



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING INSTITUTE OF
MANUFACTURING TECHNOLOGY

SIMULAČNÍ VERIFIKACE KOMPLEXNÍHO TECHNOLOGICKÉHO PROJEKTU

SIMULATION VERIFICATION COMPLEX TECHNOLOGICAL PROJECT

ZKRÁCENÁ VERZE DISERTAČNÍ PRÁCE

ABBREVIATED Ph.D. THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. MATÚŠ VARJAN

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL RUMÍŠEK, CSc.

OPONENTI PRÁCE

OPPONENTS

Prof. Ing. MARIE JUROVÁ, CSc.
Prof. Ing. RADIM LENORT, Ph.D.
Prof. Ing. JIŘÍ HRUBÝ, CSc.

BRNO, 2016

KĚŮČOVÉ SLOVÁ

Finální výrobce, Stabilita produkce, poradí zákazíek, koncept Stabílného poradí zákazíek, metoda Perlového náhrdelníku.

KEY WORDS

Original Equipment Manufacturer, Stability of Production, sequence of orders, Stable Order-Sequence Concept, Pearl Chain Concept

MIESTO ULOŽENIA PRÁCE

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta strojního inženýrství
Oddělení pro vědu a výzkum
Technická 2
612 00 Brno

Areálová knihovna FSI VUT v Brně

ISBN 80-214-
ISSN 1213-4198

OBSAH

ÚVOD.....	4
1 ZAMERANIE A CIEĽ DOKTORSKEJ DIZERTAČNEJ PRÁCE.....	6
1.1 Stabilita produkcie - Ústredná téma poznávania.....	6
1.2 Cieľ doktorskej dizertačnej práce	7
2 SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY	9
2.1 Stabilita procesu a systému, manažment kvality	9
2.2 Štíhlosť, Štíhla výroba	9
2.3 Stabilita produkcie na medziodborovej úrovni	9
3 POUŽITÉ PRÍSTUPY A VEDECKÉ METÓDY SKÚMANIA	15
3.1 Sústava, systém a systémové hranice.....	15
3.2 Vedecké metódy skúmania	15
4 RIEŠENIE A VÝSLEDKY DIZERTAČNEJ PRÁCE	16
4.1 Úloha Stability produkcie v materiálovom toku	16
4.2 Príčiny porušenia Stability produkcie v materiálovom toku.....	17
4.3 Zistené nedostatky vo výpočte ukazovateľa PFT_x metódy Perlového náhrdelníku.....	18
4.4 Implementácia Perlového náhrdelníka do praxe	19
5 ZHRNUTIE DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV	24
5.1 Rešerš s akcentom na Stabilitu produkcie.....	24
5.2 Stabilita produkcie a materiálový tok	24
5.3 Perlový náhrdelník ako reprezentant konceptu Stabilného poradia zákaziek.....	25
5.4 Eliminácia nezrovnalostí a nedostatkov pri výpočte PFT_x	26
5.5 Realizácia projektu s ohľadom na metódu Perlový náhrdelník	26
5.6 Súhrnný prehľad činností dizertačnej práce.....	28
6 PRÍNOSY DIZERTAČNEJ PRÁCE	29
6.1 Prínosy pre vedu a pedagogickú oblasť	29
6.2 Prínosy pre prax	30
6.3 Doporučenie pre ďalší výskum	30
ZÁVER.....	32
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	34
CURRICULUM VITAE.....	37
VÝSLEDKY TVORIVEJ ČINNOSTI.....	38
ABSTRACT	39

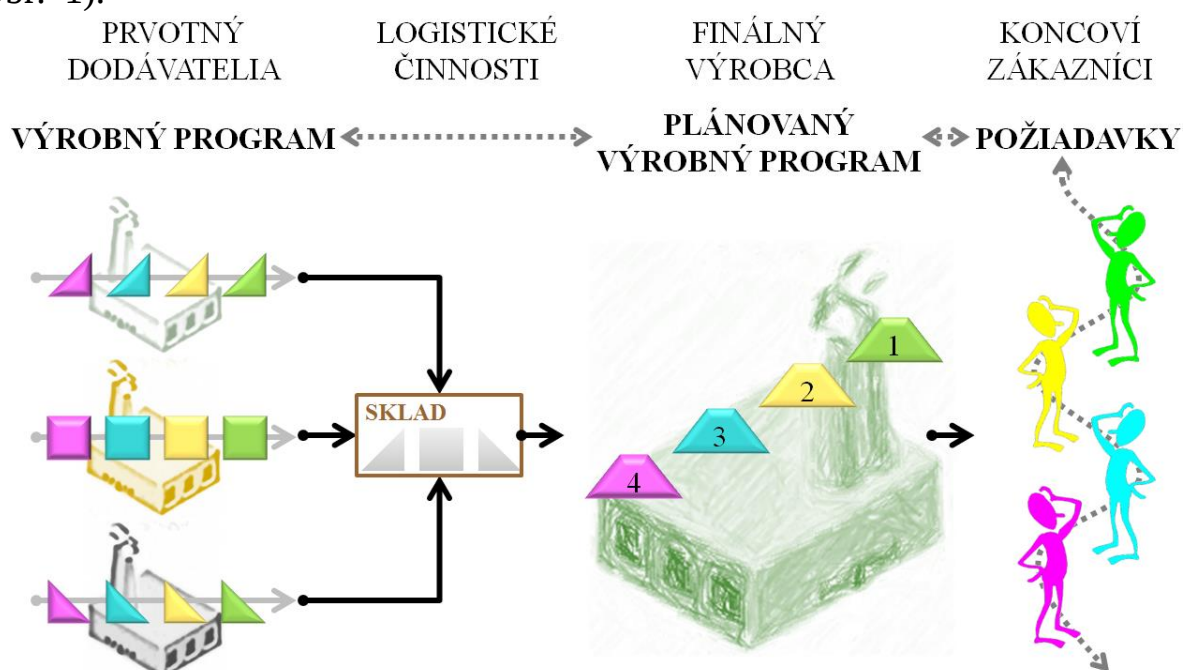
ÚVOD

Harmónia, od finálneho výrobcu smerom k jeho prvotným dodávateľom cez logistické činnosti, je narušovaná neistotou plánovaného stavu a nestabilitou výrobných procesov. To vedie k časovej neistote, pretože finálny výrobca až do určitého okamžiku nedokáže presne povedať, či dôjde k uskutočneniu jeho plánovaného stavu (výrobného programu).

Časová neistota je taktiež spôsobená nestabilnými procesmi. Samotnú nestabilitu procesov spôsobujú meniace sa vlastnosti procesov v čase. Je to z dôvodu, že vlastnosti procesov ovplyvňujú rôzne príčiny (napr. výpadky materiálu, energií, opotrebovanie nástrojov, poruchovosť, organizačné príčiny – nezavedené štandardy, nezaškolený personál apod.)

Naším úsilím je preto udržiavať vlastnosti procesov v čase bez zmien. To znamená včas reagovať na rôzne príčiny a ich nevhodný vplyv na vlastnosť procesu eliminovať. Týmto postupným vylučovaním príčin môžeme následne hovoriť o nadobúdaní časovej istoty v plánovacích aktivitách, výrobných procesoch a logistických činnostiach.

Snažíme sa priblížiť k limitnému ideálnemu stavu, kedy plánovaný výrobný program finálneho výrobcu je obrazom výrobného programu jeho dodávateľov (Obr. 1).

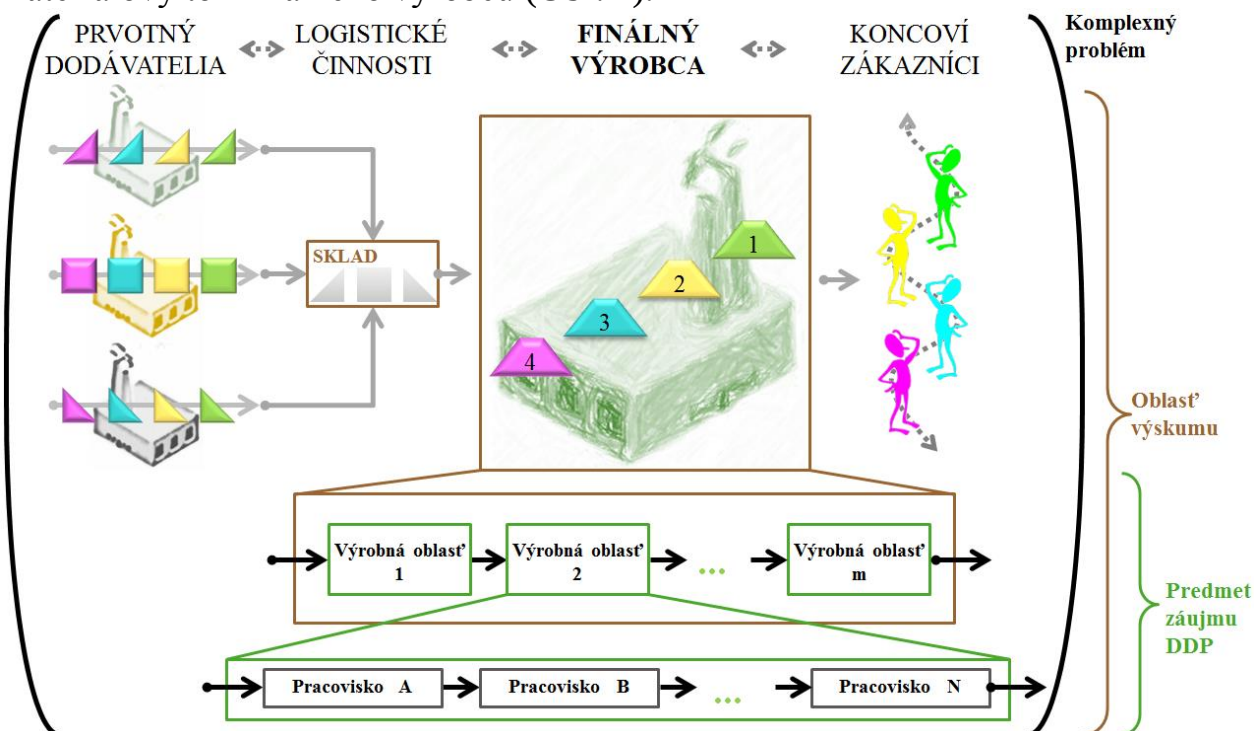


Obr. 1 - Grafické zobrazenie limitného ideálneho stavu. (vsp.)

Neistota plánovaného stavu a nestabilita výrobných procesov, je komplexný problém. Tento komplexný problém vzájomne prepája vedné odbory ako plánovanie a riadenie výroby, technologické projektovanie a technologickú prípravu výroby, logistiku a priemyselné inžinierstvo. S využitím vedeckých metód skúmania vrátane modelovania, je potrebné na tejto medziodborovej úrovni samotný problém riešiť.

1 ZAMERANIE A CIEĽ DOKTORSKEJ DIZERTAČNEJ PRÁCE

Problém časovej neistoty, respektíve neistoty plánovaného stavu a nestability výrobných procesov, je komplexným problémom. Komplexný problém vychádza zo stanovenej oblasti výskumu. Z dôvodu rozsiahlosti oblasti výskumu sa doktorská dizertačná práca zameriava na vybraný predmet záujmu. Predmetom záujmu je materiálový tok finálneho výrobcu (Obr. 2).



Obr. 2 – Rozsah komplexného problému, oblasť výskumu a zameranie sa na materiálový tok finálneho výrobcu ako predmet záujmu. (vsp.)

V rámci predmetu záujmu sa konkretizovali a analyzovali príčiny, ktoré spôsobujú neistotu plánovaného stavu a nestabilitu výrobných procesov.

Poznanie týchto príčin umožnilo hľadať riešenia, prostredníctvom ktorých eliminujeme ich vplyv na vlastnosti procesov.

Nové poznatky získané vedecko-výskumnou činnosťou boli vykonávané so zámerom ich budúceho využitia v praxi. Takúto činnosť definuje Česká republika (2002) v zákone ČR 130/2002 Sb. v aktuálnom znení ako *aplikovaný výskum*.

1.1 STABILITA PRODUKCIE - ÚSTREDNÁ TÉMA POZNÁVANIA

Činnosti ako konkretizácia, analýza príčin a hľadanie riešení vedie k jedinému zámeru – dosiahnuť stabilitu. Stabilita je ústrednou témou poznávania. V rámci DDP zavádzam pre túto tému poznávania súhrnný názov **Stabilita produkcie**.

Stabilitu vysvetľuje Akademický slovník cudzích slov (2005) ako „*udržiavanie určitých vlastností bez zmeny*“. Synonymický slovník slovenčiny (2004) uvádza produkciu aj ako „*súhrn výrobkov za istý čas*“.

S ohľadom na konkretizáciu samostatných pojmov stabilita a produkcia vysvetľujem Stabilitu produkcie takto: ***Udržanie požadovaných vlastností výrobného organizmu¹ v plánovacích aktivitách, výrobných procesoch a logistických činnostiach za dané časové obdobie.***

Výrobný organizmus spoločne s jeho aktivitami, procesmi a činnosťami považujem za objekt, ktorý nás zaujíma. Tento skúmaný objekt je nazývaný aj pojmom sústava.

Z vysvetlenia Stability produkcie a získaných poznatkov som metódou indukcie odvodil všeobecnú definíciu Stability produkcie:

Stabilita produkcie = udržanie požadovaných vlastností sústavy za dané časové obdobie.

Všeobecná definícia Stability produkcie platí za podmienok:

1. Boli konkretizované vlastnosti sústavy.
2. Boli určené požadované vlastnosti sústavy.
3. Pre požadované vlastnosti sústavy bol jednoznačne vymedzený ich cieľný stav.
4. Bolo vymedzené časové obdobie, počas ktorého chceme udržať cieľný stav požadovaných vlastností sústavy.
5. Boli stanovené prostriedky, akým spôsobom bude dosiahnutý cieľný stav požadovaných vlastností sústavy počas vymedzeného časového obdobia.

Pri dodržaní podmienok je Stabilita produkcie využiteľná pre akúkoľvek sústavu. V našom prípade uvažujeme o výrobnej spoločnosti.

1.2 CIEĽ DOKTORSKEJ DIZERTAČNEJ PRÁCE

Snaha o dosiahnutie Stability produkcie vedie k vedomým činnostiam riešiť tento zámer rôznymi prostriedkami (napr. úpravou výrobných procesov, zmenou riadenia, prispôbením vybraného úseku materiálového toku).

Za cieľ doktorskej dizertačnej práce preto stanovujem:

Navrhnuť systém riadenia za účelom udržať požadované vlastnosti sústavy za dané časové obdobie na vybranom úseku materiálového toku.

