



**SLOVENSKA TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
MATERIÁLOVOTECHNOLOGICKÁ FAKULTA V TRNAVE**

Ing. Martin Mareček-Kolibiský

Autoreferát dizertačnej práce

**Uplatňovanie metód priemyselného inžinierstva pri zlepšovaní
výrobných procesov**

Na získanie akademického titulu: doktor (philosophiae doctor, v skratke PhD.)

V doktorandskom študijnom programe: priemyselné manažérstvo

V študijnom odbore: strojárstvo

Forma štúdia: externá forma

Miesto a dátum: v Trnave, dňa 27.5. 2023

Dizertačná práca bola vypracovaná na:

Ústave priemyselného inžinierstva a manažmentu, Materiálovotechnologickej fakulty
v Trnave, Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Predkladateľ:

Ing. Martin Mareček-Kolibiský

Ústav priemyselného inžinierstva a manažmentu
Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Jána Bottu 2781/25
917 24 Trnava

Školiteľ:

doc. Ing. Marta Kučerová, PhD.

Ústav priemyselného inžinierstva a manažmentu
Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Jána Bottu 2781/25
917 24 Trnava

Oponenti:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Autoreferát bol rozoslaný:

Obhajoba dizertačnej práce sa bude konať dňa

.....o.....h.

**na Materiálovotechnologickej fakulte so sídlom v Trnave, Slovenskej technickej
univerzity v Bratislave**

.....
prof. Ing. Miloš Čambál, CSc.
dekan, Materiálovotechnologickej fakulty STU

SÚHRN

MAREČEK-KOLIBISKÝ, Martin: *Uplatňovanie metód priemyselného inžinierstva pri zlepšovaní výrobných procesov*. [Dizertačná práca] - Slovenská technická univerzita v Bratislave. Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave; Ústav priemyselného inžinierstva a manažmentu.- Školiteľ: doc. Ing. Marta Kučerová, PhD.- Trnava: MTF STU, 2023. s. 116.

Kľúčové slová: metódy priemyselného inžinierstva, Six Sigma, Lean Six Sigma, DMAIC, návrh metodiky.

Dizertačná práca je zameraná na uplatňovanie metód priemyselného inžinierstva, ktoré môžu byť efektívne uplatnené pri zlepšovaní výrobných procesov vo veľkých priemyselných podnikoch a podnikoch strednej veľkosti. Hlavným cieľom práce bolo navrhnúť metodiku zlepšovania výrobných procesov s využitím náročnejších metód priemyselného inžinierstva, koncipovanú na základe filozofie Six Sigma, resp. Lean Six Sigma.

Teoretický základ práce tvoria poznatky o vybraných metódach priemyselného inžinierstva, ich podstate, význame a praktickom využívaní pri zlepšovaní výrobných procesov v rôznych typoch podnikov. Analytická časť je zameraná na aplikáciu metodík, nástrojov, metód a techník zlepšovania v priemyselnej praxi. Analýza bola spracovaná na základe údajov získaných prieskumom formou dotazníkov, štúdiom zahraničných publikácií zameraných na predmetnú problematiku a osobnými poznatkami získanými počas stáži v niektorých priemyselných podnikoch na Slovensku. Na základe zistených skutočností bola vypracovaná metodika zlepšovania výrobných procesov s využitím najmä náročnejších metód priemyselného inžinierstva na základe filozofie Six Sigma, ktorej základným cieľom je proaktívne zlepšovanie zamerané na zvyšovanie výkonnosti výrobných procesov.

ABSTRAKT

MAREČEK-KOLIBISKÝ, Martin: *Application of industrial engineering methods in the improvement of production processes*. [Dissertation thesis]- Slovak University of Technology Bratislava. Faculty of Material Science and Technology; Institute of Industrial Engineering and Management.- Supervisor: doc. Ing. Marta Kučerová, PhD.- Trnava: MTF STU, 2023. p. 116.

Key words: industrial engineering methods, Six Sigma, Lean Six Sigma, DMAIC, methodology design.

The dissertation is focused on the application of industrial engineering methods that can be effectively applied in the improvement of production processes in large industrial enterprises and medium-sized enterprises. The main goal of the work was to propose a methodology for improving production processes using more demanding methods of industrial engineering, conceived on the basis of the Six Sigma philosophy, or Lean Six Sigma.

The theoretical basis consists of knowledge about selected methods of industrial engineering, their essence, meaning and practical use in improving production processes in various types of enterprises. The analytical part is focused on the application of methods, tools, improvement methods and techniques in industrial practice. The analysis was processed on the basis of data obtained through a survey in the form of questionnaires, a study of foreign publications focused on the issue and personal knowledge obtained during internships in some industrial enterprises in Slovakia. Based on the facts found, a methodology for improving production processes was developed using mainly progressive methods of industrial engineering based on the Six Sigma philosophy, the main goal of which is proactive improvement aimed at increasing the performance of production processes.

OBSAH

ÚVOD.....	7
1 VYBRANÉ METÓDY PRIEMYSELNÉHO INŽINIERSTVA ZAMERANÉ NA ZLEPŠOVANIE VÝROBNÝCH PROCESOV	8
1.1 Priemyselné inžinierstvo v podnikovej praxi vs. podnik budúcnosti.....	8
1.2 Výrobný proces z hľadiska manažérstva kvality	8
1.3 Zlepšovanie výrobných procesov	8
1.4 Plytvanie a dôsledky plytvania vo výrobných procesoch	8
1.5 Vybrané metódy priemyselného inžinierstva	9
1.6 Metódy priemyselného inžinierstva prepojené s Industry 4.0	10
1.7 Zhodnotenie teoretických východísk	10
2 CIELE, METÓDY A METODIKA DIZERTAČNEJ PRÁCE	10
2.1 Identifikácia výskumného zamerania.....	11
2.2 Cieľ, výskumné otázky a hypotézy dizertačnej práce	11
2.3 Využitie metódy dizertačnej práce.....	12
2.4 Metodický postup dizertačnej práce.....	12
3 APLIKOVANIE METÓD PRIEMYSELNÉHO INŽINIERSTVA V PODNIKOVEJ PRAXI	13
3.1 Analýza súčasného stavu využívania metód priemyselného inžinierstva v priemyselných podnikoch pôsobiacich v Slovenskej republike.....	13
3.2 Kritické faktory neúspechu metodiky Lean Six Sigma.....	18
3.3 Vyhodnotenie stanovených výskumných otázok a hypotéz	18
3.4 Záver analýzy	21
4 NÁVRH METODIKY ZLEPŠOVANIA VÝROBNÝCH PROCESOV S VYUŽITÍM METÓD PRIEMYSELNÉHO INŽINIERSTVA.....	21
4.1 Model výberu metód s cieľom proaktívneho zlepšovania procesov	21
4.2 Návrh metodického postupu a výberu vhodnej metódy s cieľom proaktívneho zlepšovania procesov	24
4.3 Zdokumentovanie metodického postupu výberu metód pri zlepšovaní výrobných procesov	26
4.4 Verifikácia navrhnutého metodického postupu v praxi.....	27
5 PRÍNOSY DIZERTAČNEJ PRÁCE	29
ZÁVER.....	32

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV33

ÚVOD

Moderné poznatky o metódach priemyselného inžinierstva prispievajú k zvyšovaniu výkonnosti výrobných procesov v priemyselných podnikoch. Aplikácia metód priemyselného inžinierstva je nevyhnutná pre rozvoj a napredovanie podniku. Efektívna aplikácia metód priemyselného inžinierstva na problémy vyskytujúce sa v podniku zvyšuje predpoklad zlepšenia výkonnosti procesov vo výrobe a tak dochádza k skvalitneniu výrobkov, odstráneniu plytvania (časového, finančného), čo má za následok celkové zlepšenie konkurencieschopnosti na trhu. Procesy v podnikoch sa vo veľkej miere automatizujú a operátori vo výrobe len zabezpečujú bezproblémový chod procesov vo výrobe. Vplyvom automatizácie, digitalizácie a aplikovaním Industry 4.0 sa zamestnanci v podnikoch budú čoraz viac starať len o kontrolu a riadenie výroby a budú sa vo väčšej miere zaoberať metódami na analyzovanie problémov a ich následné riešenie.

V kontexte priemyselného inžinierstva možno konštatovať, že aplikácia prvkov a technológií Industry 4.0 je v súlade so základnými princípmi priemyselného inžinierstva ako aj manažérstva kvality. V priemyselných podnikoch sa musia všetky procesy neustále zlepšovať pomocou najnovších technológií. Kľúčovú úlohu tu zohráva vrcholový manažment a do týchto činností musia byť zapojení všetci zamestnanci (Mareček-Kolibiský & Kučerová, 2021).

Filozofia neustáleho zlepšovania v podnikoch bude neustále prítomná. Veľkým predpokladom je, že umelá inteligencia nenahradí experta v danej problematike a aplikácii metód priemyselného inžinierstva, ale pomôže efektívnejšie riešiť problémy. Pomocou databáz a umelej inteligencie bude možné spájať poznatky a vytvoriť mechanizmus na rýchlejší výber metód priemyselného inžinierstva na daný problém, následnú efektívnu aplikáciu a odstránenie problému s minimalizáciou nákladov a s malou časovou náročnosťou. Prepojenie databáz a umelej inteligencie s metódami priemyselného inžinierstva uľahčí riešenie problémov (Mareček-Kolibiský, 2022), (Janík, et al., 2022).

Hlavným cieľom dizertačnej práce je navrhnúť metodiku zlepšovania výrobných procesov s využitím náročnejších metód priemyselného inžinierstva, koncipovaných na základe filozofie Six Sigma.

1 VYBRANÉ METÓDY PRIEMYSELNÉHO INŽINIERSTVA ZAMERANÉ NA ZLEPŠOVANIE VÝROBNÝCH PROCESOV

Trend využívania metód priemyselného inžinierstva možno sledovať v priemysle zameranom na automotív, kde podniky pôsobiace na Slovensku preberajú metódy priemyselného inžinierstva od materskej spoločnosti v zahraničí. Metódy priemyselného inžinierstva vo veľkej miere ovplyvňujú chod výroby a výkonnosť procesov. Cielenou aplikáciou metód priemyselného inžinierstva podniky zabezpečujú zvyšovanie výkonnosti výrobných procesov, eliminovanie nedostatkov, zvyšovanie kvality výrobkov a zvyšovanie konkurencieschopnosti podniku.

1.1 Priemyselné inžinierstvo v podnikovej praxi vs. podnik budúcnosti

Priemyselné inžinierstvo možno označiť ako inžinierstvo, ktoré sa zaoberá návrhom, zlepšovaním a aplikáciou integrovaných systémov (z hľadiska ľudí, materiálov a energie) v priemysle. Hovoríme o vednej a praktickej disciplíne, ktorá koordinuje a využíva ľudí, stroje a materiály na dosiahnutie požadovaného množstva produktov. Výstupom sú optimálne hodnoty energie, vedomostí, peňazí a času (Markl & Lackner, 2019).

1.2 Výrobný proces z hľadiska manažérstva kvality

Z podnikateľského hľadiska výrobný proces je charakterizovaný ako tvorivý proces. Jeho funkciou je vytváranie úžitkových hodnôt a predstavuje hlavnú podnikovú činnosť. Výrobný proces tvorí časť podnikového transformačného procesu, pomocou ktorého sa uskutočňuje transformácia vstupov (výrobných faktorov) na výstupy (výrobky a služby). Výstupy v rozhodujúcej miere ovplyvňujú fungovanie podniku, jeho konkurencieschopnosť a postavenie na trhu (Bestvinová & Vaňová, 2014).

1.3 Zlepšovanie výrobných procesov

Optimalizácia procesov sa v podnikovej praxi stáva primárnym zámerom podnikov, resp. nadradenou ostatným oblastiam. Na optimalizáciu procesov sa využívajú rôzne metodiky, metódy, nástroje a techniky priemyselného inžinierstva a manažérstva kvality, ktoré analyzujú problém a pomáhajú diagnostikovať príčiny problému. Procesy môžeme merať pomocou ukazovateľov ako ukazovatele produktivity, ekonomické ukazovatele, kvalitatívne, časové. V súčasnosti je vo vedeckej literatúre opísaných množstvo rôznych metód a nástrojov, ktoré sa využívajú pri zlepšovaní procesov v podnikovej praxi, napr. jednoduché nástroje manažérstva kvality, rôzne štatistické metódy, mapovanie toku hodnôt, SMED, TOC, nástroje a metódy lean, Six Sigma (XU, et al., 2018).

1.4 Plytvanie a dôsledky plytvania vo výrobných procesoch

Hlavné sústredenie zameriava na zníženie odpadu, zlepšenie procesov a zameriava sa taktiež na zákazníka. Štíhla výroba teda zaisťuje vysokú kvalitu a nízke náklady a splňanie krátkych dodacích lehôt (Pettersen, 2009)

Zošťihľovanie nie je len súbor nástrojov, metód a techník, ale je to aj manažérsky prístup k zlepšovaniu procesov a výkonnosti pomocou komplexného systému navzájom prepojených sociálno-technických a technologických postupov (Bortolotti, 2015).

1.5 Vybrané metódy priemyselného inžinierstva

Konkurenčný priestor je veľmi dynamický a čo raz viac turbulentný, je nevyhnutné, aby podniky reagovali inováciou procesov, pracovných metód, činností a tiež inováciou organizačnej štruktúry. Podniky, ktoré neponúkajú takéto inovácie, zvyšujú pravdepodobnosť, že neprežijú digitálnu transformáciu spoločnosti. Ako všetky odvetvia reagujú na digitálnu transformáciu, tak i priemyselné inžinierstvo reaguje novými a modernejšími nástrojmi a metódami. Tieto nástroje a metódy by mali odlíšiť daný podnik od konkurencie a zabezpečiť vysokú produktivitu (Rother, 2017).

PDCA

PDCA je v podnikovej praxi v rámci manažérstva kvality označovaný ako Demingov cyklus. Samotný koncept PDCA je založený na vedeckej metóde, ktorú vo svojej práci rozvinul F. Bacon. Táto metóda by sa dala opísať ako *hypotéza-experiment-hodnotenie*, inými slovami *naplánuj-urob-over*. Shewart na základe vedeckej práce Bacona navrhoval prijímať opatrenia až na základe záverov z vykonaného hodnotenia (Rother, 2017).

Six Sigma

Six Sigma bola vyvinutá a vyskúšaná v spoločnosti Motorola pod vedením Boba Galvina. Metóda bola vyvinutá na princípe zdokonaľovania veľkých výrobných procesov. Hlavnou myšlienkou bolo docieľiť dokonalý výsledok meraním parametrov a elimináciou odpadu. Six Sigma súvisí s aplikáciou štatistických metód s cieľom dosiahnuť opatreniami úroveň procesu najviac 3,4 chybami na milión príležitostí (Brue, 2005) , (Pyzdek & Keller, 2013).

