



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

SIMULAČNÍ VERIFIKACE KOMPLEXNÍHO TECHNOLOGICKÉHO PROJEKTU

SIMULATED VERIFICATION OF COMPLEX TECHNOLOGY PROJECT

DIZERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Matúš Varjan

ŠKOLITEL

SUPERVISOR

doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

BRNO 2016

*„Pri projektovaní môžete
urobiť toľko chýb, koľko chcete.
A všetky sa vyplatia, pokiaľ tieto
chyby zabránia omylom pri
realizácii.“*

Prof. Shell

Abstrakt

Doktorská dizertačná práca ako komplexný technologický projekt už v úvode uvádza súhrnný názov Stabilita produkcie. Stabilitu produkcie definuje ako udržanie požadovaných vlastností sústavy za dané časové obdobie.

Pod Stabilitu produkcie boli na základe literárnej štúdie zaradené:

- Všeobecné známe systémy a koncepty, napr. stabilita procesu, stabilita systému, Výrobný systém Toyoty, štíhla výroba apod.
- Menej známe systémy a koncepty, napr. Zachovanie vernosti výrobnému programu, Stabilné poradie zákaziek.

Praktická časť doktorskej dizertačnej práce sa zamerala na menej známy koncept Stabilné poradie zákaziek. Úlohou Stabilného poradia zákaziek je dodržať poradie zákaziek dané plánovaným výrobným programom v priebehu výroby a na konci výroby. Udržanie poradia zákaziek sa má pozitívne prejavíť v logistických činnostiach medzi finálnym výrobcom a jeho dodávateľmi.

Ako bolo zistené plánovaným experimentom pre úplný faktorový plán, poradie zákaziek v materiálovom toku finálneho výrobcu je ovplyvňované predovšetkým:

- príčinou vynímanie zákaziek z materiálového toku,
- efektom príčin LIFO zásobník v. rozvetvený materiálový tok,
- efektom príčin LIFO zásobník v. rozvetvený materiálový tok v. vynímanie zákaziek z materiálového toku.

Analýzou metodiky Stabilného poradia zákaziek bolo zistené, že metodika konceptu obsahuje nedostatky. Neuvádza, akým spôsobom zvoliť napr. veľkosť časového obdobia, časového intervalu, úpravu dát apod. Týmito nedostatkami môže subjekt pri vyhodnotení skresliť výsledky ukazovateľa PFT_0 až o 4 %. Alebo využitím vhodnej úpravy dát zlepšiť hodnotu ukazovateľa PFT_0 o viac ako 50 %.

Pre otestovanie konceptu Stabilného poradia zákaziek v praxi bol navrhnutý technologického projekt s podporou simulačného modelovania. Jednalo sa o implementáciu novej logiky riadenia na zásobník za zvarovňou vybraného finálneho výrobcu. Nová logika riadenia bola navrhnutá s akcentom na koncept Stabilného poradia zákaziek, a to radiť rozpracované zákazky podľa plánovaného poradia.

Na základe overenia funkčnosti novej logiky zásobníku sa zistilo, že logika ovplyvňuje poradie zákaziek, nie však zásadne. V sledovaní hodinových intervalov za 25. kalendárny týždeň roku 2013 nezlepšila hodnotu PFT_0 v 37 prípadoch, v 30 prípadoch hodnota ostala zachovaná a v 30 prípadoch bola hodnota zlepšená o hodnotu mediánu 18,68 %.

Kľúčové slová

Finálny výrobca, Stabilita produkcie, poradie zákaziek, koncept Stabilné poradie zákaziek, metóda Perlový náhrdelník.

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.

Key words

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

Bibliografická citácia

Podľa ČSN ISO 690 (2011):

Forma číselného odkazu (forma priebežných poznámok):

VARJAN, Matúš. *Simulační verifikace komplexního technologického projektu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 187 s. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

Hardwarový systém (forma meno-dátum):

VARJAN, Matúš, 2016. *Simulační verifikace komplexního technologického projektu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 187 s. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

Čestné prehlásenie

Týmto prehlasujem, že predloženú doktorskú dizertačnú prácu som vypracoval samostatne, s využitím uvedenej literatúry a podkladov, na základe konzultácií a pod vedením vedúceho doktorskej dizertačnej práce.

V Brne, 29. februára 2016


.....
Ing. Matúš Varjan

Pod'akovanie

„... *Najlepší učiteľ inšpiruje.*“ (Charles Farrar Browne)

Preto za činnosti spojené s vedením a smerovaním môjho celého štúdia a doktorskej dizertačnej práce chcem úprimne poďakovať doc. Ing. Pavlovi Rumíškovi, CSc.

Moja obrovská vďaka za cenné rady a inšpirácie poskytnuté v priebehu štúdia patrí taktiež môjmu špeciálnemu školiteľovi Ing. Zdeňce Videckej, Ph.D.

„*Musím sa veľa učiť. Aby som poznal, že málo viem.*“ (Michel De Montaigne)

Preto moje poďakovanie patrí prednášajúcim a kolegom z Fakulty strojního inžinýrství a Fakulty podnikateľskej. Zvlášť Prof. Ing. Milanovi Forejtovi, CSc., Prof. Ing. Radkovi Samkovi, CSc., doc. Ing. Ladislavovi Daňkovi, CSc., Ing. Kamilovi Podanému, Ph.D., Ing. Eve Peterkovej, Ph.D., Ing. Miroslavovi Šlaisovi, Ph.D., Ing. Ivovi Dohnalovi, Ph.D. a Ing. Vladimírovi Bartoškovi, Ph.D.

„*Skúsenosť je najlepšou učiteľkou.*“ (Neznámy autor)

Preto za možnosť podieľať sa na aplikovanom výskume patrí moje veľké poďakovanie všetkým pracovníkom z oddelenia simulácií materiálových tokov a riadenia výroby vozov spoločnosti ŠKODA AUTO a.s. Pracovníkom z oddelenia simulácií, menovite Ing. Jiří Štoček, Ph.D., Ing. Vladimír Karpeta a Jiří Jech, chcem obzvlášť poďakovať za vytvorenie príjemného prostredia a možnosti neustálych konzultácií.

„*Len život, ktorý žijeme pre ostatných, stojí za to.*“ (Albert Einstein)

Preto chcem srdečne poďakovať mojej rodine a najbližším. Predovšetkým Brigitte Varjanovej, Ing. Michaele Bindasovej, Ing. Jaroslavovi Bindasovi a Bc. Marcele Kafkovej. S nesmiernou vďakou a úctou chcem túto prácu venovať Ing. Vasil'ovi Varjanovi (in memoriam).

„*Každý, s kým sa v živote stretnem, ma v niečom predstihuje. Tak sa od neho učim.*“ (Ralph Waldo Emerson)

Preto v neposlednom rade ďakujem všetkým, ktorý mi napomohli túto prácu úspešne dokončiť, odovzdať a obhájiť.