Pre dosiahnutie cieľa bol zvolený nasledujúci postup riešenia vedecko-výskumnej činnosti:

1. Vytvoriť prehľad aktuálneho stavu poznania o Stabilite produkcie.
2. Vymedziť Stabilitu produkcie vo vybraných vedných disciplínach (logistika, technologické projektovanie, riadenie výroby), ďalej v rámci filozofie štíhlej výroby, stability procesu a sústavy. Určiť jej prínosy.
3. Nejasným metodikám a metódam sa venovať podrobnejšie. Analyzovať ich a v prípade potreby metodiku a metódy o Stabilite produkcie doplniť, rozšíriť.

¹ Výrobný organizmus definuje Chrudina (1988) ako útvar (výrobnú organizačnú jednotku) s dynamickým chovaním, vytvorenú ľuďmi k výrobnému účelu. Ide o výrobnú spoločnosť, ktorej autori ako Hlavenka, Rumišek, Jirásek (1998) atd. pripisujú vlastnosti ľudského organizmu (napríklad vyvíjať sa, získavať nové vlastnosti a zdokonaľovať sa v nich).

4. Na základe získaného prehľadu konkretizovať príčiny, ktoré menia vlastnosti procesov a narušujú Stabilitu produkcie.
5. Stanoviť pravidla a metódy riešenia Stability produkcie. Následne interpretovať jej dopad na výrobný organizmus. Pri tomto bode bude využitá aj metóda modelovania, konkrétne simulačné modelovanie.
6. Overiť bod 5) na základe reálnych údajov získaných z výroby.
7. V prípade možnosti implementácie Stability produkcie do výrobnjej prevádzky využiť túto možnosť a zhodnotiť výsledky návrhu.
8. Zosumarizovať postupne získané výsledky vedecko-výskumnej činnosti o Stabilite produkcie a vytvoriť závery DDP.

V rámci postupu riešenia vedecko-výskumnej činnosti môžeme naraziť na obmedzujúce podmienky. Sú to:

1. V priebehu vedecko-výskumnej činnosti sa významne zmení pohľad na zavedený pojem Stabilita produkcie. Napríklad iné výskumu, zverejnené v priebehu tvorby DDP potvrdia, že Stabilita produkcie nevedie k žiadnym predpokladaným prínosom.
2. Z pohľadu možností autora DDP nedôjde k zohľadneniu všetkých odborných štúdií, ktoré sa týkajú oblasti výskumu (predovšetkým sa to týka odborných štúdií v inom, než jazyku slovenskom, českom, anglickom a nemeckom, ďalej štúdií, ktoré podliehajú utajeniu alebo vysokému spoplatneniu, alebo boli vydané pred ukončením výskumu DDP).
3. Stanovenie priemyselného odvetvia, zameranie sa na veľkosériovú až hromadnú výrobu, respektíve hromadnú až zákazkovú ako oblasť výskumu, bude chybné.
4. Oblasť výskumu zmenšená na predmet záujmu bude aj naďalej kapacitne a časovo nad rámec možností autora DDP.
5. Vybraný finálny výrobca nepodporí aplikovaný výskum DDP.
6. Nebude možné zohľadniť všetky aspekty pre objektívne zhodnotenie výsledkov aplikovaného výskumu DDP. Napríklad z dôvodu nedostatku informácií, prostriedkov, časovej náročnosti apod.

Vedecko-výskumná činnosť má svoje obmedzujúce podmienky. Pokiaľ dôjdeme k niektorému z obmedzení, je nutné zdôvodniť, prečo k nim došlo. Následne sa vrátiť do niektorého z predošlých krokov a stanoviť nový postup riešenia.

Stanovenie postupu riešenia smeruje k tomu, aby sa z doktorskej dizertačnej práce stal komplexný technologický projekt. A keďže v rámci skúmania plánujem využiť aj simulačné modelovanie, môžeme hovoriť o simulačnom overení komplexného technologického projektu. Náplň práce preto zodpovedá názvu doktorskej dizertačnej práce: „*Simulační verifikace komplexního technologického projektu.*“

2 SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

Pojem Stabilita produkcie bol vymedzený v tejto práci s konkrétnym zámerom. Zovšeobecniť všetky aktivity, procesy a činnosti, pomocou ktorých sa snažíme udržať požadované vlastnosti sústavy. Stabilitou produkcie sa už dlhodobo zaoberá veda aj prax. Môžeme ju nájsť u rôznych autorov odborných publikácií a v rôznych spojitostiach.

2.1 STABILITA PROCESU A SYSTÉMU, MANAŽMENT KVALITY

„Každý z procesov, ktorý prebieha opakovane, podlieha istej forme premenlivosti.“ (Drahotský a Řezníček, 2003) Stabilizovanie procesov dáva predpoklad ovplyvniť procesy tak, aby nedochádzalo k ich premenlivosti.

Stabilitu procesu chápeme všeobecnejšie ako stabilitu systému. Systém ma tendencie vychyľovať sa z rovnovážneho stavu. Stabilita systému však zabezpečí opätovné navrátenie sa do rovnovážneho stavu. Pernica (2005) preto stabilitu systému považuje za vlastnosť systému.

Podmienky pre Stabilitu produkcie vytvára aj manažment kvality pomocou preventívnych metód. Metódy poskytujú návod, ako dosahovať stálu kvalitu výrobkov. Podnik si tak vytvára štandard, ktorý je potrebné neustále kontrolovať a zlepšovať.

2.2 ŠTÍHLOSŤ, ŠTÍHLA VÝROBA

Ideou pojmu štihlosť vo výrobnom odvetví je podľa Jiráska (1998) menej viazaných zdrojov vo výrobe a rýchlejší pohyb výroby. To sa dá docieľiť neustálym napriamovaním, skracovaním a zrýchľovaním spojnice medzi výrobcom a spotrebiteľom. (Jirásek, 1998)

Vo výrobe sa celosvetovo štihlosť uchytila pod názvom Štíhla výroba (z anglického prekladu Lean manufacturing). O štihlej výrobe píše API (2012) ako o súbore *„nástrojov a princípov, ktorými sa sústreďujeme na výrobu. Cieľom je mať stabilnú, flexibilnú a štandardizovanú výrobu.“* (API, 2012) Tvorcom základných nástrojov a princípov štihlej výroby bol Taiichi Ohno.

Stabilitu produkcie tak zabezpečujú nástroje a princípy ako Heijunka, Jidoke, Just-In-Time, Just-In-Sequence, Kanban apod. Dôležitým znakom štihlej výroby je vidieť plytvanie (MUDA) a neustále ho odstraňovať. Tým zvyšujeme pridanú hodnotu procesov.

2.3 STABILITA PRODUKCIE NA MEDZIODBOROVEJ ÚROVNI

Väčšina komplexných problémov je riešená na medziodborovej úrovni. Problém je tak možné posúdiť zo všetkých úrovní, ktoré ovplyvňuje buď priamo alebo nepriamo. Stabilita produkcie môže byť riešená v rámci vedných disciplín technologické projektovanie, technologická príprava výroby a riadenie výroby, logistika.

2.3.1 Technologické projektovanie

Podstatou technologického projektovania je samotná tvorba projektu. Na samotnom začiatku plánovania premýšľame o technologickom projekte ako o limitnom ideálnom systéme. Postupom času z tohto limitného ideálneho stavu upúšťame na základe poznatkov. Ide o poznatky, ktoré sa predovšetkým týkajú stavebných, konštrukčných a technologických obmedzení. (Jílek, 1986)

Technologické projektovanie však prináša radu konštrukčných a technologických návrhov. Tie majú pre plánovanú výrobu zabezpečiť plynulosť, bezproblémovosť, ekonomickosť prevádzky, konkurencieschopnosť a vytvoriť tak podmienky pre Stabilitu produkcie.

2.3.2 Logistika

Logistika vytvára pevné puto medzi finálnym výrobcom a jeho dodávateľmi. Je neodmysliteľnou súčasťou dodávateľského reťazca. Úspešnosť dodávateľského reťazca závisí od rovnocennosti jeho partnerov. (Fiala, 2007) Z prieskumu spoločnosti IBM vykonaného roku 2004 Fiala (2007) píše, že vhodným riadením dodávateľského reťazca je možné znížiť zásoby o 10 až 50 %, skrátiť dodacie lehoty o 10 až 20 % a zvýšiť presnosť dodávok o 95 až 99 %. To všetko prispieva 10 až 15% úsporám prepravných nákladov. Aj k tomuto vedie Stabilita produkcie.

Logistika sa neustále vyvíja. Jej štruktúra je zložitejšia, premiestňuje čoraz viac materiálu a pojíma čoraz viac aktivít. Dosahuje sa lepšieho riadenia a spolupráce. Jej pôsobenie sa prelína do rôznych vedných disciplín. Pernica (2005) označuje logistiku za multisystém. Správne fungovanie logistiky ako multisystému naplňuje predpoklady Stability produkcie.

2.3.3 Riadenie a plánovanie výroby

Keřkovský (2009) uvádza, že: *„Riadenie výroby je zamerané na dosiahnutie optimálneho fungovania výrobných systémov s ohľadom na vytýčené ciele.“* Podľa Videckej (2007) ide prevažne o ciele:

- Maximálne uspokojiť zákazníkov.
- Efektívne využívať disponibilné zdroje.

O plnenie vytýčených cieľov sa stará výrobný manažment. (Heřman, 2001) Riadenie výroby taktiež koordinuje činnosti spojené s výrobou. Výroba je buď zadávaná na základe objednávok, alebo na základe odhadov. (Jurová, 2013) Závisí to od typu vyrábaných výrobkov, od uprednostňovaného konceptu riadenia a plánovania.

Existuje mnoho konceptov riadenia a plánovania výroby. V základnom rozdelení sa koncepty delia podľa systému tlaku (riadenie podľa zásob) alebo systému ťahu (riadenie podľa objednávok). Hranicu medzi systémom tlaku a ťahu udáva bod rozpojenia. (Pernica, 2005)

Bod rozpojenia je ustálený termín udávajúci presnú pozíciu v materiálovom toku, kde sa mení pohyb zákaziek od tlačenia na ťahanie. (Mason-Jones a Towill, 1999)

Doktorská dizertačná práca oboznamuje čitateľa s menej známymi konceptmi riadenia. Sú to koncepty uvádzané pod nemeckým názvom „Termintreue“ a „Auftragsreihenfolgenkonzept“. Voľne prekladám názvy:

- „Termintreue“ ako Zachovanie vernosti výrobnému programu.
- „Auftragsreihenfolgenkonzept“ ako Stabilné poradie zákaziek.

V odborných publikáciách sa o nich zmieňujú Günthner ([b.r.]); Kietzmann (2012); Meißner (2009); Schrödera (2014); Heizmanna (2009). V tuzemských publikáciách Mandel a Kysel (2007); Baltus a Kučera (2003).

Zachovanie vernosti výrobnému programu ako aj Stabilné poradie zákaziek majú viesť k Stabilitě produkcie. O ich integráciu sa snažia prevažne automobilky koncernu Volkswagen, vrátane Volkswagen Bratislava a ŠKODA AUTO a.s.

Zachovanie vernosti výrobnému programu

Myšlienkou konceptu je zachovávať vernosť medzi plánovaným výrobným programom a samotnou výrobou. Vernosť je posudzovaná vždy za vopred stanovené časové obdobie a vyhodnocuje sa na základe ukazovateľa ZVVP. Ukazovateľ ZVVP percentuálne udáva pomer počtu zhodných zákaziek (plán verzus skutočnosť) k celkovému počtu zákaziek za časové obdobie.

Schuh a Westkämper (2006) uvádzajú, že úspešné zvládnutie tohto konceptu v praxi si vyžaduje zladenie organizačnej štruktúry a procesov. Ďalej stanovenie časovo splniteľných dodávok, ich priebežné vyhodnocovanie a spätnú kontrolu.

Stabilné poradie zákaziek

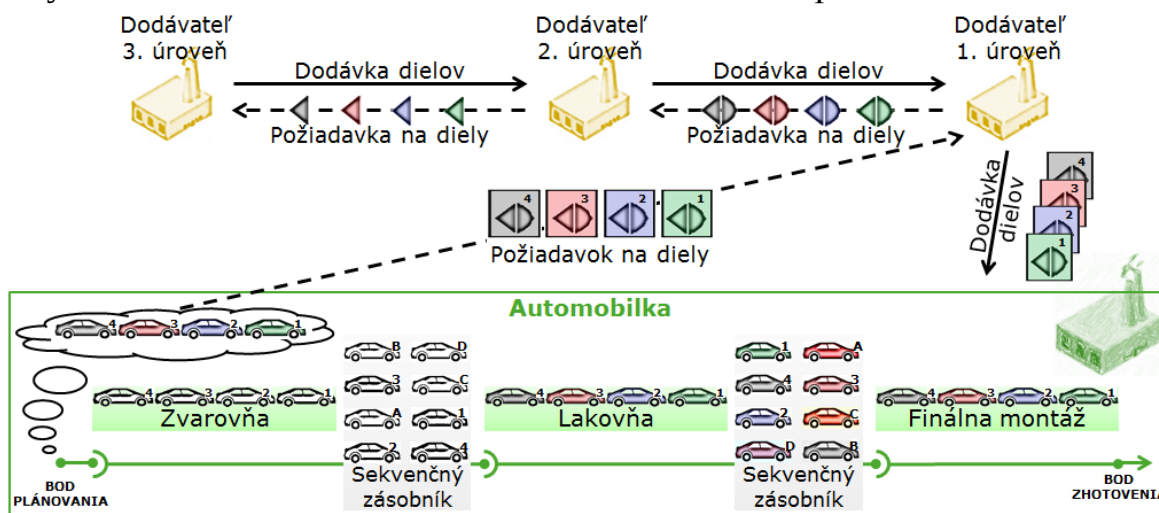
Hlavnou myšlienkou Stabilného poradia zákaziek je definovať poradie zákaziek určených k zhotoveniu niekoľko dní pred zahájením výroby. Poradie zákaziek je záväzné. (Schröder, 2014) Finálny výrobca tak môže v predstihu informovať svojich dodávateľov za účelom vzájomnej synchronizácie výrob s určitým časovým predstihom. Tento koncept má podľa Meißnera (2009) dosiahnuť:

- Zväčšenie prepravnej vzdialenosti medzi prvotnými dodávateľmi a finálnym výrobcom,
- Zníženie materiálových zásob a manipulácie s nimi,
- Redukciu logistických priestorov,
- Redukciu finančných nákladov na mimoriadne dodávky.

Tieto výhody SPZ opäť podľa Meißnera (2009) vedú:

- K stabilizácii dodacích lehôt.
- K optimalizácii spracovania výrobných postupností rôznych typov výrobkov.
- K zvýšeniu transparentnosti procesov a viditeľnosti problémov v procesoch.
- K dosiahnutiu zlepšenia v oblasti riadenia procesov.

