and the subsequent economic crisis on the development of digitization of enterprises and society in Slovakia”, VEGA 1/0438/20 “Interaction of digital technologies to support software and hardware communication of the advanced production system platform” and KEGA 001TUKE-4/2020 “Modernizing Industrial Engineering education to Develop Existing Training Program Skills in a Specialized Laboratory.”.

References

- [1] BUDA, J., KOVÁČ, M.: Metodika projektovania výrobných procesov v strojárstve. Alfa Bratislava, 1985
- [2] Lumion 3D Rendering Software | Architectural Visualization [online]. Available at: <<https://lumion.com/>>
- [3] SketchUp | 3D Design Software | 3D Modelling on the Web [online]. Available at: <<https://www.sketchup.com/>>



-
- [4] Twinmotion. A cutting-edge real-time visualization tool. [online]. Available at: <<https://www.twinmotion.com/en-US>>.
- [5] Sukopová, D.: Diplomová práca. Digitalizácia výrobných zoskupení pomocou softvérových produktov SketchUp a Twinmotion: 2022 TU, Košice

Contact address

Ing. Dominika Sukopová

Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department Industrial and Digital Engineering, Park Komenského 9, 042 00 Kosice, Slovakia

e-mail: dominika.sukopova@tuke.sk



METÓDY KVANTIFIKÁCIE A HODNOTENIA RIZIKA INVESTIČNÉHO PROJEKTU

METHODS OF QUANTIFICATION AND ASSESSMENT OF INVESTMENT PROJECT RISK

Jaroslava JANEKOVÁ – Alžbeta SUHÁNYIOVÁ

Abstract: The paper emphasizes the need for a comprehensive assessment of corporate investment projects in terms of their economic efficiency, including risk. It represents the risk management process for internal corporate investment projects. Emphasis is placed on the methods that can be used in the quantification and assessment of the risk of an investment project. The choice of methods and their degree of sophistication should correspond to the complexity of the decision-making process. Due to the fact that the current business environment is uncertain, when choosing methods, it is necessary to focus on probabilistic methods, of which the Monte Carlo method currently plays an important role.

Abstrakt: Príspevok zdôrazňuje potrebu komplexného posúdenia podnikových investičných projektov z hľadiska ich ekonomickej efektívnosti vrátane rizika. Predstavuje proces manažmentu rizika pre interné podnikové investičné projekty. Dôraz kladie na metódy využiteľné pri kvantifikácii a hodnotení rizika investičného projektu. Výber metód a ich miera sofistikovanosti má zodpovedať zložitosti rozhodovacieho procesu. Vzhľadom k tomu, že súčasné podnikateľské prostredie je neisté, pri výbere metód je potrebné zamerať sa na pravdepodobnostné metódy, z ktorých v súčasnej dobe významné miesto patrí metóde Monte Carlo.

Keywords: Investment decision-making, investment project, risk management, risk quantification and assessment methods.

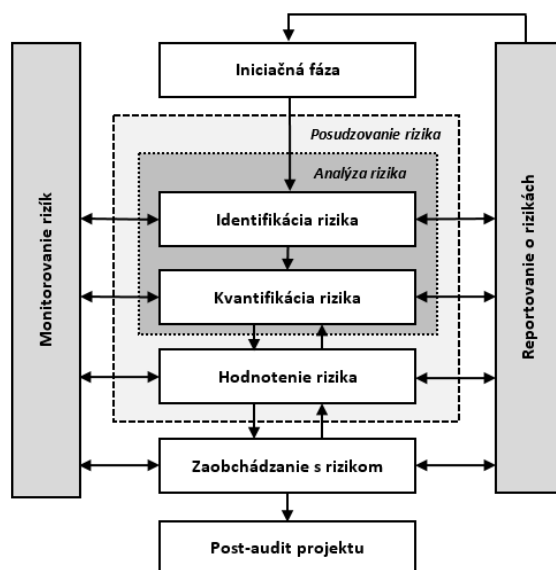
Kľúčové slová: Investičné rozhodovanie, investičný projekt, manažment rizika, metódy kvantifikácie a hodnotenia rizika.

Úvod

Jednou z ciest ako zabezpečiť budúcu úspešnosť a prosperitu podniku je investovať do obnovy, resp. rozvoja výrobných techník. Touto cestou dochádza k zvýšeniu výrobných kapacít podniku, ktoré môže podnik následne využiť a pružne reagovať na požiadavky trhu. Každý investičný projekt je potrebné posúdiť z hľadiska jeho ekonomickej efektívnosti. Avšak budúca hospodárska činnosť podniku je vždy spojená s určitou mierou neistoty, ktorú je potrebné zahrnúť do hodnotenia ekonomickej efektívnosti investičného projektu formou rizika. Riziko investičného projektu predstavuje možnosť, že skutočne dosiahnuté výsledky (napr. výnosy, zisk, peňažné príjmy, peňažné výdavky, ...) sa budú odchyľovať od výsledkov predpokladaných, pričom odchýlky môžu byť žiaduce, resp. nežiaduce a tiež rôznej veľkosti [1], [2]. Dôvody vzniku odchýlok od očakávaných výsledkov sú spojené s nedostatkom potrebných informácií, použitím nespoľahlivých a neoverených údajov, nedostatočným poznaním procesov, nesprávnou aplikáciou metód, nesprávnym výberom metód, uvažovaním len s najpravdepodobnejším scenárom a pod.. Možnosťou ako tieto nedostatky eliminovať a tak zvýšiť pravdepodobnosť úspechu investičného projektu je, aby podniky pre tento účel využívali manažment rizika. V rámci manažmentu rizika je kladený dôraz na vybrané metódy kvantifikácie a hodnotenia rizika investičného projektu.

Manažment rizika investičného projektu

Proces manažmentu rizika investičného projektu, zobrazený na Obr. 1, je spracovaný v súlade s STN ISO 31000 [5], inšpirovaný metodikami autorov Korecký-Trkovský [3], Fotr-Souček [1] a ich odporúčaniami, ako aj vlastnými odbornými znalosťami a praktickými skúsenosťami v predmetnej oblasti. Metodika je zostavená pre interné podnikové investičné projekty. Ide o proces pozostávajúci zo šiestich fáz. Každá fáza má definovaný cieľ, vstupy, hlavné činnosti, odporúčané metódy a výstupy fázy. Priebežne s týmto procesom prebiehajú ďalšie dve aktivity, a to monitorovanie rizík (výsledkom je identifikácia nových rizík a upozornenia na výskyt ďalších možných rizík) a reportovanie o rizikách (výsledkom sú správy o rizikách pre interných užívateľov). Proces manažmentu rizika investičného projektu je sekvenčný, ktorý vplyvom dynamicky sa vyvíjajúceho prostredia má cyklický charakter.



Obr. 1 Proces manažmentu rizika investičného projektu

Zdroj: vlastné spracovanie

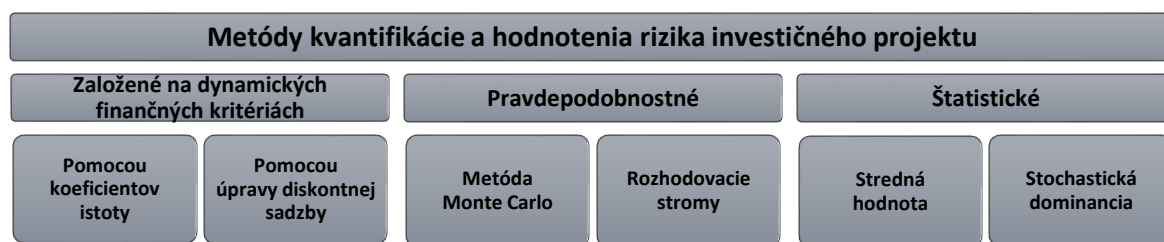
Náplňou „Iniciálnej fázy“ je vypracovať plán manažmentu rizika investičného projektu v primeranom rozsahu tak, aby bola zohľadnená veľkosť, zložitosť a významnosť investičného projektu pre podnik. Vo fáze „Identifikácia rizika“ je potrebné vytvoriť komplexný zoznam rizík, ktoré môžu budúci vývoj investičného projektu negatívne, ale aj pozitívne ovplyvniť, t. j. výšku očakávaného čistého zisku, peňažného toku, či hodnotu finančného kritéria (napr. čistá súčasná hodnota (ČSH), diskontovaná ekonomická pridaná hodnoty (DEVA), ...). Vo fáze „Kvantifikácia rizika“ sa zisťuje v akom rozsahu môžu riziká ovplyvniť ciele projektu. Najskôr sa stanoví významnosť jednotlivých rizík a potom veľkosť celkového rizika projektu. Postup kvantifikácie rizík ovplyvňuje typ projektu, dôležitosť projektu pre podnik a rizikovosť projektu. Náplňou fázy „Hodnotenie rizika“ je rozhodnúť o prijateľnosti / neprijateľnosti rizika projektu a stanoviť priority pre ošetrovanie rizík. Výška prijateľného rizika závisí od požiadaviek a očakávaní vlastníkov a postoja manažmentu k riziku. Vo fáze „Zaobchádzanie s rizikom“ je snahou obmedziť pôsobenie už existujúcich aj budúcich rizík investičného projektu výberom jednej alebo viacerých možností minimalizácie rizík a ich následnej implementácie. Prijímajú sa opatrenia, ktoré pomáhajú eliminovať účinok nežiaducich vplyvov a naopak využívajú sa príležitosti pôsobenia pozitívnych vplyvov. Poslednou fázou manažmentu rizika investičného projektu je fáza „Post-audit projektu“. Náplňou fázy je identifikovať primárne príčiny, ktoré viedli k nedosiahnutiu stanovených predpokladov v dlhodobom pláne investičného projektu.

Odporúča sa, aby procesom post-auditú prešli predovšetkým kľúčové projekty podniku; sporné projekty; projekty, ktoré sú základom pre ďalšie projekty a tiež projekty atypické.

Vybrané metódy kvantifikácie a hodnotenia rizika investičného projektu

Každé investičné rozhodnutie realizované podnikom má byť podložené výsledkami kvantitatívnej analýzy, ktorá čerpá údaje z matematických / finančných modelov. V súčasnosti existuje niekoľko prístupov a metód, zameraných na kvantifikáciu a hodnotenie rizika investičných projektov, ktoré sa od seba líšia spôsobom a rozsahom posúdenia rizika.

Tradičný prístup vychádza z jediného, spravidla najpravdepodobnejšieho vývoja rizikových faktorov, ktoré ovplyvňujú peňažný tok projektu počas jeho ekonomickej doby životnosti. V tomto prípade riziko súvisiace s projektom sa buď nerešpektuje vôbec alebo iba nepriamo. Nerešpektovanie rizika je spojené s použitím statických metód. Nepriame začlenenie rizika súvisí s dynamickými finančnými kritériami a rešpektovanie rizika sa spája s rizikovou premiou, ktorá tvorí súčasť diskontnej sadzby projektu, konkrétne nákladov na vlastný kapitál. *Sofistikovanejšie prístupy* integrácie rizika sú zaznamenané na Obr. 2. Výber metód pre kvantifikáciu a hodnotenie rizika a ich miera sofistikovanosti by mala zodpovedať zložitosti rozhodovacieho problému.



Obr. 2 Vybrané metódy kvantifikácie a hodnotenia rizika investičného projektu

Zdroj: vlastné spracovanie

Metódy založené na dynamických finančných kritériách, predovšetkým na ČSH, umožňujú nepriame číselné určenie rizika projektu. Zohľadnenie rizika sa posudzuje len jednou veličinou, zvoleným finančným kritériom, ktoré je založené buď na úprave diskontnej sadzby o riziko, alebo na úprave neistých peňažných tokov na isté, t. j. bezpečné. Stručná charakteristika uvedených metód je zaznamenaná v Tab. 1.

Tab. 11 Metódy kvantifikácie rizika založené na dynamických finančných kritériách

Metóda	Charakteristika	Podmienka prijateľnosti
úpravy diskontnej sadzby	– založená na princípe: čím vyššie je riziko IP, tým vyššiu diskontnú sadzbu je potrebné zvoliť pre výpočet finančného kritéria, – výpočet sa realizuje pomocou priemernej očakávanej hodnoty peňažných tokov (nezohľadňuje riziko IP) a diskontnej sadzby, ktorá riziko zohľadňuje. Pri jej stanovení sa môže uplatniť tento postup: IP s nízkym rizikom: diskontná sadzba < priemerné náklady na kapitál o 1 % - 3 %. IP s priemerným rizikom: diskontná sadzba = priemerné náklady na kapitál. IP s vysokým rizikom: diskontná sadzba > priemerné náklady na kapitál o 2 % - 5 %.	Napr. ČSH ≥ 0 Žiadúci Vývoj: maximum
koeficientov istoty	– založená na úprave peňažného toku koeficientom istoty, – hodnota koeficientov istoty je od 0 do 1; platí: čím je koeficient istoty vyšší, tým sú očakávané peňažné toky istejšie, – hodnoty koeficientov stanovujú finanční manažéri, spravidla intuitívne.	

Zdroj: vlastné spracovanie podľa [6]

Finanční odborníci preferujú metódu koeficientov istoty, pretože pri výpočte oddeľuje časovú hodnotu a riziko. To znamená, že najskôr sa upravujú peňažné toky o riziko a následne upravené „isté“ peňažné toky sa prepočítajú bezrizikovou diskontnou sadzbou na ich súčasnú hodnotu.

Pravdepodobnostné metódy vychádzajú z väčšieho počtu scenárov a dôsledne rešpektujú riziko a neistotu. Medzi tieto metódy patria simulačná metóda Monte Carlo a rozhodovacie stromy. *Metóda Monte Carlo* umožňuje riešiť multidimenzionálne problémy. Využíva sa v situáciách, keď nie je možné požadovaný výsledok priamo spočítať, napríklad formou vzorca, ale je potrebné pomocou výpočtovej techniky postup simulovať. Hlavné komponenty metódy sú:

- a) Náhodné vstupné premenné. Tie sú definované pravdepodobnostným rozdelením, ktoré môže byť získané na základe teoretických vedomostí alebo z reálnych historických údajov.
- b) Systémový model. Simulácie sa realizujú na vytvorenom simulačnom modeli, ktorý pomocou matematických väzieb sleduje vzťah medzi výstupnou premennou a viacerými vstupnými premennými, pričom aspoň jedna z nich musí mať stochastický charakter. Pri konštrukcii simulačného modelu je potrebné dodržať kompromis medzi presnosťou a komplexnosťou modelu a efektívnosťou jeho výpočtu.
- c) Výstupy simulácie. Výstupy sú generované v číselnej podobe a to formou štatistických údajov (štandardná odchýlka, rozptyl, šikmosť, ...), finančných kritérií, či rôznych reportov; alebo v grafickej podobe formou grafu pravdepodobnostného rozdelenia výstupnej premennej (histogramu).
- d) Záznam výsledkov simulácií. Výsledky z každej simulácie je vhodné archivovať (záznam vstupných premenných aj výstupnej premennej) z dôvodu analýzy výsledkov simulácie a tiež preskúmania celkového správania sa systému.

Simulácie metódou Monte Carlo sú realizované pomocou softvérových produktov, ako @RISK, Risk Simulator a Crystal Ball.

Rozhodovacie stromy umožňujú stanoviť optimálnu stratégiu riešeného problému postupným určovaním optimálnych rozhodnutí v jednotlivých etapách rozhodovacieho procesu, pričom postup riešenia začína vždy od konca rozhodovacieho stromu. Grafické zobrazenie viacetapového rozhodovacieho procesu je pomocou uzlov (rozhodovacích a situačných) a hrán, ktoré z nich vychádzajú. Postup riešenia má dva kroky, ktoré sa opakujú pre jednotlivé etapy rozhodovacieho stromu. Najskôr sa vypočíta stredná hodnota zvoleného finančného kritéria pre situačné uzly poslednej etapy rozhodovacieho procesu, následne sa vyberie variant s najlepšou strednou hodnotou finančného kritéria.

Štatistické metódy umožňujú priame číselné určenie rizika. Zohľadnenie rizika sa realizuje pomocou štatistických charakteristík variability a zvoleného finančného kritéria, ktorým je posúdená ekonomická efektívnosť investičného projektu. Uplatňujú sa pri rozhodovaní o výbere investičného variantu / projektu zo súboru prijateľných investičných variantov / projektov. Rozhodovanie za rizika sa uskutočňuje pomocou pravidiel strednej hodnoty a rozptylu (Tab. 2), resp. strednej hodnoty a variačného koeficienta a pravidiel stochastickej dominancie (Tab. 3).

Výsledkom rozhodovania za rizika je určenie projektov (dominovaných), ku ktorým v súbore prijateľných projektov existuje výhodnejší projekt (dominujúci). Dominované projekty sa zo súboru vylúčia a ostáva len menší súbor nedominovaných projektov, označovaný ako súbor efektívny.

Tab. 2 Pravidlo strednej hodnoty a rozptylu

Princíp pravidla strednej hodnoty a rozptylu	
Predpoklady použitia	1. <i>Averzný postoj k riziku.</i> 2. <i>Približná symetria rozdelenia pravdepodobnosti finančného kritéria jednotlivých variantov / projektov.</i> 3. <i>Do súboru hodnotených variantov / projektov sa nezahrňujú tie, ktoré majú výrazne odlišnú strednú hodnotu finančného kritéria (vplyv rozsahu a ekonomickej efektívnosti).</i>
Kritériá hodnotenia	Stredná hodnota a rozptyl finančného kritéria, finančné kritérium = kľúčové kritérium hodnotenia.
Pravidlá rozhodovania	Projekt A je výhodnejší pred projektom B , ak má: – <i>obidve kritériá lepšie</i> , t. j. vyššiu strednú hodnotu finančného kritéria a nižší rozptyl, – <i>jedno kritérium lepšie a druhé rovnaké.</i> Pravidlo je nepoužiteľné , ak projekt A je <i>lepší v jednom a horší v druhom hodnotiacom kritériu ako projekt B</i> , nepoužiteľnosť pravidla platí len pre aplikované finančné kritérium.
Poznámka	Ak tretí predpoklad použitia nie je dodržaný, odporúča sa použiť pravidlo strednej hodnoty a variačného koeficienta , ktoré funguje rovnako ako pravidlo strednej hodnoty a rozptylu.

Tab. 3 Pravidlá stochastickej dominancie

Princípy pravidiel stochastickej dominancie	
Predpoklady použitia	– <i>Lubovoľný tvar rozdelenia pravdepodobnosti finančného kritéria (tvar symetrický, nesymetrický).</i> – <i>Vedomosti o pravdepodobnostných rozdeleniach a štatistických charakteristikách.</i>
Princípy pravidiel stochastickej dominancie	
Kritériá hodnotenia	– <i>Hodnota finančného výnosového kritéria: ČSH, zisk, cash flow, ...</i> – <i>Štatistické charakteristiky výnosového kritéria: stredná hodnota, rozptyl, šikmosť, horná a dolná hranica, ...</i>
Prvé pravidlo stochastickej dominancie	
Pravidlá rozhodovania	<i>Pravidlo preferuje vyššiu hodnotu výnosového kritéria, bez ohľadu na postoj k riziku.</i> Projekt A je výhodnejší pred projektom B , ak: – <i>graf distribučnej funkcie projektu A leží vpravo od grafu projektu B a grafy sa navzájom nepretínajú.</i>
Nedostatok	Pravidlo nepoužiteľné ak grafy distribučných funkcií výnosového kritéria sa pretínajú.
Druhé pravidlo stochastickej dominancie	
Pravidlá rozhodovania	<i>Pravidlo posudzuje veľkosti plôch vymedzené grafmi distribučných funkcií hodnotených rizikových variantov / projektov, ktoré sa navzájom pretínajú.</i> <i>Pravidlo platí pre averzný postoj k riziku.</i> Projekt A je výhodnejší pred projektom B , ak: – <i>plocha medzi grafmi distribučnej funkcie projektu A, ktorý leží vpravo od grafu projektu B bude väčšia ako plocha medzi týmito grafmi vľavo kde leží graf distribučnej funkcie B.</i>

Záver

Zohľadnenie rizika pri hodnotení ekonomickej efektívnosti investičného projektu vedie k zvýšeniu pravdepodobnosti úspechu projektov, prijatiu prijateľného rizika s primeraným zabezpečením voči možnému neúspechu a zníženiu nebezpečenstva takého neúspechu projektov, ktoré by malo nepriaznivé dôsledky na finančnú stabilitu podniku. Naopak, nerešpektovanie rizika môže viesť k prijatiu nesprávnych rozhodnutí, ktoré môžu ohroziť samotnú existenciu podniku.