Obsah

Abstrakt v slovenskom jazyku

Abstrakt v anglickom jazyku

Bibliografická citácia

Čestné prehlásenie

PodĎakovanie

Obsah

A. ÚVODNÁ ČASŤ	19
1 Úvod	19
2 Štruktúra doktorandskej dizeračnej práce	22
2.1 Úvodná časť	22
2.2 Teoretická časť	22
2.3 Praktická časť	23
2.4 Záverečná časť	24
2.5 Zhrnutie kapitoly 2	24
3 Stanovenie východísk a postup riešenia DDP	25
3.1 Formulácia problému	25
3.2 Aktuálnosť formulovaného problému vo svete a u nás	25
3.3 Zavedenie názvu Stabilita produkcie	26
3.4 Stanovenie cieľa doktorskej dizertačnej práce	28
3.5 Očakávané prínosy DDP	29
3.6 Obmedzujúce podmienky vedecko-výskumnej činnosti	30
3.7 Zhrnutie kapitoly 3	30
B. TEORETICKÁ ČASŤ	32
4 Použité prístupy a vedecké metódy skúmania	32
4.1 Použité prístupy	32
4.2 Metóda, metodika a metodológia, technika a štýl vedeckého poznania	33
4.3 Stratégia výskumu	33
4.4 Hypotéza	34
4.5 Vedecké metódy skúmania	34
4.6 Hodnotová analýza	36

4.7	Tvorivé myslenie	36
4.8	Grafické a grafoanalytické prostriedky.....	36
4.9	Zhrnutie kapitoly 4.....	37
5	Všeobecné znalosti	38
5.1	Výrobný organizmus.....	38
5.2	Relatívne izolovaný systém	38
5.3	Proces, výrobný proces	40
5.4	Výrobok	41
5.5	Materiálový tok.....	42
5.6	Pohyb materiálu v materiálovom toku.....	43
5.7	Informačný tok.....	44
5.8	Simulačné modelovanie	44
5.9	Zhrnutie kapitoly 5.....	55
6	Súčasnú znalosti o Stabilitu Produkcie.....	57
6.1	Stabilita procesu.....	57
6.2	Stabilita systému	57
6.3	Manažment kvality.....	58
6.4	Štíhlosť.....	59
6.5	Stabilita produkcie vo vybraných vedných disciplínach	63
6.6	Zachovanie vernosti výrobnému programu	69
6.7	Stabilné poradie zákaziek	71
6.8	Výpočet ukazovateľa Perlového náhrdelníku	77
6.9	Formulácia hypotéz.....	82
6.10	Zhrnutie kapitoly 6.....	83
C.	PRAKTICKÁ ČASŤ	85
7	Stabilita produkcie v materiálovom toku	87
7.1	Analógia medzi materiálovým tokom a vektorom.....	87
7.2	Úloha Stability produkcie v materiálovom toku.....	87
7.3	Klasifikačná tabuľka príčin porušenia Stability produkcie v materiálovom toku	88
7.4	Plánovaný experiment vybraných príčin	91
7.5	Zhrnutie kapitoly 7.....	104
8	Stabilné poradie zákaziek a jej metódy Oneskorené pridelenie zákaziek a Perlový náhrdelník.....	106
8.1	Súvislosť medzi konceptmi Zachovanie vernosti výrobnému programu a Stabilné poradie zákaziek	106

8.2	Koncept Stabilné poradie zákaziek a jeho metódy Oneskorené pridelenie zákaziek a Perlový náhrdelník, výber reprezentanta	108
8.3	Perlový náhrdelník a metodika výpočtu ukazovateľa PFT_x	108
8.4	Výpočet PFT_x	122
8.5	Poradie vnímané ako ústredná veličina.....	125
8.6	Zhrnutie kapitoly 8.....	126
9	Návrhy na odstránenie nedostatkov vo výpočte ukazovateľa PFT_x metódy Perlový náhrdelník	127
9.1	Potrebné údaje k výpočtu PFT_x	127
9.2	Časové obdobie získaných údajov a jeho vplyv na časový interval pre výpočet PFT_x 127	
9.3	Úprava, filtrácia údajov	129
9.4	Výpočet z časových záznamov a výpočet zo sekvenčného čísla zákazky	130
9.5	Predčasné zákazky	131
9.6	Postup výpočtu PFT_x	131
9.7	Prezentácia hodnôt PFT_x	132
9.8	Ústredná veličina poradie kontra čas	132
9.9	Zhrnutie kapitoly 9.....	132
10	Implementácia metódy Perlový náhrdelník do praxe	134
10.1	Výroba automobilov vo všeobecnosti.....	134
10.2	Popis prevádzky zvarovne v hromadnej až zákazkovej výrobe.....	134
10.3	Vymedzenie časti zvarovne pre implementáciu metódy Perlový náhrdelník	135
10.4	Výber časti zvarovne k implementácii metódy Perlový náhrdelník	136
10.5	Implementácia metódy Perlový náhrdelník na zásobník za zvarovňou.....	138
10.6	Možnosť univerzálneho využitia implementácie metódy Perlového náhrdelníku na zásobník 170	
10.7	Perlový náhrdelník a poistná zásoba.....	170
10.8	Praktické využitie cyklu simulačného modelovania.....	173
10.9	Zhrnutie kapitoly 10.....	173
D.	ZÁVEREČNÁ ČASŤ	175
11	Prehľad dosiahnutých výsledkov	175
11.1	Rešerš s akcentom na Stabilitu produkcie	175
11.2	Stabilita produkcie a materiálové tok	175
11.3	Perlový náhrdelník ako reprezentant konceptu Stabilné poradie zákaziek.....	176
11.4	Eliminácia nezrovnalostí a nedostatkov pri výpočte PFT_x	177
11.5	Realizácia projektu s ohľadom na metódu Perlový náhrdelník	178

11.6	Súhrnný prehľad činností doktorskej dizertačnej práce.....	179
12	Odpovede na hypotézy.....	180
13	Odpovede na otázky položené v úvode	182
14	Prehľad prínosov doktorskej dizertačnej práce	183
14.1	Prínos doktorskej dizertačnej práce pre vedu a pedagogickú oblasť	184
14.2	Prínos doktorskej dizertačnej práce pre prax	184
14.3	Odporúčenie pre nadväzujúce vedecko-výskumné činnosti	185
15	Záver	186

Zoznam použitej literatúry

Zoznam použitých skratiek

Zoznam obrázkov

Zoznam tabuliek

Zoznam grafov

Zoznam rovníc

Zoznam príloh

Obsah multimediálnej prílohy (CD)

Životopis autora v slovenskom jazyku

Životopis autora v anglickom jazyku

Prehľad činností autora v priebehu doktorského štúdia

A. ÚVODNÁ ČASŤ

1 ÚVOD

Výrobná spoločnosť je právom označovaná za výrobný organizmus. Pre výrobný organizmus je prirodzené vyvíjať sa, nadobúdať nové vlastnosti a zdokonaľovať sa vo vlastnostiach získaných.

Jirásek (1998) píše o vlastnostiach ako „*citlivosť, vnímavosť, jednoduchosť, šťihlosť, hybnosť, pružnosť a rýchlosť*“. Je vhodné, „*aby si tieto vlastnosti výrobný organizmus osvojil a naučil dokonale ovládať*“, pretože mu môžu pomôcť k úspešnému rozvoju.

Ďalšou vlastnosťou výrobných organizmov je ich spojitosť s okolím. Vytvárajú neaktívne a aktívne väzby s inými výrobnými organizmami. Vzájomne komunikujú, podporujú sa, a spolupracujú na výrobe výrobkov. Tým uspokojujú potreby svojich koncových zákazníkov, pretože výstupný výrobok jedného výrobného organizmu môže byť vstupným výrobkom druhého výrobného organizmu. Medzi výrobnými organizmami tak vzniká vzťah, a zároveň harmónia¹. Hovoríme, že výrobné organizmy vytvárajú relatívne izolovaný systém vyššieho rádu.

Výrobné organizmy v relatívne izolovanom systéme vyššieho rádu majú rolu čiastkových výrobcov. O čiastkových výrobcov na prednom mieste materiálového toku uvažujeme ako o prvotných výrobcov. Koniec výrobného materiálového toku prevažne uzatvára finálny výrobca.

Výrobok tak putuje od prvotných výrobcov, cez ďalších výrobcov až k finálnemu výrobcovi. V rámci tejto rozpracovanosti sa mení tvar výrobku, jeho podoba a hodnota.

Finálny výrobca prevažne funguje ako montážny závod. Od predchádzajúcich výrobcov vo výrobnom materiálovom toku zhromažďuje výrobky vo forme dielov². Všetkých predchádzajúcich výrobcov tak môžeme označiť za dodávateľov finálneho výrobcu.

