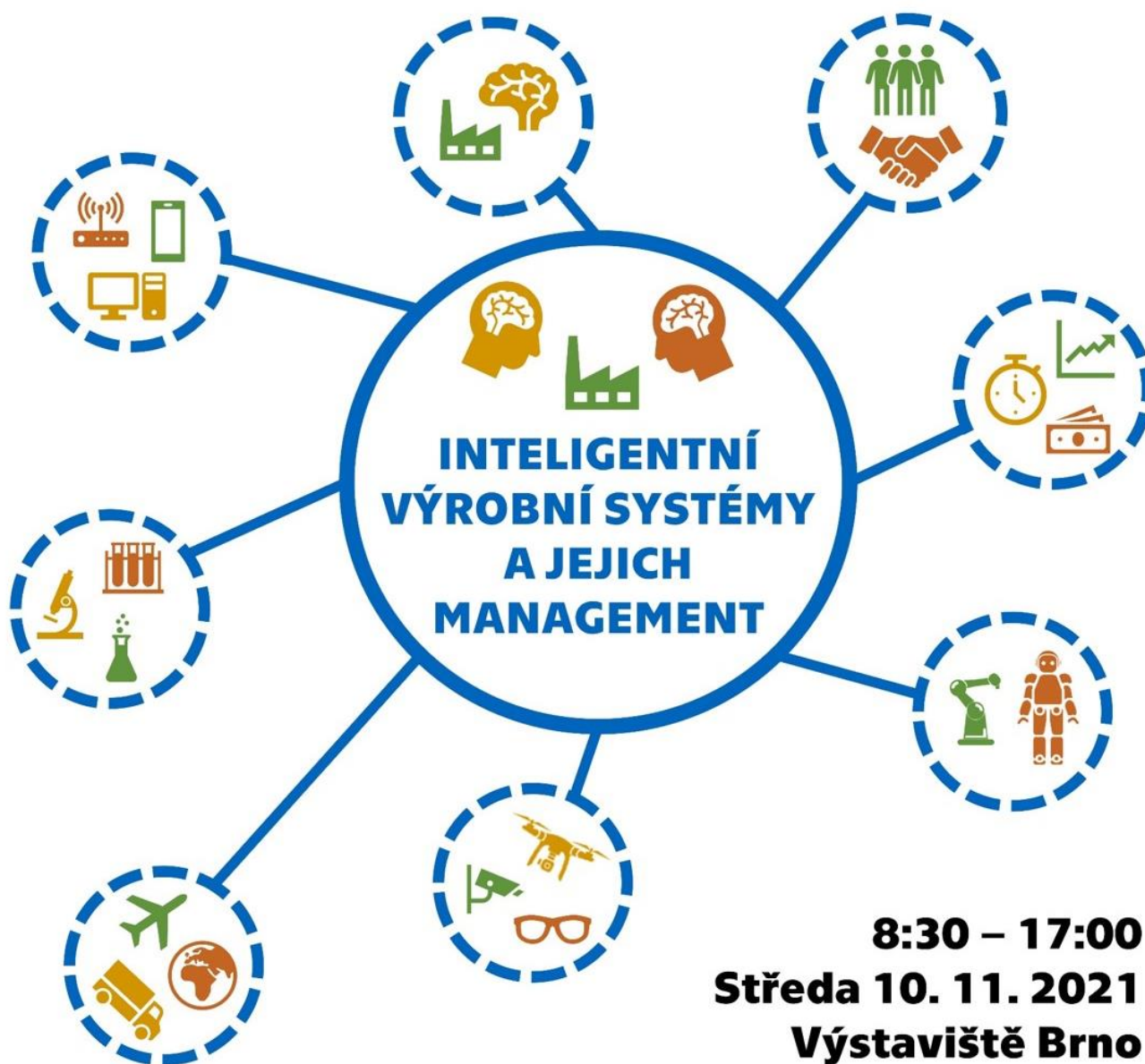


21.

ROČNÍK KONFERENCE INTEGROVANÉ INŽENÝRSTVÍ V ŘÍZENÍ PRŮMYSLOVÝCH PODNIKŮ

20
21

PŘI MEZINÁRODNÍM STROJÍRENSKÉM VELETRHU V BRNĚ



8:30 – 17:00
Středa 10. 11. 2021
Výstaviště Brno

Další informace o konferenci
včetně registrace:

www.rep.fs.cvut.cz/konference
+420 224 355 798

Při včasné registraci zajištěn
vstup na MSV 2021.



České vysoké učení technické v Praze – Fakulta strojní Ústav řízení a ekonomiky podniku



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

VE SPOLUPRÁCI S



**Fakulta strojní Západočeské univerzity v Plzni
Katedra průmyslového inženýrství a
managementu**



MM publishing, s.r.o.



Svaz strojírenské technologie, zájmové sdružení



**Česká technologická platforma STROJÍRENSTVÍ,
z.s.**

Editor:	Patrik Budský
Název díla:	Recenzovaný sborník příspěvků z 21. odborné konference z cyklu Integrované inženýrství v řízení průmyslových podniků na téma Inteligentní výrobní systémy a jejich management
Vydalo:	České vysoké učení technické v Praze
Zpracovala:	Fakulta strojní, Ústav řízení a ekonomiky podniku
Kontaktní adresa:	Karlovo náměstí 13, 121 35 Praha 2
Tel.:	+420 224 355 798 (sekretariát ústavu)
Počet stran:	130
Vydání:	První elektronické

Příspěvky prošly recenzním řízením.

Recenzenti sborníku:

prof. Ing. František Freiberg, CSc. – ČVUT v Praze

doc. Ing. Jan Horejc, Ph.D. – ČVUT v Praze

Ing. František Lopot, Ph.D. – ČVUT v Praze

Ing. Karel Petr, Ph.D. – ČVUT v Praze

Ing. Jan Lhota, Ph.D. – ČVUT v Praze

Ing. Patrik Budský – ČVUT v Praze

Ing. Pavel Scholz – ČVUT v Praze

ISBN 978-80-01-06913-4

10. 11. 2021

www.rep.fs.cvut.cz/konference

OBSAH

KOMPARACE FINANČNÍ VÝKONNOSTI KREATIVNÍHO PRŮMYSLU S TRADIČNÍMI OBORY	7
Olga Dobrovolschi, Patrik Budský	
IMPLEMENTATION OF INPUT-OUTPUT MODELS WITHIN INDUSTRIAL SMEs.....	14
Matouš Machka, Theodor Beran, Jiří Suchomel	
TIME-SERIES ANALYSIS IN PERIODS OF CRISIS: A COMPARISON BETWEEN STATISTIC METHODOLOGIES TO ASSIST ON THE MANAGEMENT DECISION-MAKING IN TIMES OF MARKET SINGULARITIES AND LIMITED HISTORICAL DATA	25
Rebeca Barbosa	
EXPERIMENTÁLNÍ BEZOSÝ ŠNEKOVÝ DOPRAVNÍK	34
Ondřej Štoček, Josef Grill, František Lopot, Jan Hošek	
MOŽNOSTI VZNIKU PŘEDPĚTÍ V POLÍCH KLINČOVÝCH SPOJŮ	44
Marek Štádler, František Lopot	
TECHNOLOGIE PŘESNÉHO LEPENÍ FUNKČNÍ KOMPOZITOVÉ SESTAVY.....	55
Oskar Turek	
MĚŘENÍ VLASTNOSTÍ VYBRANÝCH TYPŮ OLEJŮ PRO KUŽELOVÝ TŘECÍ VARIÁTOR	65
Vít Řípa, Jakub Štětina, Karel Petr, Marek Štádler	
SIMULAČNÍ STUDIE VYUŽITÍ MANIPULAČNÍ TECHNIKY.....	74
Zdeněk Kadlec, Pavel Scholz, Václav Michalec	
LEADERSHIP V POSTPANDEMICKÉM SVĚTĚ: REŠERŠE STAVU PROBLEMATIKY.....	87
Ján Holý	
SOUČASNÉ BARIÉRY V POUŽITÍ NÁSTROJŮ BUSINESS INTELLIGENCE PRO MALÉ A STŘEDNÍ PODNIKY	102
Václav Kalina, Jan Lhota, Petr Weisser	

LIDSKÉ ASPEKTY ZNALOSTNÍHO ROZVOJE PODNIKŮ V ĚŘE DIGITALIZACE	117
Jan Horejc, Petr Pergner, Pavel Machala	
PLÁNOVÁNÍ ROZVOJE PODNIKOVÝCH ICT SYSTÉMŮ	124
Michal Kavan, Václav Michalec	

KOMPARACE FINANČNÍ VÝKONNOSTI KREATIVNÍHO PRŮMYSLU S TRADIČNÍMI OBORY

COMPARISON OF THE FINANCIAL PERFORMANCE OF THE CREATIVE INDUSTRY WITH TRADITIONAL FIELDS

Olga Dobrovolschi, Patrik Budský

Abstrakt

Tento příspěvek je zaměřen na komparaci finanční výkonnosti mezi společnostmi spadající pod kreativní průmysl se společnostmi ze sektorů strojírenství, retailu a hi-tech výrobků, které reprezentují výrobci polovodičových čipů. V příspěvků jsou tyto společnosti rozděleny do čtyř skupin a následně je srovnávána jejich hodnota, růst hodnoty jednotlivých skupin, růst tržeb a dosahovaná provozní marže. Jednotlivá odvětví jsou poté porovnána na základě metody pořadí. Příspěvek pracuje s hypotézou, že kreativní odvětví dosahuje vyšší provozní marže a má vyšší růst tržeb než tradiční odvětví. Tato hypotéza je v příspěvku indikativně potvrzena a je i nastíněn možný směr dalšího výzkumu.

Klíčová slova: kreativní průmysl, komparace, finanční výkonnost

Abstract

This paper focuses on the comparison of financial performance between companies belonging to the creative industry with companies from the sectors of engineering, retail and hi-tech products, which represent manufacturers of semiconductor chips. In the contributions, these companies are divided into four groups and then their value, the growth of the value of each group, the growth of sales and the achieved operating margin are compared. The sectors are then compared based on the ranking method. The paper works with the hypothesis that the creative industry achieves higher operating margins and has higher sales growth than the traditional industry. This hypothesis is indicatively confirmed in the paper and the possible direction of further research is outlined.

Key words: creative industry, comparison, financial performance

Úvod

V kontextu globalizace se kreativní odvětví stávají důležitým zdrojem hospodářského rozvoje. V posledních letech se s rozvojem inovativních odvětví zvětšuje zájem i o kreativní ekonomiku, díky čemuž je kreativní ekonomika stále častěji zahrnuta i do plánů hospodářského rozvoje zemí Evropské unie (Kraus a Žáková, 2014). Kreativní ekonomika přispívá 3 % celosvětového HDP (Unesco, 2021).

Kreativní ekonomika je rostoucí odvětví založené na kreativních zdrojích, které mají potenciál pohánět ekonomický růst a rozvoj. Přispívá k vytváření přidané hodnoty, vytváření pracovních míst a příjmů a zároveň podporuje sociální začlenění, kulturní rozmanitost a lidský rozvoj. Současně pokrývá ekonomické, kulturní a sociální aspekty (UNCTAD, 2010). Srdcem kreativní ekonomiky jsou kreativní odvětví, která představují realistický nástroj budoucnosti pro rozvoj inovací a meziagenturních akcí. Podle UNESCO je termín „kulturní odvětví“ aplikován na ta odvětví, která kombinují vytváření, produkci a marketing obsahu, který je kulturní a nehmotné povahy, rovněž chráněný právy duševního vlastnictví a může mít podobu zboží a služeb (UNESCO, 2009).

Rozvinuté země po celém světě začátkem 21. století začaly směřovat k novému formátu budování podnikání, ve kterém jsou informace a znalosti nejdůležitějším motorem hospodářského růstu. To znamená, že se postupně přesouváme z ekonomiky založené výhradně na produkci zboží do ekonomiky z velké části poháněné nápady a inovacemi. Podle výzkumu nejrozvinutější kreativní odvětví v Evropě lze nalézt ve Velké Británii. Podílem na HDP je ve Velké Británii pravděpodobně největší na světě. Kreativní ekonomika tvoří 7,3 % HDP a velikostně je srovnatelná s odvětvím finančních služeb. Navíc tento sektor roste 5 % ročně (téměř dvakrát rychleji než ostatní hospodářství) (TERA Consultants, 2012). Brzy bude v kreativní ekonomice pracovat asi 1,8 milionu lidí.

Ekonomika každého národa vyžaduje, aby vláda spolupracovala s kreativními odvětvími na vytvoření rámce, na kterém mohou tato kreativní odvětví vzkvétat a zvyšovat HDP. Porovnání kreativního průmyslu a výroby provedl již Sung (2015), který se zabýval aplikací IT. Konkurenceschopností kreativního průmyslu se zabýval Utami a Lantu (2014). Udržitelnost kreativního průmyslu zkoumali autoři Fazlagić a Skikiewicz (2019). Příspěvní kreativní ekonomiky k růstu HDP se na příkladu Jižní Koreji zabýval Connell (2014). Kvantitativní studie v této oblasti nejsou příliš obvyklé.

Účelem tohoto příspěvku je indikativně porovnat finanční výkonnost kreativního sektoru ve srovnání s tradičními obory jako je strojírenství a retail. Pro porovnání byli přidáni i zástupci hi-tech odvětví, kterým je výroba polovodičových chipů. Příspěvek pracuje s hypotézou, že kreativní odvětví dosahuje vyšší provozní marže a má vyšší růst tržeb než tradiční odvětví.

1 Metodika

Tato kapitola popisuje výběr společností, sběr dat, práci s daty, výpočty a vyhodnocení získaných údajů.

1.1 Výběr korporací

Pro komparaci byly zvoleny korporace z indexu S&P 100 ke dni 20. 9. 2021. Do každé skupiny byly vybrány tři nejvýše postavené korporace v tomto indexu. Rozřazení do skupin bylo provedeno na základě hlavního zdroje tržeb. V rámci skupiny „Kreativní ekonomika“ byly za reprezentanty zvoleny společnosti (v širším slova smyslu včetně konglomerátů, koncernů...) Walt Disney Company, Adobe Inc. a Netflix Inc. Skupinu „Retail“ tvoří společnosti Home Depot Inc., Walmart Inc. a Costco Wholesale Corporation (Costco). Strojírenství reprezentují společnosti Deere & Company, Boeing Company a Caterpillar Inc. Hi-tech odvětví zastupují společnosti NVIDIA Corporation, Intel Corporation a Broadcom Inc.

1.2 Sběr a zpracování dat

Ke každé společnosti byla dohledána její Enterprise Value (EV, brutto hodnota) k 20. 9. 2021 a ke konci roku 2019. Dále byly ke společnostem přiřazena výše provozní marže za fiskální rok končící v průběhu roku 2019 a průměrné tempo růstu tržeb za předcházejících pět let také vykázané taktéž za fiskální rok končící v roce 2019. Dané ukazatele byly zvoleny z důvodu nižších výkyvů v čase. To se týká zejména hodnot společností a růstu tržeb. Provozní zisková marže je taktéž stabilnější, než čistá marže a není ovlivněna změnami daňových sazeb a změnami v efektivním zdanění. „Fiskální rok 2019“ byl zvolen z důvodu zmenšení zkreslení výsledků vlivem dopadu pandemie nemoci covid-19. Jako zdroj dat byla využita databáze společnosti Morningstar, Inc.

Na základě vykázaných Enterprise Value byl vypočítán růst hodnoty jednotlivých společností. U každé skupiny byla vypočítána i celková hodnota vzorku k oběma datům a její změna. Dále byla vypočítána průměrná změna hodnoty u všech skupin, průměrná výše provozní ziskové marže a průměrného tempa růstu v předcházejících pěti letech. Na základě vypočítaných údajů byla vypracována souhrnná tabulka výsledků. Na jejím základě byla provedena komparace jednotlivých skupin. Pro srovnání byla použita metoda pořadí známé z vícekritériálního rozhodování.

2 Výsledky komparace

Tato kapitola popisuje výsledky výzkumné sondy. Nejprve se autoři věnují jednotlivým identifikovaným skupinám. Následně uvádí souhrn zjištění. Kapitola je zakončena samotnou komparací.

2.1 Finanční výkonnost jednotlivých odvětví

Kreativní ekonomika (Tab. 1) dosáhla v roce 2019 hodnoty cirka 600 miliard dolarů. K 20. 9. 2021 to bylo již téměř jeden bilion. Nejvyšší růst hodnoty zaznamenala společnost Adobe (95 %). Vzorek celkově zaznamenal růst hodnoty ve výši 56 %. Průměrná provozní marže vzorku činí 19,7 %. Nejvyšší provozní marži vykázala společnost Adobe. Průměrný zaznamenaný růst skupiny je 19,6 % ročně. Nadprůměrná hodnota růstu byla zaznamenána u společnosti Netflix. Naopak podprůměrné tempo růstu měla společnost Disney. To může být způsobeno strukturou produktů, které společnost Disney nabízí svým zákazníkům. V roce 2019 podstatnou část tržeb tvořilo vstupné do zábavních parků. Naopak se v tržbách ještě plně neprojevila streamovací služba Disney+. Ostatní dvě společnosti ve vzorku operují pouze s nehmotnými aktivy, které mají vyšší škálovatelnost a umožňují vyšší tempo růstu (Budský a Dvořák, 2018, Ribauda, 2016).

Tab. 1: Výkonnost kreativního průmyslu (vlastní)

Název sloupce	EV (20. 9. 2021) [miliard \$]	EV 2019 [miliard \$]	Změna	Provozní marže 2019	Růst tržeb průměr 5 let k 2019
Adobe	310,72	159,04	95 %	29,3 %	21,92 %
Disney	372,16	299,15	24 %	17 %	7,34 %
Netflix	268,69	149,98	79 %	12,9 %	29,64 %
Průměr	x	x	66 %	19,7 %	19,6 %
Celkem	951,57	608,17	56 %	x	x

Odvětví retailu (Tab. 2) dosáhlo v roce 2019 hodnoty cirka 800 miliard dolarů. K 20. 9. 2021 byla hodnota skupiny již na jedním bilionem dolarů. Nejvyšší růst hodnoty ve skupině zaznamenala společnost Costco (57 %). Vzorek celkově zaznamenal růst hodnoty ve výši 29 %. Průměrná provozní marže vzorku činí 7,3 %. Nejvyšší provozní marži vykázala společnost Home Depot, která se zaměřuje na specializovaný retail v oblasti péče o domov, kutilství a stavebnictví. Ostatní dvě společnosti ve vzorku vykazují podprůměrnou provozní marži, která nedosahuje ani 5 %, což ale není v odvětví retailu neobvyklé. Retail zpravidla pracuje s nižšími maržemi a rychlou obrátkovostí zboží. Průměrný zaznamenaný růst skupiny je 4,8 % ročně.

Tab. 2: Výkonnost retailu (vlastní)

Název sloupce	EV (20. 9. 2021) [miliard \$]	EV 2019 [miliard \$]	Změna	Provozní marže 2019	Růst tržeb průměr 5 let k 2019
Home Depot	392,03	271,07	45 %	14,6 %	6,54 %
Walmart	441,63	404,51	9 %	4,3 %	1,55 %
Costco	202,24	129,07	57 %	3,1 %	6,28 %
Průměr	x	x	37 %	7,3 %	4,8 %
Celkem	1 035,9	804,65	29 %	x	x

Odvětví strojírenství (Tab. 3) dosáhlo v roce 2019 hodnoty cirka 400 miliard dolarů. K 20. 9. 2021 byla hodnota skupiny 450 miliard dolarů. Nejvyšší růst hodnoty ve skupině zaznamenala společnost Deere (55 %), která vyrábí zemědělskou techniku pod obchodní značku John Deere. Vzorek celkově zaznamenal jen mírný růst hodnoty ve výši 12 %. Průměrná provozní marže vzorku činí 7,4 %. Nejvyšší provozní marži vykázala společnost Caterpillar, která se zaměřuje na produkci strojů pro zemní práce,

těžbu a stavebnictví. Zápornou provozní marži vykazala společnost Boeing, což mohlo souviset s problémy letadla Boeing 737 MAX 8. Průměrný zaznamenaný růst skupiny je -0,8 % ročně. Růst tržeb vykazala pouze společnost Deere, a to jen ve výši 1,69 %.

Tab. 3: Výkonnost strojírenství (vlastní)

Název sloupce	EV (20. 9. 2021) [miliard \$]	EV 2019 [miliard \$]	Změna	Provozní marže 2019	Růst tržeb průměr 5 let k 2019
Deere	147,99	95,44	55 %	10,4 %	1,69 %
Boeing	167,28	197,11	-15 %	-3,5 %	-3,55 %
Caterpillar	136,11	111,24	22 %	15,4 %	-0,51 %
Průměr	x	x	21 %	7,4 %	-0,8 %
Celkem	451,38	403,79	12 %	x	x

Odvětví hi-tech výroby, které reprezentují výrobci polovodičových chipů (Tab. 4) dosáhlo v roce 2019 hodnoty cirká 560 miliard dolarů. K 20. 9. 2021 byla hodnota skupiny již přes jeden bilion dolarů. Nejvyšší růst hodnoty ve skupině zaznamenala společnost NVIDIA (295 %). Růst hodnoty této společnosti nejspíše souvisí se situací na trhu polovodičových součástek, kde v posledním období převažuje poptávka nad nabídkou. NVIDIA také těží se situací na trhu s kryptoměnami. Produkty této společnosti se totiž používají na verifikaci plateb, za což poskytovatelům výpočetního výkonu náleží odměna („těžení“ kryptoměn). Růst hodnoty této společnosti značně zkresluje vykázané údaje. Toto zkreslení naopak mírně kompenzuje společnost Intel, která ztrácí tržní podíl na úkor společnosti Advanced Micro Devices (AMD). To spolu s problémy Intelu s novými výrobními technologie v očích investorů nejspíše zapříčinilo pokles hodnoty. Vzorek celkově zaznamenal ztelný růst hodnoty ve výši 79 %. Průměrná provozní marže vzorku činní 27,4 %. Nejvyšší provozní marži vykazala společnost NVIDIA, za kterou jen mírně ztrácel Intel. Růst tržeb skupiny dosahoval 22,6 %. Na růstu tržeb vzorku se nejvíce podílela společnost Broadcom.

Tab. 4: Výkonnost hi-tech odvětví (vlastní)

Název sloupce	EV (20. 9. 2021) [miliard \$]	EV 2019 [miliard \$]	Změna	Provozní marže 2019	Růst tržeb průměr 5 let k 2019
NVIDIA	540,64	136,78	295 %	32,5 %	23,19 %
Intel	230,68	273,64	-16 %	31,2 %	5,19 %
Broadcom	237,66	153,48	55 %	18,5 %	39,55 %
Průměr	x	x	111 %	27,4 %	22,6 %
Celkem	1 008,98	563,9	79 %	x	x

2.2 Souhrn výsledků jednotlivých odvětví

Při komparaci souhrnných výsledků je patrné, že zástupci kreativního průmyslu, retailu a hi-tech dosahují na burze podobné tržní hodnoty. Kreativní odvětví a hi-tech ale dosahují mnohem vyššího růstu tržeb a provozní marže. Strojírenství je ve všech zkoumaných parametrech na chvostu výběru. Jedině v dosažené provozní marži mírně překonává průměrnou dosaženou marži zástupců retailu o 0,1procentního bodu.

Tab. 5: Souhrn výsledků pro jednotlivá odvětví (vlastní)

Název sloupce	Kreativita	Retail	Strojírenství	Hi-Tech
EV (20. 9. 2021) [miliard \$]	951,57	1 035,9	451,38	1 008,98
EV 2019 [miliard \$]	608,17	804,65	403,79	563,9
Změna hodnoty průměr	66 %	37 %	21 %	111 %
Změna hodnoty celkem	56 %	29 %	12 %	79 %

Název sloupce	Kreativity	Retail	Strojírenství	Hi-Tech
Provozní marže 2019	19,73 %	7,33 %	7,43 %	27,40 %
Růst tržeb průměr 5 let k 2019	19,63 %	4,79 %	-0,79 %	22,64 %

2.3 Komparace jednotlivých odvětví

Výsledné srovnání (Tab. 6) ukazují, že, v celkovém vyhodnocení, se zástupci kreativního průmyslu umístili na druhém místě za vzorkem firem, které se zabývají výrobou polovodičových chipů, což je technologicky jedno z nejvíce vyspělých odvětví. Strojírenství skončilo na posledním místě.

Tab. 6: Komparace jednotlivých skupin pomocí metody pořadí (vlastní)

Název sloupce	Kreativity	Retail	Strojírenství	Hi-Tech
EV (20. 9. 2021)	3.	1.	4.	2.
EV 2019	2.	1.	4.	3.
Změna hodnoty průměr	2.	3.	4.	1.
Změna hodnoty celkem	2.	3.	4.	1.
Provozní marže 2019	2.	4.	3.	1.
Růst tržeb průměr 5 let k 2019	2.	3.	4.	1.
Suma pořadí	13	15	23	9
Výsledné pořadí	2.	3.	4.	1.

3 Diskuze

Příspěvek je omezen množstvím zkoumaných firem. Proto se jedná pouze o výzkumnou sondu, která musí být potvrzena, nebo vyvrácena plnohodnotným kvantitativním výzkumem. Společnosti v jednotlivých sledovaných skupinách rovněž patří k největším společnostem ve svém oboru, což má určité implikace v jejich finanční výkonnosti a může to zkreslovat porovnatelnost. Je také otázkou, zdali by se zjištěný rozdíl mezi zkoumanými společnostmi dal vypořádat i mezi malými a středními podniky. Nicméně zjištěné výsledky odpovídají výzkumům obchodních modelů od autorů Ribauda (2016), Weill a spol. (2011) i Budský a Dvořák (2019). Tyto výzkumy zjistily, že producenti nehmotných aktiv dosahují vyšší růstové obce a vyšších multiplikátorů EV/S (Enterprise Value / Sales) než business modely založené na výrobě a prodeji hmotných statků. To odpovídá i zjištěním v příspěvku, kde vzorky firem z odvětví strojírenství a retailu dosahují nižšího růstu hodnoty společností. To právě může být způsobeno nižším růstem tržeb a nižších marží, které lze u těchto podniků vypořádat.

Závěr

Na zkoumaném vzorku se ukazuje, že kreativní průmysl je zajímavou alternativou k alokaci finančních prostředků se výrazným růstem tržeb a hodnoty společností. Kreativní průmysl dosahuje také poměrně vysoké marže. V rámci výzkumu se ale ukázalo, že společnosti produkující vysoce technologicky náročné výrobky mají marži a růst ještě vyšší. Otázkou ale je, zdali toto odvětví lze považovat za tradiční. Autoři se přiklání k názoru, že ne. Proto se domnívají, že v úvodu vyslovenou hypotézu „že kreativní odvětví dosahuje vyšší provozní marže a má vyšší růst tržeb než tradiční odvětví“ lze indikativně potvrdit. Pro plné potvrzení hypotézy (viz diskuze) je ale třeba pracovat s rozsáhlejším vzorkem dat, což může být i směr dalšího výzkumu.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS21/114/OHK2/2T/12.

Prameny

1. BUDSKÝ, Patrik a Dvořák, Jan. Value Creation – 10 Years of Evolution Across Industries and Business Models. In: *The 7th International Scientific Conference IFRS: Global Rules and Local Use – Beyond the Numbers*, 2019, 210-218. Retrieved from <https://www.mup.cz/data/files/2019-IFRS-conference-proceedings-v5.pdf>
2. CONNELL, Sean. Building a creative economy in South Korea: Analyzing the plans and possibilities for new economic growth. *2014: On Korea*, 2014, 7.
3. FAZLAGIĆ, Jan; SKIKIEWICZ, Robert. Measuring sustainable development-the creative economy perspective. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2019, 26.7: 635-645.
4. KRAUS, Marcel a Eva ŽÁKOVÁ. *Kulturní a kreativní průmysly ve vybraných zemích Evropské unie: vymezení, ekonomický přínos, strategická podpora*. V Praze: Institut umění - Divadelní ústav, 2014. ISBN 9788070083246.
5. RIBAUDO, William. Technology is Changing How We View Industry, Value Companies, and Develop Strategy. SNS Subscriber edition. 2016 Retrieved from: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/risk/us-ers-global-report-on-technology-and-the-economy.pdf>
6. SUNG, Tae Kyung. Application of information technology in creative economy: Manufacturing vs. creative industries. *Technological Forecasting and Social Change*, 2015, 96: 111-120.
7. TERA Consultants, *The economic contribution of the creative industries to EU GDP and employment*. Tera, Paris 2012.
8. UNCTAD, UNDP. *Creative Economy Report: A Feasible Development Option*. 2010
9. UNESCO-UIS. *The 2009 UNESCO Framework for Cultural Statistics (FCS 2009)*. Montreal: UNESCO Institute for Statistics. 2009. Accessed in June 2011.
10. UNESCO. International Year of Creative Economy for Sustainable Development. UNESCO [online]. 27. leden 2021 [vid. 2021-09-28]. Dostupné z: <https://en.unesco.org/commemorations/international-years/creativeeconomy2021>
11. UTAMI, Ramadhilla Maghfira; LANTU, Donald Crestofel. Development competitiveness model for small-medium enterprises among the creative industry in Bandung. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2014, 115: 305-323.
12. WEILL, P., MALONE, T. W., & APEL, T. G. The business models investors prefer. *MIT Sloan Management Review*. 2011, 52(4), 17.

Kontaktní údaje autorů

Olga Dobrovolschi

České vysoké učení technické v Praze

Karlovo náměstí 13, 121 35, Praha 2

olga.dobrovolschi@fs.cvut.cz

Patrik Budský

Prague Appraisal Institute, z. s., České vysoké učení technické v Praze

Karlovo náměstí 13, 121 35, Praha 2

Patrik.budsky@pragap.cz, patrik.budsky@cvut.cz

IMPLEMENTATION OF INPUT-OUTPUT MODELS WITHIN INDUSTRIAL SMEs

Matouš Machka, Theodor Beran, Jiří Suchomel

Abstract

Small and medium-sized industrial enterprises urgently need new cost management tools that would allow them to adapt quickly to the conditions of the current, largely volatile situation. These are mainly the areas of production, supply and distribution planning and ensuring a relatively stable position in the market. This goal can be achieved using Input-Output models integrated with modern cost accounting methods, such as the ABM/C system (Activity Based Management/Costing). This integration can be achieved by means of a digital simulation of the company's production activity, in order to obtain the initial data for the Input-Output model used.

Keywords: Input-Output Models, Cost Management, SMEs, Industrial Engineering

Introduction

With the rapid development of computer technology, new possibilities are opening up in the field of digital simulations of production and numerical calculations. This fact strongly supports the rapid implementation of mathematical costing methods in the form of Input-Output models integrated with other modern cost management methods (Tan, 2018). The integrated Input-Output model is a powerful tool in planning production, supply and distribution (Janovská, 2010a). Many publications deal with the integration of Input-Output models with other cost management methods and their use in the industry. Examples are the mining industry (Janovská, 2010a-b; Stillwell, 2000), power industry (Miller 2009) or the production of construction tiles and its impact on the environment (Albino, 2004). In the publications available, introducing Input-Output models as a tool for effective cost management applies exclusively to large enterprises and companies. This article focuses mainly on the possibility of implementing Input-Output models as a cost management tool for small and medium-sized industrial enterprises. The first chapter deals with the theoretical description of Leontief Input-Output analysis, including its development and basic mathematical interpretation. The second chapter discusses the barriers that prevent the implementation of Input-Output models. The third chapter focuses on the possibility of digital simulation of production activity and its importance in obtaining initial data for the product Input-Output model.

The main goal of this publication is introduced readers with basic Input-Output models and their potential use within industrial SMEs. Authors try summarize problems connected with the implementation of Input-Output models in SMEs as well. The article was written in co-operation with a mentor from Jeti a. s.

1 Theoretical introduction to corporate Input-Output balance

This chapter deals with the issue of the Leontief Input-Output analysis and its application in the management of small and medium-sized engineering enterprises. The research was conducted in the Czech engineering company Jeti a.s. in consultations with the corporate mentor. The following subchapters theoretically explain the basic principles and ideas of Input-Output balance. Practical examples supplement them, specifically, the product Input-Output model adapted for the production

of steel structures. The said examples briefly explain the possible use of Input-Output models in the given business processes within Jeti a.s.

1.1 Development and basic ideas of the Leontief Input-Output analysis

The Russian-American economist and Nobel prize winner Wassily Leontief (1905–1999) made a major contribution to the development of Input-Output analysis. He expanded this discipline with other theoretical ideas and regularities and found a place for its practical application. In the literature, therefore, we often encounter the term Leontief Input-Output analysis (Kurz, 2000; Kým, 2006).

We can consider the publication from 1928 entitled *The Economy as a Circular Flow* to be a fundamental work by W. Leontief. Here he designed a two-sector Input-Output system to thoroughly describe aspects of production, distribution and consumption as one indivisible economic process (Kurz, 2000). In this work, Leontief also seeks to emphasize the fact that economic concepts are meaningless and potentially misleading if they cannot be directly observed and measured. Another significant benefit of this work is explaining the existence of a stationary system, which is characterized by three technical coefficients (Kurz, 2000). Cost coefficients express the ratio of the cost of goods to the cost of their production; productivity coefficients represent the ratio of the total amount of goods produced to the total amount of goods consumed; and distribution coefficients represent the values of the share of total completed goods allocated to a particular pole, which may represent a specific group of recipients (Kurz, 2000).

After completing his doctoral studies in Berlin, Wassily Leontief started working at Harvard University in the United States. Here, in 1932, he began the first construction of Input-Output tables for the US economy in years 1919-1929. In the years 1936-1937, these tables were supplemented by a corresponding mathematical model; specifically, it was a closed Input-Output model (Kým, 2006). At the same time, it was concluded that with the help of Input-Output balance, it is possible to obtain a quantitative description of the Input-Output characteristics of a given economic system and the interdependence between its various branches, which a system of linear equations can mathematically define (Kurz, 2000). The numerical values of the coefficients of these equations fundamentally affect the Input-Output properties of the given economic system. The size of these values is determined empirically based on statistical derivation from Input-Output tables that describe the flow of goods and services between different sectors of the national economy for a given period (usually one year) (Kurz, 2000). In static Input-Output analysis, the input coefficients are generally considered to be constant (Kurz, 2000). Leontief expressed these ideas and conclusions in his best-known book, *The Structure of the American Economy, 1919–1929*, published in 1941. The second edition of this book of 1951 already offers an analysis of intersectoral relations in the US economy in 1939 and a mathematical description of an open static Input-Output model (Kým, 2006).

It is clear from the previous paragraphs that Wassily Leontief was mainly responsible for developing the Input-Output balance in the macroeconomic sphere. But the issue of managing a small or medium-sized industrial company falls into the sphere of microeconomics. The following subchapter explains the importance of the Input-Output balance in the microeconomic sphere in the conditions of a specific engineering enterprise.

1.2 Input-Output balance in the microeconomic sphere

The observations were made in the medium-sized engineering company Jeti a. s., which consists of several production units (Machka, 2020b). Jeti a.s. offers a wide range of products and services from complex structural assemblies, including their assembly and installation (steel structures, baking ovens, drying boxes) within the company's main production activity to the separate components (rotating parts, sheet metal products) within the secondary production (14). The co-operation between individual internal units is an absolute key to fulfilling these goals. This takes the form of the transfer of semi-finished products between production units, depending on the sequence of necessary

production technologies required to complete a given product. We call this process internal turnover (Miller, 2009). In microeconomic theory, internal turnover is also referred to as the production function (Miller, 2009). Of course, specific inputs in the form of initial costs and profit are required to realize internal turnover. To comply with the balance laws, the inputs must be equal to the outputs. The reproduction scheme of the company adjusted for the needs of the Input-Output balance is shown in Fig. 1.

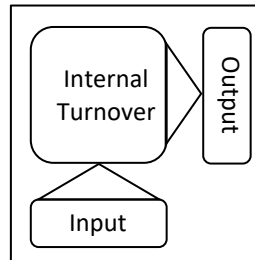


Fig. 1: Reproduction scheme of the company according to the requirements of Input-Output analysis (own work)

The model of the reproduction scheme is at Fig. 2 and represents an open Input-Output model. The open Input-Output model in the microeconomic sphere is composed of three quadrants (in the diagram marked with the symbols I. - III. Q.), which represent matrices describing the economic process of the enterprise (Miller, 2009). Such grouped matrices also form the balanced model of the enterprise or interunit balance (Miller, 2009). The first quadrant contains the interunit relations and expresses the internal turnover of the enterprise. The elements of the internal turnover matrix $IT_{n \times n}$ are given by the product of the technical coefficients and the elements of the column matrix of gross turnover X_n . The second quadrant represents the outputs, i.e. the sum of the values of the finished products plus the change in the state of work in progress. We refer to it as a column matrix of final use Y_n . The third quadrant can be understood as a matrix of the total product consisting of initial costs and profit. The internal turnover matrix is essentially a secondary cost matrix. Each product must first be produced using initial costs before it can be passed on to the next production stage as a secondary cost.

		Input				FU	Σ
		1	2	...	n		
Output	1	I. Q. $IT_{n \times n} = [x_{ij}] = [a_{ij} \cdot X_j]$				II. Q. Y_n	
	2						
	⋮						
	n						
Initial costs	1	III. Q. $Z_n^T = \left[\sum_{s=1}^{m+1} z_{sj} \right] = [Z_j]$					
	2						
	⋮						
	m						
Profit							
Σ		$X_n^T = [X_j]$					

Fig. 2: Open Input-Output model (own work)

The Input-Output model from a macroeconomic perspective consists of four quadrants, as it covers the entire national economy, including the national income re-distribution (Leontief, 1986). The first quadrant includes intersectoral relations (Leontief, 1986). The second quadrant contains the final use of gross national product (Leontief, 1986). The third quadrant represents the creation of the gross national product, and the fourth is its re-distribution (Leontief, 1986).

1.3 Basic Tasks of Input-Output Modelling

First, let's define a matrix of technical coefficients, which is absolutely essential for the calculation.

$$A_{n \times n} = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} x_{ij} \\ X_j \end{bmatrix}, \quad (1)$$

where $A_{n \times n}$ = matrix of technical coefficients
 x_{ij} = internal turnover matrix element (secondary cost)
 X_j = gross turnover matrix element

If we express the sum of the first and second quadrants from Fig. 2 as a matrix, we get Form. 2.

$$A_{n \times n} \cdot X_n + Y_n = X_n, \quad (2)$$

where X_n = column matrix of gross turnover
 Y_n = column matrix of final use

If we express the matrix of final use from Form. 2, we get the first task of Input-Output modeling Form. 3. This task allows us to calculate the matrix of final use based on a given gross turnover matrix. If the change in the state of work in progress is zero, then the final use matrix is identical to the total product matrix.

$$Y_n = [E_{n \times n} - A_{n \times n}] \cdot X_n, \quad (3)$$

where $E_{n \times n}$ = identity matrix

Conversely, the second task of Input-Output modelling Form. 4 makes it possible to calculate the gross turnover matrix based on a given final use.

$$X_n = [E_{n \times n} - A_{n \times n}]^{-1} \cdot Y_n, \quad (4)$$

Using the third task of Input-Output modelling Form. 5, we are able to calculate the effect of change in costs on the valuation of the company's production. If the total product changes from the original values $Z_n = [z_i]$ to the new ones $\tilde{Z}_n = [\tilde{z}_i]$, then this change in costs must logically be reflected in the change in prices. This means that the initial elements of the gross turnover matrix $X_n = [X_i]$ change by unknown price coefficients $\tilde{X}_n = [X_i \cdot c_i]$. The purpose of this task is to calculate these price coefficients, so this task is also called the pricing task. The third task also shows that the change in initial costs changes the price structure of relations in the whole model to which it is applied.

$$C_n = [E_{n \times n} - A_{n \times n}^T]^{-1} \cdot W_n, \quad (5)$$

where $C_n = [c_i]$ = matrix of unknown price coefficients
 $W_n = \begin{bmatrix} \tilde{z}_i \\ X_i \end{bmatrix}$ = matrix of the proportion of elements of the changed matrix of the total product and initial elements gross turnover matrix

1.4 Basic types of Input-Output models

The basic types of models are planning and analytical Input-Output models of the enterprise, which allow accurate calculation of internal transfer prices (Miller, 2009; Janovská, 2010a; Tan, 2018). And we assume that they will have the same suggested structure. These models represent a powerful tool in the field of analysis and planning of internal co-operation, in their full structure (Miller, 2009;

Janovská, 2010a; Tan, 2018). In essence, they can be understood as integration tools for keeping records and planning costs within the company's production activities, distribution of products and services or inter-plant co-operations. A great benefit of these models is the identification and work with feedback that can occur in many business processes (Miller, 2009; Tan, 2018). This is a common phenomenon in Jetti a.s., especially in the area of secondary production. An example is the return of rotating parts that have already gone through all stages of production, but are returned, for example, to the second phase, due to the necessity to make certain modifications (Machka, 2020b). This situation can be easily solved using the Input-Output model, because the traditional phase calculation method is not designed to work with these feedbacks.

Another important model is the product Input-Output model, which finds application in compiling the final calculation (Miller, 2009; Tan, 2018). The potential use of this model in Jetti a.s. appears in the area of the main production activity. At present, the authors have already proposed a methodology for the production of steel structures (Machka, 2020a). In the near future, the authors will try to supplement this methodology with modern methods of cost management, specifically ABM/C (Activity Based Management/Costing). Steel structures are made up of a large number of components and assembly groups characterized by structural and technological similarity. This fact creates an ideal basis for the application of the product Input-Output model.

Product Input-Output model shown in Fig. 3 is constructed based on the third task of Input-Output modelling Form. 5. The pricing task can be used to calculate the costs for individual cost objects if we know only the size of unit prime costs, but the secondary costs remain unknown (Miller, 2009). The first and second quadrants of the product Input-Output model have a material form, i.e. the elements of individual matrices represent pieces of products (components, assembly groups). The third quadrant includes only the initial costs in monetary units. The calculation of the matrix of technical coefficients is given in Form. 6.

$$A_{n \times n} = \begin{bmatrix} q_{ij} \\ Q_i \end{bmatrix}, \quad (6)$$

where q_{ij} = the number of pieces of the i -th component needed to produce the j -th assembly group
 Q_i = the total number of pieces of a given i -th component or assembly group in the final assembly

Partial total costs for individual components and assembly groups are obtained from Form. 7. In principle, this is a symmetric case to the third task Form. 5. In this case, we mark the unknown price coefficient with the letter p , which represents the price of the given component or assembly group.

$$K_n = [k_i] = [p_i \cdot Q_i] = [E_{n \times n} - A_{n \times n}^T]^{-1} \cdot Z_n, \quad (7)$$

where K_n = matrix of partial total costs
 p_i = unknown price coefficient, i.e. unit cost

The values of unknown price coefficients or unit costs for the relevant cost objects, in this case the components and assembly groups, are determined from Form. 8.

$$P_n = [p_i] = \begin{bmatrix} k_i \\ Q_i \end{bmatrix}, \quad (8)$$

		<i>j</i>		Input				Y	Total
				1	2	...	n		
Output	1	I. Q. q_{ij}				II. Q. y_i		$Q_i = \sum_{i=1}^n q_{ij} + y_i$	
	2								
	⋮								
	n								
Initial costs		III. Q. $Z_n^T = [z_j]$							

Fig. 3: Scheme of product Input-Output model (own work)

The matrix of internal turnover and final use is obtained from the following relations Form. 9 and Form. 10.

$$IT_{n \times n} = [p_i \cdot q_{ij}], \tag{9}$$

$$FU_n = [p_i \cdot y_i], \tag{10}$$

where y_i = the number of separate components that are only needed to complete the final assembly

Another advantage of Input-Output models is the ability to separate variable and fixed components of costs and continue to work with them in isolation (Miller, 2009). A schematic representation of an Input-Output model with variable and fixed costs is shown on Fig. 4. In the case of using the Input-Output model distinguishing the costs to the variable and fixed part. We will be able to simulate various market situations and calculate the variants of product costs according to the principles of capacity or dynamic costing.

Model shown on Fig. 4 is based on the assumption that when increasing the volume of production, only direct costs increase proportionally, but indirect costs remain the same (Miller, 2009). If overhead costs were fully adjusted for direct components of variable costs, fixed costs, in particular, would remain in the, i.e. only those costs that do not increase with the growth of production (Miller, 2009). This can be achieved by including overhead costs in the company's Input-Output balance as costs for fictitious products, which are then budgeted in the balance calculation as costs for actual products, so they essentially disappear and no longer enter the final use (Miller, 2009). Only the costs of actual products enter there (Miller, 2009).

		<i>Real products</i>				<i>Fictitious products</i>		
		1	2	...	n	Fixed Costs	Final Use	Σ
<i>Real products</i>	1	I. Q.				<i>Zero Matrix</i>		II. Q.
	2							
	⋮							
	n							
<i>Fictitious products</i>	Fixed Costs					<i>Zero Matrix</i>		
	Variable Costs	III. Q.						
	Profit							
	Σ							

Fig. 4: Input-Output model with variable and fixed costs (own work)

The essential condition for the appropriate use of this model is to perform complex cost documentation to clarify the relationships and connections between generic, special-purpose and capacity costs that arise in individual production units.

2 Support for the implementation of the Input-Output balance in small and medium-sized engineering enterprises

First of all, it is necessary to realize the fundamental difference between large, medium and small engineering enterprises and their approach to cost management, especially in terms of their planning. Large enterprises often have their own research centres that develop different methodologies to facilitate the implementation of modern cost management methods, directly adapted to their conditions (Dubihlela, 2013).

Small and medium-sized industrial enterprises do not have research departments and their activities are often highly dependent on co-operation with large companies, including Jeti a.s. (Machka 2020b). If management considers introducing modern cost management methods, including the introduction of Input-Output models, it must first address some barriers to such implementation (Miller, 2009; Janovská, 2010b). The following subchapters will describe two main barriers and propose their elimination in small and medium-sized enterprises.

2.1 Identification and appropriate structuring of initial data for the Input-Output model

Improper setting of the initial data in the first quadrant of the Input-Output model leads to inaccurate calculation of technical coefficients (Stillwell, 2000; Janovská, 2010a-b). This shortcoming will of course be reflected in the final calculation by the fact that the results will be significantly skewed and unusable.

Another problem is the inaccurate structuring of initial costs in the third quadrant of the Input-Output model. These costs are most often spread according to set overhead surcharges or hourly overhead rates, depending on the type of production. An example is a product Input-Output model designed for a steel structure, where components and assembly groups show considerable structural and technological similarity. In this case, it will be absolutely crucial to identify and evaluate each phase of the production activity. Therefore, it would be worth considering to use the modern ABM/C (Activity Based Management/Costing) method, but even this approach is associated with barriers in its implementation (Dubihlela, 2013; Popesko, 2016).

2.2 Insufficient knowledge of new methods of cost management in business management

The introduction of new cost management methods requires thorough training of the company's employees who will come into contact with them (Dubihlela, 2013). If enterprises do not have the appropriate methodologies to thoroughly and quickly acquaint staff with these new methods, it is clear that successful implementation will never happen (Dubihlela, 2013).

This barrier is also associated with the concerns of business managers who do not have much confidence in new cost management methods that have not yet been tested and would be too costly to implement in the process, both in terms of time and money.

As already mentioned in the previous chapters, a methodology has already been proposed to implement the product Input-Output model in the production of steel structures (Machka, 2020a). For this proposed methodology to become a credible model for other engineering enterprises, it would be appropriate to further support it by digital simulation of the production process and cost calculation. The following chapter deals with this proposal. The authors believe that confirming the proposed methodology correctness would help break this barrier. And also fundamentally facilitate the

implementation of product Input-Output models or other methods of modern cost management in small and medium-sized engineering enterprises.

3 Integration of modern engineering software with the Input-Output models

In this chapter, we will focus on the proposed methodology for implementing the product Input-Output model designed for the production of steel structures in the conditions of Jetti a.s. As already mentioned, for the needs of testing and evaluation of the methodology in question, it would be appropriate to perform a digital simulation of production. This simulation will take place in three phases, in which we will use specific software, as shown in Fig. 5.

3.1 First phase

In this phase, we will use the Process Analysis software, which will allow us to program the individual production activities required to produce a steel structure. It means from the load of individual NC production machines to the entire process of handing over work in progress within the involved production units. This is an essential part of the whole simulation, and to start it, quality documentation of individual production activities is necessary, including the use of production machines and equipment. This data, however, must already be included in the proposed methodology, which is essentially an initial condition for starting the whole simulation process.