Výber metód pre kvantifikáciu a hodnotenie rizika a ich miera sofistikovanosti by mala zodpovedať zložitosti rozhodovacieho problému. Medzi hlavné determinanty výberu metód patria významnosť rizika, zložitosť problému, dostupnosť údajov, softvér a jeho zvládnutie a tiež náklady s tým spojené. Súčasné neisté podnikateľské prostredie len potvrdzuje, že tradičné metódy na kvantifikáciu rizika sú nepostačujúce. Výber metód je potrebné orientovať



na pravdepodobnostné metódy, kde v súčasnej dobe významné miesto patrí metóde Monte Carlo.

Príspevok je posudzovaný dvoma recenzentmi.

Príspevok bol riešený v rámci projektov KEGA 019TUK-4/2022 a VEGA 1/0340/21.

Literatúra

- [1] FOTR, J., SOUČEK, I.: Investiční rozhodování a řízení projektů. Jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2011, s. 416. ISBN 978-80-247-3293-0.
- [2] KÁDÁROVÁ, J., JANEKOVÁ, J.: Riadenie investičného rozvoja podniku. 1. vyd. Košice: TU, Sjf, 2021, 150 s. ISBN 978-80-553-0429-8.
- [3] KORECKÝ, M., TRKOVSKÝ, V.: Management rizik projektů se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN 978-80-247-3221-3.
- [4] MIHOK, J. et al.: Integrated Enterprise Management and Production Quality. 1. vyd. Dusseldorf: A&A Digitalprint GmbH. 2017, 452 p. ISBN 978-3-00-055589-3.
- [5] STN ISO 31000 Manažérstvo rizika. Zásady a návod. Slovenský ústav technickej normalizácie, Bratislava, 2011, s.40.
- [6] VALACH, J.: Investiční rozhodování a dlouhodobé financování. 2. prepracované vyd. Praha: Ekopress, s.r.o., 2006, 465s. ISBN 80-86929-01-9.

Kontaktné adresy

doc. Ing. Jaroslava Janeková, PhD.

doc. Ing. Alžbeta Suhányiová, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného a digitálneho inžinierstva, Park Komenského 9, 042 00 Košice, Slovensko

e-mail: jaroslava.janekova@tuke.sk

alzbeta.suhanyiova@tuke.sk



EFFECTS OF INTANGIBLE ASSETS ON MARKET VALUE: WHAT DOES REALLY MATTERS?

Jozef GLOVA – Darya DANCAKOVÁ – Alena ANDREJOVSKÁ – Michal
GIMERSKÝ – Vladimíra GIMERSKÁ

Abstract: In our study we examine the role what intangibles assets play in the firm market valuation besides firm-specific effects. Based on reduced database of 250 publicly traded companies from France, Germany and Switzerland, the study provides an extension of previous knowledge about the effect the intangibles might have on investor perception of company value. Although the results show the positive impact of intangible assets on companies' market value, we suggest that investors still assess companies based on their profitability rather than considering the information on intangible assets the enterprises disclose in their financial statements.

Keywords: intangible assets, market value, profitability, panel regression.

Introduction

Over the past decades, we have witnessed a sustained increase in investment incorporate intangible assets and research and development (R&D) projects what has been researched by Andersson and Saiz [1]. This phenomenon occurs together with the increasing share of intangible assets market value in the global equity indices. For instance, according to Elsten and Hill [2] in 2015, the intangible assets market value accounted for almost 85% of US companies' enterprise value in the S&P 500 and nearly 71% of European companies' value in S&P 350. The Brand Finance GIFT [3] study showed that the intangible value for the S&P 500 reached a record value of \$21 trillion in 2018, which means a 128% increase compared to 2005. The leading multinational corporations' reported intangible assets such as Pfizer, Johnson & Johnson, Microsoft, and Facebook accounted for more than 95% of their market value in 2018. The relevant literature often stresses corporate intangible assets' potential to positively impact a company's value creation and competitiveness [4,5, 6, 7, 8, 9]. To respond flexibly to a continuously changing market, companies should develop the skills and capabilities needed to generate new knowledge. In this context, a process of knowledge acquisition in a company closely links to firms' investments in intangibles in the form of R&D expenditures [10,11]. It is necessary to note that performing R&D activities discovers new knowledge and creates valuable intangible assets. Although the intangibles play an unprecedented role in modern enterprises' business development, the actual value of corporate intangibles can not be fully recognised and disclosed in financial statements due to the persistent conservatism of international accounting principles. According to IFRS IAS 38, the accounting disclosure of intangible assets is necessary to fulfil recognition criteria such as identifiability, controllability, and guarantee of future economic benefits. Although meeting these three attributes of intangible assets is from the broader definition of intangibles (including intellectual capital) still a critical issue. The information on intangibles contained in financial statements often does not reflect the hidden intangible value of the company and thus makes it impossible to quantify the value of corporate intellectual capital (IC), as well as to identify an extent the intellectual capital benefits to the firm [12]. Nevertheless, we believe that knowledge of how the investments in intangibles reported in financial statements impact the company's market value may be beneficial in a diversity of ways for potential investors and managerial decision-making at a corporate level.



Research Methodology

The aim of this paper is to determine the impact of intangible corporate assets on companies' market valuation approximated by Tobin's Q. Referring to this aim, the following research questions (RQ) are set:

RQ1: Is there a statistically significant positive impact of the intangible assets' intensity on companies' market valuation?

RQ2: Is there a statistically significant positive impact of corporate R&D activities on companies' market valuation?

RQ3: Is there a statistically significant positive impact of corporate patents and trademarks on companies' market valuation?

We analyze the data obtained from the "Orbis" database, which is a database of comparable financial and business information on European public and private companies. Initially, retrieved data included 4687 enterprises representing 18 European countries for the ten-year period from 2009 to 2018. After inaccurate and missing records have been removed from the extracted data set initially, the data sample was reduced to only 250 companies representing different sectors and included in particular a piece of information on investments in intangible assets for the period from 2009 to 2018. The geographical coverage of the final data set is Germany, France, and Switzerland. The sectoral structure of our final dataset consists of 5 groups representing different areas of business sectors, specifically NACE Rev.2 Section M covering scientific, and technical activities; NACE Rev.2 Section C covering manufacturing sector; NACE Rev.2 Section J covering information and telecommunication services; NACE Rev.2 Section K covering finance and insurance activities; and group S consist of very different industries, this sector will not be analyzed and interpreted separately. However, we decided to include the data covered by sector S in our analysis to maintain the number of observations.

In our study we used following dependent variable MV (Tobin's Q = market capitalisation/book value of total assets), two independent variables IABV (Intangible assets intensity = book value of intangible assets/book value of total assets) and TABV (Tangible assets intensity = book value of tangible assets/book value of total assets), plus five control variables CashBV (Cash holdings intensity = book value of cash holdings / book value of total assets), EBITDABV (Profitability = EBITDA / book value of total assets), LEV (Leverage = long-term debt/book value of total assets), SIZE (Company size expressed as the natural logarithm of the total number of employees), AGE (Firm age expressed as the number of years of incorporation of the company); and three dummy variables R&D_dummy (Dummy variable, which takes the value 0 or 1 to indicate the absence or presence of R&D expenditures for the corresponding year), PATRADE_dummy (Dummy variable, which takes the value 0 or 1 to indicate the absence or presence of registered patents and trademarks in the company) and Country_Sector (The categorical variable referring to the individual country or sector).

Using the data as described in the section above, we examined and discussed the impact of intangible corporate assets along with diverse firm-specific characteristics on firms' market valuation. A regression analysis of panel data was performed to find the most suitable model for describing the relationship between independent and dependent variables. The basic framework for our analysis is a regression model of the form:

$$y_{it} = x'_{it}\beta + z'_{it}\alpha + \varepsilon_{it}$$

Where x_{it} contains K regressors without a constant term, $z_{it}\alpha$ includes heterogeneity or individual effects, and it also contains a constant term along with a set of individual or group-specific variables, which may be observed or unobserved, but they are taken to be constant over time t .

Research Methodology

Our findings point out important differences that may exist among different business sectors and countries analysed. Table 1 shows the estimates of the time-fixed effects model parameters. Table 1 demonstrates the summary results of the analysis carried out for the whole dataset (Complex model) as well as for each of the countries and sectors being concerned (Germany, France, Switzerland). Estimates of the parameters of the Complex model shown in the table indicate the existence of a positive effect of the intensity of intangible corporate assets (IABV) on Tobin's Q of the analysed sample of companies. However, it should be noted that this relationship is not statistically significant. Therefore, it is not possible to confirm the assumption that there is a statistically significant positive effect of the reported intangible assets on the companies' market valuation. This result was most likely to be caused by the individual characteristics of the specific companies that had been included in the dataset. With respect to the existing differences between companies operating in different sectors and countries, besides the complex model, we decided to construct partial models for each country and business sector separately.

Table 1. Panel regression results of the impact of particular variables on market value in the selected countries.

	Complex GERMANY					FRANCE						SWITZERLAND
	Model	DE	DE_C	DE_J	DE_M	FR	FR_C	FR_S	FR_J	FR_K	FR_M	CH
IABV	0.717 (0.427)	0.287 (0.513)	-0.559 (1.212)	1.565* (0.732)	-1.743 (1.109)	0.788 (0.453)	1.065** (0.410)	0.108 (0.241)	2.500 (1.775)	0.060 (0.323)	0.758* (0.320)	3.733*** (0.923)
TABV	0.123 (0.207)	-1.016 (1.355)	0.475 (2.381)	3.139** (0.988)	-7.939** (2.537)	0.183 (0.226)	0.057 (0.359)	-0.051 (0.256)	0.246 (1.688)	-0.264 (0.227)	0.238 (0.351)	2.311 (1.439)
EBITDABV	3.926*** (1.441)	10.594*** (2.762)	12.158** (3.830)	1.323 (1.116)	12.009*** (2.746)	1.924 (1.070)	3.334*** (0.780)	2.927*** (0.644)	3.095** (1.095)	0.789 (0.410)	1.426 (1.731)	11.891*** (1.111)
LEV	-0.874* (0.413)	0.095 (1.069)	-0.914 (1.856)	-1.848 (1.766)	2.095 (1.587)	-0.860 (0.483)	-0.875* (0.427)	-0.048 (0.297)	-2.850 (1.653)	0.098 (0.296)	-0.835 (0.473)	-1.292* (0.516)
CashBV	1.604* (0.686)	4.168*** (1.264)	4.902** (1.723)	2.039 (1.405)	-0.002 (1.429)	1.041 (0.589)	1.026** (0.334)	0.547 (0.419)	-0.961 (2.445)	-0.028 (0.326)	1.934*** (0.569)	3.999** (1.408)
SIZE	-0.055 (0.034)	-0.036 (0.063)	-0.045 (0.083)	0.944* (0.383)	-0.100* (0.040)	-0.048 (0.036)	0.053 (0.043)	-0.022 (0.018)	-0.176 (0.160)	-0.021 (0.018)	-0.033 (0.024)	-0.110 (0.112)
AGE	-0.002 (0.001)	-0.001 (0.001)	-0.003 (0.002)	-0.162 (0.101)	0.000 (0.001)	-0.002 (0.002)	-0.004 (0.003)	0.000 (0.002)	-0.019 (0.012)	0.004 (0.004)	-0.001 (0.003)	-0.002 (0.002)
R&D	0.328*** (0.083)					0.129* (0.065)	0.110 (0.086)	0.005 (0.092)	-0.305 (0.352)	0.030 (0.081)	0.208 (0.107)	
PATRADE	0.230* (0.109)	0.088 (0.221)			0.752*** (0.201)	0.274* (0.111)	0.131 (0.092)	0.122 (0.088)	1.305 (0.800)	0.097 (0.099)	0.247* (0.106)	
SEKTOR C	0.114 (0.135)	0.497 (0.312)				-0.026 (0.090)						1.229* (0.532)
Clustering of random errors:	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes



The number of observations:	2500	300	130	40	100	2110	300	470	300	290	750	90
R ²	0.248	0.647	0.676	0.857	0.815	0.144	0.502	0.346	0.189	0.148	0.273	0.864
Adjusted R ²	0.242	0.624	0.630	0.757	0.776	0.136	0.470	0.320	0.137	0.091	0.256	0.832

Based on the results of our analysis, we were able to confirm the hypotheses proposed for this study partially. The RQ1 on the statistically significant positive effect of the intangible assets' intensity on the companies' market value was not confirmed positively within the complex model. However, RQ2 and RQ3 were confirmed positively in the complex model. Therefore it can be concluded that investors respond positively to the presence of innovation-related activities in companies. Our findings are consistent with the study proposed by Hall and Oriani [13], who analysed a set of 2 156 publicly traded manufacturing companies for the period between 1989 and 1998, including German and French firms, and demonstrated that the market positively assesses the presence of R&D expenses, especially in German and French companies. From the perspective of intellectual capital development, it is necessary to note that the average market value of companies in the dataset we used (MV=0.80) suggests that firms did not tend to use intellectual capital as a tool to identify those types of intangible assets which due to persisting conservatism in accounting practices could not be recognised in the balance sheet. However, it should be pointed to the fact that companies operating in the manufacturing sector as well as in the sector related to the information and communication activities proved to have their Q Ratios greater than 1. At the same time, the mentioned two sectors proved to have the highest average levels of R&D intensity among business industries from our dataset. In terms of innovation performance, it must be noted that the average R&D intensity level was extremely low. Even the median R&D intensity in the dataset was zero. The findings from the data description analysis potentially point out the following issues: 1) the companies may not perform R&D related activities, or 2) they may not disclose the information about R&D activities performed within the company. Uppenbergh [14] seemed to be convinced that the low R&D intensity is the main reason why the European countries are lagging behind the USA in terms of economic growth. When looking at the innovation output represented by the total numbers of patents and trademarks registered by the company, descriptive analysis shows large discrepancies between companies concerned. The highest number of registered patents and trademarks was recorded in the manufacturing sector. The presence of patents and trademarks in companies is often a result of successfully implemented R&D projects in the past. However, it must be stressed that there is not a clear causality between the total number of registered patents and R&D expenditures incurred in association with R&D activities. Our results show that the market responds positively to the R&D activities performed by the company, and conversely, does not consider the reported book value of companies' intangible assets. These findings reflect those of Grandi et al. [15], Hall and Oriani [13], and Clausen and Hirth [16], who also found that market value is greater when companies disclose information about the amount spent on R&D related projects. Unlike other research carried out in this area by Saif-Alyousfi et al. [17], we did not find a significant effect of companies age on their motivation to invest more into intangibles which should potentially be reflected in the increase of the market value.

Conclusion

Our study provides an extension of previous knowledge about the effect intangible assets may have on the investors' view of a company's value. The value added of this paper is the empirical evidence of a possible link between the intangible assets' disclosure and the market value of



German, French and Swiss enterprises. The importance of our contribution lies in a comparative analysis carried out to reveal substantial differences in the impact of intangible assets and innovation activity on firms' market value in three European countries and across four industry sectors. Although the results show the positive impact of intangible assets on companies' market value, we suggest that investors still assess companies based on their profitability rather than considering the information on intangible assets the enterprises disclose in their financial statements.

Acknowledgement

We gratefully acknowledge the funding of this paper by the Slovak Grant Agency of the Ministry of Education of the Slovak Republic and Slovak Academy of Sciences (VEGA), project no. 1/0673/21 on Analysis of Economic Perspectives of Industry 4.0 in Terms of the Impact of Intangibles on the Profitability and Market Value of Industrial Companies

References

- [1] ANDERSSON, M., SAIZ, L.: Investment in intangible assets in the euro area. *Economic Bulletin Boxes*, 2018, 7. <https://doi.org/10.2866/15875>
- [2] ELSTEN, C., HILL, N.: Intangible Asset Market Value Study?. *les Nouvelles-Journal of the Licensing Executives Society* 2017, 52(4).
- [3] BRAND FINANCE GIFT. Global Intangible Finance Tracker (GIFTTM) – an annual review of the world's intangible value 2019. https://brandfinance.com/wp-content/uploads/1/gift_2.pdf.
- [4] GLOVA, J., MRAZKOVA, S., DANCAKOVA, D.: Measurement of Intangibles and Knowledge: An Empirical Evidence. *Ad Alta - Journal of Interdisciplinary Research* 2019, 8(1), 76-80.
- [5] SULLIVAN, P. H.: Value driven intellectual capital: how to convert intangible corporate assets into market value. John Wiley & Sons 2000
- [6] FIRER, S.: Using intellectual capital as a success strategy in South Africa. *Southern African Business Review* 2005, 9(1), 1-20.
- [7] MADHANI, P. M.: Intangible assets: Value drivers for competitive advantage. In *Best practices in management accounting* 2012, 146-165. https://doi.org/10.1057/9780230361553_10
- [8] THUM-THYSEN, A., VOIGT, P., MAIER, C., BILBAO-OSORIO, B., OGNYANOVA, D.: Unlocking investment in intangible assets in Europe. *Quarterly Report on the Euro Area (QREA)* 2017, 16(1), 23-35. <https://doi.org/10.2765/960357>
- [9] BEREZINETS, I., ILINA, Y., GARANINA, T.: Intellectual capital of a board of directors and its elements: introduction to the concepts. *Journal of Intellectual Capital* 2016, 17(4), 632-653. <https://doi.org/10.1108/JIC-01-2016-0003>
- [10] GLOVA, J., DANCAKOVA, D., SULEIMENOVA, SH.: Managerial Aspect of Intangibles: Own Development or External Purchased Intangible Assets – What Does Really Count? *Polish Journal of Management Studies* 2018, 18(2), 84-93. <https://doi.org/10.17512/pjms.2018.18.2.07>
- [11] GALINDO-RUEDA, F., VERGER, F.: OECD taxonomy of economic activities based on R&D intensity 2016. <https://doi.org/10.1787/5jlv73sqqp8r-en>
- [12] FINCHAM, R., ROSLENDER, R.: Intellectual capital accounting as management fashion: a review and critique. *European accounting review* 2003, 12(4), 781-795. <https://doi.org/10.1080/09638180310001628464>



- [13] HALL, B. H., ORIANI, R.: Does the market value R&D investment by European firms? Evidence from a panel of manufacturing firms in France, Germany, and Italy. *International Journal of Industrial Organization* 2006, 24(5), 971–993. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2005.12.001>
- [14] UPPENBERG, K.: R&D in Europe: Expenditures across sectors, regions and firm sizes. CEPS 2009.
- [15] GRANDI, A., HALL, B. H., ORIANI, R.: R&D and financial investors. *Evaluation and Performance Measurement of Research and Development*, Cheltenham, UK: Edward Elgar 2009, 143-165. <https://doi.org/10.4337/9781849801942.00011>
- [16] CLAUSEN, S., HIRTH, S.: Measuring the value of intangibles. *Journal of Corporate Finance*, 2016, 40, 110-127. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2016.07.012>
- [17] SAIF-ALYOUSFI, A. Y., MD-RUS, R., TAUFIL-MOHD, K. N., TAIB, H. M., SHAHAR, H. K.: Determinants of capital structure: evidence from Malaysian firms. *Asia-Pacific Journal of Business Administration* 2020, 12(3/4), 283-326. <https://doi.org/10.1108/APJBA-09-2019-0202>

Contact address

doc. Ing. Jozef Glova, PhD.