Zmontovaním dodaných dielov vytvorí finálny výrobca výrobok nový. Samozrejme za podmienky, že má všetky požadované diely pre montáž k dispozícii. A v tom je dôležitá vzájomná komunikácia.

Výrobné organizmy (finálny výrobca a jeho dodávatelia) sú spojené materiálovými, informačnými a energetickými tokmi. Pomocou informačných tokov spolu komunikujú a na základe toho riadia svoju výrobu a organizujú logistické činnosti.

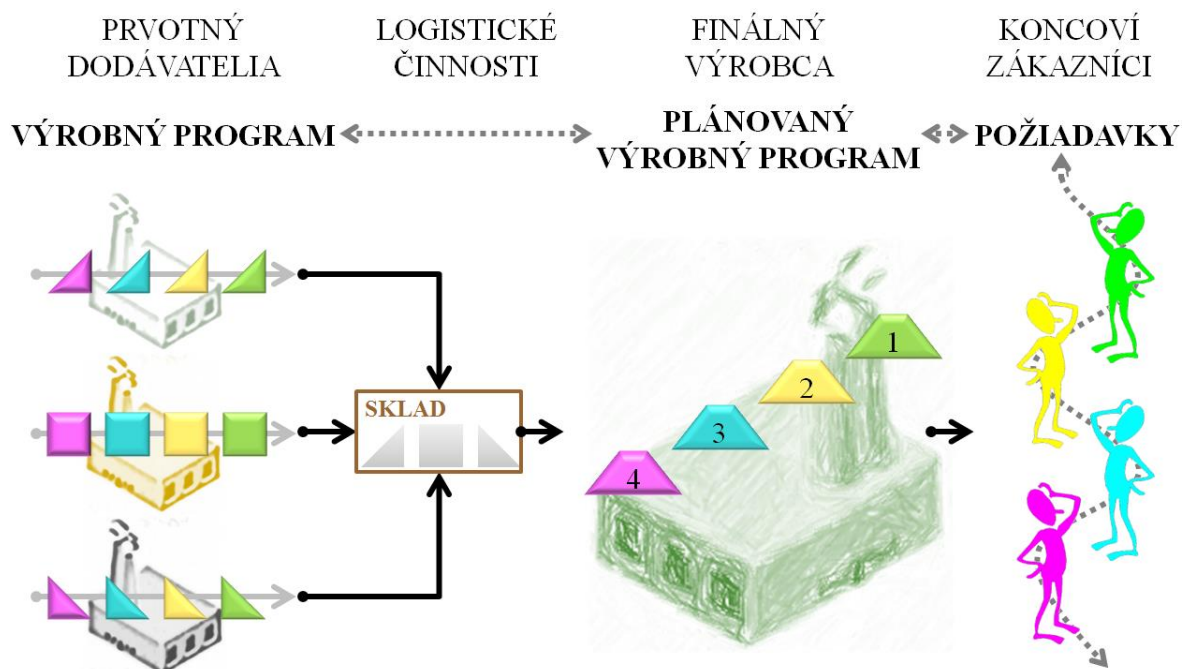
Komunikácia prebieha nielen v smere materiálového toku od dodávateľov k finálnemu výrobcovi, ale aj spätne. Spätná komunikácia má pre finálneho výrobcu významnú úlohu. Pomocou nej oznamuje svoje požiadavky na diely. Finálny výrobca si zároveň riadi ich prísun. Zamedzuje tým, aby sa z neho stalo skladište s vysokou zásobou. Dodávatelia sú povinní požiadavky spracovať a vyriadiť k spokojnosti finálneho výrobcu. Inak môže dôjsť k destabilizácii ich vzájomnej harmónie.

Finálny výrobca svoje požiadavky plánuje s ohľadom na potrebu jeho koncových zákazníkov. To znamená, že aj preň sú záväzné. Nie je logické, aby požadoval niečo úplne iné, než plánuje a potrebuje vyrábať k uspokojeniu koncových zákazníkov.

¹ Harmónia v zmysle vzájomnej ucelenosti, vyváženosti častí istého celku. (Synonymický slovník slovenčiny, 2004)

² Diely = súčiastky, polovýrobky, zostavy apod.

Preto v *limitnom ideálnom stave* môžeme uvažovať o tom, že *plánovaný výrobný program* finálneho výrobcu je obrazom výrobného programu jeho dodávateľov (viď Obr. 1).



Obr. 1 – Grafické zobrazenie limitného ideálneho stavu, kedy je plánovaný výrobný program finálneho výrobcu obrazom výrobného programu jeho prvotných dodávateľov. (vsp.)

Predpokladom pre dosiahnutie limitného ideálneho stavu je udržať priamy smer zákaziek podľa plánovaného výrobného programu v požadovanom úseku materiálového toku.

Čo však v prípade, keď plánovaný výrobný program finálneho výrobcu je nestabilný a mení sa v priebehu času? Keď u finálneho výrobcu dochádza k ovplyvneniu priameho smeru zákaziek z dôvodu nestability jeho výrobných procesov? Alebo keď finálny výrobca nemá dostatočné skladové zásoby dielov k tomu, aby mohol vyrábať podľa plánu?

Prioritou je nezastaviť výrobu. Aby nedošlo k zastaveniu výroby, musí finálny výrobca okamžite reagovať zmenou plánovaného výrobného programu podľa aktuálnej situácie.

Jedným z dôsledkov tejto zmeny sú zvyšujúce sa nároky na logistické činnosti. Tie však môžu na aktuálnu situáciu reagovať až s určitou časovou odozvou. Táto časová odozva môže byť tým dlhšia, čím vyššiu rozpracovanosť finálny výrobca udržiava a požaduje od dodávateľov.

S vyššou rozpracovanosťou súvisí aj držanie väčšieho počtu skladových zásob. S ohľadom na finančné prostriedky je našou snahou znižovať rozpracovanosť a minimalizovať skladové zásoby.

Na strane jednej tak máme finálneho výrobcu, ktorý podľa potrieb koncových zákazníkov plánuje svoj výrobný program a organizovane riadi prísun požadovaných polotovarov. Na strane druhej neistotu jeho plánovaného stavu, nestabilné výrobné procesy ovplyvňujúce priamy smer zákaziek apod.

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

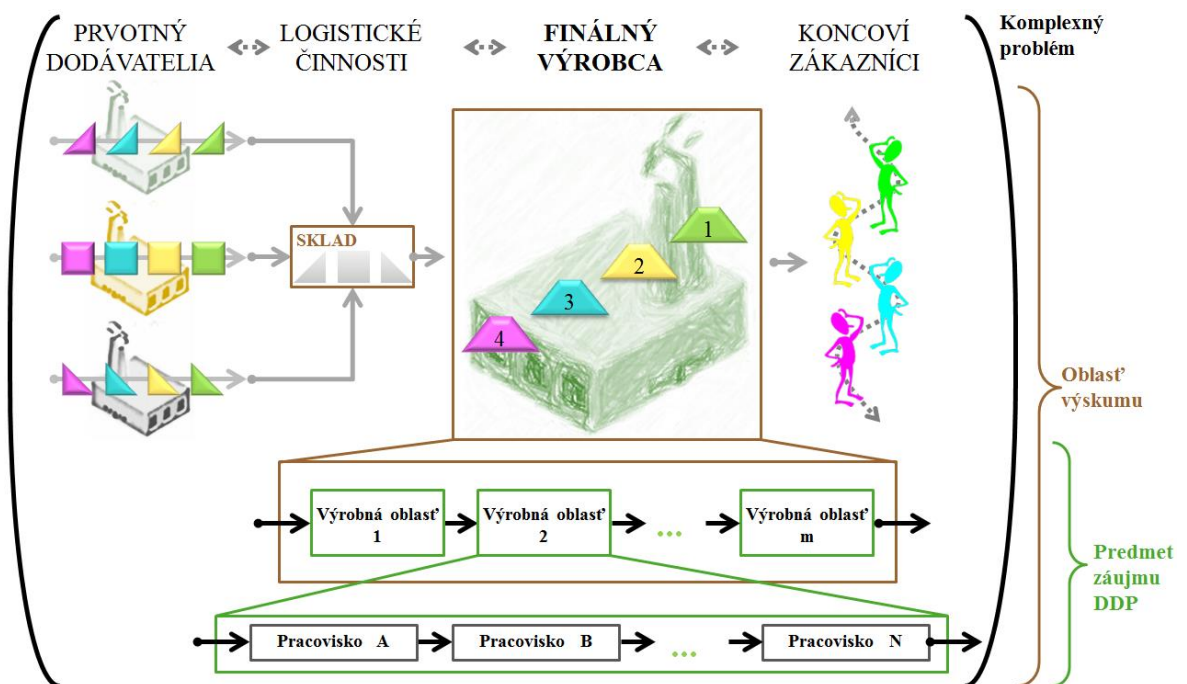
inžinierstvo. S využitím vedeckých metód skúmania vrátane modelovania, je potrebné na tejto medziodborovej úrovni samotný problém riešiť.