SMED

Single Minute Exchange of Dies (SMED) je metóda na skracovanie časov pretypovania výrobných zariadení. Metóda SMED je jednou z mnohých metód štíhlej výroby na zníženie odpadu vo výrobnom procese. Poskytuje rýchly a efektívny spôsob zmeny výrobného procesu z ukončenia aktuálneho produktu na spustenie nasledujúceho produktu. Táto rýchla zmena je kľúčom k zníženiu veľkostí výrobných šarží a tým k zlepšeniu toku. (Sousa, et al., 2019).

Chalt Cicle

Metóda Chalt Cicle (metóda kriedového kruhu), ktorej autorom je Taiichi Ohno, je založená na pozorovaní výrobných procesov vo výrobe priamo pri výrobných linkách. Pozorovaním procesov dokážeme zaregistrovať problémy a udalosti ovplyvňujúce výrobný proces, pretože sa opakujú. V podstate sa musíme dlhšiu dobu sústrediť na určitú časť výroby, aby sme skutočne pochopili, o čo ide.

Sledovanie a posudzovanie procesov vo výrobe sa uskutočňuje na niekoľkých úrovniach (Roser, 2016).

TPM

TPM je jedným z kľúčových konceptov štíhlej výroby a spochybňuje názor, že údržba nie je nič viac ako funkcia, ktorá funguje na pozadí a objavuje sa iba v prípade potreby. Cieľom TPM je vzbudiť pocit spoločnej zodpovednosti medzi dohľadom, operátormi a pracovníkmi údržby, a to nielen udržiavať plynulý chod strojov, ale aj celkovo rozširovať a optimalizovať ich výkon. Výsledky sa ukazujú byť pozoruhodné (Dulebová, 2010).

DOE

Design of Experiments (DOE), čiže plánovanie experimentov, je nástrojom, ktorý sa môže použiť pri zlepšovaní procesov v rámci metodiky Six Sigma. DOE pomáha projektovým tímom definovať premenné, ktoré vstupujú do procesu výroby a umožňujú odhaliť kritické

vzťahy medzi vstupnými a výstupnými premennými. Tieto premenné a ich vzájomné vzťahy sú častokrát skryté v množstve údajov o procese. DOE identifikuje teda kritické vstupy do procesu a pomáha tímom pochopiť fungovanie procesu a vplyv vstupov na proces a umožňuje stanoviť, aký dopad bude mať zmena premenných na výkon procesu <https://www.villanovau.com/resources/six-sigma/design-of-experiments/>.

1.6 Metódy priemyselného inžinierstva prepojené s Industry 4.0

Inteligentné podniky (Smart factories) sú hlavným predmetom koncepcie priemyslu 4.0 a predstavujú využitie IT a komunikačných technológií na to, aby si ľudia, stroje, výrobky a zdroje mohli vymieňať informácie a dáta. Inteligentné podniky sú súčasťou internetu vecí a služieb (internet of things). Podľa vízie priemyslu 4.0 sa priemyselná výroba presunie z fyzického procesu s podporou IT na integrovaný kyberfyzický systém výroby. Tieto kyberfyzické systémy kombinujú fyzický svet s kybernetickým svetom (Kagermann, 2013).

1.7 Zhodnotenie teoretických východísk

Na slovenskom trhu s literatúrou z oblasti priemyselného inžinierstva je veľmi nepriaznivá situácia, pokiaľ ide o problematiku metodiky Six Sigma, ktorá nie je podrobne riešená v slovenskom jazyku. Existujú na weboch slovenských vzdelávacích a školiacich agentúr všeobecné informácie o problematike Six Sigma, napr. (IPA Slovakia, 2017). Absentujú však publikácie, ktoré by sa podrobnejšie zaoberali metodikou Six Sigma, ktorá je veľmi efektívnym nástrojom zlepšovania nielen výrobných procesov, ale môže byť aplikovaná aj pri zlepšovaní nevýrobných procesov.

Z hľadiska manažerstva kvality zlepšovanie v priemyselnom podniku môže byť zamerané na nápravné činnosti, preventívne činnosti a zlepšovacie, resp. proaktívne činnosti. Six Sigma je metodika, pomocou ktorej by mali byť riešené predovšetkým projekty zamerané na proaktívne zlepšovanie, s cieľom dosiahnuť zlepšenie výrobného procesu vyjadrené výkonnosťnými ukazovateľmi. Pri takomto zlepšovaní procesov musia byť uplatňované nielen náročnejšie metódy priemyselného inžinierstva, ktoré sú charakterizované v rámci tejto kapitoly, ale predovšetkým metódy štatistickej analýzy.

Na Slovensku absentuje taktiež literatúra pojednávajúca o metódach zameraných na proaktívne zlepšovanie, kde sa využívajú zložitejšie štatistické metódy a zložitejšie metódy priemyselného inžinierstva, ktoré je možné využiť v rámci metodiky Six Sigma.

2 CIELE, METÓDY A METODIKA DIZERTAČNEJ PRÁCE

Hlavné oblasti riešené v dizertačnej práci sú: metódy priemyselného inžinierstva, metódy a nástroje manažerstva kvality, výrobné priemyselné podniky, zlepšovanie výkonnosti výrobných procesov.

Vybrané metódy, resp. metodiky (napr. Six Sigma) sa budú čoraz viac využívať a podieľať sa na zdravom fungovaní výrobných podnikov. Metódy priemyselného inžinierstva je príliš obširná problematika, preto je potrebné vymedziť oblasť, na ktorú bude dizertačná práca zameraná. Na základe spracovania teoretických východísk a uskutočnenej analýzy zameranej na uplatňovanie metód priemyselného inžinierstva v podnikovej praxi bola stanovená metodika Six Sigma, ako základ pre spracovanie návrhu na využívanie zložitejších metód pri zlepšovaní výrobných procesov.

2.1 Identifikácia výskumného zamerania

Zber, štúdium a spracovanie informácií, teoretických poznatkov a praktické skúsenosti v danej problematike umožnili identifikovať výskumný zámer, resp. výskumný problém. Výskumný problém ohraničuje oblasť vo výrobných priemyselných podnikoch, ktorú je nevyhnutné riešiť vzhľadom na dynamicky sa rozvíjajúcu technickú vyspelosť podnikov a priemyselnú revolúciu, ktorá prehĺbuje špecializáciu a zamestnanci budú musieť komplexne využívať mäkké a tvrdé zručnosti v danej problematike.

2.2 Cieľ, výskumné otázky a hypotézy dizertačnej práce

Identifikácia výskumného problému pomohla k vymedzeniu a formulácii hlavného cieľa a čiastkových cieľov dizertačnej práce.

Hlavným cieľom dizertačnej práce je navrhnúť metodiku zlepšovania výrobných procesov s využitím náročnejších metód priemyselného inžinierstva, koncipovanú na základe filozofie Six Sigma.

Pre splnenie hlavného cieľa dizertačnej práce je potrebné stanoviť a naplniť čiastkové ciele, ktoré sú nasledovné:

- analyzovať teoretické východiská danej problematiky z hľadiska vedných disciplín a zároveň z pohľadu odborníkov v skúmanej oblasti,
- analyzovať využívanie metód priemyselného inžinierstva v priemyselných podnikoch v Slovenskej republike,
- realizovať kvantitatívny a kvalitatívny prieskum v stredných a veľkých priemyselných podnikoch pôsobiacich na Slovensku, zameraný na využívanie metód priemyselného inžinierstva pre zlepšenie výkonnosti výrobných procesov,
- zvoliť súbor metód, ktoré budú uplatnené v rámci metodiky Six Sigma zameranej na proaktívne zlepšovanie výrobných procesov,
- navrhnúť metodiku, ktorá sa bude zaoberať využívaním metód priemyselného inžinierstva pre zlepšovanie výkonnosti výrobných procesov, zameranú na stredné a veľké priemyselné podniky,
- verifikovať navrhnutú metodiku v priemyselnom podniku strednej veľkosti, resp. vo veľkom priemyselnom podniku,
- zhodnotiť prínosy dizertačnej práce v oblasti vedy, vzdelávania a z hľadiska podnikovej praxe.

Na základe identifikácie výskumného problému je možné sformulovať výskumné otázky a hypotézy dizertačnej práce. Vzhľadom na zámer dizertačnej práce boli sformulované nasledovné výskumné otázky (VO):

VO 1: Ktoré metódy priemyselného inžinierstva sa najčastejšie využívajú pri zlepšovaní výrobných procesov v priemyselných podnikoch na Slovensku?

VO 2: Uplatňujú sa pri riešení určitých problémov, ktoré sa vyskytujú vo výrobných procesoch, špecifické metódy priemyselného inžinierstva vzhľadom na priemyselné odvetvie?

VO 3: Aké typy projektov zamerané na zlepšovanie výrobných procesov sú najčastejšie riešené v priemyselných podnikoch na Slovensku?

VO 4: Aké ukazovatele sa používajú v priemyselných podnikoch na Slovensku na vyjadrenie výkonnosti výrobných procesov?

Na základe stanovených cieľov pre vedecké riešenie dizertačnej práce boli sformulované nasledovné hypotézy.

H1: Predpokladáme, že charakter výroby má významný vplyv na aplikovanie zlepšovacích a proaktívnych činností v rámci zlepšovania výrobných procesov.

H2: Existuje významný rozdiel vo využívaní metód priemyselného inžinierstva v priemyselných podnikoch rôznej veľkosti.

H3: Medzi podnikmi z rôznych priemyselných odvetví je významný rozdiel vo využívaní vybraných metód priemyselného inžinierstva.

H4: Existuje významný rozdiel medzi priemyselnými odvetviami v súvislosti s potrebou rozvíjať metodiky zlepšovania v kontexte Industry 4.0.

2.3 Využitie metód dizertačnej práce

Pri spracovaní dizertačnej práce a naplnení čiastkových cieľov boli využité nasledovné vedecké metódy skúmania:

- **systémový prístup,**
- **analýza a syntéza,**
- **dedukcia a indukcia,**
- **klasifikácia,**
- **komparácia,**
- **dotazníková metóda,**
- **deskriptívne štatistické, grafické a vizualizačné metódy.**

2.4 Metodický postup dizertačnej práce

Objektom výskumu dizertačnej práce sú stredné a veľké výrobné priemyselné podniky, pôsobiace na území Slovenskej republiky.

Metodický postup riešenia dizertačnej práce vymedzuje činnosti, ktoré sú realizované v rámci riešenia práce pre naplnenie stanovených cieľov a dosiahnutie prínosov z hľadiska teórie a podnikovej praxe.

Metodický postup dizertačnej práce bol stanovený nasledovne:

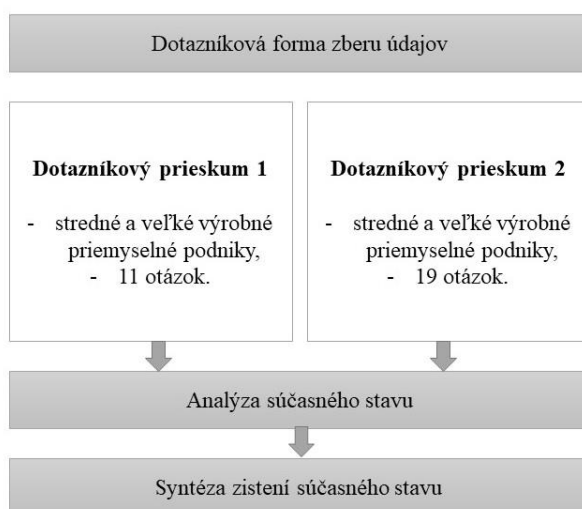
- Spracovať, prehodnotiť a sumarizovať teoretické poznatky z domácej, zahraničnej literatúry a vedeckých štúdií o danej problematike.
- Na základe teoretických poznatkov získaných štúdiom rôznych literárnych zdrojov a na základe znalostí a osobných skúseností z podnikovej praxe sformulovanie výskumných otázok a hypotéz.
- Získanie empirických údajov uskutočnením prieskumu zameraného na aplikáciu metód priemyselného inžinierstva zameraných na zlepšovanie procesov v podnikovej praxi na Slovensku formou dotazníkového prieskumu.
- Distribúcia dotazníkového prieskumu ako zberného nástroja údajov z analyzovanej problematiky a sumarizácia a vyhodnotenie získaných údajov.
- Vyhodnotenie stanovených výskumných otázok a preverenie definovaných hypotéz.
- Závery analýzy a interpretácia zistení súčasného stavu využívania metód priemyselného inžinierstva pri zlepšovaní výrobných procesov v podnikovej praxi.

- Výber metód, ktoré sú aplikovateľné v rámci metodiky zameranej na proaktívne zlepšovanie výrobných procesov a zvyšovanie ich výkonnosti.
- Návrh metodiky pre zlepšovanie výrobných procesov s využitím náročnejších metód priemyselného inžinierstva, koncipovanej na základe filozofie Six Sigma.
- Verifikácia navrhutej metodiky pri zlepšovaní konkrétneho výrobného procesu v priemyselnom podniku strednej veľkosti alebo veľkom podniku.

Posúdenie prínosov dizertačnej práce pre teóriu a priemyselnú prax.

3 APLIKOVANIE METÓD PRIEMYSELNÉHO INŽINIERSTVA V PODNIKOVEJ PRAXI

Na spracovanie analýzy zameranej na uplatňovanie metód priemyselného inžinierstva v podnikovej praxi sme získali údaje pomocou dvoch dotazníkových prieskumov. Sústredili sme sa primárne na veľké priemyselné podniky a podniky strednej veľkosti pôsobiace na Slovensku. Vzhľadom na skutočnosť pôsobenia zahraničných organizácií na Slovensku a ich vplyvu na slovenský priemysel, môžeme porovnať slovenské a zahraničné podniky v súvislosti s využívaním metód priemyselného inžinierstva pri zlepšovaní výrobných procesov. Údaje z dotazníkových prieskumov boli východiskom pre analýzu. Získané údaje boli následne spracované a bola uskutočnená analýza súčasného stavu. V poslednom kroku boli sumarizované zistenia o súčasnom stave aplikácie metód priemyselného inžinierstva v podnikovej praxi. Postup spracovania analýzy súčasného stavu využívania metód priemyselného inžinierstva v podnikovej praxi je znázornený na obrázku 1.