Technical University of Kosice, Faculty of Economics, Nemcovej 32, 04200 Kosice, Slovakia
e-mail: jozef.glova@tuke.sk

Ing. Darya Dancaková, PhD.

Technical University of Kosice, Faculty of Economics, Nemcovej 32, 04200 Kosice, Slovakia
e-mail: darya.dancakova@tuke.sk

doc. Ing. Alena Andrejovská, PhD.

Technical University of Kosice, Faculty of Economics, Nemcovej 32, 04200 Kosice, Slovakia
e-mail: alena.andrejovska@tuke.sk

Ing. Michal Gimerský

Technical University of Košice, Faculty of Economics, Nemcovej 32, 04200 Kosice, Slovakia
e-mail: michal.gimersky@gmail.com

Ing. Vladimíra Gimerská

Technical University of Košice, Faculty of Economics, Nemcovej 32, 04200 Kosice, Slovakia
e-mail: gimerska.vladimira@gmail.com



DETERMINÁCIA VPLYVU DAŇOVO NEUZNANÝCH NÁKLADOV A VÝNOSOV V PROCESE TVORBY ZÁKLADU DANE V PRIEMYSELNOM PODNIKU

DETERMINATION OF THE IMPACT OF TAX- UNRECOGNIZED COSTS AND REVENUES IN THE PROCESS OF SETTING THE TAX BASE IN AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Alžbeta SUHÁNYIOVÁ – Jaroslava JANEKOVÁ

Abstrakt: Daňový zákon Slovenskej republiky uznáva pri výpočte daňového základu pre daň z príjmov právnických osôb len časť nákladov a výnosov zaúčtovaných v účtovníctve, alebo stanoví limit na ich uznanie. Je otázne, ako tieto úpravy vplývajú alebo nevplývajú na základ dane, splatnú daň z príjmu a sumu výsledku hospodárenia po zdanení, ktorá je určená najmä na rozdelenie medzi vlastníkov (akcionárov) formou podielu na zisku alebo dividend. Cieľom tohto príspevku je skúmať proces výpočtu výsledku hospodárenia, mieru vplyvu daňovo neuznaných položiek na výšku základu dane z príjmov, splatnej dane z príjmov, ako aj na výšku výsledku hospodárenia po zdanení vo vybranom priemyselnom podniku Strojár, s.r.o. v skúmanom období rokov 2019 až 2021. V procese skúmania problematiky boli použité vhodné matematicko-štatistické metódy. Na základe výsledkov výskumu sa zistilo, že pri uplatnení daňovo neuznaných položiek v procese stanovenia základu dane a splatnej dane môže suma daňovo neuznaných položiek výrazne ovplyvniť výšku splatnej dane z príjmov právnických osôb a výsledku hospodárenia po zdanení. Výsledky a závery článku môžu byť využité v praxi pri stanovení dane z príjmov právnických osôb.

Kľúčové slová: priemyselný podnik, výsledok hospodárenia pred zdanením, základ dane, splatná daň, výsledok hospodárenia po zdanení

Abstract: When calculating the tax base for corporate income tax the Tax Code of the Slovak Republic recognizes only a part of the costs and revenues recorded by the accounting or sets a limit for their recognition. It is questionable how these adjustments affect or do not affect the tax base, the income tax payable and the amount of the economic result (profit or loss) after taxation, which is mainly intended for distribution among the owners (shareholders) in the form of profit sharing or dividends. The aim of this paper is to examine the process of calculating the profit/loss, the degree of influence of tax-unrecognized items on the amount of the income tax base, the income tax payable, as well as the amount of the profit/loss after taxation in the selected industrial enterprise Strojár, Ltd. in the investigated period of 2019-2021. Appropriate mathematical and statistical methods were used in the process of examining the issue. Based on the results of the research, it was found that when applying non-taxable items in the process of determining the tax base and payable tax, the amount of non-taxable items can significantly affect the amount of corporate income tax payable and the after-tax profit/loss. The results and conclusions of the article can be used in practice when determining the corporate income tax level.

Keywords: industrial enterprise, profit/loss before tax, tax base, tax payable, profit/loss after tax

Úvod

Dane sú v trhovej ekonomike veľmi významným ekonomickým i politickým nástrojom. Predstavujú takmer 90 % zo všetkých príjmov štátneho rozpočtu. Najpoužívanejšou definíciou dane je podľa Širokého tá, ktorá definuje daň ako povinnú, zákonom vopred stanovenú čiastku, ktorou sa odčerpáva časť nominálneho dôchodku ekonomického subjektu na nenávratnom princípe (Široký 2008, str. 7).

Dane možno klasifikovať podľa rôznych kritérií, napr. podľa prijímateľa daňového výnosu, podľa spôsobu platenia, podľa ekonomických dôsledkov a pod. Za najdôležitejšie možno považovať podľa Baštincovej (2016, str. 45) členenie daní podľa ich vplyvu na daňové subjekty, tzn. členenie daní na:

- priame a
- nepriame.

Priame dane sa vyberajú priamo od daňovníka, ktorého príjmy alebo majetok podliehajú dani. Ide o daň z príjmov a daň z majetku. Nepriame dane často nazývame tiež dane zo spotreby, ktoré spravidla od daňovníkov vyberá platiteľ dane. Ide konkrétne o daň z pridanej hodnoty a spotrebné dane.

Daň z príjmov charakterizuje Paulíčková (2006, str. 12) ako najvýznamnejší druh priamych daní, ktoré postihujú univerzálne všetky príjmy fyzických aj právnických osôb. Tomu zodpovedá aj konštrukcia normatívnej právnej úpravy daní z príjmov, ktorá je komplexná a kompaktná, zahŕňajúca v jednej zákonnej právnej úprave reguláciu dvoch daní – daň z príjmov fyzických osôb a daň z príjmov právnických osôb.

Daň z príjmov fyzických osôb je univerzálna daň postihujúca všetky príjmy fyzických osôb podliehajúcich zdaneniu touto daňou.

Daň z príjmov právnických osôb je daň korporatívneho typu (Krištofik 2009). Subjektmi tejto dane sú právnické osoby a predmetom dane sú príjmy, resp. výnosy zo všetkých činností a z nakladania so všetkým majetkom, okrem zákonodarcom ustanovených výnimiek.

Základom dane je kvantitatívne vyjadrenie predmetu dane. Je to to, z čoho sa vypočíta daň (Schultzová 2011, s.36). Základom dane z príjmov právnických osôb sa v zmysle § 14 aktuálneho zákona 595/2003 Z.z. o dani z príjmov rozumie rozdiel, o ktorý zdaniteľné príjmy prevyšujú daňové výdavky pri rešpektovaní vecnej a časovej súvislosti príjmov a výdavkov v príslušnom zdaňovacom období. Pri zisťovaní základu dane z príjmov právnických osôb účtujúcich v sústave podvojného účtovníctva sa podľa Suhányiovej (2019) vychádza z výsledku hospodárenia pred zdanením. Pri transformácii výsledku hospodárenia na základ dane sa upravuje výsledok hospodárenia zistený v účtovníctve o pripočítateľné a odpočítateľné položky podľa zákona o dani z príjmov, t.j. o daňovo neuznané položky, ktoré zvyšujú alebo znižujú základ dane.

Medzi položky zvyšujúce výsledok hospodárenia (nazýva sa aj ako daňovo neuznané náklady alebo pripočítateľné položky) patria napríklad:

- náklady vynaložené na reprezentáciu, okrem výdavkov na reklamné predmety v hodnote neprevyšujúcej 17 eur za jeden predmet,
- manká a škody presahujúce prijaté náhrady, okrem škody vzniknutej v dôsledku živelných pohromy (napr. povodne, krupobitia, lavíny, zemetrasenie) alebo spôsobenej neznámym páchatelom,
- kladný rozdiel medzi účtovnými a daňovými odpismi dlhodobého hmotného majetku (účtovné odpisy sú vyššie ako daňové odpisy),
- poskytnuté dary,

- náklady vynaložené na spotrebované pohonné látky nad limit, ktorý je stanovený v technickom preukaze motorového vozidla,
- cestovné náhrady poskytnuté nad limit, ktorý je stanovený zákonom o cestovných náhradách,
- provízie za sprostredkovanie u prijímateľa služby, a to aj ak ide o sprostredkovanie na základe mandátnych zmlúv alebo obdobných zmlúv najviac do výšky 20 % z hodnoty sprostredkovaného obchodu (nevzťahuje sa to na banku, poisťovňu, zaistovňu a na subjekt osobitného predpisu) – znížiť daňový základ môžu až po zaplatení,
- pokuty, penále a úroky z omeškania účtované do nákladov – znížiť daňový základ môžu až po zaplatení,
- náklady vynaložené na poradenské a právne služby – znížiť daňový základ môžu až po zaplatení,
- náklady vynaložené na marketingové a iné štúdie a na prieskum trhu – znížiť daňový základ môžu až po zaplatení,
- náklady na získanie noriem a certifikátov – znížiť daňový základ môžu až po zaplatení,
- tvorba rezerv, okrem tvorby tých rezerv, ktoré zákon o dani z príjmov uznáva za daňové výdavky, ako napríklad rezerva na vyprodukované emisie, rezerva na náhradu mzdy za nevyčerpané dovolenky,
- tvorba opravných položiek, okrem tvorby opravných položiek, ktoré zákon o dani z príjmov uznáva za daňové výdavky, ako napríklad tvorba opravných položiek k pohľadávkam voči dlžníkom v konkurznom konaní a reštrukturalizačnom konaní.

Medzi položky znižujúce výsledok hospodárenia (nazýva sa aj ako nezdaniteľné výnosy alebo odpočítateľné položky) patria napríklad:

- záporný rozdiel medzi účtovnými a daňovými odpismi dlhodobého hmotného majetku (účtovné odpisy sú nižšie ako daňové odpisy),
- pokuty, penále a úroky z omeškania účtované do výnosov, zvýšiť daňový základ môžu až po inkasovaní,
- príjmy, z ktorých je daň vyberaná zrážkou (zrážková daň).

Zákon o dani z príjmov od 1. januára 2019 limituje daňovú uznateľnosť aj v prípade príspevku na rekreáciu zamestnanca. Daňovým nákladom právnických osôb je len príspevok poskytnutý na rekreáciu toho zamestnanca, ktorého pracovný pomer u zamestnávateľa trvá nepretržite najmenej 24 mesiacov, ak má zamestnávateľ viac než 49 zamestnancov, zamestnanec o príspevok požiada a zároveň budú splnené aj ďalšie podmienky stanovené Zákonníkom práce (napr. miesto konania rekreácie je na Slovensku). Tento príspevok je daňovo uznaným nákladom len vo výške 55 % výdavkov na rekreáciu zamestnanca, najviac však v sume 275 eur za kalendárny rok.

Základ dane je možné znížiť aj o daňovú stratu počas maximálne štyroch na seba nadväzujúcich daňových období, a to maximálne do výšky 25 % akumulovanej daňovej straty (Jusková 2019). Taktiež možno základ dane upraviť aj o daňové úľavy, medzi ktoré patria:

- úľavy na dani pre príjemcov investičnej pomoci – na desať za sebou idúcich zdaňovacích období za predpokladu schválenia investičnej pomoci,
- úľava na dani pre prijímateľa stimulov na vedu a výskum – na tri na seba nadväzujúce zdaňovacie obdobia v prípade schválenia stimulov,
- automatický odpočet výdavkov na vedu a výskum – 100 % nad rámec uplatnených výdavkov na vedu a výskum v danom zdaňovacom období a 100 % z priemerného nárastu výdavkov na vedu a výskum za predchádzajúce dve zdaňovacie obdobia.

Môžeme teda konštatovať, že v Slovenskej republike sa uplatňuje pri stanovení základu dane z príjmov právnických osôb v zásade kompromisný prístup. Výhodiskom je výsledok hospodárenia zistený v sústave podvojného účtovníctva v zmysle zákona č. 431/2002 Z.z. o účtovníctve, ale upravený mimo účtovníctva o tie náklady a výnosy, ktoré nie sú daňovo uznateľné zákonom o dani z príjmov (Šlosárová 2020, PWC 2022). Táto skutočnosť je zobrazená v tabuľke 1.

Tab. 1 Postup v priebehu výpočtu splatnej dane z príjmov právnických osôb

Činnosti uskutočnené	
v sústave podvojného účtovníctva	v daňovom priznaní k dani z príjmov právnických osôb
výnosy – náklady	→ výsledok hospodárenia pred zdanením daňou z príjmov + položky zvyšujúce výsledok hospodárenia - položky znižujúce výsledok hospodárenia +/- položky upravujúce základ dane alebo daňovú stratu = základ dane (+) alebo daňová strata (-) - odpočet daňovej straty - odpočet nákladov na výskum a vývoj = základ dane znížený o odpočet daňovej straty a nákladov na výskum a vývoj x sadzba dane z príjmov = daň pred uplatnením úľav na dani - úľavy na dani z príjmov = splatná daň z príjmov - zaplatené preddavky na daň z príjmov = daň na úhradu / daňový preplatoč
- daň	
= výsledok hospodárenia po zdanení	←

Zdroj: Vlastné spracovanie podľa Baštinčovej (2016, s.127)

Základnými zložkami, ktoré determinujú výsledok hospodárenia pred zdanením, sú podľa Zalaiho (2016) výnosy a náklady. Výsledok hospodárenia pred zdanením sa jednoducho povedané pretransformuje na základ dane. Pomocou základu dane a stanovenej sadzby dane sa vypočíta výška splatnej dane právnických osôb. Ak od výsledku hospodárenia pred zdanením odpočítame splatnú daň z príjmov, zistíme sumu výsledku hospodárenia po zdanení daňou z príjmu.

Ciele a metódy

Hlavným cieľom výskumu je s využitím kvantitatívnych metód determinovať vplyv daňovo neuznaných nákladov/výnosov v procese tvorby základu dane a stanovenia splatnej dane z príjmov právnických osôb. Na dosiahnutia hlavného cieľa sú vytýčené aj čiastkové ciele výskumu, a to skúmať a zhodnotiť

- proces tvorby výsledku hospodárenia pred zdanením,
- vplyv daňovo neuznaných položiek na výšku základu dane z príjmov, splatnej dane z príjmov právnických osôb, ako aj na výšku výsledku hospodárenia po zdanení.

Prezentovaný výskum je realizovaný na vzorke jedného priemyselného podniku, tzv. jednopřípadovým experimentom. Obchodný názov vybraného skúmaného priemyselného podniku je Strojár, s.r.o., ktorého predmetom činnosti je najmä výroba strojných zariadení. Priemyselný podnik účtuje v sústave podvojného účtovníctva a pri výpočte splatnej dane z príjmov upravuje svoj výsledok hospodárenia pred zdanením na základ dane o daňovo neuznané položky. Vyčíslenie splatnej dane z príjmov právnickej osoby je v súlade s platným zákonom o dani z príjmov v skúmanom období. Skúmaným obdobím je obdobie rokov 2019, 2020 a 2021.

Zdroje použité počas výskumu tvoria účtovné závierky a daňové priznania k dani z príjmov právnických osôb priemyselného podniku Strojár, s.r.o.

V priebehu výskumu sa vyčíslujú absolútne priame ukazovatele (U) analýzy výnosov, nákladov a výsledkov hospodárenia, ktoré vyjadrujú veľkosť analyzovaného javu bez vzťahu k inému javu. Vyčíslujú sa aj ukazovatele súčtovo-rozdielové, ktoré kvantifikujú výšku, rozsah a úroveň analyzovaného javu po aplikovaní aditívnej väzby, ako je napr. výsledku hospodárenia za jednotlivé skúmané roky z hospodárskej činnosti, finančnej činnosti a celkom za podnik sú vypočítané (Bondareva 2020):

$$U = X \pm Y \quad [1]$$

Skúmajú sa číselné hodnoty relatívnych ukazovateľov, ako sú:

- podielové ukazovatele, ktoré vypovedajú o štruktúre skúmanej skutočnosti napr. podiel dane z príjmov podniku na výsledku hospodárenia pred zdanením, podiel výsledku hospodárenia po zdanení na výsledku hospodárenia pred zdanením, ktoré sa počítajú podľa vzorca:

$$U = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^n Y_i} \quad [2]$$

- resp. percentuálna zmena relatívnych ukazovateľov v čase (t, t-1), ktoré ukazujú, o koľko percent sa zmenila hodnota analyzovaného ukazovateľa v jednotlivých rokoch, napr. náklady, výnosy, výsledok hospodárenia:

$$\% \text{ zmeny } U = \frac{Y_R}{Y_{R-1}} \times 100 - 100 \quad [3]$$

Na dosiahnutie stanovených cieľov sú použité aj ďalšie metódy deskriptívnej štatistiky, komparácie, interpretácie, indukcie a dedukcie.

Výsledky a diskusia

V úvodnej časti nášho článku sme poukázali na skutočnosť, že daňový systém Slovenskej republiky rešpektuje základné zásady a princípy zakotvené v účtovných predpisoch pre účtovanie nákladov a výnosov, preto považuje výsledok hospodárenia pred zdanením zistený v sústave podvojného účtovníctva za východiskovú bázu, z ktorej sa po zložitých úpravách zistí základ dane a následne pri uplatnení sadzby dane (ktorá je v ostatných rokoch na úrovni 21 % zo základu dane) aj splatná daň z príjmov právnických osôb.

Absolútne a relatívne ukazovatele súvisiace so stavom a vývojom výnosov, nákladov a výsledku hospodárenia sú uvedené v tabuľke 2. Tieto ukazovatele sú zobrazené aj podľa činnosti skúmaného priemyselného podniku Strojár, s.r.o. v skúmanom období rokov 2019 až 2021.

Tab. 2 Stav a vývoj výnosov, nákladov a výsledku hospodárenia pred zdanením v skúmanom období podľa jednotlivých činností v podniku Strojár



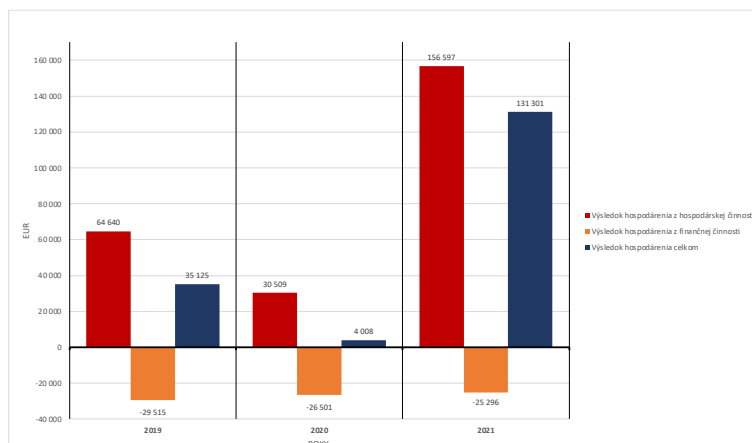
Rok	Výnosy z hospodárskej činnosti (€)	Medziročná zmena (€)	Výnosy z finančnej činnosti (€)	Medziročná zmena (€)	Výnosy celkom (€)	Medziročná zmena (€)	Medziročná zmena (%)
2019	2 479 407		7		2 479 414		
2020	2 330 399	-149 008	36	29	2 330 435	-148 979	- 6,01
2021	2 362 009	31 610	185	149	2 362 194	31 759	+ 1,36
Rok	Náklady na hospodársku činnosť (€)	Medziročná zmena (€)	Náklady z finančnej činnosti (€)	Medziročná zmena (€)	Náklady celkom (€)	Medziročná zmena (€)	Medziročná zmena (%)
2019	2 414 767		29 522		2 444 289		
2020	2 299 890	-114 877	26 537	-2 985	2 326 427	-117 862	-4,82
2021	2 205 412	-94 478	25 481	-1 056	2 230 893	-95 534	-4,11
Rok	Výsledok hospodárenia z hospodárskej činnosti (€)	Medziročná zmena (€)	Výsledok hospodárenia z finančnej činnosti (€)	Medziročná zmena (€)	Výsledok hospodárenia celkom (€)	Medziročná zmena (€)	Medziročná zmena (%)
2019	64 640		-29 515		35 125		
2020	30 509	-34 131	-26 501	3 014	4 008	-31 117	-88,59
2021	156 597	126 088	-25 296	1 205	131 301	127 293	+3 175,97

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe účtovných závierok skúmaného podniku

Najväčšiu časť výnosov tvoria v sledovanom období výnosy z hospodárskej činnosti, a to v každom roku presahuje 99,99 % celkových výnosov. Na základe uvedených je zrejmé, že výnosy z finančnej činnosti tvoria nepatrnú časť výnosov podniku. Celkové výnosy boli najvyššie v roku 2019 a najnižšie v roku 2020. Výrazný pokles výnosov nastal v roku 2020, a to zníženie o 6,01 %, ktorý pravdepodobne zapríčinilo vypuknutie pandémie Covid-19 na Slovensku v marci 2020 a následné uplatnenie rozsiahleho lockdownu, ktorý zasiahol takmer celú slovenskú ekonomiku. V roku 2021 medziročná percentuálna zmena činila už mierne zvýšenie o 1,36 %.