S konceptom Stabilné poradie zákaziek prišla spoločnosť DELL. Tá individuálne zostavuje a exportuje všetky zákazky v poradí danom zákazníkmi. (Horn, 2006) V súčasnosti sa týmto konceptom primárne zaoberajú automobilky. Úsilie automobiliek podľa Pernicu (2005) vedie ku skráteniu doby priebehu objednávky zo 40 až 50 dní na 3 dni. Zahraničná literatúra uvádza napríklad „Auto za 5 dní“. Podľa Horna (2006) to zlepši konkurencieschopnosť európskeho automobilového priemyslu na svetovom trhu. Grafické znázornenie konceptu uvádza Obr. 3.



Obr. 3 - Znázornenie Stabilného poradia zákaziek v automobilovom priemysle (upr.: Günthner, [b.r.])

V koncepte Stabilné poradie zákaziek je potrebné dodržiavať poradie zákaziek medzi plánovaným výrobným programom a samotnou výrobou. Existuje však mnoho príčin, ktoré toto poradie vo výrobe narúša. Tieto príčiny uvádza Tab. 1.

Tab. 1 – Príčiny, ktoré menia poradia zákaziek v materiálovom toku (upr.: Bartošek, Šunka a Varjan, 2014)

Hľadisko	Príčina
Konštrukčné	Rozvetvenie materiálového toku z konštrukčného hľadiska
	Všetky zásobníky nenavrhované ako FIFO
	Poruchovosť
	Nezohľadnenie priameho materiálového toku pri konštrukcii výrobku (s ohľadom na prácnosť apod.)
Technologické	Neriadená manipulácia s výrobkami
	Priestorové usporiadanie pracovísk/strojov
	Rozvetvený materiálový tok
	Vratný materiálový tok
	Prerušený materiálový tok
Organizačné	Rozdielna prácnosť
	Rozdielna zmennosť
	Reštrikcie
	Kontrola kvality

HL'adisko	Príčina
Organizačné	Audit
	Opravy
	Vynímanie zákaziek (výrobkov) z materiálového toku
	Výpadok logistiky
	Nedodržanie výrobného programu
	Vyčleňovanie procesov „Outsourcing“

S konceptom Stabilné poradie zákaziek sú spojené dve metódy. Nemecky sú tieto metódy uvádzané „Perlenkettenprinzip“ a „Prinzip der späten Auftragszuordnung“. Voľný preklad týchto metód je:

- „Prinzip der späten Auftragszuordnung“ ako Oneskorené pridelenie zákazky.
- „Perlenkettenprinzip“ ako Perlový náhrdelník.

Rozdiel medzi Oneskoreným pridelením zákazky a Perlovým náhrdelníkom je daný miestom, kde tvoríme sekvenciu zákaziek. Ide o miesto pevného spojenia vyrábaného výrobku s finálnou objednávkou od zákazníka, teda bod rozpojenia.

U Oneskoreného pridelenia zákaziek sa jedná o miesto volené čo najbližšie k finálnej montáži zákazky. U Perlového náhrdelníku je to miesto zahájenia výroby zákazky.

Perlový náhrdelník

Metóda Perlový náhrdelník je s ohľadom dodržania poradia zákaziek podľa plánovaného výrobného programu už od zahájenia výroby zložitejšia ako metóda Oneskoreného pridelenia zákaziek. Schindler a Anderlitschka (2008) však poukazujú na to, že Perlový náhrdelník ponúka lepšiu hospodárnosť a jednoduchšie zvládnutie výroby pri vysokej variabilite výrobkov.

Metóda Perlový náhrdelník sa začala objavovať približne pred 18 rokmi v Nemecku². Ako uvádza Reiling (2011), prvou automobilkou, ktorá aplikovala túto metódu do svojej výroby bol Daimler. V priebehu času sa metóda rozšírila do ďalších automobiliek. „V rôznych formách, no nie v celej výrobe.“ (Reiling, 2011)

Zjednodušene popisuje metódu Perlový náhrdelník Meißner (2009). Ten ju prirovnáva k FIFO riadeniu v celom materiálovom toku (Obr. 4).



Obr. 4 - Riadenie metódy Perlový náhrdelník (upr.: Günthner, [b.r.])

² Prevedené na rok 2014 podľa článku Reiling-a z roku 2011.

Predpokladané prínosy metódy Perlový náhrdelník zhrňuje Punzenberger (2011):

- Perlový náhrdelník ako základ pre plánovanie integrovaného riadenia procesov od objednávky až po finálnu montáž a doručenie k zákazníkovi.
- Zníženie finančných nákladov na skladové zásoby.
- Efektívnosť v manipulačných činnostiach logistiky.
- Úzka spolupráca finálneho výrobcu s jeho dodávateľmi.
- Kratšie dodacie lehoty.
- Zníženie doby prestojov.

Rieling (2011) uvádza skutočné prínosy u automobilky AUDI. AUDI zavedením Perlového náhrdelníku zabezpečila dodávky dielov zo vzdialenosti 1300 km pre vysoko variabilné diely a znížila zásoby až o 50 %.

O predpokladanom finančnom prínose využitím Perlového náhrdelníku píše Cordshagen a De Graeve (2002) a MotorTalk (2002). Podľa nich môže automobilka znížiť skladové náklady až o 100 € na jedno vyrobené vozidlo³.

K informáciám o skutočných finančných úsporách zavedenia Perlového náhrdelníku do výroby som sa v priebehu tvorby doktorskej dizertačnej práce nedostal. Pravdepodobne sú predmetom interných materiálov jednotlivých výrobných spoločností.

Presné postupy, ako aplikovať Perlový náhrdelník do prostredia výrobných spoločností, nie sú verejne známe. Pravdepodobne aj tie sú predmetom interných materiálov jednotlivých automobiliek. Ďalšou možnosťou je, že ani výrobné spoločnosti nevlastnia presné postupy a v rámci výroby realizujú zmeny, ktoré naplňajú podstatu Perlového náhrdelníku. To znamená, dodržia poradie zákaziek vo výrobe podľa plánovaného výrobného programu.

Vyhodnotiť prospešnosť realizovaných zmien s ohľadom na Perlový náhrdelník môžeme pomocou jeho ukazovateľa. Priamym ukazovateľom je PFT_x . Tento ukazovateľ sa udáva v percentách, pričom hodnota udáva zhodu poradia zákaziek medzi vybranými miestami materiálového toku za vybraný časový interval (Unterburger a Lalkens, 2008). Vybrané miesta materiálového toku budeme nazývať evidenčné body (EB)⁴.

Medzi výrobné spoločnosti, ktoré aplikujú metódu Perlový náhrdelník, patria automobilky ako AUDI, Daimler, Porsche, MAN, Volkswagen, ŠKODA AUTO a.s.

³ 100 € $\equiv$ 2753 Kč. Prevedené podľa konverzného kurzu Českej národnej banky z dňa 4. 2. 2014.

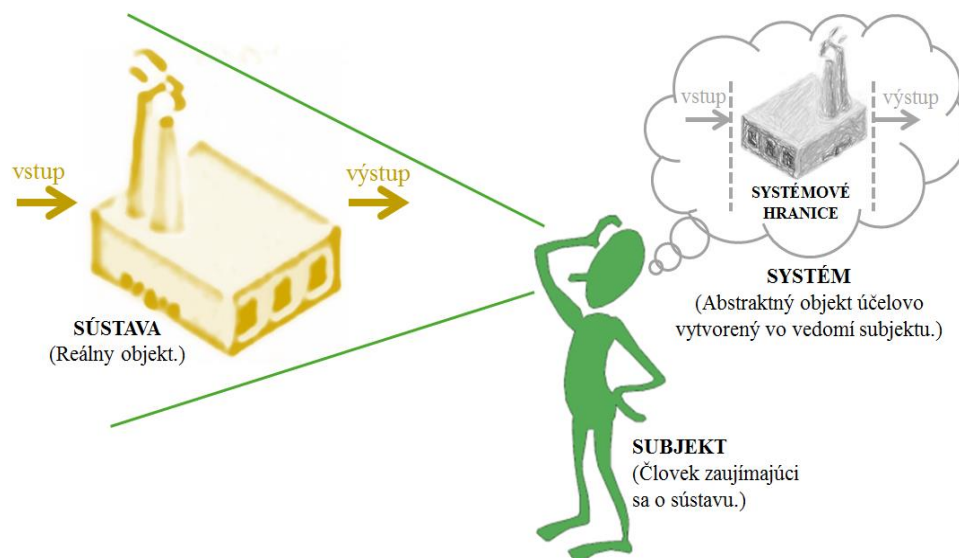
⁴ EB vyjadruje miesto v materiálovom toku, ktoré je vybavené automatickým alebo ručným čítacím zariadením (napr. čítačka, skener, kamera apod.). (Karpeta a Štoček, 2010) Hardverové čítacie zariadenia načítajú každý prechod zákazky a cez softvérové vybavenie môžeme k týmto zákazkám priradiť rôzne informácie a sledovať ich rozpracovanosť v čase. (Günthner, b.r.)

3 POUŽITÉ PRÍSTUPY A VEDECKÉ METÓDY SKÚMANIA

Vhodným prístupom pre riešenie komplexných problémov je systémový prístup. „Systémový prístup je účelový spôsob myslenia, jednania či riešenia problémov, pričom skúmané procesy a javy sú chápané komplexne a rešpektuje sa všetko podstatné.“ (Vítek, 2002) U konkrétnych riešení je systémový prístup doplnený o prístup holistický. Ide o „súhrn jednotlivých častí, ktoré nadobúdajú nové, vyššie vlastnosti“. (Pernica, 2005)

3.1 SÚSTAVA, SYSTÉM A SYSTÉMOVÉ HRANICE

„Sústava je reálny alebo abstraktný objekt so systémovými vlastnosťami.“ (Janíček, 2007) Sústavu je možné rozložiť na množinu prvkov a väzieb. Objekt tak pri skúmaní sústavy účelovo rozhoduje o tom, čo je preň podstatné z hľadiska skúmania sústavy. Objekt vedome vytvára systém. „Systém je abstraktný objekt, účelovo vytvorený vo vedomí ľudí vo vzťahu k primárnemu objektu (sústave), s cieľom riešiť na tomto objekte konkrétny problém.“ (Janíček, 2007) Vnímanie sústavy, systému a systémových hraníc znázorňuje Obr. 5.



Obr. 5 - Vnímanie sústavy, systému a systémových hraníc z pohľadu subjektu. (vsp.)

3.2 VEDECKÉ METÓDY SKÚMANIA

Riešenie doktorskej dizertačnej práce prebiehalo na základe poznania vedeckých metód skúmania. Vedecké metódy skúmania sú rozdelené na metódy empirické, logické a metódy modelovania. Pre úplnosť k nim radíme aj metódy štatistické.

Medzi metódy empirické radíme pozorovanie, meranie a experiment.

Do metód logických zaraďujeme metódy ako indukcia, dedukcia, analýza, syntéza, abstrakcia, konkretizácia, formalizácia, kvantifikácia, analógia a abdukcia.

Metóda modelovania je súbor činností realizovaných na modely s cieľom vyriešiť problém. V súvislosti s modelovaním sa stretneme aj s pojmom simulácia, simulačné modelovanie. Ide o skutočnosť, kedy je simulácia prostriedkom k vyriešeniu problému dynamickým zobrazením objektu a prebiehajúcich procesov.

4 RIEŠENIE A VÝSLEDKY DIZERTAČNEJ PRÁCE

V rámci riešenia doktorskej dizertačnej práce boli uskutočnené tieto činnosti:

1. Bola stanovená úloha Stability produkcie v materiálovom toku.
2. Pomocou plánovaného experimentu boli analyzované príčiny porušenia Stability produkcie v materiálovom toku.
3. Prostredníctvom prípadových štúdií boli zistené a spísané nedostatky v metodike konceptu Stabílneho poradia zákaziek a jeho metódy Perlový náhrdelník.
4. Boli navrhnuté možnosti odstránenia zistených nedostatkov v metodike konceptu Stabílneho poradia zákaziek a jeho metódy Perlový náhrdelník.
5. Metóda Perlového náhrdelníku bola ako súčasť aplikovaného výskumu implementovaná do reálnej prevádzky. Vhodnosť implementácie bola vopred overená metódou simulačného modelovania.

4.1 ÚLOHA STABILITY PRODUKCIE V MATERIÁLOVOM TOKU

Materiálový tok môžeme analogicky prirovnať k vektoru. S týmto predpokladom je úloha Stability produkcie v materiálovom toku daná podľa Obr. 6.

a) Predpokladané vychýlenie $\overrightarrow{MT}$ bez $\overrightarrow{SP}$

b) Zamedzenie vychýleniu $\overrightarrow{MT}$ pomocou $\overrightarrow{SP}$



Legenda:

$\overrightarrow{MT}$ Vektor materiálového toku

$\overrightarrow{PP_i}$ Vektory vychýľujúce $\overrightarrow{MT}$ z priameho smeru

$\overrightarrow{SP}$ Vektor Stability produkcie

Obr. 6 - Úloha Stability produkcie v materiálovom toku. (vsp.)

Materiálový tok je na Obr. 6 označený ako vektor $\overrightarrow{MT}$. Vektory príčin, ktoré vychýľujú priamy smer zákaziek, sú na Obr. 6 označené ako $\overrightarrow{PP_i}$. Vektory $\overrightarrow{PP_i}$ s rôznou orientáciou a veľkosťou pôsobia na priamy smer $\overrightarrow{MT}$ a vychýľujú ho. Aby sme zabránili vychýleniu $\overrightarrow{MT}$ z priameho smeru, potrebujeme zaviesť ďalší vektor – vektor Stability produkcie. Ten je na Obr. 6 označený ako $\overrightarrow{SP}$. Veľkosť $\overrightarrow{SP}$ sa musí rovnať súčtu veľkostí všetkých vektorov $\overrightarrow{PP_i}$, pričom orientácia $\overrightarrow{SP}$ je opačná.

Na základe zjednodušeného vnímania Stability produkcie, materiálového toku a jeho vlastností prostredníctvom vektorov, vymedzujeme úlohu Stability produkcie v materiálovom toku takto:

Úlohou Stability produkcie v materiálovom toku je eliminovať vplyv všetkých príčin, ktoré narúšajú priamy smer zákaziek v materiálovom toku finálneho výrobcu od začiatku po jeho koniec.