Obrázok 1 Postup spracovania analýzy využívania metód priemyselného inžinierstva (vlastné spracovanie, 2020)

3.1 Analýza súčasného stavu využívania metód priemyselného inžinierstva v priemyselných podnikoch pôsobiacich v Slovenskej republike

Využívanie metód priemyselného inžinierstva v priemyselných podnikoch na Slovensku sme skúmali prostredníctvom dvoch dotazníkových prieskumov:

- dotazníkový prieskum 1, realizovaný v akademickom roku 2019/2020, (Príloha A),
- dotazníkový prieskum 2, realizovaný v akademickom roku 2020/2021, (Príloha B).

Prvý dotazníkový prieskum bol špecifický a vo väčšej miere zameraný na využívanie metód a nástrojov priemyselného inžinierstva a manažérstva kvality, druhý dotazníkový prieskum

bol všeobecnejší a zameriaval sa na oblasť riadenia procesov, zlepšovania procesov, využívania metód priemyselného inžinierstva.

Účastníkmi dotazníkového prieskumu boli vybrané podnikateľské subjekty z celého Slovenska z rôznych priemyselných odvetví. Z hľadiska veľkosti sme sa zamerali len na stredné a veľké výrobné priemyselné podniky. Celkové počty podnikov strednej veľkosti a veľkých výrobných priemyselných podnikov pôsobiacich na Slovensku k 31.12. 2019 a k 31.12. 2020 sú uvedené v tabuľke (tabuľka 1).

Tabuľka 1 Počet výrobných priemyselných podnikov na Slovensku (*datacube.statistics.sk, 2021*)

Veľkosť podniku	k 31.12. 2019	k 31.12.2020
Stredný (50 – 249 zamestnancov)	1 000	1 037
Veľký (250 – viac zamestnancov)	285	307
Spolu	1 285	1 344

Hlavným účelom dotazníkových prieskumov bolo zistiť prepojenie, využívanie metód a získať ucelený pohľad na skúmanú problematiku, ďalej sme chceli skúmať, ako sledujú výrobné procesy a aké je celkové vnímanie danej problematiky v priemyselných podnikoch na Slovensku.

• Výsledky dotazníkového prieskumu 1

Pre účely dotazníkového prieskumu bol určený výberový súbor na základe veľkosti základného súboru. Podľa údajov z databázy „Ekonomické subjekty podľa právnych foriem, ekonomických činností (SK NACE Rev. 2) a veľkostnej kategórie počtu zamestnancov“ ŠÚ SR k 31.12. 2019 sme za **základný súbor** považovali **1285** výrobných priemyselných podnikov kategórie stredný a veľký podnik. Dotazník sme zaslali do 320 priemyselných podnikov, čo predstavuje takmer **25%** zo základného súboru. K poslednému dňu zberu údajov (31.5. 2020) vyplnilo dotazník celkovo **60** respondentov, čiže návratnosť dotazníkov bola asi **19%**.

Uveďte typ podniku podľa veľkosti.

Zamerali sme pozornosť len na stredné a veľké výrobné podniky. Z celkového počtu (60 respondentov) až 85% respondentov uviedlo možnosť stredný podnik a 15% respondentov uviedlo možnosť veľký podnik.

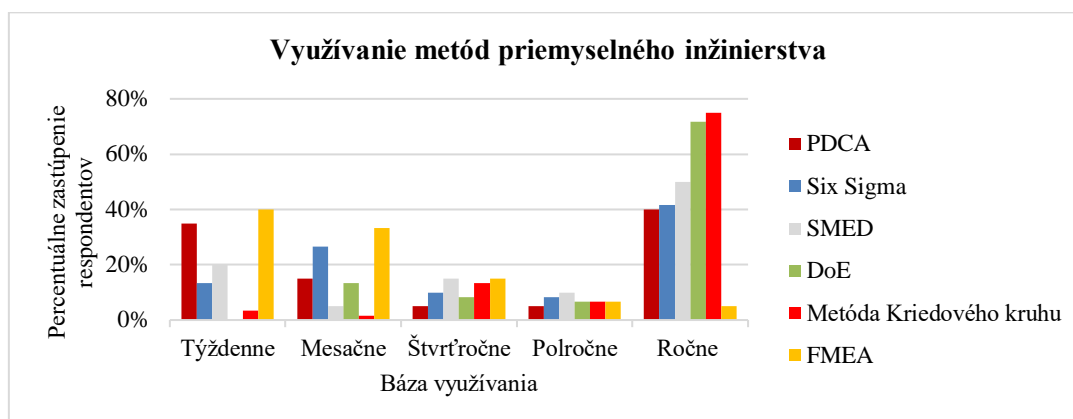
Uveďte charakter výroby.

Dovedna 65 % respondentov uviedlo odpovede hromadná a sériová výroba. Práve v týchto typoch výroby sa dajú uplatňovať prvky Industry 4.0, preto je vo väčšej miere nutné implementovať a využívať metódy priemyselného inžinierstva.

Aké nástroje alebo metódy priemyselného inžinierstva využívate v podniku?

Pri tejto otázke boli uvedené nasledovné metódy SMED, FMEA, EFQM, DOE, PDCA, 5S, Six Sigma, SWOT analýza, Metóda kriedového kruhu, MTM (MOST), Swimline, PFEP, TPM a iné. Pri jednotlivých metódach bola zohľadnená aj frekvencia využívania podľa nasledovných báz: týždenne; mesačne; štvrťročne; polročne; ročne. Nakoľko by bolo vyhodnotenie používania jednotlivých metód, resp. nástrojov veľmi obsérne, na obrázku 2 sú súhrnne znázornené len vybrané metódy, ktoré sú objektom dizertačnej práce. Metóda FMEA dosiahla úroveň 40% na týždennej báze využitia a aspoň raz za mesiac túto metódu použije

33,3% opýtaných. Metódu DOE a metódu kriedového kruhu využíva len na ročnej báze viac ako 70%.



Obrázok 2 Štruktúra využívania metód priemyselného inžinierstva (vlastné spracovanie, 2021)

Pri akých problémoch najčastejšie využívate dané nástroje a metódy vo vašom podniku?

Pri tejto otázke mohli respondenti uviesť viaceré možnosti. Najpočetnejšou odpoveďou bola odpoveď *reklamácie*, uviedlo ju až 86,7% respondentov. Nasledujúce odpovede *optimalizácia výroby*, *zlepšovanie výrobných procesov* a *eliminácia nezhodných produktov* uviedli všetky podniky s hromadnou alebo sériovou výrobou. Pri možnostiach *zlepšovanie výrobných procesov* a *eliminácia nezhodných produktov* zvolili túto odpoveď aj 4 podniky s kusovou výrobou. Z tohto vyhodnotenia vyplýva, že podniky s kusovou výrobou veľmi málo využívajú metódy a nástroje na riešenie problémov spojených s výkonnosťou výrobných procesov a elimináciou plytvania.

• Výsledky dotazníkového prieskumu 2

Veľkosť výberového súboru pre účely dotazníkového prieskumu bola určená na základe základného súboru. Podľa údajov z databázy „Ekonomické subjekty podľa právnych foriem, ekonomických činností (SK NACE Rev. 2) a veľkostnej kategórie počtu zamestnancov“ ŠÚ SR k 31.12. 2020 sme za **základný súbor** považovali **1 344** výrobných priemyselných podnikov kategórie stredný a veľký výrobný podnik. **Výberový súbor** predstavoval vzorku 306 priemyselných podnikov, čo je **22,93%** zo základného súboru. Dotazník ku koncu marca 2021 vyplnilo celkovo **64** respondentov.

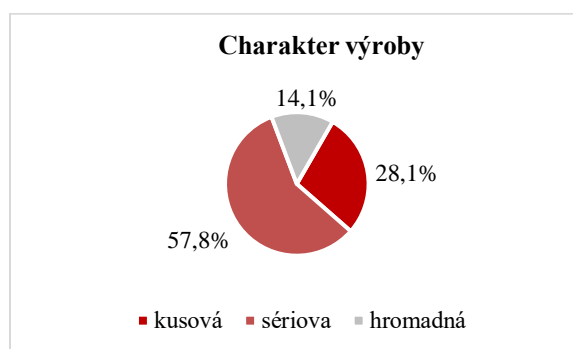
Aká je veľkosť Vášho podniku podľa počtu zamestnancov?

Tabuľka 2 Rozdelenie podnikov podľa veľkosti (vlastné spracovanie, 2021)

Veľkosť podniku	Početnosť
Stredný podnik (50 – 249 zamestnancov)	44
Veľký podnik (nad 250 zamestnancov)	20

Aký je charakter výroby vo Vašom podniku?

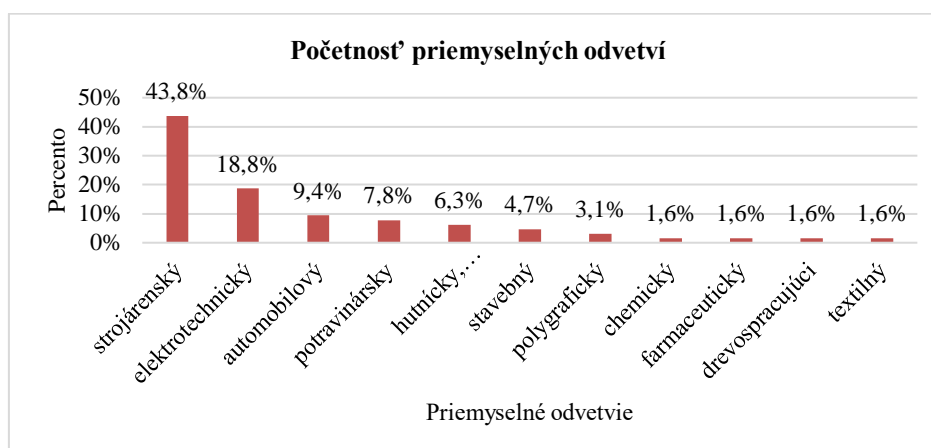
V druhej otázke dotazníkového prieskumu sme identifikovali charakter výroby (kusová, sériová a hromadná). Na obrázku 3 je vyjadrené percentuálne zastúpenie podnikov podľa charakteru výroby, ktoré tvorili vzorku respondentov v dotazníkovom prieskume.



Obrázok 3 Rozdelenie podnikov podľa charakteru výroby (vlastné spracovanie, 2021)

V akom priemyselnom odvetví pôsobí Váš podnik?

Pri tvorbe dotazníka sme vzhľadom k tejto otázke ako odpoveď uviedli 6 priemyselných odvetví (*strojárenský, elektrotechnický, automobilový, hutnícky, kovospracujúci a chemický*), ďalšie typy priemyselných odvetví definovali respondenti. Percentuálne zastúpenie jednotlivých priemyselných odvetví je graficky znázornené na obrázku 4.



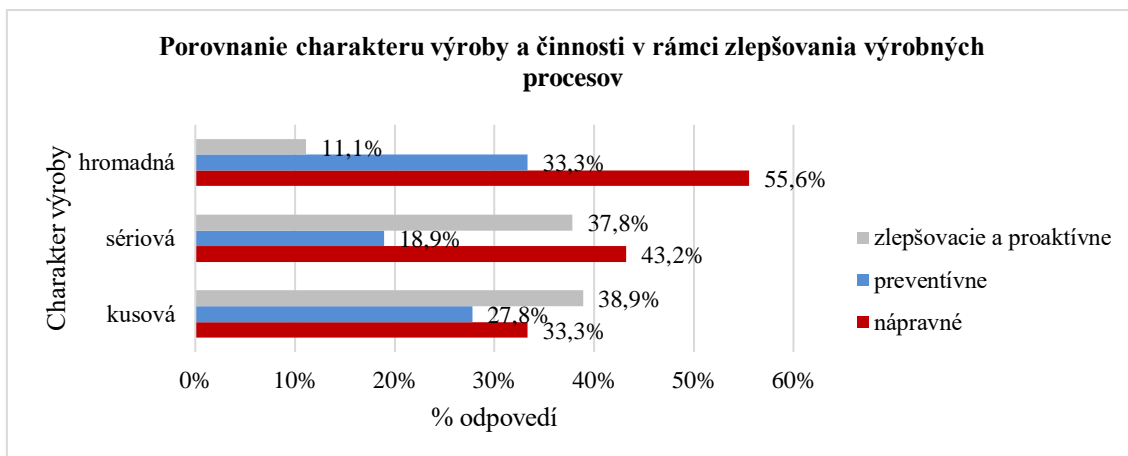
Obrázok 4 Zastúpenie priemyselných odvetví (vlastné spracovanie, 2021)

Prebieha zlepšovanie výrobných procesov vo Vašom podniku ako rutina, teda ako každodenný prístup?

Vyhodnotením otázky číslo 7 sme zistili, že zo vzorky 64 výrobných podnikov 42 respondentov uviedlo odpoveď *áno*, čiže v danom podniku sa uplatňuje zlepšovanie výrobných procesov ako každodenný prístup. S čoraz väčším uplatňovaním Priemyslu 4.0 budú musieť výrobné i nevýrobné podniky zlepšovať svoje procesy na dennej báze, teda vnímať zlepšovanie ako filozofiu každodenného prístupu, aby boli konkurencieschopné. Zvyšných 22 respondentov uviedlo odpoveď *nie*.

Ktoré činnosti v rámci zlepšovania výrobných procesov prevládajú vo Vašom podniku?

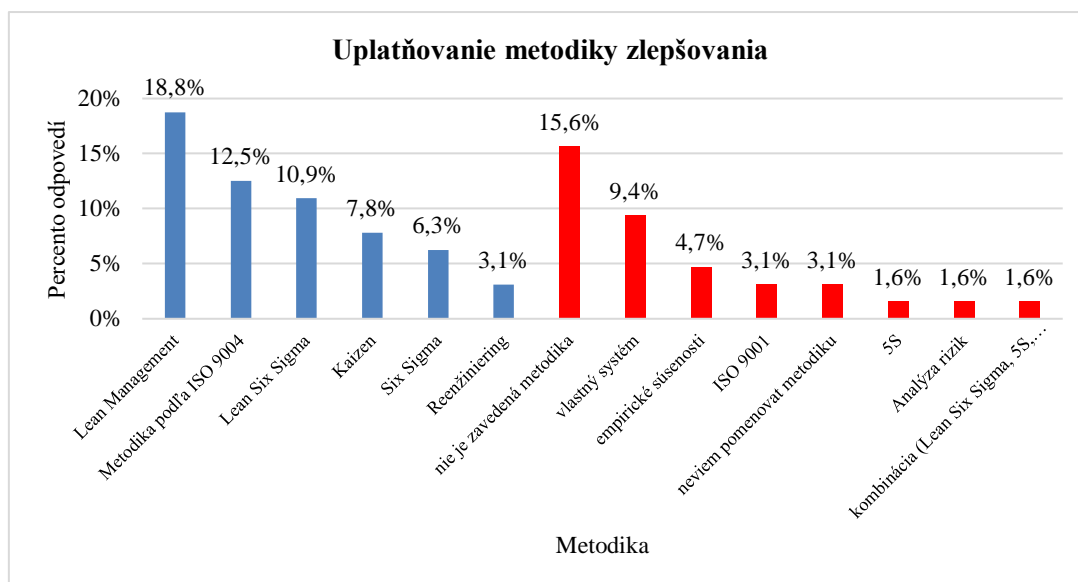
Pri otázke číslo 9 mali respondenti na výber z troch odpovedí a to *nápravné činnosti*, ktoré boli najpočetnejšou odpoveďou, *preventívne činnosti* a *zlepšovacie a proaktívne činnosti*. Odpovede na túto otázku sú vyhodnotené zvlášť pre podniky s rôznym charakterom výroby. Výsledky sú graficky znázornené na obrázku 5.