Najvyššie náklady v sledovanom období vynaložil podnik v roku 2019. Najvýraznejšie zníženie celkových nákladov nastalo podobne ako pri výnosoch v roku 2020, a to zníženie o 117 862 eur. V sledovanom období klesli náklady na hospodársku činnosť o 8,67 %, náklady na finančnú činnosť klesli o 13,69 % a celkové náklady o 8,73 %.

Výsledok hospodárenia z hospodárskej činnosti mal najvyššiu hodnotu v roku 2021, kedy dosiahol sumu 156 597 eur, najnižšia hodnota bola vykázaná v roku 2020 v sume 30 509 eur. Výsledok hospodárenia z finančnej činnosti v každom roku sledovaného obdobia dosiahol zápornú hodnotu, teda stratu, ktorá sa počas troch rokov znížila o 4 219 eur. Celkový výsledok hospodárenia v podniku bol každoročne pozitívny. Najvyšší zisk dosiahol podnik v roku 2021 v sume 131 301 eur a najnižší v roku 2020 v sume 4 008 eur. Výsledok hospodárenia z hospodárskej činnosti – zisk – sa zvýšil v sledovanom období o 142,26 %, z finančnej činnosti sa strata znížila o 14,29 % a celkový výsledok hospodárenia podniku – zisk – sa zvýšil o 273,81 %. Môžeme teda konštatovať, že napriek zníženiu nákladov v sledovanom období vo vyššej sume ako výnosov nastalo v podniku v rokoch 2019 až 2021 veľmi výrazné zvýšenie výsledku hospodárenia pred zdanením.



Graf 1 Výsledok hospodárenia pred zdanením podľa činností v rokoch 2019 až 2021

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe účtovných závierok podniku

V nasledujúcej časti sa skúma vplyv úpravy výsledku hospodárenia pred zdanením na daňový základ z príjmov v skúmanom podniku v rokoch 2019 až 2021.

Tab. 3 Položky zvyšujúce výsledok hospodárenia – pripočítateľné položky (v €)

Položka	2019	2020	2021
Výdavky, ktoré nie sú daňovými výdavkami podľa § 21 alebo § 21a zákona o dani z príjmov, alebo ktoré boli vynaložené v rozpore s § 19, z toho:	8 736,89	8 393,82	6 572,58
Spotreba pohonných látok zaúčtovaná v nákladoch presahujúca určenú sumu	1 520,76	1 573,56	1 315,82
Výdavky na reprezentáciu a reklamné predmety okrem alkoholických nápojov	3 113,67	2 115,58	1 462,17
Manká a škody presahujúce prijaté náhrady	318,32	154,80	-
Poskytnuté dary vrátane zostatkovej ceny trvale vyradeného majetku darovaním	750,03	1 446,68	50,00
Tvorba rezerv neuznaná za daňový výdavok	1 860,00	1 960,00	1 860,00
Ostatné výdavky neuznané za daňové výdavky	1 174,11	1 243,20	1 884,59
Sumy, podľa § 17 ods. 19 zákona o dani z príjmov, ktoré neboli zaplatené do konca zdaňovacieho obdobia	2 195,56	21 637,74	3 039,58
Ostatné položky zvyšujúce výsledok hospodárenia	35 174,07	25 561,05	18 394,10
Spolu	46 106,52	55 592,61	65 052,51

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe dostupných údajov podniku

Pripočítateľné položky sa v skúmanom období zvýšili o 18 945,99 eur. Najvyššie boli v roku 2021 a najnižšie v roku 2019. V roku 2021 tieto pripočítateľné položky činili 2,92 % celkových nákladov, v roku 2020 činili 2,39 % a v roku 2019 činili 1,89 % celkových nákladov.

Tab. 4 Položky znižujúce výsledok hospodárenia – odpočítateľné položky (v €)

Položka	2019	2020	2021
Rozdiel, o ktorý daňové odpisy dlhodobého hmotného majetku prevyšujú odpisy tohto majetku uplatnené v účtovníctve	19,33	862,51	-
Sumy, podľa § 17 ods. 19 zákona o dani z príjmov, ktoré boli zaplatené v zdaňovacom období	2 484,91	3 039,58	2 194,37
Ostatné položky znižujúce výsledok hospodárenia	37 003,74	26 626,14	76 814,99
Spolu	39 507,98	30 528,23	79 009,36

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe dostupných údajov podniku

Odpočítateľné položky, podobne ako pripočítateľné položky, boli najvyššie v roku 2021. V sledovanom období sa tieto položky zvýšili o 39 501,38 eur.

Ostatné položky upravujúce základ dane alebo daňovú stratu uplatnil podnik iba v roku 2020. Jednalo sa len o sumu členských príspevkov, ktorá v úhrne prevyšovala 5 % základu dane, a to v sume 1 034,02 eur. Základ dane v roku 2020 bol teda upravený touto položkou z 29 072,38 eur na 30 106,40 eur.

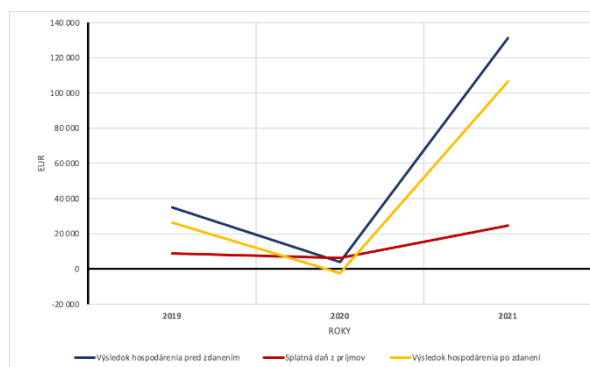
Sledovaný podnik vykonal v zmysle zákona o dani z príjmov úpravu, resp. transformáciu výsledku hospodárenia pred zdanením na základ dane z príjmov. V tabuľke 5 je zobrazený proces úpravy výsledku hospodárenia pred zdanením na základ dane, ako aj ďalšie úpravy, ktoré bolo nutné vykonať pri stanovení daňovej povinnosti právnickej osoby – splatnej dane v zdaňovacom období.

Tab. 5 Úprava výsledku hospodárenia pred zdanením (v €)

Položka	2019	2020	2021
Výsledok hospodárenia pred zdanením	35 125,00	4 008,00	131 301,00
Položky zvyšujúce výsledok hospodárenia	+46 106,52	+55 592,61	+65 052,51
Položky znižujúce výsledok hospodárenia	-39 507,98	-30 528,23	-79 009,36
Položky upravujúce základ dane alebo daňovú stratu	0,00	+1 034,02	0,00
Základ dane, daňová strata	41 723,54	30 106,40	117 344,15
Sadzba dane	21%	21%	21%
Splatná daň z príjmov	8 761,94	6 322,34	24 642,27
Výsledok hospodárenia po zdanení	26 363,06	- 2 314,34	106 658,73

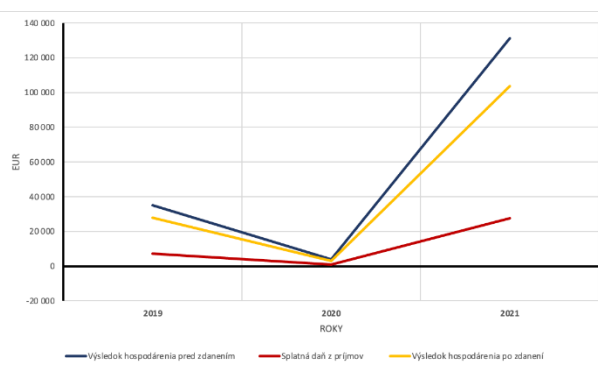
Zdroj: Vlastné spracovanie

Pomocou vyššie uvedených úprav výsledku hospodárenia sme vypočítali základ dane v podniku Strojár. Po uplatnení sadzby dane vo výške 21 % sme v jednotlivých rokoch sledovaného obdobia vypočítali splatnú daň z príjmov, ktorá v roku 2019 bola v sume 8 761,94 eur, v roku 2020 v sume 6 322,34 eur a v roku 2021 v sume 24 642,27 eur. Pri výpočtoch sa použil jednotný spôsob zaokrúhľovania základu dane a splatnej dane, a to matematicky s presnosťou na dve desatinné miesta.



Graf 2 Výsledok hospodárenia a splatná daň pri zohľadnení daňovo uznaných položiek v rokoch 2019 až 2021

Zdroj: Vlastné spracovanie



Graf 3 Výsledok hospodárenia a splatná daň bez zohľadnenia daňovo uznaných položiek v rokoch 2019 až 2021

Zdroj: Vlastné spracovanie

Graf 2 znázorňuje vývoj výsledku hospodárenia pred zdanením, kedy suma splatnej dane z príjmov podniku Strojár sa pri zohľadnení daňovo neuznaných položiek nezvyšuje priamo

úmerne s výškou výsledku hospodárenia. V roku 2019 daň tvorí 24,95%, v roku 2020 tvorí 157,74 % a v roku 2021 tvorí 18,77 % výšky výsledku hospodárenia pred zdanením. Dôkazom uvedeného je napríklad rok 2020, kedy suma splatnej dane vypočítanej z daňového základu pri 21 %-nej sadzbe dane je vyššia o 57,74 % ako suma celkového výsledku hospodárenia pred zdanením v podniku.

Graf 3 zobrazuje vývoj sumy výsledku hospodárenia pred zdanením, splatnej dane z príjmov a výsledku hospodárenia po zdanení daňou z príjmov právnických osôb bez toho, aby sa vykonala úprava výsledku hospodárenia o daňovo neuznané položky, t.j. o pripočítateľné položky, odpočítateľné položky a iné položky upravujúce základ dane podniku. Na grafe vidíme, že splatná daň tvorí každoročne 21 % výsledku hospodárenia pred zdanením.

V prípade porovnania obidvoch spôsobov výpočtu splatnej dane a výsledku hospodárenia po zdanení môžeme konštatovať, že pri uplatnení daňovo neuznaných položiek zaplatil podnik počas troch rokov na daniach 23,31 % a ostalo mu v podniku 76,69 % výsledku hospodárenia pred zdanením. Podnik v tomto prípade vykazoval počas sledovaného obdobia (spolu za roky 2019, 2020 a 2021) účtovný zisk v sume 130 707,45 eur. Ak by podnik nemal povinnosť upraviť výsledok hospodárenia pred zdanením za účely zistenia základu dane, zaplatil by na daniach 21 % a v podniku by ostalo 79 % výsledku hospodárenia pred zdanením, t.j. 134 642,86 eur, čo činí o 3 935,41 eur viac ako v prvom prípade.

Konštatujeme teda, že v sledovanom období v procese stanovenia základu dane podniku Strojár daňovo neuznané položky zvýšili výsledok hospodárenia pred zdanením o 11 %, (+18 740,09 eur). Táto skutočnosť ovplyvňovala počas sledovaného obdobia aj výšku splatnej dane o 11 % (+3 935,41 eur) a výsledok hospodárenia po zdanení o -2,92 % (-3 935,41 eur).

Záver

Celkovú výšku výsledku hospodárenia a výrazným spôsobom ovplyvňuje daň z príjmov, ktorá je súčasťou nákladov podniku. Daň z príjmov ovplyvňuje výsledok hospodárenia po zdanení, t.j. čistý zisk (príp. stratu), ktorý je určený na rozdelenie medzi vlastníkov (akcionárov) formou podielu na zisku alebo dividend.

Môže nastať situácia, kedy suma daňového základu je výrazne vyššia ako výsledok hospodárenia pred zdanením, dôsledkom čoho podnik účtujúci v sústave podvojného účtovníctva zaplatí vyššiu daň, než by platil z výsledku hospodárenia pred zdanením. Toto tvrdenie nám potvrdil aj výsledok skúmania vplyvu týchto faktorov. Markantným dôkazom uvedeného je rok 2020, kedy výsledok hospodárenia pred zdanením podniku Strojár, s.r.o. činil iba 4 008 eur, napriek tomu splatná daň bola v sume 6 322,34 eur a zároveň zistený výsledok hospodárenia po zdanení išiel do mínusového čísla (do straty). Táto skutočnosť je aj graficky znázornená v grafe 2, t.j. účtovná strata činila -2 314,34 eur.

Zistenia naznačujú, že skúmaný podnik vykazoval počas celého skúmaného obdobia 2019-2021 výsledok hospodárenia pred zdanením v sume 170 434 eur, z toho splatná daň činila 39 726,55 eur a výsledok hospodárenia po zdanení 130 707,45 eur. Podnik pri uplatnení nedaňových položiek zaplatil na dani z príjmov o 3 935,41 eur vyššiu čiastku, ako by platil z výsledku hospodárenia pred zdanením. Výsledok hospodárenia po zdanení pri uplatnení daňovo neuznaných položiek bol nižší o 3 929,41 eur, ako v prípade neuplatnenia daňovo neuznaných položiek.

Z výsledku výskumu vyvodíme taký všeobecný záver, že v prípade uplatnenia daňovo neuznaných položiek pri stanovení základu dane sa môže vo väčších podnikoch výrazne zvýšiť suma splatnej dane z príjmov a znížiť výsledok hospodárenia po zdanení, ktorý by mohli vlastníci získať formou dividend alebo podielov na zisku pri rozdelení zisku.



Príspevok bol riešený v rámci projektov VEGA 1/0340/21 a KEGA 019TUKE-4/2022.

Literatúra:

- [1] BAŠTINCOVÁ, A.: Účtovníctvo a dane právnických osôb. Bratislava: Wolters Kluwer, 2016, ISBN 978-80-8168-398-5.
- [2] BONDAREVA, I., PLCHOVÁ, J., ZATROCHOVÁ, M.: Finančno-ekonomická analýza priemyselných podnikov. Bratislava: Spektrum STU, 2020, ISBN 978-80-227-5026-4.
- [3] JUSKOVÁ, M.: Charakteristika základných znakov dane z príjmov. In: Predikčná analýza finančnej situácie nefinančných korporácií: zborník vedeckých prác. Prešov: Bookman, pp. 57-64., 2019, ISBN 978-80-8165-347-6.
- [4] KRIŠTOFÍK, P., SAXUNOVÁ, D., ŠURANOVÁ, Z.: Finančné účtovníctvo a riadenie s aplikáciou IFRS. Bratislava: Iura Edition, 2009, ISBN 978-80-8078-396-9.
- [5] ŠIROKÝ, J.: Daňové teórie s praktickou aplikácií. Praha: C.H.Beck, 2008, ISBN 978-80-7400-005-8.
- [6] PAULIČKOVÁ, A.: Malý slovník daňového práva. Bratislava: Eurounion, 2006, ISBN 80-88984-91-2.
- [7] PWC Slovensko: Dane do vrečka 2022. Online [10-10-2022], Dostupné na: <https://www.pwc.com/sk/sk/publikacie/dane-do-vrecka-2022.html>
- [8] SCHULTZOVÁ, A. a kol.: Daňovníctvo – daňová teória a politika I. Bratislava: Iura Edition. 2011, ISBN 978-80-8078-407-2.
- [9] SUHÁNYIOVÁ, A.: Základy podvojného účtovníctva pre finančných manažérov. Prešov: Bookman, 2019, ISBN 978-80-8165-353-7.
- [10] ŠLOSÁROVÁ, A., BLAHUŠIAKOVÁ, M.: Analýza účtovnej závierky. Bratislava: Wolters Kluwer, 2020, ISBN 978-80-571-0166-6.
- [11] ZALAI, K. a kol.: Finančno-ekonomická analýza podniku. Bratislava: Sprint, 2016, ISBN 978-80-89710-22-5.
- [12] Zákon č. 431/2002 Z.z. o účtovníctve, v znení neskorších predpisov.
- [13] Zákon č. 595/2003 Z.z. o dani z príjmov, v znení neskorších predpisov.

Kontaktná adresa

doc. Ing. Alžbeta Suhányiová, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného a digitálneho inžinierstva, Park Komenského 9, 042 00 Košice, Slovakia

e-mail: alzbeta.suhanyiova@tuke.sk

doc. Ing. Jaroslava Janeková, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného a digitálneho inžinierstva, Park Komenského 9, 042 00 Košice, Slovakia

e-mail: jaroslava.janekova@tuke.sk



IMPORTANCE AND METHODS OF EDUCATION IN COMPANIES

Laura LACHVAJDEROVÁ – Jaroslava KÁDÁROVÁ– Denisa RYBÁROVÁ

Abstract: Without the education and development of employees in companies, these companies may lose quality, flexibility, employee loyalty and customer interest in the near future. That is why this article is devoted to the importance of education for business development. This theoretical review will mainly focus on education and the importance of employee education in companies. Several methods of education are also presented, which are briefly described.

Keywords: Company Education, Employees, Education Cycle

Introduction

According to Valent, education is the process of acquiring diverse competences, thanks to the acquisition of all kinds of knowledge, skills, attitudes, and the acquisition of new experiences [1]. Adult education is a process of purposeful and systematic mediation, acquisition and consolidation of abilities, knowledge, habits, value attitudes and social forms of action and behavior of persons who have completed school education and vocational training and entered the labour market [2].

The meaning of education can be different for individual organizations. Each organization attaches different importance to education and development, depending on how important the quality of human capital is for the functioning of the organization's system and what financial means they have for the implementation of these activities. If a company decides to educate its employees, the goal of the company becomes identical to the goals of various organizations.

The Importance of Education in Industry

The goals of employee training are specific variables that any organization should not underestimate when it comes to a successful training activity or action. The goals define what needs to be taught to the participants, what knowledge and skills they should acquire, or at what level they should master them for successful work performance [3] (Jain, 2019). Setting goals is easier if the SMART method is used. SMART is an abbreviation of English terms for different areas of goal definitions: S (specific), M – (measurable), A – (accepted, activating), R – (realistic), T – (timed) [4]. The goals of education within the organization have several sequences and they can result from a specific situation. The most frequently used sequence is:

- performance goal - it is tied to the main task and takes the form of a vision that the educational action is able to fulfil in the long term,
- educational goal - it is linked to a specific educational event, it is specific knowledge, skills or behaviors that the participants should master after the end of the given program,
- enabling goal: just like the educational goal, it is linked to a specific educational program and defines the level of knowledge that the participants should be able to master at the end of each partial stage of the educational process [5].

In order for the organization to be successful in the market, top managers should contribute to the proper course of the training process, support the development of employees, formulate a corporate training policy and be a participant in training projects themselves. Immediate superiors are tasked with supporting the development policy and recognizing the training needs

of employees in the company. This is often a lecturer or mentor of subordinates and often replaces an external trainer. In order for immediate superiors to be able to replace an external trainer, they need to develop their competencies and also need to be supported by top management.