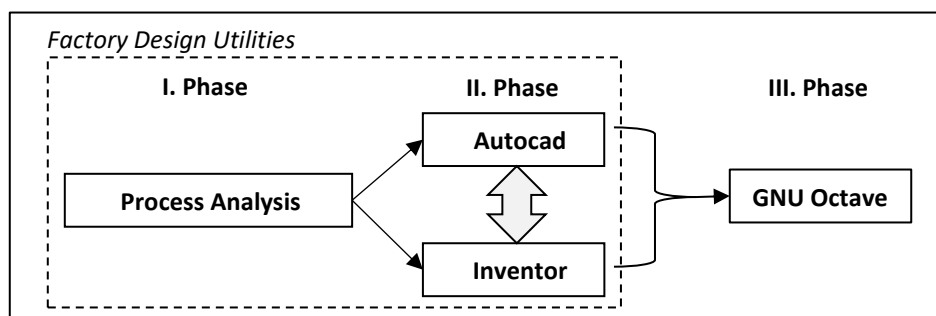


Fig. 5: Scheme of arrangement of phases of digital simulation of the proposed methodology (own work)

3.2 Second phase

This is the longest part of the whole simulation because here, we have to model the company's environment where the production will be carried out. Ideally, it would be appropriate to model all production departments of the company, including their arsenals, but this is not essential to verify the effectiveness of the proposed methodology. For this reason alone, that some units, or at least their parts, will not be involved in the process at all. Therefore, I would recommend concentrating energy only for the implementation of necessarily involved units, in order to spare RAM during 3D simulation. Using the Autocad software, we draw the floor plan of the work area, which we will divide into units where the main production activity will take place. Then we load production machines and equipment from the library and place them in positions corresponding to reality. We will set the direction of working paths between the machines, along which the semi-finished products will be distributed. This setting will correspond to the proposed production process. Then we import the data into Inventor, which transforms our 2D design into 3D. Here we can still fine-tune the inconsistencies created in 2D modelling. We can note that it is not necessary to start in the 2D environment of Autocad, but we can begin modelling the work area directly in the 3D environment of Inventor. In the Autocad program, we start mainly due to greater clarity and accuracy in designing the location of individual workshops and machines. And of course for the possibility of easy import of the design into the 3D environment. The work area designed in the Inventor 3D environment cannot be imported into the Autocad 2D environment! It should be noted that the Autocad program is especially popular among civil engineers.

However, the issue of creating a drawing of the factory and the location of individual units is a more matter of construction, so it is wise to solve it in software adapted for this purpose. After completing the transformation from 2D to 3D, we can start the simulation of the production process. For steel structures, we will use this phase to obtain data for the third quadrant. In particular, information about the duration of individual activities, which it can record. This will also provide quality conditions for the application of the ABM/C method, in order to accurately value individual production activities. It also offers the possibility of subsequent application of managerial methods CPM (Critical Path Method) and PERT for possible optimization of the production process.

3.3 Third phase

The previous two phases took place in three programs developed by Autodesk. To start a digital simulation of production, we must use the integration tool of these three programs. It is a software package called Factory Design Utilities, which connects these programs and enables to realize the digital simulation of production (3).

At this stage, the data will be processed in the chosen GNU Octave program. A system of linear equations defines the Input-Output model. The number of these equations depends on the range of the respective matrices representing the given quadrants. In the product Input-Output model for a steel structure, this range can be in the order of several tens. Solving this system of equations in the spreadsheet software would be chaotic and slow. It would be advisable to keep the spreadsheet software only for the preparation of the default data. Choosing mathematical software such as GNU Octave or Matlab is the perfect choice in this case (4). In the chosen software, we first write down the code corresponding to the equation of the product Input-Output model and then set the size of the matrices according to the case solved. The next step will be associated with uploading the default data obtained in the first and second phases to the chosen GNU Octave program. With this data, we fill the content of pre-set matrices. In solving the issue of steel structure, the range of nuts, specifically the first and second quadrants, will strongly depend on the number of type components and assembly groups whose common denominator is the structural and technological similarity. After this operation we can instruct to start the calculation. The length of calculation will depend on the number of unknowns symbolizing the number of linear equations.

Conclusion

There is shown specification of using product Input-Output model as effective tool for cost management within production of complex steel construction in this paper. The proposed methodology for the implementation of the product Input-Output model for the production of steel structures contains detailed documentation of production activities and structuring of data for the product Input-Output model, specifically for its first and second quadrants. However, the question remains how the proposed methodology will work in practice. It is evident that without performing a quality digital simulation, no clear conclusions can be drawn that would provide us with the necessary initial data for the Input-Output model, specifically for the third quadrant of the product Input-Output model. This publication seeks to emphasize that the Input-Output model is a system of linear equations. To solve them, we need baseline data that small and medium-sized industrial enterprises cannot yet process to a level that would meet the requirements of Input-Output modelling. The authors try to put stress on the creation of methodologies as clear guidelines for implementing modern methods of cost management to further develop small and medium-sized engineering enterprises. It must not be forgotten that small and medium-sized enterprises contribute greatly to the economic development of poorer regions, not only in the EU but also worldwide (Dubihlela, 2013).

This work had been supported by the ČVUT Student Grant Competition No. SGS20/163/OHK2/3T/12.

Sources

1. ALBINO, Vito a Silvana KÜHTZ, 2004. Enterprise input–output model for local sustainable development—the case of a tiles manufacturer in Italy. *Resources, Conservation and Recycling* [online]. 41(3), 165–176. Dostupné z: doi:10.1016/j.resconrec.2003.09.006
2. DUBIHLELA, Job a Rosebud RUNDORA. Employee Training, Managerial Commitment And The Implementation Of Activity Based Costing; Impact On Performance Of SMEs. *International Business & Economics Research Journal (IBER)* [online]. 2013, 13(1), 27. Dostupné z: doi:10.19030/iber.v13i1.8354
3. Factory Design Utilities. Autodesk [online]. [cit. 2021-9-8]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/products/factory-design-utilities/overview>
4. GNU Octave. GNU Octave [online]. [cit. 2021-9-8]. Dostupné z: <https://www.gnu.org/software/octave/index>
5. JANOVSÁ, K., LAMPA, M. a VOZŇÁKOVÁ, I. Ekonomicko - matematické metody strukturální analýzy jako jeden z významných nástrojů optimalizace ekonomického řízení hutního podniku. *Hutnické listy*. 2010, 2010a, (2), 83-88. ISSN 0018-8069.
6. JANOVSÁ, Kamila, Iveta VOZŇÁKOVÁ a Lenka ŠVAJDOVÁ. The Verification of Applicability of Economical-Mathematics Methods of Structural Analyses as a Tool for Optimising Economic Proceedings of Metallurgical Enterprise. In: *METAL 2010*. Ostrava: Tanger, 2010b, pp 5. ISBN 978-80-87294-15-4.
7. KURZ, Heinz D. a Neri SALVADORI. 'Classical' Roots of Input-Output Analysis: a Short Account of its Long Prehistory. *Economic System Research*. 2000, 12(2), pp 153-179.
8. KÝN, O. MPRA: Strukturální modely růstu [online]. In: *MPRA*, 2006 [cit. 2016-01-16]. Dostupné z: http://mpra.ub.uni-muenchen.de/39/1/MPRA_paper_39.pdf, No 39, posted 07.
9. LEONTIEF, Wassily. *Input-Output-Economics*. 2. New York: Oxford University Press, 1986. ISBN 0-19-503525-9.
10. MACHKA, Matouš a Jiří SUCHOMEL. Návrh metodiky zpracování zakázky pro ocelovou konstrukci. *Grant Journal*. 2020a, 9(2), 100-103. ISSN 1805-0638.
11. MACHKA, Matouš a Jiří SUCHOMEL. Životní cyklus výrobku z pohledu výrobní perspektivy středního strojírenského podniku. In: *Integrované inženýrství v řízení průmyslových podniků*. Praha: ČVUT, 2020b, s. 60-66. ISBN 978-80-01-06775-8.
12. MILLER, Ronald E. a Peter D. BLAIR. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. 2nd Edition. New York: Cambridge University Press, 2009. ISBN 9780521517133.
13. POPESKO, Boris a Šárka PAPADAKI. *Moderní metody řízení nákladů: jak dosáhnout efektivního vynakládání nákladů a jejich snížení*. 2. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5773-5.
14. Sortiment. Společnost Jeti a.s. [online]. [cit. 2021-9-8]. Dostupné z: <https://www.jeti.cz/sortiment>
15. STILLWELL, L. C. a R. C. A. MINNITT. Input-output analysis: its potential application to the mining industry. *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*. 2000, 100(7), 455-460. ISSN 0038-223X.
16. TAN, Raymond R, Kathleen B AVISO, Michael Angelo B PROMENTILLA, Krista Danielle S YU a Joost R SANTOS. *Input-Output Models for Sustainable Industrial Systems: Implementation Using LINGO*. Springer, 2018. ISBN 978-981-13-1873-3.

Contact details of the authors

Ing. Matouš Machka

Department of Management and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, CTU in Prague

Karlovo náměstí 13, Prague 12, 121 35

Matous.Machka@fs.cvut.cz

Doc. Ing. Theodor Beran, Ph.D.

Masaryk Institute of Advanced Studies, CTU in Prague

Resslova 307/9, Prague 2

Theodor.Beran@fs.cvut.cz

Bc Jiří Suchomel

Mentor of Jetty a.s.

TIME-SERIES ANALYSIS IN PERIODS OF CRISIS: A COMPARISON BETWEEN STATISTIC METHODOLOGIES TO ASSIST ON THE MANAGEMENT DECISION-MAKING IN TIMES OF MARKET SINGULARITIES AND LIMITED HISTORICAL DATA

Rebeca Barbosa

Abstract

The study consists of a time series analysis of stock markets in periods of unpredictable economic distress, such as the ones caused by the attacks to the World Trade Center (September 2001) and the recent coronavirus outbreak (March 2020). The data was selected based on the premise that the analysis of stock market behavior may be relevant to the study of investments in innovation areas and management decision-making given its potential to provide a wider perspective to the market tendency in periods when basic social and economic standpoints are questioned.

Key words: innovation, management, decision-making, crisis

Introduction

The consistent use of statistical methodologies is paramount to the evaluation of enterprise performance and further improvement of management techniques. When it comes to periods of crisis and market singularities, the lack of comparable events may implicate on extra challenges to the company direction. For this reason, the evaluation of statistical tools to be applied in periods of particular economic behavior is of key importance for the development of administration strategies and prompt decision-making responses.

For the purpose of this work, two historic crisis periods were evaluated: September 11th 2001, which was the date of the World Trade Center attacks in New York and March 23rd 2020, when the stock markets dropped sharply following the prospects of economic recessions caused by the worldwide lockdowns and government measures in the context of covid-19 spread containment.

These two events were selected due to their unpredictable character. There have been many recession periods in history and many crashes in the stock markets. However, when looking at the past from the future, most of these developments may be traced back to imminent causes and understood as consequences of underlying circumstances. This is not the case of the coronavirus outbreak and the World Trade Center attacks, which share the fact that they could not have been forecasted or anticipated.

The S&P 500, which is the index measuring the performance of 500 large companies listed in the United States stock market was selected for data analysis. The USA-based index was chosen because of its capacity to better reflect the consequences of the World Trade Center attacks in the markets. When compared to the other popular American indexes Nasdaq and Dow Jones, the S&P 500 should provide a broader perspective of the market, given the number and variety of companies it tracks (S&P, 2021).

The performance of the S&P 500 during the selected crisis periods has been statistically evaluated through time series analysis. Single Moving Average and Single Exponential Smoothing techniques were applied to different intervals of time with the purpose to evaluate the error associated with each

smoothing method. Two different initialization values were used in the case of Single Exponential Smoothing and in all cases the Mean Squared Errors were calculated to assess the errors related to the methodologies.

1 Selection of Data and Intervals

This work investigates the performance of the S&P 500 stock market index in two different intervals comprising the respective crisis events of 9/11/2001 (World Trade Center) and 16/3/2020 (Coronavirus outbreak).

The first interval will provide a year-round outlook into the distress periods. This interval was chosen with the purpose to enable a broader perspective into the market behavior through the crisis periods. The second interval will focus on a two-month time frame, with the data gathered from one month before the event and one month after the event. This choice was made with the goal to focus on the stock market behavior more specifically related to the exact events.

The year-round interval was chosen to be the same for both crisis periods to discount the possibility of seasonality behaviors of the stock markets across the year. The selected period was from June to June, so it includes a similar amount of data before and after both events. In order to increase the randomness of the sample and avoid day-to-day trend, the data was gathered weekly for both intervals, therefore the series were assumed to be stationary.

2 Single Moving Average Smoothing

Single Moving Average is a type of smoothing method in which the new data is obtained from the average of a smaller set of past data. The process is applied successively and every new point is calculated from the average of the same number of previous points (Chair of Statistics, 2011).

The Single Moving Average presumes a stationary series, when the data is not susceptible to significant trend or seasonality (Shumway and Stoffer, 2011), which was the assumption made to the series evaluated in this study, obtained from the stock markets index S&P 500 during the years of 2001 and 2020 (Yahoo, 2020).

The Single Moving Average was applied to both year-long and two-month intervals following its basic equation, where M is the new calculated point; N is the number of points in the smaller set of data and X is the original value observed in the period t (NIST/SEMATECH, 2013).

$$M_t = \frac{X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-N+1}}{N}, \quad (7)$$

where M = new calculated point

N = number of points in the smaller set of data

X = original value observed

t = period evaluated

The smaller set of data N was chosen to be three, therefore each estimated value of the Moving Average series was defined as the average of the three previous observed values of the original series observed at the S&P 500 records.

3 Single Exponential Smoothing:

The Single Exponential Smoothing is a method of smoothing in which the most recent data assigns a higher weight in the calculated predictions than the older data. Unlike the Single Moving Average, when all the data weights equally when calculating the forecasted points, the Single Exponential Smoothing accounts higher exponents for the latest data, decreasing the weight of the observation as the data gets older (NIST/SEMATECH, 2013). The basic equation of Single Exponential Smoothing is described below.

$$S_t = \alpha \sum_{i=1}^{t-2} (1 - \alpha)^{i-1} y_{t-1} + (1 - \alpha)^{t-2} S_2, \quad t \geq 2$$

where S = smoothed value
 α = smoothing constant
 y = observed data
 t = period evaluated

The smoothing constant α is a value between 0 and 1 and it represents the speed at which the original data is smoothed, i.e. the closer α is to 1 the faster the curve is smoothed. By definition, the calculated smoothed value S is initiated at the period $t=2$, therefore the choice of the initialized value S_2 should play an important role on the development of the smoothed curve.

Two initialization values S_2 were investigated: Initialization type 1, where S_2 was defined to as the first observed value and Initialization type 2 in which S_2 was defined as an average of the first four observed values. The expanded version of the Single Exponential Smoothing equation for the two-month period is shown in the table below for the nine points of data collected over this interval.

Tab. 1: Expanded Equation of Single Exponential Smoothing until S_9 (own work)

S_2	$S_2 = y_1$ (initialization type 1) $S_2 = (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)/4$ (initialization type 2)
S_3	$\alpha[(1 - \alpha)^0 y_2] + (1 - \alpha)^1 S_2$
S_4	$\alpha[(1 - \alpha)^0 y_3 + (1 - \alpha)^1 y_2] + (1 - \alpha)^2 S_2$
S_5	$\alpha[(1 - \alpha)^0 y_4 + (1 - \alpha)^1 y_3 + (1 - \alpha)^2 y_2] + (1 - \alpha)^3 S_2$
S_6	$\alpha[(1 - \alpha)^0 y_5 + (1 - \alpha)^1 y_4 + (1 - \alpha)^2 y_3 + (1 - \alpha)^3 y_2] + (1 - \alpha)^4 S_2$
S_7	$\alpha[(1 - \alpha)^0 y_6 + (1 - \alpha)^1 y_5 + (1 - \alpha)^2 y_4 + (1 - \alpha)^3 y_3 + (1 - \alpha)^4 y_2] + (1 - \alpha)^5 S_2$
S_8	$\alpha[(1 - \alpha)^0 y_7 + (1 - \alpha)^1 y_6 + (1 - \alpha)^2 y_5 + (1 - \alpha)^3 y_4 + (1 - \alpha)^4 y_3 + (1 - \alpha)^5 y_2] + (1 - \alpha)^6 S_2$
S_9	$\alpha[(1 - \alpha)^0 y_8 + (1 - \alpha)^1 y_7 + (1 - \alpha)^2 y_6 + (1 - \alpha)^3 y_5 + (1 - \alpha)^4 y_4 + (1 - \alpha)^5 y_3 + (1 - \alpha)^6 y_2] + (1 - \alpha)^7 S_2$

4 Mean Squared Errors

The Mean Squared Errors (MSE) was applied to all the investigated Smoothing Techniques in all the evaluated periods with the purpose to compare the error related to each method. The MSE is defined as the average squared difference between the estimated values and the observed value (Dekking, 2005).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - S_i)^2, \quad (8)$$

where S = estimated value
 Y = observed value

Because the MSE is a function of squared values, it is always a non-negative number with the capacity to assign more weight to the estimations with higher errors, therefore the MSE was the selected indicator to compare errors within different methodologies. The lower the MSE, the lower the error.

5 Single Moving Average: year-long and two-month period

The first data refers to the S&P 500 index performance evaluated over the interval of one year, from June to June, comprising two crisis events, respectively: September 2001 World Trade Center Attacks and March 2020 Crash of Stock Markets due to the coronavirus outbreaks. The original data was plotted against the data obtained by applying Single Moving Average.

Following the analysis of the year-long interval, the Single Moving Average methodology was then applied to a shorter interval of two months more directly focused on the crisis events. The recorded performance of the S&P 500 during the month before and the month after the specific events was plotted against the estimated values as presented in the figures below. Mean Squared Errors were calculated to compare the results, provided that a lower MSE equals a lower error associated with the estimated values.

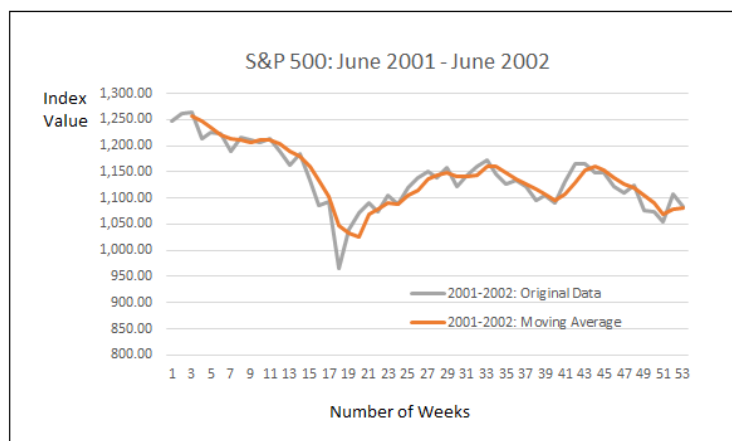


Fig. 1: Single Moving Average on year-long S&P 500: June 2001 to June 2002 (own work)

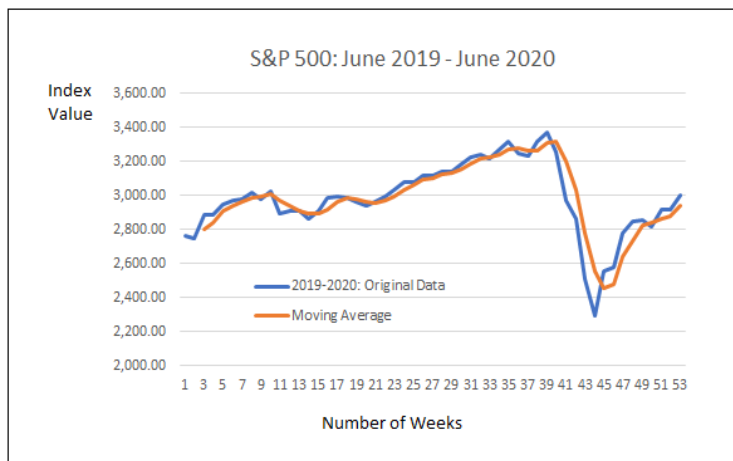


Fig. 2: Single Moving Average on year-long S&P 500: June 2019 to June 2020 (own work)

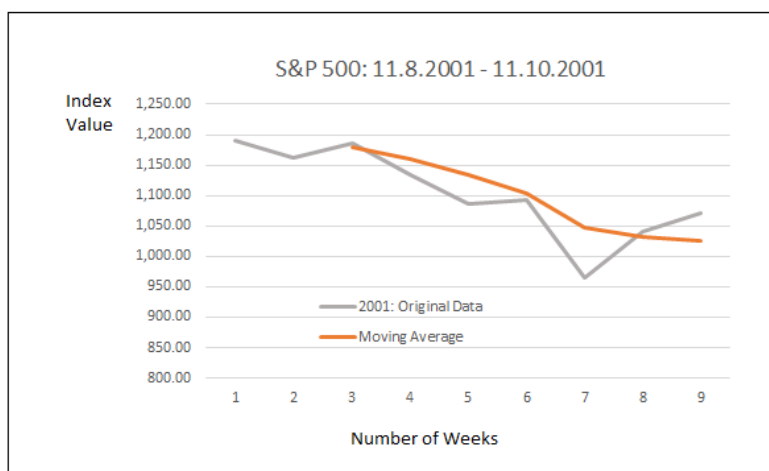


Fig. 3: Single Moving Average on two-month S&P 500: 11/8/2001 to 11/10/2001 (own work)

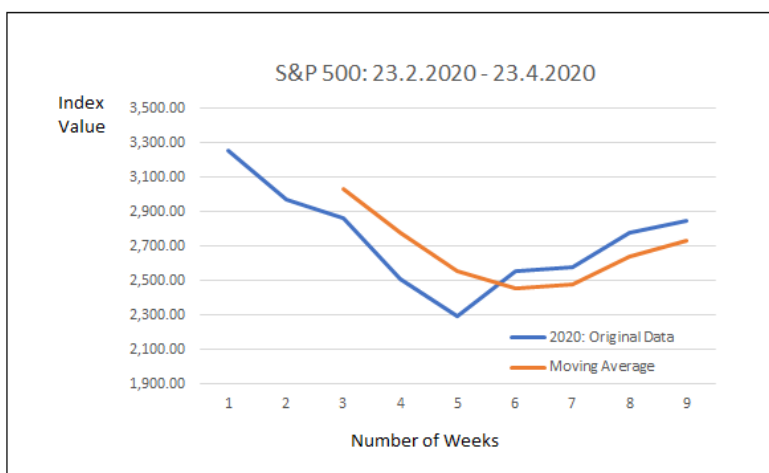


Fig. 4: Single Moving Average on two-month S&P 500: 23/2/2020 to 23/4/2020 (own work)

6 Single Exponential Smoothing: year-long and two-month period

The Single Exponential Smoothing was also applied to the year-long and two-month interval. In this case, the smoothing methodology followed two types of initializations: The Initialization type 1 considered the initial smoothed value S_2 to be equal the first observed value in the original series. The Initialization type 2 considered the initial S_2 to be an average of the first four recorded data.

Different smoothing constants α were applied to provide a visual assessment of the effects of the smoothing speed in relation to the original curve. In order to avoid repetitive results, the graphs were plotted only for initialization type 1, but the MSE values were calculated for both types of initializations. The results are observed in the figures below.

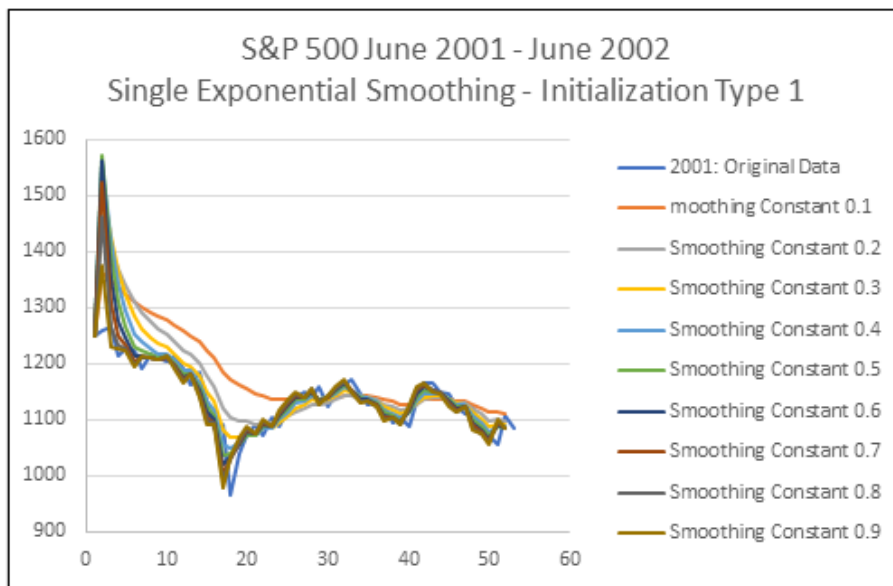


Fig. 5: Year-long period: Single Exponential Smoothing on S&P 500 in 2001-2002 (own work)

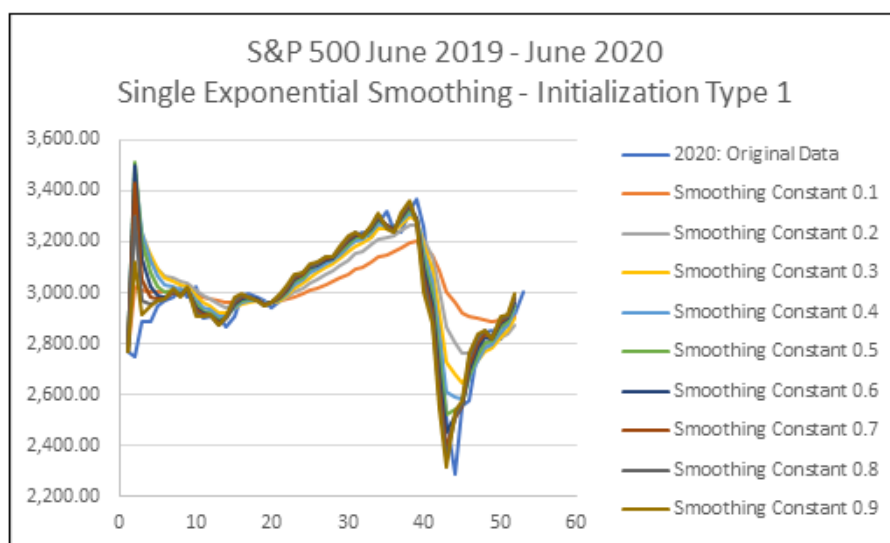


Fig. 6: Year-long period: Single Exponential Smoothing on S&P 500 in 2019-2020 (own work)

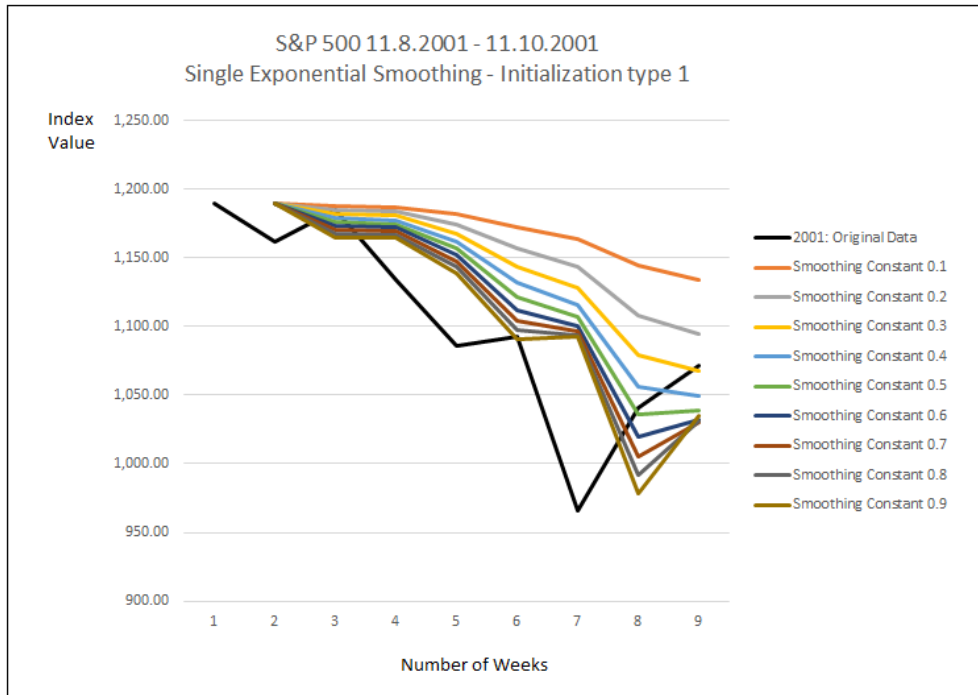


Fig. 7: Two-month period: Single Exponential Smoothing on S&P 500 in 2001 (own work)

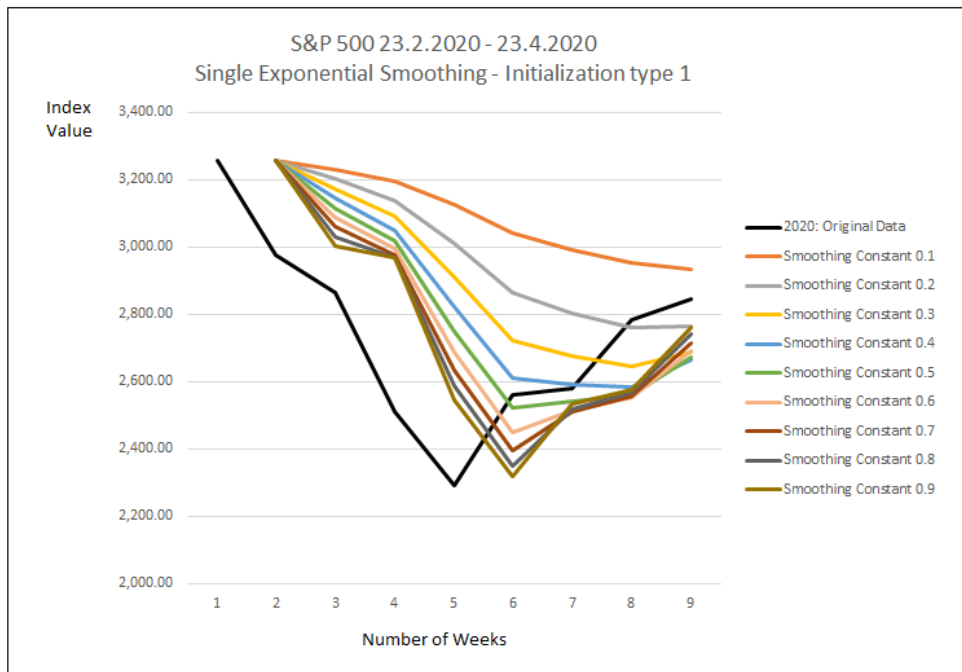


Fig. 8: Two-month period: Single Exponential Smoothing on S&P 500 in 2020 (own work)

The observation of the Single Exponential Smoothing curves shows that the value adopted for the smoothing constant (α) plays an important role on shaping the estimated series. As α approaches 1, the curve is smoothed faster and it resembles more the behavior of the original series, leading to lower values of MSE.

Tab. 2: Compared Values of MSE from Single Moving Average and Exponential Smoothing in 2001 and 2020 (own work)

MSE	2001		2020	
	Year-long	Two-month	Year-long	Two-month
Single Moving Average [-]	461.01	1 735.92	6 618.38	32 408.95
Exp. Smoothing ($\alpha = 0.1$) Initialization type 1 [-]	4 963.95	9 145.54	31 020.52	227 346.10
Exp. Smoothing ($\alpha = 0.1$) Initialization type 2 [-]	4 931.09	7 179.35	32 108.65	75 489.77
Exp. Smoothing ($\alpha = 0.9$) Initialization type 1 [-]	257.59	3 275.34	1 181.63	60 767.17
Exp. Smoothing ($\alpha = 0.9$) Initialization type 2 [-]	257.66	3 189.99	1 329.57	49 897.06

When analyzing the Table 2, it is possible to establish a couple of correlations between the MSE values and the investigated periods. For instance, the MSE values of the two-month period is always higher than the year-long. Likewise, when comparing an interval of 2001 with the same interval of 2020, the higher MSE values are always encountered in the latter. This behavior can probably be traced back to the character of the crisis periods and the fact the global effects of the coronavirus induced a much sharper drop in the market in a shorter interval of time, causing a trend of higher volatility if compared to 2001.

Tab. 3: Compared volatility of S&P 500 in 2001 and 2020 (own work)

Volatility [-]	2001		2020	
	Year-long	Two-month	Year-long	Two-month
	58.69	68.95	209.87	271.91

From the Table 3 it is possible to establish a parallel between the MSE values and the volatility of the series: periods with higher volatility will lead to higher MSE values. This relation can be observed when comparing the two-month period with year-long period in the same year as well as when comparing the data between 2001 and 2020.

Conclusion

The comparison between the two methodologies analyzed in this study leads to the conclusion that the lowest MSE for year-long periods is achieved when applying Single Exponential Smoothing with smoothing constant 0.9. However, in the cases of limited amount of data, such as the two-months period, the lowest MSE values were obtained by applying Single Moving Average.

When comparing the Single Moving Average to the Exponential Smoothing with smoothing constant 0.1, the MSE is lower for the Single Moving Average in all the periods. In this case, it is advisable to apply the Single Moving Average instead of the Single Exponential Smoothing with a low smoothing constant to minimize errors.

When analyzing the MSE linked the two types of initialization methods, the Initialization type 2 leads to lower MSE values in both years 2001 and 2020 for the two-month period. In the case of year-long period the MSE values do not differ too much among the two types of initializations. The highest discrepancy was found in the most volatile set of data. In this case, the Initialization type 1 with smoothing constant 0.1 presents MSE value almost three times higher than the Initialization type 2.

The volatility of the data is highly correlated to the MSE results. When comparing the same interval of data in both years, it is clear that the most volatile year led to higher MSE values. The same occurs for the amount of available data. The more volatile two-month period presented higher MSE values than the year-long interval in 2001 and 2020.

The observation of the results supports the idea that the statistical methodology applied to process data or forecast trends in periods of crisis should vary according to the available amount of data. When the data is rather limited, the errors should be minimized by applying Single Moving Average, whereas the Single Exponential Smoothing with a high smoothing constant will probably lead to smaller errors when the amount of available data is larger.

This work had been supported by the ČVUT Student Grant Competition No. SGS21/114/OHK2/2T/12.

References

1. CHAIR OF STATISTICS. *A First Course on Time Series Analysis*. March 20th 2011. University of Wurzburg.
2. NIST/SEMATECH. *E-Handbook of Statistical Methods [online]*. 2013. Available at <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>
3. SHUMWAY, Robert and STOFFER, David. *Time Series Analysis and Its Applications*. 3rd Ed. Springer. 2011. 576 pp. ISBN 978-1-4419-7864-6
4. DEKKING, Frederik, et. al. *A modern Introduction to Probability and Statistics: understanding why and how*. 1st Ed. Springer. 2005. 473 pp. ISBN 1-85233-896-2
5. STANDARD & POOR'S (S&P). *S&P 500 Index*. S&P Dow Jones Indices. June 13th 2020. Available at <https://www.spglobal.com/spdji/en/indices/equity/sp-500/#overview>
6. YAHOO. *S&P 500 (^GSPC) SNP Real Time Price*. Yahoo Finance. June 12th 2020. Available at <https://finance.yahoo.com>

Contact details of the author

Ing. Rebeca Zelenská Moraes Barbosa

Department of Management and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, CTU in Prague

Karlovo náměstí 13, Prague 12, 121 35

Rebeca.MoraesBarbosa@fs.cvut.cz

EXPERIMENTÁLNÍ BEZOSÝ ŠNEKOVÝ DOPRAVNÍK

EXPERIMENTAL SHAFTLESS SCREW CONVEYOR

Ondřej Štoček, Josef Grill, František Lopot, Jan Hošek

Abstrakt

Bezosý nebo též spirální šnekový dopravník existuje již více než 40 let. Je s podivem, že za tuto dobu mu z pohledu výzkumu nebylo věnováno moc pozornosti. Neexistují žádné studie o účinnosti dopravníku, vhodnosti dopravníku pro přepravu určitých materiálů za určitých stavů, stanovení mezí nebo soubor doporučení pro návrh bezosého šnekového dopravníku (norma). Tyto všechny informace jsou velmi dobře známé pro klasické šnekové dopravníky, ale pro bezosé šnekové dopravníky nikoliv. Proto jsme se rozhodli této problematice věnovat a v tomto a následujících článcích zaplnit stávající mezery v teorii o transportních zařízeních. Pro naši práci bude postaven experimentální variabilní dopravník osazený měřicími systémy pro měření nebo řízení provozních parametrů dopravníku. V této první části představíme danou problematiku, charakteristiku přepravovaného materiálu, vlastní konstrukci zkušebního zařízení a měřicí místa a principy měření.

Klíčová slova: bezosý šnekový dopravník, spirální šnekový dopravník, charakteristika materiálu, provozní parametry dopravníku

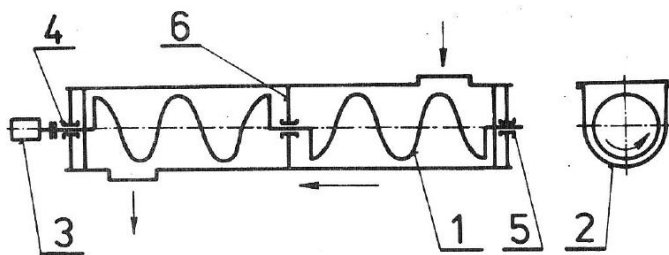
Abstract

A shaftless or spiral screw conveyor has existed for more than 40 years. Startlingly, not much attention has been paid to it from the point of view of research during this time. There are no studies about conveyor efficiency, conveyor suitability for the transport of certain materials under certain conditions, setting limits or a set of recommendations for the design of a shaftless screw conveyor (standard). All this information is very well known for conventional screw conveyors, but not for shaftless screw conveyors. Therefore, we decided to address this issue and fill the existing gaps in the theory of transport devices in this and the following articles. An experimental variable conveyor equipped with measuring systems for measuring or controlling the operating parameters of the conveyor will be built for our work. In this first part, we will present the issue, the characteristics of the transported material, the custom design of the test equipment and measuring points and measurement principles.

Key words: shaftless screw conveyor, spiral screw conveyor, material characteristics, conveyor operating parameters

Úvod

Tato práce se věnuje problematice bezosých šnekových dopravníků. Klasické šnekové dopravníky patří k nejstarším dopravníkům vůbec. Jsou velmi jednoduché a prakticky se skládají pouze ze tří hlavních částí (viz. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) – dopravního žlabu (2), šneku (1) a poháněcí jednotky (3). Šnek je na obou stranách podepřen ložiskovou jednotkou (4 a 5). V případě delších šneků je dovnitř umístěno další podpěrné ložisko (6) (Gajdůšek, 1988).



Obr. 1: Šnekový dopravník (Gajdůšek, 1988)

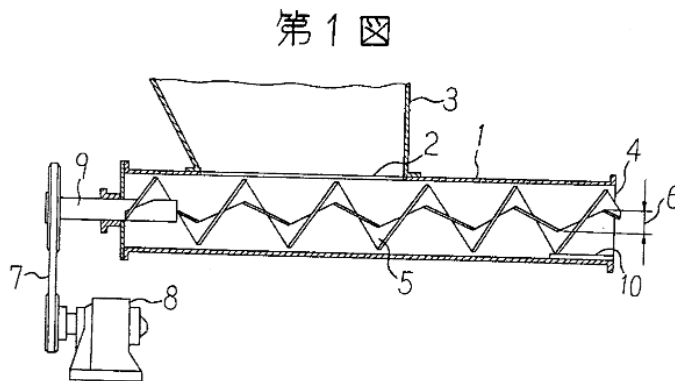
O hodnocení účinnosti, objemového toku a požadavků na pohon šnekových dopravníků již bylo sepsáno mnoho studií a provedeno mnoho experimentů. Avšak o stupni plnění, dopravním úhlu, rychlosti otáčení spirály, rozteči spirály a jejich vlivu na účinnost bezosého šnekového dopravníku, jsem nenalezl jedinou zmínku. A proto jsem se rozhodl vzniklou mezeru částečně zaplnit v mé disertační práci a pootevřit tak branku novému směru výzkumu. Jako teoretický základ pro mou studii musím využít a poupravit studie o klasických šnekových dopravnících. Podle mých informací se dnešní výrobci a konstruktéři bezosých šnekových dopravníků řídí právě normou ČSN 26 2802, která hovoří o návrhu klasických šnekových dopravníků. Každá firma má součástí svého know-how modifikace výpočtů již zmíněné normy.

V tomto článku se budeme věnovat experimentálnímu měření pro hodnocení výkonnosti bezosých šnekových dopravníků, provozním parametrům mající na tuto výkonnost vliv a vytvoření podkladů pro návrh bezosého šnekového dopravníku pro praktické využití.

1 Konstrukční uspořádání bezosých šnekových dopravníků

Jak již bylo zmíněno výše, konvenční šnekový dopravník má šnekovnici složenou ze spirály (z pravidla složenou ze svařovaných plechů) a hřídele (plná tyč či trubka). Takto konstruovaný šnekový dopravník se výborně hodí k dopravě práškových a zrnitých materiálů, nečistot, škodlivých látek, atd. Jsou ovšem látky, jako je kal z čistíren odpadních vod, kal z mořského dna, průmyslový odpad, těstovité materiály atd., které svými vlastnostmi (lepivost, nehomogenost, atd.) mohou způsobovat problémy. Nejčastějším problémem je nalepování materiálu na hřídel či v prostoru ložiska a tím ucpávání dopravníku. To způsobuje nutnost dlouhé odstávky a čištění celého žlabu. Dříve se tento problém řešil instalací řezačky v blízkosti ložiska, avšak čepel ložiska se brzy opotřebovala a nutnost odstávky nastala zas. Zde se zrodila myšlenka prostě odstranit části, které zapříčiňují nabalování materiálu, a tedy i ucpávání dopravníku (hřídel a ložiskovou podpěru ve výstupní části z dopravníku). Autor patentu to definoval takto: „Největší rys tohoto vynálezu spočívá v rozbití běžného technického zdravého rozumu, že hřídel je nezbytně nutná k podepření a otáčení spirály.“ (Asahi, 1980)

Popis provedení: na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** je podélný řez bezosého šnekového dopravníku. Popis jednotlivých prvků: 1 – trubicový žlab, 2 – vstup materiálu, 3 – násypka, 4 – vypouštěcí otvor, 5 – spirála. Spirála je spirálovitě navinutý plech, přičemž ve střední části zůstává mezera (6). Hnací hřídel (9) na straně násypky je připojena k pohonné jednotce (8) pomocí převodového zařízení (7) – např. řemen nebo řetěz. Tímto řešením jsme se vyvarovali ložiska na výtlačné straně, kde by mohl ulpět přepravovaný materiál (Asahi, 1980).



Obr. 2: Bezosý šnekový dopravník (Asahi, 1980)

V dnešní době se vyrábí více druhů spirál a žlaby se modifikují a upravují pro uzpůsobení vlastností. Robustní bezosé šnekové dopravníky (Obr. 3) jsou vyráběny tak, že mají v celém průřezu spirály konstantní tloušťku plechu. Jedná se o nejméně náročné řešení na výrobu, které se z pravidla používá na abrazivní a lepidivé materiály.



Obr. 3: Robustní spirála (RATAJ a.s., 2018)

V případě dopravy extrémně abrazivního materiálu je robustní spirála doplněna o čedičovou vložku nanesenou na žlab (Obr. 4). Tato vložka prodlouží životnost žlabu až 20x a umožní i běh naprázdno.



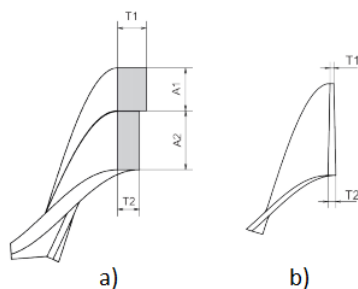
Obr. 4: Čedičová vložka (RATAJ a.s., 2018)

Naopak v případě extrémně lepidivého materiálu (při teplotách do cca 110°C) se využívá plastové vložky nebo plastové spirály (Obr. 5).



Obr. 5: Plastová vložka/spirála (RATAJ a.s., 2018)

Dále se používají spirály s nekonstantním průřezem. Jsou řešeny buď navařením dvou spirál na sebe (Obr. 6a) nebo plynule se zužujícím průřezem (Obr. b) (RATAJ a.s., 2018; Steel Spirals s.r.o, 2011).



Obr. 6: Spirála s nekonztantním průřezem (Steel Spirals s.r.o, 2011)

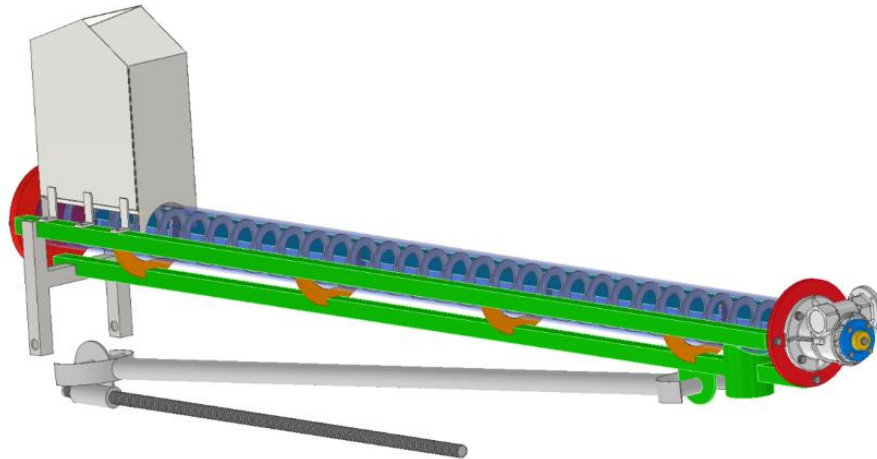
V případě použití tenké ocelové spirály a poddajné umělohmotné trubice (Obr. 7) má bezosý šnekový dopravník ještě jednu vlastnost. Díky poddajnému žlabu i spirále může být dopravní cesta mírně zakroucená. Používá se například pro dopravu jemně granulovaného krmiva. (AGRA-BOHEMIA, 2021)



Obr. 7: Tenká ocelová spirála (AGRA-BOHEMIA, 2021)

2 Vlastní konstrukce zkušebního zařízení

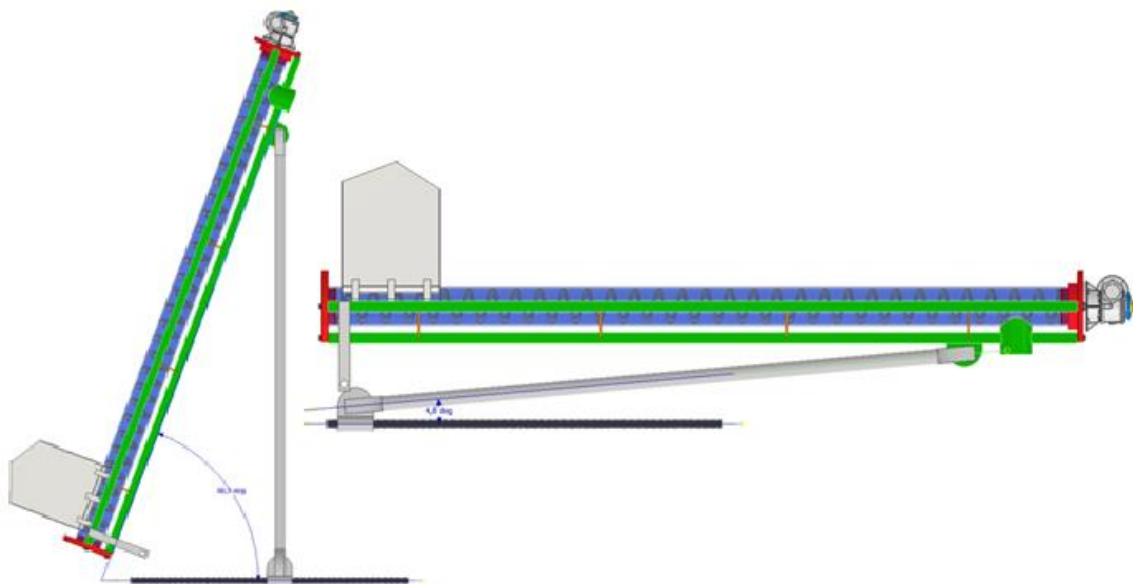
Model zkušebního zařízení a základní výpočty vypracoval, v rámci bakalářské práce, pan Josef Grill. Já jsem zde působil jako konzultant. Jedná se o variabilní bezosý šnekový dopravník s pohonnou jednotkou na výstupu (Obr. 8).



Obr. 8: Variabilní bezosý šnekový dopravník (vlastní)

Konec u výstupu dopravníku je tedy středěný uložením hnací hřídele. Druhý konec, který je zasypán materiálem, se za provozu vystředí právě díky tomu, že je zasypán materiálem. Žlab dopravníku je tvořen trubicou o světlosti 100 mm. Materiálem je průhledné tvrzeného PVC.

K polohování dopravníku slouží pohybový šroub (Obr. 9). Maximální úhel sklonu je 70°. Pro testování stavu, kdy bude dopravník svisle, budou konstrukce i násypka později uzpůsobeny. Dopravní délka od násypky k výsypce je 1700 mm. Celková délka spirály je 2000 mm.