Obrázok 5 Porovnanie charakteru výroby a činnosti v rámci zlepšovania výrobných procesov (vlastné spracovanie, 2021)

Aká metodika zlepšovania výrobných procesov sa najčastejšie uplatňuje vo Vašom podniku ?

Respondenti mali na výber z možností *Lean Management*, *Metodika podľa ISO 9004*, *Lean Six Sigma*, *Kaizen*, *Six Sigma*, *Reenžiniering*. Taktiež bolo možné vybrať možnosť *iné* a doplniť metodiku, akú v podniku využívajú.



Obrázok 6 Uplatňovanie metodiky zlepšovania v priemyselných podnikoch (vlastné spracovanie, 2021)

Z uvedených metodík zlepšovania (na obrázku 6 sú znázornené modrou farbou) respondenti uviedli ako najviac využívanú metodiku *Lean Management*, nasledovala *Metodika podľa ISO 9004* a *Six Sigma*. Červenou farbou sú na obrázku 10 znázornené metodiky, ktoré respondenti uvádzali pri odpovedi iné. Prekvapujúca je skutočnosť, že vyše 15% podnikov nemá zavedenú žiadnu metodiku zlepšovania.

Aké kľúčové ukazovatele výkonnosti výrobných procesov sa používajú v podniku ?

Vyhodnotením otázky zameranej na kľúčové ukazovatele výkonnosti možno konštatovať, že 39,1% respondentov uviedlo kľúčový ukazovateľ *OEE*, ďalej nasledovali možnosti ako *ekonomické ukazovatele, ukazovatele kvalitatívne, časové, ukazovatele výkonnosti*.

3.2 Kritické faktory neúspechu metodiky Lean Six Sigma

V rámci štúdie výskumov v oblasti kritických faktorov neúspechu implementácie metodiky Lean Six Sigma sme identifikovali množstvo kritických faktorov. Navrhovaná štúdia vychádzala z výskumných publikácií, ktoré pochádzali z mnohých priemyselných odvetví implementujúcich metodiku Lean Six Sigma medzi rokmi 2014 – 2021 a publikácie pochádzajú z krajín sveta ako Taliansko, Švédsko, Brazília, Srbsko, Portugalsko, USA, Spojené kráľovstvo, Malajzia, Indonézia, Južná Afrika, Poľsko, Austrália, Írsko, Thajsko, Libanon, Rusko a Slovensko. Súčasne východiskom sú zistenia dotazníkového prieskumu o využívaní metodiky Lean Six Sigma v Slovenských výrobných podnikoch, ktorý sa uskutočnil v roku 2020 v rámci predkladanej dizertačnej práce.

Identifikované kritické faktory neúspechu implementácie Lean Six Sigma. Metodický postup ako jeden z obávaných neúspechov potvrdili i v nemenovanom špecifickom podniku na Slovensku. Práve na chýbajúci metodický postup využívania metód zlepšovania projektový tím nevedel, ako zdefinovať projekt a logickú postupnosť.

3.3 Vyhodnotenie stanovených výskumných otázok a hypotéz

V dizertačnej práci boli stanovené štyri výskumné otázky a štyri hypotézy, ktoré skúmajú súčasný stav pojednávaneho výskumného cieľa. V nasledovnej podkapitole sa budeme zaoberať vyhodnotením výskumných otázok a hypotéz.

- **Vyhodnotenie výskumných otázok**

Výskumná otázka - VO1

Znenie prvej výskumnej otázky je uvedené v podkapitole 2.2 : „*Ktoré metódy priemyselného inžinierstva sa najčastejšie využívajú pri zlepšovaní výrobných procesov v priemyselných podnikoch na Slovensku*“.

Zamerali sme sa na otázku: „*Aké nástroje alebo metódy priemyselného inžinierstva využívate v podniku*“. Z výskumu vyplýva, že najčastejšie využívanými metódami priemyselného inžinierstva v skúmaných podnikoch sú PDCA, FMEA a 5S. Tieto metódy na týždennej báze, teda najčastejšie využíva 35% respondentov (PDCA), 38,3% respondentov (5S) a 40% respondentov (FMEA). Ide o metódy, ktoré sú jednoduché na aplikáciu a preto sú veľmi často využívané v priemyselnej praxi v stredných a veľkých výrobných priemyselných podnikoch. Túto výskumnú otázku sme vyhodnotili taktiež z otázky druhého dotazníkového prieskumu. Otázka znela nasledovne: „*Aké metódy, nástroje a techniky priemyselného inžinierstva/ manažérstva kvality najčastejšie používate k riešeniu problémov a k zlepšovaniu výrobných procesov*“, ale pri vyhodnocovaní sme sa zamerali len na metódy priemyselného inžinierstva. Najčastejšie využívanou metódou, ktorú uviedlo 14,1% respondentov je metóda 5S a ďalšími metódami sú Ishikawa diagram a PDCA. Na základe sumarizácie údajov

z oboch dotazníkov môžeme konštatovať, že najpoužívanejšími metódami v priemyselnej praxi sú PDCA cyklus a metóda 5S.

Výskumná otázka - VO2

Znenie druhej výskumnej otázky „*Uplatňujú sa pri riešení určitých problémov, ktoré sa vyskytujú vo výrobných procesoch, špecifické metódy priemyselného inžinierstva vzhľadom na priemyselné odvetvie?*“.

Zamerali sme sa konkrétne na tri najpočetnejšie priemyselné odvetvia, teda aj najväčšie priemyselné odvetvia na Slovensku: strojársky, elektrotechnický a automobilový priemysel. Z prieskumu vyplýva, že sú mierne odlišnosti vo využívaní metód PI v rámci troch uvedených priemyselných odvetví. Respondenti zaradili pri danej otázke medzi metódy aj metodiku Lean Six Sigma, takže sme ju ponechali v našom vyhodnocovaní. Metodika Lean Six Sigma sa využíva, ako uviedli respondenti, vo všetkých troch priemyselných odvetviach.

Výskumná otázka - VO3

Tretia výskumná otázka bola naformulovaná nasledovne: „*Aké typy projektov zamerané na zlepšovanie výrobných procesov sú najčastejšie riešené v priemyselných podnikoch na Slovensku?*“.

Z prieskumu vyplýva, že v priemyselných podnikoch sa na zlepšovanie výkonnosti výrobných procesov najviac využívajú krátkodobé projekty.

Výskumná otázka - VO4

Posledná výskumná otázka bola formulovaná nasledovne: „*Aké ukazovatele sa používajú v priemyselných podnikoch na Slovensku na vyjadrenie výkonnosti výrobných procesov?*“. Pre vyhodnotenie tejto výskumnej otázky sme využili otázku z druhého dotazníkového prieskumu. Z vyhodnotenia údajov z dotazníka je zrejmé, že takmer 40% respondentov uviedlo, že práve ukazovateľ OEE – celková efektívnosť zariadenia je kľúčový ukazovateľ pre hodnotenie výkonnosti procesov, nasledujú ekonomické ukazovatele (zisk, obrat, náklady) a ukazovatele kvality (zmätkovitosť, reklamácie).

• Vyhodnotenie vedeckých hypotéz

Na základe údajov a informácií získaných z uskutočnených dotazníkových prieskumov k dizertačnej práci a dotazníkového prieskumu k projektu Vega sme vyhodnotili vedecké hypotézy.

H1: Predpokladáme, že charakter výroby má významný vplyv na aplikovanie zlepšovacích/proaktívnych, preventívnych a nápravných činností v rámci zlepšovania výrobných procesov.

H0: Predpokladáme, že charakter výroby nemá významný vplyv na aplikovanie zlepšovacích/proaktívnych, preventívnych a nápravných činností v rámci zlepšovania výrobných procesov.

Prvá výskumná hypotéza je zameraná na identifikovanie korelácie medzi charakterom výroby a činnosťami v rámci zlepšovania výrobných procesov. Činnosti zamerané na zlepšovanie procesov sme charakterizovali nasledovne: zlepšovacie a proaktívne činnosti, preventívne činnosti a nápravné činnosti. Prvou hypotézou sme teda overovali, či pri zlepšovaní procesov v priemyselných podnikoch závisí forma zlepšovania od charakteru výroby.

Hypotézu sme overovali pomocou Chi-kvadrát testu v programe Minitab. Vstupné údaje pre testovanie. Pre realizáciu testu sme zvolili hladinu významnosti/stupeň významnosti 5%, čiže $\alpha = 0,05$. Realizáciou štatistického testu sme zistili, že hodnota pravdepodobnosti $p = 0,53$ je väčšia ako α , preto nulovú hypotézu nezamietame, čiže neexistuje závislosť medzi charakterom výroby a aplikáciou zlepšovacích činností v rámci zlepšovania výrobných procesov.

Interpretácia výsledku: charakter výroby nemá významný vplyv na aplikovanie zlepšovacích a proaktívnych činností v rámci zlepšovania výrobných procesov.

H2: Existuje významný rozdiel vo využívaní metód priemyselného inžinierstva v priemyselných podnikoch rôznej veľkosti.

H0: Neexistuje významný rozdiel vo využívaní metód priemyselného inžinierstva v priemyselných podnikoch rôznej veľkosti.

Hypotézu sme overovali pomocou analýzy rozptylu pomocou tabuľkového softvéru Microsoft Excel.

Tabuľka z výsledkami obsahuje základné štatistické charakteristiky – počet hodnôt, ich súčet, priemer a rozptyl. Najdôležitejšia pre interpretáciu výsledkov je tabuľka zdroj variácií (source of variation) a to hodnoty F a F kritické (F crit).

Vzťah :

$F < F \text{ crit}$, tak platí nulová hypotéza, daný faktor nemá významný vplyv.

$F > F \text{ crit}$, tak platí alternatívna hypotéza, daný faktor má významný vplyv, resp. je významný rozdiel medzi jednotlivými prvkami.

Interpretácia výsledku: Pre realizáciu testu sme zvolili hladinu významnosti/stupeň významnosti 5%, čiže $\alpha = 0,05$. Realizáciou štatistického testu sme zistili, že hodnota pravdepodobnosti $p = 0,23$ (tabuľka 15) je väčšia ako α a súčasne $1,491 (F) < 2,591 (F_{crit})$, preto H0 nezamietame, využívanie metód priemyselného inžinierstva nezávisí od veľkosti podniku.

H3: Medzi podnikmi z rôznych priemyselných odvetví je významný rozdiel vo využívaní vybraných metód priemyselného inžinierstva

H0: Medzi podnikmi z rôznych priemyselných odvetví nie je významný rozdiel vo využívaní vybraných metód priemyselného inžinierstva

Hypotézu sme overovali pomocou analýzy rozptylu v softvéri Microsoft Excel.

Interpretácia výsledku: Pre realizáciu testu sme zvolili hladinu významnosti/stupeň významnosti 5%, čiže $\alpha = 0,05$. Realizáciou štatistického testu sme zistili, že hodnota pravdepodobnosti $p = 0,112$ je väčšia ako α a súčasne $1,924 (F) < 2,449 (F_{crit})$, preto H0 nezamietame, tzn. medzi podnikmi rôznych priemyselných odvetví nie je významný rozdiel vo využívaní metód priemyselného inžinierstva.

H4: Existuje významný rozdiel medzi priemyselnými odvetviami v súvislosti s potrebou rozvíjať metodiku zlepšovania v kontexte Industry 4.0.

Pri testovaní hypotézy H4 sme vychádzali z výsledkov Vegy pričom sme zistovali, či existuje významný rozdiel medzi priemyselnými odvetviami a potrebou rozvíjať metodiku zlepšovania v kontexte Industry 4.0.

Interpretácia výsledku: Pre realizáciu testu sme zvolili hladinu významnosti/stupeň významnosti 5%, čiže $\alpha = 0,05$. Realizáciou štatistického testu sme zistili, že hodnota

pravdepodobnosti $p = 0,002$ je menšia ako α a súčasne $5,142 (F) > 2,603 (F_{crit})$, H_0 zamietame, tzn. medzi priemyselnými odvetviami existuje významný rozdiel v súvislosti s potrebou rozvíjať metodiky zlepšovania v kontexte s Industry 4.0.

3.4 Záver analýzy

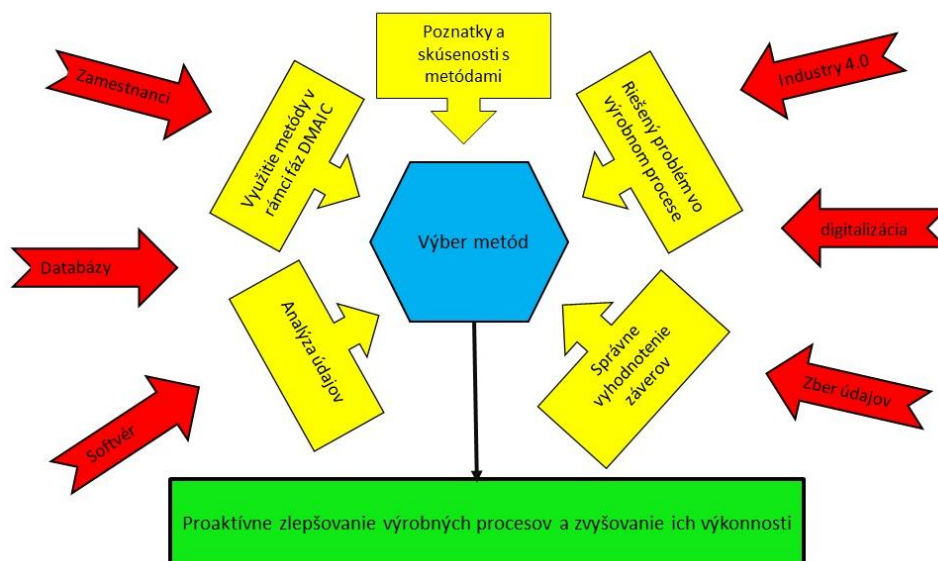
Na základe uskutočnených dotazníkových prieskumov môžeme konštatovať, že v podnikoch na Slovensku sa vo väčšine uplatňujú jednoduchšie metódy a nástroje priemyselného inžinierstva a manažérstva kvality. Ide o metódy, ktoré sa vo veľkej miere orientujú na problematiku zoštieňovania a využívania jednoduchších metód priemyselného inžinierstva (5S, základné nástroje manažérstva kvality, a pod.). Zriedkavo sa v priemyselných podnikoch uplatňujú zložitejšie metódy priemyselného inžinierstva (Six Sigma, DOE, QFD, a pod.), ktoré sú založené na štatistických metódach. Ak dôjde k aplikácii štatistických metód, ide prevažne o jednoduchšie štatistické metódy, ale zložitejšie štatistické metódy (korelačná analýza, štatistická regulácia procesov, testovanie hypotéz a ďalšie) sú využívané pomerne zriedkavo. Práve tieto zložitejšie metódy sa vo výraznej miere podieľajú na neustálom zlepšovaní procesov v podnikoch. Týmito metódami môžeme doceliť proaktívne riešenia problémov a proaktívne návrhy opatrení.