An important element of the educational process is also the motivation for workers to learn and thereby increase their potential. Every competitive company should have the motivation of employees in education ranked at the top of the list of priorities. The benefits of education are manifested gradually, over different periods of time. Some can be evaluated already during education, some only after it ends, and some will become apparent only after a longer period of time [6]. The cycle of systematic training of employees itself has several phases. The first phase is the identification of training needs, which deals with the analysis of data and information of specific companies. The second phase follows the training planning phase, which mainly deals with the budget, and time schedule, which employees will be covered by the training, areas, content and training methods. The third phase is the implementation of the education process. Employee training is costly for the company, and it is necessary to find out whether the set goals have been achieved and whether the chosen methods and training tools have proven themselves. Therefore, the next and at the same time the last stage is the evaluation of education. In this phase, we obtain valuable information that we will use in the next cycle of systematic education. Business education should thus take place as a constantly repeating cycle [7].

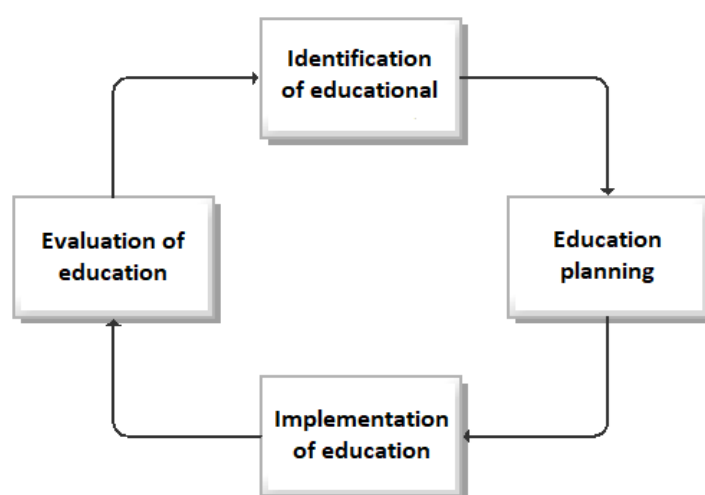


Fig. 1 Cycle of systematic training of employees, Source: [6]

According to Koubek, the need for employee training can arise from assessing the work performance of employees, the quality of products or services, how resources are used or working time, etc. So there are many sources of information that can be used. In practice, a narrower or wider range of data is analyzed, which is obtained from the information system of the given company or through a special investigation [7].

Methods of training employees

The successful implementation of the educational process depends very much on the correctly chosen method of employee education. Education methods are primarily divided into two main groups:

1. On-the-job training - with this method, knowledge, skills and abilities are acquired and mastered, which are necessary for improving work performance. The application of training methods at the workplace occurs during the normal course of the work process,

when employees can train in groups, but mainly individually during the performance of work.

- i. Instruction, coaching, mentoring, counseling, assisting, job rotation, and others.
2. Off-the-job training - this method is generally used for the training of executives or specialists or technical workers.
 - i. lecture, lecture combined with discussion, demonstration, case studies, workshop, brainstorming, simulation and others.

Because methods are an important tool of the educational process, it is necessary to know how to choose and use them in such a way that they best reflect the needs of the given company. The choice of methods is conditioned by various factors, which can be seen in Figure 2.

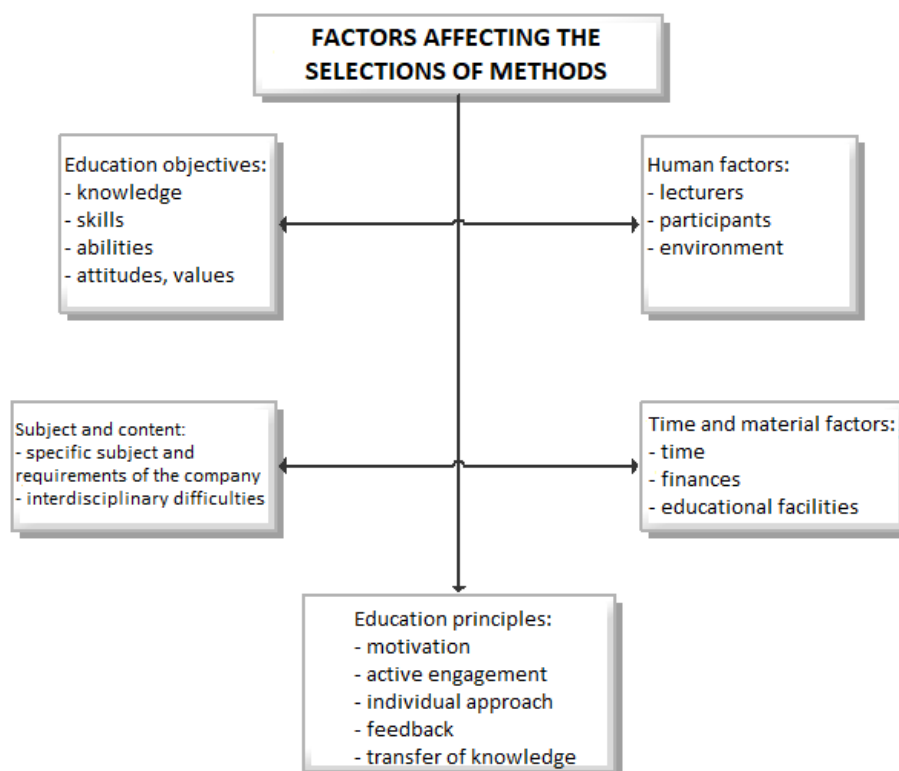


Fig. 2 Factors affecting the selections of methods, Source: [6]

Another method is the online method, the so-called e-learning, which is the connecting point between on-the-job training and off-the-job training. E-learning is becoming a more popular and complex form of education, mainly in cases where it is combined with individual methods of education in the workplace or outside it. Each of the methods mentioned above is something specific, and e-learning is not just one, it has three types, which are:

- independent or separated e-learning, when the participant of the educational program is connected only to himself and is not coordinated in any way by a lecturer, consultant or moderator,
- live e-learning, when the learner meets with a lecturer, moderator or consultant and his work process is coordinated by him, but each of them is located in a different place,
- collective e-learning, when there is cooperation between several e-learning participants using chat, discussion forums, etc., where they exchange and sell the necessary information and knowledge [8].



If the company decides to combine one of the educational methods in the workplace or outside it and e-learning, it is necessary to evaluate which type of e-learning will suit the chosen method the most and then use it.

Conclusion

The topic of education is very current and will be even more important in the future. Possibilities and development of education in companies should be one of the priorities because this is the only way the company develops in direct proportion to new technologies. Therefore, every industrial enterprise should set up regular educational projects and, more importantly, regularly evaluate them and obtain reports on which part of the enterprise has deficiencies, or which group of employees has an educational deficit.

Acknowledgement

This article was created with the support of projects: KEGA 009TUKE-4/2020 “Transfer of Digitization into Education in the Study Program Business Management and Economics”, VEGA 1/0340/21 “The impact of a pandemic and the subsequent economic crisis on the development of digitization of enterprises and society in Slovakia”, VEGA 1/0438/20 “Interaction of digital technologies to support software and hardware communication of the advanced production system platform” and KEGA 001TUKE-4/2020 “Modernizing Industrial Engineering education to Develop Existing Training Program Skills in a Specialized Laboratory.”.

References

- [1] VALENT, M.: 2020. Pedagogické rozhlady. Odborno-metodický časopis. Metodicko-pedagogické centrum Bratislava, ISSN 1335-0404.
- [2] PALÁN, Z.: 2003. Základy andragogiky. Praha: Vysoká škola Jana Ámose Komenského. 199 s. ISBN 80-86723-03-8.
- [3] JAIN, TK., and SHARMA A.: 2019. Impact of Training and Development on Employee Performance in Retail Sector: A Review Paper. pp. 12. Available at: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3316856>
- [4] PRUKNER, V.: 2014. Manažerské dovednosti [online]. ISBN 978-80-244-4329-4. Available at: <https://publi.cz/books/114/02.html>
- [5] BARTOŇÁKOVÁ, H.: 2010. Firemne vzdelávanie. Vedenie ľudí v praxi. 1. vydanie. Praha: Grada. 204 s. ISBN 978-80-247-2914-5.
- [6] VODÁK, J., KUCHARČÍKOVÁ, A.: 2011. Efektívne vzdelávanie zamestnancov. 2. vydanie. Praha: Grada Publishing. 237 s. ISBN 978-80-247-3651-8.
- [7] KOUBEK, J., 2009. Riadenie ľudských zdrojov: Základy modernej personalistiky. 4. rozšírené a doplnené vydanie. Praha: Management Press. 399 s. ISBN 978-80-7261-168-3.
- [8] ARMSTRONG, M., 2007. Riadenie ľudských zdrojov: najnovšie trendy a postupy. 10. vydanie. Praha: Grada Publishing. 788 s. ISBN 978-80-247-1407-3.

Contact address

Ing. Laura Lachvajderová

Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department Industrial and Digital Engineering, Park Komenskeho 9, 042 00 Kosice, Slovakia

e-mail: laura.lachvajderova@tuke.sk



VYUŽITELNOST METODIKY „PDCA CYKLUS“ V PODNIKOVEJ PRAXI USABILITY OF THE "PDCA CYCLE" METHODOLOGY IN BUSINESS PRACTICE

Peter MALEGA

Abstract: The PDCA Cycle can help differentiate a company from its competitors, particularly in today's corporate world, where businesses are always searching for ways to streamline their processes, reduce costs, increase profits, and improve customer satisfaction. Many managers apply the PDCA Cycle unknowingly to help direct their organizations as it encompasses the basic tenets of strategic planning. Companies looking to enhance their internal and external processes often deploy the PDCA methodology to minimize errors and maximize outcomes. Once established, companies can repeat the PDCA Cycle and make it a standard operating procedure.

Keywords: PDCA cycle, 6M, 5W1H, 5G, 5x Why

Abstrakt: Cyklus PDCA môže pomôcť odlíšiť spoločnosť od jej konkurentov, najmä v dnešnom korporátnom svete, kde podniky vždy hľadajú spôsoby, ako zefektívniť svoje procesy, znížiť náklady, zvýšiť zisk a zvýšiť spokojnosť zákazníkov. Mnoho manažérov nevedomky používa cyklus PDCA, aby pomohli nasmerovať svoje organizácie, pretože zahŕňa základné princípy strategického plánovania. Spoločnosti, ktoré chcú zlepšiť svoje interné a externé procesy, často používajú metodiku PDCA, aby minimalizovali chyby a maximalizovali výsledky. Po aplikácii a naučení sa môžu spoločnosti opakovať cyklus PDCA a urobiť z neho štandardný operačný postup.

Kľúčové slová: PDCA cyklus, 6M, 5W1H, 5G, 5x prečo

Úvod

Metodika zavádzania trvalého zlepšenia kvality sa môže líšiť v rôznych organizáciách. Bez ohľadu na metodiku programov neustáleho zlepšovania, každá organizácia musí používať správnu kombináciu a výber nástrojov kvality, metodík a techník v ich procese implementácie. [1] Neexistuje jeden správny nástroj alebo technika, ktorá by sa mala použiť pre každý problém, ktorému podnik čelí. A zároveň nie všetky nástroje sú vhodné pre všetky problémy. Mali by sa najprv preskúmať dostupné nástroje a techniky a následne by sa mala použiť jedna alebo viac najvhodnejších. Jedným z týchto nástrojov, resp. techník je aj PDCA (Plan, Do, Check, Act) cyklus. [2, 5]

Koncept metodiky PDCA

PDCA alebo Demingov cyklus je opakovaná štvorkroková manažérska metóda používaná na kontrolu a neustále zlepšovanie procesov a produktov. Spoločným znakom PDCA analýzy a ďalších metód kvality je identifikácia potenciálnych faktorov, ktoré spôsobujú problém. Každá príčina nedokonalosti je zdrojom odchýlky od štandardu.

Niektorí autori tvrdia, že cyklus PDCA je oveľa viac ako len jednoduchý nástroj štíhlej výroby. Namiesto toho uvádzajú, že cyklus PDCA je filozofia neustáleho zlepšovania procesov zavedená v organizačnej kultúre spoločnosti, ktorá je zameraná na kontinuálne vzdelávanie a na tvorbe vedomostí.



Štyri benefity použitia PDCA cyklu možno zhrnúť takto [3, 9]:

1. Poskytuje štandardizovanú metódu na dosiahnutie neustáleho zlepšovania, ktoré môžu zamestnanci v akomkoľvek oddelení použiť na riešenie nových a opakujúcich sa problémov.
2. Zabráňuje strate času implementáciou neefektívnych alebo zlých riešení.
3. Podporuje tímovú prácu prostredníctvom brainstormingu a spoločným riešením problémov.
4. Relatívne nie príliš nákladná záležitosť – problémy sa riešia v rámci.

Kvôli uľahčeniu dôkladného štúdia všetkých možností sa príčiny zvyčajne zatriedujú do 6 kategórií, známych ako metóda 6M pre analýzu príčin a dôsledkov. Sú to:

- Men – ľudia, ktokoľvek, kto je do procesu zapojený.
- Machine – stroje, nástroje, akákoľvek výpočtová technika, ktorá sa podieľa na procese.
- Method – spôsob, akým sa proces vykonáva, jednotlivé požiadavky, inštrukcie a návody.
- Material – surové materiály, komponenty, všetko, čo je použité na výrobu finálneho produktu.
- Measurement – výsledky meraní, informácie, ktoré boli zozbierané počas procesu a sú využívané na riadenie jeho kvality.
- Mother nature – prostredie, v ktorom proces prebieha.

PDCA cyklus pozostáva z nasledovných krokov [4, 13]:

a. Plánuj

Stanovenie cieľov a činností potrebných na ich dosiahnutie v súlade s očakávaným prínosom. Stanovenie požadovaných výstupov úplne a presne je súčasťou cieleného zlepšenia. Ak je to možné, treba začať v malej miere a postupne testovať dopady jednotlivých akcií.

b. Realizuj

V tejto fáze cyklu dochádza k implementácii plánovaných zmien v procese, alebo produkte. Jej dôležitou súčasťou je zber dát a ich analýza v ďalších dvoch fázach.

c. Skontroluj

Je kontrola výsledkov implementovaných zmien (dátá zozbierané vo fáze Realizuj) a porovnanie reálneho stavu po ich zavedení s očakávanými výsledkami (ciele fázy Plánuj). Hľadanie odlišností v úspešnosti zavedených akcií oproti plánovaným výsledkom umožňuje prijímať správne rozhodnutia v ďalšej fáze. Grafické zobrazenie výrazne uľahčuje prehľadnosť výsledkov jednotlivých PDCA cyklov s cieľom zužitkovať zozbierané dáta a premeniť ich na relevantné fakty. Tie sú podstatné pre poslednú fázu.

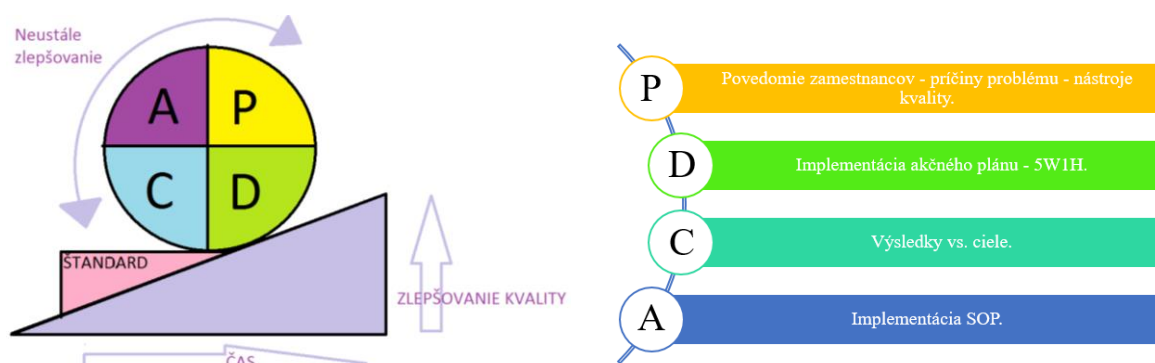
d. Rozhodni/Uprav

Je vznik požiadavky na nápravné opatrenia pre zmiernenie negatívnych rozdielov medzi plánovanými a dosiahnutými výstupmi. Definuje, kde sa majú aplikovať zmeny. Ak sa nápravné opatrenia po aplikácii PDCA cyklu ukážu ako neúčinné, cyklus sa začína odznova. Je však nutné zmeniť rozsah faktorov, na ktorý sa cyklus aplikuje, prípadne ich detailnejšie špecifikovať, alebo sa zamerať na iné štádium procesu.

Základným princípom PDCA cyklu je jeho opakovanie až do potvrdenia, alebo vyvrátenia hypotézy. Riadi sa predpokladom, že jeho opätovné spustenie znova rozšíri poznatky o danej

problematike. Takéto opakovanie nás má priviesť vždy o krok bližšie k cieľu, teda k perfektnému fungovaniu procesu a dosahovaniu správnych výsledkov.

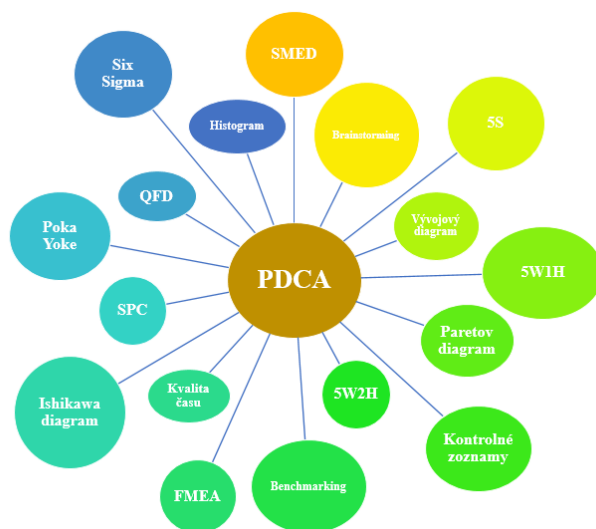
Skutočnosť, že sa PDCA bude realizovať niekoľko krát umožňuje hromadenie informácií a neustálu konvergenciu k požadovaným výsledkom, pričom každý ďalší cyklus bude bližšie, ako ten predchádzajúci. Možno si predstaviť otvorený systém, ktorý je v slučke aplikácie PDCA, s každým ukončeným cyklom sa zvyšuje úroveň poznatkov o tomto systéme. Toto zameranie sa zakladá na predpoklade, že naše poznanie a zvyky sú nejakým limitované, ale je možné ich zlepšiť. [13] Na Obr. 1 je zobrazený princíp metodológie PDCA.



Obr. 1 PDCA cyklus

Podporné nástroje PDCA cyklu

Na vykonanie krokov PDCA cyklu efektívnym spôsobom je potrebné použiť iné nástroje kvality. Tieto nástroje môžu pomôcť najmä pri analýze problému a definovaní opatrení, ktoré sa majú vykonať. Praktické skúsenosti svetových spoločností ukazujú, že rôzne nástroje cyklu PDCA z Obr. 2 boli implementované s pozitívnymi výsledkami a dosiahlo sa zníženie nákladov a defektov vo výrobe, ako aj zlepšenie kvality procesu a výrobkov. [6]



Obr. 2 Podporné nástroje PDCA cyklu

Ako kľúčové podporné metódy pre úspešné využívanie PDCA cyklu je možné považovať nasledujúce [7, 9]:

1. nástroj 5W1H,
2. 5G metodika,
3. nástroj 5x Prečo.

5W1H – je to základný nástroj na vytvorenie prehľadne definovaného problémového vyhlásenia pomocou logického prístupu k zaručeným otázkam, kde hlavný problém alebo téma sú skúmané v diskusii a analyzujú sa s úplným pohľadom na všetky jeho základné aspekty (Obr. 3).