Medziodborová úroveň riešenia komplexného problému je rozsiahlou výskumnou oblasťou. Rozsah výskumnej oblasti je v našom prípade od finálneho výrobcu s orientáciou na zákazníka k jeho prvotným dodávateľom.

V doktorskej dizertačnej práci nás z tohto rozsahu konkrétne zaujíma:

- Ktoré príčiny spôsobujú nestabilitu procesu a sústavy?
- Je možné predchádzať príčinám, ktoré sú dôvodom nestability?
- Čo zapríčiňuje zmenu výrobného programu u finálneho výrobcu v priebehu času?
- Je zmena výrobného programu závislá na stabilite procesu a stabilite sústavy?

Obr. 1 graficky zobrazoval limitný ideálny stav medzi finálnym výrobcom a jeho prvotnými dodávateľmi. Toto grafické zobrazenie môžeme systémovým prístupom rozložiť na množinu prvkov a väzieb. Rozsah výskumnej oblasti tak vedome znižujeme až na požadovaný predmet záujmu doktorskej dizertačnej práce. Dostávame tak Obr. 2. Ide o finálneho výrobcu a jeho materiálový tok.



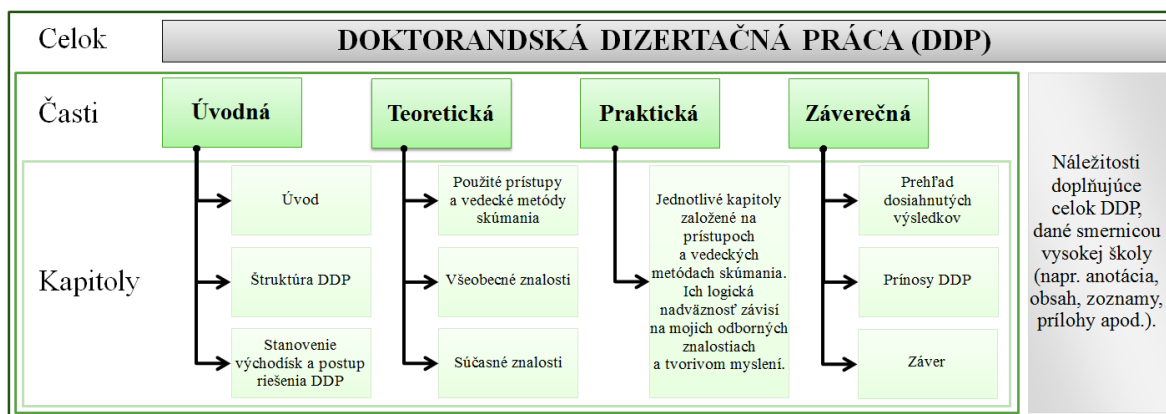
Obr. 2 – Znáznornenie rozsahu komplexného problému, oblasť výskumu a zameranie sa na materiálový tok finálneho výrobcu ako predmet záujmu DDP. (vsp.)

Analýza predmetu záujmu, teda materiálového toku finálneho výrobcu, bude prvotne vychádzať zo znalostí technologického projektovania. Pri riešení predmetu záujmu je však nutné rešpektovať veci podstatné a veci súvisiace v rámci celého komplexného problému. Len tak je možné predchádzať jednostrannému pohľadu na riešený problém.

2 ŠTRUKTÚRA DOKTORANDSKEJ DIZERAČNEJ PRÁCE

Doktorandská dizertačná práca (DDP) je celok rozdelený do štyroch častí: *úvodná, teoretická, praktická a záverečná*. Jednotlivé časti sú tvorené kapitolami a podkapitolami.

DDP obsahuje aj náležitosti, ktoré sú súčasťou odborných záverečných prací a sú dané príslušnou smernicou vysokej školy (napr. anotácia, obsah, zoznamy, prílohy). Štruktúru DDP graficky znázorňuje Obr. 3 (vo väčšej mierke Príloha 1).



Obr. 3 – Štruktúra DDP. (vsp.)

2.1 Úvodná časť

Prehľad kapitol úvodnej časti a ich popis uvádza Tab. 1.

Tab. 1 – Úvodná časť – prehľad kapitol a ich popis.(vsp.)

Číslo a názov kapitol	Popis
1 Úvod	Uvádza čitateľa do situácie, ktorá predchádza problému. Čitateľ sa následne oboznamuje s problémom a získava prvotné informácie o jeho význame.
2 Štruktúra DDP	Oboznamuje čitateľa so štruktúrou a členením DDP.
3 Stanovenie východísk a postup riešenia DDP	Konkretizuje formuláciu problému a jeho aktuálnosť. Z problému vymedzuje predmet záujmu. Súhrnne pomenováva predmet záujmu, ktorý sa týka riešenia problému neistoty plánovaného stavu a nestability výrobných procesov u finálneho výrobcu. Vyvodzuje cieľ DDP a predbežne informuje o postupe riešenia. Taktiež predkladá obmedzujúce podmienky DDP.

2.2 Teoretická časť

Odborné znalosti budú čerpané z odborných publikácií (napr. knihy, monografie, časopisy) a internetových zdrojov (napr. elektronické médiá, príspevky, webové stránky).

Čerpané znalosti v DDP budú citované s využitím Harvardského systému podľa platnej citačnej normy ČSN ISO 690 (2011). Súhrn citácií zoradených podľa abecedy uvedie kapitola Zoznam použitej literatúry.

Uvedené citácie budú prevzaté z webových katalógov Moravsko zemské knihovny ([b.r.]) (MZK) a Vysokého učení technického v Brně (2014) (VUT) alebo budú vygenerované

prostredníctvom aplikácie umiestnenej na webových stránkach *www.citace.com* (2009). Webové katalógy MZK a VUT ako aj generátor *www.citace.com* používajú platnú citačnú normu ČSN ISO 690 z roku 2011.

Citácia môže byť uvedená:

- „kurzívou v úvodzovkách“, vtedy ide o priamu citáciu autora odbornej publikácie,
- alebo tlačovým písmom bez vyznačovania, vtedy ide o nepriamu citáciu autora, autorov odborných publikácií, teda skrátene vyjadrená myšlienková podstata.

Autorský zákon sa dotýka aj obrázkov, tabuliek a grafov. Preto ich uvedenie v DDP je doplnené o slová:

- Prevzaté (prev.: *autor*) znamená, že boli od pôvodného autora prekreslené, no nepozmenené.
- Upravené (upr.: *autor*) znamená, že boli od pôvodného autora prekreslené a prispôbené na tematiku DDP.
- Vlastné spracovanie (vsp.) znamená, že boli navrhnuté a nakreslené autorom DDP.