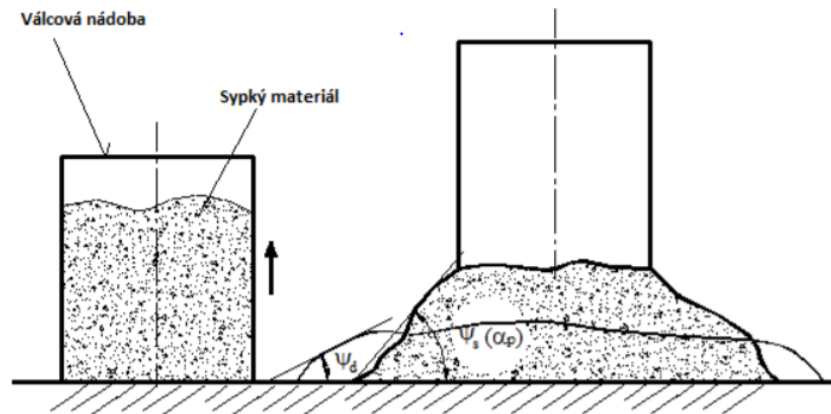
Obr. 9: Polohování dopravníku (vlastní)

3 Principy měření a postup experimentů

3.1 Charakteristika materiálu

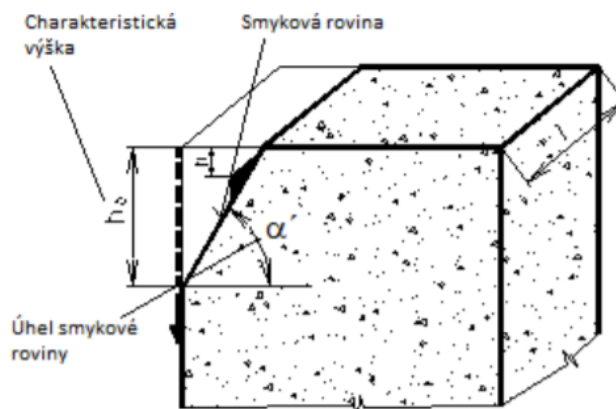
Každý sypký nebo zrnitý materiál lze charakterizovat těmito parametry: sypný úhel, zrnitost, vlhkost a nasákavost, měrná, objemová a sypná hmotnost, úhel vnitřního a vnějšího tření a soudržnost. Správné zhodnocení parametrů přepravovaného materiálu je nutné pro správné nastavení dopravníku a následné vyhodnocení výkonnosti a vhodnosti dopravníku.

- sypný úhel je úhel, jenž svírá tečna ke svahu volně nasypaného materiálu s vodorovnou rovinou podložky. Měří se statický i dynamický sypný úhle. Znázorněno na Obr. 10.



Obr. 10: Princip zjištění sypného úhlu (Polák, 2001)

- Zrnitost se měří pomocí síťové analýzy. Ta se provádí na vibračním zařízení, na kterém jsou stupňovitě naskládaná síta o různé velikosti. Zjišťuje se maximální a minimální velikost zrna + nejvíce zastoupená frakce.
- Vlhkost je obsah vody ulpívající na povrchu zrn.
- Nasákavost je schopnost materiálu přijmout vodu až do ustavení rovnovážného bodu.
- Měrná hmotnost je hmotnost objemové jednotky tuhé substance. Zjišťuje se rozemletím materiálu na velikost menší než 0,125mm a změřením jejího objemu a hmotnosti.
- Objemová hmotnost je hmotnost objemové jednotky v rostlém stavu. Provádí se převážně u obilnin. U této metody je nutné změřit objem meziprostoru u volně naspaného materiálu.
- Sypná hmotnost je hmotnost materiálu v takovém stavu, v jakém se přepravuje.
- Úhel vnitřního tření je tření mezi jednotlivými částicemi materiálu. Je závislý na velikosti a stavu partikulárních částic a na konsolidačním stavu.
- Úhel vnějšího tření je úhel, kdy volně naspaný materiál začíná klouzat po podložce.
- Soudržnost materiálu je spojena s kohezivitou materiálu. Je to schopnost přenášet vnitřní tření nejen smyková a tlaková, ale i tahová a krutová namáhání. Princip pokusu je znázorněn na obrázku. Jedna stěna boxu se pomalu spouští až do sesuvu materiálu. Měří se úhel smykové roviny a charakteristická výška (Obr. 11) (Polák, 2001).

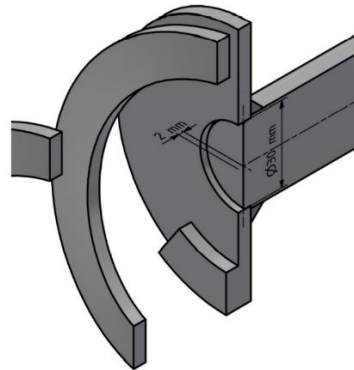


Obr. 11: Charakteristická výška a úhel smykové roviny (Polák, 2001)

3.2 Měřící a řídicí místa a princip měření

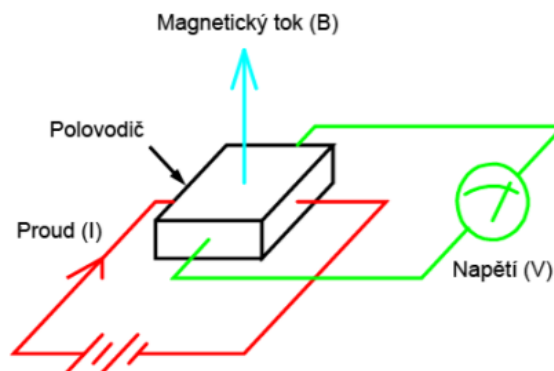
- a. Měření krouticího momentu a otáček spirály

Krouticí moment a otáčky spirály jsou jedny z nejpodstatnějších veličin, které budu měřit. Z těchto dvou veličin jsem schopen určit výkon potřebný k transportu materiálu, který nemusím ponížovat o účinnosti převodovky, spojky a ložiskové jednotky. Pro měření krouticího momentu a otáček bude uzpůsobena hnací hřídel znázorněná na Obr. 12.



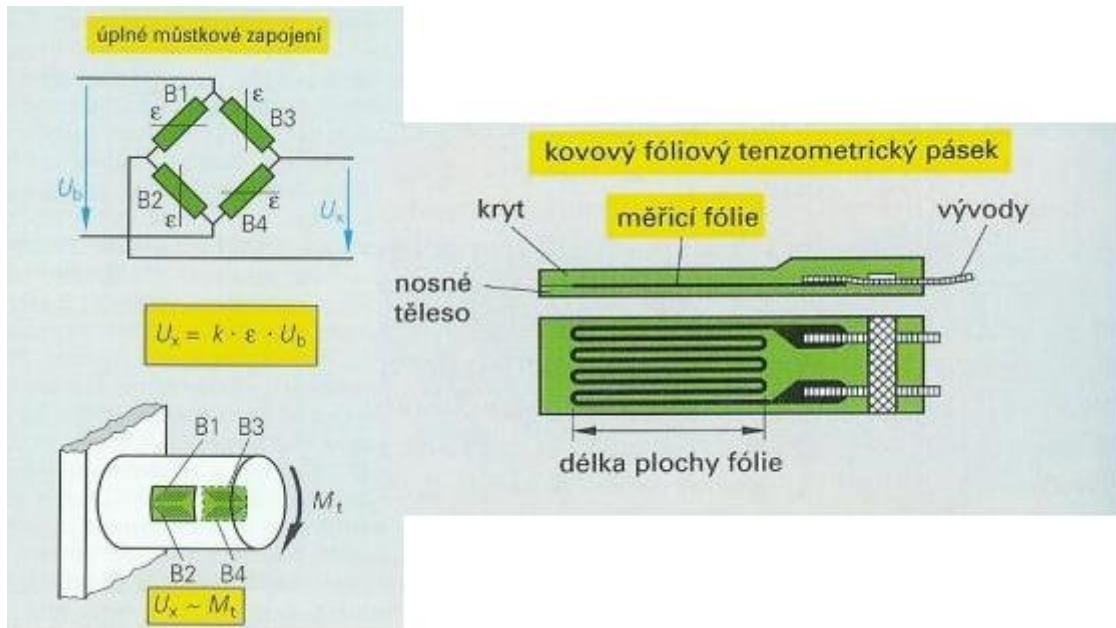
Obr. 12: Spojení hnací hřídele a spirály (vlastní)

Pro měření otáček jsem zvolil Hallovu sondu (Obr. 13). Jedná se o magnetický impulsní snímač pracující na principu detekce polohy označeného místa na rotující součásti. Sonda vyhodnocuje počet impulsů v čase, nebo je možné měřit dobu mezi dvěma impulsy.



Obr. 13: Schéma snímače s Hallovou sondou (Formánek, 2021)

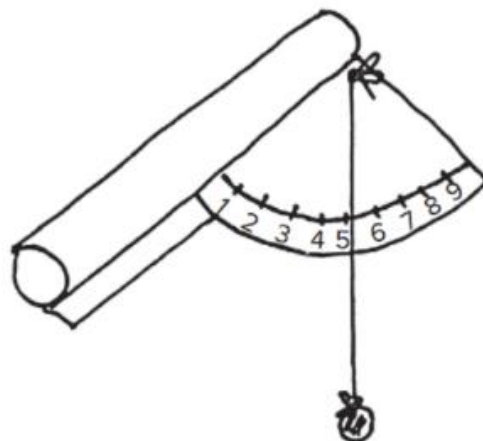
Pro měření krouticího momentu bude hnací hřídel osazena krutovými tenzometry. Tenzometry budu zapojovat do Wheatstoneova můstku, konkrétně do plného mostu (Obr. 14). Toto zapojení jsem zvolil pro kompenzaci teploty a získání co nejvyšší citlivosti měření.



Obr. 14: Zapojení úplného můstku a popis tenzometru (Aterm.cz , 2021)

b. Měření sklonu dopravníku

Měření sklonu dopravníku bude probíhat jednoduše gravitačním úhleměrem. Principem je zavěšení závaží na provázku pod naklánějící se část dopravníku (žlab, pohonnou jednotku, ...) a umístění stupnice tak, aby provázek na stupnici ukazoval úhel (Obr. 15).



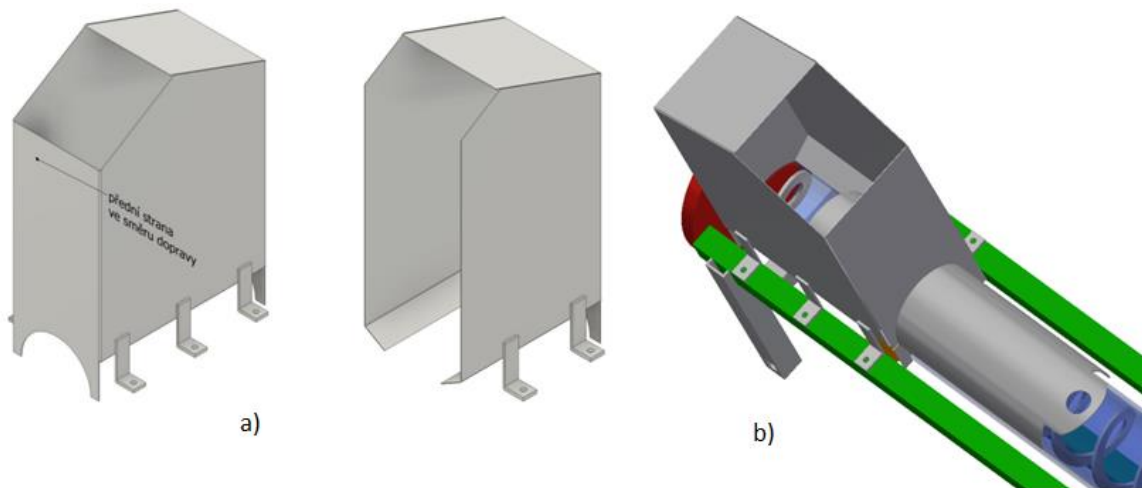
Obr. 15: Schéma měření sklonu dopravníku (i-SKYPE , 2021)

c. Měření objemového průtoku

Pro měření objemového průtoku budu vycházet ze sypné hmotnosti. Experimentálně bude zjištěna sypná hmotnost materiálu v různých stavech vlhkosti a objemu vody, jež materiál přijal (nasákavost). Samotné měření bude probíhat tak, že se bude měřit hmotnost materiálu [Kg] za jednotku času [h-1].

d. Určení míry zaplnění

Míra zaplnění dopravníku se nebude měřit, ale bude se nastavovat. K tomuto účelu byla konstrukce násypky upravena. Těsně nad místem spojení násypky a žlabu je umístěna šoupátková clona (Obr. 16). Clona se manuálně zasouvá a vysouvá, čímž se nastavuje míra zaplnění dopravníku a počet zaplněných závitů spirály.



Obr. 16: Umístění šoupátkové clony v násypce (vlastní)

e. Rozbor trajektorie částic

Trajektorie jednotlivých částic přepravovaného materiálu byly, pro klasický šnekový dopravník, zmapovány a popsány. Trajektorie částic v bezosém šnekovém dopravníku však nikoliv. Pro mapování trajektorie částic přepravovaného materiálu je konstrukce dopravníku uzpůsobena. Žlab dopravníku je z čirého tvrzeného plexiskla. Do směsi přepravovaného materiálu se přimíchá malé množství barevně zvýrazněného materiálu a optickou cestou bude sledována a popsána jeho trajektorie.

Závěr

V této práci byl představen úvod do problematiky experimentálního měření bezosého šnekového dopravníku. Byly popsány dílčí konstrukční prvky dopravníku a jejich funkce. Dále byla představena konstrukce variabilního experimentálního dopravníku s popisem měřících míst a principem měření. Co se týče přepravovaného materiálu, byla vysvětlena jeho charakteristika a parametry mající vliv na obtížnost jeho transportu. V následujících měsících bude sestaven experimentální dopravník a začne se pracovat na experimentálním měření.

Prameny

1. AGRA-BOHEMIA a.s. [online]. Přelouč: výrobní závod, ©2013, [cit. 2021-08- 27]. Dostupné z: <http://www.agra-bohemia.cz>
2. i-SKYPE [online]. Výukový web, ©2019, [cit. 2021-09- 15]. Dostupné z: app.i-skype.com
3. ASAHI ENGINEERING. Shaftless screw conveyor. Vynálezce: Inoue KEIICHIROU. Čína. IPC B65G33/14; B65G33/26; (IPC1-7): B65G33/14; B65G33/26. Čís. patentu: JPS5574906A. 5. 6. 1980.
4. Aterm.cz [online]. Pohořelice: vývoj a výroba elektrických přístrojů, ©2000, [cit. 2021-08- 23]. Dostupné z: <http://www.aterm.cz>

5. FORMÁNEK, Josef, Výukový text: Podklady k principu měření otáček a úhlové rychlosti In: *home.zcu.cz* [online]. [cit. 20. 9. 2021]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~formanek/mmvvyuka/Data/ivk-mt-soubory/16-F.pdf>
6. GAJDŮŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. Teorie dopravních a manipulačních zařízení. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1988, 277s. Učební texty vysokých škol / Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojní.
7. POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2001. ISBN 80-248-0043-8.
8. RATAJ a.s., Ing. Stanislav Rataj. BEZOSÉ SPIRÁLOVÉ DOPRAVNÍKY pro použití v bioplynových stanicích a pro dopravu biomasy [přednáška]. Větrný Jeníkov: Bioplyn a legislativa 2018, 29. 5. 2018
9. Steel Spirals s.r.o [online]. ŠNEKOVÉ SEGMENTY, ŠNEKOVÉ SPIRÁLY, ŠNEKOVNICE. Katalog výrobků. © 2020. vid [14. 11. 2011]. Dostupné z: https://api.steelspirals.com/storage/1585337991.3789_3882-SteelSpirals_CZ.pdf

Kontaktní údaje autorů

Ing. Ondřej Štoček

Ústav Konstruování částí strojů, Fakulta strojní, ČVUT v Praze

ČVUT v Praze, FS, Technická 4, 160 00, Praha 6

+420 728 734 119

ondrej.stoceks@cvut.cz

MOŽNOSTI VZNIKU PŘEDPĚTÍ V POLÍCH KLINČOVÝCH SPOJŮ

POSSIBILITIES OF PRESTRESSING IN THE GROUPS OF CLINCHED JOINTS

Marek Štádl, František Lopot

Abstrakt

Konkrétní návrhy polí klinčových spojů jsou většinou realizovány na základě empirických zkušeností konstruktérů a správnost daného návrhu je ověřována ve zkušebních laboratořích výrobců klinčovacích nástrojů. Často je proto problematika klinčování zvládnuta pro zcela konkrétní typ spoje daných součástí, avšak bez vypracování obecných standardů výroby, přesnosti a pevnostních vlastností spojů. Při návrhu polí spojů se vychází z vlastností jednotlivého spoje ve dvou základních směrech bez uvažování možnosti jejich vzájemné interakce. Tato práce se věnuje měření možných parazitních sil vnikajících v poli klinčových spojů vznikajících během jejich výroby. V rámci práce jsou navrženy a provedeny experimenty za účelem zjištění přítomnosti a případné velikosti výše zmíněné interakce.

Klíčová slova: klinčový spoj, pole spojů, předpětí

Abstract

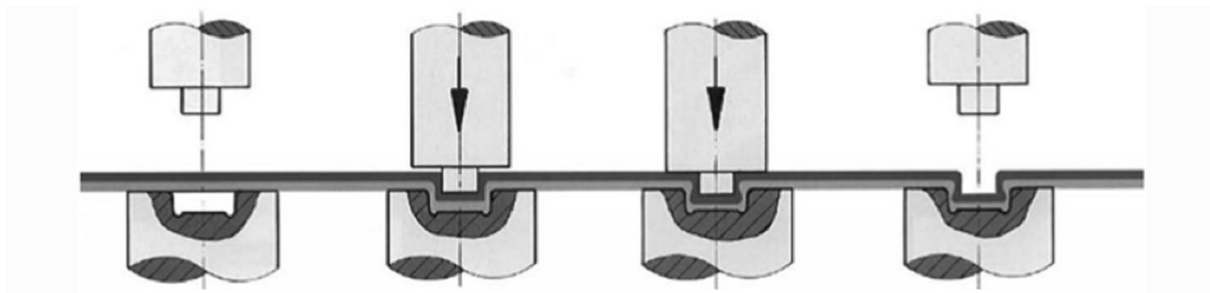
Specific designs of clinched joint groups are mostly engineered on the basis of empirical experience of designers and the accuracy of the design is often verified in the testing laboratories of manufacturers of clinching tools. Therefore, the problem of clinching is often mastered for a one specific type of joint of the given components, but without the elaboration of general standards of production, accuracy and strength properties of joints. The designs of joint groups are based on the properties of an individual joint in two basic directions without considering the possibility of their mutual interaction. This work is based on the measurement of possible parasitic forces arising in the groups of clinched joints during their production. Within the work, experiments are designed and performed in order to determine the presence and possible size of the above-mentioned interaction.

Key words: clinched joint, group of joints, pretension

Úvod

Klinčování představuje vysoce výkonnou a rychle se rozvíjející metodu pro spolehlivé mechanické spojování dílů vyrobených z plechu využívající lokální plastickou deformaci materiálu za studena. Jedná se o moderní technologii urychlující výrobu sestav plechových dílů, kdy v některých oborech vytlačuje tradiční metody spojování založené na šroubových spojích nebo svarech. Mechanismus klinčování je znám již mnoho let, ale až v uplynulých 30-ti letech dochází ke stále širšímu uplatňování klinčových spojů. Tyto spoje jsou úspěšně používány v oblastech průmyslu, kde je velký tlak na prosazování lehkých konstrukcí za účelem snížení primární spotřeby energie či spotřeby paliva pro snížení emisí a zmírnění dopadů globálního oteplování.

Princip zhotovení klinčového spoje spočívá ve vzájemném spojení dvou, případně více vrstev materiálu, který je formován speciálním nástrojem (razník a raznice). Velmi často je klinčování používáno u materiálově heterogenních spojů, kde použití tradičních metod spojování přináší zvýšené náklady na tvorbu spoje. Příklad nástroje a princip postupného zhotovení propojení materiálu je uveden na Obr. 1



Obr. 1: Nástroj a postup tváření klinčového spoje (Peng, 2020)

Především se jedná o automobilový, letecký a elektrotechnický průmysl, výrobu tzv. bílé elektroniky nebo vzduchotechniky, kde klinčování umožnilo spojování součástí z rozdílných materiálů, umožňujících výhodnější přiřazení materiálu k danému dílu s menším ohledem na technologii spojování, která byla u tradičních metod silně limitující. V neposlední řadě je nutno zmínit také časté zlepšení korozních vlastností spoje, spočívající v zachování povrchové, protikorozní ochrany spojovaných dílů.

1 Předepnutí spoje vlivem technologie výroby

V rámci smluvního výzkumu na pracovišti autorů byly zkoumány vzorky spojů plechových dílů z pohledu jejich výsledné nosnosti. Velká disproporce mezi teoretickou a měřenou distribucí zatížení mezi jednotlivé spoje, spolu s charakteristickou deformací spoje, vedla autory k domněnce o existenci vnitřního předpětí pole klinčových spojů. Toto předpětí je teoreticky generováno rozdílně velikou oblastí plastické deformace spojovaných dílů.

Možnému předepnutí klinčových spojů se okrajově věnují autoři (Breda, 2016) a (Breda, 2018b), zkoumající vlastnosti jednotlivých spojů, popřípadě dvou blízko sebe umístěných spojů. Pouze částečnou korelaci teoretických hodnot nosnosti spojů s experimenty vysvětlují autoři (Breda, 2018a) kombinovaným namáháním spoje.

Pro potvrzení existence a velikosti zmiňovaného předpětí byly navrženy a provedeny následující experimenty.

1.1 Výzkumný soubor

Zkoumané vzorky se spoji v řadě v podélné ose symetrie vzorku vznikly spojením galvanicky pozinkovaných pásů tl. 3 mm z jedné tabule plechu. Materiálem vzorků je nízkouhlíkatá ocel DX51D (1.0226) vhodná pro tváření za studena. Vlastnosti materiálu jsou shrnuty v Tab. 3.

Tab. 1: Vlastnosti materiálu vzorků (vlastní)

Označení	Mez pevnosti [N/mm ²]	Tažnost [%]	Chemické složení [%]
DX51D (1.0226)	270-500	22	C 0,18
			Si 0,5
			Mn 1,2
			P 0,2
			S 0,045
Ti 0,3			

Spoje byly vyrobeny jednou sadou lisovacích nástrojů ToxxRound 10. Rozměry vzorků a velikost vytvořených spojů jsou patrné z Tab. 2.

Tab. 2: Rozměry zkoumaných vzorků (vlastní)

	Průřez dílů [mm]	Počet spojů [1]	Rozteč spojů [mm]
02-40-20	40x3	2	20
02-40-40	40x3	2	40
03-40-20	40x3	3	20
03-40-40	40x3	3	40
04-40-20	40x3	4	20
04-40-40	40x3	4	40

2 Identifikace deformace polí spojů v řadě

Existenci výše zmiňovaného předpětí lze nepřímo odvodit z Obr. 2. Na daném obrázku je zobrazen vzorek (03-40-40) z výzkumného souboru. Na všech vzorcích z výzkumného souboru je patrná výrazná deformace, kterou je možné považovat za klíčový projev napjatosti v poli spojů.



Obr. 2: Deformace pole spojů (vlastní)

Danou deformaci nejlépe vystihuje úhlová odchylka od původní osy spojovaných dílů. Měřený úhel je zobrazen na Obr. 2.

V Následující tabulce Tab. 3., jsou uvedeny naměřené deformace jednotlivých vzorků.

Tab. 3: Parametry měřených vzorků (vlastní)

	Průřez dílů [mm]	Počet spojů [1]	Rozteč spojů [mm]	Měřená deformace [φ]	Normovaná deformace [φ]
02-40-20	40x3	2	20	2,4	1,2
02-40-40	40x3	2	40	1,2	0,60
03-40-20	40x3	3	20	3,1	1,03
03-40-40	40x3	3	40	2,1	0,70
04-40-20	40x3	4	20	4,5	1,13
04-40-40	40x3	4	40	3,2	0,8

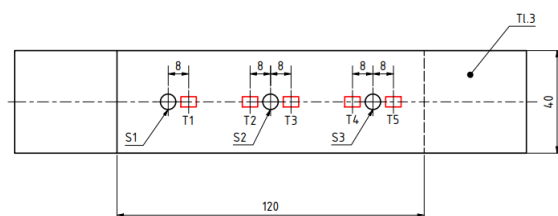
2.1 Zpracování dat a vyhodnocení

Z výsledků měření je zřejmé, že hodnota úhlové deformace vzorku normované na jeden klinčový spoj viz. Tab. 3 je nepřímo úměrná rozteči jednotlivých spojů.

Při výrobě pole spojů v řadě, kdy jsou spojované díly vůči sobě již vázány prvním spojem daného pole, dochází k úhlové deformaci každého následujícího spoje, která je tím větší, čím větší je tuhost mezilehlého úseku spojovaných dílů. Jestliže je deformace vzorků závislá na tuhosti úseků spojovaných dílů mezi spoji, lze předpokládat existenci osového předpětí mezi díly.

3 Identifikace reziduální napjatosti pole spojů v řadě

Pole klinčových spojů byla dále podrobena zkoušení reziduálních napětí pomocí destruktivní metody, odvrtání spoje. Pro ilustraci byl zvolen vzorek 03-40-40. Okolí jednotlivých spojů bylo osazeno jednoosými tenzometry (3/120LY11) HBM (HBM, 2020) orientovanými v ose spoje, tak aby v průběhu měření nedošlo k poškození tenzometrů. Na Obr. 3 je uvedeno umístění jednotlivých tenzometrů (označení T1-T6).



Obr. 3: Umístění tenzometrů na vzorku pole spojů (vlastní)

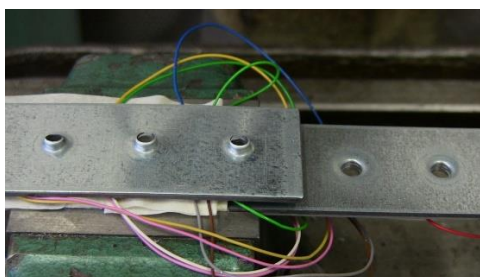
Spoje byly odvrtávány, za účelem přerušení krčku spoje a byla sledována celková změna hladiny jednotlivých signálů. Náznornou představu o realizaci měření lze získat z následujícího Obr. 4.



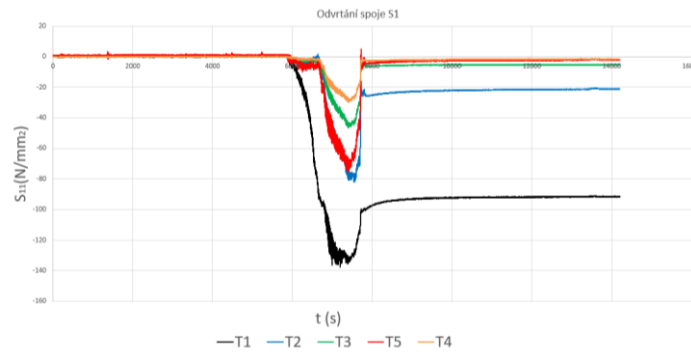
Obr. 4: Uspořádání stanoviště (vlastní)

3.1 Zpracování dat a vyhodnocení

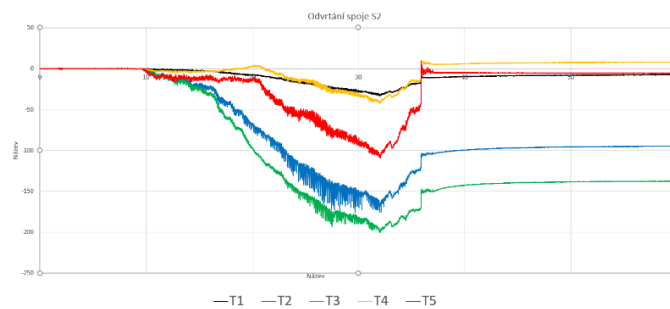
Během měření byly postupně odvrtány všechny klinčové spoje pole viz. Obr. 5 a byla sledována odezva signálů z tenzometrů.



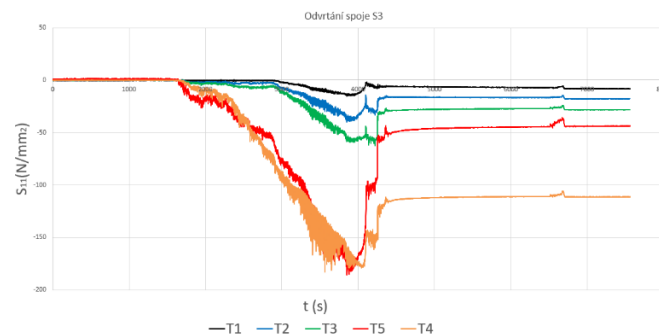
Obr. 5: Vzorek pole po odvrtání spojů (vlastní)



Obr. 6: Průběh změny napjatosti na jednotlivých tenzometrech po odvrtání spoje S1 (vlastní)



Obr. 7: Průběh změny napjatosti na jednotlivých tenzometrech po odvrtání spoje S2 (vlastní)



Obr. 8: Průběh změny napjatosti na jednotlivých tenzometrech po odvrtání spoje S3 (vlastní)

Jak je zřejmé z Obr. 5 při postupném odvrtávání spoje nedošlo vlivem výrobních nepřesností vzorku k okamžitému a dokonalému přerušení krčku spoje. Naměřená data byla přepočtena na hodnoty normálového napětí.

Na grafech viz. Obr. 6 - Obr. 8 se tento jev projevil na průbězích signálů jednotlivých tenzometrů. Například při odvrtávání spoje S2 viz. Obr. 7 dochází stále k poklesu napětí na tenzometrech T1 a T2 v okolí spoje S1, ačkoli tento již teoreticky nemá přenášet žádné zatížení. Vysvětlení lze nalézt v následující úvaze. Při nedokonalém přerušení krčku spoje stále dochází přidržení obou spojených dílů k sobě. To má spolu se specifickým tvarem okolí vlastního krčku za následek zbytkové tvarové spolupůsobení dílů.

Naměřená napětí tenzometrů v průběhu zkoušení spoje jsou shrnuta v Tab. 4. S ohledem na výše popsaná zjištění jsou v tabulce uvedeny výsledné hodnoty shrnující celkové změny napjatosti při porušení spoje.

Všechna výsledná napětí z jednotlivých tenzometrů jsou zdánlivě tlaková, ovšem vzhledem k charakteru zkoušky, kdy jsou uvolňována vnitřní napětí spoje jsou reálná napětí inverzního charakteru, tedy tahová.

Tab. 4: Naměřené hodnoty napětí na vzorku pole spojů (vlastní)

	T1 - S11 [N/mm ²]	T2 - S11 [N/mm ²]	T3 - S11 [N/mm ²]	T4 - S11 [N/mm ²]	T5 - S11 [N/mm ²]
Porušení S1	-93,28	-22,75	-5,50	-1,83	-3,81
Porušení S2	-8,65	-96,86	-139,47	7,00	-5,08
Porušení S3	-6,60	-16,44	-27,27	-111,36	-46,09
Celkový rozdíl	-108,53	-136,05	-172,24	-106,19	-54,98

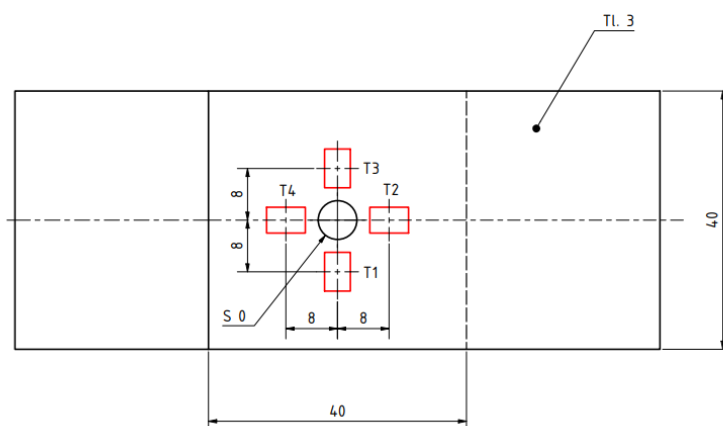
Toto zjištění je v souladu s pozorovanou deformací spojů uvedených v předchozí kapitole a ukazuje na nezanedbatelné předeptnutí daného pole spojů vedoucí ke snížení celkové nosnosti pole vlivem částečného vyčerpání nosnosti spoje předpětím. Naměřené hodnoty jsou předpokládanou superpozicí dvou základních jevů. První je globální sledované předpětí v poli spojů a druhým je lokální porušení napjatosti vlivem odebrání materiálu.

4 Měření reziduální napjatosti jednotlivého spoje

Pro určení míry vlivu předeptnutí na nosnost spoje a kalibraci naměřených dat na poli spojů v řadě, byl navržen a proveden následující experiment. Jeho cíl je definován potřebou zjistit ovlivnění dat získaných v předchozím experimentu porušením napjatosti v materiálu vlivem odvrtní. Měřicí stanoviště bylo uspořádáno shodně s Obr. 4.

Zkoumaný vzorek s osamoceným spojem vznikl spojením shodných plechových dílů jako v kapitole 3. Spoje byly vyrobeny shodnou sadou lisovacích nástrojů ToxxRound 10.

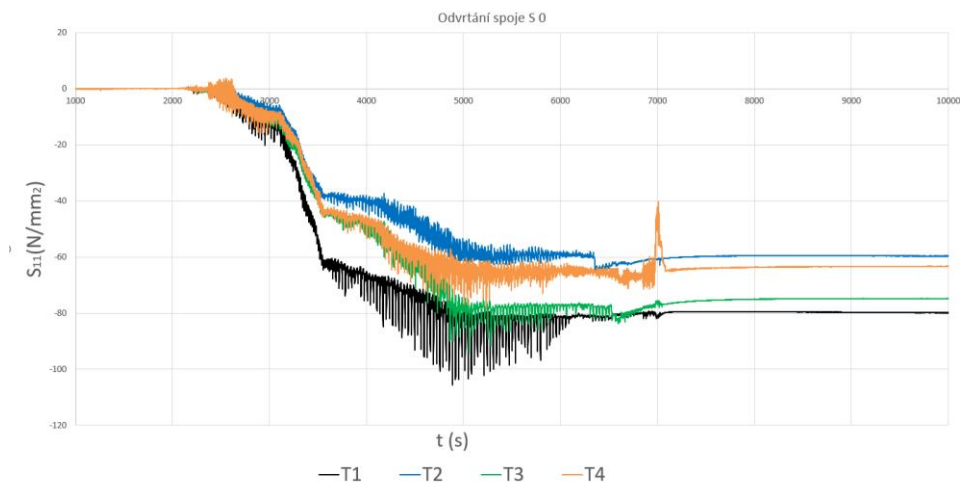
Okolí spoje bylo osazeno jednoosými tenzometry (3/120LY11) HBM (HBM, 2020) orientovanými v ose spoje a v ose kolmé, tak aby v průběhu měření nedošlo k poškození tenzometrů. Na Obr. 9 je uvedeno umístění jednotlivých tenzometrů (označení T1-T4).



Obr. 9: Umístění tenzometrů na vzorku jednotlivého spoje (vlastní)

4.1 Zpracování dat a vyhodnocení

Během měření byl odvrtán vlastní spoj a byla sledována odezva signálů z tenzometrů viz. Obr. 10.



Obr. 10: Průběh změny napjatosti na jednotlivých tenzometrech S0 (vlastní)

Naměřená napětí tenzometrů v průběhu zkoušení spoje jsou shrnuta v Tab. 5. Data byla přepočtena na hodnoty normálového napětí v ose tenzometru.

Tab. 5: Naměřené hodnoty napětí na vzorku jednotlivého spoje (Štádlar,2021).

	T1 - S_{11} [N/mm^2]	T2 - S_{11} [N/mm^2]	T3 - S_{11} [N/mm^2]	T4 - S_{11} [N/mm^2]
Porušení S0	-79,86	-59,66	-74,77	-63,30

V uvedené tabulce je možné sledovat rozdílné hodnoty napětí pro páry tenzometrů T1,T3 a T2,T4 viz. Obr. 9 umístěné v navzájem kolmých osách. Tento rozdíl je dán odlišnou tuhostí samotného horního dílu spoje. V ose spoje dosahuje jeho tuhost menších hodnot než ve směru kolmém na osu.

Všechna výsledná napětí z jednotlivých tenzometrů jsou zdánlivě tlaková, ovšem vzhledem k charakteru zkoušky, kdy jsou uvolňována vnitřní napětí spoje jsou reálná napětí inverzního charakteru, tedy tahová.

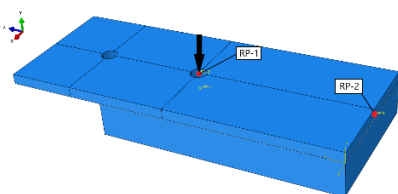
Takto získané hodnoty napětí byly použity pro superpozici dat naměřených na poli spojů v řadě a vyhodnocení napjatosti zmíněného pole pro určení míry vyčerpání nosnosti spoje předpětím.

5 MKP modelování spojů

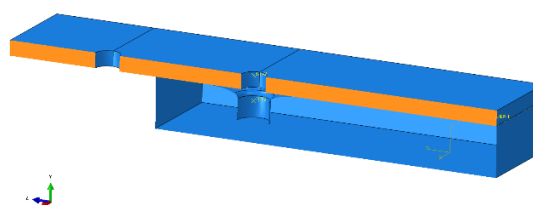
V rámci výzkumu problematiky týkající se tématu této disertační práce jsou aktuálně prováděny simulace pomocí metody konečných prvků, pomocí kterých je zjišťován na základě dat naměřených v kapitolách 3 a 4 vliv předpětí na nosnost spojů z výzkumného souboru viz Tab. 2.

Hlavním účelem těchto simulací je porovnat vybrané parametry modelu klinčového spoje v MKP, zjistit vlastnosti a chování klinčového spoje při zvoleném zatížení a dále ověřit vliv předpětí na výsledné rozložení napětí ve spoji.

Byl použit výpočtový model tvořený jako 3D solid těleso reprezentující horní díl spoje s uvažováním lokálních vrubových účinků vlivem tvaru spoje. Pod tímto dílem bylo umístěno tuhé těleso shell (discrete rigid) reprezentující geometrii horní plochy spodního dílu spoje viz Obr. 12. Rozměry simulovaných dílů byly zvoleny dle geometrie vzorku (02-40-40) viz. Tab. 3.



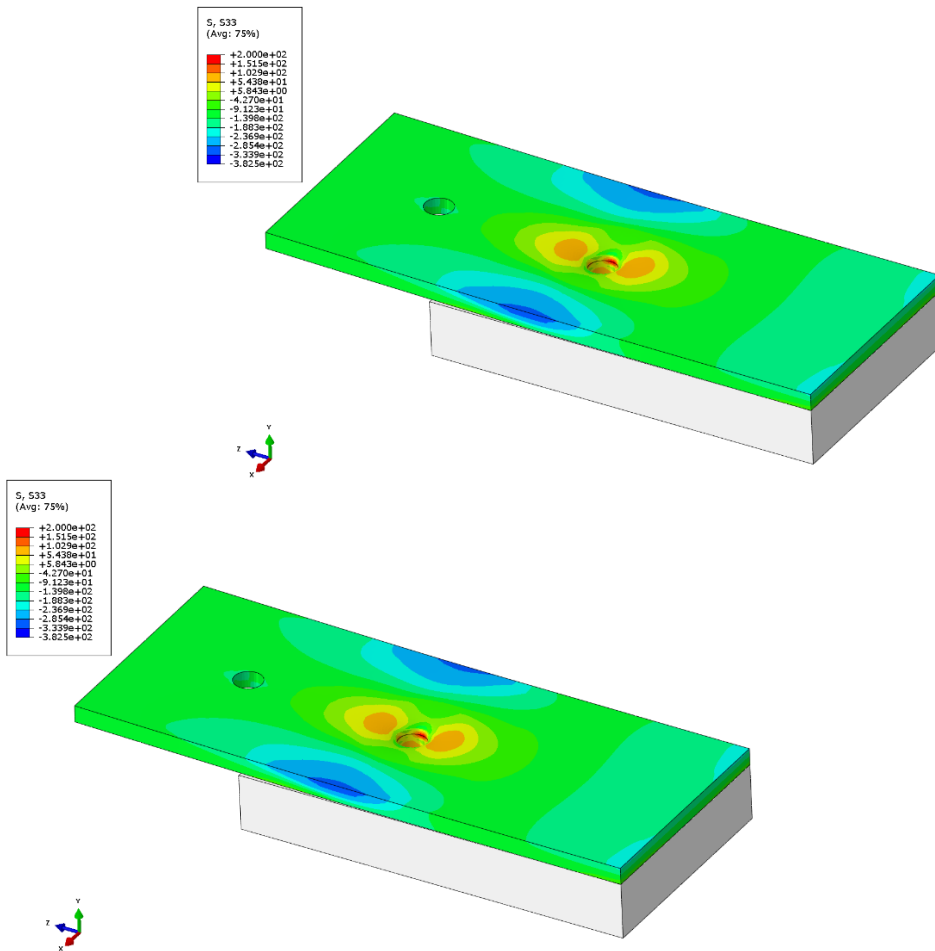
Obr. 11: Model spoje v simulacích (vlastní)



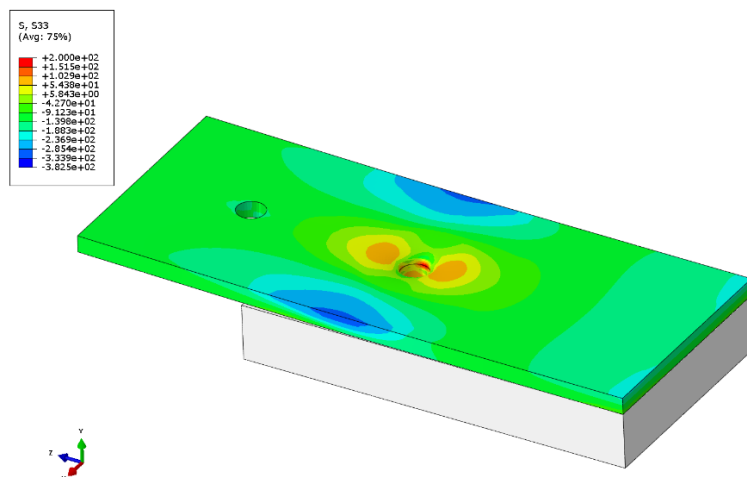
Obr. 12: Modelovaná geometrie (vlastní)

V ploše dotyku obou dílů je uvažován standardní kontakt (hard surfaceto-surface) kontakt s uvažováním tangenciálních vlastností (bez tření nebo je tření f definováno jako "penalty friction"). Všechny simulace jsou provedeny jako úloha statické analýzy napětí, kdy nejsou uvažovány setrvačné účinky a jiné projevy dynamického chování. Pro modelování a vlastní výpočet byl použit komerčně dostupný software Abaqus.

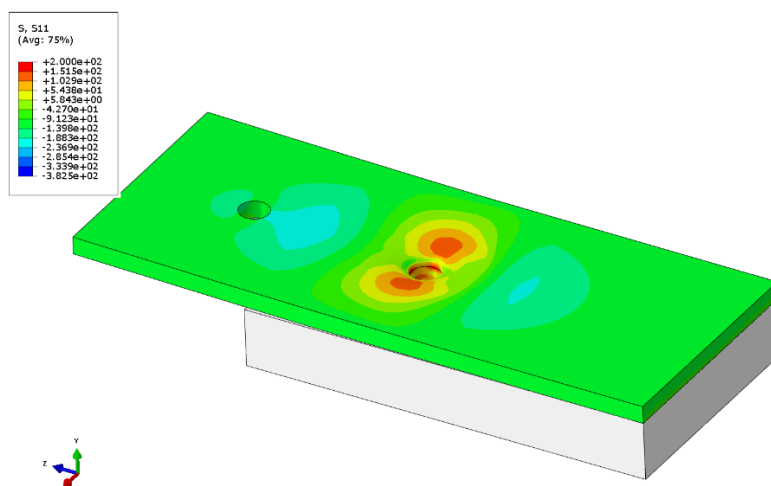
5.1 Zpracování výsledků MKP modelů



Obr. 13 a Obr. 14 je zobrazen průběh napjatosti v daných směrech, ve kterých probíhala tenzometrická měření viz kapitoly 4.3.2. Pro ilustraci byla vybrána simulace reprezentující odvrtní spoje S2 viz Obr. 3.



Obr. 13: Průběh napjatosti S33 (vlastní)



Obr. 14: Průběh napjatosti S11 (vlastní)

Velikost zátěžné síly viz. Obr. 11 byla kalibrována s ohledem na výsledky tenzometrických měření viz. kapitola 4.3.2, tak aby vyvolala shodnou odezvu simulované napjatosti v daném směru v místě umístěných tenzometrů při měření. Postupně byly simulovány všechny jednotlivé odvrátané spoje.

V simulacích byla sledována reakční síla, v bodě RP-2, ve směru osy Z tedy v ose vlastního spoje. Daná hodnota byla následně porovnávána s návrhovou nosností jednotlivého klinčového spoje viz Tab. 6, která pro tuto zkoušenou konfiguraci spoje činí 3000N.

Tab. 6 - Vyčerpání nosnosti spoje předpětím (vlastní)

Spoj	Návrhová nosnost [N]	Sledovaná reakce [N]	Vyčerpání nosnosti [%]
S1	3000	596	19,87
S2	3000	738	24,60

Závěr

Dosavadní výsledky simulací s 3D solid modely ukazují, že zvolený simulační model je vhodný pro další práci a vyhodnocování tenzometrických měření při destruktivních zkouškách polí klinčových spojů v řadě. Model je jednoduše kalibrovatelný a vystihuje chování spoje jak v předpokládaných rozložení napětí, tak ve formě úhlové deformace popisované a měřené v kapitole 2. **Z prvotních simulací se ukazuje, že v krajním případě až 25% nosnosti spojů je využito předpětím pole spojů vlivem výroby.**

Pro potvrzení tohoto jevu pracují autoři na dalších experimentech s cílem doplnit základní návrhové vlastnosti klinčových spojů právě o toto nezanedbatelné předpětí v jejich polích. Toto doplnění bude spolu s výsledky dalších měření sloužit k formulaci metodiky návrhu polí klinčových spojů pro běžnou konstrukční praxi.

Tato práce byla podpořena grantem SGS ČVUT č.: SGS21/109/OHK2/2T/12, „Metodika návrhu polí clinchových spojů pro použití v konstrukční praxi“.

Prameny

1. BREDA, A., et al. Mechanical Behaviour of Clinched Joints in Configurations. In: Proceedings of ICEM 2018: vol. 2 (8), (Paper No. 414). Presented at the The 18th International Conference on Experimental Mechanics (ICEM18), (2018 a), Brussels, Belgium.
2. BREDA, A., et al. Modelling strategy for clinched joints in assemblies. In: NUMISHEET 2016: 10th International Conference and Workshop on Numerical Simulation of 3D Sheet Metal Forming Processes: vol. 734.(2016).
3. BREDA, A., et al. Experimental validation of an equivalent modelling strategy for clinch configurations. (2018 b). Materials & Design. 157. 10.1016/j.matdes.2018.07.035
4. PENG, H., et al. Recent development of improved clinching process. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. (2020). 110. 1-31. 10.1007/s00170-020-05978-4.
5. Linear straingauges with 1 measurement grid [online]. [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://www.hbm.com/en/4561/ly-linear-straingauges-with-1-measurement-grid/>

Kontaktní údaje autorů

Ing. Marek Štádler

ČVUT Fakulta strojní, Ústav konstruování a částí strojů

Technická 4, 16607 Praha 6

+420 728071457

Marek.stadler@fs.cvut.cz

TECHNOLOGIE PŘESNÉHO LEPENÍ FUNKČNÍ KOMPOZITOVÉ SESTAVY

PRECISION ADHESIVE TECHNOLOGY OF FUNCTIONAL COMPOSITE ASSEMBLY

Oskar Turek

Abstrakt

Příspěvek na konferenci IIVRPP 2021 pojednává o disertační práci autora, která se týká problematiky lepených spojů v aplikaci přesné a jemné mechaniky. Výzkum se bude týkat změn vlastností lepené vrstvy mezi křemíkovým modulem a PCB elektronickou deskou pro vyčítání dat z detektoru částic ATLAS ve výzkumné instituci CERN. Dále se práce bude zabývat návrhem matematicko-fyzikálního modelu pro tyto spoje v závislosti na teplotě, zatížení, vrstvě lepidla, době tvrzení, na zatížení radiací a druhu použitých lepidel. Ve spolupráci s českou kolaborací ATLAS ITk CERN, do které patří i Akademie věd ČR a MFF UK, proběhne testování a výzkum těchto spojů a následné vyhodnocení.

Klíčová slova: lepené spoje, lepidla, teorie lepení, křemíkové moduly

Abstract

The paper presented at the IIVRPP 2021 conference deals with the author's dissertation, which deals with the issue of glued joints in the application of precise and fine mechanics. The research will cover changes in the properties of the glued layer between the silicon module and the PCB electronic board for reading data. Furthermore, the work will deal with the design of a mathematical-physical model for these joints depending on the temperature, load, glue layer, curing time, radiation load and the type of adhesives used. In cooperation with the Czech collaboration ATLAS ITk CERN, which also includes the Academy of Sciences of the Czech Republic and the MFF UK, testing and research of these connections and subsequent evaluation will take place.