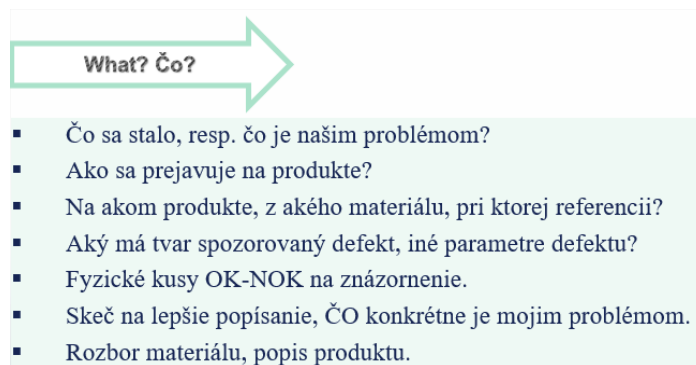


Obr. 3 Základné aspekty nástroja 5W1H

Používa sa kedykoľvek pri definovaní problému, ktorý chceme vyriešiť. Ďalej počas fázy plánovania Kaizen sa pomocou 5W1H objasňuje vyhlásenie o probléme. Otázky sa používajú na niekoľkých úrovniach podľa hĺbky prieskumu, pomocou ktorého je potrebné jasne definovať problém a zhromaždiť potrebné informácie “čo sa má robiť” a “čo nie” v danom rozsahu. Táto metóda sa využíva dennodenne vo výrobnom podniku pri definovaní a objasňovaní problému. Hlavnou charakteristikou tejto metódy je, že [8, 10]:

- prináša rovnaké vnímanie problému pre všetkých,
- poskytuje štruktúrovaný prístup na zber údajov,
- pomáha tímu vyberať si správny nástroj Kaizen na riešenie problému.

Celkovým cieľom 5W1H je vytvorenie tímu na riešenie problémov vo výrobe a následne vytvoriť revidované vyhlásenie o probléme, ktoré zahŕňa jasne definovaný problém a stopy na základe zhromaždených údajov a pozorovaných faktov. Príklady použitia 5W1H sú na Obr. 4 – Obr. 9. [9]



Obr. 4 Príklad otázok „Čo?“ podľa nástroja 5W1H

When? Kedy?

- Kedy sa problém prvýkrát vyskytol?
- Ktorý deň, mesiac, fáza produkcie?
- Pri akej kontrole, zmene, v akom čase, po prestávke, pred,...?
- Opis obdobia na začiatku objavenia problému.

Obr. 5 Príklad otázok „Kedy?“ podľa nástroja 5W1H

Where? Kde?

- Kde bol problém objavený, na akom zariadení?
- Pri akej kontrole (vizuálna, strojová kontrola)?
- Kde by mohol byť zachytený a bol/nebol?
- Kde na produkte, komponente, v ktorom sektore?
- Kde je isté miesto vzniku, kde je možné miesto vzniku?
- Ktorá oblasť je riziková a môže ovplyvniť vznik defektu?
- Layout, skeč, obrázok na vizuálne zobrazenie, farebné odlišenie.

Obr. 6 Príklad otázok „Kde?“ podľa nástroja 5W1H

Who? Kto?

- Kto ovplyvňuje, resp. neovplyvňuje defekt?
- Je to problém jednotlivcov, tímu, zmeny?
- Je možné, aby mal operátor, jeho únava, či konanie vplyv na defekt?
- Boli operátori adekvátne zaškolení?
- Analýza dát podľa smien, ľudí v rámci zmeny, školiace materiály.

Obr. 7 Príklad otázok „Kto?“ podľa nástroja 5W1H

Which? Aký?

- Aký trend alebo smer má problém?
- Vyskytuje sa v určité dni, určitú hodinu, fázu výroby, fázu kontroly?
- Klesajúca, stúpajúca, sinusoidná tendencia?
- Pohyb defektu je jasne korelovaný s istou zmenou, resp. činnosťou na linke (po prestávke, po dovolenke, na konci zmeny) ?
- Na začiatku týždňa, v strede, na konci?

Obr. 8 Príklad otázok „Aký?“ podľa nástroja 5W1H

How? Ako?

- Ako sa zmenil stav zariadenia od počiatočného?
- Aké zmeny, zásahy, výmeny operátorov boli vykonané?
- Ktorá zmena mohla mať spojenie so vznikom problému?

Obr. 9 Príklad otázok „Ako?“ podľa nástroja 5W1H

Týchto šesť otázok umožňuje odborníkovi na kvalitu získať úplný prehľad o situácii vo vnútri závodu a zamerať sa na kľúčovú otázku. Otázky môžu byť rozdelené do rôznych úrovní v závislosti od toho, do akej hĺbky problému musí ísť analyzátor.

5G metodika – je metodika určená na opis a analýzu javu straty ako defektov, porúch a rôznych prevádzkových anomálií. Tento nástroj sa v podstate skladá z piatich faktorov (Tab. 1). Výsledky nástroja 5G sú užitočné na dôkladné opísanie situácie, na vytvorenie spojenia medzi teóriou a praxou, resp. na racionálny prístup k javom. [9, 11]

Tab. 12 Detail 5G faktorov s originálnymi japonskými názvami

"Gemba"	„Dielňa“	Chod'te dolu do dielne.
"Gembutsu"	„Skutočné veci“	Preskúmajte objekt.
"Genjitsu"	„Súvislosť“	Skontrolujte fakty a čísla.
"Genri"	„Teória“	Pozrite teóriu.
"Gensoku"	„Pravidlá a princípy“	Dodržiavajte prevádzkové normy.

Nástroj 5x Prečo

Cieľom nástroja 5x prečo je riešenie problémov, identifikovanie mikropříčin, abnormálnych javov a to prostredníctvom po sebe idúcich otázok, na ktoré treba odpovedať. „5“ v názve pochádza z empirického pozorovania počtu opakovaní, ktoré zvyčajne vyžadujú identifikáciu hlavných príčin. Používa sa počas fázy plánovania Kaizen a to po dokončení 5W1H. Tento nástroj sa tiež používa pri dokončovaní analýzy príčin (RCA – Root Cause Analysis) pre EWO (Emergency Work Order – Postup práce pri poruche). Používa sa pri každom nájdenom NOK stave počas 4M skúmania. Nástroj 5x prečo je využiteľný vo výrobných podnikoch pri zisťovaní koreňa príčiny problémových javov. [9]

Hlavné dôvody použitia 5x prečo sú:

- určuje nám hlavnú príčinu chyby, alebo problému,
- trénuje ľudí, aby našli odpovede na problémy s použitím štruktúrovaného prístupu,
- ak chceme byť efektívnejší riešitelia problémov,
- pri správnom použití tohto nástroja je menej pravdepodobné, že sa riešenie problému nevykoná precízne a nezistia sa základné príčiny problémov.

Použitie nástroja 5x prečo je nasledovné:

- pre každý identifikovaný jav začnite otázkou, prečo existuje a zhrňte všetky odpovede,
- pri každej odpovedi sa opýtajte znova, až pokiaľ sa neobjaví konkrétna príčina,
- namiesto všeobecných výrazov používajte údaje,
- pre každú príčinu identifikujte akcie, ktoré navždy odstránia vzniknutý stav.

Výhody použitia nástroja 5x prečo sú:

- užitočný pri stretnutiach, resp. diskusiách,
- má široké uplatnenie,
- používa sa samostatne na sporadické zlyhanie, vrátane analýzy porúch,
- široko používaný vo WCM, vrátane iných techník,
- je potrebná disciplína pri overovaní každého kroku,
- prekvapivo silný nástroj,
- opakovanie je žiadúce,
- môže viesť k využitiu nástrojov na vyššej úrovni,
- dobrý pre sporadické zlyhanie, ale nie pre chronické straty.



Záver

Metodológia PDCA vedie k zvyšovaniu, rýchlemu a efektívnemu zlepšovaniu bez veľkých kapitálových investícií. PDCA cyklus sa môže použiť na zlepšenie hlavných výkonov, ale aj vedľajších projektov a procesov. [12]

Prvým krokom je plánovanie, ktoré sa týka stanovenia cieľov a kvality monitorovania procesu. V druhom kroku sa zhromažďujú údaje a problémy sú rozpoznané. V treťom kroku sa problémy skúmajú a analyzujú. Nakoniec sa postupuje podľa krokov na odstránenie problémov a na dosiahnutie kvalitatívnych cieľov.

Príspevok bol riešený v rámci projektu KEGA 019TUKE-4/2022, KEGA 009TUKE-4/2020 a VEGA 1/0438/20.

Literatúra

- [1] ANDERSEN, B.: Business Process Improvement Toolbox, Second edition. USA: Quality press, 2007. ISBN 0873897196
- [2] BLAŽEK, L.: Management. 1. vydání. Praha: Grada, 2011. 224 s. ISBN 978-80-247- 3275-6.
- [3] GILLOT, J. N.: The Complete Guide to Business Process Management: Business Process Transformation Or a Way of Aligning the Strategic Objectives of the Company and the Information System Through the Processes. USA: Joel-Noel Gillot, 2008. ISBN 9782952826624
- [4] HRUBEC, J.: Riadenie kvality, Nitra: SPU, 2001., ISBN 80-7173-849-6
- [5] KAPSDORFEROVÁ, Z.: Manažment kvality. Nitra: SPU v Nitre, 2008., ISBN 80-552-0115-3
- [6] KOTTER, J.: Vedení procesu změny. Praha: Management Press, 2003, ISBN 80-7261-095-3
- [7] LINCZÉNYI, A. a kol.: Manažérstvo kvality, Bratislava: STU, 2001, ISBN 80-227-1586-7
- [8] MATEIDES, A. a kol.: Manažérstvo kvality. Bratislava: Epos, 2006, ISBN 80-805-656-4
- [9] MRÁZOVÁ, M.: Implementácia PDCA cyklu v procesoch podniku automobilovej výroby. Diplomová práca. SĽ TUKE, 72 s. 2020.
- [10] NENADÁL, J.: Systémy managementu kvality. Co, proč a jak měřit? Praha: Management Press. 2016. 302 s. ISBN 978-80-7261-426-4.
- [11] PAPP, J.: Quality Management in the Imaging Sciences. USA, 2019
- [12] SVOZILOVÁ, A.: Zlepšování podnikových procesů. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [13] VRBJAROVÁ, P.: Optimalizácia procesov v podniku automobilového priemyslu na báze PDCA cyklu. Diplomová práca. SĽ TUKE, 75 s. 2018.

Kontaktná adresa

Ing. Peter Malega, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného a digitálneho inžinierstva, Park Komenského 9, 042 00 Košice, Slovenská republika
e-mail: peter.malega@tuke.sk

VÝHODY A NEVÝHODY RÔZNYCH METÓD 3D TLAČE

Ján KOPEC – Peter TREBUŇA – Miriam PEKARČÍKOVÁ – Jozef TROJAN

Abstrakt: V každom storočí, ľudia prichádzajú s inováciami v rôznych sférach technológií. Práve jednou z novinek vo svete je 3D tlač. Hoci sa o nej hovorí už dlhšie, jej potenciál má všestranné využitie vo viacerých oblastiach života. Stretávame sa s ňou v tejto modernej a rýchlej dobre pri tvorbe implantátov, výrobe štítov počas pandémie alebo pri vizualizácii objektov v architektúre. 3D tlač vznikla v 90. rokoch minulého storočia a od tej doby prešla kus cesty kvôli svojmu zdokonaľovaniu. Vzniklo viacero druhov metód tlače avšak najvyužívanejším princípom tlače je práve FDM – Fused deposition modeling. Jedná sa o proces postupného nanášania vrstvy po vrstve, ktorá sa následne spája s ďalšou vrstvou a vytvára tak celistvý celok. Pri tomto type tlače sa využívajú viaceré druhy materiálov ako je ABS, HIPS alebo nami zvolené PLA a PET-G.

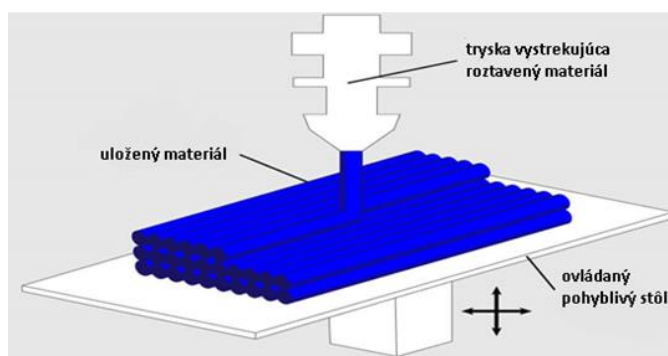
Kľúčové slová: 3D tlač, FDM, ColorJetPrinting, DOD-PolyJet, SLS

Úvod

Základným princípom je, “additive manufacturing“, čo v praxi znamená, že na začiatku nemáme žiadny veľký blok materiálu, ale tlač začína na čistej podložke postupným nanášaním materiálu po jednotlivých vrstvách tak precízne, ako sa len dá. Takýmto spôsobom tlačiareň nanáša materiál po častiach v 2D priestore. Následne sa posunie horizontálne o ďalšiu vrstvu, až pokiaľ nevznikne kompletný 3D model. Aj keď sa jednotlivé spôsoby tlače navzájom odlišujú, nanášanie materiálu vrstvu po vrstve majú všetky spoločnú. Preto je potrebné 3D model (najčastejšie vo formáte STL) ešte pred samotnou tlačou narezat’ v softvéri, ktorý ho rozdelí na niekoľko tenkých vrstiev vytvárajúcich celý objekt. Hrúbka vrstiev najlepšie korešponduje s kvalitou modelu. Čím sú jednotlivé vrstvy tenšie, tým je precíznejšia kvalita tlače. Tlač v čo najmenších vrstvách sa teda zdá byť najoptimálnejšia kvalitou, ale má svoje limitácie. Samotný hardvér má limity ako tenkú vrstvu dokáže vytvoriť. Ak aj hardvér umožní extrémne tenké vrstvy, strácame veľa času v softvéri, ktorý má model narezat’ na veľa vrstiev. Významne sa predlžuje aj samotná doba tlače, pretože trvá dlhšie vytvoriť jednu vrstvu a zároveň sa musí vytvoriť väčší počet vrstiev.

FDM (Fused Deposition Modeling)

Princíp tejto metódy spočíva v tavení materiálu. Materiál vstupujúci do procesu je filament, ktorý sa dostáva do tlačiarenskej hlavy, kde sa ohreje na potrebnú teplotu topenia. Následne sa vytlačí za pomoci trysky, ktorá pomaly naniesie jednotlivé vrstvy na tlačiarenskú podložku (Obr.1).

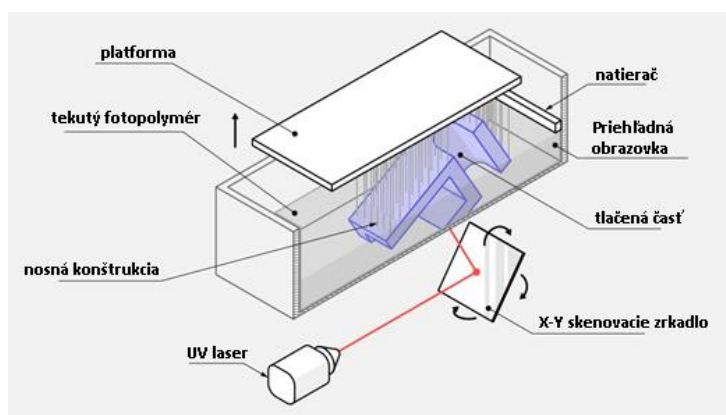


Obr. 8 FusedDeposition Modeling

Hlavnou výhodou tejto technológie je využitie veľmi veľkého množstva druhov materiálov pre tento typ tlače. Ďalšou z výhod a pozitív pri tomto druhu tlače je vznik minimálneho množstva odpadu. Nevýhodou je horšia kvalita konečného povrchu materiálu, ktorú udáva minimálna výška vrstvy pri tlači a ta sa hýbe približne okolo 0,25 mm.

SLA-(VatPhoto - polymerization) Stereolitografia

SLA 3D tlač funguje tak, že najskôr je umiestnená stavebná platforma do nádrže s tekutým fotopolymérom vo vzdialenosti výšky jednej vrstvy od povrchu kvapaliny. UV laser vytvára ďalšiu vrstvu selektívnym vytvrdzovaním a tuhnutím fotopolymérovej živice. Počas tuhnutia súčasťou procesu fotopolymerezácie sa monoméne uhlíkové reťazce, ktoré tvoria tekutú živicu, aktivujú svetlom UV lasera a stanú sa pevnými, čím sa medzi sebou vytvoria silné nerozbitné väzby. Laserový lúč je zaostrý vo vopred stanovenej dráhe pomocou sady zrkadiel, nazývané galvos (Obr.2).



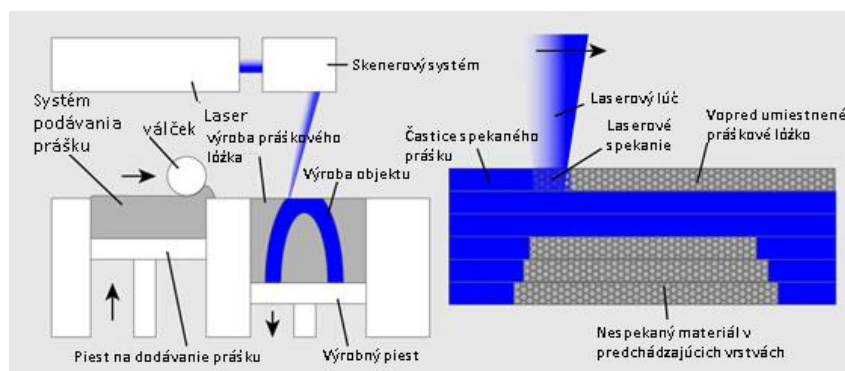
Obr. 9 Stereolitografie

Hlavnou výhodou pri tejto metóde je dobrá presnosť pri tlačením. Táto metóda je náročnejšia na časovú prípravu a dokončenie, nakoľko je potrebné odstrániť podpory ako bolo už vyššie uvedené, čo nazývame postprocessing.

SLS Selective Laser Sintering (PowderBedFusion)

Metóda SLS využíva pri tlačením kombináciu lasera a prášku, ktorý je dispergovaný v tenkej vrstve na vrchu plošiny vo vnútri stavebnej komory. Tlačiareň predhrieva prášok na teplotu o niečo nižšiu ako je bod topenia suroviny, čo uľahčuje laseru zvýšiť teplotu špecifických oblastí práškoveho lôžka, keď sleduje model, aby vytuhol. Laser skenuje prierez 3D modelu a zahrieva prášok tesne pod alebo priamo na bod topenia materiálu. Toto mechanicky spojí častice a vytvorí jednu pevnú časť. Netavený prášok podporuje súčiastku počas tlače a eliminuje potrebu špeciálnych podporných štruktúr. Platforma sa potom zníži o jednu vrstvu do zostavovacej komory, zvyčajne medzi 50 až 200 mikrónov, a proces sa opakuje pre každú vrstvu, kým nie sú diely dokončené (Obr.3).

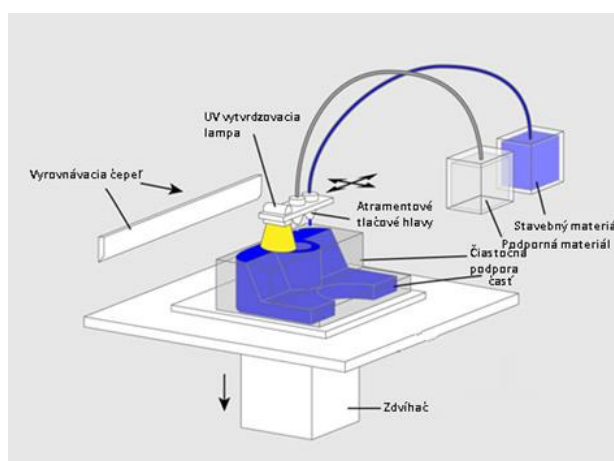
Za pomoci tejto metódy je možné vytlačiť plne funkčný model a vďaka rozmanitému výberu materiálu je si možné vybrať zo širokej škály ako je napríklad – keramika, polykarbonát, kov, nylon, atď. Táto nie je kompaktná pre domácich používateľov, pretože jej rozmery sú trochu väčšie kvôli zabudovaným zásobníkom pripravených podávať rôzne druhy materiálu priamo z časti tlačiarne.