4 NÁVRH METODIKY ZLEPŠOVANIA VÝROBNÝCH PROCESOV S VYUŽITÍM METÓD PRIEMYSELNÉHO INŽINIERSTVA

Zo záverov z analýzy vyplýva, že pozornosť je upriamená pozornosť a ďalej sa práca zaoberá metodikou Six Sigma. Metodika Six Sigma je známa už vyše tri desaťročia. Ako každá metodika, metóda, nástroj, alebo vedná disciplína i Six Sigma si prešla vývojom. V súčasnosti sa hovorí hlavne o prepojení Lean Management a Six Sigma teda Lean Six Sigma, zameriava sa na znižovanie variability a zoštieňovanie výrobných procesov. Medzi odborníkmi sa vedie diskusia, či tieto dve filozofie by mali splynúť a zlúčiť sa v jednu filozofiu resp. metodiku. Prikláňame sa k odborníkovi, ktorí hovoria o Lean Six Sigma. Budeme sa primárne zaoberať pokrokovými metódami priemyselného inžinierstva a zložitejšími štatistickými nástrojmi resp. metódami. V danej problematike je široký priestor sa zaoberať otázkou: „Prečo výrobné podniky pôsobiace na Slovensku nie sú motivované využívať metodiku Lean Six Sigma?“ Na to, aby bol dosiahnutý hlavný cieľ dizertačnej práce, musíme identifikovať a zaoberať sa otázkou, prečo je implementácia metodiky Lean Six Sigma v niektorých stredných podnikoch na Slovensku, ale i vo svete neúspešná.

4.1 Model výberu metód s cieľom proaktívneho zlepšovania procesov

Ako základ pre model výberu metód s cieľom proaktívneho zlepšovania procesov a zvyšovania výkonnosti procesov je sumarizácia zistení a realizácia analýz, na základe ktorých bol vytvorený komplexný model. Pred vytvorením modelu sme zohľadnili skúmané oblasti a to sú: metódy priemyselného inžinierstva, proaktívne zlepšovanie procesov a zvyšovanie ich výkonnosti a postup DMAIC. Ďalej sme zohľadňovali zistenia a skúsenosti z oblasti práce s metódami s cieľom proaktívneho zlepšovania procesov. V súvislosti s návrhom tohto modelu sme uvažovali nad determinantmi, ktoré ovplyvňujú výber danej metódy a taktiež prvkami, na základe ktorých sa rozhodujeme pre určitú metódu s cieľom proaktívneho zlepšovania výrobných procesov. Na obrázku 7 je znázornený model, na základe ktorého môžu byť určené, resp. vybrané vhodné metódy.



Obrázok 7 Koncept výberu metód s cieľom proaktívneho zlepšovania procesov a zvyšovania ich výkonnosti, (vlastné spracovanie, 2022)

Cieľom tohto konceptu je „Proaktívne zlepšovanie výrobných procesov a zvyšovanie ich výkonnosti“. Predpokladom dosiahnutia tohto cieľa je výber vhodnej metódy, na čo však vplyvajú nami definované prvky a determinanty. Na základe prvkov sa rozhodujeme, akú metódu zvolíme a determinanty nám ovplyvňujú realizáciu výberu metódy. Nami navrhovaný koncept sa skladá z nasledujúcich zložiek:

- päť rozhodovacích prvkov, tieto prvky predstavujú primárne oblasti, na základe ktorých sa podniky alebo jednotlivci pracujúci s metódami rozhoduje pre výber metódy: „Analýza údajov, Využitie metódy v rámci fáz DMAIC, Poznatky a skúsenosti s metódami, Riešený problém vo výrobnom procese, Správne vyhodnotenie záverov“. Ako vyplýva z teoretických analýz a poznatkov o danej téme pri veľkom množstve metód sú odlišnosti pri aplikácii jednotlivých metód a tiež štatistických metód. Primárne sa zameriavame na pokrokové metódy a zložitejšie štatistické metódy, aby sme vedeli teoreticky predvídať zmeny a prakticky rázne zakročiť pri problémoch a riešiť proaktívne zlepšovania v rámci celého podniku. Rozhodovacie prvky definujeme v rámci našej logickej úvahy nad daným konceptom.

Uvedené rozhodovacie prvky sú ovplyvnené nasledujúcimi determinantmi.

- Šesť determinantov ovplyvňujúcich výber a prácu s metódami: „Zamestnanci, Industry 4.0, Digitalizácia, Zber údajov, Databázy a Softvér“. Všetky determinanty ovplyvňujú výber a prácu s metódami, ak budú podniky a jednotlivci zohľadňovať tieto determinanty, príde k eliminovaniu negatívnych vplyvov a dosiahnutiu cieľa, a to k proaktívnemu zlepšovaniu výrobných procesov a výkonnosti výrobných procesov. Determinanty sú nižšie identifikované ako nad nimi uvažujeme v rámci konceptu.

Predkladaný koncept uvažuje nad výberom metód pre výrobné priemyselné podniky a je primárne zameraný na proaktívne riešenia problémov. Metodika Lean Six Sigma vďaka svojej komplexnosti dokáže riešiť tieto proaktívne riešenia problémov, a preto sa

zameriavame na danú filozofiu Lean Six Sigma a na základe nej sme aplikovali jadro konceptu, a to výber vhodných metód. Rovnako aj Lean Six Sigma bojuje s rôznymi faktormi, ktoré ovplyvňujú jej úspešnú implementáciu do podnikovej sféry a tiež jej aplikáciu riešení pre zlepšovanie procesov.

V rámci metodiky Lean Six Sigma sa súčasne s pokrokovými metódami priemyselného inžinierstva využívajú aj jednoduchšie metódy. Jednoduchšie metódy slúžia ako východiská pre aplikáciu pokrokovejších metód, tie sú zložitejšie a vyžadujú si väčšie skúsenosti. Metódy priemyselného inžinierstva rozdeľujeme na základe dosiahnutých výsledkov, ktoré získame aplikáciou metód a taktiež metódy môžeme využiť v určitej fázy DMAIC.

V tabuľke 3 je uvedený stručný prehľad využívania niektorých metód priemyselného inžinierstva v rámci zlepšovania výrobných procesov na základe riešeného problému. Napríklad, ak je nutné zvýšiť produktivitu na pracovisku, využívajú sa metódy ako VSM (mapovanie toku hodnôt), vizuálny manažment, TPM (totálne produktívna údržba). V prípade, ak sa zlepšuje kvalita produktov a procesov, využívajú sa metódy ako DOE (plánovanie experimentov), Lean Six Sigma, vizuálny manažment, SPC (štatistické riadenie procesov)./

Tabuľka 3 Prehľad využívania vybraných metód na základe problému v procese (vlastné spracovanie)

Oblasti riešenia projektu	Použitá metóda
Zmena výroby	VSM, 5S&VM, EP, CI, MSA, SMED
Prestoje / nízka produktivita – Zariadenia	VSM, LSS, SMED, TPM, CI, SPC, DFMA
Prestoje / nízka produktivita - Manuálne procesy	VSM, LSS, SMED, TPM, 5S&VM, CI, MSA, SPC, TK, DFMA, DMAIC
Veľké zásoby (WIP)	VSM, LSS, SMF, CI, TOC, LP, SCM, TK, SIPOC, DMAIC
Dlhý čas výrobného cyklu / čas z činnosti do činnosti	VSM, LSS, SMED, 5S&VM, LP, FO, CI, TOC, SPC, TPM, TK, SIPOC, DMAIC
Nedostatok dielov / tok materiálu	VSM, SMF, LP, FO, CI, TOC, SCM, TK, SIPOC, DFMA, QFD, DMAIC
Kvalita výrobkov - Ručné operácie / ľudská chyba	VSM, DOE, LSS, 5S&VM, EP, CI, MSA, SPC, TOC, TK, QFD, DMAIC
Kvalita výrobkov – Zariadenie	VSM, DOE, LSS, TPM, EP, CI, SPC, TOC, TK, QFD, DMAIC
Školenie pracovníkov	CI, TK

Vysvetlenie skratiek

5S&VM - 5 S / Visual Management - 5S / Vizuálny manažment

CI – Continuous Improvement - Neustále zlepšovanie

DFMA - Design for Manufacture and Assembly - Návrh pre výrobu a montáž

DMAIC - Define-Measure-Analyse-Improve-Control - Definovanie-Meranie-Analyzovanie-Zlepšovanie-Kontrolovanie

DOE - Design of Experiment - Plánovanie experimentov

EP- Error Proofing / Poka Yokes

FO - Flexible Operations - Flexibilné operácie

LLS – Lean Six Sigma

LP - Level Production - Úroveň výroby

MSA - Measurement System Analysis - Analýza meracieho systému

QFD - Quality Function Deployment - Zákaznícke požiadavky na kvalitu

SCM - Supply Chain Management - Riadenie dodávateľských reťazcov

SIPOC - Supplier-Input-Process-Output-Customer - Dodávateľ-Vstup-Proces-Výstup-Zákazník

SMED - Single-Minute Exchange of Die - Metóda na skracovanie časov pretypovania výrobných zariadení

SMF - Synchronous Material Flow - Synchronný tok materiálu

SPC - Statistical Process Control - Štatistické riadenie procesov

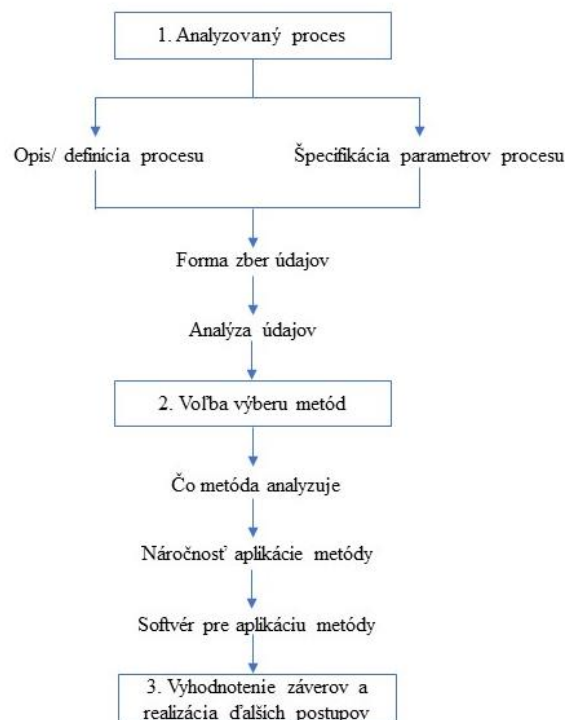
TK – Toyota Kata

TOC - Theory of Constraints - Teória úzkych miest

TPM - Total Productive Maintenance - Totálne produktívna údržba

VSM - Value Stream Mapping - Mapovanie toku hodnôt

4.2 Návrh metodického postupu a výberu vhodnej metódy s cieľom proaktívneho zlepšovania procesov



Obrázok 8 Postup výberu vhodnej metódy, (vlastné spracovanie, 2022)

Na základe navrhovaného konceptu výberu metód s cieľom proaktívneho zlepšovania procesov a zvyšovania výkonnosti procesov bol vytvorený jednoduchý algoritmus (obrázok 8) výberu vhodnej metódy v jednotlivých fázach logického postupu DMAIC.

Výber metód je definovaný základnou schémou, na základe čoho sa vyberá daná metóda. Výber metód sa odvíja od druhu analyzovaného problému v rámci riadenia procesov, manažmentu zmien a zlepšovania procesov. Ako je opísané na obrázku základom výberu vhodnej metódy zlepšovania je vždy analyzovaný proces.

- **Definovanie (Define)**

Analyzovaný proces si zadefinujeme v počiatočnej fáze Definovanie. Podrobné zadefinovanie procesu a ďalšie využitie metód priemyselného inžinierstva zabezpečí kompletný rozbor daného analyzovaného problému. V prvej fáze sa najčastejšie využívajú metódy ako SIPOC, VSM, TOC, CTQ, QFD, rámec procesu, analýza rizík. Vzhľadom na to, či je riešený projekt zameraný za zoštíhľovanie výroby, teda na Lean management alebo na kvalitu procesov/výrobkov, sú vybrané iné metódy riešenia. Pri Lean aktivitách/zlepšeniach sa odporúča využiť metódu VSM, pomocou ktorej sa identifikuje celý proces a nedostatky v ňom. Naopak, ak ide o kvalitu procesov/produktov, sa odporúča využiť metódy zamerané na kvalitu a to TOC, CTQ. Metóda SIPOC sa využíva v oboch prípadoch objektu riešenia, SIPOC identifikuje konkrétny proces v rámci neho činnosti a ich vstupy a výstupy, metóda vytvára ucelenú štruktúru rámca projektu resp. rámca riešenej problematiky.

- **Meranie (Measure)**

V tejto fáze sa primárne zberajú údaje, metódy na zber údajov sú rôzne, odporúčame určite zberať údaje formou primeranou k rýchlosti a k zložitosti výrobného procesu. Najlepšie zberať údaje priamo z procesov do BI systémov ako MES pomocou ERP systémov v takmer reálnom čase. Kde takto zozbierané údaje sa môžu priamo analyzovať a ďalej skúmať napríklad pomocou metódy MSA (zistiť opakovateľnosť a reprodukovateľnosť meracích zariadení). Využiť štatistické metódy ako korelačné analýzy, regresné analýzy, zisťovanie spôsobilosti procesov. Vo fáze merania sa môžu využiť na počiatočné grafické znázornenia údajov i základné nástroje ako Pareto diagram, histogramy, stĺpcové diagramy a ďalšie vizuálne grafické nástroje.