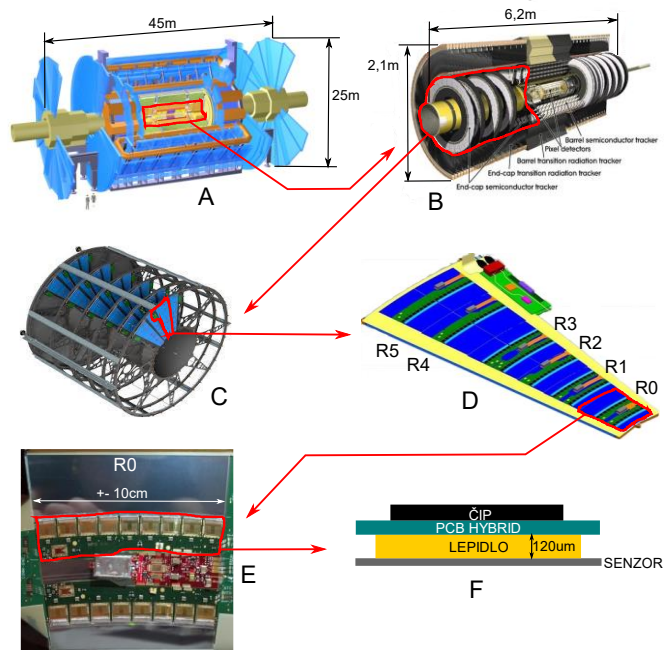
Key words: glued joints, glues, gluing theory, silicon modules

Úvod

Příspěvek ke konferenci IIVRPP 2021 pojednává o teoretických východiscích k disertační práci, která se týká lepených spojů. Lepené spoje jsou v dnešní době vyhledávaným způsobem spojování součástí. Jako hlavní důvod upřednostnění je, že lepený spoj nenarušuje strukturu spojovaných povrchů nebo součástí, které mohou být velmi citlivé na poškození či jakýkoliv mechanický zásah. Z hlediska pevnosti a únosnosti jsou dnes lepené spoje na úrovni spojů pomocí dalších součástí (šroubové spoje, nýty apod). Díky neinvazivnímu způsobu spojení součástí zde také nepředpokládáme vznik trhlin a jejich šíření. Pro použití lepidel je potřeba znát druh namáhání, vlastnosti spojovaných součástí a jejich povrchů a také vlastnosti samotného lepidla.

Disertační práce autora tohoto příspěvku se zabývá zkoumáním lepených vrstev mezi PCB deskami (hybridy) pro vyčítání a křemíkovými senzory (kompozitová sestava). Tyto senzory jsou umístěny (resp. budou v následujících letech) ve vnitřním detektoru částic ATLAS v CERNU ve Švýcarsku (Obr. 1), kde je zkoumáno chování a rozklad elementárních částic při jejich vzájemné srážce.

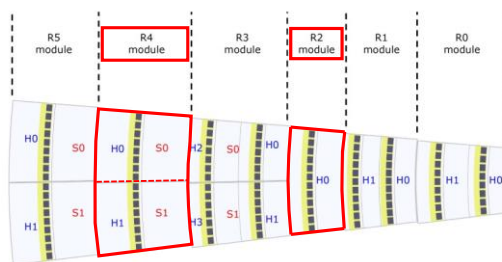
Detektor částic ATLAS je součástí urychlovače Large Hadron Collider (LHC). Ten je umístěn 50–120 m pod povrchem na hranicích Francie a Švýcarska a je instalován v kruhovém tunelu o obvodu 27 km. Urychlovač urychluje dva paprsky částic proti sobě rychlostí 99,95 % rychlosti světla ve vakuu.



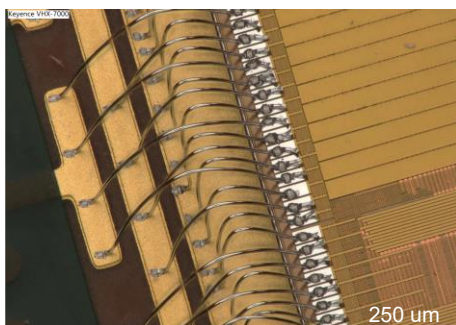
Obr. 1: Detektor částic ATLAS (vlastní)

ATLAS je jedním ze čtyř hlavních experimentů (detektorů) na LHC. Je umístěn 100 metrů pod povrchem, na délku měří 46 metrů a v průměru má 25 metrů. Jeho hmotnost je pak přibližně 7000 tun.

Projektu ATLAS se účastní několik zemí z celého světa a mnoho institucí z daných zemí. Za Českou republiku je to pak právě i FS ČVUT v Praze. Konkrétně Ústav konstruování a částí strojů je zodpovědný za několik návrhových i výrobních procedur. Autor tohoto příspěvku je zodpovědný za zajištění výroby a metrologických procesů při skládání modulů (senzorů) typu R2 a R4 (viz Obr. 2). Tato výroba je zajišťována ve spolupráci s Akademií věd ČR a MFF UK. Dále je do tohoto procesu výroby i výzkumu zapojena firma Argotech Trutnov, která se specializuje na bondování součástek.



Obr. 2: Sensory typu R2 a R4 (červeně) (vlastní)



Obr. 3: Bondy na čipu a hybridu (vlastní)

Bondování je proces spojování elektrických součástek tenkým drátkem (několik desítek mikrometrů – viz Obr. 3) za účelem přenosu signálu. Pomocí bondování je možné vytvořit několik tisíc spojů (bondů) vedle sebe, aniž by se jednotlivé spoje rušily nebo dotýkaly. Spoje jsou většinou ze slitiny hliníku.

V přesné mechanice, přesněji ve spojení křemíkového čipu a elektronické vyčítací desky (PCB), je potřeba lepidel právě z důvodu citlivosti povrchu čipu. Do tohoto křemíkového čipu nelze vrtat díry pro šrouby nebo nýty a nelze ho ani pájet. Tyto zásahy by zásadně narušily jeho vlastnosti a markantně by změnila data, která má poskytovat. Proto se v této problematice a v disertační práci bude autor zabývat potřebnými vlastnostmi lepidla, které bude používáné v tomto procesu a také změnami těchto vlastností. Proběhne výzkum závislosti mechanických a fyzikálních vlastností na teplotě, zatížení, vrstvě lepidla a dalších parametrech. Poté proběhne vyhodnocení výsledků a jejich interpretace a následně se autor pokusí o návrh optimálního lepidla a procesu lepení daného spojení. Výstupem disertační práce by měl být i matematicko-fyzikální model, který zahrne všechny dané parametry.

1 Vlastnosti spoje

Tyto vlastnosti se určují až poté, co je známé provozní zatížení lepeného spoje. Do zatížení se řadí mechanické zatěžování, vliv dynamických účinků, vliv změny teploty, radiace nebo třeba možnost přístupu vody.

Vliv změny teploty může být u lepeného spoje katastrofální. Lze totiž úplně ztratit samotný spoj a součásti pak již nic neudrží u sebe. Dnešní lepidla mohou běžně pracovat i v teplotách přes 350 °C (teplotní odolnost se zvyšuje pomocí kovových přísad). Je důležité znát tedy provozní teplotu u lepeného spoje a počítat i s teplotní roztažností. V přesné mechanice je toto velmi důležité, jelikož se velmi často tolerance pohybují v řádech desítek mikrometrů.

Disertační práce se bude konkrétně zabývat lepenými spoji v detektoru částic ATLAS v CERNu, kde při běhu tohoto detektoru dochází k zásahu lepených spojů radiací (viz dále). Vlivy radiace na tyto spoje jsou v současné době lehce popsány, nicméně po rešerši v disertační bude uváženo, zdali je možné v tomto směru a v této problematice vědě nějak přispět.

V detektoru ATLAS jsou teploty v průběhu experimentu pod bodem mrazu. Konkrétně okolní teplota v detektoru je zhruba -35°C, křemíkové senzory mají zhruba -25°C a čipy na hybridech mají asi -20°C. Soustava se chladí pomocí CO₂ a prostředí, kde se nacházejí senzory se také vysušuje pomocí NO₂.

2 Vlastnosti lepidla

Požadované vlastnosti lepidla pro použití v detektoru částic jsou zejména závislé na daném prostředí. Je potřeba, aby lepidlo neomezovalo elektrický výkon spojených součástí, mělo dobrou tepelnou vodivost z důvodu chlazení celé soustavy a mělo nízkou radiační délku. Používaná lepidla v detektoru částic mají příměsi stříbra pro zajištění dobré tepelné a elektrické vodivosti.

Pokud částice prochází materiálem uvnitř detektoru, ztratí energii a odchýlí se od původního směru kvůli vícenásobnému rozptylu. Ztráta energie a vícenásobný rozptyl snižuje přesnost určení trajektorií. Hmotnost, kterou částice prochází uvnitř detektoru musí být tedy z tohoto důvodu minimalizována. Snížení energie elektronu procházejícího materiálem je popsáno právě radiační délkou. Má jednotky délky (většinou v cm) a představuje průměrnou délku materiálu, kterou musí elektron projít, aby snížil svoji energii o faktor 1/e.

Pro výpočet radiační délky se používá vzorec

$$X_0 = \frac{716,4 \times A}{Z_m (Z_m + 1) \ln \frac{287}{\sqrt{Z}} \times \rho} \quad [cm] \quad (1)$$

kde Z_m = atomové číslo materiálu
 A = hmotnostní číslo
 ρ = hustota materiálu

Z důvodu teplotního cyklování a namáhání spojů je v detektoru potřeba použití epoxydového dvousložkového lepidla s příměsí stříbra. Stříbro zajišťuje dobrou tepelnou vodivost a malou aktivaci radiací. Z toho plyne skoro nulový vliv radiace na čipy.

3 Teorie lepení

Teorie vzniku lepeného spoje závisí na působení vnitřních sil mezi molekulami lepidla (koheze = soudržnost) a na silách mezi lepidlem a povrchem adherendu (povrch součásti) (Kolařík, 2016). Teorie nicméně stále zaostává za praxí, jelikož mechanismus vzniku lepeného spoje je složitým procesem.

Pro konkrétní případ spojení lepidlem v detektoru částic bude autor v disertaci uvažovat dvě nejzásadnější teorie vzniku spoje, které podrobí dalšímu zkoumání a ověří na daném případě jejich platnost či je doplní koeficienty pro přesnější výsledky v dané oblasti použití.

3.1 Difúzní teorie

U této teorie se předpokládá tvorba pevnosti spoje pomocí vzájemné difuze polymerů napříč rozhraním. Některé látky difundují navzájem. Průběh difuze však závisí na čase, teplotě, viskozitě a dalších faktorech. Tento průběh pak ovlivňuje pevnost lepeného spoje. U této teorie lze chování a vznik spoje částečně popsat pomocí Brownova pohybu částic, který popisuje chování a pohyb částic ve dvou difundujících látkách. Také teorie tvrdí, že rychlost pohybu je přímo úměrná teplotě systému, což má pro detektor částic velký význam. Pomocí Rov. 2 lze určit, jaké je množství energie potřebné k úplnému odstranění jednotkového objemu molekul od sousedních molekul k nekonečnému oddělení (ideální plyn) (Barroca, 2019).

$$CED = \frac{E_{COH}}{V_m} \left[\frac{J}{m^3} \right] \quad (2)$$

kde E_{COH} = kohezivní energie
 V_m = molární objem

To se poté rovná odpařovacímu teplu sloučeniny dělenému molárním objemem v kondenzované fázi.

$$CED = \frac{H_V - R_G T}{V_m} \quad (3)$$

kde H_V = odpařovací teplo
 R_G = univerzální plynová konstanta
 T = teplota
 V_m = molární objem

Pro využití této teorie je také za potřebí znát parametr rozpustnosti, který udává celkovou energii nutnou pro zrušení všech intermolekulárních sil držících molekuly pohromadě. Ten je pak definován z předchozích vztahů jako

$$\delta = \sqrt{\frac{E_{COH}}{V_m}} \quad [\sqrt{MPA}] \quad (4)$$

3.2 Chemická teorie

Pro vytvoření spoje, který by měl mít kohezivní lom a ne adhezivní, je za potřebí vzniku primárních chemických vazeb (kovalentních). Tyto vazby musí být na hranici lepidla a adherendu. Tato teorie dělí chemické vazby na primární a sekundární. Primární se dále dělí právě na kovalentní, koordinačně kovalentní, kovové, iontové a vodíkové můstky. Do sekundárních chemických vazeb spadají Van der Waalovy síly, které se dělí na Keesomovy síly, Debyeovy indukční síly a Londonovy disperzní síly.

V této teorii je popis vzniku lepeného spoje popsán právě pomocí Keesomových sil, potažmo Van der Waalových sil. Ty popisují vznik spoje pomocí interakce DIPOL-DIPOL (Langr, 2019). Pro tento popis se využívá rovnice pro výpočet Van der Waalových sil pomocí Hamakerovi konstanty A.

$$F_{VdW} = \frac{A_{132}R}{6Z^2} \quad (5)$$

kde A_{132} = Hamakerova konstanta
 R = poloměr částice
 Z = vzdálenost separace

Tato teorie předpokládá, že nejprve nastane kontakt lepidla s povrchem součásti a poté začnou chemické vazby mezi molekulami.

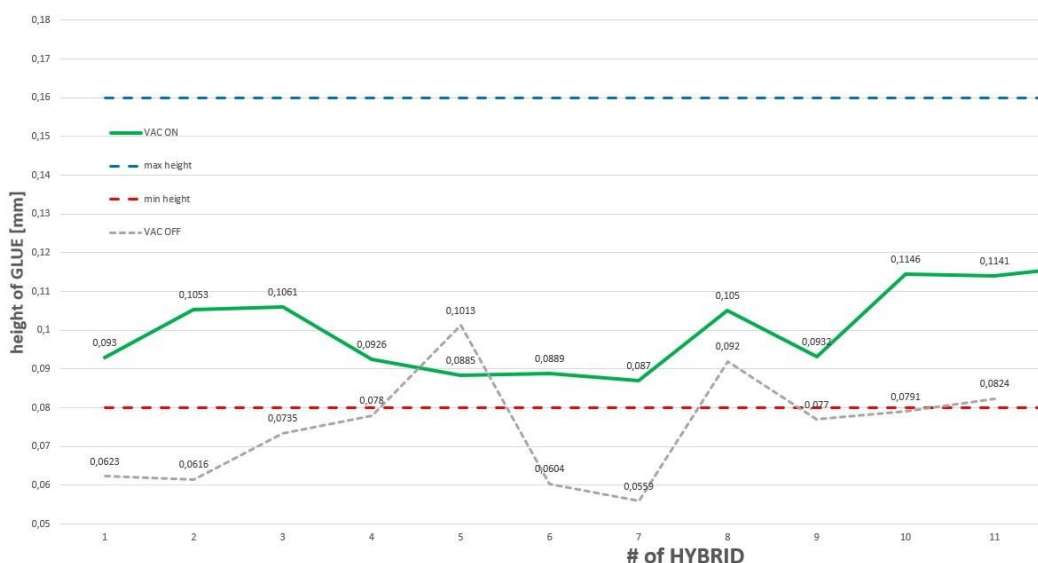
4 Současný stav výzkumu

V současné době se práce zabývá kalibrací přípravků na lepení a následnou metrologií. Je to vstupní krok k následnému rozsáhlému výzkumu vlastností lepených spojů, který bude následovat v nejbližších týdnech. Celý proces výzkumu i skládání senzorů probíhá v ultra čisté laboratoři s potřebnou čistotou dle ČSN EN ISO 14644-1 minimálně ve stupni 7. Tato laboratoř je umístěna na Ústavu teorie informace a automatizace AVČR (Pod Vodárenskou věží 4, 182 00, Praha 8), kde má Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy zřízené výzkumné prostory a kancelář.

4.1 Metrologie

Metrologie je důležitá pro přesnost i opakovatelnost lepícího procesu. Tolerance výšky vrstvy lepidla musí být na podkladě předchozích zkušeností i doporučení výrobců v řádu desítek mikrometrů ($\pm 40\mu\text{m}$), protože správná výška vrstvy zajistí přesný přenos signálu ze senzoru. Proto je důležité mít nástroje precizně nastavené a mít dostatek vzorků pro následnou kalibraci nástrojů.

Na Obr. 4 je vidět graf výšky vrstvy lepidla pro vstupní set vzorků měřených na metrologické stanici OGP SmartScope. Na obrázku jsou zaneseny výšky pro 11 vzorků, kdy jeden vzorek byl vždy měřen 2x. Nejprve bez přísátí vakuem (šedá přerušovaná čára) a poté s pomocí přísátí vakua. Je vidět, že vzorky s použitím vakua (zelená plná čára) splňují stanovený limit výšky ($120\mu\text{m} \pm 40\mu\text{m}$), a tudíž nástroje byly nastaveny relativně správně. Tento krok nastavení nástrojů musí být proveden velmi precizně a zodpovědně, jelikož na výšce vrstvy lepidla závisí vlastnosti přenosu signálu, a tudíž i výsledky celého experimentu ATLAS.



Obr. 4: Graf průběhu výšky lepidla pod sadou vzorků (vlastní)

4.2 Vakuová struktura

Vakuum je používáno v celém procesu skládání senzorů pro uchycení a aretaci čipů, PCB hybridů i senzorů. Je to kvůli tomu, že mechanické uchycení (aretační šrouby, piny, kleště, ...) by mohlo poškodit dané součástky, které jsou velmi citlivé na jakékoliv neopatrné zacházení. Jejich poškození by pak znamenalo i chybná data měření při spuštěném experimentu ATLAS. Pro vakuový systém je používáno

generátoru vakua, které je poté dále rozvedeno po celé laboratoři. Hadice s vnějším průměrem 22 mm, které se dále větví na průměr 6 mm, pak odpovídají požadavkům kolaborace.

5 Lepení senzorů

Lepení musí být prováděno v již zmíněné čisté laboratoři. Je to z důvodu zamezení kontaminace vzorků prachovými i jinými částicemi. Částice v lepené vrstvě by mohly znamenat nehomogenitu této vrstvy a následné nežádoucí vlastnosti vrstvy (horší únosnost, horší vodivosti).

Lepicí proces probíhá v několika krocích. Nejprve je vzat do přípravku PCB hybrid s již nalepenými čipy (skládá jiná instituce jinde na světě). Poté se na jeho spodní stranu nanese dvousložkové lepidlo a rozetře se přes šablonu. Ta je speciálně navržena tak, aby pokryla co největší plochu a zároveň aby lepidlo nevytékalo z pod PCB hybridu na kontaktní plochy pro bondování (viz Obr. 5). Šablona má tloušťku, která pak odpovídá požadované výšce vrstvy lepidla. Je ale potřeba pracovat s již namíchaným lepidlem relativně rychle, jelikož se s časem rapidně mění viskozita a tím i schopnost lepidla zatékat pod šablonu.



Obr. 5: Šablona pro lepení (vlastní)

Lepidlo, které se dosud používalo pro tento proces, bylo značky Epolite (typ FH-5313). To má potřebné parametry pro jeho použití v detektoru, zejména pak tepelnou vodivost minimálně 0,28 W/mK. Dalším (pro autora článku) velmi důležitým parametrem je pak koeficient lineární teplotní roztažnosti. Ten je u typu FH-5313 podle technického listu 93,5ppm/°C. U nového typu lepidla Polaris PF 7006A je tato hodnota podobná. Pro návrh matematicko-fyzikálního popisu konstrukčních, technických a uživatelských vlastností lepeného spoje je koeficient lineární tepelné roztažnosti důležitý z hlediska predikce vývoje jeho parametrů v čase v závislosti na dalších vlivech (relativní vlhkost, okolní teplota, ...).

V současné chvíli je tedy tato vstupní fáze dokončována – probíhá ověření uvedeného na větším počtu vzorků a jsou získávána data pro podrobnější popis procesů, které probíhají ve vrstvě lepidla - a je připravován vstup do další části experimentálního výzkumu, který přinese data pro sestavení zmíněného uceleného popisu vlastností a je představen v následující kapitole.

6 Zkušební zařízení

Z dosud provedených experimentů a na podkladě rešeršní činnosti je navrženo a vyráběno testovací zařízení, které umožní zjišťovat pevnostní charakteristiky vytvořených lepených spojů za různých podmínek. Autor počítá s tím, že se v zařízení bude moct upravovat teplota a relativní vlhkost.

Zařízení by mělo být schopné zatěžovat vzorky pomocí uchycení přes vakuum. To proto, aby tahová síla byla rovnoměrně na celém PCB hybridu, a nikoliv aby byla přenášena pouze přes okraje (pomocí

mechanického uchycení). Schéma je vidět na Obr. 6, kde je znázorněn přípravek pro uchycení a testovaný vzorek. Vzorek bude i s nástroji umístěn v boxu, ve kterém budou udržovány nastavené pracovní podmínky testovaného spoje na zvolených hodnotách.

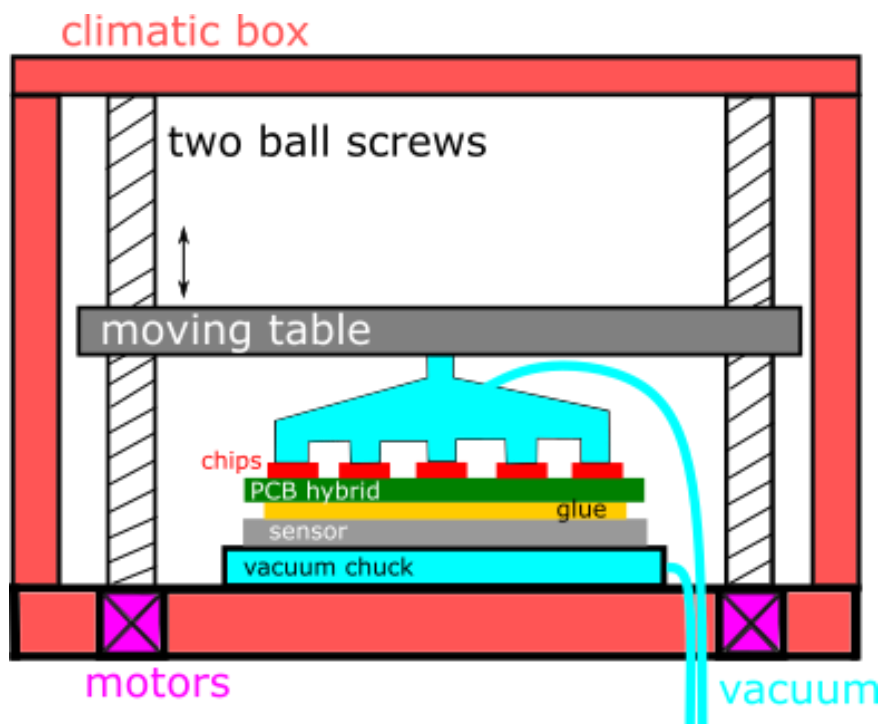
Na takovém zařízení bude pak možno zkoumat lepený spoj v závislosti na parametrech jako zatížení, relativní vlhkost, teplota při zatížení, teplota při tuhnutí lepidla, doba tuhnutí lepidla, výška vrstvy lepidla nebo smáčivost povrchu.

6.1 Návrh zkušebního zařízení

Zkušební zařízení, které bylo částečně popsáno v předchozích odstavcích, bude navrhováno jako zcela nové. Na trhu je několik zařízení určených na zkoušení tahem, tlakem apod. Žádné ale neumožňuje teplotní cyklování či řízení relativní vlhkosti. Proto má autor příspěvku ve své disertační práci v plánu kompletní návrh a stavbu takového zařízení. Práce autora počítá s návrhem i dalších jednoúčelových zařízení, která by umožňovala zkoušení vzorků lepených vrstev. Tato různá zařízení by měla zkoumat např. význam smykové síly kvůli rozdílu v teplotní roztažnosti slepených materiálů, význam vlastní frekvence v případě mechanicky zatížených spojů apod.

Bude použito snímačů síly a polohy pro možnost vynesení závislostí do grafů. Zatěžování bude probíhat pomocí servomotorů a kuličkového šroubu s maticí po obou stranách zařízení (zařízení bude navrhováno jako dvousloupové – viz Obr. 6). Celé zařízení bude umístěno v klimatické komoře, která bude umožňovat řízení teploty i vlhkosti. Do zařízení bude také zakomponován přívod vakua pro uchycení přípravku i vzorků (Obr. 6).

Návrh tohoto zařízení je v plánu na podzim roku 2021, stavba pak na zimu 2021 až jaro roku 2022. Jako další oblast výzkumu (mimo disertační práci) se jeví popis chování lepené vrstvy při zatížení radiací. Tento výzkum by musel probíhat ve spolupráci buď s ÚJV Řež, a.s. nebo přímo s institucí CERN ve Švýcarsku.



Obr. 6: Schéma návrhu zkušebního zařízení (vlastní)

Závěr

V následujících měsících bude probíhat podrobnější návrh a stavba zkušebního zařízení pro testování vzorků. Dále bude ve spolupráci s MFF UK, AVČR a kolaborací ATLAS ITk Strip CERN probíhat výzkum lepených spojů, zejména výzkum vlivu výšky vrstvy lepidla pod PCB hybridy. Finální produkce senzorů (za ČR jich má být cca 600 kusů – všechny projdou rukama autora tohoto příspěvku) je plánována na 3. čtvrtletí roku 2022.

Předpokládá se, že výzkum v rámci disertační práce autora bude mít velký přínos v oblasti lepených spojů v přesné mechanice kompozitových sestav. Pro samotnou kolaboraci detektoru ATLAS CERN by měl matematicko-fyzikální popis chování lepené vrstvy velký přínos.

Zajistilo by to lepší pochopení jejího chování v daných podmínkách, které jsou velmi specifické – teploty, vlhkosti, zatížení i radiace (při průběhu experimentu několik miliónů elementárních částic za vteřinu).

Jak již bylo zmíněno, práce je na počátku. Proto je zde uveden spíše princip dalších zkoumání než samotné výsledky. Ty budou nicméně značným přínosem v oblasti porozumění chování lepených spojů kompozitních sestav. A to nejen v detektoru části ATLAS, ale také v obecnějším použití.

Navrhované zkušební zařízení by pak mělo být komplexním tak, aby umožňovalo různorodé nastavování teplot a relativních vlhkostí.

Tato práce, disertační práce a s ní spojený výzkum autora jsou podpořeny grantem LM2018104 navázaným na spolupráci laboratoří CERN, FÚ AVČR, MFF UK a Ú12113 FS ČVUT a interním grantem ČVUT SGS SGS21/110/OHK2/2T/12, v rámci kterého probíhají některé dílčí kroky popsaneho výzkumu.

Prameny

1. BARROCA, Pierre. *Modelling CO2 cooling of the ATLAS ITk Pixel Detector*. Grenoble, 2019. THÈSE pour obtenir le grade de Docteur. Université Grenoble Alpes.
2. Der LOCTITE CS 92. První. München: LOCTITE Deutschland GmbH, 1988.
3. KOLAŘÍK, Ladislav. *Vyúkové materiály FS ČVUT - ústav strojírenské technologie: Presentace - Lepení*. Praha 6, 2016.
4. KOVAČIČ, Ľudomír. *Lepenie kovov a plastov*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1980. Edícia chemickej literatúry (Alfa).
5. LANGR, Marek. *Příprava povrchů kompozitů, kovů a termoplastů pro lepení*. Praha, 2019. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní. Vedoucí práce Doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE.

Seznam použitých symbolů a zkratek

A	=	hmotnostní číslo
ATLAS	=	detektor částic v CERNu
AVČR	=	Akademie věd České republiky
A_{132}	=	Hamakerova konstanta
CEC	=	hustota kohezivní energie
CERN	=	Evropská agentura pro jaderný výzkum
E_{COH}	=	kohezivní energie
F_{vdW}	=	Van der Waalsova síla
FS ČVUT	=	Fakulta strojní Českého učení technického v Praze
H_v	=	odpařovací teplo
ITk	=	vnitřní část detektoru
LHC	=	velký hadronový urychlovač v CERNu
MFF UK	=	Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy
PCB	=	deska s tištěnými obvody
R	=	poloměr částice
R_G	=	univerzální plynová konstanta
T	=	teplota
V_m	=	molární objem
X_0	=	radiační délka
Z	=	vzdálenost separace
Z_m	=	atomové číslo materiálu
ρ	=	hustota materiálu
δ	=	parametr rozpustnosti

Kontaktní údaje autora

Ing. Oskar Turek

Ústav konstruování a částí strojů Fakulta Strojní ČVUT v Praze

Technická 4, 166 07, Praha 6

+420 776 849 000

oskar.turek@fs.cvut.cz

MĚŘENÍ VLASTNOSTÍ VYBRANÝCH TYPŮ OLEJŮ PRO KUŽELOVÝ TŘECÍ VARIÁTOR

MEASUREMENT OF SELECTED TYPES OF OILS PROPERTIES FOR CONICAL FRICTION VARIATOR

Vít Řípa, Jakub Štětina, Karel Petr, Marek Štádler

Abstrakt

Ke zvýšení životnosti třecích variátorů se do kontaktního místa třecího soukolí přivádí trakční olej. Správnou volbou oleje dojde nejen ke zvýšení životnosti, ale má také vliv na přenášený výkon a celkovou účinnost třecího soukolí. Článek se zabývá několika běžnými typy olejů, které jsou testovány na speciálním standu. Ten se skládá z jednoduchého soukolí s hladkým povrchem, kde jedno kolo je kuželové pro možnost změny převodového poměru. Bylo vybráno několik typů olejů, dle jejich využití, tj. převodové, hydraulické, ložiskové a také oleje určené přímo pro variátory (CVT). Na základě naměřených výsledků bude vybrán nejvhodnější typ oleje a bude použit pro připravovaný návrh spojitě měnitelného planetového převodu. Mezi rozhodující faktory při výběru vhodného oleje patří opotřebení povrchu třecích kol a přenesitelný moment při stejném kontaktním napětí.

Klíčová slova: variátor, třecí soukolí, trakční oleje, opotřebení

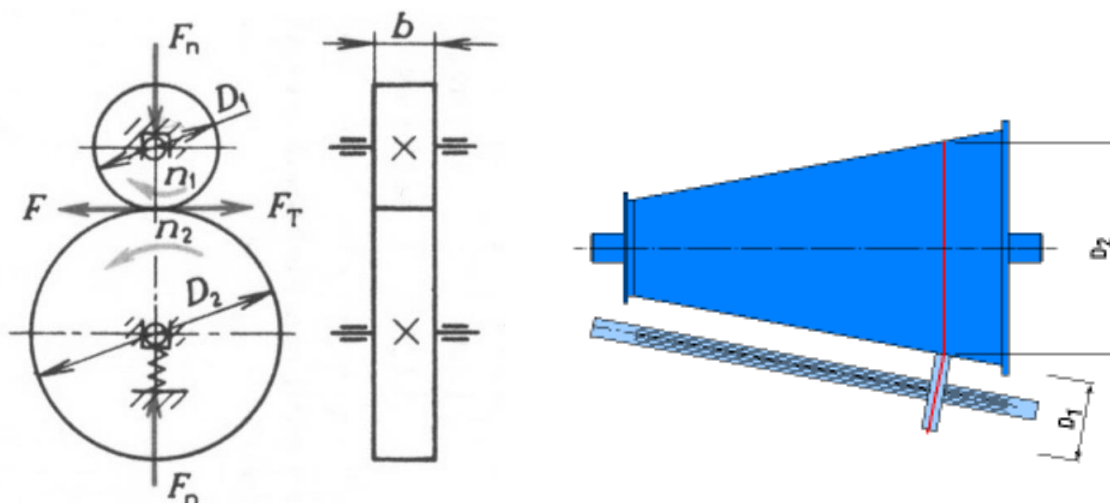
Abstract

To increase the service life of the friction variators, traction oil is fed to the contact point of the friction gear. The right choice of oil will not only increase the service life, but also affect the transmitted power and the overall efficiency of the friction gear. The article deals with several common types of oils that are tested on a special stand. It consists of a simple gear with a smooth surface, where one wheel is conical for the possibility of changing the gear ratio. Several types of oils were selected, according to their use, ie transmission, hydraulic, bearing and also oils intended directly for variators (CVT). Based on the measured results, the most suitable type of oil will be selected and will be used for the prepared design of a continuously variable planetary gear. Decisive factors in selecting a suitable oil include wear on the friction wheel surface and transferable torque at the same contact stress.

Key words: CVT, friction gears, traction oils, wear

Úvod

Frikční členy jsou použity v třecích převodech. Na obrázku je znázorněno jednoduché třecí soukolí s konstantním převodovým poměrem. V dnešní době se třecí soukolí uplatňují především v převodech typu variátor. U těch je možno převodový poměr spojitě (plynule) měnit. To je dosaženo obvykle tím, že odval kol probíhá na různém poloměru (jedno z kol je kuželové).



Obr. 1: Vlevo třecí soukolí s konstantním (vlevo) a plynule měnitelným (vpravo) převodem (Kříž, 1978) a (Transmission Technic, 2014)

Záběr spolu zabírajících kol (kinematicky a silově) je plně v působnosti třecích sil, které vznikají v důsledku zajištění dostatečné vzájemné přítláčné síly kol a existence skluzu v jejich stykové plošce (Obr. 1). Plochy kol jsou hladké a mohou mít válcový, či kuželový tvar (popř. čelní plocha talíře). Třecí převody přenášejí malé až střední výkony pro rovnoběžné, nebo různoběžné hřídele o malé osové, či kuželové vzdálenosti. Princip přítlaku kol a tím vzniklého tření pro přenos výkonu přináší řadu specifických kladů a záporů.

Mezi kladné přednosti lze uvést tichý chod, klidný a pružný rozběh a možnost pracovat ve vysokých otáčkách. Třecí převody dokážou dobře tlumit rázy a snižovat drobné výchylky v rozdílech proměnného zatížení (rázy jsou však vyrovnány skluzem). U válcových a kuželových kol je nižší náročnost na přesnost výroby a montáže. Životnost třecích ploch lze prodloužit použitím vyměnitelného třecího obložení, s tím ale náročnost na výrobu stoupá. Použitím kol s rozdílnými průměry jde dosáhnout i rozdílného převodového poměru, který může být plynule měnitelný – třecí variátory.

Potřeba poměrně značné vzájemné přítláčné síly kol (úměrné přenášené obvodové síle) patří k hlavním nedostatkům. To vede k vysokému namáhání hřídelů a ložisek. Další nevýhodou je vysoké kontaktní napětí ve stykové plošce kol, která limitují velikost přenesitelného výkonu a mají zásadní vliv na životnost převodu. Malá styková ploška vede k menším ztrátám, ale většímu napětí. Mezi nevýhodou také patří možnost úplného prokluzu kol, který při dlouhodobém prokluzu může vést až k vážnému poškození povrchu kol. Převodový poměr geometrický i_G je dán průměry zabírajících kol (Rov. 1), avšak kinematický převodový poměr i_K se od něj liší vlivem částečného skluzu kol (třecí plochy elasticky deformovány) (Švec, 1999).

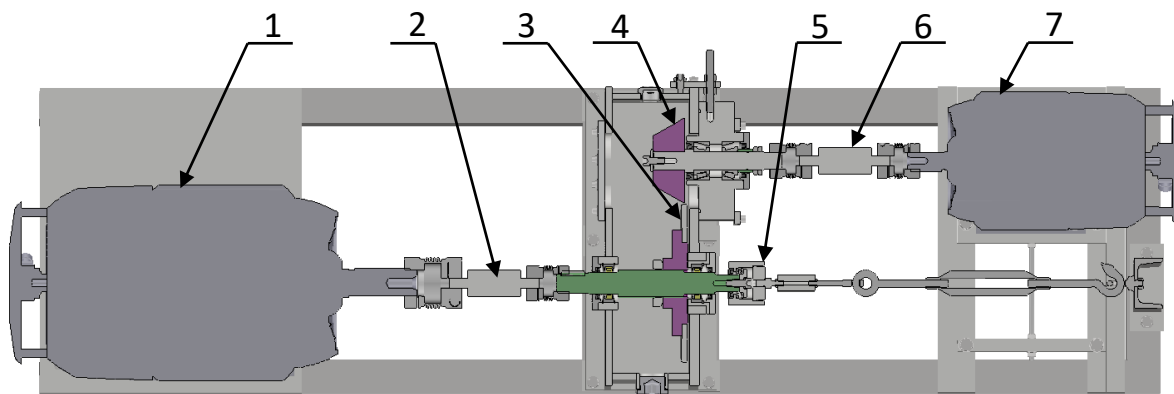
$$i_K = \frac{i_G}{1 - \xi} \quad (1)$$

Hodnota součinitele skluzu ξ je závislá především na materiálu kol a roste se zatížením.

1 Popis stávajícího standu

Pro testování přenositelného výkonu přes jednoduché soukolí byl navržen testovací stand. Ten se skládá ze vstupního hnacího elektromotoru (Siemens, 4 kW, 1 450 ot/min), a zátěžného brzdého elektromotoru (Siemens, 7,5 kW, 975 ot/min). Mezi nimi je umístěn testovaný variátor (třecí převodovka). Variátor je navržený tak, aby bylo možné měření provádět pro různé převodové poměry.

Změna převodového poměru je možná díky tomu, že vstupní kolo je kuželové. Kuželové kolo je v záběru (kontaktu) s výstupním diskem. Změnou polohy výstupního disku dojde k odvalování po jiném průměru kuželového kola a dojde ke změně převodu. Změnu převodu není možné realizovat za chodu stroje, jelikož je nutné změnit nejen axiální polohu disku, ale také osovou vzdálenost kol.



Obr. 2: Popis testovacího standu:
(vlastní)

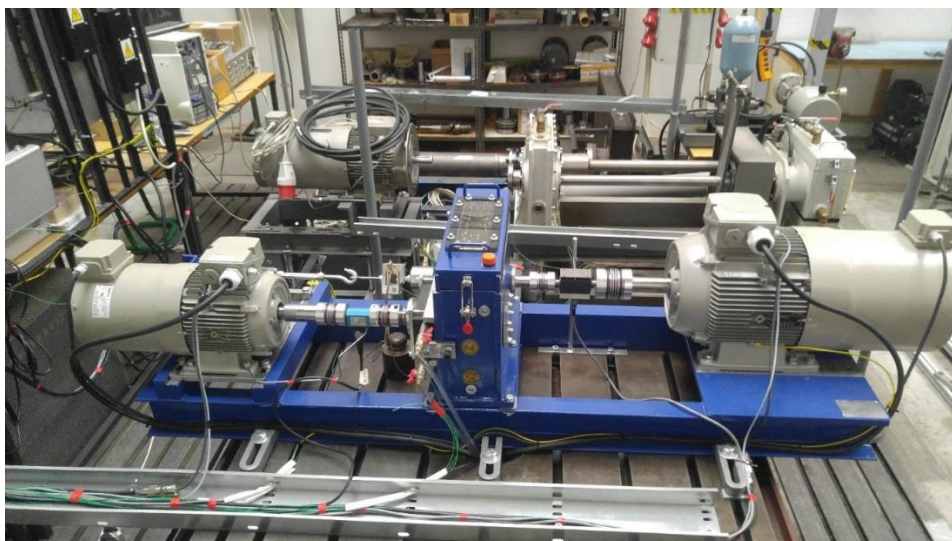
- 1 – Výstupní brzdňý elektromotor (zátěž)
- 2 – Výstupní senzor momentu a otáček
- 3 – Disk
- 4 – Kuželové kolo
- 5 – Domek axiálního ložiska s napínáním
- 6 – Vstupní senzor momentu a otáček
- 7 – Vstupní hnací elektromotor (vlastní tvorba, 2021)

Přítlak kol je vyvozen pomocí napínacího šroubu přes domek axiálního ložiska (Obr. 2 pozice 5). Mezi šroubem a domkem je umístěn tenzometr pro indikaci velikosti přítláčné síly.

Ke zkušebnímu standu je připojen počítač s programem LabVIEW. V něm byl vyvinut program pro řízení a testování různých provozních podmínek. Pomocí frekvenčních měničů, připojených k elektromotorům lze simulovat provoz při různých zatíženích a různých otáčkách. Vyhodnocení probíhá pomocí senzorů otáček a momentu na vstupní a výstupní hřídeli.

Lze například zjistit maximální přenositelný moment při konstantním přítlaku kol (kontaktním napětí) a otáčkách. To je realizováno postupným zvyšováním zátěže na brzdňém elektromotoru. Při prokluzu kolo, tj. když se výstupní otáčky liší od vstupních s přihlédnutím na nastavený převodový poměr, dojde k automatickému zaznamenání dosaženého maximálního momentu. Po dosažení maximálního momentu dojde k odstavení brzdňého momentu, kola přestanou prokluzovat a otáčky se vyrovnají pro daný převodový poměr. Tím je zamezeno, že kola budou vystavena dlouhodobému prokluzu a nedojde k poškození povrchu zabírajících kol.

Dalším podprogramem je testování životnosti povrchu zabírajících kol pro konstantní provozní podmínky. Kola jsou k sobě přitlačena konstantní axiální silou, je nastaven nejvyšší možný brzdňý moment, než dojde k prokluzu kol (zjištěný z předchozích měření) a vstupní otáčky jsou nastaveny na 1 500 ot/min. Test se nechá běžet po delší dobu, v řádu několik dní a poté se vyhodnocuje poškození povrchu kol. V průběhu testu se kontrolují teploty oleje, skříně a domku. Při překročení teplot od nastavených limitů, při prokluzu, či nárůstu momentu dojde k automatickému zastavení programu.



Obr. 3: Testovací stand třecího soukolí (vlastní)

Testovací stand (Obr. 3) slouží k ověření analyticky vypočtených momentů, které je soukolí schopno přenést. Již při výpočtech bylo zjištěno, že na přesnost výpočtu má vliv několik důležitých parametrů. Mimo geometrie soukolí (průměry kol, zaoblení) je to vliv drsnosti povrchu (mikro a makro struktura), materiál kol, povrchová vrstva a typ použitého maziva. Právě výběr vhodného typu maziva byl předmětem prvního měření.

2 Měření vlastní olejů

Použití maziva v třecím soukolí napomáhá ke zvýšení životnosti třecích kol. Při správném výběru použitého maziva je variátor schopen přenést vysoké výkony a zároveň dokážeme dosáhnout toho, že se třecí kola nebudou dotýkat přímo, ale třecí síla v soukolí se bude přenášet přes vrstvičku oleje a tím nebude docházet k opotřebení kol způsobené prokluzem soukolí.

2.1 Výběr vhodných olejů pro měření

Pro první sérii měření jsme zvolili několik druhů olejů, a to od vysoce viskózního převodového oleje, od kterého očekávali dobrý přenos výkonu nízké opotřebení ale vysoké ztráty broděním, přes hydraulické oleje, nízkoviskózní ložiskové oleje až po olej vyvinutý přímo pro variátorové převodovky.

Tabulka 1: Charakteristické parametry olejů (vlastní)

Typ oleje	Kinematická viskozita při 100 °C [mm ² /s]	Viskozitní index [-]	Bod vzplanutí [°C]	Bod tekutosti [°C]
Olej převodový Mogul Trans 85W-140H	24,3	95	200	-18
Olej hydraulický Paramo HM 10	10,06	-	150	-42
Olej pro variátory Ravenol CVT Fluid	-	-	-	-45
Olej ložiskový Paramo OL-J3	4,33	-	116	-24
Olej ložiskový Paramo OL-J22	20,23	-	200	-27
Olej pro Haldex spojky Ravenol AWD-H	5,4	166	1 952	-63
Dle normy	ČSN EN ISO 3104	ČSN 65 6218	ČSN EN ISO 2592	ČSN ISO 3016

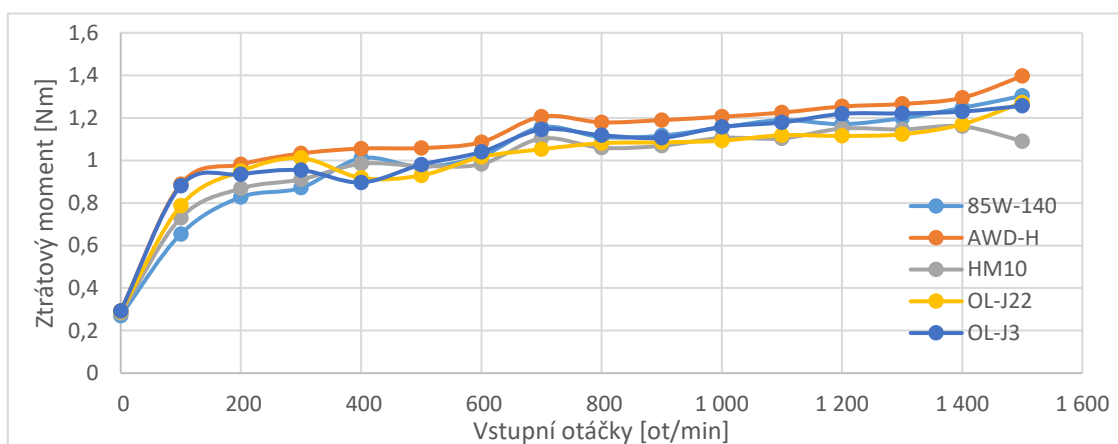
2.2 Měření součinitele tření a ztát ve variátoru

Ke zjištění maximálního součinitele tření jsme provedli pro každý olej několik měření při různých vstupních otáčkách. Všechna měření jsme prováděli při konstantní axiální síle tzn. při konstantním kontaktním tlaku. Pro použitou axiální sílu 1 000 N vychází Hertzův kontaktní tlak 1 202 MPa.

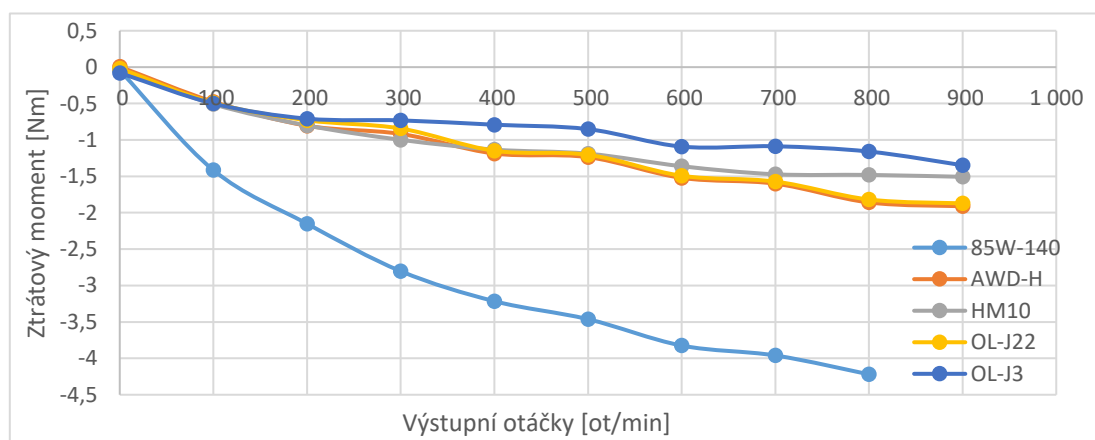
Průběh měření součinitele tření byl takový, že jsme nastavili axiální sílu na 1 000 N a otáčky vstupní hřídele 300 ot/ min, poté jsme zvyšovali zátěžný moment až do chvíle, kdy došlo k prokluzu kol. Maximální moment při prokluzu a ostatní parametry byli zaznamenány do programu. Tento postup jsme opakovali dále pro otáčky 600, 900, 1 200 a 1 500 ot/min a pro všechny oleje.

Výsledný součinitel tření jsme pak určili z velikosti výstupního krouticího momentu. Při měření je ale krouticí moment na výstupním čidle ovlivněn ještě ztrátami broděním talířového kola a ztrátami v ložiscích a těsněních. Pro správné určení velikosti součinitele tření jsme tak ještě naměřili ztráty na vstupním a výstupním hřídeli.

Abychom mohli ztráty na vstupu a výstupu při měření od sebe oddělit, tak jsme ztráty měřili při rozpojeném variátoru. To je stav kdy vstupní třecí kužel není v kontaktu s třecím talířem. Při měření ztrát jsme postupně zvyšovali otáčky na vstupním hřídeli a zaznamenávali krouticí moment. To samé jsme opakovali pro výstupní hřídel. Při tomto měření nejsou ložiska zatížena radiálními ani axiálními silami, které vzniknou z kontaktu kol, a tak ve ztrátách nejsou zohledněny. Výsledek měření ztrát je vyneseno na grafu (1) a (2).