Obr. 10 Selective Laser Sintering

DOD-PolyJet (MaterialJetting)

Technológia 3D tlače PolyJet sa dosť podobá na bežnú atramentovú tlačiareň, ktorá tlačí na papier. Pri tejto metóde sú využívané 2 druhy materiálu: stavebný, ktorý tvorí základ a podporný materiál, ktorý zabezpečuje stabilitu pri tlačiarenskom procese. Za pomoci tlačiarenskej hlavy je materiál nanášaný na tlačiarenský podklad. Vďaka veľkému množstvu trysiek, ktorými trysková hlava disponuje je možné nanášať väčšiu šírku materiálu bez problémov naraz. Tieto trysky naniesú malé množstvo materiálu vo forme kvapiek, ktoré sú po nanosení na materiál okamžite vytvrdnuté za pomoci UV lampy nachádzajúcej sa v tlačiarňi pri tlačiarenskej hlave (Obr.4). Hlavným materiálom je práve fotopolymer a podporný materiál je možné odstrániť za pomoci vody ako aj pri SLS technológií alebo je možné ju odstrániť taktiež aj mechanicky. Táto technológia PolyJet nám dáva vysokú kvalitu vytlačených a následne vyčistených súčiastok. Kde pri technológii FDM je minimálna vrstva 0,1 tak túto je najmenšia možná výška už pri neuveriteľných 0,014 mm. Keďže môže tlačiť širšiu vrstvu materiálu je tým pádom táto oveľa rýchlejšia ako technológia SLA. Šírku tlačenej vrstvy môžeme upravovať za pomoci tlačiarenskej hlavy, ktorú je možné vymeniť na požadovaný rozmer. V poslednom rade je na výber široká škála materiálov a farebných prevedení.

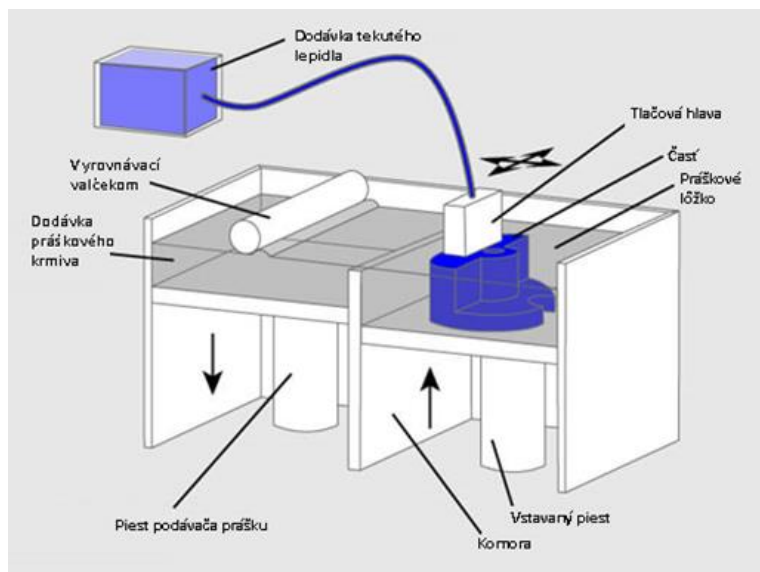


Obr. 11 PolyJet

ColorJetPrinting (BinderJetting)

ColorJetPrinting (CJP) je aditívna výrobná technológia s dvoma hlavnými komponentmi: materiál jadra a spojivo. Materiál jadra sa valčekom nanáša v tenkých vrstvách na stavebnú platformu. Po nanosení každej vrstvy sa z atramentových tlačových hláv selektívne vytlačí farebné spojivo a to spôsobí stuhnutie jadra. Platforma zostavy sa zníži, aby sa umožnilo

rozloženie a tlač každej nasledujúcej vrstvy, výsledkom čoho je plnofarebný trojrozmerný model (Obr.5).



Obr. 12 ColorJetPrinting

Ako aj pri DOD metóde je jednou z výhod rýchla tlač za pomoci širokej tlačiarrenskej hlavy, ktorá vie naniesť širokú vrstvu spojiva. Vytlačené modely pomocou tejto metódy nemajú vysokú pevnosť a preto je ich potrebné pomerne často upraviť, čiže využiť takzvaný postprocessing.

Záver

V tomto článku sú popísané technológie 3D tlače. Je fakt, že 3D tlač sa dostáva čoraz viac do povedomia, či už sa jedná o malosériovú výrobu súčastí alebo veľkovýrobu modelov. Veľkým prínosom je ich obstarávacía cena, samozrejme je to individuálne pri veľkosti tlačiarne, technológií 3D tlače a použití rôznych druhov materiálov a softvér pre konvertovanie do formátu .gcode. ďalším prínosom je jednoduchosť tvorby modelu, keďže softvér si prekonvertuje model vo formáte .stl do .gcode a sám vypočíta cestu extrudera, v prípade, že je to potrebné je možné konfigurovať vlastnosti tlačiarne ako aj modelu v softvéri. Nevýhodou 3D tlače sú občasné nedokonalosti, ktoré môžu znamenať zmenu vlastností výsledného modelu alebo aj potrebu začať tlač odznova.

Podakovanie

Tento príspevok bol vypracovaný v rámci realizácie projektov: APVV-17-0258 Aplikácia prvkov digitálneho inžinierstva pri inovácii a optimalizácii produkčných tokov. APVV-19-0418 Inteligentné riešenia pre zvýšenie inovačnej schopnosti podnikov v procese ich transformácie na inteligentné podniky. VEGA 1/0438/20 Interakcia digitálnych technológií za účelom podpory softvérovej a hardvérovej komunikácie pokročilej platformy systému výroby. KEGA 001TUKE-4/2020 Modernizácia výučby priemyselného inžinierstva za účelom rozvoja zručností existujúceho vzdelávacieho programu v špecializovanom laboratóriu. VEGA 1/0508/22 „Inovatívne a digitálne technológie vo výrobných a logistických procesoch a systémoch.“



Použitá literatúra

- [1] Grames, Emmett. Whatis FDM 3D printing? SimplyExplained, [online]. [cit.2022-01.16]. Dostupné z: <https://all3dp.com/2/fused-deposition-modeling-fdm-3d-printing-simply-explained/>
- [2] Whatis 3D printing? [online]. [cit.2022-01-16]. Dostupné z: <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/#fdm>
- [3] Technológie 3D tlače. [online]. [cit.2022-01-20]. Dostupné z: <https://mire.sk/technologie-3d-tlace/>
- [4] The 9 DifferentTypes of 3D Printers. [online]. [cit.2022-01-20] Dostupné z: <https://3dinsider.com/3d-printer-types/>
- [5] BURGANOVA, N.; GRZNÁR, P.; MOZOL, Š.; MATYS, M.: TRENDS IN THE DESIGN OF FACTORIES OF THE FUTURE; 2021. https://www.researchgate.net/publication/356893353_TRENDS_IN_THE_DESIGN_OF_FACTORIES_OF_THE_FUTURE

Kontaktná adresa

Ing. Ján Kopec

Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Industrial and Digital Engineering, Park Komenského 9, 042 00 Kosice, Slovakia

e-mail: jan.kopec@tuke.sk

3D TLAČ AKO NÁSTROJ PRI VIZUALIZÁCIÍ VÝROBNEJ HALY

Jozef TROJAN – Ján KOPEC – Ján KOSTKA - Martin TREBUŇA

Abstrakt: Cieľom tohto článku je poukázať na možnosť využitia 3D tlače pri vizualizácii a to vytlačením modelu výrobné haly. Celkovo sa v našom článku rozoberá postup prípravy a výroby 3D modelov v SolidWorks-e. Prostredníctvom architektonického softvéru Twinmotion sme vytvorili vizualizáciu výrobné haly so strojovým parkom približujúcim sa reálnemu vyobrazeniu pôvodnej haly a následne rozmiestnili efektívnejšie jednotlivé pracovné stroje a zariadenia do priestoru, ktorý by inak nebol využitý.

Kľúčové slová: SolidWorks, Twinmotion, 3D tlač, KISSlicer

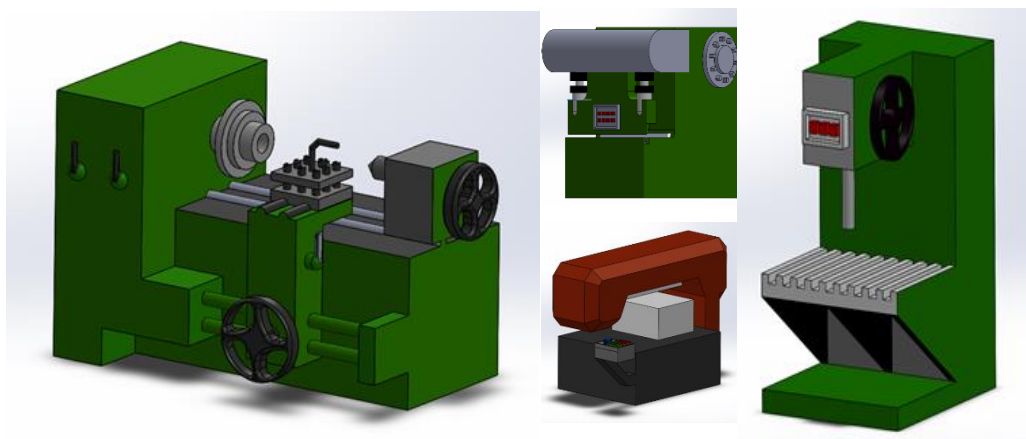
Úvod

Pre výrobu 3D modelu sme si vybrali výrobnú halu firmy sídliacej v Bardejove, ktorá sa zaoberá zhotovovaním zákaziek pre strojársky priemysel a zámočníckou výrobou. Po dôkladnom oboznámení sa s priestormi výrobné haly a príslušnými objektmi, v ktorých sa vykonáva striekanie, nanášanie farby, otrieskavanie povrchu materiálov a sklady materiálu sme si jednotlivé priestory odfotili. Po odfotení výrobných priestorov haly a pozemku sme si stanovili cieľ vytvoriť 3D model hlavnej výrobné haly so strojových vybavením tak, aby sme efektívne vyplnili priestor a odprezentovali základný strojový park firmy.

Návrh haly

Na vytvorenie jednotlivých modelov sme použili program SolidWorks. Celkovo hala pozostáva z viacerých strojov : nožnice, malé nožnice, lis, ohýbačka, 2ks pílok, stojanová vŕtačka, brúska, sústruh, 4 ks stolov, 4 ks zásten, celková konštrukcia mostového žeriava vrátane mostových pilier s koľajnicami, navijakom a hákom. Všetky modely sme kreslili zjednodušene a následne sa tlačili zvlášť pre lepšiu tlačiteľnosť.

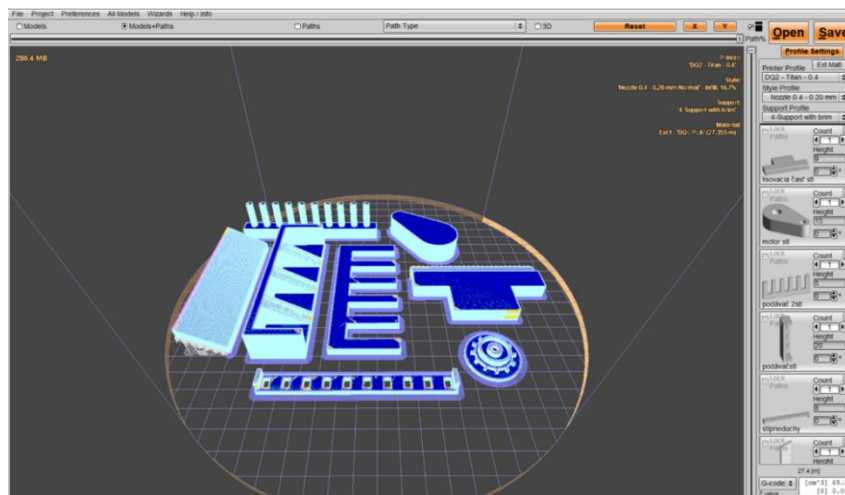
Na prvotnom mieste pri tom vytváraní bolo dôležité vytvoriť si plochu pozemku, aby sme si vedeli rozložiť jednotlivé budovy s halou a oplotením pozemku. Po premeraní a správnom vytvorení tejto plochy pozemku sme začali s vytvorením samotnej haly ku ktorej neskôr pridáme kancelárie. Hala sama o sebe má rozmery 510 mm na dĺžku a 360 mm na šírku. Po namodelovaní sme ešte pridali okná ako je v pôvodnom pláne haly. Keď sme mali namodelovanú halu, začali sme vytvárať jednotlivé stroje (Obr.1).



Obr. 13 Vymodelované stroje

Proces vytvárania fyzického modelu s využitím 3D tlače

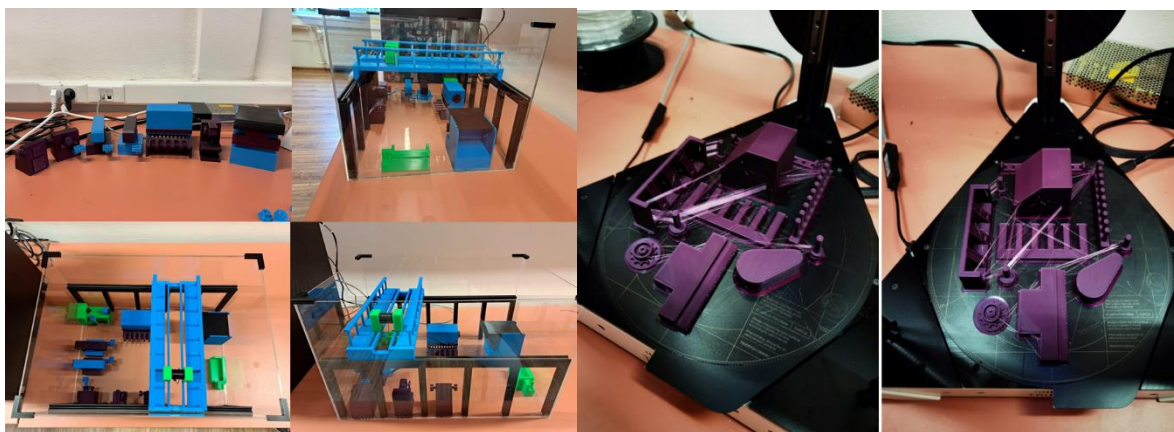
Po celkovom vytvorení modelov a všetkých jeho súčastí haly sme si všetky modely ešte následne skontrolovali, aby nám pri ich vytlačení nevznikol problém pri ich spájaní. Následne sme si modely mohli uložiť vo formáte STL, ktoré je potrebné vytvoriť a použiť na spracovanie v nami zvolenom Kisslicer-i. V tomto programe je možná transformáciu STL súborov vytvorených v 3D softvéri v našom prípade SolidWorks na potrebný .gcode pre tlač. Taktiež prostredníctvom tohto programu zadávame potrebné informácie pre tlač (Obr.2), ktorá bola vykonávaná na tlačiarňach TRILAB DeltiQ 2 a TRILAB DeltiQ 2 Plus.



Obr. 14 Práca s modelmi v programe Kisslicer

Po schválení a odkontrolovaní všetkých parametrov sme pristúpili k tlači jednotlivých modelov. Po skompletizovaní všetkých úkonov potrebných pre začiatok tlače sme si už vygenerované .gcode zadali do procesu tlače. Následne sme čakali, či všetky nami zvolené hodnoty budú dosiahnuté. V niektorých prípadoch bolo potrebné zvýšiť teplotu trysky a tlačiarenskej podložky z dôvodu nekompatibility systému. Každý model mal rozličnú dobu tlače a líšil sa množstvom použitého filamentu. Každý model bolo potrebné očistiť od podpory, bez ktorej by sme tieto modely neboli schopní vytlačiť.

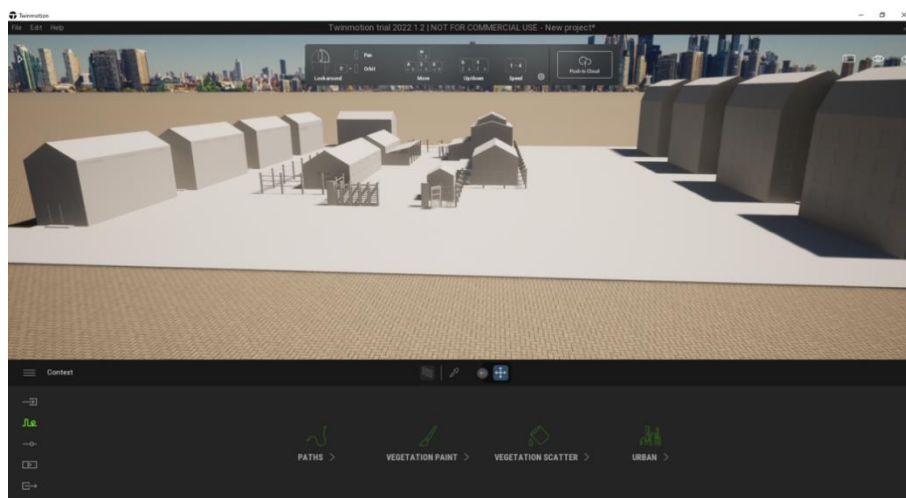
Pri tvorbe modelu haly sme použili plexisklo o hrúbke 3 mm. Po narezaní plexiskla nám vznikli 2 bočné steny s rozmermi 350x300 a ďalšie 2 steny s rozmermi 506x300. Pôdorys haly má rozmery 500x350 mm.



Tvorba vizualizácie

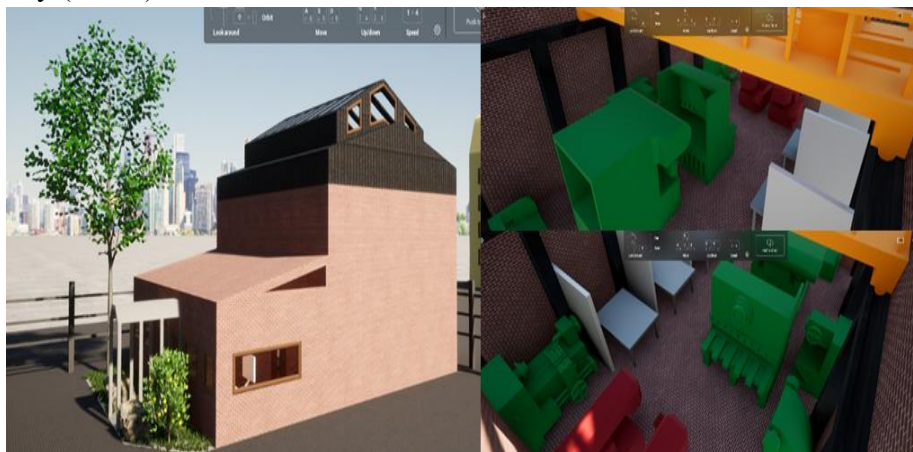
Obr. 15 Proces tlače a finálny model haly

Pri vizualizácii sme začali postupne tvorbou haly so strojmi a následne tvorbou celého komplexu. Využili sme modely, ktoré boli vytvorené v SolidWorks-e a následne pretransformované v obj. formáte, aby sme následne modely preniesli do TwinMotion programu a postupne začali upravovať (Obr.4). TwinMotion je 3D architektonický vizualizačný softvér, ktorý nás preniesie do virtuálnej reality v reálnom čase. Umožňuje nám vytvárať veľmi kvalitné snímky svojej práce, ale aj preniesť sa do tejto reality za pomoci 360° VR videá, ktoré sú kvalitne zhotovené a doba renderovania je oproti iným softvérom podstatne kratšia. Ďalšou možnosťou je vstup za pomoci VR-okuliarov priamo do už vytvoreného simulačného prostredia v akomkoľvek čase podľa toho, aký si navolíme. Okrem množstva úprav a postprodukcie okolia disponuje Twinmotion širokou škálou materiálov, ktoré svojím zobrazením realisticky reaguje na nastavené svetelné podmienky scény.