Prehľad kapitol teoretickej časti uvádza Tab. 2.

Tab. 2 – *Teoretická časť – prehľad kapitol a ich popis.*(vsp.)

Číslo a názov kapitol	Popis
4 Použité prístupy a vedecké metódy skúmania	Sumarizuje prístupy a vedecké metódy skúmania použité k riešeniu problematiky danej oblasti. Uvádza, akou formou je možné znázorniť dosiahnuté výsledky.
5 Všeobecné znalosti	Sumarizuje odborné znalosti týkajúce sa termínov a pojmov z jednotlivých vedných odborov používaných v DDP.
6 Súčasné znalosti, formulácia hypotéz	Úlohou tejto kapitoly je vyhľadať všetky podstatné informácie, ktoré súvisia s vyriešením problému neistoty plánovaného stavu a nestability výrobných procesov u finálneho výrobcu. Ide predovšetkým o prehľad poznatkov z odborných publikácií, internetových zdrojov alebo samotných výrobných spoločností. Z jednotlivých možností riešenia si vyberá menej známe riešenie. Na to sa ďalej podrobne zameriava. Súčasné znalosti s ohľadom na predmet záujmu DDP môžu vyvolať určité predpoklady. Tie budú v závere formulované do hypotéz. Hypotézy budú zodpovedané v záverečnej časti.

2.3 *Praktická časť*

Praktická časť rieši samotnú problematiku na základe prístupov a vedeckých metód skúmania sumarizovaných v teoretickej časti. Jednotlivé kapitoly budú prispôbené navrhovanému postupu riešenia definovaného v úvodnej časti DDP, a ďalej podľa odborných znalostí a môjho tvorivého myslenia.

Úlohou praktickej časti je riešenie definovaného problému v rámci predmetu záujmu. Je potrebné nájsť súbor podstatných veličín a vlastností, ktoré s riešením problému súvisia. Následne určiť spôsob ich vyhodnocovania.

K analýzam budú použité výrobné dáta vybranej výrobnéj spoločnosti. Výrobné dáta sú radené ako interné materiály. Ich úplné zverejnenie preto nie je možné. Použité interné materiály u jednotlivých analýz sú preto zovšeobecnené. Zovšeobecnenie však nemá vplyv na ich vypovedajúcu schopnosť.

Pre experimentálny proces využijeme simulačné modelovanie. Simulačným modelovaním overujeme v bezrizikovom prostredí simulačného programu navrhované riešenia a vyvodzujeme z nich prínosy pre prax. V ideálnom prípade je vhodné aplikovať získané poznatky zo simulačného modelovania v praxi. Len tak sa dajú prínosy vyvedené zo simulačného modelovania spätne posúdiť a overiť. Tento metodický postup zohľadňuje cyklus simulačného modelovania.

2.4 Záverečná časť

Prehľad kapitol záverečnej časti uvádza Tab. 3.

Tab. 3 – Záverečná časť – prehľad kapitol a ich popis.(vzp.)

Číslo a názov kapitol	Popis
11 Celkové zhrnutie dosiahnutých výsledkov	Ponúka celkový prehľad dosiahnutých výsledkov, od rešeršnej časti až po aplikovaný výskum DDP.
12 Odpovede na hypotézy	Súhrnné odpovede na hypotézy, ktoré budú položené v kapitole o súčasných znalostiach.
13 Prehľad prínosov DDP	Predkladá záverečné zhrnutie prínosov vyplývajúcich z DDP. Zameranie prínosov je pre vedu a pedagogickú oblasť a prax.
14 Záver	Predkladá súhrnný pohľad na DDP a jej jednotlivé časti. Zhrňuje, ktoré problémy z riešenej problematiky boli objasnené a či došlo splneniu stanoveného cieľa. Zároveň dáva víziu, ako je možné rozvíjať znalosti o riešení vymedzeného problému a posunúť tak vedecko-výskumnú činnosť ďalej.

2.5 Zhrnutie kapitoly 2

Vymedzenie štruktúry doktorskej dizertačnej práce má prispieť k jej prehľadnosti. Jasne definuje jej jednotlivé časti, určuje hranice jednotlivých tém. Tým umožní ľahšiu orientáciu v samotnej doktorskej dizertačnej práci a zlepši jej čitateľnosť.

Pre lepšiu čitateľnosť nebudú v rámci zhrnutia na konci kapitol a taktiež v celej záverečnej časti používané skratky vybraných názvov a pojmov, ktoré uvádza doktorská dizertačná práca.

3 STANOVENIE VÝCHODÍSK A POSTUP RIEŠENIA DDP

3.1 Formulácia problému

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 udržovať 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.

3.2 Aktuálnosť formulovaného problému vo svete a u nás

Myšlienka nadobúdania časovej istoty vznikla pri vykonávaní logistických činností. Predpokladom je zníženie rizík spojených s náhlou zmenou vlastností procesu u finálneho výrobcu a dodržanie priameho smeru zákaziek vo vybranom úseku materiálového toku. Logistika a dodávatelia by nemuseli dodatočne reagovať na zmenu a náhlu zmenu priameho smeru zákaziek. Môžeme tak predchádzať určitým finančným stratám.

Touto myšlienkou sa zaoberajú napr. automobilky ako Volkswagen, Audi, BMW, Porsche, MAN, Opel, Toyota, Ford, ŠKODA AUTO. Dôvodom je skutočnosť, že automobilky ako montážne závody sú v formulovanom probléme typickým príkladom finálneho výrobcu. Potenciál vo zvyšovaní časovej istoty vidia automobilky najmä v úspore finančných prostriedkov.

Za priekopníka v tejto oblasti môžeme považovať automobilku Toyota. Jej výrobná stratégia so svojimi princípmi Just-in-Time, Just-in-Sequence, Kanban, Heijunka, Jidoka apod., dáva dodnes časovú istotu výrobným a logistickým činnostiam. Princípy výrobnej stratégie Toyoty sa stali celosvetovo uznávané a položili základy filozofie známej ako štíhla výroba.

Koncern Volkswagen pojal zvyšovanie časovej istoty ako nový logistický koncept – Stabilné poradie zákaziek (voľný preklad z nemeckého pojmu „Auftragsreihenfolgenkonzept“). Metodike konceptu a jeho aplikovaním v praxi sa venuje nemecký profesor Willibald A. Günthner a jeho tím.

V súvislosti s novým logistickým konceptom sa môžeme stretnúť s metódou Perlový náhrdelník (z nemeckého pojmu „Perlenkette“). V spojení s logistikou sa tejto metóde venujú napr. profesor Jürgen Schröder a profesor Jochen Heizmann.

Automobilky tak postupne získavajú nové poznatky a niektoré z nich sú už začlenené do smerníc vydaných Združením automobilového priemyslu (z nemeckého pojmu „Verband der Automobilindustrie“ (VDA)). Ide napr. o smernicu VDA 4913 alebo VDA 5010.

Osvetu myšlienky šíria aj skupiny ako AKJ Automotive³ a Inštitút pre produkčné a logistické systémy (z nemeckého pojmu „Institut für Produktions- und Logistiksysteme“). Tieto skupiny združujú viac než 38 spoločností z automobilového priemyslu a 19 spoločností z iných výrobných odvetví (napr. Siemens, IBM, OSRAM). V popredí týchto skupín vystupuje profesor Dr. Klaus-J. Schmidt.