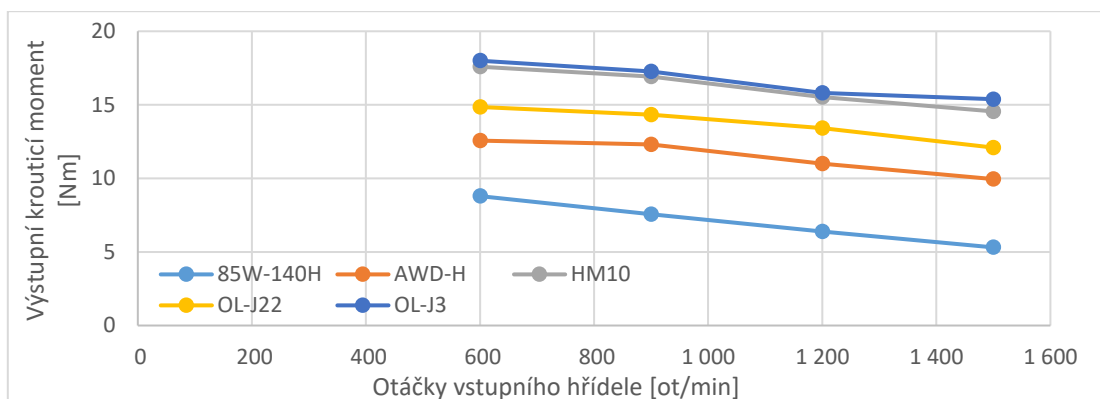


Graf 1: Ztráty na vstupním hřídeli (vlastní)

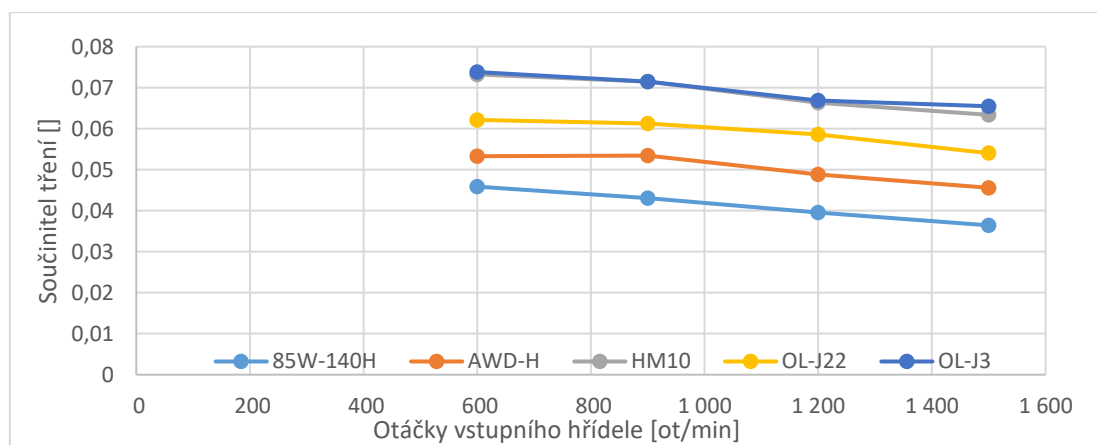


Graf 2: Ztráty na výstupním hřídeli (vlastní).

Když nyní známe ztráty na výstupu je už možné spočítat součinitel tření v soukolí. Ten lze spočítat ze změřeného kroutícího momentu na výstupním hřídeli. Tento kroutící moment je od přeneseného momentu na třecí talířové kolo ponížen právě o ztráty na výstupním hřídeli, a tak je k naměřenému momentu potřeba ztrátový moment na výstupu přičíst. Na výsledném grafu (3) je vynesena maximální přenositelný moment testovacím standem (průměr ze třech po sobě jdoucích měření) a na grafu (4) maximální součinitel tření. K maximálnímu přenositelnému momentu není připočten ztrátový moment a jedná se tak o skutečnou velikost kroutícího momentu odečteného z momentového čidla.



Graf 3: Maximální výstupní moment standu (vlastní)



Graf 4: Maximální součinitel tření (vlastní)

Olej Ravenol CVT Fluid jsme v době měření ztrát a součinitele tření ještě neměli k dispozici, ale při pokusném měření součinitele tření jsme při měření nedokázali způsobit prokluz ani při maximálním zatížení měřicího čidla na výstupním hřídeli, které činí 20 Nm.

2.3 Měření opotřebení kontaktních ploch

Měření opotřebení kontaktních ploch slouží jako jeden ze směrodatných parametrů při výběru vhodného typu oleje. Ten bude dále použit v připravovaném planetovém třecím variátoru. Testování probíhalo při provozních podmínkách odpovídajících maximálnímu dosažitelnému zátěžnému momentu. Na rozdíl od předešlých kratších měření, zde se nechal testovací stand běžet po dobu několika dní.

Aby byly podmínky pro různé oleje stejné, zvolili jsme konstantní hodnotu dotykového napětí zabírajících kol 1400 MPa. Pro každé měření vznikla nová opotřebená dráha na vstupním kuželovém kole. Jelikož je vstupní kolo kuželové a každé nové měření probíhá na jiném průměru na kuželu (jiný převod), bylo nutné přepočítat také hodnotu kontaktního napětí pro jednotlivé dráhy (převody). Ve vztahu pro výpočet kontaktního napětí hraje velkou roli geometrie obou kol, tj. jejich průměry.

Výsledkem přepočtu bylo, že se měnila hodnota axiální síly, která byla indikována tenzometrem. Pro každou dráhu tedy bylo dosaženo stejného kontaktního napětí.

Po každém měření proběhlo přestavení standu. To spočívalo v posunutí výstupního disku po hřídeli a změnou osové vzdálenosti posunutím ložiskového domku vstupní hřídele a také celého hnacího elektromotoru. Pro každé měření jsme zvolili novou neopotřebenou dráhu na kuželovém kole. Poté došlo k odčerpání původního oleje a doplnění dalšího testovaného oleje. Všechny oleje jsme testovali při stejném objemu v převodové skříní.

V průběhu dlouhodobého měření bylo možné program kontrolovat pomocí vzdálené plochy. Pomocí programu bylo hlídáno nejen překročení teplot nad zvolené meze, ale také prokluz kol, což by mělo za následek náhlé opotřebením kontaktních ploch. K měřicí stanici byla také připojena webkamera s mikrofonom pro průběžnou kontrolu skrze vzdálenou plochu.

Byla snaha o přibližně stejnou dobu měření pro všechny měřené typy olejů. Z počátku docházelo po přibližně 30 hodinách k samovolnému vypnutí programu. To bylo způsobeno naplněním paměti jednoho z counterů otáček, což bylo napraveno dodatečnou úpravou programu pro resetování counterů.



Obr. 4: Opotřebením kuželového třecího kola (vlastní)

Tabulka 2: Vyhodnocení testování různých typů olejů (vlastní)

Dráha číslo	Olej	Převod [-]	Doba měření		Počáteční axiální síla [N]	Kontaktní tlak [MPa]
			[s]	[hod]		
1	Olej pro variátory Ravenol CVT Fluid	2,55	701 921	195	1 500	1 400
2	Olej ložiskový Paramo OL-J3	2,36	381 000	106	1 560	1 400
3	Měření skluzů	2,28	-	-	-	-
4	Olej převodový Mogul Trans 85W-140H	2,18	458 290	127	1 630	1 400
5	Olej hydraulický Paramo HM 10	2,11	430 380	119,5	1 650	1 400
6	Olej pro Haldex spojky Ravenol AWD-H	2,04	599 532	166,5	1 690	1 400

Po provedení dlouhodobých testů pro všechny vytypované oleje byl pořízen snímek s opotřebenými povrchy (Obr. 4). Jednotlivé dráhy jsou očíslovány a v tabulce 3 jsou přiřazeny jednotlivé typy olejů. Jsou popsány jednotlivé doby měření a informativně také nastavená axiální síla (přítlak kol) a odpovídající převod soukolí.

Výsledné zvolení vhodného oleje včetně stručného komentáře k opotřebením ploch bude popsáno v závěru tohoto příspěvku.

Závěr

Veškeré měření na testovacím standu sloužilo k predikci chování připravovaného planetového variátoru. Hlavním cílem však bylo zjistit, který olej bude nejvhodnější pro budoucí použití. Hlavními kritérii při výběru oleje bylo posouzení stupně opotřebením kontaktní plochy (opotřebené dráhy) na kuželovém kole a dosaženým koeficientem tření.

Vyhodnocení opotřebením kontaktní plochy probíhalo porovnáním jednotlivých opotřebených drah pro jednotlivé oleje (Obr. 4). Nejčastější příčinou opotřebením byl tzv. pitting, který lze pozorovat také u povrchů ozubených kol. Jedná se o vytrhávání částic z povrchu kol pod působením vysokého kontaktního tlaku skrze mazací vrstvu oleje. Výsledkem je vytváření malých důlků, či kráterů na povrchu kuželového kola. Dále lze vidět, že jednotlivé dráhy nejsou abrazivně opotřebením („obroušeny“), takže lze konstatovat, že nedocházelo k úplnému prokluzu kol, což by mimo jiné způsobilo ukončení měření vlivem prokluzu.

Jak bylo popsáno, pro všechna měření byl kontaktní tlak stejný, avšak stupeň opotřebením je pro různé typy rozdílný. Z měření můžeme konstatovat, že čím je olej viskóznější, je opotřebením povrchů menší, ale dochází k výrazně nižšímu koeficientu tření a je možné přenášet pouze menší výkony skrze variátor.

Nakonec byl zvolen jako nejvhodnější olej typ Ravenol CVT Fluid. Na obrázku opotřebením drah (Obr. 4) se jeví tato dráha jako opotřebením, je však nutno vzít v potaz, že měření probíhalo po nejdelší dobu. Dále při detailnějším pohledu na skutečný opotřebením povrch, není opotřebením tak výrazné. Největší přínos však má tento typ oleje v dosaženém koeficientu tření. Ten byl výrazně vyšší než u ostatních vzorků. Jeho velikost nebylo možné přesně určit, jelikož nedošlo k prokluzu kol ani při dosažení maxima momentu měřícího čidla. Lze tedy brát v potaz, že pro zvolený olej Ravenol CVT Fluid můžeme nastavit menší kontaktní napětí, při čemž nebude docházet k takovému opotřebením povrchu kol při stejném přenášeném výkonu. Alternativou k tomuto oleji je ložiskový olej Paramo J3, který má výrazně menší stupeň opotřebením a součinitel tření je z měřením olejů nejvyšší.

U připravovaného planetového variátoru je předepsána tvrdost povrchů kol 62 až 64 HRC. Ta je mnohem vyšší než u testovaného standu, kde byla předepsána tvrdost 45 HRC. Díky tomu by nemělo docházet k tak výraznému opotřebením povrchů.

Tato práce byla podpořena grantem TH03010053 – Planetový spojitě měnitelný převod (<https://starfos.tacr.cz/cs/project/TH03010053>)

Prameny

1. KŘÍŽ, R., 1978. Stavba a provoz strojů II: Převody. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.
2. ŠVEC, V., 1999. Části a mechanismy strojů: Mechanické převody. Praha: Vydavatelství ČVUT. 174 s, 80-01-01934-9
3. Transmission Technic, 2014 [online], Automatické převodovky. [cit. 2021-09-20]. Dostupné z: <http://www.transmission-technic.cz/variator.html>

Kontaktní údaje autorů

Ing. Vít Řípa

Ústav konstruování a částí strojů, FS ČVUT

Technická 4, 160 00 Praha 6

+420 721 017 200

vit.ripa@fs.cvut.cz

Ing. Jakub Štětina

Ústav konstruování a částí strojů, FS ČVUT

Technická 4, 160 00 Praha 6

+420 723 255 531

jakub.stetina@fs.cvut.cz

SIMULAČNÍ STUDIE VYUŽITÍ MANIPULAČNÍ TECHNIKY

SIMULATION STUDY OF THE UTILIZATION OF HANDLING EQUIPMENT

Zdeněk Kadlec, Pavel Scholz, Václav Michalec

Abstrakt

Nacházíme se v ještě více komplikované, nejisté a turbulentní době než kdy dříve a o to větší je tedy třeba klást důraz na schopnost dokázat se flexibilně přizpůsobovat měnícím se podmínkám. V této souvislosti se příspěvek zaměřuje na představení počítačové simulace jako důležitého nástroje, který nám umožňuje rychle a bez zásahu do reálného provozu ověřovat různé varianty nastavení parametrů podnikových procesů v závislosti na potřebách podniku a působících okolních vlivech. Potenciál a přínosy počítačové simulace jsou demonstrovány na případové studii z průmyslové praxe, která analyzuje využití manipulačních prostředků ve vnitropodnikové přepravě pro různé scénáře nastavení parametrů výrobního procesu.

Klíčová slova: simulace, flexsim, zásobování materiálem, manipulační technika, vysokozdvizný vozík

Abstract

We are in even more complicated, uncertain, and turbulent times than ever before, which makes it all the more important to be able to adapt flexibly to changing conditions. In this context, the paper focuses on the introduction of computer simulation as a valuable tool that allows us to quickly and without interfering with the real operation to verify different options for setting the parameters of business processes depending on the needs of the enterprise and the environmental influences acting. The potential and benefits of computer simulation are demonstrated by a case study from industrial practice, which analyses the use of handling equipment in inter-company transport for different scenarios of setting the parameters of the production process.

Key words: simulation, flexsim, material supply, handling equipment, forklift

Úvod

V současnosti se nacházíme v ještě více komplikované, nejisté a turbulentní době, než bychom si kdy v posledních letech dokázali představit. Zatímco nedávno se podniky musely primárně vyrovnávat „pouze“ s rostoucí intenzitou konkurence (v kvalitě, spolehlivosti, nákladovosti nebo např. v širší sortimentu), všudypřítomnou globalizací nebo nastupující 4. průmyslovou revolucí, v dnešní době se k těmto vlivům přidala celosvětová pandemie covid-19 nebo nedostatek surovin, materiálu či dílů. O to více než kdykoliv předtím je tedy v dnešní době důležité klást důraz na schopnost dokázat se flexibilně přizpůsobovat těmto vlivům s cílem udržet či posílit efektivitu celého výrobního procesu či jeho jednotlivých částí.

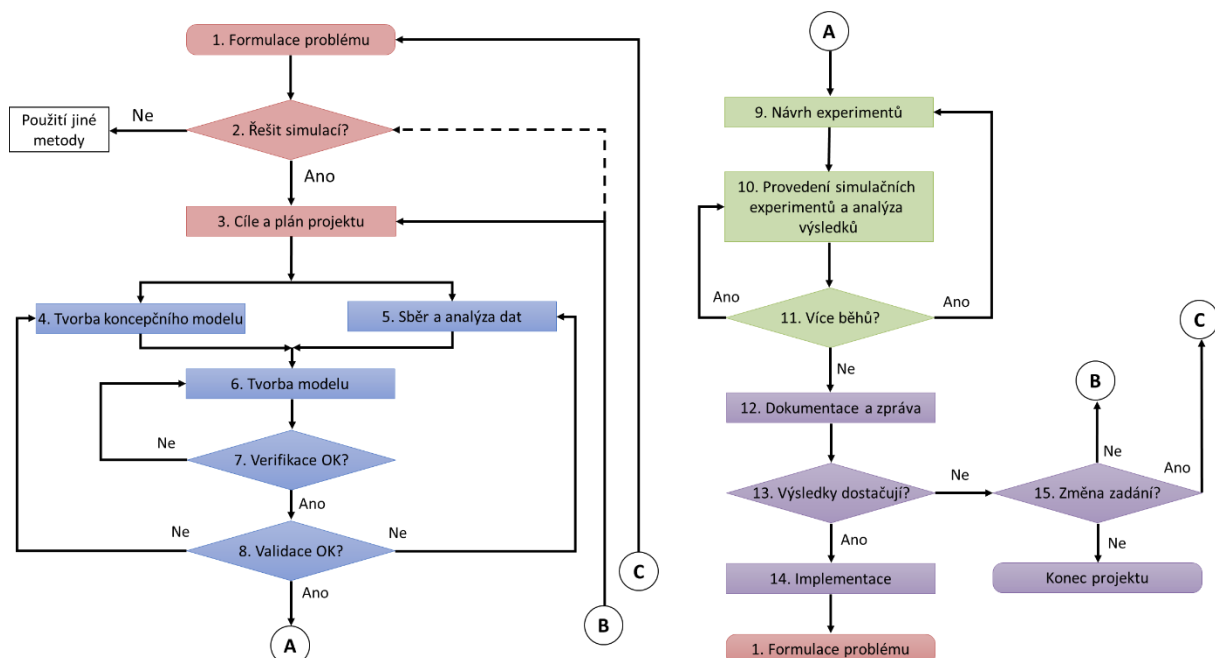
Právě zde nám významně pomáhá počítačová simulace, díky níž je možné vytvořit virtuální obraz výrobního procesu a na něm ověřovat různé varianty nastavení parametrů (např. strategie výroby, počet využívaných zdrojů, velikost výrobní dávky atp.) v závislosti na potřebách podniku (např. snaha zvýšit efektivitu, snížit náklady) a působících vlivech (např. nedostatek pracovníků, měnící se poptávka, nedostatek dílů atp.). Vše relativně rychle, aniž by bylo nutné kvůli ověření každé varianty provádět zásahy do reálného provozu. Pro podnik nejvýhodnější variantu je pak možné implementovat až tehdy, pokud existuje jistota, že je opravdu nejvýhodnější.

V této souvislosti si zde předkládaný příspěvek klade za cíl představení případové studie z průmyslové praxe, která s pomocí počítačové simulace analyzuje efektivní využití manipulační techniky v závislosti na různých variantách (scénářích) lišících se realizovaným objemem výroby a počtem využívaných kusů manipulační techniky. Cílem této studie bylo primárně analyzovat využití manipulační techniky a ověřit, zda je možné snížit její počet o 1 až 2 kusy při objemu výroby před a po pandemií, aniž by došlo k překročení kapacity zbývající techniky, respektive k nesplnění části požadavků na přepravu. V návaznosti na analýzu plynou pro podnik vhodná doporučení. Studie je v určitém ohledu specifická, protože využívá jednak volně dostupnou, avšak funkčně omezenou verzi simulačního nástroje FlexSim, a jednak využívá data ze systému k nepřetržitému online sledování manipulační techniky.

Studie byla řešena v závodě na výrobu složitějších návěsů pro tahače a přívěsů a užitkových nástaveb pro nákladní automobily. V závodě se vyrábí řádově stovky těchto vozidel, respektive nástaveb ročně. Výroba probíhá na ploše cca 6 ha (bez odstavných ploch) a zajišťuje ji 350-400 pracovníků. Při manipulaci se využívá konkrétně 5 čelních vysokozdvíhových vozíků (VZV), 1 boční manipulátor a 2 „trucky“ značky Volvo, které mají širší uplatnění v podnikové logistice. Zmíněná manipulační technika je pak osazena snímači pohybu, rychlosti, volnoběhu a část techniky rovněž snímačem hmotnosti transportovaného nákladu.

1 Využití metody a nástroje

Řešení předkládané simulační studie respektovalo obecně uznávanou strukturu, respektive proces řešení tohoto typu studie, se kterým se můžeme s různými drobnými modifikacemi setkat v klíčových zdrojích zaměřených na tuto problematiku (Bangsow, 2015; Banks, 2001; Law, 2015; Manlig, 2014). Tento proces se skládá ze 4 hlavních fází, kterými jsou vymezení projektu (1), tvorba a testování modelu (2), realizace experimentů (3), vyhodnocení a uzavření projektu (4). Detailní schéma celého procesu, včetně rozpadu jednotlivých fází (odlišeny barevně) na dílčí činnosti je k dispozici na Obr. 1.



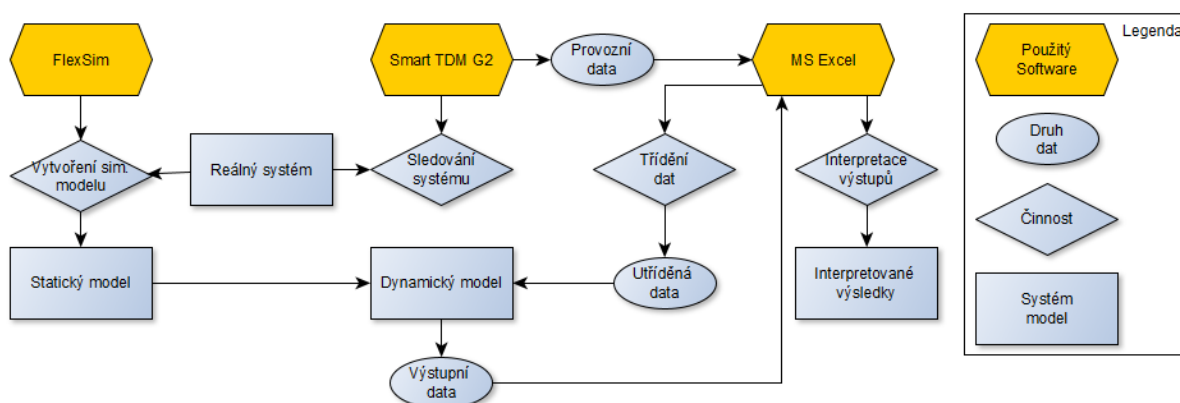
Obr. 1: Schéma realizace simulační studie (Scholz, 2017)

V rámci řešení simulační studie byly využívány 3 typy nástrojů. Pro sběr dat a jejich částečnou analýzu byl v rámci studie využit software Smart TDM G2 (verze klienta 3100 z 2/2020), který slouží k nepřetržitému online sledování manipulační techniky v podniku, identifikaci obsluhy, hodnocení

efektivitu využití, případně sledování stavu akumulátorů (GX SOLUTIONS BOHEMIA, 2020). Provozní data z programu SMART TDM G2 jsou pak exportována a primárně zpracovávána s ohledem na rozšířenost, dostupnost a jednoduchost v prostředí MS Excel, kde jsou důležitým prvkem kontingenční tabulky a další funkce. MS Excel slouží rovněž pro interpretaci výstupů ze simulačního modelu.

Simulační model byl vytvořen v současnosti velmi populárním simulačním nástroji FlexSim od americké společnosti FlexSim Software Products, Inc. Využita byla verze Express 2020 Update 1, která je běžně dostupná, ale omezená max. počtem využitelných objektů a dostupnými funkcemi (chybí např. nástroj pro optimalizaci). S pomocí nástroje FlexSim je možné snáze vytvářet digitální modely podnikových procesů a systémů a následně provádět jejich simulaci a optimalizaci. Tento typ simulačních nástrojů obecně pomáhá při provádění rozsáhlých analýz (vytížení pracovišť, využití dopravních kapacit, ...), kapacitním plánování podnikových zdrojů, identifikaci a odstraňování úzkých míst, projektování inovačních změn, navrhování nových systémů nebo např. při ověřování scénářů „co se stane, když“, ... (Bangsow, 2015; Banks, 2001; Law, 2015; Manlig, 2014) Nástroj FlexSim byl vybrán zejména s ohledem na všestrannost a jednoduchost použití (součástí je např. modul pro tvorbu logiky fungování procesů, což snižuje potřebu programování), realistické 3D grafické prostředí a přívětivé uživatelské prostředí. Vzhledem k současné složitosti podnikových systémů a procesů a nestabilitě podnikatelského prostředí tak přináší FlexSim do rozhodování pro dnešní dobu nezbytnou pružnost a rychlost. (FLEXSIM SOFTWARE PRODUCTS, 2021; Scholz, 2019)

Základní strukturu propojení jednotlivých nástrojů, respektive i detailnější strukturu průběhu fáze tvorby modelu, je pak možné vidět na Obr. 2.



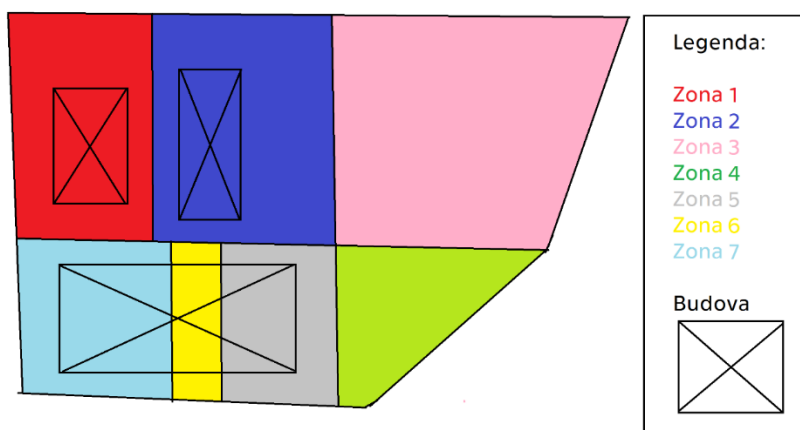
Obr. 2: Účel využití jednotlivých SW (vlastní)

2 Digitální simulační model

Jednotlivé kroky řešení fáze tvorby a testování modelu odpovídaly rámcově schématu uvedenému na Obr. 1, respektive na Obr. 2 s tím, že některé činnosti probíhaly paralelně. V příspěvku je tato fáze rozdělena na 4 skupiny činností, které jsou popsány v následujících samostatných podkapitolách.

2.1 Vstupní data

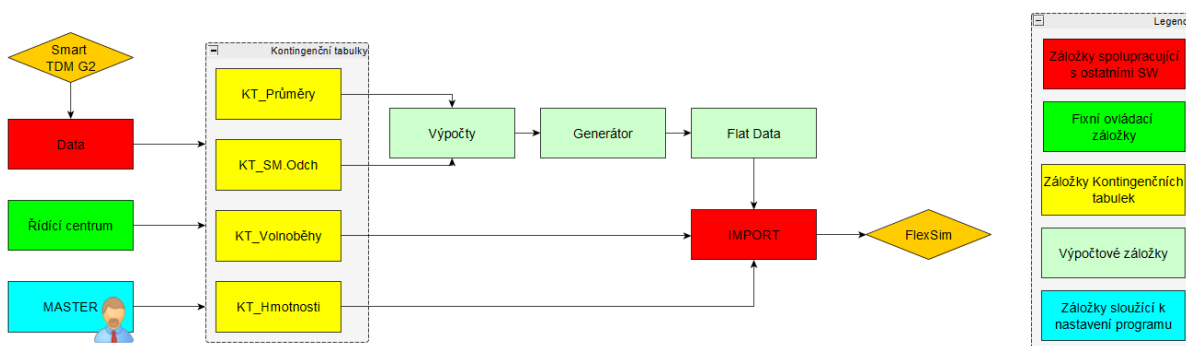
Pro vytvoření simulačního modelu a provedení simulace bylo samozřejmě nutné zajistit vstupní data v programu Smart TDM G2 a následně je vyexportovat do MS Excel. K tomu, aby bylo možné efektivně uchopit jak tvorbu modelu, tak samotnou práci s daty v MS Excel, bylo však ještě nutné jednak rozdělit prostor podniku na jednotlivé zóny a jednak rozdělit manipulační techniku do skupin podle podstaty nákladu. Po konzultaci s podnikem bylo stanoveno rozčlenění na 7 zón (Obr. 3).



Obr. 3: Rozdělení podniku na zóny (vlastní)

Barva a rozložení zón na tomto plánu zároveň koresponduje s jejich barvou a označením v simulačním modelu (viz Obr. 7 a 9). Mezi těmito zónami je následně sledován pohyb manipulační techniky, konkrétně pak číslo techniky vykonávající činnost, datum pohybu, startovní zóna, cílová zóna, doba jízdy a stav vozíčku při úkonu (pohyb, práce, volnoběh, vypnutý). Manipulační technika byla podle podstaty přepravovaného nákladu rozdělena do dvou skupin, na skupinu VZV s 5 vysokozdviznými vozíky a 1 bočním manipulátorem a na skupinu Volvo se 2 Volvo „trucky“. Pro potřeby simulační studie pak byla uvažována pouze ranní směna probíhající od 6:00 do 14:30.

Následně bylo možné přistoupit ke konsolidaci vyexportovaných dat. V MS Excel bylo vytvořeno prostředí využívající kontingenčních tabulek a jejich parametrizace (nastavení časového úseku, dnů v týdnu, procentuálního předpokladu změny výroby) pro potřeby generování vstupních dat pro simulační model a jeho běh. Kompletní struktura vytvořeného prostředí je vidět na Obr. 4. Funkce (obsah) jednotlivých listů v MS Excel je stručně vysvětlena dále.



Obr. 4: Struktura modulu v MS Excel se vstupními daty (vlastní)

Na záložce **Data** se nacházejí veškerá surová data importovaná ze SW Smart TDM G2. Dochází zde k odfiltrování a utřídění dat. Záložka **Řídící centrum** slouží pro fixní nastavení filtrů pro více kontingenčních tabulek najednou. Záložka **MASTER** se využívá k nastavení dat, ze kterých jsou čerpány hodnoty ke zpracování, a případně procentuální změny množství požadavků.

Sekce **Kontingenční tabulky** zobrazuje data, která slouží jako zdroj k výpočtům statistických veličin v dalších krocích. Veškeré filtry jsou řízeny globálně na ostatních listech, není zde tedy potřeba nic měnit. Ukázková kontingenční tabulka je zobrazena na Obr. 5. V řádcích se nachází příslušné cílové zóny, ve sloupcích potom zóny odkud požadavek vychází, hodnoty v příslušných buňkách pak vyjadřují sumu požadavků mezi výchozí a cílovou zónou za definované období.

Počet z Místo do	Popisky sloupců						
Popisky řádků	ZK_Zona1	ZK_Zona2	ZK_Zona3	ZK_Zona4	ZK_Zona5	ZK_Zona6	ZK_Zona7
ZK_Zona1	1662	173	11	49	179	34	355
ZK_Zona2	156	1965	92	140	191	102	151
ZK_Zona3	10	58	248	99	18	13	15
ZK_Zona4	68	174	90	3288	1154	67	173
ZK_Zona5	221	197	17	747	2932	62	195
ZK_Zona6	60	59	4	83	124	200	49
ZK_Zona7	254	222	9	73	187	67	1715
Celkový součet	2431	2848	471	4479	4785	545	2653

Obr. 5: Kontingenční tabulka pro naložené VZV (vlastní)

Záložka **Výpočty** je využívána k přepočtu hodnot z kontingenčních tabulek na statistické veličiny na jeden den. Hodnoty z předchozích kroků jsou zde přepočteny na jeden simulační běh (obdobná struktura jako na Obr. 6). Záložka **Generátor** na základě statistických veličin ze záložky Výpočty generuje pseudonáhodné hodnoty požadavků pro jednotlivé skupiny transportérů a hmotnosti, které převážejí transportéry skupiny VZV. Ukázka jedné takto vygenerované tabulky dat je na Obr. 6. Záložka **FlatData** pak slouží ke konsolidaci dat ze záložky Generátor. Ze záložky **Import** jsou pak data importována do tabulek v SW FlexSim.

VZV naloží	ZK_Zona1	ZK_Zona2	ZK_Zona3	ZK_Zona4	ZK_Zona5	ZK_Zona6	ZK_Zona7
ZK_Zona1	98	11	0	3	3	1	17
ZK_Zona2	4	135	4	4	0	4	5
ZK_Zona3	1	1	21	5	1	1	1
ZK_Zona4	1	8	2	7	44	1	10
ZK_Zona5	2	3	0	15	85	2	7
ZK_Zona6	1	4	0	3	4	1	1
ZK_Zona7	13	13	0	5	5	5	40

Obr. 6: Ukázka vygenerovaných dat ze záložky Generátor (vlastní)

2.2 3D simulační model

Modelování v simulačním prostředí FlexSim se z podstaty softwaru člení na dvě části: tvorba 3D modelu a definování procesních toků v modelu (2D procesní model určující logiku fungování procesů). Obě části probíhaly v případě tohoto projektu opět paralelně a kontinuálně, a pro větší přehlednost jsou popsány odděleně (Kap. 2.2 a Kap. 2.3).

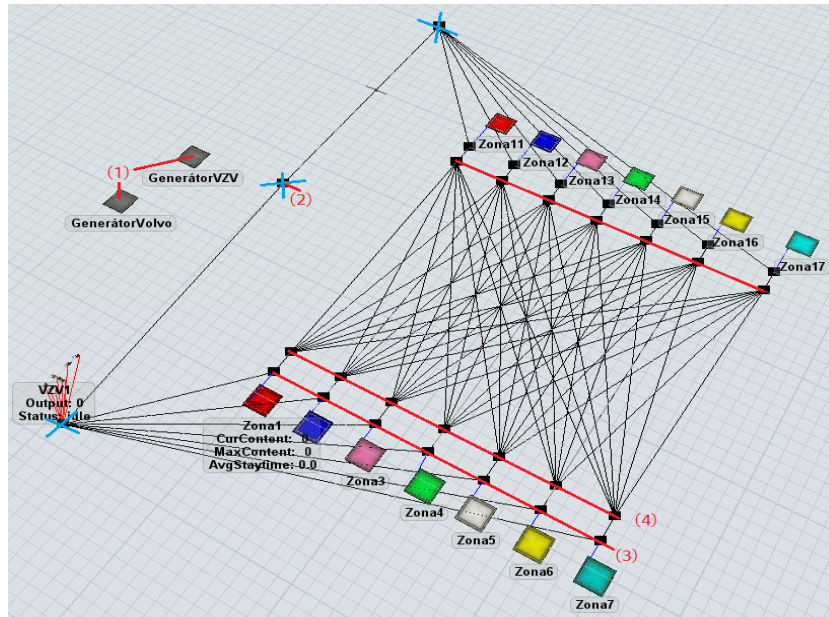
V tomto kroku byl vytvořen 3D model z objektů z knihovny programu a jednotlivé objekty byly postupně navzájem podle potřeby propojeny a parametrizovány ke správnému fungování. Na Obr. 7 je pro představu pohled na předfinální verzi 3D modelu (bez úprav pro finální prezentaci a využití).

Nastavení 3D objektů

V první řadě došlo k nastavení objektů, které reprezentují požadavky na přepravu v systému (v reálném provozu palety, materiál, polotovary atp.). Pro každý takový objekt (v terminologii FlexSim tzv. item), byly definovány základní vlastnosti (startovní/cílová zóna přepravy, typ transportního prostředku, hmotnost) díky kterým je možné kompletně řídit jejich pohyb systémem. Pro lepší přehlednost a kontrolu byl rovněž nastaven odlišný 3D vzhled těchto objektů pro VZV a pro Volvo.

Nastavení generátorů

Po definování požadavků na přepravu byly vloženy do modelu 2 pomocné objekty (na Obr. 7 oblast (1) – GeneratorVZV, GeneratorVolvo), kde dochází ke generování požadavků (objektů) na přepravu. Tyto 2 pomocné objekty jsou využívány pouze v rámci logiky řízení modelu – požadavky z těchto pozic jsou v nulovém čase přesouvány do startovních zón (na Obr. 7 oblast (3) – Zona1-7), odkud teprve začíná jejich reálná přeprava s využitím techniky.



Obr. 7: První verze 3D modelu v SW Flexsim (vlastní)

Nastavení Zón

Dále bylo do objektu vloženo 14 objektů Queue sloužících jako počáteční a cílové destinace požadavků na přepravu. Dvojice těchto objektů stejné barvy a počátečního čísla označení vždy odpovídá korespondující zóně dle Obr. 3. Jednociferně označené zóny (tj. Zona1 – Zona7) jsou místa, kde má být požadavek na transport naložen, zatímco dvouciferně označené zóny (tzn. Zona11 – Zona17) jsou cílové zóny, kde má být náklad vyložen. Vstupní zóny mají nastavenou funkci, která pro přehlednější nastavení nastaví každému požadavku stejnou barvu, jakou má daná zóna.

Nastavení transportérů a přepravní sítě

Po vytvoření zón došlo k jejich propojení do přepravní sítě a k nastavení pravidel pro pohyb manipulační techniky v systému. Bylo třeba pro všechny cesty v přepravním prostoru mezi úsečkami (4) a (5) na Obr. 7 nastavit přepravní vzdálenosti (import z MS Excel) a např. nastavit nulové vzdálenosti mimo tento přepravní prostor nacházející se mezi (4) a (5). Následně byly do modelu (startovní pozice (2)) přidány manipulační prostředky rozdělené na skupiny Transporters (VZV1 – VZV6) a Volvo (Volvo1, Volvo2).

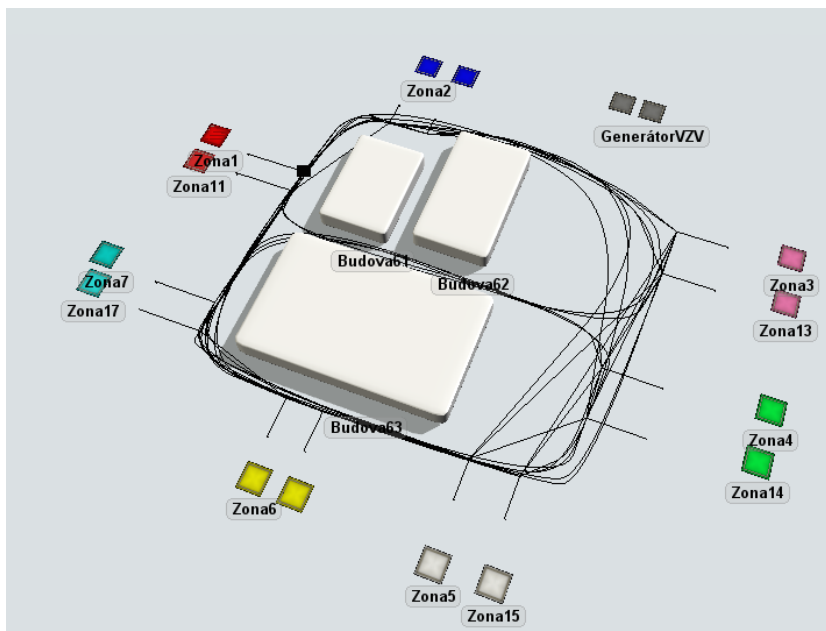
Po tomto nastavení ovšem vyvstal problém, že vozíky mají naprogramováno vyhledávání co nejkratší cesty k cíli. Takže pro některé cesty volily špatně cestu přes jinou zónu místo přímé cesty s nadefinovanou vzdáleností. Tento problém je ošetřen vložením dalšího uzlu do systému (3), odkud transportéry nabírají požadavky na přepravu. Následně se přesouvají instantně do uzlu (4), odkud je vytvořený podprogram (Obr. 8) posílá po potřebných trasách.

```
10 if( traveler.VZVcil == 1)
11 {
12     return 1;
13 }
14 if( traveler.VZVcil == 2)
15 {
16     return 2;
17 }
18 if( traveler.VZVcil == 3)
19 {
20     return 3;
21 }if( traveler.VZVcil == 4)
```

Obr. 8: Část podprogramu uzlů pro správnou volbu cesty (vlastní)

Podprogram nejprve zjistí, jaký je nastavený parametr cílové destinace transportního prostředku (if $(traveler.VZVcil == X)$) a následně v závislosti na tom, jaké je číslo destinace, pošle transportní prostředek na správný odchozí port z uzlu ($return X$), respektive nasměruje transportér na správnou cestu ke správné cílové zóně (Port 1 vede do Zony11 atd.).

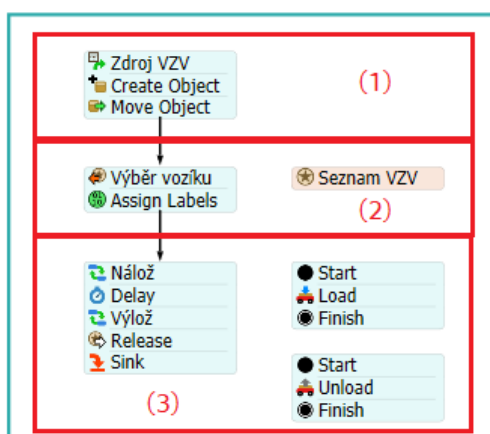
Na závěr bylo třeba nastavit dobu běhu simulace a to na 1 směnu od 6:00 do 14:30 hod. a upravit finální vzhled 3D modelu, aby graficky více odpovídal skutečnému layoutu závodu (Obr. 9).



Obr. 9: Konečný stav 3D modelu (vlastní)

2.3 Procesně-logický model

Procesní tok, respektive 2D procesní model logiky fungování procesů bylo potřeba vytvořit pro každou skupinu transportérů zvlášť. Princip je podobný pro obě skupiny a následující popis se bude vztahovat k popisu procesního toku pro skupinu VZV. Procesní tok je možné rozdělit do 3 fází (viz. Obr. 10): Vytvoření požadavku (1), Přiřazení manipulátoru (2), a samotný Manipulační proces (3).



Obr. 10: Procesní tok – přeprava pomocí VZV (vlastní)

Vytvoření požadavku (1) slouží k vytvoření objektu (item) reprezentujícího požadavek na přepravu a přesun tohoto objektu do výchozí zóny. Tato fáze je tvořena 3 2D objekty. **Zdroj** generuje objekty, tzv. „tokeny“ pohybující se 2D procesním modelem na základě zadaných parametrů importovaných z tabulek v MS Excel (celkem 6 tabulek). Mezi základní parametry, které jsou při generování tokenu

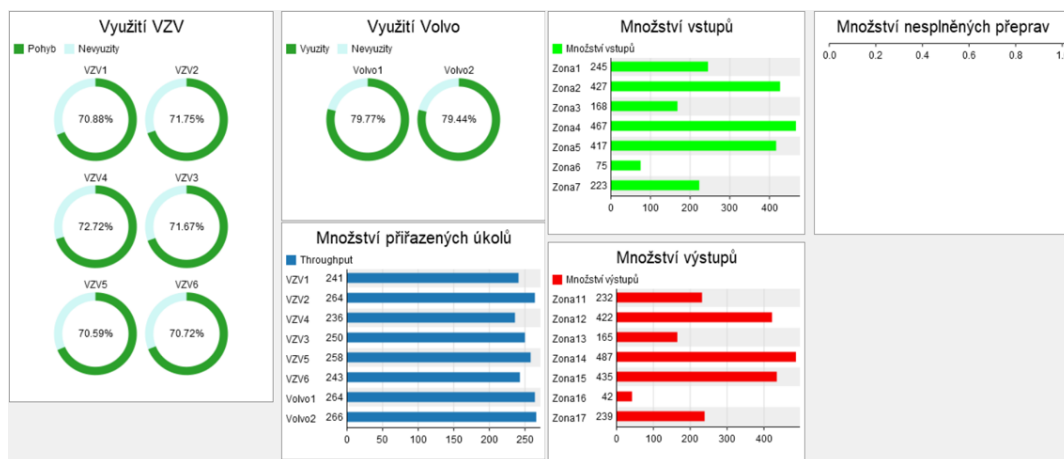
definovány patří čas zahájení/ukončení generování tokenů, množství generovaných tokenů (požadavků na přepravu), název tokenu, startovní/cílová zóna přepravy, typ transportního prostředku a hmotnost (pouze pro VZV, Volvo nemá osazen senzor zatížení). **Create object** vytváří ve 3D modelu objekt, tzv. item, určený k transportu, který odpovídá tokenu ve 2D modelu, a přiřazuje mu parametry vlastností odpovídající parametrům vlastností tokenu (startovní/cílová zóna, typ transportního prostředku, hmotnost). **Move object** následně slouží pro přesun Itemu do výchozí zóny (oblast (3) na Obr. 7) pro transport na základě parametru vlastnosti startovní zóny.

Přiřazení manipulátoru (2) slouží, jak už sám název napovídá, k přiřazení manipulačního prostředku, který je v danou chvíli k dispozici, k požadavku na přepravu. Tuto fázi tvoří 3 objekty. **Výběr vozíku** – v tomto kroku program volí transportér na základě listu dostupných transportérů (**Seznam VZV 1-6** pro transport s pomocí VZV). Dále je zde objekt **Assign Labels**, ten přiděluje transportéru vlastnosti *VZVstart* a *VZVcil*, které slouží pro volbu cest manipulátoru v modelu.

Manipulační proces (3) popisuje, jak se má transportér chovat v modelu. V prvním kroku **Nálož** je definováno, kde má transportér naložit objekt. **Delay** slouží jako grafický předěl mezi naložením a vyložením nákladu – jedná se technicky o tzv. „hloupý“ objekt, který nikterak neovlivňuje funkci modelu. **Výlož** definuje, kde má dojít k vyložení. Funkce **Release** poté slouží k odpoutání transportéru od úkolu a jeho návrat do **Seznamu VZV**, ve kterém čeká na další úkol. **Sink** slouží k recyklaci tokenu. Skupiny objektů s **Load** a **Unload** představují technicky podprocesy pro vykonání naložení a vyložení.

2.4 Panel statistik

S ohledem na cíl simulační studie zaměřený na vyhodnocení efektivního využití manipulační techniky, respektive jejich skupin, byl pro simulační model vytvořen panel se statistikami obsahující informace o využití transportních prostředků, počtu úkolů přiřazených manipulační technice, počtu transportních požadavků mezi zónami a počtu nesplněných přeprav v případě maximálního vytížení jedné ze skupin transportérů. Ukázka sledovaných dat je na Obr. 11.



Obr. 11: Vzorová výstupní data simulačních běhů (vlastní)

3 Návrh simulačních scénářů

S přihlédnutím k cílům studie a po konzultaci se společností bylo navrženo celkem 9 různých scénářů k předpovědi, jak by změny ve výrobním procesu ovlivnily využití transportní techniky, respektive jejich skupin. Scénáře byly voleny především s ohledem na povahu dat o reálném systému, kdy byly k dispozici data z období před pandemií covid-19 a po skončení hlavních omezení (snížená poptávka). Hlavní parametry ovlivňující scénáře se týkaly časového hlediska (dní, ze kterých pocházela data), počtu aktivních transportních prostředků a množství požadavků na transport v systému. Na základě těchto kategorií bylo navrženo devět scénářů (souhrnné parametry viz Tab. 1):

1. Využití transportérů před omezením výroby;
2. Využití transportérů před omezením výroby, pokud bude o 1 transportér méně;
3. Využití transportérů před omezením výroby, pokud bude o 2 transportéry méně;
4. Využití transportérů před omezením výroby, při nárůstu požadavků o 20 %;
5. Využití transportérů před omezením výroby, při nárůstu požadavků o 20 %, pokud bude o 1 transportér méně;
6. Využití transportérů před omezením, po dnech v týdnu.
7. Využití transportérů po skončení omezení výroby;
8. Využití transportérů po skončení omezení výroby, pokud bude o 1 transportér méně;
9. Využití transportérů po skončení omezení výroby, pokud bude o 2 transportéry méně.

Tab. 1: Základní parametry scénářů (vlastní)

Scénář	Doba měření	Počet VZV	Počet Volvo	Výroba (%)
1	Před omezením*	6	2	100
2	Před omezením*	5	2	100
3	Před omezením*	4	2	100
4	Před omezením* ***	6	2	120
5	Před omezením* ***	5	2	120
6	Před omezením po dnech*	6	2	100
7	Po skončení opatření**	6	2	100
8	Po skončení opatření**	5	2	100
9	Po skončení opatření**	4	2	100

*Před omezením znamená doba před propuknutím pandemie covid-19.

**Po skončení opatření znamená po návratu ke standardní směnnosti provozu, tj. po ukončení opatření související s pandemií covid-19.

*** Nárůst objemu výroby o 20 %

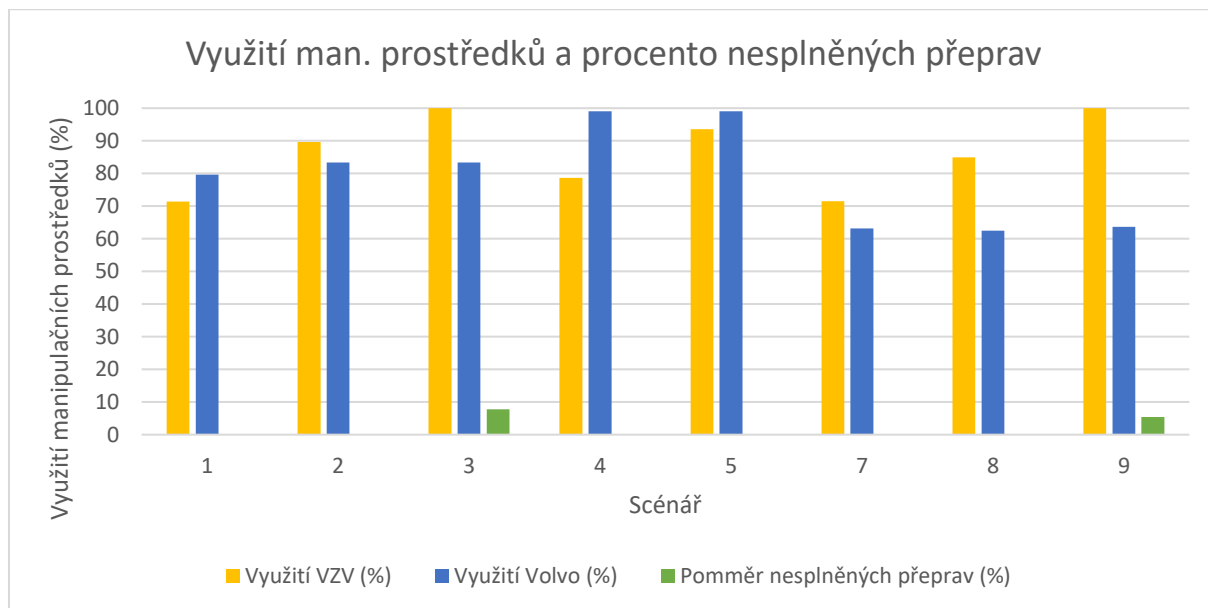
4 Výsledky simulačních scénářů

Pro **Scénář 1** byl využit základní model skutečného stavu, avšak oproti validaci byla využita jiná sada vstupních dat. Skupina VZV je v případě tohoto stavu využita cca 71 % směny, podobně je využita i skupina Volvo a to cca 80 % času směny (Obr. 12). Důležité je, že všechny přesuny byly skutečně při využití techniky menším než 100 %, což znamená, že je v systému prostor pro zefektivnění.

Scénář 2 se zabývá hypotetickou možností, jaká by byla efektivita vnitropodnikového transportu, kdyby byl jeden manipulační prostředek ze skupiny VZV vyřazen, ale objem výroby by zůstal stejný jako u Scénáře 1 (tedy standardní objem výroby před pandemií covid-19). Modifikace základního simulačního modelu byla provedena odebráním VZV6 ze skupiny VZV. Z výsledků scénáře lze určit, že i v případě, kdy by došlo, ať už díky neočekávané události, nebo cíleně, k odebrání jednoho VZV z provozu, byly by ostatní VZV schopny transport zajistit a splnit veškeré přepravní požadavky. Vytížení by v tomto případě vzrostlo na 89,59 % (Obr. 12). Poznámka: Rozdíl ve využití skupiny Volvo 3,8 % mezi scénářem 1 a 2 je dán systémem generování dat (např. více požadavků na delších transportech na úkor kratších).