4.2 PRÍČINY PORUŠENIA STABILITY PRODUKCIE V MATERIÁLOVOM TOKU

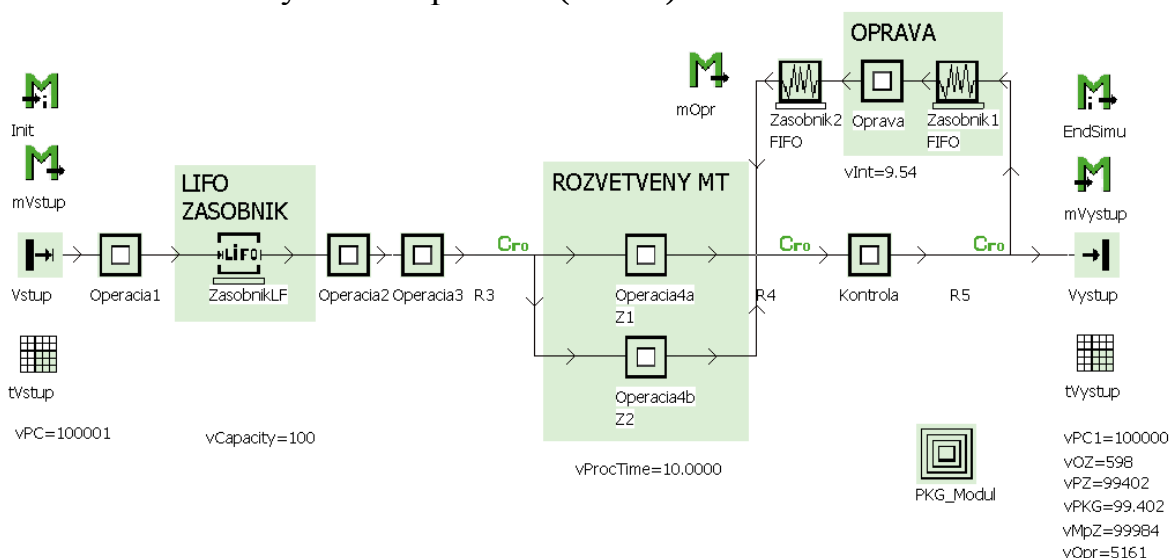
Vektory označené na Obr. 6 ako $\overline{PP}_i$ spôsobujú vychýlenie zákaziek z priameho smeru MT. Jedná sa o rôzne technické, technologické a organizačné príčiny, alebo náhodné javy. S ohľadom na koncept Stabílné poradie zákaziek a metódu Perlový náhrdelník môžeme uvažovať, že príčiny menia poradie zákaziek v materiálovom toku. Medzi tieto príčiny patrí:

- Rozvetvený, paralelný a vratný materiálový tok.
- Rôzne typy zásobníkov (napr. zásobníky riadené LIFO⁵).
- Vynímanie zákaziek.
- Nevhodné plánovanie a riadenie výrobného programu.
- Organizačné príčiny (rozdielny pracovný fond, nedostatok zásob apod.).
- Náhodné javy (poruchovosť, výpadok personálu, energií apod.).

4.2.1 Plánovaný experiment vybraných príčin

Podľa klasifikačnej tabuľky boli vybrané tri príčiny, u ktorých môže dochádzať k významnej zmene poradia zákaziek. Sú to zásobníky neriadené FIFO; rozvetvený materiálový tok a vynímanie zákaziek z materiálového toku.

Pre lepšie oboznámenie sa s týmito príčinami bol navrhnutý plánovaný experiment. Plánovaný experiment bol realizovaný na vytvorenom počítačovom modeli simulačného programu Texnomatix Plant Simulation. Počítačový model predstavoval model výrobného procesu (Obr. 7).



Obr. 7 – Počítačový model pre plánovaný experiment (vsp.)

⁵ LIFO z anglického Last In First Out (posledný dnu, prvý von), opakom je FIFO (First In First Out, prvý dnu, prvý von).

Z návrhu simulačných experimentov a ich uskutočnenie na počítačovom modeli v prostredí simulačného programu sme zistili nasledovné:

Výsledky pre úplný faktorový plán

Významnou príčinou pre úplný faktorový plán je *vynímanie z materiálového toku*. Dosiadnutá kladná hodnota efektu *vynímanie z materiálového toku* vypovedá o tom, že s narastajúcim počtom vynímaných zákaziek narastá ich premiešanie.

Medzi významné príčiny patrí aj interakcia *LIFO Zásobník* verzus *rozvetvený materiálový tok* a interakcia *LIFO Zásobník* verzus *rozvetvený materiálový tok* verzus *vynímanie z materiálového toku*.

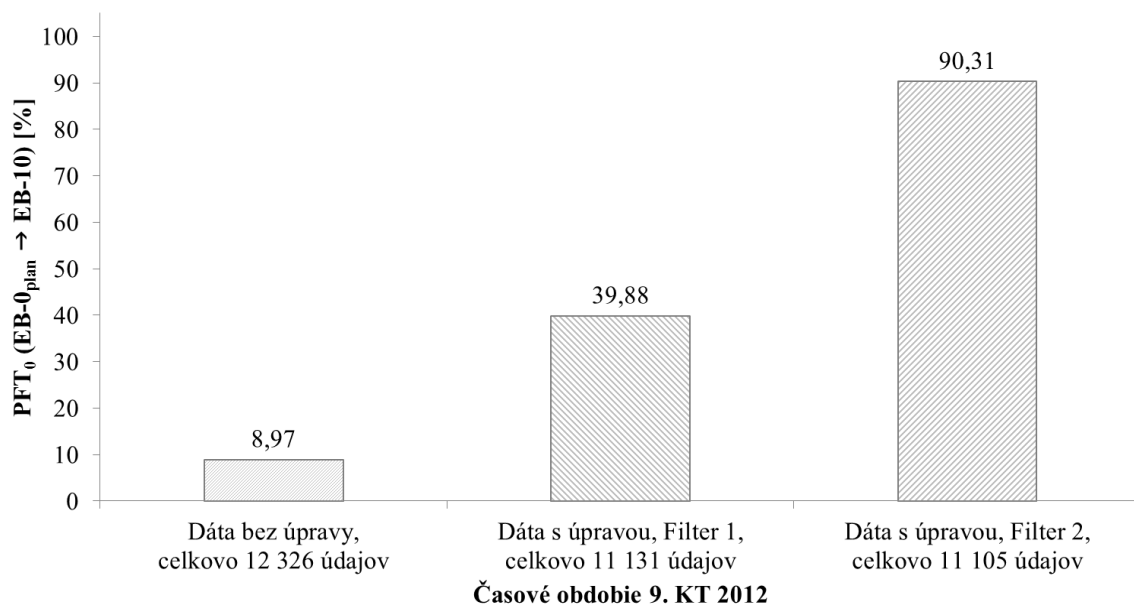
Výsledky pre jednofaktorový plán

Pre jedno faktorový plán má najväčší efekt na zmenu poradia zákaziek príčina *rozvetvený MT*. Hodnota je záporná. Znamená to, že pri znižujúcom sa rozdiely procesných časov medzi procesmi rozvetveného toku sú zákazky viac premiešané.

Výsledky z plánovaného experimentu platia v rámci stanovených podmienok vytvoreného simulačného modelu a návrhu jednotlivých pokusov uvedených v doktorskej dizertačnej práci.

4.3 ZISTENÉ NEDOSTATKY VO VÝPOČTE UKAZOVATEĽA PFT_x METÓDY PERLOVÉHO NÁHRDELNÍKU

Na základe prípadových štúdií sa potvrdilo, že metodika výpočtu ukazovateľa PFT_x , ktorú zahŕňa metóda Perlového náhrdelníku, nie je jednoznačná. Napríklad zmenu hodnoty ukazovateľa PFT_x je možné ovplyvniť jednoduchou úpravou dát. Poukazuje na to graf na Obr. 8.



Obr. 8 - Ovplyvnenie hodnoty PFT_x jednoduchou úpravou (filtrovaním) dát. (vsp.)

Hodnoty k výpočtu PFT_x sú z reálnej prevádzky. U dát bez úpravy je hodnota $PFT_0 = 8,97 \%$. Úpravou, teda použitím filtra 1, sme odstránili z údajov 1 195 zákaziek. Ide o zákazky, ktoré boli do výroby zámerné zadávané v predstihu a v konkrétnom odstupe z dôvodu ich zvýšenej prácnosti. Hodnota sa zvýšila na $PFT_0 = 39,88 \%$. Použitím filtra 2 sme odstránili o 26 viac zákaziek ako u filtra 1. Zaujímavý je však skokový rozdiel hodnôt PFT_x , ktorý nastal. Hodnota dosiahla $PFT_0 = 90,31 \%$. Prípadová štúdia dokázala, že minimálny vplyv na úpravu dát má zásadný vplyv na hodnotu ukazovateľa PFT_x .

V doktorskej dizertačnej práci sú detailne rozobrané ďalšie skutočnosti, napríklad:

- nedostatočné zistenie chýbajúcich zákaziek,
- rozprava o predčasných a oneskorených zákazkách,
- závislosť hodnoty PFT_x na veľkosti časovej osi a časového obdobia.

Súhrn skutočností, ktoré sa pri hľadaní nedostatkov objavili:

1. Nie je vytvorený jednoznačný postup výpočtu ukazovateľa PFT_x .
2. Nie je definovaný jednoznačný postup pre určenie predčasných, oneskorených a chýbajúcich zákaziek.
3. Nie je stanovená prípustná úprava (filtrácia) dát.
4. Nie je odporučené vymedzenie časového obdobia získaných údajov a časového obdobia pre výpočet PFT_x .
5. Aj napriek cieľu konceptu dosiahnuť zhodu v poradí zákaziek medzi plánom a skutočnosťou sú predčasné zákazky vyhodnocované ako správne.

Uvedené skutočnosti vedú k dôsledku, že každý subjekt môže vypočítať rozdielne hodnoty PFT_x . To je samozrejme nevhodné, pretože výpočet je možné upraviť podľa aktuálnych potrieb jednoduchými úpravami dát. Ovplyvňuje to transparentnosť výsledkov ako aj nadväzujúce zistenia, napr. o finančných prínosoch apod.

Vyššie uvedené skutočnosti spôsobujú nedostatky, pričom v doktorskej dizertačnej práci boli navrhnuté opatrenia pre ich odstránenie. Opatrenia sa týkajú:

1. Postupu získania údajov, ich scelenie.
2. Výberu časového obdobia získaných údajov a obdobia pre výpočet PFT_x .
3. Úpravy a filtrácie údajov.
4. Vlastného výpočtu ukazovateľa PFT_x .
5. Prezentácie vypočítaných hodnôt PFT_x .

Taktiež boli spísané jednotlivé body pre spresnenie metodiky výpočtu ukazovateľa PFT_x . Myslím si, že týmito opatreniami sa zvýši transparentnosť výpočtov PFT_x . Nedostatky, ako napríklad predčasné zákazky, vnímanie poradia a času, by mali viesť k diskusiám odbornej verejnosti, prípadne úzko zameraných vedecko-výskumných činností.

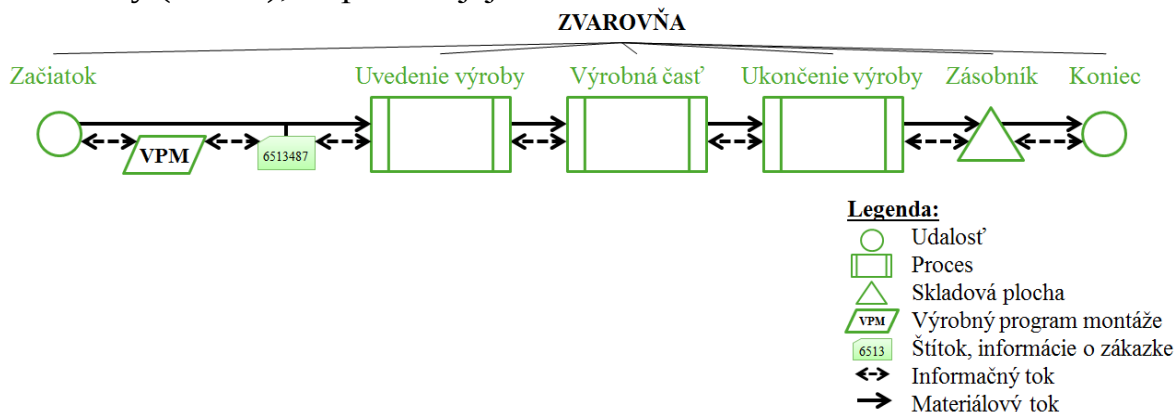
4.4 IMPLEMENTÁCIA PERLOVÉHO NÁHRDELNÍKA DO PRAXE

Pre implementáciu metódy Perlového náhrdelníka do prevádzky výrobnnej spoločnosti boli stanovené tieto obmedzujúce podmienky:

- Nesmie dôjsť k ohrozeniu plynulosti výroby.
- Nesmie dôjsť k zastaveniu výroby.

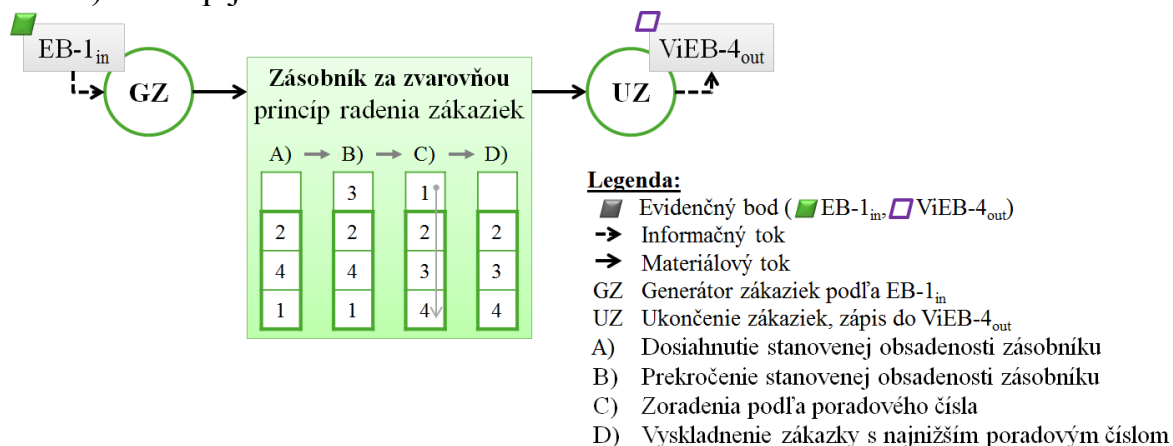
- Nesmie dôjsť k nadmerným zásahom do konštrukcie a technológie.
- Nesmie dôjsť k vynaloženiu značných finančných prostriedkov.
- Preukázateľný prínos implementácie metódy Perlového náhrdelníku (zvýšenie hodnoty PFT_x).

Na základe obmedzujúcich podmienok bola vo výrobnjej spoločnosti zvolená oblasť pre implementáciu Perlového náhrdelníku do praxe. Jedná sa o zvarovňu automobilky (Obr. 9), respektíve jej časť – zásobník..



Obr. 9 - Zjednodušený procesný diagram zvarovne automobilky. (vsp.)