V rámci Českej a Slovenskej republiky riešia dosahovanie časovej istoty spoločnosti napr. ŠKODA AUTO a.s. a VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s. Vo vedeckej sfére sa s niektorými myšlienkami o časovej istote stretne u autorov odborných publikácií ako napr.:

- Profesor Petr Pernica, docent Ivo Drahotský a profesorka Marie Jurová v rámci logistiky.
- Profesor Vladimír Jílek, Bohumil Hlavenka a docent Pavel Rumíšek v rámci technologického projektovania.
- Profesor Jaroslav Jirásek a profesor Ján Košturiak v rámci priemyslového inžinierstva (filozofia štíhlej výroby).

Myšlienky týkajúce sa dosahovania časovej istoty v plánovacích aktivitách, výrobných procesoch a logistických činnostiach nájdeme aj v súbore noriem ČSN EN ISO pod názvom Systémy managementu kvality. Označenie ČSN EN ISO 9000, ISO 9001 a ISO 9004.

Úspešné zvládnutie formulovaného problému o nadobudnutí časovej istoty v automobilovom priemysle sa môže rýchlo preniesť aj do iných výrobných odvetví. V rámci doktorandského štúdia som mal možnosť riešiť projekty pre rôzne výrobné spoločnosti. Napr. výroba ohrievačov vody, výroba tlakových nádob, výroba obrábacích strojov, výroba pián, výroba výťahových kabín apod. Zistil som, že jednotlivé výroby môžeme vhodnou analógiou porovnávať. Je to z dôvodu, že väčšina týchto výrobkov sú finálnymi výrobkami (presne tak ako automobil). Postup dosiahnutia časovej istoty bude možné z automobilového priemyslu integrovať aj na iné výrobné odvetvia.

3.3 Zavedenie názvu *Stabilita produkcie*

Našou motiváciou je zvyšovať časovú istotu vo všetkých plánovacích aktivitách, výrobných procesoch a logistických činnostiach. Časová istota predstavuje v tomto prípade stabilitu.

Dosiahnuť stabilitu znamená eliminovať príčiny, ktoré sú dôvodom neistoty plánovaného stavu a nestability výrobných procesov. Tým sa priblížime k limitnému ideálnemu stavu zmienenom v úvode. To jest, že plánovaný výrobný program finálneho výrobcu bude obrazom výrobného programu jeho dodávateľov⁴. Všetko za podmienky, že tento plánovaný výrobný program finálny výrobca dodrží s ohľadom na požiadavky jeho koncových zákazníkov.

Uvedená motivácia sa tak vo všeobecnosti stáva témou poznávania. V rámci DDP zavádzam pre túto tému poznávania súhrnný názov **Stabilita produkcie**.

3.3.1 Konkretizácia *Stability produkcie*

Stabilita produkcie pozostáva z dvoch slov. Ich vysvetlenie je nasledovné:

Stabilita: Akademický slovník cudzích slov (2005) vysvetľuje slovo stabilita ako „udržiavanie určitých vlastností bez zmeny“. To znamená, že potrebujeme

³ AKJ Automotiv - skupina expertov z automobilového priemyslu, ktorí zastupujú samotné automobilky, ich dodávateľov a predajcov.

⁴ Berieme to s ohľadom na vyrábané a dodávané diely, ktoré finálny výrobca k montáži potrebuje.

skúmať zmenu (nestabilitu) vlastností v plánovacích aktivitách, výrobných procesoch a logistických činnostiach. Je potrebné zistiť, o aké vlastnosti sa jedná.

Produkcia: Aby sme mohli skúmať zmenu vlastností výrobného organizmu, musíme ju priebežne vyhodnocovať. Spoločným cieľom plánovacích aktivít, výrobných procesov a logistických činností je produkcia – výroba konkrétnych výrobkov. Synonymický slovník slovenčiny (2004) produkciu uvádza aj ako „*súhrn výrobkov za istý čas*“. My tento súhrn výrobkov budeme v čase sledovať a spätne vyhodnocovať.

Stabilita tak vymedzuje udržanie požadovaných vlastností výrobného organizmu a produkcia časovú istotu, v rámci ktorej nebude zmenený skutočný stav oproti plánovanému.

3.3.2 Vysvetlenie a definovanie názvu Stabilita produkcie

S ohľadom na konkretizáciu samostatných pojmov stabilita a produkcia vysvetľujem Stabilitu produkcie takto:

Stabilita produkcie = udržanie požadovaných vlastností výrobného organizmu 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 má mať univerzálne využitie. Aj v rámci univerzálneho využitia je potrebné konkretizovať podmienky, v rámci ktorých môžeme definíciu Stability produkcie uplatniť.

3.3.3 Platnosť Stability produkcie

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 cieľový stav.
4. Bolo vymedzené časové obdobie, počas ktorého chceme udržať cieľový stav požadovaných vlastností sústavy.
5. Boli stanovené prostriedky, akým spôsobom bude dosiahnutý cieľový 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.

Požadované vlastnosti si výrobná spoločnosť konkretizuje sama. Voľba vlastností, zameranie sa na procesy, ako aj obdobie ich udržania, zodpovedá nastaveným cieľom výrobnej spoločnosti. Tie sú dané v rámci strategického, taktického aj operatívneho plánovania.

3.4 Stanovenie cieľa doktorskej dizertačnej práce

Definícia Stability produkcie nám primárne popisuje, čo je náplňou vedecko-výskumnej činnosti. Udržať požadované vlastnosti sústavy za dané časové obdobie. Z pohľadu predmetu záujmu je našou sústavou finálny výrobca a jeho výrobná oblasť.

Snaha o udržanie požadovaných vlastnosti sústavy vedie k vedomím činnostiam riešiť tento zámer rôznymi prostriedkami (napr. úpravou výrobných procesov, zmenou riadenia, prispôbením vybraného úseku materiálového toku).

Za cieľ DDP preto stanovujem:

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

Na cieľ DDP sú naviazané činnosti (kroky) k jeho dosiahnutiu. Ide o stanovenie vstupných podmienok, výberu odvetvia, spresnenie predmetu záujmu, návrhu postupu riešenia apod.

3.4.1 Vstupné podmienky

Vstupné podmienky pre dosiahnutie cieľa DDP:

1. Oblasť výskumu bude spadať do priemyselného odvetia, ktoré sústreďuje tieto výrobnú spoločnosť a jej logistické činnosti:
 - Finálneho výrobcu ako montážny závod.
 - Jeho dodávateľov v rámci jednotlivých úrovní dodávateľského reťazca.
2. Finálny výrobca bude predstaviteľ veľkosériovej až hromadnej výroby, kde priradzujeme výrobkom konkrétne zákazky. Je to z dôvodu početnej opakovateľnosti výroby a zabezpečenia požadovaných údajov určených k vyhodnoteniu.
3. Finálny výrobca bude plánovať výrobu podľa potrieb koncového zákazníka.
4. Finálny výrobca bude vyrábať viaceré typy výrobkov.
5. Plánovacie a výrobné procesy u finálneho výrobcu bude možné sledovať, zaznamenávať rozpracovanosť výroby a samotné výrobky v čase k ich spätnému vyhodnoteniu.

3.4.2 Výber odvetvia pre sledovanie Stability produkcie

Vhodným odvetvím pre pozorovanie a skúmanie Stability produkcie sa na základe vstupných podmienok javí odvetvie pre rôzne veľkosériové až hromadné výroby, v ktorých priradzujeme výrobkom konkrétne zákazky.

Hromadná výroba poukazuje na vysokú opakovateľnosť výrobných procesov, neustále prebiehajúce logistické procesy vrátane prísunu materiálu od prvotných dodávateľov smerom k finálnemu výrobcovi. Zákazková výroba je typická individuálnymi požiadavkami koncových zákazníkov, preto zahŕňa viaceré typy výrobkov. Zároveň na základe potvrdených objednávok od koncových zákazníkov sa plánuje výrobný program.