Obr. 16 Počiatočný model haly

Po prenesení tohto celého komplexu do nášho prostredia bolo potrebné vyriešiť zlú orientáciu objektu vzhľadom k základnej polohe. V našom ponímaní objekt bol kolmo na plochu virtuálneho prostredia. Po naštudovaní jednotlivých úkonov sme si s tým poradili a daný model sme presmerovali do horizontálnej polohy. Po zorientovaní objektu sme sa mohli pustiť do následných úprav povrchu, kde sme mu pridali štruktúru kameňa (Obr.5). Na záver sme riešili zvyšné budovy (Obr.6).



Obr. 17 Model haly a jej interior



Obr. 18 Vizualizácia celého komplexu

Záver

Predkladaný článok sa zameriaval na výrobu výrobných hál a jej strojového parku. V článku je opísaná výroba 3D modelov strojov. Jednotlivé modely boli vyrobené pomocou technológie Rapid prototyping za využitia metódy FDM- Fused deposition modeling. Modely sa vytvárali v programe SolidWorks v 3D rozhraní. Každý model sme pretransformovali do formátu STL, ktorý sme následne nahrali do programu Kisslicer. V Kisslicer-i sme si nastavili parametre a vlastnosti tlačenia. Pre vytlačenie modelov strojov do výrobných hál boli použité 3D tlačiarne značky TRILAB DeltiQ 2 PLUS a TRILAB DeltiQ XL. Pre tlač modelov sme si zvolili materiál PLA a PET-G. Po vytlačení modelov sme si odstránili zo všetkých častí podporu a jednotlivé modely následne spojili za pomoci lepidla. Následné modely sme si poukládali do nami vyrobenej haly z plexiskla spevnenej za pomoci vymodelovaných L-profilov. V neposlednom rade netreba zabudnúť, že okrem fyzického modelu haly sme vytvorili aj jej vizualizáciu. Pri ktorej sme použili Twinmotion. Hlavnou výhodou pri tvorbe tohto objektu s halou je možnosť využitia veľkého množstva materiálov, ktoré tento program v knižnici ponúka.

PodĎakovanie

Tento príspevok bol vypracovaný v rámci realizácie projektov: APVV-17-0258 Aplikácia prvkov digitálneho inžinierstva pri inovácii a optimalizácii produkčných tokov. APVV-19-0418 Inteligentné riešenia pre zvýšenie inovačnej schopnosti podnikov v procese ich transformácie na inteligentné podniky. VEGA 1/0438/20 Interakcia digitálnych technológií za účelom podpory softvérovej a hardvérovej komunikácie pokročilej platformy systému výroby. KEGA 001TUKE-4/2020 Modernizácia výučby priemyselného inžinierstva za účelom rozvoja zručností existujúceho vzdelávacieho programu v špecializovanom laboratóriu. VEGA 1/0508/22 „Inovatívne a digitálne technológie vo výrobných a logistických procesoch a systémoch.“



Použitá literatúra

- [1] VAVRÍK, Vladimír; GREGOR, Michal; MARSCHALL, Martin; GRZNÁR, Patrik; MOZOL, Štefan; The design of manufacturing line configurations with multiagent logistics system; TRANSCOM 2019, 13, Vysoké Tatry - Nový Smokovec, Slovensko. DOI 10.1016/j.trpro.2019.07.170.
- [2] PLINTA, D. – KRAJČOVIČ, M. 2016. Production System Designing with the Use of Digital Factory and Augmented Reality Technologies. In Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 350 (2016), p. 187-196. ISSN 2194-5357
- [3] CMOREJ, T., PANDA, A., BARON, P., POOR, P., & POLLAK, M. (2017). Surface finishing of 3d printed sample manufactured by fused deposition modeling. MM Science Journal, 2017(05), 1981-1985. doi: 10.17973/mmsj.2017_12_201753.
- [4] FUSKO, M. – RAKYTA, M. – KRAJCOVIC, M. – DULINA, L. – GASO, M. – GRZNAR, P. 2018. Basics of Designing Maintenance Processes in Industry 4.0. In: MM Science Journal. No. March (2018), p. 2252-2259. ISSN 1803-1269.
- [5] STRAKA M., LENORT R., KHOURI S., FELIKS J. 2018. Design of large-scale logistics systems using computer simulation hierarchic structure, International Journal of Simulation Modelling, Vol. 17, No. 1, pp. 105-118.
- [6] TREBUŇA, P., KLIMENT, M., EDL, M., PETRIK, M. (2014) Creation of Simulation Model of Expansion of Production in Manufacturing Companies, In: Procedia Engineering : Modelling of Mechanical and Mechatronic Systems MMaMS 2014 : 25th-27th November 2014, High Tatras, Slovakia. Vol. 96 (2014), p. 477-482. - ISSN 1877-7058 Spôsob prístupu: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814031695...>

Kontaktná adresa

Ing. Jozef Trojan, PhD.

Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Industrial and Digital Engineering, Park Komenskeho 9, 042 00 Kosice, Slovakia

e-mail: jozef.trojan@tuke.sk



REVERSE ENGINEERING WITH 3D LASER SCANNING TECHNOLOGY SUPPORT

Katarína ŠTAFENOVÁ –Miroslav RAKYTA– Vladimíra BIŇASOVÁ

Abstract: This paper describes laser scanning technology as a tool for reverse engineering. The content includes theoretical starting points and knowledge about 3D models, reverse engineering and laser scanning. Furthermore, a method of reverse engineering using 3D laser scanning is proposed, compared with the standard reverse engineering process. The main contribution is comparing the use of hardware in the form of a scanner and software for post-processing.

Keywords: 3D laser scanning, reverse engineering, 3D modelling

Introduction

Reverse engineering using 3D laser scanning has been known in industrial practice for more than ten years. However, technologies, hardware and software solutions developed a lot during these ten years. Organizations of various natures have designed and applied reverse engineering process and combinations. With the advent of 3D laser scanning, this process has become faster and more efficient. This work aims to describe what is represented by the term 3D model, reverse engineering and 3D laser scanning. The following section describes the proposed reverse engineering process using FARO Focus hardware and software in conjunction with Bentley's MicroStationV8 graphics software. At the end of the work, a comparison of the proposed process and the process used by a competing company is given.

3D model

3D modelling creates a 3D representation of any surface or object by manipulating polygons, edges and vertices in a simulated 3D space. 3D modelling is accomplished by hand using specialized 3D production software that allows the artist to create and deform polygonal surfaces or by scanning real-world objects into a set of data points used to represent the objects digitally. 3D modelling is used in various fields, including engineering, architecture, entertainment, film, special effects, game development, and commercial advertising. 3D modelling uses software tools, such as computer-aided design (CAD) programs, to create 3D digital representations of objects. [1]

Although 3D modelling software is based on a complex set of mathematical functions, programs automate calculations for users and have tool-based user interfaces. 3D models are the output of 3D modelling based on various digital representations. Boundary representation (B-rep) uses mathematically defined surfaces such as cones, spheres, and NURBS (non-uniform rational base splines) connected by topology to represent objects as watertight volumes accurately. B-rep models are the preferred solution for engineering and many 3D modelling applications for the design, simulation and manufacturing of consumer and industrial products. Faceted models approximate surfaces using connected planar polygons and are the preferred solution for less accurate, high-speed shape representations used in games, animations, and digital mockups. [2]



Virtual 3D models can be turned into physical objects using 3D printing or traditional manufacturing processes. Models can also be converted to static images using 3D rendering, commonly used to create photorealistic displays for sales, marketing and e-commerce applications. 3D models can be created through a reverse engineering process in which 3D scanning technology is used to create digital replicas of real-world objects, including manufactured parts and assemblies, free-form models designed from clay, and human anatomy. [3]

Reverse engineering

Reverse engineering is one of the progressive technologies of production systems. It represents a technological process using which it is possible to create a CAD model of an existing product or draw documentation according to specific customer requirements. It is used to create drawings of spare parts, the relevant technical documentation that is either destroyed, incomplete, or never created. [4] Likewise, creating a complex hand-shaped model from modelling clay or other prototype parts. The data obtained can be used to produce parts with a small number in a batch on a 3D printer.

Use of reverse engineering:

- creation of drawing documentation of prototype parts,
- shortening the development and innovation cycle of the product,
- modernization of the production process,
- design of new parts adapted to existing parts,
- update drawing documentation of pressing forms.

Digitization, as the main activity in the process of reverse engineering for the field of engineering products, and the collection of input data from a real object is possible in several ways, such as manual measurement, semi-automatic measurement with a touch probe, laser surface scanning, optical 3D surface scanning or CT scanning. [5]

Currently, the most used digitization method for reverse engineering is laser scanning of the surface using a 3D laser scanner. Thanks to powerful technologies and a proven methodology for 3D measurement and 3D digitization, we can transfer complex shaped objects from the real world to digital form. Virtual 3D models are characterized by high accuracy, a prerequisite for their effective use in CAD systems. We digitize accurate models from the level of a polygonal network (mesh) and mathematically described objects (surfaces, holes, bevels) to editable models in CAD systems, all using combined contact measurement and scanning techniques and advanced reverse engineering methods.

Laser scanning

Laser scanning, especially 3D, is one of the technologies of reverse engineering, which represents a modern approach to the digitization of spatial information about an object, which can be used for 3D product and production systems, with a focus on the very realization of objects (industrial, artistic and historical), with demanding focusing. Accessible and dangerous spaces, animation and creation of 3D and simulation models. [6,7] We divide the digitization process according to the following steps:



Step 1 represents scanning preparation. The described technology represents high dimensional accuracy of 3D models up to 3 mm. However, we consider 2-5 cm to be sufficient accuracy. Subsequently, this accuracy affects the quality of the scan. At the beginning of each project, it is necessary to agree on all the conditions under which the models will be created or how they will be used in the future. The model can be helpful, for example, for reorganization or production planning, creating object libraries or analyzing static structures.

Step 2 is the creation of a reference grid. Before the actual scanning, reference points must be placed throughout the hall to create a reference grid. Each reference point is located at a specific location and has its coordinates and marker. This creation of a reference grid is later used when stitching scans and specifies the future virtual model. In the future, the business can use the reference grid to accurately position production equipment, conveyors, transportation systems, etc., created in the 3D model. When placing reference points, it is essential to distribute them so that there are not enough (minimum of three) needed to accurately position the scanner in space. From one scanning position, it is essential to see at least four reference points, the distance of which is less than fifteen meters from the scanner.

Step 3 represents laser scanning. The origin of the coordinate system is at the center of the scanning mirror in the device. The software can automatically recalculate the transformation matrix so that all reference points have an absolute coordinate system. The core of the entire system is a built-in operating system that ensures the collection and storage of all data, scanning and simple data transfer to an external computer. This technology enables efficient, fast and accurate scanning of the entire production hall. Scanning is not only about a black and white photo but also about a color representation of measured spatial points - scans. [7]

Step 4 represents the registration and connection of scans. Each scan point has five values: reflection, X, Y, Z and distance from the scanner. After scanning, it is essential to link the scans. This process creates a panoramic image, and each point shows one coordinate. FARO Scene Software for scanners from FARO is used for connecting scans, their overview and navigation in the scanning hall, measuring the distance and dimensions of objects, and exporting points to the CAD system. A FARO Scene is a graphical representation of visual perception used to compare reference points against which other objects can be evaluated. The goal of registration is to place individual scans in a predetermined coordinate system and link them and insert them into a fixed single coordinate system. A correctly registered (record of scans consists in their linking) scan is uniformly placed at the level of the "z" axis with other scans and with the correct link to other scans.

Step 5 represents the export of data from the graphic presentation to the CAD system. Usually, the data is exported to the CAD system: AutoCAD, MicroStation, Intergraph, CATIA, etc. With the help of 3D scans, a new medium is created that is a true reflection of reality. This medium is rendered into a CAD drawing that represents reality. This drawing is divided into layers according to the nature of the drawn object and can be dimensioned. Various parametric object libraries like TriCAD are used to reduce modelling time. This library consists of an extensive catalogue of 3D objects such as pipes, ventilation systems, electrical wiring, steel structures, conveyors, transportation systems, etc.

This 3D laser scanning process works with FARO Focus brand scanners.

Proposed reverse engineering process using 3D laser scanning

The reverse engineering process begins with selecting a tangible object for which it is necessary to develop technical documentation. An object can be a component, assembly, machine or building, ventilation, pipe system, etc. For research purposes, a set consisting of six components was chosen. This assembly serves as an intermediate piece for a piping system in an industrial plant. The first step is to disassemble the assembly from the entire system and store the assembly in the area where the 3D laser scanning will be performed. Next is the creation of a reference grid around the assembly. A reference grid consists of an arrangement of reference points. In this case, reference bodies are spheres. From every position of the scanner, the sphere has the same shape, which makes it an ideal reference body. After the creation of the reference network, i.e. after the placement of the reference bodies, 3D laser scanning follows. The positions of the scanner are selected according to the need to focus the object and according to the rules of the reference network. After scanning and data transfer to the FARO Scene software, the scans are registered. After the overall registration, a 3D point cloud (Fig. 1) of the real object is created.

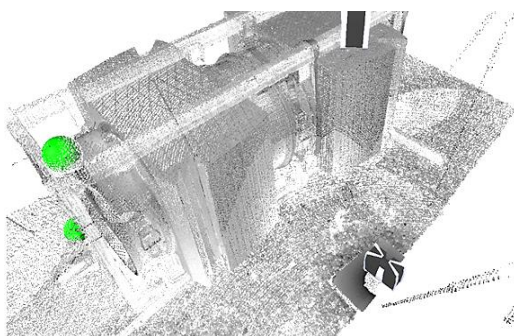


Fig. 1 3D point cloud displayed in FARO Scene software

The next step is to create a 3D model in the MicroStation V8 software environment. The point cloud is exported from the FARO scene software to the graphics software.

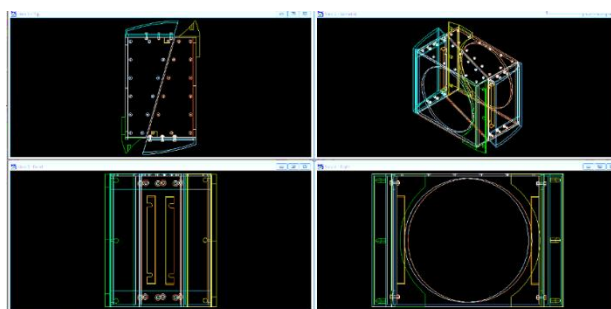


Fig. 2 3D model of the assembly in the MicroStation V8 software environment

In graphics software, a 3D model is created according to the actual object, in the exact scale and the real position relative to the zero point. This 3D model is measurable and dimensional and can be seen in Fig.2 in the MicroStation V8 environment. [9] This graphics software offers modelling in all six views of the body. Four are primarily used, top, front, right and isometric. Without a doubt, we need to check the accuracy of the data before completing the reverse engineering process. It is possible to export the created 3D model in VRML format to the FARO

Scene software (Fig. 3). The exported model can be placed in a point cloud and visually checked for deviations and inaccuracies between the dimensions of the actual object and the model. When creating technical documentation, the deviation should not exceed 1 mm. In this environment, moving the entire cloud and inspect the model from all sides is possible. We can also target these deviations using a set of measuring tools in the software.

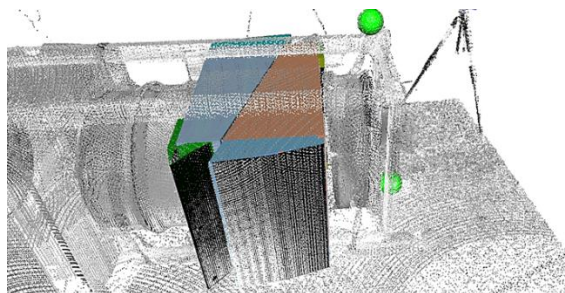


Fig. 3 Displaying the 3D model in the point cloud in the FARO Scene software environment

If the model passes inspection, the final output and the last step of the reverse engineering process is the drawing documentation. Drawing documentation, as part of technical documentation, is used in 2D. This 2D drawing can be created in MicroStation V8 simply by exporting the visible and hidden edges in each view that the creator needs to create the 2D drawing. The drawing is created in HLN format, which is a 2D drawing format. However, other software cannot process it effectively, so after creating a 2D drawing, it needs to be exported to DGN format to work flexibly for further use, such as construction.

Conclusion

The proposed procedure differs from the standard procedure used for reverse engineering. To compare the standard 3D laser scanning process used by a competing company and a competitively capable reverse engineering process, Tab.1 was compiled.

Tab. 1 Comparison of standard and proposed reverse engineering process

Process parameter	A commonly used process	The proposed process
Use of 3D laser scanning	Yes	Yes
Brand of scanners used	Leica Camera AG	FARO Focus Laser Scanners
The price of scanners	Higher	Acceptable
Scanning accuracy	Good	Very good
Point cloud software	Leica Cyclone	FARO Scene
Compatibility of cloud computing software with graphics software	Medium	High
The price of software for working with the cloud	High	Medium
Graphics software used	AutoCAD	MicroStation V8
Controllability of the software when creating 3D models	Complex difficulty	Medium difficulty
Compatibility of graphics software with other graphics software	Very low	High



Saving models to standard formats	Low	High
Creating a 2D drawing from a 3D model	Yes	Yes

The proposed procedure with the use of hardware and software from FARO Focus and MicroStation V8 graphics software from Bentley brings the possibility of better and more accurate targeting of objects, high compatibility of used software with the possibility of fast data transfer and model export to all standard formats for the use of models in graphics, visualization and simulation software. It also precisely controls the model's dimensions by comparing the actual condition displayed in the points cloud.

Acknowledgments: This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under contract no. APVV-19-0305.

References

- [1] GREGOR, M., MEDVECKÝ, Š., ŠTEFÁNIK, A.: *3D digitalizácia a modelovanie veľkých objektov*. In : ProIN. 2017. ISSN 1339-2271.
- [2] Slick, J. 2020. *What Is 3D Modeling?* [online]. [cit. 2022-09-18]. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/what-is-3d-modeling-2164>
- Siemens. 2021. 3D modeling: : [online]. [cit. 2022-09-18]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/> [3] FURDYGIEL, P., PLINTA, D.: *Production process improvement system*. Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej. Bielsko-Biała 2020.
- [4] iQservices, s.r.o. 2021. *Reverzný Inžiniering* [online]. [cit. 2022-09-18]. Dostupné z: <http://www.iqservices.eu/sk/sluzby/reverzny-inziniering.html>.
- [5] FUSKO, M., GABAJOVÁ, G., FURMANNOVÁ, B.: *Digitalizácia v továrni*. Žilinská univerzita v Žiline, Žilina 2020.
- [6] CEIT, a.s. 2021. *3D skenovanie, digitalizácia, reverzné inžinierstvo a metrológia* [online]. [cit. 2021-10-18]. Dostupné z: <https://www.asseco-ceit.com/sk/inzinierske-sluzby/reverzne-inzinierstvo/>.
- [7] BUSINESS AND DRIVE spol. s r.o. 2017. *Reverzné inžinierstvo* [online]. [cit. 2022-09-18]. Dostupné z: <https://www.businessanddrive.sk/strojarska-vyroba/reverzne-inzinierstvo/>.
- [8] BERLIN, R.: *Accurate robot and workcell simulation based on 3D laser scanning*. Proceedings of the 333rd ISR (International Symposium on Robotics) October 7 – 11, 2002, [online]. In: <https://research.chalmers.se/en/publication/100318>. 25.101.2021
- our-story/glossary/3d-modeling/17977.
- [9] SÝKORA P. *MicroStation V8*, podrobná príručka. 2001. ISBN 80-7226-540-7.

Contact address

Ing. Katarína Štaffenová

University of Žilina, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Industrial Engineering,
Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, Slovakia
email: katarina.staffenova@stroj.uniza.sk