Scénář 3 pracuje opět se stejným objemem výroby jako předchozí 2 scénáře, ale předpokládá najednou vyřazení 2 VZV. V základním modelu tedy došlo k odebrání dvou manipulačních prostředků ze skupiny VZV, konkrétně VZV5 a VZV6. Z dat lze určit, že v tuto chvíli již není možné splnit všechny

požadavky na transport, neboť veškeré VZV jsou na 100 % využity po celou dobu směny (Obr. 12). Na konci směny tak zůstává 154 nesplněných požadavků (7,72 % všech požadavků).



Obr. 12: Využití manipulační techniky a procento nesplněných přeprav (vlastní)

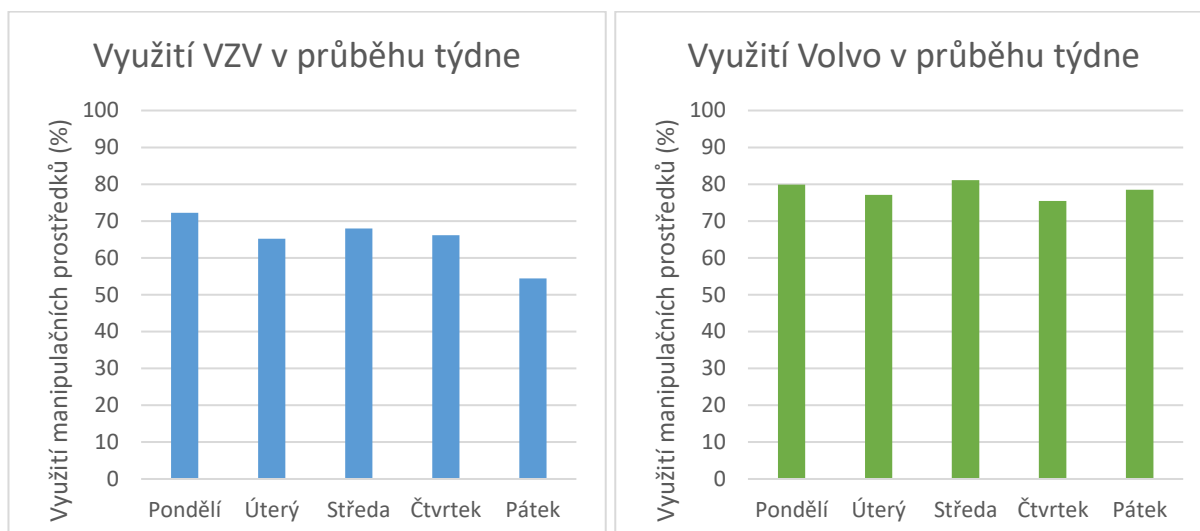
Scénář 4 předpokládá hypotetickou situaci, při níž společnost bude rozšiřovat výrobu a bude potřeba vyšší objem transportu (o 20 % více požadavků oproti scénářům 1-3). Zatímco skupina VZV by tento nárůst zvládla bez problémů s využitím 78,63 %, skupina Volvo by se dostala s využitím 99,08 % na absolutní hranu únosnosti (Obr. 12), kdy jakákoliv prodleva v transportu, nečekaná událost či zvýšené množství požadavků způsobí neschopnost plnění požadavků ve vymezeném čase.

Následující **Scénář 5** je kombinací Scénáře 2 a Scénáře 4. Popisuje situaci, za níž by se podnik rozhodl v současné době zbavit jednoho z transportérů a následně se mu zvýšil objem výroby. Základní model byl modifikován odebráním VZV6 ze skupiny VZV a zároveň byla nastavena hodnota generovaných požadavků o 20 % vyšší. V případě tohoto scénáře se dostává na hranu únosnosti využití i skupina VZV (Obr. 12). Pro zajištění správného fungování transportu by bylo potřeba maximalizovat efektivitu řízení, a i tak by každá nepředpokládaná událost znamenala zpoždění v transportu.

Specifickým scénářem oproti všem ostatním byl **Scénář 6**, který respektoval objem výroby a počet transportérů ze Scénáře 1, nicméně zaměřoval se na využití po jednotlivých dnech v týdnu. Na následujících grafech (Obr. 13) k tomuto scénáři lze jasně sledovat vyšší stabilitu využití skupiny Volvo napříč jednotlivými dny (75,43 % až 81,12 %), zatímco u skupiny VZV je rozdíl mezi jednotlivými dny mnohem výraznější (54,39 % až 72,22 %). Pro tuto skupinu je charakteristické vysoké vytížení v pondělí a ve středu, naopak absolutně nejméně práce vykonají v pátek.

Scénář 7 vychází ze základního modelu, liší se však využitou sadou dat, která je z doby po ukončení omezení výroby, které souviselo s pandemií covid-19. Při porovnání Scénáře 7 a Scénáře 1 je možné na první pohled pozorovat (Obr. 12), že po skončení mimořádného stavu výroby došlo k poklesu požadavků u skupiny Volvo a o cca 16 p. b.

Na předchozí scénář pak navazuje **Scénář 8**, kde je jediným rozdílem snížení počtu VZV ze 6 na 5. V tomto případě lze sledovat, že pokud bude týdenní produkce společnosti pokračovat v trendu nastaveném po návratu k běžnému pracovnímu nasazení, je varianta s použitím 5 VZV bez problémů realizovatelná, přičemž transportéry mají průměrné využití 84,49 % (Obr. 12).



Obr. 13: Využití skupin manipulační techniky po dnech v týdnu (vlastní)

Scénář 9 uvažuje ještě o 1 VZV méně, než scénář 8, výsledně tedy scénář využívá 4 VZV. Zde se již dostává využití skupiny VZV na hodnotu 100 % a je nemožné splnit všechny požadavky na přepravu (Obr. 12). Nesplněných požadavků na přepravu je přibližně 5 %.

5 Interpretace výsledků, doporučení, diskuse

Výsledky ze simulačních běhů pro jednotlivé scénáře se dají interpretovat do několika skupin: rozdíl v množství požadavků a efektivitě využití transportérů před pandemií covid-19 a po skončení hlavních omezení spojených s pandemií, potřebné množství transportérů při neměnném množství požadavků na transport, potřebné množství transportérů při změně objemu požadavků, potřebné množství transportérů v závislosti na dnech. Všechny níže nastíněné interpretace počítají se standardním pracovním vytížením, bez nenadálých událostí (nehody, poruchy, dovolená).

Potřebné množství manipulační techniky při počtu požadavků z doby před omezeními

Pokud se objem výroby v podniku vrátí do stavu před pandemií covid-19, pak dle výstupů Scénáře 1 až 3 v Kap. 4 můžeme vidět, že v současné době je množství transportních prostředků využívaných v podniku předimenzované. V případě, kdy podnik neočekává významné navýšení výroby je možné vyřazením 1 VZV snížit náklady. Transport v podniku by pak byl stále zajištěn v dostatečné míře. Pokud by mělo naopak dojít k poklesu výroby, je možné uvažovat i o odebrání dalšího transportéru ze skupiny VZV (celkem tedy 2). To ovšem není bez rizika, neboť využití skupiny VZV by pak bylo na hranici kapacity. V případě expanze by pak bylo potřeba znovu rozšířit flotilu. Skupina Volvo je v současném stavu efektivně nastavená, jakékoliv zásahy do množství transportérů by byly kontraproduktivní.

Potřebné množství manipulační techniky při nárůstu počtu požadavků z doby před omezeními

V případě, že dojde ve výrobě k nárůstu objemu výroby, a tedy i požadavků na přepravu o 20 % oproti stavu před pandemií, je podnik se současnou flotilou VZV schopný bez problémů obstarat transport ve výrobě. Dokonce je v tomto případně možné uvažovat i o zúžení flotily na 5 VZV, nicméně využití se zde dostává již přes 90 %. Nárůst o 20 % je na druhou stranu kritický pro transportéry Volvo (využití 99 %) a je zde velké riziko, že bude nutné pořídit další manipulátor tohoto typu.

Potřebné množství manipulační techniky v závislosti na dnech

Data ze simulace vypovídají o tom, že v současné době není ve skupině Volvo důvod upravovat počty transportérů v závislosti na dnech díky jejich konstantnímu využití. U skupiny VZV by to na druhou stranu stálo za zvážení, rozdíl 18 p. b. mezi min. a max. využitím je již celkem markantní.

Rozdíl v množství požadavků a efektivitě využití manipulační techniky před omezeními a po nich

Na základě provedené simulace Scénáře 1 a 7 můžeme konstatovat, že zatímco množství požadavků pro skupinu VZV zůstalo beze změny, u skupiny Volvo došlo k poklesu jejich využití o 16 p. b.

Návrhy a doporučení

Na základě analýzy simulačních scénářů a pozorování přímo v podniku je tedy možné finálně navrhnout následující doporučení pro zajištění efektivního využití transportérů v analyzovaném výrobním systému:

1. Snížit počet transportérů ve skupině VZV o 1: Nenašel se jediný, ve kterém by odebrání jednoho transportéru této skupiny způsobilo jejich nedostatek pro stále stejně efektivní transport.
2. Zachovat počet transportérů ve skupině Volvo: Počet transportérů ve skupině Volvo je v současnosti ideální. Přidání, byť jen jediného by způsobilo neefektivní nakládání se zdroji, odebrání pak nedostatek pro podnikové potřeby.
3. Sledovat množství potenciálně narůstajících požadavků: V případě, že dojde ke snížení počtu VZV dle bodu 1 výše a zároveň budou hodnoty požadavků na transport narůstat (20 % více vůči stavu z února 2020), bude potřeba zvažovat rozšíření počtu VZV, protože vytížení 5 VZV by při takovém objemu výroby bylo skoro 94 %. Zároveň bude potřeba pořídit třetí transportér ze skupiny Volvo.
4. Zvážit využití transportérů skupiny VZV v pátek: V pátek jsou tyto transportéry využívány jen z poloviny, nabízí se tedy možnost snížit náklady odstavením 1 VZV v daný den.
5. Zvážit možnosti systému řízení transportérů: Pořízení centralizovaného systému řízení efektivit by mělo přispět k optimalizaci provozu a zlepšení využití. Poptávající na transport by do systému zadal svoji pozici, cílovou pozici a program by sám přiřadil nejefektivnější formu transportu.
6. Přiřazení transportérů k jednotlivým zónám: S ohledem na nemožnost přemístění samotných technologií uvnitř závodu by bylo vhodné přiřadit transportéry na nejexponovanější místa, čímž by došlo ke zkrácení časů. Zóny nemusí být nutně definovány stejně. (Poznámka: Prověření ideálního rozmístění transportérů nebylo v této studii realizováno.)
7. Zkonsolidovat výbavu jednotlivých transportérů ve skupině VZV: Některá technika nedisponovala v době sběru dat senzorem zatížení. Díky tomu vznikaly nesrovnalosti.
8. Upravit nastavení výstupů v SW TDM G2: Údaje jsou exportovány i po vteřinových úsecích. Pokud by bylo možné nastavit filtry na delší úseky, usnadnilo by to práci s daty a zvýšilo jejich přehlednost.

Závěr

Jedním z důležitých faktorů ovlivňujícím v současné době úspěšnost podniků je schopnost dokázat se rychle a flexibilně přizpůsobovat měnícím se podmínkám. Pokud bychom však měli všechny možné varianty (scénáře), jak správně nastavit parametry výrobního procesu ověřovat jeden po druhém v reálném provozu, nebylo by to v mnoha případech ani rychlé, ani flexibilní. Navíc bychom dost možná ani nedokázali vhodnou variantu nastavení, z těch mnoha, které připadají v úvahu, touto cestou nalézt.

V této souvislosti nachází mimo jiné uplatnění počítačová simulace, která nám umožňuje vytvořit digitální model cílového výrobního procesu a na něm rychle a pružně ověřovat různé varianty nastavení parametrů (např. strategie výroby, počet využívaných zdrojů atp.) v závislosti na potřebách podniku (např. snaha zvýšit efektivitu, snížit náklady) a působících vlivech (např. nedostatek pracovníků, měnící se poptávka, nedostatek dílů atp.). Pro podnik nejvýhodnější variantu je pak možné implementovat do reálného provozu až tehdy, pokud existuje jistota, že je opravdu nejvýhodnější.

Nesmíme však zapomínat, že důležitou roli zde hrají i další moderní technologie a nástroje, jako je např. software pro online sběr a analýzu dat o provozu podnikových procesů a technické vybavení k tomu určené. Bez těchto vstupních dat by totiž nebylo možné simulaci vůbec využít.

Poznámka: Příspěvek navazuje na diplomovou práci (Kadlec, 2020) s názvem Simulační studie využití manipulační techniky v průmyslovém podniku (Zdeněk Kadlec – autor diplomové práce, Pavel Scholz – vedoucí diplomové práce).

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS20/163/OHK2/3T/12.

Prameny

1. BANGSOW, Steffen. *Tecnomatix plant simulation: modeling and programming by means of examples*. Cham: Springer, 2015. xviii, 713 stran. ISBN 978-3-319-19502-5.
2. BANKS, Jerry, ed. et al. *Discrete-event system simulation*. 3rd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001. ix, 594 s. Prentice Hall international series in industrial and systems engineering. ISBN 0-13-088702-1.
3. FLEXSIM SOFTWARE PRODUCTS. *FlexSim* [online]. USA, 2021 [cit. 2021-10-9]. Dostupné z: <https://www.flexsim.com/>
4. GX SOLUTIONS BOHEMIA. *Smart TDM G2: Uživatelský manuál* [online]. 2020 [cit. 2021-10-1]. Dostupné z: <http://gxsolutions.cz/Smart-TDM-G2-MCZ.pdf>
5. KADLEC, Zdeněk. *Simulační studie využití manipulační techniky v průmyslovém podniku* [online]. 2020 [cit. 2021-10-9]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/90381>
6. LAW, Averill M. *Simulation modeling and analysis*. Fifth edition. New York: McGraw-Hill Education, 2015. xviii, 804 stran. ISBN 978-0-073-40132-4.
7. MANLIG, František. *Využití počítačové simulace výrobních systémů*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. 99 s. Knihovnička Katedry výrobních systémů TU v Liberci; sv. 1. ISBN 978-80-7494-162-7.
8. SCHOLZ, Pavel. *Počítačová simulace ve výrobě: nepublikovaná přednáška*. ČR, 2017.
9. SCHOLZ, Pavel. *Software Ústavu řízení a ekonomiky podniku* [online]. ČR, 2019 [cit. 2021-10-9]. Dostupné z: <https://rep.fs.cvut.cz/ustav/software/>

Kontaktní údaje autorů

Ing. Pavel Scholz, Ing. Zdeněk Kadlec, Ing. Václav Michalec

České vysoké učení technické v Praze – Fakulta strojní

Ústav řízení a ekonomiky podniku

Karlovo náměstí 13, 121 35 Praha 2 – Nové Město

+420 224 355 797

pavel.scholz@fs.cvut.cz

LEADERSHIP V POSTPANDEMICKÉM SVĚTĚ: REŠERŠE STAVU PROBLEMATIKY

LEADERSHIP IN POSTPANDEMIC WORLD: A LITERATURE REVIEW

Ján Holý

Abstrakt

Digitální technologie zásadně mění náš každodenní život, způsob práce a podnikání, jako i způsob jakým lidé cestují, komunikují a vzájemně se seznamují. Podobně jako tištěná kniha, která podle M. McLuhana vytvořila třetí svět, digitalizace podobným způsobem formuje svět organizací, pracovních ekosystémů jako i procesů, a zásadním způsobem tak mění současné formy kolektivity. V tomto příspěvku proto přezkoumávám probíhající výzkum týkající se vedení a digitalizace. V úvodní a hlavní části příspěvku popisuji zkoumanou problematiku prostřednictvím rešerše literatury a různých perspektiv, přičemž poukazuji na výzkumný program ČSÚ probíhající ve studiích týkajících se digitalizace v rámci EU a České republiky, a to zejména v kontextu s pandemií COVID-19 a teleworkingem. Nakonec upozorňuji čtenáře na potenciálně významný teoretický přínos výzkumu týkajícího se vedení a digitální transformace ve vztahu k širšímu sociálnímu kontextu.

Klíčová slova: E-leadership, digitální transformace, organizační dimenze, informační a komunikační technologie, kritický přehled literatury.

Abstract

Digital technologies are profoundly changing our daily life, our way of working and doing business, and the way people travel, communicate and relate to each other. Like printed book, which according to M. McLuhan created a third world, digitalization is in similar fashion shaping the world of organizations, work ecosystems and processes, and therefore significantly changes contemporary forms of collectivity. In this paper, I therefore review the research on leadership and digitalization. In the introductory and main part of the paper, I describe the researched issues through literature review and from different perspectives, pointing to the CZSO research program in studies on digitization in the EU and the Czech Republic, especially in the context of the COVID-19 and teleworking. Finally, I call reader's attention to the potentially significant theoretical contribution of leadership and digitalization research in relation to wider social context.

Key words: E-leadership, digital transformation, organisational dimension, information and communication technology, critical literature review.

Úvod

Tempo a směr inovací informačních a komunikačních technologií, ovlivňuje nejen služby a průmysl, manuální a intelektuální práci, ale celý svět (Degryse, 2016). Podle zjištění Eurobarometru Evropské Unie má digitalizace nejen pozitivní dopad na ekonomiku (75 % respondentů), ale také na kvalitu života (67 % respondentů) a společnost (64 % respondentů) (Evropská komise, 2017; Cortellazzo, 2019).

V dané souvislosti je vhodné poznamenat, že pojem digitalizace se týká nejen přijetí portfolia technologií, resp. využívání digitálních platforem, ale odráží spíše způsob, jakým digitální média a platformy ovlivňují restrukturalizaci *hospodářství, společnosti a kultury* (Švecová, 2018, Schoitsch, 2018, Castells, 2010).

V podnikovém kontextu lze tedy termín digitalizace použít nejen k popisu procesu přechodu k digitálnímu podnikání a využití digitálních technologií ke změně obchodních modelů a příležitostí, ale také k popisu procesu týkajícího se vytváření hodnot (Sawy, Kraemmergaard, Amsick, Vinther, 2016). V této souvislosti je zajímavý např. průzkum proveden v roce 2015, na 4800 amerických manažerech který potvrdil, že klíčový bod k úspěšné digitální transformaci se týká spíše *strategie, kultury, a rozvoje talentů* než technologie jako takové. (Kane, Palmer, Phillips, Kiron, 2015).

Podle např. společnosti Gartner 87 % vedoucích pracovníků v oblasti podnikání říká, že digitalizace je prioritou společnosti, ale pouze 40 % organizací vytvořilo úměrné digitální iniciativy (Gartner, 2020). Pro objasnění této debaty je proto důležité uvědomit si a definovat: 1) *co digitální vedení skutečně znamená*, 2) *jakými schopnostmi by lidé v digitální éře měli disponovat* a 3) *jak by se měly budovat a posilovat základy tzv. "digitálního vedení."*

I přes rostoucí zájem o diskusi o digitálních technologiích a vedení nejsou ale podle L. Cortellazo akademické příspěvky týkající se dané problematiky soudržné a jsou víceméně roztroušeny mezi různé vědecké disciplíny (Cortellazo, Bruni, Zampieri, 2019). Podle O. Sawyho existuje například šest základních, organizačních strategií týkajících se prvků, které je při provádění úspěšné digitalizační transformace potřebné změnit (Sawy, Kraemmergaard, Amsick, Vinther, 2016).

1. *Jiný druh obchodní strategie:* Nakolik se digitální technologie neoddelitelně začleňují do struktury organizace, musí se o subjekt digitalizace rozšířit i její obchodní strategie.
2. *Různé druhy obchodních modelů:* Integrovaná digitální obchodní strategie a kooperativní ekosystémové platformy umožňují vznik nových digitálních obchodních modelů podporujících vytváření digitalizací ovlivněných obchodních hodnot.
3. *Jiný druh podnikových platforem:* Intenzivní interaktivní digitální propojení vyžadují integraci vně a uvnitř organizace, přesahující nejen tradiční paradigma integrace plánování podnikových zdrojů ale také i paradigma řízení dodavatelského řetězce.
4. *Jiný druh myšlení a dovedností lidí:* Výše uvedené skutečnosti si budou vyžadovat odlišné myšlení, a to na všech úrovních organizace.
5. *Jiný druh podnikové IT struktury:* Organizační změny nevyhnutné pro digitální vedení a digitální obchodní strategii si budou vyžadovat přehodnocení nejen roli podnikového IT oddělení ale i roli CIO.
6. *Jiný druh pracoviště:* Nakolik na pracovní trh vstupuje stále více "born digital" mladých zaměstnanců ztotožňujícími se s různými hodnotami, budou mít tyto od pracoviště, pokud jde o flexibilitu jejich umístění, pracovní dobu, sofistikovanost mobilního online přístupu jako i rozsah v jakém je pracovní prostředí „humanizováno“ i různá očekávání.

Organizace se v posledních desetiletích vyvíjely podle nových podmínek pracovního prostředí, jako jsou *globalizace, silná konkurence, nové demografické struktury a rostoucí rozvoj pokročilých informačních technologií* (Wojcak, Bajžíková, Sajgalíková, Poláková, 2016), přičemž pandemii COVID-19 je možné považovat za jeden z nejvýznamnějších determinujících faktorů tohoto vývoje. Přejít od průmyslové éry k digitalizovanému obchodnímu prostředí vedl také k posunu z mechanistické organizační perspektivy do perspektivy organičtější (Pulley a Sessa, 2001), přičemž během tohoto období neustále globálně rostla i práce na dálku neboli „teleworking“, která je článkem 2 evropské rámcové dohody o dálkové práci z roku 2002 definovaná jako:

„Forma organizace a / nebo provádění práce s využitím informačních technologií v rámci pracovní smlouvy / vztahu, kde se práce, které by mohly být prováděny také v prostorách zaměstnavatelů, provádějí mimo tyto prostory pravidelně“ (EUROFOUND, 2017).

Práce na dálku byla v daném kontextu zaznamenána v několika odvětvích. Z těchto sektorů zahrnuje odvětví služeb nejvyšší celkové procento pracovní síly (17 %), následované zdravotnictvím (12 %), finančním a pojišťovacím sektorem (10 %), zpracovatelským průmyslem (8,5 %) a vzdělávacím sektorem (7,5 %) (He, Lai, Mott, Little, 2020).

V České republice ale i přes výše uvedené skutečnosti, neexistuje právní definice práce na dálku, pokud za ni nelze považovat větu v § 317 zákoníku práce:

“Tento zákon se vztahuje na pracovněprávní vztahy zaměstnance, který nepracuje na pracovišti zaměstnavatele, ale vykonává sjednaný druh práce za podmínek sjednaných v pracovní době, kterou sám organizuje...”

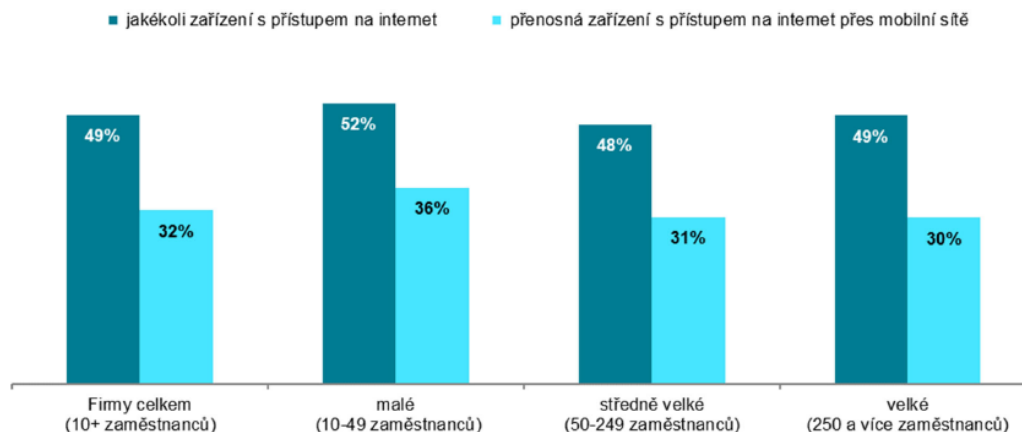
Tento široce definovaný rámec však nezmiňuje použití pokročilých informačních a komunikačních technologií těmito zaměstnanci. Ačkoli se tedy na práci na dálku nevztahují žádná zákonná omezení, byla i přesto v České republice začleněna do obecně závazných pracovněprávních předpisů, resp. zákoníku práce.

Zákon č. 262/2006 Sb., Odst. 317, písm. A, B a C. v dané souvislosti hovoří následovně:

„Na pracovníky na dálku se nevztahují právní předpisy uvedené v zákoníku práce, týkající se organizace pracovní doby, přerušení nebo přerušování práce způsobené nepříznivými povětrnostními podmínkami. Pracovníci na dálku, kteří při své práci narazí na významné osobní překážky, nemají nárok na žádnou náhradu mzdy, pokud právní předpis provádějící zákoník nestanoví jinak, nebo pokud je zaměstnanec dočasně práceneschopný; v takových případech se použije organizace pracovní doby na směny – kterou je zaměstnavatel povinen za tímto účelem stanovit. Pracovníci na dálku rovněž nemají nárok na výplatu přesčasů nebo na dovolenou místo přesčasů. Navíc, pokud jde o práci o svátcích, nemohou žádat o dovolenou, náhradu mzdy nebo bonus“ (Zákoník Práce, 2006, aktuální znění 1. 1. 2021).

Český statistický úřad (ČSÚ) v souvislosti s výše uvedenou problematikou v prvním čtvrtletí 2020 provedl také dvě studie nazvané: „*Průzkum využívání informačních a komunikačních technologií (IKT)*“; a „*Průzkum komunitních domácností o využívání IKT v domácnostech a mezi jednotlivci 2020*“. Podle ČSÚ v roce 2020 nepoužívalo v ČR nějaké IKT zařízení jen jedno procento organizací s deseti a více zaměstnanci. Pro naprostou většinu organizací v ČR je používání IKT zařízení denní rutinou, (zjištění platné napříč různými velikostními organizačními skupinami). Nejčastěji využívaným typem IKT zařízením jsou podle ČSÚ osobní stolní počítače. Využívá je více než 92 % subjektů s 10 a více zaměstnanci.

Desktopy využívá 98 % velkých firem a 91 % malých subjektů. Přenosný počítač, tablet či smartphone měla v roce 2020 v práci k dispozici téměř třetina (32 %) zaměstnanců organizací s deseti a více zaměstnanci. Tento ukazatel každým rokem narůstá a od roku 2012 vzrostl více než dvojnásobně (ČSÚ, 2020). Téměř všechna IKT zařízení používaná zaměstnanci organizací v ČR měla v roce 2020 zároveň i přístup na internet (ČSÚ, 2020).



Obr. 1. Zaměstnanci firem s 10 a více zaměstnanci v ČR používající vybrané IKT v roce 2020 (ČSÚ, 2020).

1 Přehled diskursu o digitalizaci a vedení v literatuře

Transformační změny ve společnosti na počátku 21. století lze přičíst z velké části (1) *technologickým* (rychlý rozvoj technologií internetu a technologií digitální komunikace), (2) *environmentálním* (COVID 19, narůstající intenzita a význačnost globálního oteplování planety, znečištění životního prostředí a vyčerpání přírodních zdrojů) a (3) *sociálním* (prohlubující se rozdíly mezi různými socioekonomickými, rasovými, náboženskými a etnickými skupinami) silám. Tyhle transformační změny nejen že determinují evoluci organizací jako takových, no významným způsobem přispívají také k transformaci organizace a fungování lidského prostředí (Stokols, Misra, Runnerstrom, 2009).

Oldenburgova typologie lidského prostředí v téhle souvislosti definuje na prvním místě (1) *domov*, na místě druhém (2) *pracovní prostředí*, a na místě třetím (3) *místa neformálního veřejného života* (Oldenburg, 1999), no vynechává tzv. *hybridní prostředí*, ve kterém jsou funkce prvního a druhého, druhého a třetího, a prvního a třetího prostředí vzájemně provázány. Je teda zřejmé, že nakolik mají *technologické*, *geofyzikální* a *sociální* síly schopnost transformovat lokální prostředí způsobem poněkud zásadním, (jak je zřejmé v souvislosti se vznikem prostřednictvím internetu podmíněných hybridních míst), musí i změna kontextu v důsledku technologického rozvoje ovlivnit také vedení organizace. Nelze proto předpokládat, jak v téhle souvislosti uvádí D. Stokols, že „lídrovské *dovednosti identifikované v off-line kontextu by měly být přeneseny na virtuální vedení bez jakéhokoli přizpůsobení*“ (Stokols, Misra, Runnerstrom, 2009).

V této souvislosti je vhodné dodat, že podle D. Stokolsa místa která obsahují potřebnou elektronickou infrastrukturu, umožňují také přístup k virtuálním nastavením umožňujícím prolnutí behaviorálních programů spojených s místními hostitelskými nastaveními a virtuálními komunitami, které k něm mají přístup. D. Stokols charakterizoval tato propojení mezi skutečným (založeným na místě) a virtuálním (s kyberprostorem) nastavením, jako *mezzo systémy „R-V“* (real-virtual), na rozdíl od *systémů „R-R“* (real-real) (Stokols, 2009).

Pokročilé informační technologie tedy ovlivňují nejen změny v organizační struktuře a využívání informací, ale také v rozhodovacích procesech. Odborníci souhlasí s tvrzením, že technologie má významný dopad na chování lídrů a identifikují pokročilé informační technologie jako hlavní hnací sílu těchto rušivých změn, zejména napříč různými organizačními funkcemi. Tyto změny jsou, podle výzkumu L. Cortellazzo tak dramatické, že vědci a veřejnost začali přijímat novou terminologii, jako jsou: *e-svět*, *e-vláda*, *e-podnikání*, *e-organizace* (Cortellazzo, Bruni, Zampieri, 2019), nebo *e-lídři* (Avolio, Sosik, Kahai, Baker, 2014).

Navzdory zavedení nové terminologie, nejsou pojmy jako digitalizace a digitální transformace podle výzkumu provedeného S. Khanem dosud jasně definovány a lze je popsat pouze prostřednictvím jejich charakteristických atributů. Tyto jsou to podle autora, *propojenost*, *zkrácení časového prodlení a nárůst množství informací*, *zvýšená transparentnost a komplexnost*, *odstranění hierarchie a osobních překážek*, *zlepšení rozhodování a podporování integrity*, *humanizace* (Khan, 2016).

V dané souvislosti je také důležité zdůraznit význam s vedením souvisejícím pojmem komunikace, ačkoli je tenhle někdy zaměňován s nedostatečným pojmem „informace“, nabízen např. disciplínami týkajícími se lidských vztahů. (Holá, 2018; Flores, 1982; Winograd, 1987). Tady je vhodné zmínit např. výzkum provedeným M. Obschonkou a jeho týmem, který analýzou jazyka používaného pro komunikaci přes *Twitter*, identifikuje osobnostní charakteristiky rozlišující nejúspěšnější manažery a lídry (Obschonka, Fisch, Boyd, 2017) a také výzkum provedeným W. J. Orlikowski, která představila *strukturální model technologie* (vycházející z Giddensové teorie struktury), ovlivňující nejenom kontext, ve kterém aktéři vystupují, ale která je také navržena a sociálně formovaná uživateli (Orlikowski, 1992).

Tenhle model také předpokládá, že v technologicko-organizační interakci třeba na technologii nahlížet nejen jako na objektivní, vnější sílu, která by měla mít deterministický dopad na vlastnosti organizace, ale také jako na výsledek strategické volby a společenské akce (Orlikowski, 1992).

2 Mikro-úrovňová perspektiva

2.1 Evoluce C-rolí

"Lídři si uvědomují, že v nové éře konektivity se nevyhnutně mění i způsob, jakým se angažují i samotní lidé." (IBM CEO C-suite study, 2012).

Digitální technologie se používají nejen k podpoře interních procesů, ale také k budování vztahů s různými aktéry v rámci externího prostředí. Zejména sociální platformy jsou výkonnými nástroji, které by měli C-lídři plně využívat k budování komunikačních kanálů se svými následovníky.

Podle B. Avolia hrají e-leadeři zásadní roli nejen při využívání správné technologie, vhodné pro potřeby organizace, ale také pro předávání pozitivního přístupu zaměstnancům k přijímání těchto technologií. (Avolio, Sosik, Kahai, Baker, 2014).

Manažeři C úrovně proto musí akceptovat nejen komplexnost, která C roli v souvislosti s novými povinnostmi v digitalizovaném světě přináší, ale akceptovat také i zapojení různých zúčastněných stran i přes organizační hranice.

IBM globální studie zaměřené na výkonné ředitele například naznačuje, že lídři digitální éry by měli založit své organizace na třech pilířích (IBM CEO C-suite study, 2012): (1) *Posílit postavení zaměstnanců prostřednictvím hodnot*, (2) *Zapojit zákazníky jako jednotlivce*, (3) *Zlepšit inovace prostřednictvím partnerství*.

2.2 Dovednosti lídrů v digitální éře

Odborníci souhlasí s tvrzením, že zavedení digitálních nástrojů má vliv nejen na charakteristiku vykonávané práce, ale zejména, jak lidé společně pracují.

Podle studie, T. Schwarzmüller-ové a jejich kolegů, existují čtyři klíčová témata týkající se změny designu práce a vedení, jako výsledku digitální transformace (Schwarzmüller, 2018), t.j. změny v *oblasti pracovního života a zdraví, změny týkající se organizačních hierarchií, změny vyplývající z používání informačních a komunikačních technologií a změny ovlivňující výkonnost a správu talentů*.

Podle výzkumu provedeného F. Klusem a J. Müllerem jsou např. lídrovské dovednosti podmíněny *zkušenostmi* (úroveň novel, intermediate a expert) a lze je rozdělit na *technické dovednosti* (digitální gramotnost), *lidské dovednosti* (dovednosti budování týmu), *koncepční dovednosti* (komunikační dovednosti, organizační dovednosti) a *osobností rysy* (přizpůsobivost, flexibilita). (Klus, Müller, 2020).

2.3 Vedení virtuálních týmů

Jedním ze způsobů, jakým digitální technologie formovali a formují organizační život a řízení lidí, bylo a je umožnění vzniku virtuálních týmů, tj. týmů definovaných jako:

„Vzájemně determinované skupiny jednotlivců, kteří pracují napříč časem, prostorem a organizačními hranicemi propojenými komunikačními vazbami silně závislými na pokročilých informačních technologiích“ (Hambley, O'Neil, Klein, 2007),

... charakterizovaných pomocí následujících dimenzí: (1) *relativně omezená délka života, závislá na přechodných organizačních nebo úkolových potřebách*, (2) *rozptyl týmů z hlediska geografického, sociálního nebo časového prostoru* a (3) *technologické možnosti* (Avolio, Sosik, Kahai, Baker, 2014).

Ačkoli teda poskytují virtuální týmy organizacím nové příležitosti, např. *snižováním obchodních nákladů, překlenutím času a prostoru* jako i *seskupováním odborníků bez ohledu na jejich umístění*, je také důležité si uvědomit, že vedoucí virtuálních týmů si musí také osvojit určitá specifická chování a pracovní postupy. Jedním z nejdůležitějších postupů zdůrazněných v literatuře je stanovení a periodická revize komunikačních norem v týmu (Cortellazzo, Bruni, Zampieri, 2019).

V této souvislosti je vhodné zmínit, že práce na dálku s použitím informačních komunikačních technologií neboli „telework“, pozůstává z relativně nového režimu alternativních pracovních uspořádání. Pandemie COVID - 19, v důsledku opatření týkajících se ochrany občanů před jejím šířením, v téhle souvislosti její implementaci v rámci organizačních struktur jen urychlila.

Po vypuknutí pandemie COVID-19 bylo sociální distancování, (jako i záměrný fyzický odstup mezi jednotlivci), přijaté jako jeden ze způsobů prevence její šíření. Práce na dálku se tak stala nezbytností. Tato změna tedy hluboce ovlivnila nejen fungování organizací, ale také vztah mezi zaměstnanci a zaměstnavateli.

3 Mezzo-úrovňová perspektiva

3.1 Narůstající využívání pokročilých informačních technologií

Předchozí výzkumy naznačují, že ačkoli technologie spolupráce mohou a také umožňují, efektivní virtuální kooperativní činnost, klíčové aspekty interakce tváří v tvář jsou digitálním médiem často oslabené nebo zcela chybí – zejména *vizuální stopy, bezprostřednost zpětné vazby, pocit sebe-přítomnosti*, jako i *přítomnosti druhých nebo přítomnost objektů*. V souvislosti s výše uvedeným můžeme tvrdit, že většina elektronických médií snižuje neverbální stopy jako i extrakci emocí.

D. Denis a jeho tým v dané souvislosti např. navrhl teorii synchronnosti médií (*Media Synchronicity Theory nebo MST*), která poskytuje lepší pochopení vlivu elektronických médií na výkonnost jednotlivce, (jako je tomu v případě jedné z nejpoužívanějších teorií multimediální sytosti – media richness theory nebo MRT), která tvrdí, že výkon týkající se úkolů se zlepší tehdy, když se informace týkající se těchto úkolů přizpůsobí sytosti informačního média (Denis, Fuller, Valacich, 2008).

V souvislosti s výše zmíněným je také důležité si uvědomit, že technologický pokrok nyní dělá realitu, výrazové komunikační prostředky a rozpoznávání emocí realističtějšími a relevantnějšími pro výzkum a praxi *e-vedení*. V návaznosti na dřívější technologii, která dokázala rozeznat lidské tváře a porozumět projevům emocí, jsou v oblasti pokročilých informačních technologií tvořené pokroky zahrnující například i výměnu energie (např. tepla, tlaku, vibrací) která prostřednictvím kontaktu pomocí hmatových senzorů s částmi těla a řízená naprogramovaným algoritmem interakce, simuluje pocity doteku (MacLean, 2008).

3.2 Větší transparentnost

Jak už bylo zmíněno dříve, nejen lídři ale i jejich následovníci mají nyní bezprecedentní přístup k informacím, které ovlivňují jejich názor v souvislosti s tím, jak interpretují předávané informace svých lídrů. Takový stupeň transparentnosti a otevřenosti se ale projevuje různými způsoby. Dnes mají tzv. „whistleblowers“ snadný přístup na internetové stránky, jako jsou např. Wikileaks (<http://wikileaks.org/>) a online média, používaných k odhalování různých aktivit a praktik nejen lídrů ale i organizací.

V této souvislosti je tedy pravděpodobné, v důsledku zvýšení autentičnosti a transparentnosti, budou muset v budoucnu lídři čelit i větším společenským tlakům. Protože transparentnost, umožněná (a umocněná) prostředky pokročilých informačních technologií, přináší do popředí nejen otázky týkající se *lidského chování a povahových rysů*, ale také otázky týkající se *etického vedení* (Sudzina, Novák, Pavlíček, 2018).

3.3 Stálý kontakt

Internetový věk a hybridizace míst, (příčemž D. Stokols rozlišuje 3 kategorie hybridních prostředí: (1) *hybridizaci domácího prostředí*, (2) *hybridizaci pracovního prostředí*, (3) *hybridizaci rekreačního, městského a přírodního prostředí*), kladou na občany postmoderního světa vysoké nároky nejen na jejich chování, ale jsou také zodpovědný za zvýšenou psychickou zátěž a zdravotní problémy.

Lídři jsou nyní kvůli všudypřítomnosti mobilních zařízení v neustálém kontaktu se svými následovníky, (resp. voliči), což si často vyžaduje, aby prováděli více úkolů, při kterých jsou také i neustále vyrušováni. Takové úrovně informačního přetížení jsou spojeny s *výkonnostními deficitem, stresem a povrchními mezilidskými vztahy* postrádajícími sociální soudržnost a vzájemné porozumění. (Stokols, Misra, Runnerstrom, 2009).

Vzájemná dostupnost lídrů a následovníků může ale na druhé straně zlepšit výkonnost týkající se jejich pracovních úkolů a to např. prostřednictvím včasných aktualizací (*just-in-time actualizations*), poradenství a zpětné vazby.

3.4 Nárůst používání sledovacích zařízení

S nástroji pro určování polohy (např. GPS, Galileo, GLONASS nebo NavIC) v mobilních telefonech a dalších zařízeních mohou organizace překračovat fyzické hranice a shromažďovat údaje o poloze pracovníka a jeho pohybu.

Dnešní webové kamery a další technologie založené na senzorech umožňují nyní detekci emočních stavů jednotlivců, což otevírá širokou škálu příležitostí pro jejich použití v situacích, kdy je jinak tyto stavy detekovat obtížné (Weintraub, 2012). Technologie disponující takovýmito schopnostmi by mohla být také nápomocná lidem, kteří se snaží číst, resp. porozumět emocím druhých. Někteří vědci v této souvislosti např. tvrdí, že bez pochopení lidských emocí nemohou počítače nikdy dosáhnout svého plného potenciálu podpory lidí (Weintraub, 2012).

V této souvislosti je zajímavá například studie související s mytím rukou zdravotnických pracovníků v nemocnicích (hlavně tedy v souvislosti s přetrvávající pandemií COVID-19). Jelikož bylo dokázáno, že ve velkém množství případů klesá frekvence mytí rukou ve většině nemocnic pod 50 %, využívají nyní nemocnice technologii založenou na senzorech k monitorování a odměňování chování související s jejich častým mytím (Rosenberg, 2011; Avolio, 2014).

4 Makro-úrovňová perspektiva

4.1 E-lídři a organizace

Jen relativně nedávno akceptovali odborníci koncept *e-lídrů* a začali ho také aplikovat na lídři, kteří iniciovali a byli zodpovědní za proces digitalizace v organizaci, kterou vedli. No i přes potřebu pochopit, jak jsou organizace a e-lídři vzájemně propojeni, existuje v současnosti jen málo empirických studií poskytujících vysvětlení nových organizačních konfigurací vznikajících z interakce se sociálním systémem. V souvislosti s výše uvedeným je tedy možné shrnout, jak se v této souvislosti domnívá L. Cortellazzo, že při překonávání organizačních hranic, (uvnitř a mezi interními a externími zúčastněnými stranami), jsou tradiční, na osobnost lídra zaměřené informační a rozhodovací přístupy nahrazovány procesy demokratizující přístup k informacím a umožňující tak sdílení rozhodovacích pravomocí mezi všemi zúčastněnými stranami (Cortellazzo, Bruni, Zampieri, 2019).

4.2 Digitální nástroje a organizace

I když většina studií akceptujících makro – úrovňovou perspektivu a reflektujících také na nové formy organizačních struktur, mají tyto studie tendenci podceňovat vliv digitální transformace na organizační procesy (Cortellazzo, Bruni, Zampieri, 2019). A. Giddens v této souvislosti například uvádí, že ačkoli byla a je technologie hlavní proměnnou jakékoli organizační teorie, tak se i přes roky výzkumného úsilí stále nedosahuje dostatečné shody způsobu jejího měření (Giddens, 2009). Existuje taky jen málo resp. žádné přesvědčivé důkazy týkající se její přesné role v organizaci (Orlikowski, 2008). Empirické studie, které tyto skutečnosti v úvahu berou naznačují, že inteligentní využívání dat pomocí sofistikovaného digitálního nástroje umožňuje vést vedoucí pracovníky ke zlepšování rozhodovacích procesů, resp. i kvality poskytovaných služeb (Rosenberg, 2011).

4.3 Organizace a etika

V souvislosti s tvorbou teoretičtější a empiričtější diskusí o tom, jak etika ovlivňuje *emocionální vztahy, stálý dohled, vnímání bezpečnosti na pracovišti* a také *procesy týkající se lidských zdrojů v souvislosti s e-vedením* je nutné vykonat ještě poměrně mnoho. (Pavlíček, Novák, Böhmová, Yablotschnikov). V daném kontextu je ale možné tvrdit, že nové informační technologie poskytují větší transparentnost týkající se nejen úsilí a interakce, ale také výkonu zaměstnanců. Technologie, jako např. *Google Apps*, poskytují společnostem údaje v reálném čase o tom, kdo, kdy a čím svou aktivitou v daném kontextu reálně přispěl. V situacích, kdy je vztah mezi úsilím a výkonem poněkud nejednoznačný, mohou takové informace ovlivnit to, jak lídři a členové skupiny *vnímají ostatní členové týmu, důvěřují jim a jaké stanovisko vůči nim v konečném důsledku zaujmou* (Avolio, Sosik, Kahai, Baker, 2014).

4.4 Vedení a digitální nástroje: poznatky ze studií sociálních hnutí

Současné pokročilé informační technologie usnadňují jednotlivcům a organizacím vytváření sociálních sítí, které jsou pak využívány pro *komunikaci, koordinovanou činnost a učení*. Pokročilé informační technologie kromě poskytování otevřených platforem, jako jsou *Facebook, Twitter a LinkedIn*, (umožňující prakticky neomezený přístup), umožňují také vytvářet sociální sítě v rámci organizačních firewallů (Avolio, Sosik, Kahai, Baker, 2014).

Komplementární pohled na problematiku vedení a digitalizace poskytuje také několik nedávných studií, které analyzují společenské a politické události, jako je například Occupy a Tea Party v USA, Umbrella Movement v Číně a politické napětí v Rusku. Společně tyto studie ukazují, jak technologie zdaleka není neutrálním prvkem, ale jak významným způsobem ovlivňuje dynamiku síly nejen v jakémkoli typu organizace a na její jakékoli úrovni ale také i v jakémkoli měřítku. (Cortellazzo, Bruni, Zampieri, 2019).

5 Směry dalšího výzkumu

Odborníci v oblasti týkající se vedení a digitální transformace, resp. digitalizace, se ve snaze o vysvětlení problematiky, resp. ve snaze o vysvětlení vztahů mezi vedením a digitální transformací ve většině případů spoléhají na několik teorií vedení. V této souvislosti je důležité položit si otázku, zda teorie založené na tradičních názorech průmyslové organizace a podnikání, které v literatuře stále převládají, jsou těmi nejvhodnějšími pro pochopení mnohostranného fenoménu digitální transformace a jeho dopadu na všechny organizační aspekty tj. *vedení organizací, komunit, týmů*, a dokonce i *vedení, resp. kontrolu samého sebe*. B. Avolio v této spojitosti např. navrhuje, že ta to, aby vědci byli schopni v budoucnu vysvětlit vliv dopadu digitalizace na vedení, jako i na samotné lídry, budou muset zkoumat danou problematiku mimo rámec tradičních teorií (Avolio, Sosik, Kahai, Baker, 2014).

Podle studií IBM, je například zavedení a používání digitálních nástrojů v organizaci úzce spjato s *organizační kulturou a organizačními hodnotami*, které využívání technologie oceňují a tím zároveň organizace na úspěšnou implementaci digitálních nástrojů vlastně připravují. Další výzkum musí teda prozkoumat, do jaké míry organizační kultura a její hodnoty výběr a účinnou implementaci digitálních technologií v organizacích ovlivňují (Cortellazzo, Bruni, Zampieri, 2019).

Vědci také tvrdí, že vliv lídrů lze rozšířit právě posílením jejich vplyvu skrze nová média (Avolio, Sosik, Kahai, Baker, 2014), a že vedoucí týmů se musí naučit, jak správně tato média používat a aplikovat. Z empirického výzkumu také vyplývá, že na to, aby virtuální týmy fungovaly stejně jako týmy vedené tváří tvář, se od vedení vyžaduje více času a úsilí (Purvanova, Bono, 2009), i když na druhé straně zvýšená iniciativa, snaha a zvýšené množství času a energie nemusí být vždy prakticky proveditelné (Hoch, Kozlowski, 2014).

Důvěra ve virtuální týmy je podmíněna a významně souvisí také s *etikou* a jak už bylo zmíněno, *našimi hodnotami: způsobem chování vedoucích a členů týmu, rozsahem, v jakém prokazují transparentnost při interakci s ostatními, integritou a dodržováním pravidel a postupů organizace a týmu* (IBM CEO Study, 2012) a jsou teda v daném kontextu klíčovými body, které by také neměly být opomíjeny. Spolu se schopností vytvářet důvěru mezi členy týmu, jsou vedoucí virtuálních týmů také nuceni disponovat schopností výběru a využití správných komunikačních nástrojů (Jawadi 2013; Roman, 2018; Flores, 1982). Budoucí výzkum by se měl pokusit odhalit to, jak budou mít na vztah lídr-následovník vplyv i různé charakteristiky komunikačních nástrojů (Avolio, Sosik, Kahai, Baker, 2014).

Vzhledem k důležitosti významu sociálního porozumění bude v budoucnu vhodné zkoumat a analyzovat způsoby, jak dokážou lídři vytvořit a přenést pozitivní emoce pomocí pokročilé informační

technologie. V této spojitosti by bylo zajímavé hledat odpovědi na otázky, zda použití zařízení pro rozpoznávání obličeje / emocí (Fogg, 2010), a afektivní haptice (Sheridan, 1992), může přispět ke zlepšení mezilidskému emocionálnímu porozumění a sdílení a jak použití těchto zařízení ovlivňuje vztahy lídr-následovník, resp. týmovou dynamiku. V digitálním světě, kde se fyzická přítomnost stává zcela zbytečnou, se zdá, že i možnost vykonávání některých lídrovských povinností pomocí pokročilých informačních technologií zcela pravděpodobnou. Zajímavá je v téhle souvislosti i debata týkající se otázek o tom, zda mohou být roboti naprogramováni tak, aby vyjadřovali lidské emoce, a jak tahle možnost podporuje tvrzení, že v budoucnu budou roboti lepšími lídři než lidé (Avolio, Sosik, Kahai, Baker, 2014). Budoucí výzkum by měl tedy objasnit, zda a jak *roboti, algoritmy a technologické nástroje* doplňují, resp. nahrazují vedoucí pracovníky (Avolio, 2014; Winograd, 1987).