- **Analyzovanie (Analyse)**

Počas tejto fázy sa analyzuje proces, hľadajú sa možné východiská a príčiny k vyriešeniu, resp. zlepšeniu situácie. V úvode fázy Analyzovanie sa odporúča brainstorming v projektovom tíme a tvorba Ishikawa diagramu pre dôkladné zamyslenie sa nad konkrétnou situáciou. Na základe Ishikawa diagramu sa ďalej aplikujú metódy priemyselného inžinierstva a štatistické metódy pre analyzovanie situácie a získaných údajov z predchádzajúcej fázy. Odporúčame využiť metódy ako DOE, FMEA, SMED, Analýza úzkych miest, Analýza rizík, Regresná analýza, Regulačné diagramy, overovanie a testy hypotéz.

- **Zlepšovanie (Improve)**

Nasledujúcou fázou je Zlepšovanie, ktorá vychádza z ukončenia fázy Analyzovanie, keď sú identifikované možné príčiny procesu, ktoré je nevyhnutné odstrániť a identifikovať pomocou nich nový proces, resp. zlepšený proces. Práve vo fáze Zlepšovanie sa hľadajú možné riešenia k odstráneniu zhoršeného stavu procesu. Identifikované riešenia sa pomocou kritérií ohodnotia a stanoví sa ich podrobný prehľad. Vo fáze Zlepšovanie odporúčame využívať metódy 5S, vizualizačný manažment a TPM z pohľadu zoštíhľovania a štandardizácie nových procesov. A metódy so zameraním na kvalitu sú PDCA, DOE so zameraním na zlepšený stav procesu, QFD, SPC a rôzne simulačné softvéry.

Na záver sa vytvárajú pilotné testy v simulačných softvéroch alebo priamo v reálnej situácii. Tiež sa analyzujú benefity, ktoré vznikli vďaka pilotnému testu. Ak sa pilotný test alebo viaceré pilotné testy uskutočnili a mali pozitívne benefity a vďaka ich aplikácii došlo k eliminácii nedostatkov môže sa fáza ukončiť a pokračovať na poslednú fázu Kontrolovanie.

- **Kontrolovanie (Control)**

Fáza Kontrolovať slúži na riadenie resp. kontrolu aplikovaných riešení. Identifikujú sa rôzne reakčné plány pomocou ďalších metód priemyselného inžinierstva, ktoré nám slúžia na včasnú reakciu a zásah do procesu, ak príde k zhoršeniu situácie. Vo fáze Kontrolovať odporúčame využiť metódy ako SPC, kontrolné a regulačné diagramy sledovania nového/zlepšeného procesu, reakčné plány ak sa vyskytnú odchýlky, zavedenie štandardov a vyčíslenie zisku.

4.3 Zdokumentovanie metodického postupu výberu metód pri zlepšovaní výrobných procesov

Všeobecný metodický postup pre výber metód na základe metodiky Lean Six Sigma sme navrhli pre potreby každého výrobného i nevýrobného podniku. Metodický postup sme navrhli vo formáte (v softvéri) MS PowerPoint nakoľko v tomto formáte môže byť projekt spracovaný od jeho začiatku až po koniec a môže byť neskôr aj odprezentovaný. Jednotlivé snímky obsahujú popis postupu riešenia v rámci jednotlivých fáz DMAIC a návrh metód, ktoré môžu byť v danej fáze použité. Nakoľko v tomto formáte môže byť spracovaný daný projekt od jeho začiatku až po finálne závery a môže byť neskôr odprezentovaný. Všeobecný metodický postup je názorne spracovaný v Prílohe C, kde sú zobrazené jednotlivé snímky z popísaného metodického postupu. Určili sme pre jednotlivé fázy postupu DMAIC vhodné metódy, ktoré je možné využiť a má to v danej fáze logický význam vzhľadom na riešený projekt/proces.

Navrhovaný všeobecný metodický postup pre proaktívne zlepšovanie a riešenie zložitých projektov pri zlepšovaní výrobných procesov sme rozdelili na sedem častí nasledovne: úvod do problematiky, fáza Definovanie, fáza Meranie, fáza Analyzovanie, fáza Zlepšovanie, fáza Kontrolovanie, LLS report.

Na nasledujúcich stranách sa dokument zaoberá úvodnou fázou DMAIC, a to fázou Definovanie. V úvode je nutné uviesť stručný prehľad o riešenom projekte pomocou Projektovej listiny, do ktorej sa uvedú všetky základné informácie o projekte, a to: názov projektu, popis projektu, počiatočná situácia, v ktorej sa nachádzame, aký riešime problém,

o aký proces ide a kto je jeho vlastníkom, rozsah procesu, stanovený cieľ zlepšovania, očakávané prínosy, aké parametre budeme merať pri riešení problému, resp. zlepšovaní procesu, aké sú riziká a obmedzenia, ktoré vplývajú na zlepšenie situácie.

Určí sa projektový tím, ktorý bude na zlepšovaní pracovať, stanoví sa termíny/harmonogram jednotlivých činností a na záver projektovej listiny sa identifikujú zadávateľ projektu a vedúci projektu. Následne sa v tejto fáze identifikujú metódy, ktoré je vhodné použiť pri zisťovaní problému a riešení projektu, a to: SIPOC (popis procesu), QFD (požiadavky zákazníkov), analýza rizík a definujú sa očakávané prínosy. V prípade zdokumentovania všetkých počiatočných informácií o projekte sa pokračuje vo fáze Meranie a uskutočňuje sa zber údajov.

Na nasledujúcich stranách prechádza dokument do fázy Analyzovania, kde je možné využiť metódy ako diagram príčin a následkov, teda zostavenie a analyzovanie procesu/situácie pomocou Ishikawa diagramu. Príčiny, resp. faktory, ktoré vplývajú na daný proces možno hľadať aj pomocou GEMBA alebo metódy Kriedového kruhu (The Chalk Circle), ktoré nútia členov riešiteľského tímu ísť do výroby, sledovať a analyzovať proces. Ak sa identifikujú príčiny problému alebo faktory, ktoré významne ovplyvňujú proces, musia sa overiť.

Ďalej prechádza metodický postup do fázy Zlepšovanie, kde sú identifikované možné riešenia procesu, využitie Návrh experimentu (Design of Experiments - DOE) na identifikáciu faktorov k odstráneniu príčin. Identifikácia nákladov a výnosov možných riešení. Výber riešení na základe kritérií pomôže vybrať, resp. zoradiť riešenia podľa priority pre potreby riešenia projektu. Možné riešenia zoradíme podľa priority a najlepších predpokladaných výsledkov, kedy sa vytvorí mapa nového procesu, zostaví sa matica zodpovednosti a uskutoční sa pilotný test. Po pilotnom teste sa sumarizujú hodnotenia testu a analyzuje sa test. Na konci tejto fázy sa vytvorí harmonogram implementovaných zlepšení a overujú sa skutočné náklady a výnosy zo zavadených zlepšení.

Poslednou fázou je Kontrolovanie, kde sa kontroluje nový stav procesu. Kedy sa používajú rôzne ukazovatele sledovania nového, resp. zlepšeného stavu. Metódy ako diagram riadenia procesu.

Navrhnutý všeobecný metodický postup výberu metód na základe metodiky Lean Six Sigma je zostavený podľa logickej postupnosti krokov, aby jednotlivé metódy na seba logicky nadväzovali. Pri tvorbe tohto metodického postupu boli zohľadnené pravidlá Lean Six Sigma, tak i pravidlá v rámci využívania pokrokových metód priemyselného inžinierstva a štatistických metód. Bol vytvorený ucelený koncept s vybranými metódami pre riešenie problémov a využitím v podnikateľských sektoroch, napr. priemyselné odvetvia, bankovníctvo, administratíva, lekárstvo a pod. Koncept výberu metódy je implementovaný vo viacerých sférach podnikateľského prostredia.

4.4 Verifikácia navrhnutého metodického postupu v praxi

Všeobecný koncept, resp. všeobecný metodický postup výberu metód sme využili i v praxi pri riešení konkrétneho projektu, aby sme overili, či je nami navrhovaná postupnosť logická a dokážeme ňou riešiť i skutočné problémy z priemyselnej praxe Príloha D.

Verifikácia navrhnutého metodického postupu prebiehala v podniku Kordárna plus a.s. v Senici, kde bol identifikovaný projekt priorityne zameraný na odstránenie, resp. redukcii nebezpečného odpadu, ktorý vzniká pri výrobe umelého vlákna. Na začiatku projektu boli identifikované požiadavky a parametre CHSK (chemickej spotreby kyslíka) definované normou STN ISO 6060 (Kvalita vody. Stanovenie chemickej spotreby kyslíka).

Projekt bol zameraný na zníženie množstva nebezpečného odpadu. Z opisu projektu a cieľa projektu vyplýva, že projektový tím definoval zníženie odpadu o 50%. Hlavnou informáciou z identifikovania počiatočnej situácie projektu je, že podnik minul na likvidácii odpadu 12 480,20 €. Očakávaný finančný výsledok pri vyprodukování 17 000t vlákna a znížení nebezpečného odpadu o 50% by podnik ušetril 4 660€.

Vo fáze merania sa určil postup merania CHSK podľa normy STN ISO 6060. Boli definované a identifikované všetky potrebné parametre pri zbere údajov ako objekt merania, zodpovednosť, kto meranie vykonáva, ako často sa meranie vykonáva, v akých jednotkách sa meria a pod. Následne k tomuto meraciemu systému a zariadeniu bola využitá metóda MSA, teda Analýza meracieho systému. Analýza MSA bola vykonávaná dvomi operátorkami, ktoré merali 10 vzoriek nebezpečného odpadu a zo štúdie vyplynuli výsledky opakovateľnosti a reprodukovateľnosti 2,6%, čo hovorí o skutočnosti, že merací proces je stabilný, resp. vyhovujúci. Vo fáze merania sa tiež výsledky meraní laborantiek porovnávali s výsledkami meraní v certifikovanom laboratóriu a pomocou testu hypotéz bolo potvrdené, že laborantky merajú ako certifikované laboratórium a nebol štatisticky významný rozdiel medzi meraniami laboratória a laborantkami. Zisťoval sa tiež vplyv flokulantov v čase na hodnotu CHSK pomocou metód korelácie a regresie. Bolo zistené, že spočiatku pôsobenia flokulantov CHSK nebezpečného odpadu klesá, ale v určitom čase táto hodnota CHSK začne znovu stúpať a zvyšovať sa.

Vo fáze Analyzovanie sa teda projektový tím začal zaoberať otázkou „Ako znížiť nebezpečný odpad o 50%? “. Bola využitá metóda Ishikawa diagram a projektový tím sa zameril na TOP 7 príčin a to boli: flokulanty, separovanie prepálených zvyškov olejového odpadu, podiel vyčistenej kvapalnej zložky v IBC, objem preplachu stroja, doba flokulácie, koncentrácia flokulantov, hodnota CHSK. Týchto sedem príčin sa následne preverovalo pomocou testovania hypotéz, Návrhu experimentu DOE, korelačnou analýzou a porovnávaním. Výsledky analýz ukázali, že najlepšie účinky na zníženie objemu odpadu má koncentrácia flokulantu 2% a doba flokulácie 32 hodín. Bol vykonaný i experiment s koncentráciou flokulantov 3%. Vykonaním Návrhu experimentu DOE sa zistilo, že síce 3% koncentrácia flokulantov zníži čas dosiahnutia hodnoty CHSK na požadované množstvo v objeme nebezpečného odpadu, ale navýšia sa finančné náklady na flokulanty. Pristúpilo sa teda k možnosti 2% množstva flokulantov na objem 1 000 litrov nebezpečného odpadu s tým, že flokulácia bude prebiehať 32 hodín. Tento pilotný test sa vykonával ďalej vo fáze zlepšovania.

Vo fáze Zlepšovania sa teda vychádzalo z cieľa, ktorý je nevyhnutné dosiahnuť pilotným testom a to maximálna hodnota CHSK= 1200 mg/l a zníženie objemu nebezpečného odpadu. Možnými riešeniami, resp. riešeniami, ktoré plynuli z analýzy, boli druh flokulantov znižujúci

hodnotu CHSK a tiež dokáže odseparovať olejovú zložku odpadu od vodnej zložky odpadu. Vykonaný pilotný test, ktorým sa dokázalo, že pomocou flokulantov sa dokáže oddeliť „vodná“ a „olejová“ zložka nebezpečného odpadu. Na zníženie nebezpečných odpadov mal najstabilnejšie výsledky flokulant „Perifloc SVK“ a v 2 % koncentrácii po 32 hodinách, hodnota CHSK klesla na 11 % počiatkovej hodnoty CHSK. Odpad bol separovaný v pomere asi 80% vodnej časti a 20% olejovej časti. Vodná časť bola vypustená do inej IBC a zriedená odpadovou vodou, aby hodnota CHSK bola nižšia ako je maximálna požadovaná hodnota CHSK (1200 mg/l).

Z 1 000 litrov odpadu sa dokázalo 80 % odpadu vypustiť do čističky odpadových vôd, čím sa znížil objem nebezpečného odpadu na 20%, čo bola olejová zložka. Ročná úspora odpadu, pri pláne výroby 17 000 ton vlákna, sa odhadovala približne na 10 631 €.

V dolejšej časti nádoby s odpadom bola vodná zložka, ktorá je oddelená od olejovej bielou vrstvou (flokulanty) a následne oranžovo-biela časť v hornej časti nádoby bol odseparovaný olejový odpad, ktorý zvyšoval hodnotu CHSK a kontaminoval objem vodnej časti odpadu. Napríklad i testy na obsah síry/síranov a ďalšie testy na nebezpečné látky pre ŽP ukázali, že vodná zložka je nezávadná a má len vyššie hodnoty CHSK, ktorá sa dá znížiť pomocou odpadovej vody a môže byť vypustená do čističky odpadových vôd (ČOV). Táto vodná časť odpadu bola odčerpaná do nádob a riedená odpadovou vodou a vypúšťaná do ČOV. Olejová časť bola zhromažďovaná do nádob na vývoz nebezpečného odpadu. A ďalšími testami sa zisťovalo či by sa nedal využiť olejový potenciál a chemické zloženie odpadu na ďalšie využitie.

V kontrolnej fáze sa porovnali zadané ciele na začiatku projektu a dosiahnuté výsledky na jeho konci, na základe dosiahnutého výsledku sa vytvorili reakčné plány k danému projektu.