U odvetví hromadnej až zákazkovej výroby býva väčšina procesov sledovaných. Zaisťuje sa tým prehľad o rozpracovanosti výroby, pričom môžeme vedome zasiahnuť do prebiehajúcej výroby. Sledovanie procesov má ešte jednu veľkú výhodu. Údaje získané z výroby sa ukladajú a môžu spätne vyhodnocovať.

Výber odvetvia pre sledovanie Stability produkcie v rámci DDP je preto sústredený na odvetvie definované ako hromadné až zákazkové. Typickým príkladom tohto odvetvia sú automobilky a ich dodávatelia.

3.4.3 Oblasť výskumu a predmet záujmu

Oblasť výskumu siaha od finálneho výrobcu cez logistické činnosti k jeho prvotným dodávateľom. Zároveň sa orientuje na koncového zákazníka.

Takýto rozsah nie je možné zahrnúť do výskumu DDP. Predovšetkým sa jedná o kapacitné a časové dôvody. Z týchto dôvodov bola oblasť výskumu zúžená na predmet záujmu, ktorým je materiálový tok finálneho výrobcu (predmet záujmu vychádza spätne z Obr. 2).

Predmet záujmu som vybral na základe nasledujúcich skutočností:

1. Problém časovej neistoty je aktuálne určený u finálneho výrobcu.
2. Vlastnosti materiálového toku finálneho výrobcu, ktoré časovú neistotu spôsobujú, nie sú sumarizované.
3. Výrobné procesy finálneho výrobcu môžu nevhodne ovplyvňovať plánovaný výrobný program. Tým sa časová neistota môže zvyšovať.
4. Časová neistota finálneho výrobcu môže viesť k jeho vyššej rozpracovanosti výrobkov a tým aj k zväčšovaniu skladových zásob.

V závislosti na dĺžke materiálového toku finálneho výrobcu môže byť vybraný len jeho úsek, teda výrobná oblasť. Vybranej výrobnej oblasti sa v DDP budeme venovať detailne.

3.4.4 Navrhovaný postup riešenia DDP

Stabilita produkcie je celok zložený zo súvisiacich, vzájomne prepojených častí. Tento komplex je potrebné rozčleniť a sústrediť sa na veci podstatné. To znamená využiť systémový prístup a príslušné vedecké metódy skúmania.

Z podstatných vecí môžu vyplynúť nové skutočnosti, týkajúce sa celku, čo zahŕňa holistický prístup. O týchto prístupoch a vedeckých metódach skúmania pojednáva kapitola 4.

K navrhovanému postupu riešenia DDP sa viažu nasledujúce body:

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 štithej 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.
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 výrobnej prevádzky využiť túto možnosť a zhodnotiť výsledky návrhu.
8. Zosumarizovať postupne získané výsledky vedecko-výskumnej činnosti o Stabilite produkcie a vytvoriť závery DDP.

Jednotlivé body navrhovaného postupu riešenia sa môžu v praktickej časti meniť. Závisí to na priebežných výsledkoch, podmienkach a možnostiach výskumu.

3.5 Očakávané prínosy DDP

Očakávaný prínos DDP je zakotvený vo vedeckom poznaní. V poznaní, čo je Stabilita produkcie. Akú úlohu zohráva Stabilita produkcie v materiálovom toku. U niektorých

metodik a metód (napr. výrobná stratégia Toyoty) vieme, že vytvárajú podmienky pre Stabilitu produkcie. Stále však vznikajú nové metodiky a metódy výrobných sústav. Preto je potrebné zistiť, ako je Stabilita produkcie v týchto nových metodikách a metódach obsiahnutá. V prípade potreby tieto nové metodiky a metódy analyzovať a preskúmať ich prínosy s ohľadom na vedeckú oblasť. Tým DDP prinesie do vedeckého poznania nové poznatky.

V rámci výskumu DDP by som rád tieto nové poznatky použil a aplikoval v praxi pre ich spätné overenie. V jednej práci sa tak budú prelínať teoretické poznatky spoločne s poznatkami získanými z praxe. V Českej republike (2002) je tento výskum uvedený v zákone ČR 130/2002 Sb. v aktuálnom znení ako *aplikovaný výskum*. Zákon ČR 130/2002 Sb. v aktuálnom znení definuje aplikovaný výskum ako „*experimentálnu alebo teoretickú prácu vykonávanú s cieľom nadobudnúť nové poznatky zamerané na budúce využitie v praxi*“.

3.6 Obmedzujúce podmienky vedecko-výskumnej činnosti

V priebehu vedecko-výskumných činností a súčasne aplikovaného výskumu sa môžu vyskytnúť obmedzujúce podmienky. Za významné obmedzujúce podmienky s ohľadom na cieľ DDP považujem:

1. V priebehu vedecko-výskumnej činnosti sa významne zmení pohľad na zavedenie názvu Stabilita produkcie. Napr. 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 (veľkosériová až hromadná výroba, kde výrobkom priradzujeme konkrétnu zákazku) za 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. Napr. z dôvodu nedostatku informácií, prostriedkov, časovej náročnosti apod.

Pokiaľ v priebehu vedecko-výskumnej činnosti narazíme na niektoré z obmedzujúcich podmienok, je nutné ich správne vyhodnotiť a určiť dôvody, prečo k tomu došlo. Ďalej musíme konkretizovať problém a vyvodiť závery v podobe všeobecného poznania. Všeobecné poznanie by malo predchádzať duplicitám daného problému u obdobných vedecko-výskumných činností. Následne je potrebné vrátiť sa do určitého kroku pred nastaním obmedzujúcej podmienky a zvoliť nový postup riešenia.

3.7 Zhrnutie kapitoly 3

Harmónia, medzi finálnym výrobcom a jeho dodávateľmi vrátane logistických činností je narušovaná časovou neistotou. Je to z dôvodu, že až do určitého časového okamžiku finálny výrobca nedokáže presne povedať, či dôjde k uskutočneniu jeho plánovaného výrobného programu. Finálny výrobca preto potrebuje nadobúdať časovú istotu – stabilitu vo všetkých plánovacích aktivitách, výrobných procesoch a logistických činnostiach.

O to sa prioritne snažia mnohé výrobné spoločnosti. Podrobne skúmajú svoje procesy a ich vlastnosti a zavádzajú opatrenia pre zvýšenie časovej istoty. To je zároveň aj našou motiváciou a témou poznania doktorskej dizertačnej práce. Zvyšovať časovú istotu – stabilitu, vo všetkých plánovacích aktivitách, výrobných procesoch a logistických činnostiach. Tému poznávania som súhrnne nazval Stabilita produkcie.

Na základe vstupných podmienok bola vymedzená oblasť výskumu Stability produkcie. Oblasť výskumu smeruje od finálneho výrobcu s orientáciou na zákazníka k jeho prvotným dodávateľom. Z oblasti výskumu bol zvolený predmet záujmu riešený v doktorskej dizertačnej práci. Predmetom záujmu je vybraný úsek materiálového toku finálneho výrobcu a jeho procesy.

Z definície Stability produkcie (udržať požadované vlastnosti sústavy za dané časové obdobie) a podmienok platnosti bol stanovený cieľ doktorskej dizertačnej práce takto:

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

K naplneniu cieľa môžeme v rámci vedecko-výskumnej činnosti natrafiť na obmedzujúce podmienky. V tomto prípade je nutné zdôvodniť, prečo k nim došlo. Následne sa vrátiť do niektorého z predošlých krokov a stanoviť nový postup riešenia.

Stanovenie východísk a postup 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.*“⁵

⁵ So simulačným modelovaním sa spájajú slová verifikácia a validácia. Do názvu DDP „Simulační verifikace komplexního technologického projektu“ nie je slovo validácia začlenená, pretože názov je vnímaný ako overenie technologického projektu prostredníctvom simulácií. Pri činnostiach simulačného modelovania bude verifikácia spoločne s validáciou uskutočnená.