Tahle kritická literární rešerše také odhaluje nedostatek empirického výzkumu, zaměřeného na zkoumání vztahu mezi specifickými vůdcovskými schopnostmi a úspěšným výkonem ve vysoce digitalizovaných organizacích. Budoucí studie by také měly vzít v úvahu, do jaké míry může být tento vztah ovlivněn kontextem, v němž lídr působí (Orlikowski, 1992).

V tomto spojení je vhodné dodat, jak popisuje L. Cortellazzo, že i kdyby odborníci ze společenských věd prozkoumali už zmíněnou makro a mikro-úrovňovou analýzu, postrádala by literatura managementu analýzu fenoménu vůdcovství a digitalizace na mezo-úrovni (Cortellazzo, Bruni, Zampieri, 2019).

Závěr

Účelem této kritické literární rešerše bylo zmapovat akademickou debatu o vztahu mezi digitální transformací a vedením a také organizovat a strukturovat hlavní naléhavé témata na *makro, mezo* a *mikro* úrovni analýzy navrženou L. Cortellazzo a B. Avoliiem a jejich týmy. Z výše uvedeného vyplývá, že digitální transformace bude dlouhodobě úspěšná jen tehdy, pokud celková organizační strategie, resp. dlouhodobé organizační cíle budou odpovídat potřebě přijmout nové digitální nástroje nebo prostředky.

V této spojitosti je vhodné dodat, jak se v dané souvislosti domnívá např. M. McLuhan, že v současnosti je právě počítač ten, který vyjadřuje příslib okamžitého překladu jakéhokoli jazykového kódu do jiného kódu nebo jazyka, kdy právě počítač zkrátka, slibuje prostřednictvím technologie, stav univerzálního porozumění a jednoty. Důsledkem je skutečnost, že ačkoli v současnosti nejsou počítače tak účinné jako jsou kvalifikovaní lídři se schopností přesvědčit, v určitých oblastech může pokročilá informační a komunikační technologie výrazně přesahovat rámec lidských schopností.

Zde je také třeba poznamenat, že za účelem překonání problémů vyplývajících z digitální transformace se od lídrů vyžaduje, aby si rozvíjeli kombinaci *digitálních* a *lidských* dovedností, nejen v souvislosti se *schopností účinně komunikovat v digitalizovaném kontextu a vytváření soudržnosti mezi geograficky vzdálenými následovníky*, ale také v kontextu týkajícího se *podpory iniciativy a změny postojů a hodnot* jako i kontextu týkajícího se *rychlého a správného řešení složitých problémů* (Avolio, 2000; Hoch, 2014).

V závěru této kritické literární rešerše jsem také zmínil současné nedostatky, resp. otevřené otázky v literatuře a nastínil možný budoucí výzkumný program, zaměřený na možnost dalšího empirického a teoretického rozvoje znalostí.

Prameny

1. Armstrong, M., (2017). *“Armstrong’s Handbook of Human Resource Management Practice”*. London: Kogan Page Limited, ISBN 978-0-7494-7411-9
2. Avolio, B. J., Sosik, J.J., Kahai, S.S., Baker, B., (2014). *“E-leadership: Re-examining transformations in leadership source and transmission”*. The leadership Quarterly 25, 105-131, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2013.11.003>
3. Avolio, B.J., Kahai, S., Dodge, G.E. (2000). *“E-leadership: implications for theory, research, and practice”*. The leadership Quarterly 11, 615-668, DOI: [https://doi.org/10.1016/S1048-9843\(00\)00062-X](https://doi.org/10.1016/S1048-9843(00)00062-X)
4. Barrett, R., (2020). *“Why values are important: Barrett Values Centre”*. Dostupné na: <https://www.valuescentre.com/mapping-values/values/why-values-are-important>
5. Bartol, K.M., Zhang, X., (2007). *„Network and leadership development: Building linkages for capacity acquisition and capital accrual”*. Human resource management review 17, 2007. DOI: 10.1016/j.hrmr.2007.08.004
6. Byron, K., (2008). *“Carrying too heavy a load? The communication and miscommunication of emotion by email”*. Academy of Management Review, 33(2), 309–327. DOI: <https://doi.org/10.5465/amr.2008.31193163>
7. Castells, M., (2015). *“Networks of Outrage and Hope: Social Movements in the Internet Age”*. Cambridge: Polity Press, ISBN 978-0-7456-9575-4
8. Cortellazo, L., Bruni, E., Zampieri, R., (2019). *“The Role of leadership in a Digitalized World: A Review”*. Frontiers in Psychology, Volume 10, Article 1938, DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01938>
9. Český Statistický Úřad, (2020). *“Využívání informačních a komunikačních technologií v domácnostech a mezi jednotlivci – 2020”*, Dostupné na: <https://www.czso.cz/csu/czso/vyuzivani-informacnich-a-komunikacnich-technologie-v-domacnostech-a-mezi-jednotlivci-2020>
10. Český Statistický Úřad, (2020). *“Využívání informačních a komunikačních technologií v podnikatelském sektoru – 2020”*. Dostupné na: <https://www.czso.cz/csu/czso/vyuzivani-informacnich-a-komunikacnich-technologie-v-podnikatelskem-sektoru-rok-2019-aktualni-mesic-roku-2020>
11. Daassi, M., Jawadi, N., Favier, M., and Kalika, M., (2013). *“Building Collective Awareness in Virtual Teams: The effect of leadership behavioral style”*. Research gate. DOI: [10.3233/HSM-130791](https://doi.org/10.3233/HSM-130791)

12. Dennis, A. R., Fuller, R. M., & Valacich, J. S., (2008). *“Media, tasks, and communication processes: A theory of media synchronicity”*. MIS Quarterly, 32(3), 575–600. DOI: <https://doi.org/10.2307/25148857>
13. Degryse, Ch., (2016). *“Digitalization of the economy and its impact on labor market”*. European Trade Union Institute, Working paper. DOI: 10.2139/ssrn.2730550
14. Evropská nadace pro zlepšování životních a pracovních podmínek - EUROFOUND, *“Práce z domova – Homeworking”*. (2017). Dostupné na: <https://www.eurofound.europa.eu/observatories/eurwork/industrial-relations-dictionary/homeworking>
15. Evropská Unie – Eurobarometer, *“Attitudes towards the impact of digitisation and automation on daily life”*. (2017). Dostupné na: <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2160>
16. Flores, C. F., (1982). *“Management and Communication in the office of the future”*. Doctoral Dissertation in Computer Assisted Environments for Managers and Policy Makers, University of California Berkeley.
17. Fogg, BJ., (1998). *“Persuasive Computers: Perspective and Research Directions”*. CH 98, Stanford, 1998, DOI: <https://doi.org/10.1145/274644.274677>
18. Giddens, A., (1984). *“The constitution of Society: Outline of the theory of Structure”*. Cambridge: Polity Press 1986, ISBN 978-0-7456-0006-2
19. Hambley, L. A., O’Neill, T. A., Kline, T.J.B., (2007). *“Virtual team leadership: The effects of leadership style and communication medium on team interaction styles and outcomes”*. Organizational Behavior and Human Decision Processes, Vol. 103, 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.obhdp.2006.09.004>
20. Hoch, J. E., Kozlowski, S.W.J. (2014). *“Leading virtual teams: hierarchical leadership, structural supports and shared team leadership”*. DOI: <https://doi.org/10.1037/a0030264>
21. Holá, J., Moravcová, M., Hlaváčková, E., (2018). *“Communication competencies of hospital line management”*. Interdisciplinary Information Management Talks. Dostupné na: https://idimt.org/wp-content/uploads/proceedings/IDIMT_proceedings_2018.pdf
22. Iansiti, M., Levien, R., (2004). *“Strategy as Ecology,”* Harvard Business review, March 2004. Dostupné na: <https://hbr.org/2004/03/strategy-as-ecology>
23. IBM. (2012). *“CEO C-Suite Study”*. Dostupné na: <https://www.ibm.com/downloads/cas/3O8OG8RL>

24. Kane, G.C., Palmer, D., Phillips, A.N., Kiron, D., (2015). *"Is Your Business Ready for Digital Future"*, MIT Sloan management review, Corpus ID: 155150972
25. Khan, S., (2016). *"Leadership in digital age – A study on the effects of digitalization on top management leadership"*. Master Thesis, Stockholm Business School. Corpus ID: 157890085
26. Klus, F., Müller, J., (2020). *"Identifying Leadership Skills Required in the Digital Age"*. Cesifo Working Papers. Dostupné na:
<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/192995/1/1043348026.pdf>
27. Pulley, L. M., Sessa, V. I., (2001). *"E-leadership: tackling complex challenges"*. Industrial and Commercial Training". Vol. 33, No. 6. (2001), DOI: 10.1108/00197850110405379
28. Malhora, A., Majchrzak, A., Rosen, B., (2007). *"Leading virtual teams"*. Academy of management 21. DOI: <https://doi.org/10.5465/amp.2007.24286164>
29. Mertens, M., (2018). *"Liminal innovation practices: questioning three common assumptions in responsible innovation."* Journal of Responsible Innovations, Vol. 5, pp. 290-298. DOI: [10.1080/23299460.2018.1495031](https://doi.org/10.1080/23299460.2018.1495031)
30. McLuhan, M., (1964). *"Understanding media: the extensions of man"*. Berkeley: Gingko Press, ISBN 1-57423-073-8
31. Obschonka, M., Fisch, C., Boyd, R., (2017). *"Using digital footprints in entrepreneurship research: a Twitter-based personality analysis of superstar entrepreneurs and managers"*. Journal of business venturing insights 8, 13-23, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2017.05.005>
32. Orlikowski, W. J., (1992). *"The Duality of technology: rethinking the concept of technology in organizations"*. Organization Science, Vol. 3, pp. 301-441. DOI: <https://doi.org/10.1287/orsc.3.3.398>
33. Pavlíček, A., Novák, R., Böhmová, L., Yablotschnikov, S., (2019). *"Social media as data source for human resources"*. Interdisciplinary Information Management Talks., Dostupné na:
<https://idimt.org/wp-content/uploads/2019/08/IDIMT-2019-proceedings.pdf>
34. Pearce, C.L., Manz, Ch.C., Wassenaar, Ch., (2014). *"Is Shared Leadership the key to responsible leadership?"* The academy of management perspectives, Vol. 28, No. 3, 275-288.
35. Purvanova, R.K. Bono J.E. (2009). *"Transformational leadership in context: face-to-face and virtual teams"*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2009.03.004>
36. Roman, A., Van Wart, M., Wang, X., Cheoi L., (2017). *"Operationalizing the definition of e-leadership: identifying the elements of e-leadership"*. International Review of Administrative Sciences, DOI: 10.1177/0020852316681446

37. Rosenberg, T., (2011). *"Better hand-washing through technology"*. The New York Times. Dostupné na: <https://opinionator.blogs.nytimes.com/2011/11/24/an-electronic-eye-on-hospital-hand-washing/>
38. Sawy, O., Kraemmergaard, P., Amsick, H., Vinther, A. E., (2016). *"How LEGO Built the foundations and Enterprise Capabilities for Digital Leadership"*. MIS Quarterly Executive, DOI: [10.4324/9780429286797-8](https://doi.org/10.4324/9780429286797-8)
39. Sheridan, T., (1992). *"Telerobotics, Automation, and Human Supervisory Control"*. Cambridge, MA: MIT Press, ISBN-978-0-262-19316-0
40. Schoitsch, E., (2018). *"Smart systems everywhere – intelligence, autonomy, technology and society"*. Interdisciplinary Information Management Talks, Dostupné na: https://idimt.org/wp-content/uploads/proceedings/IDIMT_proceedings_2018.pdf
41. Schwarzmüller, T., Broesi, P., Duman, D., Welp, I.M., (2018). *"How does the digital transformation affect organizations?" Key themes of change in work design and leadership*. Semantic Scholar, DOI: 10.5771/0935-9915-2018-2-114
42. Stokols, D., Mishra, S., Gould-Runnerstrom, M., & Hipp, J., (2009). *"Psychology in an age of ecological crisis: From personal angst to collective action"*. American Psychologist, 64(3), 181–193. DOI: <https://doi.org/10.1037/a0014717>
43. Sudzina, F., Novák, R., Pavlíček, A., (2018). *"Impact of personality traits and gender on experiencing virtual offences"*. Interdisciplinary Information Management Talks, Dostupné na: https://idimt.org/wp-content/uploads/proceedings/IDIMT_proceedings_2018.pdf
44. Švecová, L., Veber, J., (2018). *"Novelty Digitalization, Revolution, Transformation or innovation?"* Interdisciplinary Information Management Talks, Dostupné na: https://idimt.org/wp-content/uploads/proceedings/IDIMT_proceedings_2018.pdf
45. Weintraub, K., (2012). *"Affective programming grows in effort to read faces"*. The New York Times. Dostupné na: <https://www.nytimes.com/2012/10/16/science/affective-programming-grows-in-effort-to-read-faces.html>
46. Winograd, T., (1987). *"A language/action perspective on the design of cooperative work."* CSCW' 86 : Proceedings of the 1986 ACM Conference on computer-supported cooperative work. pp.203-220. DOI: <https://doi.org/10.1145/637069.637096>

Kontaktní údaje autora

Ing. Ján Holý

Valeo Praha

Sazečská 247/2, 108 00 Praha 10, Czech Republic

+420 607 869 014

jan.holy@fs.cvut.cz, jan.holy@valeo.com,

SOUČASNÉ BARIÉRY V POUŽITÍ NÁSTROJŮ BUSINESS INTELLIGENCE PRO MALÉ A STŘEDNÍ PODNIKY

CURRENT BARRIERS IN THE USE OF BUSINESS INTELLIGENCE TOOLS FOR SMALL AND MIDDLE-SIZED ENTERPRISES

Václav Kalina, Jan Lhota, Petr Weisser

Abstrakt

Tento příspěvek se zabývá krátkým rozbohem vývoje struktury podniků v České republice ve smyslu poukázání na stálý růst malých a středních podniků, uvedením do problematiky business intelligence a vytipováním hlavních bariér při implementaci a aplikování nástrojů v těchto podnicích. Dále má poukázat na naléhavost digitalizace pro tento typ společností a jak by mohl další výzkum, který by byl již čistě zaměřený na strojírenský průmysl, potvrdit hypotézu ziskovosti, respektive „přežití“ v konkurenčním prostředí.

Klíčová slova: Malé a střední podniky v ČR, business intelligence a její využití v podnikovém řízení, bariéry využití nástrojů business intelligence

Abstract

This paper deals with a brief analysis of the development of the structure of enterprises in the Czech Republic in terms of pointing to the steady growth of small and medium-sized enterprises, introducing the issue of business intelligence and selection of barriers in the implementation and application of tools in these companies. It should also point out the urgency of digitization for this type of company and how further research, which would already be purely focused on the engineering industry, could confirm the hypothesis of profitability, or "survival" in a competitive environment.

Key words: Small and middle-sized enterprises, business intelligence and its use in business management, barriers in the use of business intelligence tools

Úvod

Pouze malé procento firem nejen v České republice začalo již před pandemií virem covid-19 digitalizovat na základě konceptu Průmysl 4.0. Tato situace vedla k ještě většímu prohloubení propasti mezi digitalizovanými a nedigitalizovanými podniky. Mezi digitalizovanými společnostmi se nachází převážně větší podniky, které jsou schopné ospravedlnit náklady na implementaci určitých nástrojů nebo systémů, mezi které patří i nástroje business intelligence, jelikož v nich vidí především potenciál pro zlepšení efektivity podnikového řízení, možná i nutnost pro podnik 21. století. Nicméně vývojem programů a změnami na trhu se stávají tato řešení dostupná i malým a středním podnikům. Cílem tohoto článku je poukázat na podstatu používání nástrojů BI pro digitalizaci právě v SME, nástrahy implementace, možnosti následné aplikace a nastínit dalšího výzkumu, který by měl potvrdit důležitost řešení v této oblasti průmyslového řízení.

1 Vývoj struktury podniků v ČR

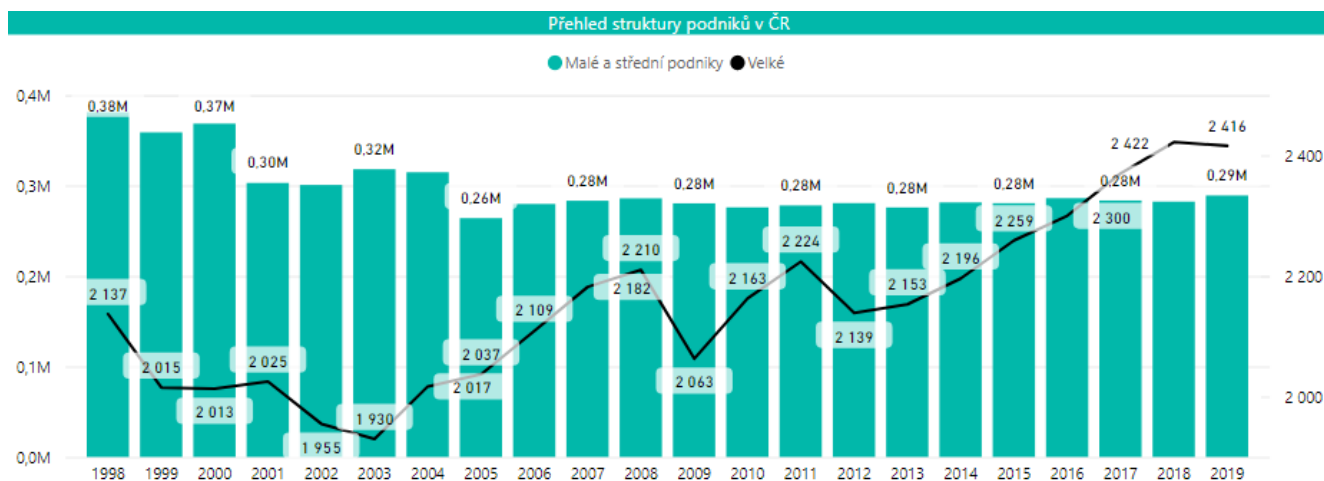
Toto rozdělení a analýza struktury podniků je v tomto článku z důvodu zaměření na malé a střední podniky, a tedy z důvodu přiblížení vývoje této struktury.

Podniky se dělí dle Evropské komise na malé, střední a velké, kdy kritéria pro rozdělení podniků jsou:

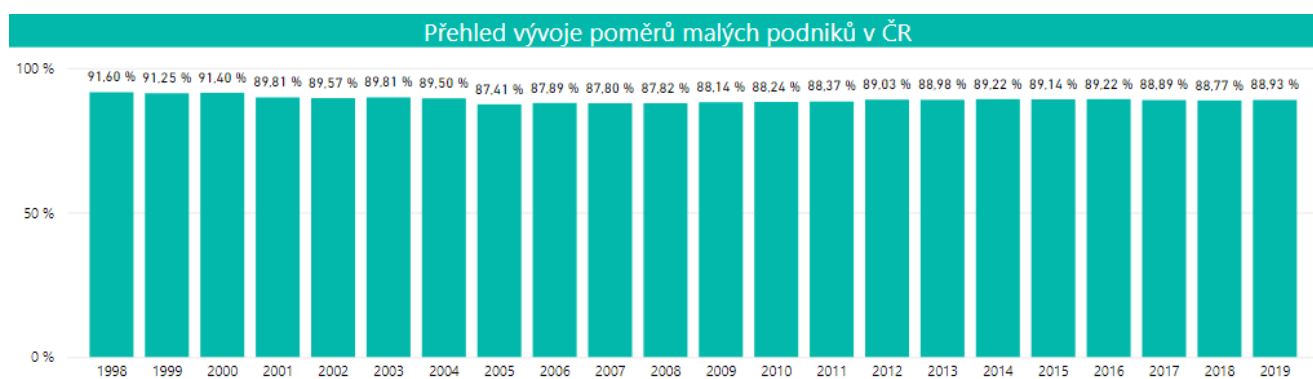
- Malé podniky musí mít méně než 50 zaměstnanců a obrat menší než 10 milionů Euro
- Střední podniky musí mít méně než 250 zaměstnanců a obrat menší než 50 milionů Euro
- Pokud kritéria podniku přesahují tuto mez, následně je podnik zařazen jako velký. (Anon. 2019b)

Dále uvedený graf 1 ukazuje přehled vývoje struktury podniků v ČR od roku 1998 až do roku 2019, tedy do doby před začátkem pandemie COVID-19. V tomto grafu je možné sledovat malé a střední podniky (SME), které zaujímají většinu současných podniků v ČR. Graf má dvě svislé osy, přičemž osa na levé straně grafu zobrazuje hodnoty pro malé a střední podniky, osa pravá je pro velké podniky, kde počet těchto podniků je několik málo tisíc kusů na rozdíl od SME, které dosahují několika stovek tisíc kusů. Následující graf 2 prokazuje, že procentuálně je vývoj SME v ČR stabilní a dosahuje stále hodnot okolo 90 %. Z tohoto důvodu jsou SME důležitým prvkem v současném procesu digitalizace, a tedy implementace nástrojů BI, které jsou pro tyto podniky potřebné pro zajištění jejich konkurenceschopnosti na trhu. Pouze podniky, které budou mít dostatečné informace o svém podniku, trhu, zákaznících a ostatních entitách, které ovlivňují jejich ziskovost a životaschopnost, budou mít možnost nejen překlenout současnou krizi pandemie COVID-19, ale budou mít možnost do budoucna konkurovat podnikům, které tyto nástroje nepoužívají.

Další průzkum současného trhu podniků v ČR a další dotazníkové šetření by měli nastínit přesnější obraz současného stavu těchto podniků se zaměřením na využití nástrojů BI jakožto primárním zdrojem informací pro tyto podniky.

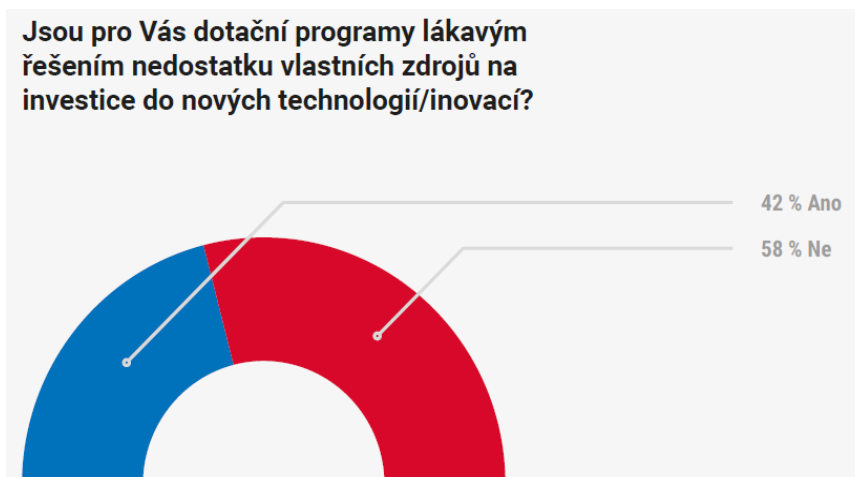


Graf. 1: Přehled struktury podniků v ČR (vlastní)



Graf. 2: Přehled vývoje podílu malých podniků v ČR (vlastní)

V návaznosti na Barometr českého průmyslu v období druhého kvartálu letošního roku, můžeme říct, že covid-19 zvýraznil nedostatky českých společností v digitalizaci a problémy uzpůsobit se náhlé změně ve fungování. (Anon, 2021a) Většina dotazovaných osob, ať už ředitelé společností nebo vedoucí pracovníci vědeckých institucí, se shodli na tom, že by se mělo na digitalizaci přerozdělovat více finančních zdrojů a jsou si vědomi existence dotačních programů. Nicméně, jak můžeme vidět v grafu 3, jen 42 % z nich tyto programy vidí jako lákavé řešení. Ředitelům společností vadí podniky, které se drží při životě jen díky dotacím, a proto by sami preferovali jiné formy podpory od státu. Dále je v řadě odpovědí cítit lehký pesimismus vzhledem k Národnímu plánu obnovy, který dle dotazovaných lidí, řeší digitalizaci jen okrajově. Na grafu 4 je znázorněno co by tento pohled na dotační programy změnilo.



Graf. 3: Procentuální rozdělení dotazovaných ohledně lákavosti k dotačním programům pro investice do nových technologií (Anon, 2021a)



Graf. 4: Bodové ohodnocení možností, které by zlepšily využitelnost dotačních programů pro společnosti (Anon, 2021a)

Z praktického pohledu můžeme tedy konstatovat urgentnost řešení tohoto problému, a to jak na základě stoupajícího počtu SME, tak na názoru ostatních firem na trhu. Podnikům, které nebudou digitalizovat, hrozí pomalejší fungování nebo zahlcení daty od dodavatelů, což stejně povede k donucení společností směrem k digitalizaci, avšak až v momentě, kdy může být pozdě. Digitalizace za pomoci nástrojů BI má samozřejmě i své překážky, na které narážím v třetí části článku, ale domnívám se, že je použití business intelligence budoucností pro malé a střední společnosti.

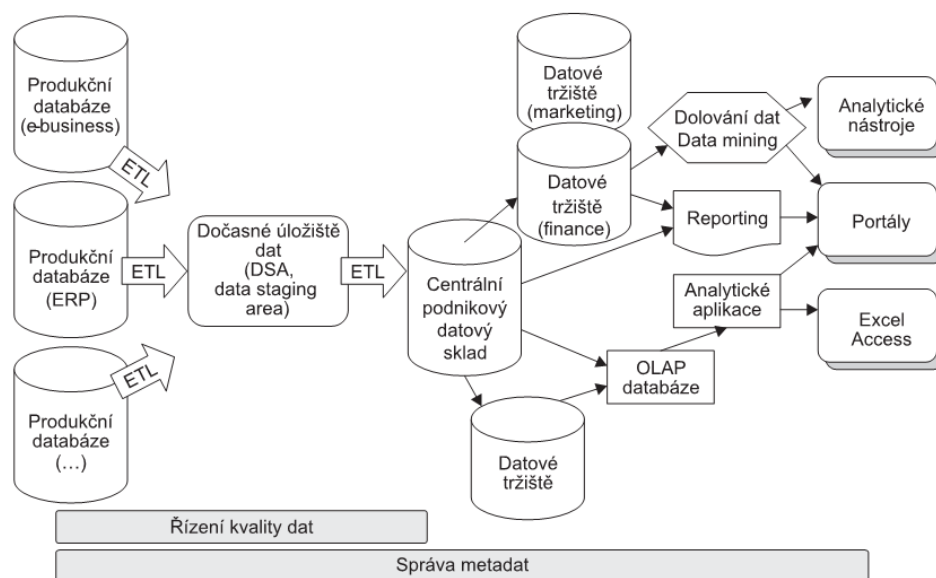
2 Business intelligence

Následující podkapitoly popisují základní definici pojmu business intelligence, jaké nástroje se na trhu aktuálně objevují a podle čeho se dělí. Následně je uvedena bližší charakteristika vybraných nástrojů, jejich přímé porovnání a vhodnost aplikování.

2.1 Definice pojmu business intelligence

První psanou zmínku o pojmu business intelligence můžeme nalézt v práci Richarda Millera pojmenovanou „Cyclopaedia of Commercial and Business Anecdote;...“, který ji použil pro popsání Sira Henryho Furnese v roce 1865. Sir Henry Furnese se stal bankéřem krále, měl tedy možnost sbírat a zpracovávat určité množství dat o politickém i ekonomickém dění. Jeho jednání se však stalo zákeřným, a to v podobě manipulování s trhem a cenami na burze. (Devens, 1865) Termín, jak ho známe dnes, poprvé představil Howard Dressner roku 1989, když shrnoval metody, které za pomoci faktů a informací pomáhají obchodnímu rozhodování. (Burstein a Holsapple, 2008)

Principiálně se použití business intelligence dělí na několik fází. Zobecněnou architekturu řešení BI můžeme pozorovat na Obr. 1. Na začátku musí vždy existovat určitá zdrojová databáze, která může mít podobu komplexních CRM (Customer Relationship Management), ERP (Enterprise Resource Planning) a SCM (Supply Chain Management) aplikací až po jednoduché excel tabulky. Z těchto zdrojů se poté za pomoci komponenty ETL (**Extract, Transform and Load** neboli **extrahovat, transformovat a nahrát**) námi vybraná data přeformují a uloží do tzv. analytických databází, kde už se nevyskytují duplicitní, nekonzistentní ani jinak poškozené a nepoužitelné záznamy. Tyto databáze jsou v nedetailní a neagregátní formě uložena v dočasných úložištích dat. Následně musí znovu proběhnout proces ETL, kde se data dělí podle časového rozlišení, typu a vzájemně se integrují v datový sklad, který je dále decentralizovaný do několika datových tržišť. Datová tržiště jsou ve své podstatě menší datové sklady, které jsou určeny pro jednotlivá oddělení, a tedy menší počet uživatelů. V poslední fázi dochází k analytickému použití dat pro následující kroky v řízení podniku. Většinou se jedná o nějaký specifický druh reportingu, analýzu trendů nebo nahrání do OLAP (Online Analytical Processing) databáze, kde už jsou data agregována dle předurčených kritérií a struktur. Během všech fází je důležité udržet vysokou datovou kvalitu, která se hodnotí dle čtyř kritérií a to dostupnosti, přesnosti, úplnosti a konzistence. Nakonec musí existovat správa tzv. metadat, což jsou informace o datech např. popis informačního systému a jeho použití. (Gála et al., 2015)



Obr. 1: Zobecněná architektura řešení business intelligence v podniku (Gála et al., 2015)

2.2 Gartnerův magický kvadrant

K určení aktuálního stavu na trhu IT se využívá metodika analýzy trhu od společnosti Gartner s názvem „Gartnerův magický kvadrant“. Tato metodika rozděluje dodavatele SW na 4 segmenty.

- **Vyzyvatele**, kteří nemají postačující vizi pro dlouhodobé dodávání technologického řešení, nicméně mají k dispozici dostatečný kapitál a jsou v pokročilém stádiu realizace.
- Dále pak, **specializované hráče**, již dokážou uspokojit jen určitý segment trhu, většinou se jedná o zcela nové dodavatele nebo dodavatele, kteří se záměrně specializují.
- Poté **lídry**, poskytující dostatečně vyspělé služby z pohledu potřeb aktuálního trhu a vlastně celý trh ovlivňují.
- A nakonec **vizionáře**, kde je vize dodavatele shodná s vizí společnosti Gartner, není však jasné, jestli tento dodavatel bude schopen dodávat produkt s přidanou hodnotou ve shodě se svojí vlastní představou. (Žák a Kreuziger, 2013)

Jak můžeme vidět na Obr. 2, aktuálními lídry jsou dodavatelé Microsoft (PowerBI), Tableau a Qlik, proto bych se v tomto článku na nástroje těchto společností rád zaměřil.

Všichni tito dodavatelé nabízí tzv. Self Service BI nástroje, které reprezentují významný tržní trend. Snahou těchto instrumentů je ulehčit práci IT oddělením, kterým po implementaci sice stále zůstávají některé povinnosti, např. správa firemních databází (Pour et al., 2018), avšak sníží se požadavky od koncových uživatelů, kteří mohou data analyzovat, filtrovat, vizualizovat a dále vyhodnocovat, sami bez jejich pomoci.



Obr. 2: Gartnerův magický kvadrant pro analytické a BI platformy (Richardson et al., 2021)

2.3 Microsoft PowerBI

Nástroj PowerBI od společnosti Microsoft se skládá ze tří základních programů.

- **PowerBI Desktop**, aplikace pro desktop operačního systému Windows
- **PowerBI Service**, online SaaS, která umožňuje přístup k informacím rovnou z webového prohlížeče
- **PowerBI Apps**, aplikace určená pro mobilní zařízení s operačními systémy Windows, iOS i Android (Anon, 2020b)

Při využívání tohoto komplexního nástroje se většinou začíná v desktopové aplikaci, kde se nejdříve musí z určitého zdroje „nainportovat“ vstupní data. (Pour et al. 2018) Data mohou být v různých formátech od Excel souborů, různých SQL (Structured Query Language) databází až po strukturovaný textový dokument. Následuje zpracování, které může představovat definování relací mezi tabulkami nebo pokročilejší postupy pomocí speciálních funkcionalit známé i z ostatních Microsoft aplikací, hlavně Power Pivot, Power Query a DAX (Data Analysis Expressions), umožňující definovat výpočty a zautomatizovat zpracování hrubých dat. Z těchto dat se tedy pak stanou informace, které můžeme prezentovat za pomoci dashboardů nebo vizualizací KPI (Key Performance Indicators). Přístup k výsledkům a datovým modelům je personálu sdílen právě díky dalším dvěma součástem – ať už na mobilních zařízeních anebo skrz webový prohlížeč připojený k firemnímu cloudu.

PowerBI se nachází nejvýše v kvadrantu lídrů trhu, jelikož je aktuálně trh zaměřen na používání cloud řešení, kde společnost Microsoft spravuje a nadále rozšiřuje svoji službu Power BI Cloud, kterou nabízí v rámci balíčku Office 365 za ceny se kterými se konkurence s jejich službami může těžko porovnávat. Zároveň nabízí propojení s Microsoft Teams, což se zejména během doby ovlivněné koronavirem, ukazuje jako klíčové.

2.4 Qlik

Společnost Qlik nabízí dva hlavní produkty. Starší program **Qlik View**, který je zaměřen především na návodnou analytiku a je vhodný spíše pro pracovníky se zaměřením na zpracování hrubých datových modelů, vzorců a relací mezi tabulkami, zatímco **Qlik Sense** poskytuje komplexní self-service BI s možností různých vizualizací a jednoduššího ovládání na dotykových obrazovkách. Qlik aktuálně spravuje a vyvíjí oba programy, nicméně všechny hlavní funkce, které nabízí verze View jsou obsaženy také ve verzi Sense a společnost sama nabádá k migraci ze staršího programu do nového. (Pour et al., 2018; Anon, 2021b). V rámci této kapitoly se zaměřím nejvíce na novější **Qlik Sense**, který můžeme rozdělit na 3 základní programy.

- **Qlik Sense Desktop**, určený pro nekomerční použití na místních počítačích, hlavními funkcemi je import a vizualizace dat.
- **Qlik Sense Enterprise**, který navíc od programu Desktop nabízí sdílení dat mezi více uživateli, tvorbu aplikací pro zaměstnance a propojení s podnikovou sítí.
- **Qlik Sense Cloud**, představuje kombinaci dvou předchozích programů, výhodou je podpora webových prohlížečů a fakt, že do 5 uživatelů je možno totožnou aplikaci používat zdarma. (Pour et al., 2018)

Co se týče formátu vstupních dat se Qlik od konkurentů neliší. Nevýhodou může představovat nízká uživatelská přívětivost v porovnání s programem PowerBI, který grafickým rozhraním připomíná aplikaci Microsoft Excel a orientace v něm je pro zaměstnance jednodušší a intuitivnější.

2.5 Tableau

Dodavatel Tableau dělí nástroje BI na větší počet produktů než jeho konkurence.

- **Tableau Desktop**, cílený na datové analytiky v podniku k vytvoření rychlých výstupních reportů a prezentací.
- **Tableau Public**, služba sloužící k veřejnému sdílení vizualizací na webovém portálu.
- **Tableau Server**, platforma pro sdílení firemních dat, jejich aktualizaci a publikování různých interaktivních prezentací mezi zaměstnanci podniku (může se nacházet fyzicky ve společnosti nebo v cloudu).
- **Tableau Online**, v podstatě využití Tableau Server formou softwaru jako služby (SaaS), veškeré zabezpečení a infrastrukturu zajišťuje Tableau a firmy mohou skrze cloud sdílet veškeré výstupy.
- **Tableau Mobile**, aplikace určená k editaci a zobrazení dashboardů na mobilních zařízeních.

Tableau Desktop je k dispozici zdarma ve zkušební čtrnáctidenní době, po které musí podnik každému uživateli koupit samostatné licence. Ty se od sebe odlišují dle typů zdrojových dat, které lze importovat (**Personal** nebo **Professional** Edition). (Pour et al., 2018)

Výhodou oproti konkurenci je využití tzv. WDC (Web Data Connector) pro zpracování veřejně vytvořených formátů. Uživatel se tak může připojit k různým externím aplikacím a webům jako např. Spotify nebo Reddit a data pak dále zpracovávat.

Tři předchozí zmíněné programy se liší v grafickém rozhraní, zpracování vstupních dat, nastavení výpočtů, možnosti výstupů a ceníku služeb, nicméně fungují na podobném principu popsaném v první kapitole. Volbu jednoho z nich lze zdůvodnit až při praktické analýze a aplikaci v podniku.

2.6 Přímé porovnání

V následující Tab. 1 můžete vidět vlastní porovnání výše zmíněných programů BI.

Tab. 1: Vlastní porovnání programů Tableau, QlikView/Sense a PowerBI (vlastní)

Oblast	Tableau	QlikView/Sense	PowerBI
Vizualizace dat	3	1	2
Analytika	1	3	2
OLAP	-		
Exportní formáty			
Integrace dat	1	2	3
Integrace velkých dat	1	2	3
Min. cena za program	770 Kč/měsíc/osobu	655 Kč/měsíc/osobu	250 Kč/měsíc/osobu
Max. cena za program	1500/měsíc/osobu	600.000 Kč (SaaS)	100.000 Kč/měsíc (SaaS)
Min. cena za zácvik	30.500 Kč/osobu/kurz	15.000 Kč/osobu/kurz	3.800 Kč/osobu/kurz
Max. cena za zácvik		76.000 Kč/osobu/kurz	6.500 Kč/osobu/kurz

hodnocení: 1–3 body
více bodů znamená lepší program pro dané kritérium
zelená barva zvýrazňuje nejlepší program pro dané kritérium
červená barva označuje zbylé programy u daného kritéria
oranžová barva označuje oblast, kde jsou programy podobné a nejsou z toho důvodu hodnocené

1. Vizualizace dat – vizuální prezentace dat pro snadné pochopení obsahu

- V této oblasti jasně vede program **Tableau**, který vede k intuitivní vizualizaci dat i pro uživatele neobeznámené s technikalitou nástrojů BI, nabízí funkci drag-and-drop a jednoduché přizpůsobení jednotlivých dashboardů. (Anon, 2019a)
- **PowerBI** uživatelům umožňuje rychle vizualizovat data hlavně díky podobnému UI, které mají ostatní programy od Microsoftu, především Excel, jehož funkce lze v Power BI použít.
- Nejméně body je ohodnocen **Qlik**, jelikož disponuje spíše standardizovanými reporty, metrikami a KPI.

2. Analytika – kvantifikování informací a vyhodnocování trendů pro lepší predikci budoucích podnikových možností (a tj. výpomoc v následném rozhodování)

- **Tableau** umožňuje pokročilou analýzu dat včetně průzkumu skrze mobilní zařízení a podporu pro komplexní pracovní toky, nicméně nenabízí dostatečně intuitivní průvodce při prvotní analýze dat.
- **Qlik** je na rozdíl od svých konkurentů schopný kombinovat nespočet datových zdrojů bez větší prvotní přípravy a umožňuje uživatelům vytvářet přizpůsobitelné analýzy, které se dají upravovat během používání v reálném čase.

- Opakovaným benefitem programu **PowerBI**, je jednoduchost použití pro uživatele, kteří jsou zvyklí z ostatních programů společnosti Microsoft, týká se to i analytiky, kde od přípravy dat pro analýzy, po organizaci a interpretování výsledků, je vše jednoduché k naučení, pochopení a hlavně nenákladné. (Richardson et al., 2021; Anon, 2019a)
3. **OLAP a Exportní formáty – multidimenzionální analýza dat (slouží pro složitější výpočty a popisy trendů) a formáty ve kterých lze dashboardy nebo reporty vyexportovat**
- Standardní funkce OLAP pro analýzu dat do nejhlubších vrstev, propojení s databázemi a exportování dat v různých formátech zvládají všechny tři programy na stejně dobré úrovni, proto nejsou v této tabulce ohodnocené, nicméně je tyto oblasti stále důležité zmínit.
4. **Integrace a integrace velkých dat – možnosti propojení BI nástroje s různými zdroji a funkcionalitami (od běžných dat až po tzv. „Big data“)**
- **Tableau** nabízí základní integraci a podporu pro JavaScript, avšak propojení s dalšími programy, jakými jsou např. Google Analytics nebo SAP musí probíhat skrze API (Application Programming Interface), co se týče integrace tzv. big dat, se lze napojit na klasické relační databáze, různé SQL apod.
 - Na rozdíl od Tableau je u programu **Qlik** sofistikovanější možnost použití API, ale hlavní výhodou je koordinované propojení s aplikacemi SAP nebo Excel a integrace nestrukturovaných dokumentů ve formátu XML (Extensible Markup Language). U velkých dat si vede o něco lépe než Tableau z důvodů možnosti integrace z širší škály zdrojů. (Anon. 2019a)
 - Nejlépe ohodnocené **PowerBI** je schopné analyzovat data z databází MySQL, Oracle, Facebook aj. pokud se jedná o malá data, v případě velkých dat existuje dceřiný program Microsoft Azure pro spravování data center, který je v kombinaci s PowerBI nejlepším řešením pro streamování dat v reálném čase a R-analýzy.
5. **Cena za program a zácvik – obecný popis nákladů za nástroj a školení, které je k nástrojům nabízeno**
- Tuto oblast je složité ohodnotit z důvodů komplexnosti a různých obchodních modelů jednotlivých firem, proto nemají v tabulce body, nýbrž minimální a maximální částky za jednotlivé služby
 - Všechny tři programy nabízejí alespoň nějaký přístup k verzi hlavního programu zadarmo a postupně funkce se skrývají za předplatným na měsíční nebo roční bázi. Tyto „free“ verze se od sebe liší v zásadním přístupu a filozofii softwarové společnosti.
 - **PowerBI** limituje zpracování dat v reálném čase, dále neumožňuje export do PowerPointu nebo CSV (Comma-Separated Values) souborů, ale zejména nelze sdílet dashboardy a reporty s dalšími uživateli BI. (Anon, 2021c; Anon, 2015)
 - **Tableau Public** má na rozdíl od ostatních programů nabízených firmou Tableau, snížený počet formátů, které lze importovat do programu, nenabízí lokální uložení souborů ani automatizaci ale primárním problémem pro společnost představuje slovo „public“ v názvu, jelikož označuje, že veškeré sdílené reporty a vizualizace jsou veřejně dostupné bez jakýchkoliv zabezpečení skrze webové rozhraní. (Anon, 2020a; Anon, 2018)
 - **Qlik** jako jediný neumožňuje přístup k programu, který by byl pro podniky čistě zadarmo, ale jen ke 14denní verzi plnohodnotného programu Qlik Sense Desktop, kde Qlik přestal kompletní verzi zadarmo dodávat na přelomu roku 2019 a 2020,

bezplatně lze využít QlikView Personal Edition, který je ale zdarma jen pro osobní použití nebo malé start-upy. (Anon, 2016)

- Z důvodů velké rozmanitosti bezplatných řešení jsem tyto skutečnosti v Tab. 1 a přímém porovnávání nezohledňoval, avšak dle mého názoru nejlepší bezplatné řešení nabízí Microsoft se svým PowerBI, jelikož i tato verze může malému podniku pomoci se základy podnikového řízení skrze své vizualizační možnosti a funkce.
- SaaS neboli Software as a Service, která funguje na principu poskytování softwaru, který se nenachází na lokálních počítačích, nýbrž na serverech dodavatele, je na první pohled nejdražší možností implementace programu, ale lze díky tomu ušetřit náklady na vlastní IT řešení.
- Ceny u zácviku se liší zejména z důvodů různých délek kurzu, počtu lidí, kteří kurz mohou absolvovat a hloubkou znalostí.
- Na závěr je důležité říct, že je složité porovnat tyto programy napřímo dle ceny, jelikož každý podnik má individuální potřeby a požadavky.

Po tomto porovnání je dle mého názoru pro malý nebo střední podnik nejlepším programem **PowerBI**, díky zakomponování programu do ekosystému společnosti Microsoft, přípravě a vizualizaci dat, importu z různých programů, exportu v různých formátech a hlavně nízkých nákladech na implementaci a používání.

3 Příklady konkrétních bariér a možných řešení

Pro jednodušší identifikaci a konkretizaci bariér ovlivňující úspěšnost implementace a používání nástrojů BI, bych si dovolil, s odkazem na citované příspěvky a obecnou literaturu, rozdělit bariéry na dvě skupiny:

- bariéry, se kterými se potýkají zejména velké podniky (dále jen **BVP**)
- bariéry, které nad rámec BVP ovlivňují menší nebo střední podniky (dále jen **BMSP**)

3.1 BVP

Mezi tento typ bariér v první řadě patří nestandardizované procesy, které plynou z chybějící strategie pro IKT (Informační a komunikační technologie) s čímž je spojena i tvorba velkého objemu nestrukturovaných nebo vyloženě nepoužitelných dat bez metadat. (Ramesh a Ramakrishna, 2018)

Dále pak využívání zastaralých nástrojů nebo neznalost, jak programy, které podniky využívají každý den, správně používat. (Ramesh a Ramakrishna, 2018) Zde jde často i o to, že podnik implementuje nástroj bez předchozí analýzy nebo vyzkoušení v daném podniku např. jenom protože ho používají konkurenti.

Nakonec se často podniky obávají zabezpečení jejich dat při používání těchto nástrojů, přičemž jde zejména o práci s cloudem, kdy se data nenachází na fyzickém serveru umístěném v podniku, ale u dodavatele.

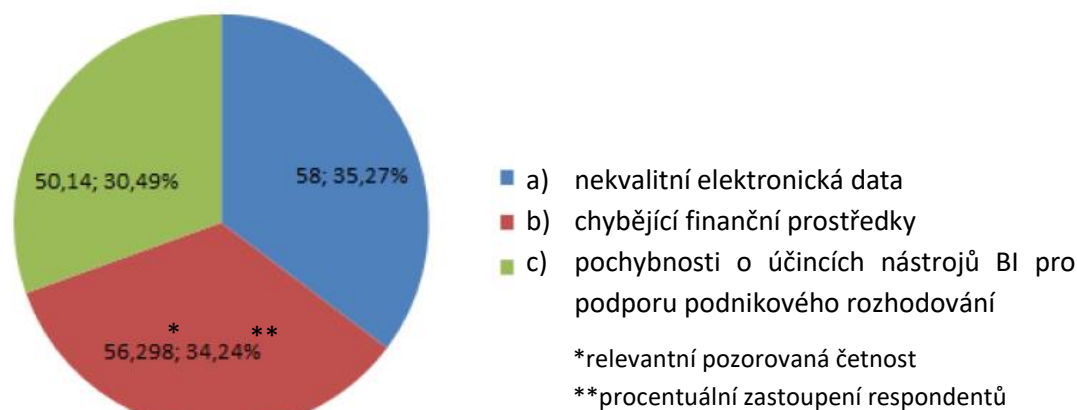
3.2 BMSP

S níže uvedenými bariérami musí podnik počítat navíc k BVP:

- **náklady**, které mohou být kriticky limitující oproti velkým podnikům s většími finančními zdroji
- **nízké nebo neexistující lidské zdroje v IT**, velké podniky často mají vlastní IT oddělení, zatímco u SME je řešení často outsourcováno nebo jej zastřešuje jediný člověk ve firmě

- **vnímání a povědomí**, kde často malé a střední společnosti nevnímají nástroje BI jako přínos nebo jen jako nástroj pro velké podniky, především protože neví, co to vůbec BI znamená ani jaké jsou hlavní výhody implementace
- **nedostatečná angažovanost nebo závazek managementu** (Ayoubi a Aljawarneh, 2018)

Tyto skutečnosti vychází i z výzkumu použití nástrojů BI v oblasti SME od Todorova. Jak můžeme vidět v grafu 5, nejčastější bariérou bránící nasazení BI jsou nekvalitní elektronická data, následovaná chybějícími finančními prostředky a pochybnostmi o účincích těchto nástrojů pro podporu podnikového rozhodování.



Graf. 5: Bariéry bránící implementaci nástrojů BI v podniku (Todorov, 2014)

Samozřejmě bariéry používání těchto nástrojů nekončí jen u samotné implementace. Je to běh na dlouhou cestu, která ale v několika budoucích letech rozhodne, zda má podnik šanci přežít na aktuálně velmi konkurenčním trhu. Domnívám se, že nástroje BI nejsou již budoucností jen pro velké podniky, nýbrž i pro malé a střední podniky, jelikož náklady na zavedení i správu těchto systémů v několika minulých letech drasticky klesly a práce s nimi se zjednodušila.

Univerzální řešení pro podniky zatím neexistuje, ale ideálním směrem, kterým by se skoro každá firma měla v několika následujících letech vydat, je rozšíření povědomí o BI, následně zkusit vyprojektovat model, který by se v dané společnosti dal využít a implementovat, a nakonec postupně digitalizovat co největší možnou část systémů podniku pro jednodušší, efektivnější, a především hospodářsky výhodnější podnikové řízení a správu.