Zásobník za zvarovňou je členitý. Členitosť dopravníkovej techniky môžeme zmenou logiky riadenia zásobníku využiť k zmene poradia prichádzajúcich zákaziek. Pomocou logiky riadenia bude zmenené poradie zákaziek opäť vyrovnané do pôvodného poradia. To znamená, že miesto eliminácie príčin, ktoré menia poradie zákaziek, bude našou snahou zmenené poradie vrátiť do pôvodného stavu. Predpokladom tejto činnosti má platiť podmienka, že hodnota ukazovateľa Perlového náhrdelníku na výstupe zo zásobníku bude vyššia ako hodnota Perlového náhrdelníku na vstupe do zásobníku (porovnanie uvažujeme k bode plánovania zákaziek) Princíp je na Obr. 10.



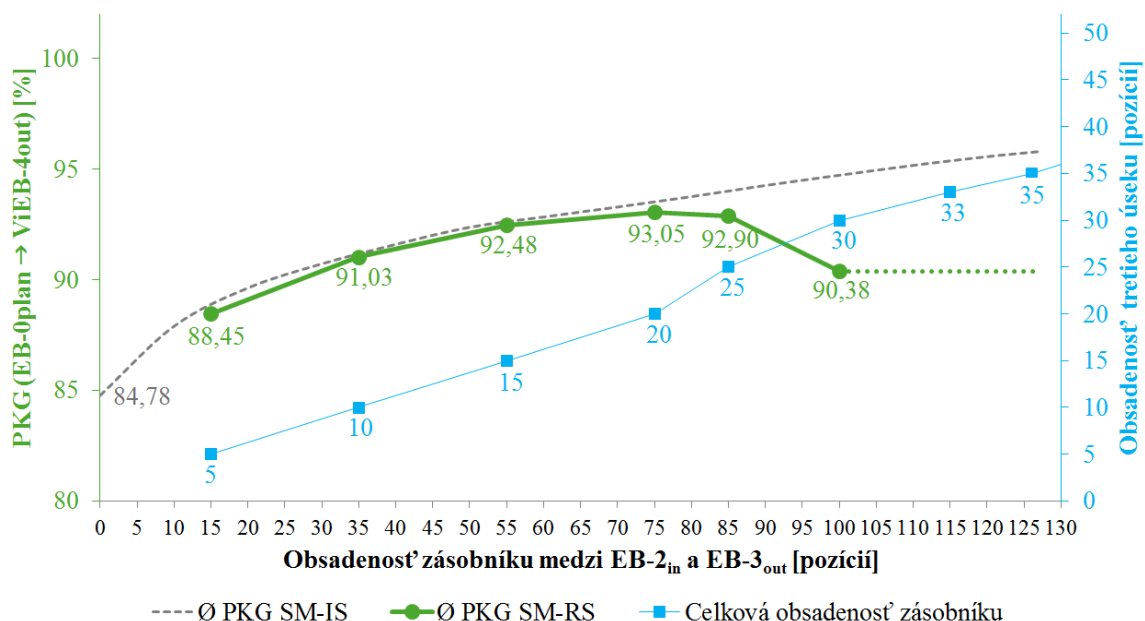
Obr. 10 – Princíp vyrovňovania zákaziek do pôvodného stavu. (vsp.)

Zároveň je možné preukázať prínos tohto návrhu prostredníctvom simulačného modelovania. Zmena logiky riadenia určite prináša vynaloženie finančných prostriedkov. Nezahrnuje však konštrukčný zásah a pri správnej implementácii nemusí obmedziť ani zastaviť výrobu.

4.4.1 Zistenie prínosov implementácie pomocou simulačného modelovania

Pre zistenie prínosov implementácie boli navrhnuté konceptuálne modeli zásobníku pre ideálny stav a následne reálny stav. Tieto modely boli následne vytvorené v prostredí simulačného programu a podrobené simulačným experimentom. Pomocou simulačných experimentov sa zistili možné prínosy implementácie Perlového náhrdelníku na zásobník za zvarovňou zmenou logiky riadenia. Prehľad výsledkov zobrazuje graf na Obr. 11, kde:

- PKG je hodnota ukazovateľa Perlového náhrdelníku,
- ØPKG SM-IS sú výsledky zo simulácie ideálneho stavu (bez obmedzení),
- ØPKG SM-RS sú výsledky zo simulácie reálneho stavu zásobníku,
- EB-2_{in} a EB-3_{out} predstavujú body zásobníku pre vstup a výstup,
- EB-0_{plan} a ViEB-4_{out} sú body, medzi ktorými vyhodnocujeme PKG.



Obr. 11 – Výsledky simulačných experimentov v podobe závislosti obsadenosti zásobníku na hodnote ukazovateľa Perlového náhrdelníku. (vsp.)

Pri narastajúcej obsadenosti zásobníku sa zvyšuje hodnota ØPKG SM-RS. Krivka ØPKG SM-RS do celkovej obsadenosti 75 pozícií kopíruje krivku ØPKG SM-IS.

Najvyššia hodnota ØPKG SM-RS (93,05 %) bola dosiahnutá pri celkovej obsadenosti 75 pozícií. Prekročením týchto hodnôt obsadenosti dochádza k zaplneniu zásobníku. Z konštrukčného a technologického hľadiska dôjde k eliminovaniu možnosti radiť zákazky podľa poradového čísla.

Preto ØPKG SM-RS s narastajúcou obsadenosťou zásobníku klesá na hodnotu 90,38 % a do maximálne možného obsadenia zásobníku ostáva hodnota nemenná. Naopak ØPKG SM-IS sa zvyšuje s narastajúcou obsadenosťou zásobníku, pretože u ideálneho stavu nie sú uvažované konštrukčné a technologické obmedzenia.

4.4.2 Overenie správnosti nasadenia novej logiky riadenia na zásobník

Na základe výsledkov simulačného modelovania bolo rozhodnuté o realizovaní novej logiky riadenia na zásobník za zvarovňou. Po realizácii sa pristúpilo k overeniu, či:

- logika riadenia odpovedá navrhovanej logike riadenia,
- nasadená nová logika radí zákazky do pôvodného poradia.

Zistené rozdiely medzi navrhovanou logikou riadenia a skutočne implementovanou boli vysledované priamym pozorovaním zásobníku v prevádzke.

Jednalo sa o:

- neopodstatnené blokovanie prejazdu zákaziek na vybranom úseku,
- vypínanie určitého úseku zásobníku pri počte zákaziek menšom ako 25,
- nedodržania odporúčenej obsadenosti zásobníku,
- nedodržanie intervalu vyskladňovania špeciálnych zákaziek.

Zistené nedostatky, okrem vypínania určitého úseku, boli odstránené. Vypínanie úseku pri nízkom počte zákaziek ostalo ponechané z dôvodu zníženia spotreby energie.

Overenie funkčnosti radenia zákaziek do pôvodného poradia prebehlo porovnaním hodnôt ukazovateľa Perlového náhrdelníku medzi vstupom a výstupom.

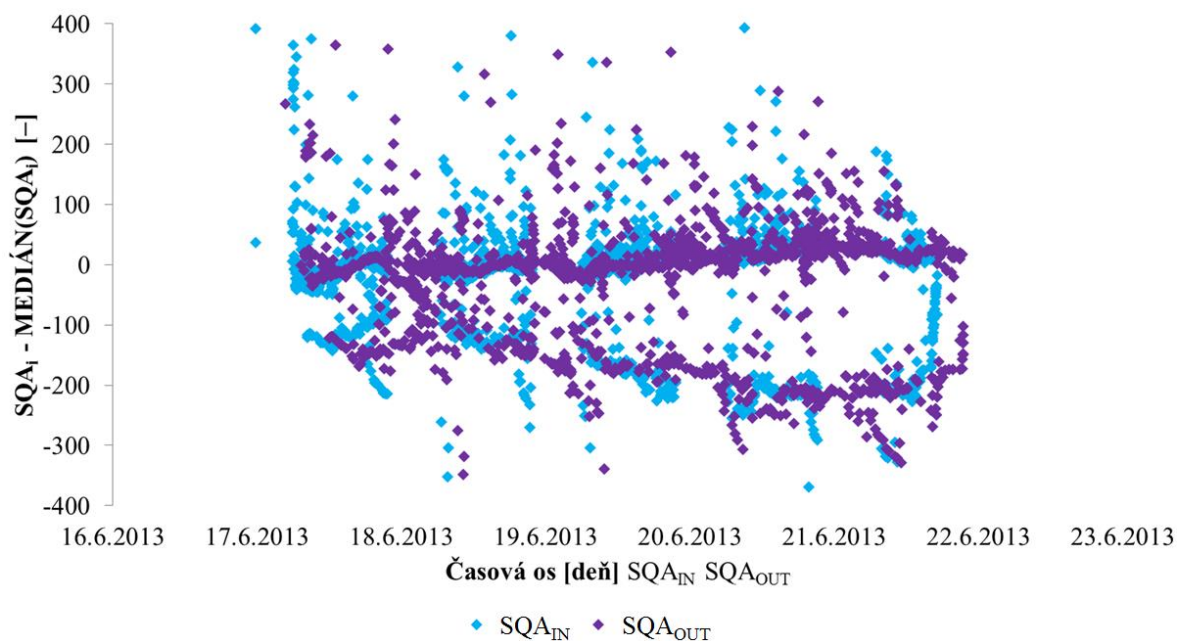
Prehľad uvádza Tab. 2.

Tab. 2 – Porovnanie hodnoty ukazovateľa Perlového náhrdelníku medzi vstupom a výstupom zásobníku za 25. kalendárny týždeň roku 2013. (vsp.)

Stav	Znak	Matematický popis	Početnosť	$PKG_{\text{výstup}} - PKG_{\text{vstup}}$
Zhoršenie	↓	$PKG_{\text{vstup}} > PKG_{\text{výstup}}$	37	Medián = -20,83 %
Zachovanie	=	$PKG_{\text{vstup}} = PKG_{\text{výstup}}$	30	–
Zlepšenie	↑	$PKG_{\text{vstup}} < PKG_{\text{výstup}}$	30	Medián = 19,68 %

Na základe porovnania hodnôt ukazovateľa Perlového náhrdelníku medzi vstupom a výstupom zásobníku za 25. kalendárny týždeň roku 2013, nedokážeme jednoznačne určiť funkčnosť novej logiky riadenia. Výsledky ovplyvňuje aj skutočnosť, že za dané sledované obdobie dochádzalo k výpadkom logiky riadenia a následne manuálneho zásahu dispečera.

Z tohto dôvodu bola ešte spracovaná analýza dodržania poradia zákaziek podľa metodiky Štočka a Karpety (2010). V tejto metodike vyhodnocujeme priblíženie zákaziek na konci zásobníku k ich prvotnému poradiu. Prvotné poradie sa stanovuje korekciou posunu (stanovenie nuly). Spracovanú analýzu zobrazuje graf na Obr. 12.



Obr. 12 – Analýza dodržania poradia medzi vstupom a výstupom. (vsp.)

Zákazky (kosoštvorce v grafe) majú v hodnote 0 na ose y nulovú odchýlku. Znamená to, že pôvodné poradie bolo zachované. Čím viac sú zákazky od nuly vzdialené, tým je väčšia odchýlka od ich pôvodného poradia. Kladné hodnoty na ose „y“ predstavujú oneskorené zákazky, záporné predčasné zákazky.

Modré kosoštvorce znázorňujú odchýlky zákaziek od pôvodného poradia pred zásobníkom. Fialové kosoštvorce zase odchýlky zákaziek od pôvodného poradia za zásobníkom. Máme možnosť vidieť, že fialové kosoštvorce majú trend sa viac približovať sa k nule. Hlavne v hornej polovici grafu, čo predstavuje oneskorené zákazky. Trend bol dosiahnutý s novou logikou riadenia pre radenie zákaziek. S postupujúcim časom tento trend ustupuje. Je to spôsobené práve neštandardnými situáciami ktoré vznikali.

5 ZHRNUTIE DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV

Nadobúdanie Stability produkcie sú dôležitou súčasťou vývoja výrobných spoločností. Nadobúdanie časovej istoty som pomenoval ako Stabilitu produkcie. Stabilita produkcie môže predstavovať metodiky a ich metódy, ktoré napomáhajú nadobúdať časovú istotu nielen v logistických činnostiach, ale aj vo výrobných procesoch materiálového toku. V nasledujúcich podkapitolách som zosumarizoval dosiahnuté výsledky z doktorskej dizertačnej práce.

5.1 REŠERŠ S AKCENTOM NA STABILITU PRODUKCIE

Stabilitu produkcie nájdeme v rôznych literatúrach. V základnom ponímaní hovoríme o stabilite procesu, stabilite systému. Literatúra Drahotský a Řezníček (2003); Pernica (2005); Jílek (1986) uvádza, že úlohou stability procesu/systému je po vychýlení sa z rovnovážneho stavu do rovnovážneho stavu aj navrátiť.

Ďalším pohľadom na Stabilitu produkcie je manažment kvality. Manažment kvality je zakotvený v norme ČSN EN ISO 9000 (2009). Dosahovaním kvality pomocou šandardizácie budeme dosahovať aj stabilitu v procesoch. Norma zároveň dodáva, že nie je možné sa uspokojiť s aktuálnym stavom. Je potrebné sa neustále zlepšovať a posúvať kvalitu ďalej.

Neustále zlepšovanie vzniklo v prostredí výrobnej spoločnosti Toyota. Tá na neustálom zlepšovaní (KAIZEN), odhaľovaní druhov plytvania (MUDA) a uprednostňovaní pridanej hodnoty s ohľadom na zákazníka vybudovala svoju výrobnú stratégiu zvanú ako Výrobný systém Toyota.

Výrobný systém Toyoty je ucelený súbor metodík a ich metód, ktorý posúva svoje pôsobenie za hranice výrobnej spoločnosti smerom k dodávateľom a k zákazníkom. Nadobúda sa tak stabilita v celom dodávateľskom reťazci na čele s finálnym výrobcom.

O inováciu v oblasti Stability produkcie sa snažia automobilky koncernu Volkswagen. Napr. Volkswagen, Porsche, Audi, MAN, ŠKODA AUTO a.s. Ide o nové koncepty riadenia výroby, ktorými sú Zachovanie vernosti výrobnému programu a Stabilné poradie zákaziek. U Stabilného poradia zákaziek ide konkrétne o metódy Oneskorené pridelenie zákazky a Perlový náhrdelník.

V doktorskej dizertačnej práci som sa na koncept Stabilného poradia zákaziek zameral podrobnejšie. Koncept je stále v štádiu poznávania, čo odôvodňuje zameranie sa naň v zmysle vedecko-výskumnej činnosti.

5.2 STABILITA PRODUKCIE A MATERIÁLOVÝ TOK

Stabilita produkcie úzko súvisí s materiálovým tokom. Príčiny, ako napríklad rozvetvený, paralelný a vratný materiálový tok, vynímanie z neho, riadenie výrobného programu, organizácia výroby, náhodné javy atď., ovplyvňujú priamy smer materiálového toku. Zároveň je ovplyvňovaný aj pohyb zákaziek.