5 PRÍNOSY DIZERTAČNEJ PRÁCE

Posledná kapitola je venovaná sumarizácii prínosov vyplývajúcich z predkladanej dizertačnej práce. Hlavným cieľom dizertačnej práce je navrhnúť metodiku zlepšovania výrobných procesov s využitím náročnejších metód priemyselného inžinierstva, koncipovaných na základe filozofie Six Sigma. Naplneniu hlavného cieľa predchádzalo štúdium, analýza a syntéza teoretických predpokladov, určenie výskumných otázok a hypotéz, vytvorenie dotazníkov, zber údajov a ich vyhodnotenie. Všetky tieto činnosti dopomohli v neposlednom rade k tvorbe metodiky výberu metód pre zlepšovanie výkonnosti výrobných procesov. Hlavným prínosom predkladanej dizertačnej práce je podklad pre aplikáciu výberu metód v kontexte s filozofiou Lean Six Sigma za použitia navrhovaného metodického postupu na základe logického postupu DMAIC. Tento navrhovaný metodický postup je možné využiť pri riešení projektov a odstránení problémov so zameraním na odstraňovanie variability a taktiež na zlepšovanie v oblasti štíhlej výroby vo väčšine podnikateľských oblastí. Spolu s týmto hlavným prínosom dizertačnej práce je ďalším významným prínosom identifikácia skutočnej

aplikácie a využívania rôznych metód v priemyselnej praxi, čo sme zistili pomocou dotazníkov a uskutočnenými stážami v rôznych podnikoch.

Prínosy dizertačnej práce pre prax:

- identifikácie kľúčových ukazovateľov neúspechu implementovania a aplikovania metodiky Lean Six Sigma v priemyselnej praxi,
- zistenie rozdielov medzi využívaním jednotlivých metód PI a priemyselnými odvetvami,
- vytvorenie jednotného a uceleného metodického postupu na základe DMAIC, ktorý môže byť implementovaný v rôznych podnikoch.

Prínosy dizertačnej práce pre vedu:

- výsledky a riešenia dizertačnej práce so zameraním na pokrokové metódy preukázali, že sa vyskytujú odlišnosti vo využívaní týchto metód v rámci priemyselných odvetví,
- zisteniami z dizertačnej práce sa zistilo opodstatnenie dôkladného skúmania problematiky pokrokových metód na univerzitách a tiež v priemyselných podnikoch,
- publikáciami vedeckých príspevkov v danej oblasti využívania metód PI a metodikou Lean Six Sigma bola zdôraznená myšlienka hlbšieho skúmania danej problematiky.

Prínosy dizertačnej práce pre vzdelávanie:

- sumarizácia teoretických východísk z domácej a zahraničnej literatúry v oblastiach štatistické metódy, metódy priemyselného inžinierstva, manažérstvo kvality,
- zmapovanie súčasného stavu využívania jednotlivých metód priemyselného inžinierstva, kvality a štatistiky v stredných a veľkých priemyselných podnikoch,
- vytvorenie podrobnej a logicky nadväzujúcej metodickej dokumentácie na základe postupu DMAIC a identifikovanie využívania metód priemyselného inžinierstva a štatistiky,
- riešením dizertačnej práce v oblasti aplikácie metód so zámerom proaktívneho zlepšovania s využitím logiky DMAIC je nutné zamerať sa na danú problematiku v budúcich bakalárskych, diplomových a dizertačných prácach so zámerom rozvíjať nadobudnuté poznatky,
- analýzou a spracovaním teoretických poznatkov boli vytvorené podklady pre tvorbu nových študijných materiálov a prípadne skrípt, resp. aktualizáciu súčasných študijných materiálov a skrípt,
- využitie materiálov z predkladanej dizertačnej práce pri výučbe v študijnom programe Priemyselné manažérstvo (PMA) na Ústave priemyselného inžinierstva a manažmentu.

Na základe predloženej dizertačnej práce, doposiaľ nadobudnutých poznatkov, je priestor pokračovania vo vedeckom skúmaní pokrokových metód priemyselného inžinierstva a štatistických metód v spojení s technológiou Industry 4.0 a digitalizáciou, v zmysle BI reportov v takmer reálnom čase.

ZÁVER

Priemyselné inžinierstvo a jeho metódy zlepšovania nie sú žiadnou novinkou v priemyselnej praxi na Slovensku. Táto problematika sa neustále vyvíja, formuje a je využívaná na zlepšovanie procesov, výrobkov, služieb a podobne. Vzhľadom na analyzovanie danej problematiky som dospel k záveru, že veľmi málo podnikov na Slovensku využíva dané metódy zlepšovania, resp. v podnikovej praxi častokrát nie sú tieto metódy správne aplikované. Zväčša ide o aplikáciu jednoduchších metód zlepšovania zameraných skôr na zoštíhľovanie a nie na efektívne využívanie štatistických metód a neustále proaktívne zlepšovanie.

Metódy priemyselného inžinierstva sa nevyužívajú len vo výrobných podnikoch a v priemysle, ale i v administratíve a službách. Vo väčšine sa podniky zameriavajú hlavne na zlepšovanie procesov, ale nepozerajú na zamestnancov, ktorí tie procesy koordinujú. Podniky často riešia svoje problémy tým, že chcú rýchle riešenia, ktoré často nie sú efektívne vzhľadom na kontinuálny proces zlepšovania budúceho stavu. Preto by mali byť v podnikovej praxi využívané metódy priemyselného inžinierstva zamerané na neustále zlepšovanie procesov. Implementácia zložitejších metód priemyselného inžinierstva sa bude čoraz viac vyžadovať práve nástupom Industry 4.0. V súčasnosti je nevyhnutné využívať metódy priemyselného inžinierstva na lepšej aplikačnej úrovni, práve pomocou využívania zložitejších štatistických metód, ktoré zabezpečujú svojou analýzou a výpočtami presnejšie a kvalitatívnejšie modely a následne návrhy na zlepšenia procesov, výrobkov, služieb a pod.. Na základe zistených skutočností môžeme konštatovať, že je potrebné sa zaoberať komplexnejším využívaním metód priemyselného inžinierstva, kde budú uplatňované aj zložitejšie štatistické metódy.

V dizertačnej práci upriamime pozornosť na zložitejšie metódy priemyselného inžinierstva a ich využitie v priemyselnej praxi pri proaktívnom zlepšovaní výrobných procesov. Aplikácia daných metód pri zlepšovaní kvality výrobkov alebo služieb umožní podnikom zvyšovať výkonnosť výrobných procesov a dosahovať neustálu konkurencieschopnosť.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- Management Systems, 2018. *Orientácia na zákazníkov*. [Online]
Available at: http://www.msys.sk/orientacia_zakaznik.htm
[Cit. 2018].
- AFEFY, I. H., 2013. Implementation of Total Productive Maintenance and Overall Equipment Effectiveness Evaluation. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 13(1), pp. 69-75.
- AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY, 2017. *What is Six Sigma?*. [Online]
Available at: <http://asq.org/learn-about-quality/six-sigma/overview/overview.html>
[Cit. október 2018].
- AVOELMAGED, M., 2010. Six Sigma Quality: a structured review and implications for future research. *International Journal Q. Reliab. Manag.*, 27(3), pp. 268-317.
- BENCINI, L., 2003. *Lean Six Sigma*. [Online]
Available at: http://aletrium.com/articles/Leadership%20Report_Spring%202003.pdf
[Cit. 2018].
- BESTVINOVÁ, V. & VAŇOVÁ, J., 2014. *Podnikové hospodárstvo I.*. prvý ed. Trnava: AlumniPress.
- BORTOLOTTI, T. a. k., 2015. Successful lean implementation: organizational culture. *Int. J. Prod. Eco.*, Zväzok 160, pp. 182 - 201.
- BRUE, G., 2005. *Six Sigma for Managers*. New York: The McGraw-Hill.
- CAVUSGIL, S., CZINKOTA, M. & KNIGHT, G., 2018. *Understanding Japanese Management Practices*. [Online]
Available at:
https://books.google.sk/books?hl=sk&lr=&id=DXrEfhjluocC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Genchi+Genbutsu&ots=fuy2irkQZZ&sig=NS_7hmmxOF78rYqBYeN_17bgJiU&redir_esc=y#v=onepage&q=Cicle&f=false
[Cit. 2021].
- COMMISSION, E., 2013. *Factories of the Future*. European Commission. s.l.:European Commission.
- DAHMEN, C. a. k., 2020. Methodology of employing exoskeleton technology in manufacturing by considering time-related and ergonomics influences. *Application Science*, 10(1591).
- DARON, M., GÓRSKA, M. & DUNAY, A., 2018. *Improvement of the production system functioning with using quality management tools in the metallurgical enterprise..* [Online]
Available at: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818303016>
[Cit. 2021].
- DEBNÁR, P., 2011. Nové trendy v oblasti priemyslového inžinýrství. *API - Akadémie produktivity a inováci, s.r.o.*
- DMAICTools, 2018. *DPMO*. [Online]
Available at: <https://www.dmaictools.com/dmaic-measure/dpmo>
[Cit. 2018].
- DULEBOVÁ, E. S. L., 2010. *ORGANIZÁCIA ÚDRŽBY STROJOV PROSTREDNÍCTVOM SYSTÉMU RCM A TPM*. s.l., The 13th International Scientific Conference Trends and Innovative Approaches in Business Processes.

- FBE, 2015. *QFD*. [Online]
Available at: <http://www.sixsigma.sk/index.php/nastroje/144-category-sk/nastroje/853-qfd>
[Cit. 2018].
- FERCOQ, A. a. k., 2016. Lean/ Grean integration focused on waste reduction techniques. *Journal of Cleaner Production*, Zväzok 137, pp. 567 - 578.
- FIBÍROVÁ, J. & ŠOLJAKOVÁ, L., 2005. *Hodnotové nástroje řízení a měření výkonnosti podniku*. první ed. Praha: ASPI, a.s.
- GEORGE, M., ROWLANDS, D., PRICE, M. & MAXEY, J., 2005. *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook*. s.l.:The McGraw Hill.
- GHOBAKHLOO, M., 2018. The future of manufacturing industry: A strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal Manufacturing, Technology, Management*, Issue 29, pp. 910 - 936.
- GREGOR, M., KOŠTURIÁK, J. & HALUŠKOVÁ, M., 1997. *Priemyslové inžinierstvo simulácia výrobných systémov*. Žilina: s.n.
- GREGOR, M. & MAGVAŠI, P., 2013. Inteligentné výrobné systémy - Žilinský model. *ProIN-dvojmesačník CEIT a.s.*, 14(4), pp. 31-37.
- HASSAN, M., 2013. Applying Lean Six Sigma for Waste Reduction in a Manufacturing Enviroment. *American Journal of Industrial Engineering*, 1(2), pp. 28 - 35.
- HORVÁTHOVÁ, J. & MOKRIŠOVÁ, M., 2017. *Výkonnosť verus efektívnosť podniku*. [Online]
Available at: http://jogsc.com/pdf/2017/3/vykonnost_verzus.pdf
[Cit. 2020].
- IENCA, M. & VAYENA, E., 2020. On the responsible use of digital data to tackle the COVID-19 pandemic. *Nat. Med.*, 1(2).
- INFINITYQS, 2018. *What is Statistical Process Control (SPC)?*. [Online]
Available at: <https://www.infinityqs.com/resources/what-is-spc>
[Cit. 2018].
- IOANNIS, S., PAPPAS, I., SPYRIDAKOS, A. & VRYZIDIS, I., 2019. IOANNA Applying Multicriteria Decision Aid in a Weighted Balanced Scorecard Method for Supporting Decision Making in Change Management.. *Journal of Applied Research Review*, Issue 16, p. 62–79.
- IPA Slovakia, 2017. *DMAIC - Model riadenia Six Sigma projektu*. [Online]
Available at: <https://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/dmaic-model-riadenia-six-sigma-projektu>
[Cit. 2018].
- IPA Slovakia, 2017. *Organizácia Six Sigma*. [Online]
Available at: <https://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/organizacia-six-sigma>
[Cit. 2018].
- ISO 9000:2015, 2015. *ISO 9000:2015. Quality management systems – Fundamentals and vocabulary*.. Geneva: ISO.
- JANÍK, S., SZABÓ, P. & MLKVA, M. M.-K., 2022. Effective Data Utilization in the Context of Industry 4.0 Technology Integration. *Applied Sciences*, 20(12), pp. 1-16.
- JESTON, J. & NELIS, J., 2014. *Business process management. Practical guidelines to successful implementations*.. tretí ed. New York: Routledge.

- JOVANE, F., WESTKAMPER, E. & WILLIAMS, D., 2009. *The Manual Future Road: Towards Competitive and Sustainable High-Adding- Value Manufacturing*. Berlin: Springer-Verlag.
- KAGERMANN, H., 2013. *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0*. Frankfurt: Main: acatech.
- KASPAR, S. & SCHNEIDER, M., 2015. Lean und Industry 4.0 in der Intralogistik: Effizienzsteigerung durch Kombination der beiden Ansätze. *Produktivität Management*, *Zvázok 5*, pp. 17 - 20.
- KELLY, P., 2014. *Lean and six sigma*. [Online]
Available at: <https://www.slideshare.net/PeterKelly6/lean-and-six-sigma-30634605>
[Cit. 2018].
- KOBULNICKÝ, . J., KÁDÁROVÁ, J. & KALAFUSOVÁ, . L., 2013. *PROAKTÍVNY PRÍSTUP V MANAŽMENTE*. [Online]
Available at: <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/28-2013/pdf/162-164.pdf>
[Cit. 2018].
- KOLBERG, D. & ZUHLKE, D., 2015. Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnline*, 48(3), pp. 1870-1875.
- KORMANEC, P., 2017. *DMAIC - Model riadenia Six Sigma projektu*. [Online]
Available at: <https://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/dmaic-model-riadenia-six-sigma-projektu>
[Cit. Október 2018].
- KUPKOVIČ, M. & kol., a., 2002. *Podnikové hospodárstvo*. Bratislava: SPRINT.
- LEE, A. & LEE, C., 2009. *Financial analysis, planning: theory and application*. druhý ed. New Jersey: World Scientific.
- LEE, I. a. k., 2015. Applications, investments, and challenges for enterprises. *McMullen JS*, pp. 431 - 440.
- LEE, J. a. k., 2014. Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Product Services Systems and Value Creation*, pp. 3 - 8.
- LOPRESTI, J., 2017. *What is a SIPOC Diagram?*. [Online]
Available at: <https://www.sixsigmadaily.com/what-is-a-sipoc-diagram/>
[Cit. 2018].
- MAGVAŠI, P., 2011. Ľudské zdroje pre technológie digitálneho podniku. *Produktivita a inovácie*, 12(2), pp. 17-18.
- MANAGEMENT SYSTEMS, 2016. *Riadiaci graf (Control chart)*. [Online]
Available at: http://www.msys.sk/nastroje_riadiaci_graf.htm
[Cit. 2018].
- MANAGEMENT SYSTEMS, 2017. *Nástroje Six Sigma*. [Online]
Available at: http://www.msys.sk/nastroje_sixsigma.htm
[Cit. 2018].
- MANAGEMENT SYSTEMS, 2017. *Orientácia na zamestnancov*. [Online]
Available at: http://www.msys.sk/orientacia_zamestnanec.htm
[Cit. 2018].