Dle mého názoru je nejakutnější bariérou implementace i následného používání forma dat. V podnicích se většinou nachází data v nestrukturované formě, což brání jejich použití v následujících analýzách a reportech. Je to z toho důvodu, že podniky nevidí v používání nástrojů smysl nebo se jim jeví jako příliš drahé, a proto netlačí na strategii v IKT. Avšak i to se dá v dnešní době řešit nízkonákladovou cestou. Pokud středně velký podnik disponuje pracovníkem IT, může ho určitým finančním bonusem namotivovat k samostudiu a expanzi vědomostí BI např. za pomoci různých návodů na internetu, případně ho poslat na kurz. Poté může tyto vědomosti začít aplikovat na programech, které většina společností již vlastní, jako Microsoft Excel. Pokud vedení firmy uvidí využití těchto programů jako přínosné pro řízení, až poté může začít alokovat větší prostředky a zařadit používání sofistikovanější nástrojů BI.

U malých podniků, jen málokdy existuje vyhrazený zaměstnanec pro IT, zde budou počáteční náklady větší, jelikož se pro ukázkou implementace většinou musí použít externí společnost nebo kompletní řešení outsourcovat, ale i zde má použití takových nástrojů smysl zejména z hlediska lepšího plánování a zjištění aktuálního stavu společnosti.

4 Nástin dalšího výzkumu

Jak již bylo zmíněno v první části článku, ideálním dalším krokem z mé strany je podrobnější analýza aktuálního využití těchto nástrojů skrze dotazníkové šetření. Jelikož bych se chtěl v následujících pracích zaměřit čistě na podniky ve strojírenském průmyslu bude důležité tyto společnosti správně klasifikovat (tj. klasifikace NACE C 24 až 30). S ohledem na velikost jsou mým cílem podniky menší, jelikož zde bude změna před a po digitalizaci nejvýraznější. Klíčová bude i korektní formulace a obsáhlost otázek např. proč a jak tyto podniky nástroje BI využívají. Samozřejmě najít malé podniky, které touto cestou digitalizací prošly nebude jednoduché, proto bude případně nutné zahrnout i podniky střední velikosti nebo zanalyzovat velké podniky a pak tyto poznatky implementovat na SME.

Z důvodů podstatné složitosti ekonomické kvantifikace přínosů nástrojů BI bych se tímto tématem rád dále zabýval v následující práci se zaměřím na vytvoření postupu, dle kterého by se po výběru a analýze určitých klíčových ukazatelů dalo říct, jaká by mohla být ziskovost, respektive ztrátovost v případě oné digitalizace v podobě business intelligence. Poté by se na tuto práci dalo navázat např. koncepčním nástrojem implementace pro malé podniky, kde by došlo k vytvoření šablony, aby se společnostem nejen snížila nákladovost, ale také usnadnila práce v nástrojích BI především tak, aby byli nuceni jen minimálně zasahovat do datového modelu a používat programování, respektive dotazování skrze SQL.

Závěr

Na základě analýzy vývoje struktury podniků je patrný vyrovnaný poměr počtu SME oproti velkým podnikům. Zároveň se obchodní ředitelé společností shodují na potřebě alokace větších finančních zdrojů směrem k digitalizaci v budoucích letech. Po definování a bližšímu popsání vybraných nástrojů BI lze konstatovat, že softwarové společnosti nabízí rozmanité nástroje a snaží se je nabídnout co nejširšímu spektru podniků, obzvláště poskytováním self-service řešení. Nicméně u přímého porovnání narážíme na různé přístupy od vizualizace dat po cenovou politiku a tím i rozdílné vhodnosti pro implementování a aplikaci u malých a středních podniků. Tímto zde vzniká potřeba vytvoření univerzálního modelu, který by se na tento typ podniků dal rozsáhle aplikovat a tím minimalizovat zejména nákladové bariéry a potřebu specializovaných IT pracovníků. Dále by v aktuální situaci ze strany akademické sféry bylo vhodné připravovat odborné pracovníky, kteří budou nástroje BI umět využít do jejich plného potenciálu a ze strany firem docházet ke zlepšení povědomosti o používání oněch nástrojů k řešení problematiky podnikového řízení.

Tento článek je limitovaný nedostatkem informací o digitalizaci skrze nástroje BI v podnicích, ovšem v rámci následujícího výzkumu by se měly určit specifické bariéry strojírenských podniků z vybraných kategorií NACE. Dále se pokusit o jejich podrobnější popis a alespoň částečné vyřešení na základě čeho by se dále stanovily lepší základy pro určení hypotéz ziskovosti a využitelnosti koncepčního modelu pro SME.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS20/163/OHK2/3T/12.

Prameny

1. Anon., 2015. Power BI pricing: Analytics for every organization. *PowerBI Microsoft* [online] [vid. 2021-08-25]. Dostupné z: <https://powerbi.microsoft.com/en-us/pricing/>
2. Anon., 2016. Qlik Pricing. *Qlik* [online] [vid. 2021-08-25]. Dostupné z: <https://www.qlik.com/us/pricing>
3. Anon., 2018. Pricing for data people: Options to fit people and organizations with different data needs. *Tableau* [online] [vid. 2021-08-25]. Dostupné z: <https://www.tableau.com/pricing/teams-orgs>
4. Anon., 2019a. *Competitive report: Tableau vs QlikView vs PowerBI* [online]. 1st ed. Dostupné z: <https://www.smetricinsights.com/wp-content/uploads/2021/03/Tableau-VS-QlikView-VS-Power-BI-2019-Update.pdf>
5. Anon., 2019b. *Uživatelská příručka k definici malých a středních podniků* [online]. Evropská unie: Lucemburk: Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 2021-08-27]. ISBN 978-92-79-69931-3. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42903/attachments/1/translations/cs/renditions/pdf>
6. Anon., 2020a. About: What is Tableau Public? *Tableau Public* [online] [vid. 2021-09-22]. Dostupné z: <https://public.tableau.com/en-us/s/about>
7. Anon., 2020b. *Dokumentace k Power BI* [online] [vid. 2021-08-04]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/cs-cz/power-bi/>
8. Anon., 2021a. *Barometr českého průmyslu* [online]. 2021. [vid. 2021-08-27]. Dostupné z: <https://www.ncp40.cz/files/barometr-ceskeho-prumyslu-2021.pdf>
9. Anon., 2021b. Differences between QlikView and Qlik Sense. *Quik Help* [online] [vid. 2021-08-05]. Dostupné z: https://help.qlik.com/en-US/qlikview/May2021/Content/QV_HelpSites/Difference-qlikview-qliksense.htm
10. Anon., 2021c. Power BI feature list for business users and others with free licenses. *Microsoft PowerBI Documentation* [online] [vid. 2021-09-22]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/consumer/end-user-features>
11. AYOUBI, Eyad a Shadi ALJAWARNEH, 2018. Challenges and opportunities of adopting business intelligence in SMEs: collaborative model. In: *DATA '18: Proceedings of the First International Conference on Data Science, E-learning and Information Systems* [online]. s. 1–5. ISBN 978-1-4503-6536-9. Dostupné z: doi:10.1145/3279996.3280038
12. BURSTEIN, Frada a Clyde HOLSAPPLE, 2008. *Handbook on Decision Support Systems 2*. 1. vyd. Berlin: Springer - Verlag. ISBN 978-3-540-48715-9.
13. DEVENS, R. M., 1865. *Cyclopaedia of commercial and business anecdotes; comprising interesting reminiscences and facts, remarkable traits and humors ... of merchants, traders, bankers ... etc. in all ages and countries ...* New York; London: D. Appleton and Company.
14. GÁLA, Libor, Jan POUR a Zuzana ŠEDIVÁ, 2015. *Podniková informatika: počítačové aplikace v podnikové a mezipodnikové praxi*. 3., aktualizované vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5457-4.
15. POUR, Jan, Miloš MARYŠKA, Iva STANOVSKÁ a Zuzana ŠEDIVÁ, 2018. *Self service business intelligence: jak si vytvořit vlastní analytické, plánovací a reportingové aplikace*. První vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0616-5.

16. RAMESH, Bhavana a Akash RAMAKRISHNA, 2018. Unified Business Intelligence Ecosystem: A Project Management Approach to Address Business Intelligence Challenges. In: *2018 Proceedings of PICMET '18: Technology Management for Interconnected World* [online]. s. 1–10. Dostupné z: doi:10.23919/PICMET.2018.8481744
17. RICHARDSON, James, Rita SALLAM, Kurt SCHLEGEL, Austin KRONZ a Julian SUN, 2021. Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms. *Gartner* [online] [vid. 2021-08-03]. Dostupné z: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-26QIXY7E&ct=210707&st=sb>
18. TODOROV, Lukáš, 2014. *Popis principů Business Intelligence a výzkum použití v oblasti malých a středních podniků*. Plzeň. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni.
19. ŽÁK, Čestmír a Pavel KREUZIGER, 2013. Jak fungují magické kvadranty? *INSIDE Report*. **14**(1), 2.

Kontaktní údaje autorů

Bc. Václav Kalina, Ing. Jan Lhota, Ph.D., Ing. Petr Weisser

České vysoké učení technické v Praze, Ústav řízení a ekonomiky podniku

Karlovo náměstí 13, 121 35 Praha 2 – Nové Město

+420 605 570 422, +420 224 355 796

vaclav.kalina@fs.cvut.cz, jan.lhota@fs.cvut.cz, petr.weisser@fs.cvut.cz

LIDSKÉ ASPEKTY ZNALOSTNÍHO ROZVOJE PODNIKŮ V ÉŘE DIGITALIZACE

HUMAN ASPECTS OF KNOWLEDGE DEVELOPMENT OF COMPANIES IN THE ERA OF DIGITALIZATION

Jan Horejc, Petr Pergner, Pavel Machala

Abstrakt

Další rozvoj průmyslových podniků i jiných institucí je spojen s efektivní digitalizací části jejich činností a s uplatněním poznatků znalostního managementu. Kvalita těchto aktivit bude závislá jak na vhodném okolí těchto institucí, tj. existenci a využívání znalostních organizací jak nadnárodním rozměru, tak i v rámci státní ekonomiky, tak i na kvalitě a rozsahu disponibilních zdrojů, z nichž jedním z rozhodujících je i znalostní, resp. lidský kapitál daného podniku.

Klíčová slova: znalostní společnost, znalostní instituce ve znalostní společnosti, znalostní a jeho znalostní kapitál, lidské aspekty znalostního rozvoje podniků

Abstract

Industrial companies as well as other institutions further development is tightly associated with its activities efficient digitalization and knowledge management findings application. The quality of these activities will depend on the institutions' appropriate environment. It means knowledge framework existence and application in both global and state economy, quality and range of the available resources. One of the decisive resources is knowledge, respectively human capital of the enterprise.

Key words: knowledge society, knowledge institutions in the knowledge society, knowledge enterprise and its knowledge capital, human aspects of knowledge development of companies

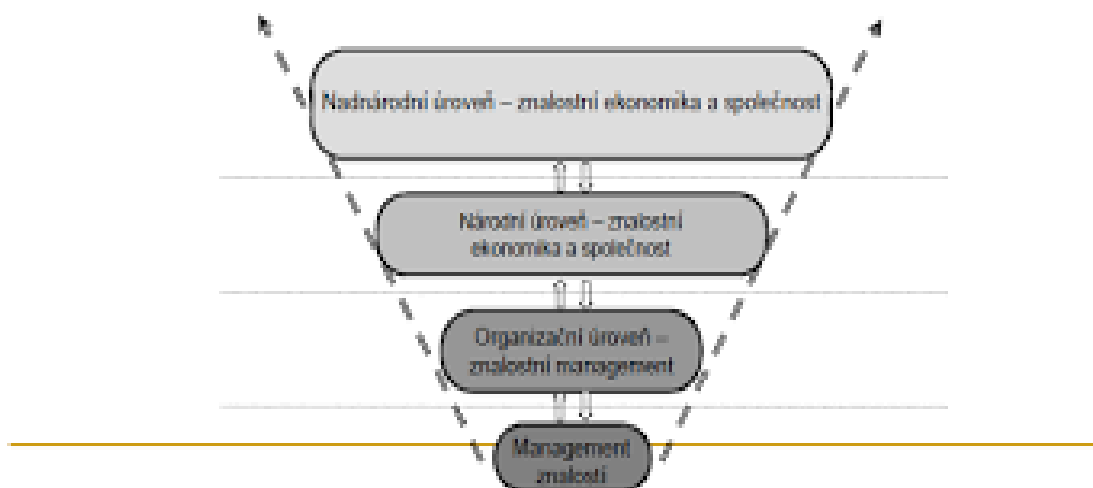
Úvod

I jen náhodný pohled do dějin lidské společnosti ukazuje, že rozhodující vliv na její konání i dosahované výsledky měly vždy 3 základní faktory: Nástroje a prostředky, které si v dané době dokázali její členové vytvořit (dnes hovoříme obecně o technologiích), postupy (či know-how, řečeno dnešním jazykem), při kterých tyto nástroje byly co nejefektivněji využívány, a v neposlední řadě i lidé (dnes v podobě lidského či znalostního kapitálu), vybavení v dané době dostupnými znalostmi, kteří se na tvorbě a efektivním využívání disponibilních nástrojů v produktivních procesech podíleli. To platí i pro rozvoj společnosti i jejích institucí i v podmínkách v 21. století, kdy rozvoj těchto aktivit označujeme obvykle pojmy digitalizace, procesní management a znalostní svět. Účelem tohoto příspěvku je prokázat, že úspěšný rozvoj společnosti a jejích institucí – vedle získání či vytvoření a zvládnutí nejnovějších technologií a s nimi spojených efektivních postupů – se neobejde bez rozvoje lidského činitele a zejména jeho znalostního potenciálu.

1 Znalostní instituce ve znalostní společnosti

Ačkoliv v běžném životě běžně a opakovaně používáme termín „znalostní společnost“ již několik desetiletí, jednotná definice tohoto pojmu prakticky neexistuje, každý autor, který se o ni pokusil, akcentuje ty její atributy, které považuje za nejvýznamnější. Pracovní definice tohoto pojmu by tedy mohla znít: Znalostní společnost je takovým vývojovým stupněm rozvoje lidské společnosti, kdy její významné instituce využívají dosažitelných znalostí k fungování a rozvoji svých institucí i společnosti jako celku. V případě pojmu znalostní ekonomika již dochází ke sjednocování používaných definic a lze ho interpretovat např. jako typ ekonomiky, která pro tvorbu, realizaci a využívání produktů či služeb (popř. i pro další aktivity) využívá kromě tradičních zdrojů (typu finanční, materiálně-technické, lidské a informační zdroje) i vytvořený či získaný znalostní kapitál (tento pojem je definován v následující kapitole). K jeho tvorbě a transferu si pak tato společnost či ekonomika vytváří specializované instituce, které napomáhají ostatním institucím společnosti ve vytváření a využívání vytvořeného znalostního potenciálu.

Institucí tohoto typu rychle přibývá a začínají spoluvytvářet a profilovat i jednotlivé úrovně společnosti, a to jak v rozměru nadnárodním, tak i v rámci národních celků. Vzniká tak i tzv. „znalostní hierarchie“, kterou lze znázornit takto (viz obr. 1):



Obr. 1: Znalostní hierarchie (Bureš, 2009)

Mezi nejvýznamnější organizace nadnárodní znalostní ekonomiky patří např. instituce typu:

- WEF (World Economic Forum), nezisková organizace pořádající každoroční zasedání ve švýcarském Davosu, kde diskutují nejvýznamnější světoví politici, podnikatelé, novináři a vybraní intelektuálové o závažných otázkách dalšího rozvoje v různých oblastech,
- WB (World Bank), sdružení specializovaných institucí OSN, z nichž má v této oblasti významné postavení zejména IBRD (International Bank for Reconstruction and Development),
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), mezivládní organizace 37 ekonomicky velmi rozvinutých států světa (od r. 1995 vč. České republiky), která mj. koordinuje ekonomickou a sociálně-politickou spolupráci členských zemí, zprostředkovává nové investice, podporuje liberalizaci mezinárodního obchodu apod.,

Mezi neekonomické nadnárodní znalostní instituce patří např.:

- UNESCO – světová organizace pro vzdělávání, vědu a kulturu,

- Eurostat – statistický úřad Evropské unie, jehož úkolem je vytvářet a předkládat statistická data na úrovni celé EU a zároveň poskytovat statistické srovnání regionů a členských států,
- WIPO (World Intellectual Property Organization), resp. EPO (European Patent Office), které vykonávají správu a dozor v oblasti ochrany autorských práv a dalších práv duševního vlastnictví.

Mezi instituce české znalostní ekonomiky patří např.:

- Některé pracovní a poradní orgány Vlády České republiky, jako např. jsou Rada vlády pro konkurenceschopnost a hospodářský růst, Rada vlády pro výzkum, vývoj a inovace, Národní ekonomická rada vlády NERV 2020 apod.,
- Grantová agentura ČR a Technologická agentura ČR,
- Czechinvest, agentura pro podporu podnikání a investic,
- Úřad průmyslového vlastnictví,
- Různé think tanky v ČR (AIP, CEP, CERGE-EI apod.),
- Vnitřní jednotky vysokých škol a AV ČR (Centrum pro přenos poznatků a technologií UK, CIIRC – ČVUT (Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky), inovační centra VŠ, UTIA AV ČR apod.
- Různé poradenské instituce, vč. českých složek mezinárodních poradenských institucí.

2 Znalostní podnik a jeho znalostní kapitál

Definice pojmu znalostní podnik (Knowledge-Creating Company) vychází z definice znalostní ekonomiky a zpravidla takto označujeme podnik, který pro svoje veškeré aktivity využívá kromě tradičních zdrojů (typu finanční, materiálně-technické, lidské a informační zdroje) i vytvořený či získaný znalostní kapitál (Nonaka, 2007). Tento podnik dokáže obvykle rychle a efektivně sdílet znalosti, vytvářet inovace a rychle reagovat na změny na trhu (ManagementMania.com, 2017).

S definicí pojmu znalostní kapitál je to obdobné jako s definicí pojmu znalostní společnost – jednoznačná a jednotná definice neexistuje. Existují mnohé definice, s nimiž se mění i vnitřní obsah tohoto pojmu, autoři se shodují jen v tom, že jde o řízené využívání získaných či vytvářených znalostí, jejichž uplatnění v rámci většiny činností podniku znamená zvýšení tržní hodnoty tohoto podniku (viz např. Húblová, 2006).

Pojem kapitál je ve spojení s lidskými zdroji užít oprávněně, neboť kapitál – obecně – znamená v ekonomice použitý faktor, který přináší vlastníku tohoto faktoru zisk. V odborné literatuře však dochází ke směšování či zaměňování pojmu znalostní kapitál s dalšími dvěma typy kapitálu, a to s lidským kapitálem a intelektuálním kapitálem. Lidský kapitál, který je obvykle vnímám jako součást intelektuálního kapitálu, lze vymezit podle prof. Dvořákové jako „soubor intelektuálního jmění, tj. znalostí, dovedností a schopností a osobnostních potenciálů, které je organizace schopna prostřednictvím svých zaměstnanců přetvořit v konkrétní hodnoty a zajistit tvorbu budoucích důchodů (Dvořáková, 2012).“ Vymezení pojmu intelektuální kapitál pak přibližuje následující schéma:

Lidský kapitál	Strukturální kapitál	Vztahový/zákaznický kapitál
Potenciál pro budoucí úspěch, mj.: <ul style="list-style-type: none"> • Schopnosti • Kompetence • Zkušenosti • Expertiza • Angažovanost • Motivace 	Organizační rutina, jako: <ul style="list-style-type: none"> • Metody • Koncepce • Procesy • Kultura • Infrastruktura • IT • Patenty/značky 	Stabilizované vnější vztahy k: <ul style="list-style-type: none"> • Zákazníkům • Dodavatelům • Výzkumným institucím • Investorům • Společnosti • Ostatním stakeholderům

Obr. 2: Struktura intelektuálního kapitálu (Sveiby, 2006)

Trochu jiný typ definice lze nalézt např. na kvalitním portálu společnosti ManagementMania. Zde je prezentováno (s využitím jiného příbuzného pojmu – sociální kapitál a zároveň s uplatněním základního rozdělení znalostí na explicitní a tacitní) toto pojetí intelektuálního kapitálu podniku (viz obr. 3):



Obr. 3: Jiná struktura intelektuálního kapitálu (ManagementMania.com, 2021)

Ať už jsou definice pojmů znalostní kapitál či intelektuální kapitál jakékoliv, lze obecně říci, že mezi další základní charakteristiky pojmu znalostní podnik patří tyto i atributy:

- Uplatňování strategického řízení všech oblastí činnosti podniku,
- Efektivní řízené využívání disponibilních zdrojů podniku,
- Využívání rozvíjejícího se znalostního potenciálu podniku,
- Vysoká výkonnost i konkurenceschopnost,
- Vysoká inovativnost produkce podniku,
- Orientace na zákazníka,
- Vysoká flexibilita i adaptabilita,
- Pro-inovativní podniková kultura,
- Široká a kvalitní informační a znalostní podpora všech vykonávaných činností,
- Uplatňování moderních metod a nástrojů managementu a rozšiřování leadershipu.

Jak se ukazuje, kvalitní a spolehlivé zvládnutí všech výše uvedených aktivit je možné jen díky znalostem, které zaměstnanci podniku disponují. Úspěšné firmy navíc charakterizuje mj. to, že jsou schopny se přizpůsobit rychlým změnám v podstatném okolí, vytvářet nové znalosti, využívat je celou organizací a vtělovat do nových produktů a technologií. Tak např. Sharp začínal v roce 1973 s inovační kalkulačkou, aby se následně stal světovým lídrem v široké řadě produktů od LCD a polovodičových technologií až po CCD technologie (zařízení s nábojovou vazbou) (Škyřík, 2007).

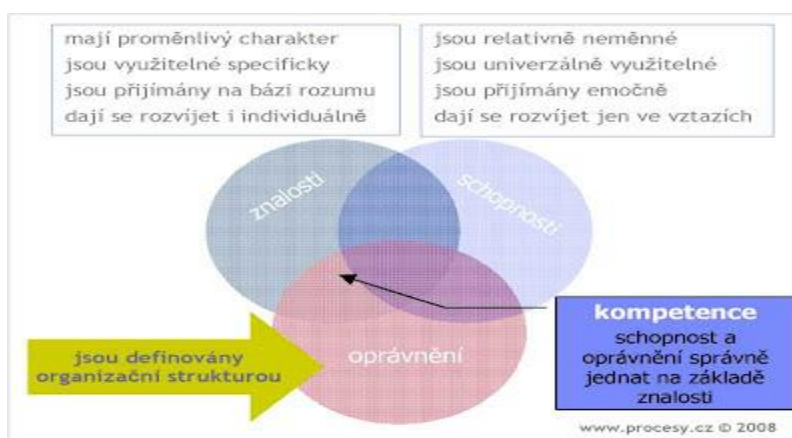
3 Lidské aspekty znalostního rozvoje podniků

Dosažení výše uvedených atributů závisí mj. i na kvalitě a rozvoji lidského kapitálu podniku. Kvalita lidského kapitálu závisí především na těchto faktorech:

- Geneticky vrozené schopnosti a vlastnosti,
- Rodinné, sociální a další prostředí,
- Formální, neformální i informální vzdělávání
- Podmínky práce,
- Podnikové know-how,
- Motivační systémy a systémy odměňování,
- Úroveň a kvalita podnikového vzdělávání,
- Úroveň podnikové kultury,
- Péče o rozvoj pracovníků apod.

Zatímco s prvními třemi faktory přichází nový pracovník do podniku a závisejí na kvalitě jeho okolí, zbývající faktory jsou záležitostí kvality jejich dalšího vedení, resp. řízení lidských zdrojů v podniku. Za povšimnutí stojí zejména faktor motivace zaměstnanců, tj. vytvoření vnitřní potřeby zaměstnance angažovat se a aktivně působit při dosahování stanovených cílů, na což upozornil už i Gary Becker, zakladatel teorie lidského kapitálu (Becker, 1994).

V této souvislosti se začal uplatňovat i pojem „pracovní kompetence“ (někdy též „klíčové kompetence“), což je soubor vědomostí, dovedností, zkušeností, schopností, postojů a hodnot, které jsou důležité pro výkon příslušné profese (Belz, Siegrist, 2001).



Obr. 4: Vymezení pojmu kompetence (ManagementMania.com, 2021)

S nimi pracuje i otevřená databáze Ministerstva práce a sociálních věcí Národní soustava povolání (NSP) (www.nsp.cz, 2021), která se neustále rozvíjí a rozšiřuje a dnes již obsahuje popis 2231 povolání a jejich specializací. Tato vzorová databáze původně rozdělovala vymezení každé profese do 3 složek, jimiž jsou vedle odborných znalostí a dovedností i 8 typů tzv. obecných dovedností (např. numerická a počítačová způsobilost, ekonomické a právní povědomí, jazyková způsobilost ve třech jazycích) a 15 druhů tzv. měkkých kompetencí (např. od schopností spolupráce, přes samostatnost, flexibilitu a kreativitu, až po vedení lidí či leadership). Postupující digitalizace si zatím vynutila i vznik a popis čtvrté složky lidského kapitálu, kterou jsou digitální kompetence, zatím v NSP vyprofilované do pěti skupin znalostí a dovedností, jimiž jsou informační a datová gramotnost, komunikace a spolupráce, tvorba digitálního obsahu, bezpečnost a řešení problémů. Při pokračující tvorbě této databáze lze oprávněně předpokládat, že právě tato čtvrtá složka zaznamaná v nejbližší budoucnosti nejdynamičtější rozvoj.

Postupující digitalizace tedy na jedné straně zvyšuje nároky na kvalitu i rozsah znalostí a dovedností lidských zdrojů, na druhé straně umožní i snazší zvládnutí většiny podnikových činností, neboť některé převezme a bude je z části nebo zcela vykonávat, čímž uvolní zainteresovaným zaměstnancům část jejich kapacity, která pak může být využívána mj. i pro další a kvalitnější práci se znalostmi. Tyto aktivity zas digitalizace podpoří dalším rozvojem informačních systémů i jejich efektivnějším využitím při výkonu většiny podnikových činností. Zároveň v interakci s moderními informačními a komunikačními prostředky posílí i rozsah a kvalitu využívání klíčových znalostí ve znalostní podpoře managementu podniku. Úspěšný současný i budoucí podnik tedy musí pravidelně promyšleně zvažovat alokaci svých prostředků mezi investice do moderních produkčních technologií, investice do nejnovější informační a komunikační techniky i mezi prostředky, umožňující další rozvoj lidských zdrojů, neboť bez něho by ideál znalostního podniku (včetně jeho efektivní digitalizace) byl nerealizovatelný.

Závěr

Tento příspěvek se pokouší připomenout opakovaně potvrzovanou pravdu, a to že další rozvoj ekonomiky spojený s digitalizací významné části činností podniku závisí – vedle kvality používaných technologií a vedle vhodnosti a účinnosti používaných postupů a procesů – i na kvalitě lidského potenciálu a zajištění jeho dalšího rozvoje, neboť pokud bude mít podnik nejmodernější technologie či používané procesy, ale lidé nebudou schopni tyto technologie ovládat a efektivně využívat, pak je další rozvoj podniku vážně ohrožen.

Prameny:

1. BECKER, Gary S.: *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education*. 3. edition. Chicago: University Chicago Press, 1994. ISBN: 978-0226041209.
2. BELZ, Horst, SIEGRIST, Marco. *Klíčové kompetence a jejich rozvíjení – Východiska, metody cvičení a hry*. Praha: Portál, 2001. ISBN: 978-80-262-0846-4.
3. BERGERON, Bryan. *ESSENTIALS of knowledge management*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2003, ISBN 0-471-28113-1.
4. BUREŠ, Vladimír. *Konceptuální perspektiva znalostního management*. E + M Ekonomika a management 2/2009, str. 84 – 96. Liberec: Technická univerzita Liberec, Ekonomická fakulta, 2009. ISBN 1212-3609.
5. DVOŘÁKOVÁ, Zuzana a kol.: *Řízení lidských zdrojů*. 1. vydání. Praha: C. H. Beck, 2012, ISBN 978-80-7400-347-9

6. HŮBELOVÁ, Dana. *Lidský kapitál jako jeden z klíčových rozvojových faktorů*. Sborník příspěvků z XVI. mezinárodního kolokvia o regionálních vědách. Str. 72 – 78. Valtice 19. – 21. 6. 2013. DOI: 10.5817/CZ.MUNI.U.P210-6257-2013-8.
7. NONAKA, Ikujiro. *The Knowledge-Creating Company*. Best Of HBR Nov-Dec 1991. Harvard Business Review, Cambridge 2007.
8. SVEIBY, Karl Erik: *Knowledge Management The New Organization*. New York: Amazon, 2013, ISBN 978-2840012252,
9. ŠKYŘÍK, Petr. *Rozvoj intelektuálního kapitálu ve znalostním management*. Rigorózní práce. Brno: Masarykova univerzita v Brně, Filosofická fakulta 2007.
10. *ManagementMania* [online]. Plzeň: ManagementMania, 2021 [cit. 29.9.2021]. Dostupné z: <https://managementmania.com>
11. *Národní soustava povolání* [online]. Praha: Ministerstvo práce a sociálních věcí, 2021 [cit. 29.9.2021]. Dostupné z <https://www.nsp.cz>.

Kontaktní údaje autorů

Doc. Ing. Jan Horejc, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav řízení a ekonomiky podniku

Karlovo náměstí 13, 121 35 Praha 2

+420 224 355 783

jan.horejc@fs.cvut.cz

Ing. Petr Pergner, MBA

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu; doktorand; zam: Doosan Škoda Power, s.r.o.

306 14 Plzeň, Univerzitní 22; zam.: Tylova 1/57, 301 00 Plzeň

+420 737 268 786

petr.pergner@doosan.com

Ing. Pavel Machala

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav řízení a ekonomiky podniku, doktorand; zam.: NKT Kladno s.r.o.

Karlovo náměstí 13, 121 35 Praha 2; zam.: Průmyslová 1130, 272 01 Kladno

+420 725 647 411

pavel.machala@gmail.com

PLÁNOVÁNÍ ROZVOJE PODNIKOVÝCH ICT SYSTÉMŮ

PLANNING OF THE DEVELOPMENT OF THE BUSINESSES ICT SYSTEMS

Michal Kavan, Václav Michalec

Abstrakt

Moderní podnik musí být vybaven informační infrastrukturou, která dokáže propojit veškeré pracovníky podniku, a to na všech úrovních a zároveň umožní vzájemnou komunikaci zpřístupňující aktuální informace o stavu podnikových procesů, jako nákupu, výrobě, prodeji atd. Jedním ze zásadních strategických nástrojů se stává ERP, který v dnešním konkurenčním podnikatelském prostředí dodavatelských řetězců více a více dominuje a postupně přichází s přesahem zaměřujícím se na ekologii a udržitelnost.

Klíčová slova: podnikové systémy ICT, systémy ERP, udržitelnost

Abstract

A modern company must be equipped with an information infrastructure that can connect all employees of the company at all, while allowing mutual communication and access to current information on the status of business processes, such as purchasing, production, sales, etc. One of the key strategic tools is ERP, which in today's competitive business environment of supply chains increasingly dominates and gradually comes with an overlap focusing on ecology and sustainability.

Key words: ICT business systems, ERP systems, sustainability

Úvod

Informační systémy dnes podporují nejen všechny důležité podnikové funkce, jakými jsou například finance, personalistika, plánování, prodej, nákup, logistika včetně e-businessu a m-businessu. Systémy musí v současnosti umět držet tempo s businessem a jeho potřebami – tj. například s různými podnikovými fúzí a trvalými požadavky na podporu efektivnosti, flexibility a inovace důležitých podnikových procesů, produktů a služeb.

V současnosti podnikové informační systémy (IS), tak již neřeší jen úlohy spojené s automatizací a racionalizací podnikových činností a procesů. Zásadním způsobem se totiž změnil názor na výsledek, resp. užitek plynoucí ze zavedení podnikového informačního systému. Jestliže v minulosti dominoval spíše technologický náhled, který se projevoval v důrazu na uvedení IS do provozu v rámci času a rozpočtu stanoveného projektem, situace dnes bývá odlišná.

Dominantní se stal obchodní přínos aplikací IS do podniku. Toho je dosahováno jednak snižováním nákladů v rámci integrovaných a optimalizovaných podnikových procesů, ale stále více i podporou a rozšiřováním příjmu z prodejů nových, resp. inovovaných výrobků a služeb. Navíc životní cyklus podnikového IS se striktně neuzavírá tak jako v minulosti jeho symbolickým uvedením do provozu, ale podstatné jsou i jeho efektivní provozování, údržba a další rozvoj, resp. opětovná inovace.

Nové trendy v podnikových IS tak se stále větší intenzitou podmiňují a vyžadují nové modely podnikání. K tomu je podněcují i nové business modely dodavatelských IT firem, které se rovněž snaží o využití nových možností ICT (Information and Communication Technologies) při dodávce svých

produktů. Vhodným příkladem mohou být různé podoby informatických služeb, provozování aplikací podnikových IS nebo jejich přímé poskytování formou služeb. Další změny nově iniciují i fenomény jako sociální sítě, případně řešení podnikových IS postavená na open source principech. Výjimkou není i zaměření se na hodnocení ekologičnosti a udržitelnosti samotných IS systémů.

Klasické rozdělení aplikací podnikových IS vycházející z kontextu ERP (Enterprise resource planning) a tzv. ERP II (tj. rozšířených ERP), které vedle vlastních ERP zahrnují zejména řešení typu CRM (Customer Relationship Management), SCM (Supply Chain Management) a BI (Business Intelligence) a jsou natolik zásadní pro podnikové IS, že představují základní kategorie používané při členění produktů.

1 Podpora udržitelnosti ze strany podnikových ICT systémů

Mezivládní panel změn klimatu (IPCC) působící při OSN zveřejnil 9.8. 2021 svou zprávu, jejíž jádrem je konstatování, že lidská činnost jednoznačně způsobila růst teploty na Zemi.

Vědci, kteří připravovali zprávu, se shodují na potřebě snížit emise všech skleníkových plynů vyzývají vlády k prosazení rychlých a zásadních snížení všech emisí.

Dá se očekávat, že pokrokoví spotřebitelé budou pravděpodobně ochotnější než dříve zaplatit na cenách víc za podporu organizací, které lépe podporují životní prostředí (udržitelnost). Možná se to projeví i při prodeji podnikových informačních systémů, dnes většinou nazývaných výrazem ICT systém (Informačně komunikační technologie podniku), čímž se označuje sestava podnikového hardwaru, softwaru, dat, internetu a lidí, kteří je používají.

Prostřednictvím systémové integrace v podniku se propojují různé softwarové komponenty, subsystémy v jeden fungující celek s cílem dosažení co nejvyšší efektivity jednoho fungujícího podnikového celku. Jak z pohledu jednotlivých subsystémů, tak z pohledu komunikace mezi nimi se podnikové systémy v čase rychle vyvíjejí.

Smyslem systémové integrace je účelně navržená infrastruktura zaměřená na podporu konkrétních procesů. Subsystémem podnikového ICT může být internetový obchod, úložiště dokumentů, spisová služba, rezervační systém, platební brána, nebo informační systém organizace (ERP) – navržený na míru. Systémová integrace je to, co propojuje jednotlivé subsystémy v podniku.

V dnešní době roste význam systémové integrace, protože roste množství systémů. Jednotlivé subsystémy mají navržena rozhraní a pro využití jejich plného potenciálu je nutné spojení s dalšími subsystémy.

2 Koncept Green Computing

Již v roce 1992 přišla Americká agentura na ochranu životního prostředí (U.S. Environmental Protection Agency – EPA či USEPA) s termínem „Green Computing“, spolu se spuštěním programu Energy Star v roce 1992. Jeho cílem je úspora elektrické energie a menší množství tepla generovaného počítači, protože EPA usoudila, že výroba i masové používání počítačů i souvisejících ICT produktů negativně ovlivňuje životní prostředí.

Tehdy vzniklá filozofie uvozuje i současné trendy zaváděných konceptů Green Computing nejen v Evropě. Soustřeďují se především na masově nasazovanou výpočetní techniku v ohledu efektivní spotřeby energie, recyklace výpočetní techniky a správu elektronického odpadu, environmentální označování produktů IT, dlouhou životnost, optimalizaci datových center, virtualizaci atd.

Koncept Green Computing je významný především vzhledem k přechodům k inteligentním budovám a městům, protože počítače bývají velkými spotřebiteli elektrické energie kancelářských budov. Jejich udržitelnost znamená úsporné osvětlení shora, vypínání nečinné doprovodné

elektroniky. Při udržitelném využití ICT jde především o efektivnost využití spotřebovávané elektrické energie. Kupříkladu datových center a virtualizaci této spotřeby. Při likvidaci zase o environmentální označování IT produktů, uvozujících jejich životnost a vhodnou správu elektronického odpadu, snazší recyklovatelnost atd.

Do budoucna se tedy dá očekávat vývoj k zelené výpočetní technice, především založený na zvyšování účinnosti lidského zacházení s ní. Tak jak porostou podnikové výpočetní potřeby.

Je ale obtížné si představit, že globální oteplování způsobil provoz výpočetní techniky. Green Computing především znamená ekologické využívání počítačů a jejich zdrojů, ze strany jejich uživatelů. V širších souvislostech je třeba měnit jednání podnikových manažerů při definování podnikových potřeb, při postupech navrhování a testování nových výrobků, jejich výrobě, plánovaném používání i likvidaci. Včetně výpočetních zařízení. Tak aby se s pomocí informačního systému ERP (Enterprise Resource Planning system) snížily dopady na životní prostředí.

Od začátku éry počítačů jejich výrobci nepřetržitě investují do návrhu energeticky účinnějších zařízení, snižují užívání nebezpečných materiálů a podporují recyklovatelnost digitálních zařízení. Cílem zelené výpočetní techniky je tedy zlepšování efektivního způsobu využívání všech podnikových zdrojů, při udržení ekonomické životaschopnosti podniku, což bude vyžadovat především změny lidského myšlení.

3 Systémy ERP a udržitelnost

Systémy ERP se staly strategickým nástrojem v dnešním konkurenčním podnikatelském prostředí. Nejen v Německu se objevuje poptávka po doplňcích systémů ERP, směřujících k dodržení nových legislativních limitů udržitelnosti, kladených na průmyslový podnik.

I v těchto ohledech mohou stávající systémy ERP, bez větších kvalitativních změn plnit tyto role a mohou tak být řazeny do kategorií korporátních systémů environmentálního managementu. Takovými se například zabývá finské centrum CEMIS – Centrum pro měření a informační systémy univerzit Oulu a Jyväskylä, Kajaani University of Applied Sciences, specializujících se na výzkum a školení v oblastech měřicích a informačních systémů. Zabývají se monitorováním životního prostředí, s přibližně stovkou zaměstnaných odborníků a ročním financováním přesahujícím 12 milionů eur. Jimi doplněné systémy ERP nicméně nelze považovat za ERP fungující na novém principu.

Podniky dnes mají možnost zvažovat stupně důrazu, které kladou na doplnění svých ERPů, směrem k dodržení platných i budoucích legislativních limitů. To znamená, že není třeba měnit zavedené a osvědčené způsoby jejich implementace. Nelze ale očekávat, že jej majitel podniku bude posuzovat dle stupně ekologičnosti svého ERPu, přestože se ERP stává zásadním strategickým nástrojem v dnešním konkurenčním podnikatelském prostředí dodavatelských řetězců.

V poslední době se v odborném tisku objevilo několik článků, pojednávajících o implementaci tak zvaných S-ERP (Sustainable). Tedy o nové implementaci kvalitativně inovovaných podnikových informačních systémů (Abdoulmohammad, 2018). Jak asi takový informační systém pracuje?

K neudržitelnému rozvoji společnosti, či podniku dochází, když staví současný pokrok na úkor budoucích generací a samotných podniků využívajících nerozložitelný, či přírodě závadný odpad a znečištění, které poškozují přírodní ekosystémy přibývá. Ať už kupříkladu formou nezodpovědného plánování. Takové postupy nejsou dlouhodobě udržitelné.

Otázkou je, co by měl umět podnikový ERP, aby z neudržitelného, vznikl udržitelný podnik? Kdy, dle teoretiků udržitelnosti být ekologicky udržitelný znamená využívat jen takové přírodní zdroje, které se dokážou doplnit přibližně rychlostí, kterou se spotřebovávají. Naopak ekologicky neudržitelné postupy vyčerpávají přírodní zdroje rychleji, než ty se dokážou regenerovat. Neobnovitelné zdroje jsou ty omezené výskytem a proto neudržitelné.

Udržitelnost spravovaných systémů lze zvýšit interaktivními kontrolami, vytvářejícími zpětné vazby o stavu rozdílů mezi standardy a skutečným stavem ekosystémů. To od všech zúčastněných vyžaduje striktně dodržovat zákony a předpisy, regulující stav ekosystémů, které fungují pod vlivem lidských aktivit. Například mezi oceánskými ekosystémy a mořským rybolovem.

4 Problémy ERP systémů ve vztahu k udržitelnosti

Termín udržitelnost je široce používán k označení programů, iniciativ a akcí zaměřených na zachování přírodních zdrojů. Tyto programy, iniciativy i akce se snaží integrovat čtyři různé oblasti udržitelnosti: lidské, sociální, ekonomické a environmentální (čtyři pilíře udržitelnosti).

Jednou z největších výzev implementace ERP je přimět své uživatele měnit způsoby své práce směrem k agilitě, a tedy vyšší kreativitě při projektovém řízení svých inovací. Takové řízení vyžaduje kvalifikovanou a stálou podporu od vrcholového vedení.

V opačných případech nastávají chyby často už v raných fázích projektů implementace ICT. Naše zkušenosti dokazují, že většina projektů implementace ERP selhává už kvůli nejasné funkčnosti softwaru ERP, nebo kvůli špatně vedenému procesu výběru dodavatele.

Zkušenosti ukazují, že mezi základní příčiny nedostatečné funkčnosti ERP bývají faktory:

- Slabá podpora top managementu,
- Nevyhovující kompetence interního týmu ERP,
- Nedostatky při školení uživatelů,
- Nevyhovující spolupráce a komunikace mezi podnikovými útvary,
- Živelné zlepšování procesů a z toho plynoucí neustálé změny.

Mezi klíčová rizika ve spojení s implementacemi a využíváním ERP patří selhání přenastavení softwaru obchodním procesům tak, aby maximálně odpovídaly požadavkům zákazníků, nedostatečné školení a rekvalifikace koncových uživatelů k přesnosti a stoprocentní pravdivosti vkládaných aktuálních dat a norem, v reálném čase, i nedostatky ve schopnostech ICT udržovat konkurenceschopné. Potom je systém ERP schopen odstranit rutinní pracovní zátěž zaměstnanců jako spolupodnikatelů a zkvalitnit výsledky jejich práce, což je i jeho základním smyslem.

5 Vytvoření či pořízení vhodného SW

Pokud se podnik rozhodne, že je třeba vyvinout nový softwarový program, musí se rozhodnout, zda má větší smysl jej sám postavit, nebo koupit od externího dodavatele. Nákup softwaru má řadu výhod:

- obecně bývá levnější koupit softwarový balíček než ho stavět,
- koupený softwarový balíček je k dispozici mnohem rychleji,
- koupený balíček byl už testován a mnoho chyb bylo odladěno,
- bývá usnadněna úloha systémového integrátora při zajišťování integrace se stávajícími podnikovými systémy.

Jednou z nevýhod nákupu je, že brání možnostem se odlišovat, pokud hrozí užití stejného softwaru ze strany konkurence, když zakoupený software vymezuje obchodní proces. Z tohoto důvodu je obtížné přizpůsobit, či odlišit zakoupený softwarový balíček od dodavatele pokaždé, když dodavatel poskytne jeho upgrade. I zakoupený software vyvolává potřebu procházet nezbytné analýzy efektivnosti, jaké bychom realizovali, kdybychom si jej sami vytvořili. Následně tedy koupit či vyrobit

je tedy vždy náročným rozhodnutím, i když se jedná o velkou firmu, se silným programátorským zázemím. Menším firmám nezbývá než kupovat, s riziky ztráty originality.

Přechod na Cloud computing umožnil nahlížet na software jako na službu. Jednou z možností, kterou dnes podniky mají, je kupovat licence od jiných, namísto programování. Mluvíme o webových službách, které mohou výrazně zjednodušit rozšiřování funkcí. Webové služby mohou stírat hranice mezi programováním a nákupem. Podnik se může rozhodnout vybudovat softwarovou aplikaci sám, a potom si koupit funkce od dodavatelů a doplnit svůj systém.

V podniku se vývoj aplikací neomezuje pouze na programátory z oddělení informačních technologií. Zejména ve velkých podnicích vyvíjejí samostatná oddělení vlastní specifické aplikace. Lidé, kteří je staví, nejsou specializováni v programování nebo vývoji aplikací, ale vládnou svými počítači. Například zaměstnanec se zkušenostmi s konkrétním softwarovým balíčkem (tabulkový procesor nebo databázový balíček), může být vyzván, aby postavil menší aplikaci pro své oddělení. Tato situace bývá nazývána jako „vývoj koncových uživatelů (end-user development)“, nebo výpočetní technika pro koncové uživatele.

Toto samotné pak může mít pro organizaci mnoho výhod, jako například schopnost lépe přiblížit aplikaci ostatním uživatelům a ušetřit tak přetížené IT a urychlit jeho rozvoj a mnoho organizací podporuje práci koncových uživatelů cíleně, aby kapacity oddělení IT zvýšila.

Na druhou stranu má výpočetní technika pro koncové uživatele i své nevýhody, kdy se může jednat o následující příklady:

- Pokud specializovaná oddělení v podniku vytvářejí vlastní aplikace, může docházet k duplicitám, plnicím podobné funkce. Nakonec se může stát, že různé verze poskytují různé výsledky a zmatek, který stejně nakonec řeší oddělení IT.
- Výpočet pro koncové uživatele může být pro organizaci přínosem, ale měl by být řízen (plánován, organizován, komunikován, kontrolován a regulován). Oddělení IT by mělo koordinovat taková snažení.
- Komunikace mezi specializovanými odděleními podniku je dobrou cestou k zavádění udržitelnosti do podniku cestou ICT.

6 Stávající metodiky implementace

Ve světě existuje řada různých metodik používaných k implementaci nového informačního systému. Mezi nejoblíbenější patří:

- **Přímý řez.** V metodice implementace se určí konkrétní datum, od kterého se starý systém přestane používat. Výhodou je rychlost a nižší náklady, nevýhodou rizikovitost.
- **Pilotní implementace.** Pilotní skupina začíná používat nový systém před zbytkem podniku. To umožňuje odladit většinu nedostatků a snížit rizika.
- **Paralelní provoz.** Starý i nový systém se používají po omezenou dobu současně. Tento způsob bývá nejnákladnější, vzhledem k nákladným duplicitám a přechodům.
- **Fázová implementace.** Postupně se po etapách vypínají funkce starého systému, které se nahrazují novými.

Které z těchto metodik implementace použít, závisí na složitosti a důležitosti starého a nového systému.

Závěr

Ať už je nový ERP systém vyvinut nebo zakoupen, musí organizace určit nejlepší způsob jeho implementace a ten pečlivě řídit, protože používání nových obchodních procesů bude mít v podniku dalekosáhlé účinky.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS20/163/OHK2/3T/12.

Prameny

1. Abdoulmohammad Gholamzadeh Chofreh, Feybi Ariani Goni, Jiří Jaromír Klemeš, Journal of Cleaner Production, Volume 174, 10 February 2018, Pages 1325-1337.
2. Abramowicz, Witold, Alt, Rainer, Franczyk, Bogdan (Eds.): Business Information Systems, Springer International Publishing, 19th International Conference, BIS 2016, Leipzig, Germany, July, 6-8, 2016, Proceedings, Series ISSN 1865-1348.
3. Kurosu, Masaaki (Ed.): Human-Computer Interaction: Design and Evaluation, 7th International Conference, HCI International 2015, Los Angeles, CA, USA, August 2–7, 2015. Proceedings, Springer-Verlag GmbH, 2015, ISBN 978-3-319-20901-2.
4. Shishkov Boris: Designing Enterprise Information Systems, Springer International, 2020, ISBN 978-3-030-22441-7
5. Snoeck, Monique: Enterprise Information Systems Engineering, The MERODE Approach, SpringerLink 2014, ISBN 978-3-319-10145-3.

Kontaktní údaje autorů

Jméno	doc. Ing. Michal Kavan, CSc.
Pracoviště	České vysoké učení technické v Praze, Ústav řízení a ekonomiky podniku
Adresa	Karlovo náměstí 13, 121 35, Praha 2, Česká republika
Telefonní číslo	+420 732 940 072
E-mail	Michal.Kavan@fs.cvut.cz

Jméno	Ing. Václav Michalec
Pracoviště	České vysoké učení technické v Praze, Ústav řízení a ekonomiky podniku
Adresa	Karlovo náměstí 13, 121 35, Praha 2, Česká republika
Telefonní číslo	+420 605 174 943
E-mail	michava1@cvut.cz

**PŘÍSPĚVKY PUBLIKOVANÉ V TOMTO SBORNÍKU VYJADŘUJÍ
NÁZORY A STANOVISKA NEZÁVISLÝCH AUTORŮ.**

**TATO PUBLIKACE NEPROŠLA REDAKČNÍ ANI JAZYKOVOU
ÚPRAVOU.**

ISBN 978-80-01-06913-4