Úlohou Stability produkcie v materiálovom toku je eliminovať vplyv všetkých príčin, ktoré narúšajú priamy smer zákaziek v toku finálneho výrobcu od začiatku po jeho koniec.

V tomto bode sa už konkrétne dostávame ku konceptu Stabilného poradia zákaziek. Pre tento koncept je dôležité udržanie poradia zákaziek v materiálovom toku. Existujú totiž príčiny, ktoré poradie zákaziek menia. Pri hodnotení zmeny poradia dosiahli v klasifikačnej tabuľke najvyšší počet bodov tieto príčiny: rozvetvený materiálový tok, zásobníky neriadené stratégiou FIFO (prvý dnu, prvý von) a vynímanie zákaziek z materiálového toku.

Pre lepšie oboznámenie sa s týmito príčinami bol v doktorskej dizertačnej práci navrhnutý plánovaný experiment. Vplyv týchto príčin na zmenu poradia zákaziek v materiálovom toku sa realizoval prostredníctvom simulačného modelovania.

Z plánovaného experimentu pre úplný faktorový plán sme zistili, že významné na porušenie poradia zákaziek sú príčiny:

- vynímanie z materiálového toku;
- interakcia príčin zásobníku neriadeného stratégiou FIFO (prvý dnu, prvý von) v. rozvetvený materiálový tok;
- interakcia príčin zásobníku neriadeného stratégiou FIFO (prvý dnu, prvý von) v. rozvetvený materiálový tok v. vynímanie z materiálového toku.

Pre prax to znamená, že každé vynímanie zákaziek z materiálového toku má významný vplyv na zmenu poradia zákaziek. Vplyv zmeny poradia zákaziek môže narastať, pokiaľ je materiálové tok zároveň rozvetvený a nachádza sa v ňom aj zásobník neriadený stratégiou FIFO (prvý dnu, prvý von). Konkrétne pre plánovaný experiment bol testovaný zásobník riadený stratégiou LIFO (prvý dnu, posledný von).

Jednofaktorový plán plánovaného experimentu potvrdil významnosť u príčiny rozvetvený materiálový tok. Čím menší bude rozdiel procesných časov medzi prvou a druhou vetvou rozvetveného materiálového toku, tým väčšia bude zmiešanosť poradia zákaziek.

5.3 PERLOVÝ NÁHRDELNÍK AKO REPREZENTANT KONCEPTU STABILNÉHO PORADIA ZÁKAZIEK

Súčasťou konceptu Stabilné poradie zákaziek je metóda Perlový náhrdelník. Cieľom tejto metódy je zachovať poradie zákaziek medzi plánovaným výrobným programom a miestom ukončenia ich výroby. Jednoducho povedané, jedná sa o stratégiu riadenia zákaziek „prvý dnu, prvý von“ v celej výrobnéj spoločnosti. Od ich plánovania, začatia výroby, a následne skrz celý materiálový tok až po predanie zákazníkovi.

Metóda Perlový náhrdelník sa vyhodnocuje na základe jej ukazovateľa PFT_x . Pred výpočtom PFT_x je potrebné určiť počet predčasných, oneskorených a chýbajúcich zákaziek.

Práve postup vyhodnotenia počtu týchto zákaziek nie je jednoznačne definovaný. Chýbajú informácie o stanovení časových období, časových intervalov pre výpočet PFT_x , pravidiel pre úpravu a filtrovanie údajov. Nejednoznačnosť sa potvrdila napr.

pri výpočte PFT_x dvomi subjektmi. Z rovnakých vstupných údajov dospeli oba subjekty k rozdielnym hodnotám PFT_x . Hodnoty boli rozdielne v intervale od -0,22 % do +3,75 %.

Ďalším príkladom je možnosť jednoduchého ovplyvnenia hodnoty PFT_x . Príkladom na úpravu a filtrovanie dát sme zistili, že aplikáciou rôznych filtrov sa dá jednoducho ovplyvniť hodnota PFT_x napr. z $PFT_0 = 8,97\%$ na $PFT_0 = 90,31\%$.

Za zásadný problém pri výpočte PFT_x považujem predpokladanie predčasných zákaziek za správne. Predčasné zákazky hodnotu PFT_x totiž aktuálne nijako neovplyvňujú. To je v rozpore s cieľom metódy Perlový náhrdelník – vyrábať zákazky v poradí danom plánovaným výrobným programom.

Predčasné zákazky spoločne s oneskorenými a chýbajúcimi zákazkami taktiež ovplyvňujú logistické činnosti. Pre predčasné zákazky je nutné taktiež zabezpečiť potrebné diely, čím môže dochádzať k zvyšovaniu skladových zásob alebo k mimoriadnym dodávkam dielov.

5.4 ELIMINÁCIA NEZROVNALOSTÍ A NEDOSTATKOV PRI VÝPOČTE PFT_x

Aktuálne platný postup výpočtu PFT_x nie je jednoznačný. Môžeme však využiť konkrétne činnosti a pravidlá, ktoré eliminujú nedostatky vyhodnotenia. V podstate proces vyhodnotenia sprehľadniť.

V praxi to znamená napr. využívať k vyhodnoteniu stále rovnaké vstupné údaje, s čo najrozsiahlejším časovým obdobím. Pre možnosť overenia výpočtu taktiež uvádzať kompletne údaje, z ktorých bolo PFT_x vypočítané.

Ďalšou činnosťou je úprava údajov. Tá má byť volená citlivo, aby sme neovplyvnili a neskreslili hodnoty PFT_x . V prípade vyhodnotenia z časových údajov je potrebné zvýšiť pozornosť pri zákazkách s rovnakým časovým prechodom miesta evidovania. Taktiež je potrebné stanoviť pravidlá pre duplicitné záznamy.

Dôležitou časťou je vždy zachovať rovnaký postup výpočtu PFT_x . V rámci doktorskej dizertačnej práce vznikli konkrétne dva postupy, pomocou sekvenčného čísla zákazky alebo pomocou časových záznamov.

O vplyve predčasných zákaziek na výpočet PFT_x a jeho reálnom dopade na výrobu a logistiku, musí rozhodnúť odborná spoločnosť. Ja osobne vnímam akceptovanie predčasných zákaziek ako nevhodný jav. Aj predčasné zákazky môžu viesť k zvyšovaniu skladových zásob a k mimoriadnym dodávkam dielov. Zvyšujú sa tým logistické náklady. Zároveň je to v rozpore s cieľom metódy Perlový náhrdelník a celého konceptu Stabilné poradie zákaziek.

5.5 REALIZÁCIA PROJEKTU S OHĽADOM NA METÓDU PERLOVÝ NÁHRDELNÍK

Cieľ metódy Perlový náhrdelník je jasne definovaný. Dodržať plánované poradie zákaziek v celom materiálovom toku. Akým spôsobom bude cieľ naplnený, záleží vyslovene na projektantoch. Môžeme uvažovať o dvoch spôsoboch:

1. Eliminovať príčiny sústredené v materiálovom toku tak, aby nedochádzalo ku zmene poradia zákaziek.

2. Začleniť do materiálového toku proces, ktorý zmenené poradie navráti do požadovaného stavu.

V rámci možnosti realizovať projekt s akcentom na metódu Perlový náhrdelník prebehla detailná analýza zvarovne vybranej spoločnosti. S ohľadom na stanovené podmienky (napr. neobmedziť výrobu pri realizácii) bolo rozhodnuté o druhom spôsobe: Začleniť do materiálového toku proces, ktorý zmenené poradie zákaziek bude priebežne radiť do pôvodného poradia.

Tento proces bol navrhnutý konkrétne na zásobník za zvarovňou. Návrh spočíval v zmene logiky riadenia zásobníku.

Prínos novo navrhnutej logiky riadenia bolo nutné overiť. Prínos bol vyhodnotený pomocou simulačného modelovania, a to pre ideálny stav (zásobník nemá konštrukčné a technologické obmedzenie) a pre reálny stav (reálny stav zásobníku s ohľadom na konštrukčné a technologické obmedzenia).

Simulačné modelovanie preukázalo, že zmena logiky riadenia má potenciál ovplyvňovať poradie zákaziek. Konkrétne z pôvodnej hodnoty $PFT_0 = 84,78\%$ na vstupe do zásobníku za zvarovňou, na výslednú hodnotu $PFT_0 = 93,05\%$ na výstupe. Výsledky platia pri obsadenosti zásobníku 75 zákazkami.

Aj na základe výsledkov zo simulačného modelovania bolo odsúhlasené spoločnosťou implementovať novú logiku riadenia na zásobník za zvarovňou.

Po implementácii bolo spätne overené, či nová logika riadenia sa zhoduje s pôvodným návrhom a či zastáva rovnakú funkciu ako v simulačnom modeli.

Spätne overenie s využitím viacerých metodík potvrdilo, že nasadená logika riadenia mení poradie zákaziek s akcentom ich radenia do plánovaného poradia.

Spätným overením sme uzavreli cyklus simulačného modelovania: Pôvodná sústava, vymedzenie systému → abstrakcia → simulačný model → experimentovanie → výsledky a ich interpretácia → dôsledky na pôvodnú sústavu → implementácia → spätne overenie správnosti a funkčnosti nového stavu sústavy.

Touto kapitolou bol uzavretý aplikovaný výskum doktorskej dizertačnej práce.

Je potrebné sa zmieniť, že pri implementovaní novej logiky riadenia bola metóda Perlový náhrdelník sledovaná len z hľadiska vrátenia poradia zákaziek. Neposudzoval sa finančný prínos.

Nezohľadnenie finančného prínosu naplnilo jednu z obmedzujúcich podmienok. Tá znela: „*Nebude možné zohľadniť všetky aspekty pre objektívne zhodnotenie výsledkov aplikovaného výskumu doktorskej dizertačnej práce.*“ Možný finančný prínos je jedným z aspektov, ktorým sa dá objektívne zhodnotiť výsledok aplikovaného výskumu.

Predpokladám, že sledovanie finančných prínosov je dlhotrvajúcim procesom. Je potrebné ho posudzovať aj zo širšieho hľadiska, než stanovený predmet záujmu doktorskej dizertačnej práce. Posúdenie finančných prínosov zavedenia metódy Perlového náhrdelníku do praxe preto môže byť predmetom ďalších aplikovaných výskumov.

5.6 SÚHRNNÝ PREHĽAD ČINNOSTÍ DIZERTAČNEJ PRÁCE

V nasledujúcich bodoch sú uvedené činnosti, ktoré boli súčasťou vedecko-výskumnej činnosti a činnosti aplikovaného výskumu. V činnostiach sa premieta vlastná invencia autora s ohľadom na prístupy a vedecké metódy skúmania.

Prehľad činností:

1. V rámci vedecko-výskumnej činnosti som zaviedol a definoval pojem *Stabilita produkcie*.
2. Pri spracovaní súčasných znalostí o Stabilite produkcie som sa zamerlal na menej známe koncepty testované v praxi.
3. Prostredníctvom vektorového popisu som vymedzil úlohu Stability produkcie v materiálovom toku.
4. Konkretizoval som príčiny porušenia Stability produkcie v materiálovom toku s ohľadom na koncept *Stabilné poradia zákaziek*.
5. Vybrané príčiny som bližšie špecifikoval a pre lepšie oboznámenie ich vplyvu na zmenu poradia zákaziek, som navrhol pre vybrané príčiny plánovaný experiment.
6. Potvrdil som skutočnosť, že medzi konceptmi *Zachovanie vernosti výrobnému programu* a *Stabilné poradie zákaziek* nie je žiadna súvislosť.
7. Z konceptu *Stabilné poradie zákaziek* som určil reprezentanta, metódu *Perlový náhrdelník*. Metóda *Perlový náhrdelník* bola ako reprezentant bližšie rozobraná.
8. Na základe prípadových štúdií som potvrdil, že vyhodnotenie podľa metódy *Perlový náhrdelník* nie je jednoznačné. Dochádza ku skresleniu a ľahkej možnosti ovplyvnenia výpočtu jeho ukazovateľa PFT_x .
9. Preukázal som, že úvaha o predčasných zákazkách ako správnych taktiež zvyšuje náklady na logistiku a je v rozpore s cieľom metódy *Perlový náhrdelník*, a zároveň konceptu *Stabilné poradie zákaziek*.
10. Navrhol som jednotlivé opatrenia, ktoré používaním aktuálneho vyhodnotenia metódy *Perlový náhrdelník* môžu výsledky urobiť transparentnými.
11. Navrhol som konkrétne postupy pre vyhodnotenie metódy *Perlový náhrdelník* podľa vstupných údajov zákaziek. Časových alebo poradových.
12. Urobil som podrobnú analýzu vybraného úseku výroby, konkrétne zvarovne. Podľa kritérií som navrhol časť zvarovne, kde môže byť implementovaná metóda *Perlový náhrdelník* vo forme pilotného projektu. Jedná sa o zásobník za zvarovňou.
13. Vplyv implementovanej metódy *Perlový náhrdelník* na zásobník za zvarovňou som overil na základe výsledkov zo simulačného modelovania.
14. Aj vďaka výsledkom simulačného modelovania bola metóda *Perlový náhrdelník* implementovaná do bežnej prevádzky.
15. Následne som overil, že implementácia je správna a plní požiadavky dané na začiatku projektu: radiť zákazky do pôvodného poradia. Uzavrel som tým cyklus simulačného modelovania.

6 PRÍNOSY DIZERTAČNEJ PRÁCE

Riešenie doktorskej dizertačnej práce sa nieslo na medziodborovej úrovni. Z tohto medziodborového pohľadu bola prehĺbená úroveň znalostí predovšetkým z oblastí technologického projektovania, plánovania a riadenia výroby, logistiky. Znalosti sa konkrétne dotýkajú problematiky časovej neistoty u finálneho výrobcu.

Za prínosy doktorskej dizertačnej práce môžeme považovať:

- Konkretizáciu aktuálne riešeného problému vo vybraných výrobných spoločnostiach.
- Zavedenie jednotného pojmu Stabilita produkcie. Prostredníctvom nej môžeme nachádzať prostriedky pre riešenie aktuálneho problému.
- Systematizáciu teoretických poznatkov pre zavedený pojem Stabilita produkcie. Vymedzenie Stability produkcie vo vedných oblastiach: technologické projektovanie, plánovanie a riadenie výroby, logistika.
- Definovanie príčin, ktoré vo výrobnej prevádzke ovplyvňujú Stabilitu produkcie.
- Zistenie vplyvu príčin (zásobníky neriadené FIFO, rozvetvený materiálový tok, vynímanie z materiálového toku) na Stabilitu produkcie pomocou plánovaného experimentu.
- Zameranie sa na koncept Stabílného poradia zákaziek, ktorý je v českom a slovenskom prostredí menej známy. Prevažnú časť poznatkov o danom koncepte tvoria nemecké a anglické publikácie.
- Podrobný rozbor konceptu Stabílné poradie zákaziek, konkrétne metódy Perlový náhrdelník, ktorú aktuálne testujú vybrané výrobné spoločnosti (napr. automobilky koncernu Volkswagen).
- Poukázanie na nedostatočné vyhodnocovanie konceptu Stabílného poradia zákaziek a metódy Perlový náhrdelník prostredníctvom jednoduchých príkladov a prípadových štúdií.
- Spracovanie návrhov na odstránenie zistených nedostatkov vyhodnocovania konceptu Stabílného poradia zákaziek a metódy Perlový náhrdelník.
- Úspešné zrealizovanie aplikovaného výskumu, v rámci ktorého bolo overené nasadenie Stability produkcie do prevádzky výrobnej spoločnosti s ohľadom na dosiahnutie cieľa konceptu Stabílné poradie zákaziek.