MANAGEMENT SYSTEMS, 2017. *Riadenie a zlepšovanie založené na údajoch, informáciách a znalostiach*. [Online]

Available at: http://www.msys.sk/riadenie_zlepsovania.htm

[Cit. 2018].

MANAGEMENT SYSTEMS, 2018. *Orientácia na procesy*. [Online]

Available at: http://www.msys.sk/orientacia_proces.htm

MANAGEMENT SYSTEMS, 2018. *Základné princípy Six Sigma*. [Online]

Available at: http://www.msys.sk/principy_sixsigma.htm

[Cit. Október 2018].

MARCINEKOVÁ, K. & SUJOVÁ, A., 2014. *Výkonnosť podniku a jej zvyšovanie prostredníctvom systému Balanced*. [Online]

Available at: http://www.tvp.zcu.cz/cd/2014/PDF_sbornik/marcinekova%20sujova.pdf

[Cit. 2020].

MAREČEK-KOLIBISKÝ, M.; KUČEROVÁ, M., 2022. *Application of Lean Six Sigma methodology in industrial enterprises*. Bojnice, CLC.

MAREČEK-KOLIBISKÝ, M., 2022. *The use of industrial engineering methods in conjunction with digitization in process improvement*. Trnava, AlumniPress, pp. 168-179.

MAREČEK-KOLIBISKÝ, M. & KUČEROVÁ, M., 2020. Improving products quality applying six sigma. *Vedecké práce MTF STU v Bratislave so sídlom v Trnave. Research papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology in Trnava.*, 28(46), pp. 57-64.

MAREČEK-KOLIBISKÝ, M. & KUČEROVÁ, M., 2021. *Application of quality management in business practice in the context of Industry 4.0*. Brno, Ostrava: Tanger, pp. 1274-1279.

MARKL, E. & LACKNER, M., 2019. Industrial Engineering Management - THE key skill for the Digital Age. *The International Journal of Engineering and Science*, 3(8), pp. 8-22.

MELTON, T., 2005. The Benefits of Lean Manufacturing What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), pp. 662 - 673.

MERAN, R. a iní, 2013. *Six Sigma +Lean Toolset*. Second ed. Berlin: Springer.

MILLER, F., Vandome, A. & McBrewster, J., 2011. *PDCA*. s.l.:Alphascript Publishing.

MILLER, I., 2016. *Kapesní příručka Six Sigma*. Tretia ed. Praha: INTERQUALITY.

MĚKVA, M., KUČEROVÁ, M. & CHLPEKOVÁ, A., 2016. *Základy manažerstva kvality*. In: *Základy manažerstva kvality*. Trnava: Materiálovotechnologická fakulta STU, Vydavateľstvo AlumniPress, p. 177.

MODIG, N. & ÅHLSTRÖM, P., 2012. *This is Lean: Resolving the efficiency Paradox*. Stockholm, Rhréologica publishing.

MOSCONI, F., 2015. *The New European Industrial Policy: Global Competitiveness and the Manufacturing Renaissance*. Routledge - Taylor and Francis Group.

MUNRO, R. A., RAMU, G. & ZRYMIK, D. J., 2015. *The Certified Six Sigma Green Belt*, s.l.: s.n.

NOVOTNÝ, R., 2007. *Šest pilířů koncepce six sigma a jejich praktická úskalí*. [Online]

Available at: <https://modernizeni.ihned.cz/c1-20599560-sest-piliru-koncepce-six-sigma-a-jejich-prakticka-uskali>

[Cit. 2018].

- PANDE, P., CAVANAGH, R. & NEUMAN, R., 2002. *Zavádíme metodu Six Sigma, aneb, Jakým způsobem dosahují renomované světové společnosti špičkové výkonnosti*. Prvá ed. Praha: TwinsCom.
- PAPACHARALAMPOPOULOS, A. a. k., 2020. A digital twin for automated root-cause search of production alarms based on KPIs aggregated from. *Application Science*, 10(2377).
- PAULOVÁ, I., 2013. *Komplexné manažérstvo kvality*. prvý ed. Bratislava: IURA Edition, spol. s.r.o..
- PAULOVÁ, I., 2013. *Komplexné manažérstvo kvality*. 1. vydanie ed. Bratislava: IURA Edition, spol. s.r.o..
- PAVELKOVÁ, D. & KNÁPKOVÁ, A., 2005. *Výkonnost podniku z pohledu finančního manažera*. Praha: Linde.
- PETTERSEN, 2009. Defining lean production: some conceptual and practical issues. *Total Qual. Manag. J.*, 21(2), pp. 127 - 142.
- PITRA, Z., 2001. *Zvyšování podnikatelské výkonnosti firmy*. prvý ed. Praha: EKOPRESS.
- PYZDEK, T. & KELLER, P., 2013. *The handbook for quality management*. Druhá ed. s.l.:The McGraw-Hill Companies.
- PYZDEK, T. & KELLER, P., 2014. *The Six Sigma Handbook*. Štvrtá ed. s.l.:The McGraw-Hill Education.
- RAIKAR, N., 2015. Reduction in Setup Time by Smed Methodology: A Case Study. *International J. Latest Trends Eng. Technol.*, Issue 5, pp. 56-60.
- REALYVÁSQUEZ-VARGAS, A., K.C., A.-S., CARRILLO-GUTIÉRREZ, T. & RAVELO, G., 2018. *Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study*. [Online]
Available at: <https://www.mdpi.com/2076-3417/8/11/2181/htm>
[Cit. 2021].
- RIBEIRO, D., BRAGA, F., SOUSA, R. & CARMO, S. S., 2011. An application of the SMED methodology in an electric power controls company. *Romanian Review Precision Mechanics, Optics and Mechatronics*, Issue 40, pp. 115-122.
- ROSER, C., 2016. *Taiichi Ohno's Chalk Circle in the Office*. Buckingham, Karlsruhe University of Applied Science.
- ROTHER, M., 2017. *Toyota Kata*. prvý ed. Praha: Grada.
- ROUSE, M., 2012. *SIPOC diagram (suppliers, inputs, process, outputs, customers)*. [Online]
Available at: <https://searchcio.techtarget.com/definition/SIPOC-diagram-suppliers-inputs-process-outputs-customers>
[Cit. 2018].
- SEDLÁČEK, M., SUCHÁNEK, P. & ŠPALEK, J., 2012. *Kvalita a výkonnost průmyslových podniků*. prvý ed. Brno: Masarykova Univerzita.
- SIEPMANN, D., 2016. *Industrie 4.0 - Grundlagen und Gesamtzusammenhang*. Berlin, Springer.
- SILVA, A., C.F., M. & VIEIRA, R., 2017. *Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company*. [Online]
Available at:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617304687?casa_token=33IgsRVZ5tEAAAAA:KrT7cu5qashky6BMUDcUIIBY-

[xjkWwDZOxQJjqODNzOyiBRWYWersSrWblPd7oXVKSabp6vd07g](https://www.researchgate.net/publication/350811111)
[Cit. 2021].

SOUČEK, Z., 2010. *Firma 21. století: (Předstihněme nejlepší!!!)*. Praha: Professional Publishing.

SOUSA, R., LIMA, R., CARVALHO, J. & ALVES, A., 2019. An Industrial Application of Resource Constrained Scheduling for Quick. *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 8(11), pp. 189-193.

SUCHÁNEK, P. a. k., 2013. *Vliv kvality na výkonnost a konkurenceschopnost podniku*. první ed. Brno: Masarykova Univerzita.

SUNDAR, R. a. k., 2014. A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *12th Global Congress on Manufacturing and Management* .

SWINNEY, Z., 2012. *Six Sigma Project Charter (With Template)*. [Online]
Available at: <https://www.isixsigma.com/tools-templates/project-charter/six-sigma-project-charter/>
[Cit. 2018].

TSCHOPE, S. A. K., 2015. Was ist eigentlich Industrie 4.0?. *ZWF*, 110(3), pp. 145 -149.

ULUTAS, B., 2011. Aplikácia metodiky SMED. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 5(7), pp. 1194-1197.

VIS, R., 2016. *Understanding levels of Internet Protection. Choosing focus*. [Online]
Available at: <https://medium.com/mysterium-network/understanding-levels-of-internet-protection-4652fedeb606>
[Cit. 2018].

WAGNER, J., 2009. *Měření výkonnosti*. první ed. Praha : GRADA Publishing.

WESTKAMPER, E. & BAUERNHANS, T., 2014. *Produktionsteuerung in Enterprise - Integration: Auf dem Weg zum kollaborieren Unternehmen*. Berlin: Heidelberg: Springer- Verlag.

XU, L., XU, E. & LI, L., 2018. *Industry 4.0: State of the art and future trends..* [Online]
Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2018.1444806>
[Cit. 2021].

YANG, K. & EL-HAIK, B., 2003. *Design for Six Sigma - A Road Map for Product Development*. New York: The McGraw- Hill Publication.

Internetové zdroje

<https://www.kosturiak.com/2017/01/07/buducnost-priemyselneho-inzinierstva/>

<https://toyotakata.sk/ako-dosiahnut-a-udrzat-ozajstny-system-plynuleho-zlepsovania/>

<https://www.toolshero.com/quality-management/tpm-total-productive-maintenance/>

<https://www.iise.org/Details.aspx?id=282>

<http://www.leansixsigmadefinition.com/glossary/ohno-circle/>

<http://theleanthinker.com/2007/07/09/the-chalk-circle/>

http://datacube.statistics.sk/#!/view/sk/VBD_SLOVSTAT/og2023qs/v_og2023qs_00_00_00_sk

Zoznam publikačnej činnosti
Autor: Mareček-Kolibiský, Martin,
ORCID: 0000-0003-2000-1206

V2 Vedecký výstup publikačnej činnosti ako časť editovanej knihy alebo zborníka

- V2_01 BRLEJ, Tomáš - PAULIKOVÁ, Alena - MAREČEK-KOLIBISKÝ, Martin - KUČEROVÁ, Marta. Proposal of key performance indicators system for the selected processes of logistics. In *13th International Doctoral Students Workshop on Logistics : June 16, 2020 Magdeburg : Conference Proceedings*. Magdeburg : Otto von Guericke University, 2020, S. 31-35. ISBN 978-3-944722-94-8.
Kategória publikácie do 2021: AFC
- V2_02 MAREČEK-KOLIBISKÝ, Martin - KUČEROVÁ, Marta. Application of quality management in business practice in the context of Industry 4.0. In *Metal 2021 : 30th Anniversary International Conference on Metallurgy and Materials, Brno, Czech Republic, EU, May 26 - 28, 2021*. 1. vyd. Ostrava : Tanger, 2021, S. 1274-1279. ISSN 2694-9296. ISBN 978-80-87294-99-4. V databáze: DOI: 10.37904/metal.2021.4280 ; SCOPUS: 2-s2.0-85124345250.
Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: AFC
- V2_03 MAREČEK-KOLIBISKÝ, Martin - ZÁVODNÝ, Lukáš. The use of industrial engineering methods in conjunction with digitization in process improvement. In *International Doctoral Seminar 2022 : 27. - 28. 04. 2022, Smolenice, SR*. 1. vyd. Trnava : AlumniPress, 2022, S. 168-179. ISBN 978-80-8096-292-0.
Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_04 MAREČEK-KOLIBISKÝ, Martin - KUČEROVÁ, Marta. Application of Lean Six Sigma methodology in industrial enterprises. In *CLC 2022 - Carpathian Logistics Congress : 10th Carpathian Logistics Congress, CLC 2022, June 15-17, 2022, Bojnice, Slovakia*. 1. vyd. Ostrava : Tanger, 2022, S. 203-209. ISSN 2694-9318. ISBN 978-80-88365-08-2. V databáze: DOI: 10.37904/clc.2022.4550.
Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD

V3 Vedecký výstup publikačnej činnosti z časopisu

- V3_01 JANÍK, Samuel - SZABÓ, Peter - MLKVA, Miroslava - MAREČEK-KOLIBISKÝ, Martin. Effective Data Utilization in the Context of Industry 4.0 Technology Integration. In *Applied Sciences*. Vol. 12, iss. 20 (2022), s. 1-16. ISSN 2076-3417 (2021: 2.838 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.507 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/app122010517 ; SCOPUS: 2-s2.0-85141147489 ; WOS:

000872200700001 ; CC: 000872200700001.

Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADC

- V3_02 MAREČEK-KOLIBISKÝ, Martin - KUČEROVÁ, Marta. Improving products quality applying six sigma. In *Vedecké práce MtF STU v Bratislave so sídlom v Trnave. Research papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology in Trnava*. Vol. 28, no. 46 (2020), s. 57-64. ISSN 1336-1589. V databáze: INSPEC ; DOI: 10.2478/rput-2020-0008.
Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_03 MAREČEK-KOLIBISKÝ, Martin - KUČEROVÁ, Marta. Uplatnenie základných nástrojov manažérstva kvality pri analýze nezhodných produktov. In *Fórum manažéra*. Roč. 16, č. 1 (2020), s. 36-47. ISSN 1339-9403.
Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_04 MAREČEK-KOLIBISKÝ, Martin - BRLEJ, Tomáš - PAULIKOVÁ, Alena. Analýza platforiem vhodných pre zavádzanie KPI v oblasti zlepšovania procesov v praxi slovenských podnikov s ohľadom na normy systémov manažérstva. In *Fórum manažéra*. Roč. 18, č. 2 (2021), s. 45-54. ISSN 1339-9403.
Typ výstupu: článok; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_05 MAREČEK-KOLIBISKÝ, Martin - BRLEJ, Tomáš - KUČEROVÁ, Marta. Analysis, practical application and possible interconnection of industrial engineering methods and key performance indicators. In *Acta Technologia*. Vol. 8, iss. 1 (2022), s. 7-12. ISSN 2453-675X. V databáze: DOI: 10.22306/atec.v8i1.138.
Typ výstupu: článok; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: ADF