6.1 PRÍNOSY PRE VEDU A PEDOGOGICKÚ OBLASŤ

S ohľadom na ucelenosť diela môžem vyvodiť prínosy pre vedu. Ide napr. o zmapovanie všeobecne používaných metód a prístupov používaných k riešeniu komplexných problémov.

Postupným uvedením pojmov ako výrobný organizmus, relatívne izolovaný systém a výrobný proces bola nachádzaná ich vzájomná súvislosť. Ide o súvislosť, ako sa postupne menila terminológia od starších až k aktuálnym literárnym zdrojom. Obdobne je tomu tak aj u pojmov ako dodávateľský reťazec a dodávateľská sieť.

Zavedenie jednotného pojmu Stabilita produkcie pre komplexný problém časovej neistoty finálneho výrobcu priniesol podrobný prehľad súčasných znalostí. Ako je Stabilita produkcie vnímaná v rôznych vedných oblastiach a ako ju riešia konkrétne výrobné spoločnosti. Úloha Stability produkcie v materiálovom toku bola vymedzená prostredníctvom vektorov.

Zistenie, že vznikajú nové koncepty s cieľom dosiahnuť Stabilitu produkcie, bol podrobne rozobraný práve jeden z nich – Stabilné poradie zákaziek. Uvedením prípadových štúdií však musím konštatovať, že po metodicknej stránke vykazuje tento koncept určité nedostatky vo vyhodnotení. Doktorská dizertačná práca ponúka riešenie týchto nedostatkov.

Navrhnuté riešenia je potrebné odobriť ďalšími vedecko-výskumnými činnosťami, pričom táto práca môže slúžiť ako východiskový bod.

V pedagogickej oblasti môžu byť uplatnené všetky uvedené poznatky. Poznatky je tak možné začleniť do vyučovacích predmetov z okruhov ako technologické projektovanie, plánovanie a riadenie výroby, logistika a simulačné modelovanie. Uvedený aplikovaný výskum implementácie novej logiky riadenia na zásobník za zvarovňou je možné prezentovať vo vyučovaní ako prípadovú štúdiu z praxe.

6.2 PRÍNOSY PRE PRAX

V praktickej rovine chcem poukázať, ako sa prelínajú poznatky z vedy a praxe. Zistenie nepresnej metodiky vyhodnotenia metódy Perlový náhrdelník u vymyslených prípadových štúdií sa následne preukázalo aj pri overení vyhodnotenia na reálnych dátach. Preto je vhodné, aby veda a prax vzájomne spolupracovali.

Významnou činnosťou spolupráce vedy a praxe bol práve aplikovaný výskum. Ten s využitím teoretického riešenia a výsledkov získaných pomocou simulačného modelovania potvrdil funkčnosť novo navrhutej logiky riadenia pre zásobník za zvarovňou. Výrobná spoločnosť umožnila implementovať túto logiku a tým spätne overiť teoretické riešenie. S ohľadom na cyklus simulačného projektovania šlo o ucelený aplikovaný výskum.

Ďalej doktorská dizertačná práca ponúka pohľad na riešenie Stability produkcie v materiálovom toku s akcentom na koncept Stabilné poradie zákaziek. Pokiaľ však nedôjde k spresneniu metodiky vyhodnotenia tohto konceptu, nebudú reálne podložené ani jeho prínosy. Nebude ani možné tieto prínosy finančne vyčíslieť.

Z vedecko-výskumnej činnosti som nadobudol poznanie, že snaha o navrátenie pôvodného poradia zákaziek síce môže byť z technického hľadiska menej náročná a po finančnej stránke menej nákladná. Tým však napravujeme len dôsledok príčiny, nie samotnú príčinu. Našou prioritou, prioritou výrobných spoločností, by však malo byť priame odstraňovanie príčin, respektíve eliminovanie príčin.

6.3 DOPORUČENIE PRE ĎALŠÍ VÝSKUM

Voľbou tematiky budúcich vedecko-výskumných činností je možnosť nadviazať na túto doktorskú dizertačnú prácu.

Z rozsahu a časových možností doktorského štúdia nebolo možné preskúmať koncept Stabilného poradia zákaziek zameraný na:

- Finančné prínosy konceptu Stabilného poradia zákaziek.
- Analýzu činností ovplyvňujúce poradie zákaziek priamo v prevádzkach odlišných výrobných spoločností od hromadných až zákazkových. Možnosti ich eliminácie.
- Vytvorenie všeobecne platných pravidiel pre plánovanie a riadenie výroby, technologické projektovanie a logistické činnosti s ohľadom na dodržiavanie konceptu Stabilného poradia zákaziek.
- Vplyv konceptu Stabilného poradia zákaziek na logistické činnosti medzi finálnym výrobcom a jeho dodávateľmi. Overenie prínosov.
- Vplyv dodávateľov na zmenu výrobného programu finálneho výrobcu.

Prioritou ostáva na zistenie finančných prínosov konceptu Stabilného poradia zákaziek.

S nadväzujúcimi vedecko-výskumnými činnosťami súvisí aj rozšírenie predmetu záujmu. To znamená, lokálnu oblasť výrobnej spoločnosti postupne rozširovať na celú výrobu. A ďalej, cez jednotlivé úrovne dodávateľského reťazca, až k prvotným dodávateľom.

Ako podporný prostriedok vedecko-výskumnej činnosti sa osvedčilo využitie simulačného modelovania. Preto simulačné modelovanie odporúčam využívať aj naďalej a pokračovať tak v zmysle simulačných verifikácií komplexného technologického projektu.

ZÁVER

V doktorskej dizertačnej práci bol vymedzený názov Stabilita produkcie. Ide o udržanie požadovaných vlastností sústavy za dané časové obdobie. Stabilita produkcie má viesť k eliminácii časovej neistoty v dodávateľskom reťazci, na jeho čele stojí finálny výrobca.

Finálny výrobca má zásadný vplyv na všetky materiálové toky smerujúce k nemu od prvotných dodávateľov cez logistické činnosti. A práve časová neistota a nestabilita u finálneho výrobcu, môže narušiť harmóniu dodávateľského reťazca.

Tieto problémy už intenzívne riešila od 70. rokov 20. storočia spoločnosť Toyota. Výsledkom snaženia bola jej výrobná stratégia Výrobný systém Toyota.

Niektoré spoločnosti výrobnú stratégiu Toyoty prevzali, niektoré ju pozmenili a prispôbili na svoje prostredie a kultúru. Iné spoločnosti prišli zase s vlastnou inováciou v oblasti výrobných stratégií.

Napr. spoločnosť DELL navrhla stratégiu individuálneho zostavenia a exportu všetkých svojich zákaziek v poradí danom zákazníkmi. Touto stratégiou sa motivovali automobilky ako VW, MAN, Porsche, Audi a ŠKODA AUTO a pomenovali ju ako koncept Stabilného poradia zákaziek. Jeho váha je v logistike.

Pôsobenie má viesť od finálneho výrobcu k jeho prvotným dodávateľom. Koncept Stabilného poradia zákaziek sa javí ako inšpirácia metódou výrobnéj stratégie Toyoty známej ako Just-In-Sequence. Ide však o rozsiahlu myšlienku s pôsobením na celý dodávateľský reťazec.

Úlohou konceptu Stabilného poradia zákaziek je udržať poradie zákaziek od bodu ich plánovania po bod ich zhotovenia. Keď finálny výrobca vie, čo a v akom poradí bude vyrábať niekoľko dní vopred, môžu aj jeho dodávatelia vyrábať presne to, čo požaduje. Samozrejme v časovom predstihu. Finálny výrobca a jeho dodávatelia tak nemusia vytvárať nadzásobu dielov. Predpokladom je, že sa zníži rozpracovanosť u finálneho výrobcu, v dodávateľskom reťazci počet skladových plôch, zásob a opakovaných prebaľovacích a vychystávacích činností.

Kým sa však z predpokladaných prínosov konceptu Stabilného poradia zákaziek stanú reálne, je potrebné ho podrobiť vedecko-výskumnej činnosti. Jednou z vedecko-výskumných činností je aj táto doktorská dizertačná práca.

Do definovaného názvu Stability produkcie spadá aj koncept Stabilného poradia zákaziek. Má totiž vniesť do materiálového toku určité pravidlo dodržania poradia zákaziek medzi plánovaným a výrobným programom. Inak povedané, vniesť stabilitu do vopred daného poradia.

Aby sme dokázali posudzovať zlepšenie alebo zhoršenie konceptu Stabilného poradia zákaziek, je potrebné tento koncept konkrétnym spôsobom vyhodnocovať. V doktorskej dizertačnej práci som však na prípadových štúdiách dokázal, že vyhodnocovanie nie úplne odpovedá cieľu Stabilného poradia zákaziek. Dizertačná práca uvádza návrhy na spresnenie tejto metodiky v niekoľkých bodoch. Dodržanie týchto bodov môže minimalizovať chyby v stanovení počtu oneskorených a chýbajúcich zákaziek s ohľadom na časové obdobie získaných údajov.

V rozpore s cieľom Stabilného poradia zákaziek je aj považovanie predčasných zákaziek za správne. To môže viesť k mimoriadnym dodávkam dielov. Zvyšujú sa finančné náklady na logistické činnosti a naruší sa harmónia medzi finálnym výrobcom a jeho dodávateľmi.

Analýza možnosti nasadenia konceptu Stabilného poradia zákaziek bola v rámci aplikovaného výskumu doktorskej dizertačnej práce overená na predmete záujmu. Predmet záujmu bol stanovený na materiálový tok finálneho výrobcu.

Materiálový tok finálneho výrobcu ovplyvňujú mnohé príčiny, ktoré narušujú priamy tok zákaziek. Predmet záujmu sa konkrétne sústredil na prevádzku výrobnéj spoločnosti. Jednalo sa o zvarovňu.

Pre navrátenie pôvodného poradia zákaziek bola navrhnutá nová logika riadenia zásobníku za zvarovňou. Prostredníctvom simulačného modelovania bol preukázaný prínos navrhutej logiky riadenia a následne po implementácii overená aj jej funkčnosť.

Tým sme splnili stanovený cieľ doktorskej dizertačnej práce, navrhnuť systém riadenia za účelom udržania požadovaných vlastností sústavy. Požadovanou vlastnosťou bolo udržať plánované poradie zákaziek. To sme aplikovali na zásobníku (sústave), na ktorý bola implementovaná nová logika riadenia (systém riadenia). Šlo o technologický projekt s podporou simulačného modelovania.

Nová logika riadenia zákaziek je sekundárnou funkciou zásobníku a v tomto zmysle bola aj implementovaná. Za primárnu funkciu zásobníku sa všeobecne považuje vyrovňovanie kapacitných rozdielov medzi dvomi prevádzkami. Či už z organizačných alebo technických dôvodov. Preto využívanie zásobníkov k radeniu zákaziek nie je smerodajným riešením pri zavádzaní konceptu Stabilného poradia.

Dôvodom je, že zásobníky zvyšujú rozpracovanosť v materiálovom toku. Z pohľadu Štíhlej výroby ide o plytvanie. A teda stavať, príp. zväčšovať kapacitu zásobníkov z dôvodu možnosti radenia zákaziek, je neopodstatnené. Zásobníky totiž neodstraňujú príčiny porušenia poradia, môžu napravnovať len ich dôsledky.

Sústredenosť výrobných spoločností má preto viesť priamo k príčinám porušovania poradia zákaziek. A tie pre zavedenie konceptu postupne odstraňovať.

V nadväzujúcich vedecko-výskumných činnostiach je vhodné zistiť napr. vplyv zavedenia Stabilného poradia zákaziek do iných prevádzok, a ďalej na celú výrobnú spoločnosť. Taktiež overiť možnosti u dodávateľov, logistiky apod.

Otázkou ostáva, akú úsporu finančných prostriedkov tento koncept výrobným spoločnostiam a celému dodávateľskému reťazcu prinesie. Úspora finančných nákladov by mohla byť predmetom záujmu ďalších vedecko-výskumných činností a aplikovaných výskumov. Vyčíslenie finančných úspor je jasným signálom pre výrobné spoločnosti, či daný koncept udržovať a ďalej zlepšovať.

Podkladom pre vyčíslenie finančných prínosov môže byť táto doktorská dizertačná práca. Stanovuje podmienky a postupy, ktoré predchádzajú omylom a skresleniu dosahovaných výsledkov pri vyhodnocovaní konceptu Stabilného poradia zákaziek. Zároveň potvrdila, že je možné aplikovať teoretické poznatky v praxi.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- API - Akademie produktivity a inovací, s.r.o. [online]. 2005 [cit. 2015-01-12]. Dostupné z: <http://e-api.cz/>
- BALTUS, Jan a Jan KUČERA, 2003. Logistika - krevní oběh automobilky Škoda Auto: S doručením plně ručeným. *Technický Týdenník* [online]. 24.4.2003 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.czechdesign.cz/temata-a-rubriky/logistika-krevni-obeh-automobilky-skoda-auto3396>
- BARTOŠEK, Vladimír, Josef ŠUNKA a Matúš VARJAN, 2014. *Logistické řízení podniku: v 21. století*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-824-3.
- CORDSHAGEN, Joachim a Jürgen DE GRAEVE, 2002. Neues Konzept der Prozess-Steuerung: die "Perlenkette" in der Fertigung des neuen Audi A8. In: *Presseportal: Die Recherche Plattform von news aktuell* [online]. [cit. 2014-01-05]. Dostupné z: <http://www.presseportal.de/pm/6730/394858/neues-konzept-der-prozess-steuerung-die-perlenkette-in-der-fertigung-des-neuen-audi-a8>
- ČSN EN ISO 9000, 2006. *Systémy managementu kvality: Základní principy a slovník*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1. 4. 2006. Třídící znak 01 0300.
- ČSN EN ISO 9001, 2009. *Systémy managementu kvality: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1. 4. 2009. Třídící znak 01 0321.
- ČSN EN ISO 9004, 2010. *Řízení udržitelného úspěchu organizace: Přístup managementu kvality*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1. 5. 2010. Třídící znak 01 0324.
- Die Perlenkette in der Fertigung des neuen Audi A8. In: *MotorTalk: Audi News* [online]. 2002 [cit. 2014-01-05]. Dostupné z: <http://www.motor-talk.de/news/die-perlenkette-in-der-fertigung-des-neuen-audi-a8-t41120.html>
- DRAHOTSKÝ, Ivo a Bohumil ŘEZNÍČEK, 2003. *Logistika, procesy a jejich řízení*. Vyd. první. Brno: Computer Press, 334 s. ISBN 80-722-6521-0.
- FIALA, P, 2007. Modelování a simulace dodavatelských sítí. *Automa*, 2007, roč. 13, č. 5, s. 14-26. ISSN 1210-9592.
- GÜNTHER, Willibald A, [b.r.]. Lehrstuhl fml an der TUM. *Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik* [online]. [cit. 2012-10-27]. Dostupné z: <http://www.fml.mw.tum.de>
- HEIZMANN, Jochem, 2009. Anforderungen an die Logistik aus dem Konzern-Produktionssystem: Deutscher logistikkongress. 23.10.2009, 53 s.
- HEŘMAN, Jan, 2001. *Řízení výroby*. Vyd. 1. Slaný: Melandrium, 167 s. ISBN 80-86175-15-4.
- HLAVENKA, Bohumil, 2005. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
- HORN, Marion, 2006. 5-Tage-Auto: Montag bestellt, Freitag fertig. In: *Idw - Informationsdienst Wissenschaft: Nachrichten, Termine, Experten* [online]. 6.4.2006 [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://idw-online.de/pages/de/news154061>
- CHRUJINA, Ladislav, 1988. *Projektování rozvoje výrobních organismů*. První vydání. Praha: SNTL. 04-303-88.

- JANÍČEK, Přemysl, 2007a. Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky: hledání souvislostí: učební texty I. 1. vyd. Brno: CERM, 1 sv. ISBN 978-80-7204-555-6.
- JÍLEK, Vladimír, 1986. *Racionalizace materiálových toků v oběhu*. Vyd. první. Praha: STNL a ALFA, s. 152.
- JIRÁSEK, Jaroslav, 1998. *Štíhlá výroba*. Vyd. 1. Praha: Grada, 208 s. ISBN 80-716-9394-4.
- JUROVÁ, Marie, 2013. *Výrobní procesy řízené logistikou*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 260 s. ISBN 978-80-265-0059-9.
- KARPETA, Vladimír a Jiří ŠTOČEK, 2010. Systémová analýza dat o průchodu zakázky evidenčními body. *Automa: časopis pro automatizační techniku*. Praha: FCC Public, č. 6, s. 3. ISSN 1210-9592. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/41373.pdf>
- KEŘKOVSKÝ, Miloslav, 2009. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vyd. V Praze: C.H. Beck, 137 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7400-119-2.
- KIETZMANN, Jens, 2012. VOLKSWAGEN GROUP. *Messung Tagesscheibentreue: Methode*. Nemecko.
- MANDEL, Joerg a Marek KYSEL'. MEDZIPODNIKOVÝ SYSTÉM RIADENIA OBJEDNÁVOK V AUTOMOBILOVOM PRIEMYSE. In: *IPA Slovakia* [online]. 2007 [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/sk/tlac-a-media/napisali-sme/medzipodnikovy-system-riadenia-objednavok-v-automobilovom-priemysle>
- MASON-JONES, Rachel a Denis R. TOWILL, 1999. Using the Information Decoupling Point to Improve Supply Chain Performance. *The International Journal of Logistics Management* [online]. roč. 10, č. 2, s. 13-26 [cit. 2013-10-27]. ISSN 0957-4093. DOI: 10.1108/09574099910805969. Dostupné z: <http://www.emeraldinsight.com/10.1108/09574099910805969>
- MEIBNER, Sebastian, 2009. LEHRSTUHL FÜR FÖRDERTECHNIK, Sebastian Meissner. Materialfluss. *Logistische Stabilität in der automobilen Variantenfließfertigung*. Garching: Lehrstuhl für Fördertechnik, Materialfluss, Logistik der Techn. Univ. ISBN 978-398-1181-999. Dizertačná práca. Der Technischen Universität München, Fakultät für Maschinenwesen.
- MUTHER, Richard, 1961. *Systematic Layout Planning*. Boston: Industrial Education Institute. 04-309-72V.
- PERNICA, Petr, 2005. *Logistika pro 21. století: (Supply chain management)*. Vyd. 1. Praha: Radix, 3 sv. ISBN 80-86031-59-4.
- PUNZENBERGER. Produktionssteuerung nach dem Prinzip Perlenkette: Mit zenon die Automobilproduktion perfekt steuern. In: *Copadata* [online]. 2011 [cit. 2014-01-05]. Dostupné z: http://www.copadata.com/fileadmin/user_upload/cms/pdf-creator/files/wp_perlenkette_zenon-de.pdf
- REILING, Gert. Prinzip Perlenkette: eine Herausforderung für die IT. In: *AutomotiveIT: Business. Strategie. Technologie*. [online]. 2011 [cit. 2014-01-05]. Dostupné z: REILING, Gert. Prinzip Perlenkette: eine Herausforderung für die IT. *AutomotiveIT: Business. Strategie. Technologie*. [online]. 2011 [cit. 2014-01-05]. Dostupné z: <http://www.automotiveit.eu/prinzip-perlenkette-eine-herausforderung-fur-die-it/blickpunkt/id-0030699>

- RUMÍŠEK, Pavel, 1991. *Technologické projekty*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 185 s.
- SCHINDLER, Tomas a Max ANDERLITSCHKA, 2008. „Perlenkette“ in der Produktion: Effiziente Fertigung von Produkten mit hoher Varianz. In: *Www.mbtech-group.com - Consulting* [online]. 7/2008 [cit. 2014-02-25]. Dostupné z: https://www.mbtech-group.com/fileadmin/media/de/Downloads/2008/Consulting/Perlenkette_in_der_Produktion.pdf
- SCHRÖDER, Jürgen, 2014. Entwicklung eines innovativen Auftragsreihenfolgenkonzepts für die Fahrzeugindustrie: Kompetenzfeld Produktions- und Automatisierungstechnik. In: *Auswahl Projekte: Laufende Projekte (Auswahl)* [online]. [cit. 2014-01-24]. Dostupné z: <http://www.thi.de/iaf/zaf-zentrum-fuer-angewandte-forschung/projekte/auswahl-projekte/entwicklung-eines-innovativen-auftragsreihenfolgenkonzepts-fuer-die-fahrzeugindustrie.html>
- SCHUH, G. a E. WESTKÄMPER, 2006. Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen: Termintreue Produktionsplanung und -steuerung. In: *WZL - Werkzeugmaschinenlabor der RWTH AACHEN - Deutsch* [online]. [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: http://www.wzl.rwth-aachen.de/de/f45307363155ede5c1256f2c002f0a10/termintreue_produktionsplanung.pdf
- Slovník cudzích slov (akademický), 2005. 2., doplnené a prepracované vyd. Spracoval kolektív autorov pod vedením V. Petráčkovej a J. Krausa. Preklad Ľ. Balážová, J. Bosák, J. Genzor, I. Ripka, J. Skladaná. Ed. Ľ. Balážová – J. Bosák. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo – Mladé letá. 1054 s. ISBN 80-10-00381-6. Dostupné z: http://www.juls.savba.sk/slovník_cudzich_slov_2005.html
- Synonymický slovník slovenčiny, 2004. Red. M. Pisárčiková. 3. nezm. vyd. Bratislava: Veda. 998 s. ISBN 80-224-0801-8. Dostupné z: http://www.juls.savba.sk/synonymicky_slovník.html
- UNTERBURGER, Daniel a Niko LALKENS, 2008. VOLKSWAGEN KONZERNLOGISTIK. *Kennzahldefinitionen: Konzerneinheitliche Kennzahlensystematik Perlenkette*. Wolfsburg, 9 s.
- VDA-Empfehlung 4913, 1996. *Arbeitskreis „Vordruckwesen/Datenaustausch“ in VDA-Rohstoff-Ausschuß (VDA-AKVD)*. Version 04. Frankfurt: Verband der Automobilindustrie. Dostupné z: <https://www.vda.de/de/Search-Results.html?q=4913>
- VDA-Empfehlung 5010, 2008. *Standardbelieferungsformen der Logistik in der Automobilindustrie*. Version 1.0. Frankfurt: Verband der Automobilindustrie. Dostupné z: www.vda.de/de/downloads/497/
- VIDECKÁ, Zdeňka, 2007. *Řízení výroby*. Vyd. 3. Brno: Zdeněk Novotný, 59 s. Studijní text pro studium BA Hons. ISBN 978-80-7355-071-4.
- VÍTEK, Miloš, 2002. *Systémový přístup k ekonomické integraci*. Vyd. 1. Hradec Králové: Gaudeamus, 211 s. ISBN 80-7041-305-0.
- Česká republika, 2002. O podpoře výzkumu a vývoje z veřejných prostředků a o změně některých souvisejících zákonů: zákon o podpoře výzkumu a vývoje. In: *130/2002 Sb.* Aktualizované vydání 2007. Dostupné z: http://www.vyzkum.cz/storage/att/BB743D4E2B61E95FA36D7DADD47BE704/Z%C3%A1kon_130_2002.pdf

CURRICULUM VITAE

Meno a priezvisko: Matúš Varjan
Dátum narodenia: 24. decembra 1984
Miesto narodenia: Levoča, Slovenská republika
Národnosť: slovenská

Vzdelanie:

2010 – 2015 Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství
Ústav strojírenské technologie
Odbor technologie tváření kovů a plastů
doktorské štúdium, štátna doktorská skúška 2013
2011 API – Akademie produktivity a inovací
Akadémia talentov, Letná škola priemyslového inžinierstva
2008 – 2010 Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství
Ústav strojírenské technologie
Odbor technologie tváření kovů a plastů
magisterské štúdium
2004 – 2008 Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství
Ústav strojírenské technologie
Odbor technologie tváření kovů a plastů
bakalárske štúdium
2000 – 2004 Gymnázium Janka Francisciho-Rimavského v Levoči

Absolvované stáže a kurzy (výber):

2010 Tatramat, Analýza materiálového toku
2010 – 2011 ALPS Electric Czech, Optimalizace montážnej linky
2011 Chart Ferox, Analýza pracovného postupu, spracovanie technologického projektu
2011 TRATEC, Analýza materiálového toku nového produktu
od 2011 ŠKODA AUTO a.s., Stabilita produkcie, koncept Stabilného poradia zákaziek

Získaná pedagogická prax (vyučovanie predmetov):

Podnikové informačné systémy, Řízení výroby, Počítačová simulace logistických procesů, odborné prednášky s akcentom na logistiku a technologické projektovanie

Jazykové znalosti:

Anglický jazyk (B1), Nemecký jazyk (A2)

Iné znalosti:

Práca s MS Office, MS Project, modelovanie a tvorba diskretných simulácií materiálových tokov, komunikačné a prezentačné znalosti

VÝSLEDKY TVORIVEJ ČINNOSTI

Tvorivá činnosť – prehľad publikácií:

- 2014**
- VARJAN, Matúš. Ověření konceptu svařoven pomocí simulace diskretních událostí. *Kovárenství*, 2014, roč. 2014, č. 50, s. 81-84. ISSN: 1213- 9289.
 - BARTOŠEK, Vladimír, Josef ŠUNKA a Matúš VARJAN. *Logistické řízení podniku v 21. století*. CERM. CERM. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. 166 s. ISBN: 9788072048243.
- 2012**
- VARJAN, Matúš a Jiří ŠTOČEK. Ověření plánovaných kapacit paketovacího lisu pomocí simulačního nástroje. *Kovárenství*, 2012, roč. 2012, č. 44, s. 117-120. ISSN: 1213- 9289.
 - VARJAN, Matúš, Ivo DOHNAL a Pavel RUMÍŠEK. *Využití simulačního modelování v technologickém projektování*. 2012.
 - VARJAN, Matúš a Zdeňka VIDECKÁ. Výuka simulačního modelování v technologickém projektování. In *WITNESS 2012. Diskretní simulace*. Brno: 2012. s. 29-31. ISBN: 978-80-214-4538- 3.

Riešené projekty ako hlavný riešiteľ:

- 2012** Inovace výuky v předmětu Technologické projektování,
zahájení: 01.01.2012, ukončení: 31.12.2012, FRVŠ 2433/2012
G1

Vyučovanie predmetov:

- VUT FSI** Výrobní technologie I.
Technologie II.
- VUT FP** Informační podpora procesů
Řízení projektů
Podnikové informační systémy
Řízení výroby
Řízení výroby 2

Odborné prednášky:

- VUT FSI** Simulační modelování v technologickém projektování
Simulace diskretních událostí
- VUT FP** Počítačová simulace jako nástroj pro optimalizaci logistických
řetězců

ABSTRACT

In the introduction, doctoral thesis as a complex technological project uses the summary title Stability of production. Stability of production is defined as a maintaining the required properties of the system over a given time period.

Stability of production, based on the literature study included:

- generally known systems and concepts, for example Process Stability, System Stability, Toyota Production System, Lean Manufacturing, etc.
- less-known systems and concepts, for example Maintaining the fidelity of the production program, Stable order-sequence concept.

The practical part of the doctoral thesis is focused on the less-known concept: Stable order-sequence. The task of the Stable order-sequence is to follow the sequence of orders given by the planned production program in the course of the production and at the end of production. Maintaining the sequence of the orders has a positive experience in the logistics activities between the final producer and its suppliers.

As it was found by the planned experiment for a full factory plan, the sequence of orders in the material flow of original equipment manufacturer is influenced mainly by:

- the cause of the removing orders from material flow,
- the effect of the causes LIFO stack vs. branched material flow,
- the effect of the causes LIFO stack vs. branched material flow vs. the removing from the material flow.

By the analysis of Stable order-sequence, it was found that the methodology of the concept contains deficiencies. It does not state how to choose for example the size of the time period, time interval, data editing etc. By this lack, the subject can skew the results in the evaluation of the indicator PFT0 up to 4 %. Or by using of suitable adjustment, the value of the indicator PFT0 can be improved more than 50 %.

To test the concept of a Stable order-sequence in practice has been designed technological project with the support of discrete-event simulation. It was about the implementation of new management logic to the stack behind the welding of original equipment manufacturer. The new logic of management was designed with an emphasis on Stable order-sequence concept, to arrange the orders in process according to the planned sequence.

On the base of the functionality verification of the new stack logic, it was found that the logic affects the sequence of the orders, but not fundamentally. In tracking the hourly intervals for 25th calendar week 2013, the value of PFT0 was not improved in 37 cases, the value remains in 30 cases and the value was improved by the value of the median 18,68 % in 30 cases orders.