B. TEORETICKÁ ČASŤ

4 POUŽITÉ PRÍSTUPY A VEDECKÉ METÓDY SKÚMANIA

4.1 Použité prístupy

Pri riešení dizertačnej práce je využívaný systémový prístup. Chrudina (1988) definuje *systémový prístup* ako „*spôsob riešenia problémov, pri nich sú javy chápané komplexne, v ich vnútorných aj vonkajších súvislostiach*“. Javy je potrebné hodnotiť zo všetkých podstatných hľadísk.

Janiček (2007a) systémový prístup podrobne rozoberá. Porovnáva s ním množinu ďalších prístupov k riešeniu problémov, napr. prístup štruktúrny, procesný, funkčný, komplexný apod. Dochádza však k záveru, že túto množinu prístupov k riešeniu problémov systémový prístup zahŕňa. Toto poznanie stotožňuje s myšlienkou Vítka (2002), že „*systémový prístup je účelový spôsob myslenia, jednania či riešenia problémov, pričom skúmané procesy a javy sú chápané komplexne a rešpektuje sa všetko podstatné*“.

Systémový prístup je v konkrétnych riešeniach doplnený o *prístup holistický*. Holistický prístup popisuje Pernica (2005) ako „*súhrn jednotlivých častí, ktoré nadobúdajú nové, vyššie vlastnosti*“. Tieto nové vlastnosti sú závislé na celistvosti a z pohľadu holistického prístupu sa nedajú riešiť oddelene.

4.1.1 Sústava, systém

Systémový prístup vychádza z pojmu systém. Za samotný systém považuje Vlček (1999) predmet záujmu – riešenu problematiku. U riešenej problematiky zvažuje všetky jej deje a časti vo významných súvislostiach. Podrobne pojem systém rozoberá opäť Janiček (2007a) z hľadiska anglosaskej terminológie. Anglosaská terminológia rozlišuje systém reálny (z anglického „real system“) a systém abstraktný (z anglického „abstract system“). Podľa tejto terminológie je potom sústava = reálny (jestvujúci) systém a systém = abstraktný systém. Pričom sústava ≠ systém.

Pojem sústava používame pre objekt, ktorý môže byť reálny (napr. počítač) alebo abstraktný (napr. operačný systém). Podľa Janička (2007a) má objekt systémové vlastnosti a z určitého hľadiska sa oň zaujíma subjekt. „*Sústava je na určitej úrovni rozlíšiteľnosti štruktúrovaná.*“ (Janiček, 2007a) Sústavu je možné rozložiť na množinu prvkov a množinu väzieb.

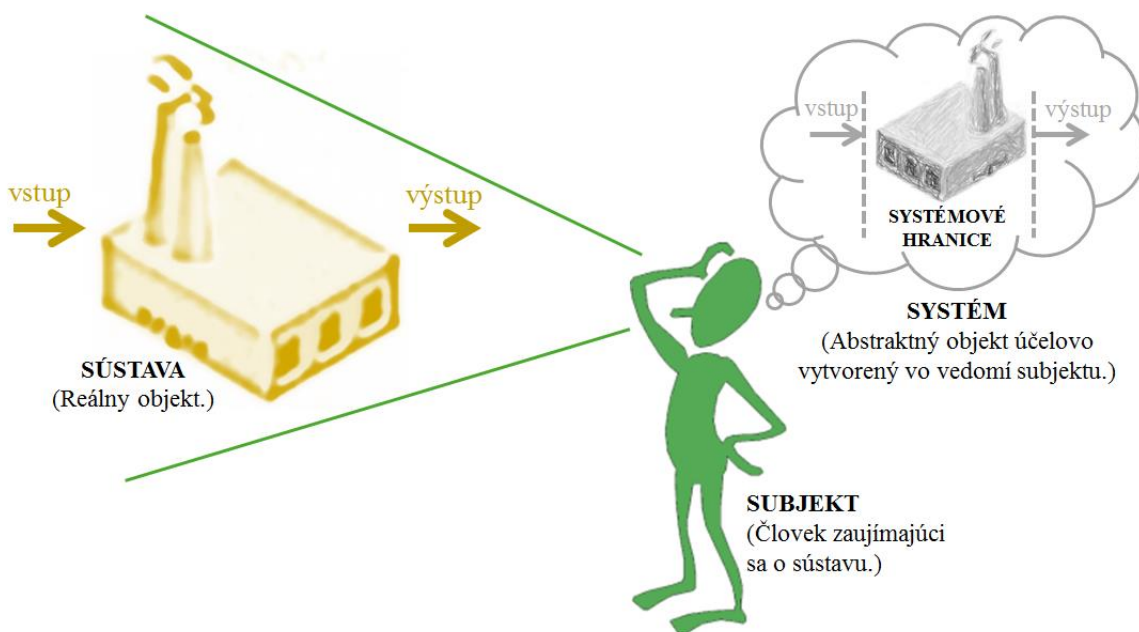
Pojem systém používame výhradne „*pre abstraktný objekt, účelovo vytvorený vo vedomí ľudí vo vzťahu k primárnemu objektu (sústave), s cieľom riešiť na tomto objekte konkrétny problém.*“ (Janiček, 2007a)

Znamená to, že komplexný problém riešime na systéme, ktorý vznikol vedome abstrakciou (zjednodušením) sústavy. V týchto konvenciách budú pojmy sústava a systém dodržované v DDP.

4.1.2 Systémové hranice

Subjekt sa môže o sústavu zaujímať ako o celok, alebo jej časť. Môže sa však zaujímať o viac sústav a skúmať ich navzájom. Z tohto dôvodu je vhodné oblasť výskumu vymedziť. Vymedzenie jasne definuje, o čo sa subjekt zaujíma, aké vstupy vo vymedzenej oblasti zohľadňuje a čo je výstupom vymedzenej oblasti. Hovoríme tak o stanovení systémových hraníc.

Stanovenie systémových hraníc je dôležité napr. aj pre vzájomné pochopenie sa subjektu ako zadávateľa projektu a subjektu ako jeho riešiteľa. Pohľad na sústavu, systém a systémové hranice uvádza Obr. 4.



Obr. 4 – Vnímanie sústavy, systému a systémových hraníc z pohľadu subjektu. (vsp.)

4.2 Metóda, metodika a metodológia, technika a štýl vedeckého poznania

Metóda, metodika, metodológia a technika sú ďalšie základné pojmy rozvíjané v DDP.

„Metóda je spôsob, ako dosiahnuť nejakého teoretického, respektíve praktického cieľa“ (Akademický slovník cudzích slov, 2005). Molnár (2007) označuje metódu „za postup, ako pomocou určitých princípov dosiahnuť pravdivého poznania“.

Akademický slovník cudzích slov (2005) definuje metodiku ako „pracovný postup alebo ako náuku o metóde vedeckej práce“. Ten istý zdroj vysvetľuje metodológiu ako „náuku o vedeckých metódach, respektíve ako výklad metód určitého vedného oboru“.

O vedeckej metóde pojednáva Maršalova (1978). Tá vedeckú metódu prirovnáva „k sústave krokov, úkonov, opierajúcich sa o určitý pojmový aparát a pravidlá, ktoré umožňujú ísť v procese poznania od už známeho k ešte neznámemu“.

Z princípov a zásad metódy vychádza technika vedeckého poznávania. Molnár (2007) popisuje techniku ako „konkrétny nástroj umožňujúci získať konkrétne údaje o skúmaných javoch“. Janíček a Ondráček (1998) upresňuje, že sa „jedná o účelný, systematický a systémový postup od zahájenia až do vyriešenia príslušného problému“.

„Spôsob zvládnutia techniky vedeckého poznania je individuálny, a preto každý akademický pracovník si vytvára vlastný štýl vedeckého poznávania.“ (Janíček a Ondráček, 1998)

4.3 Stratégia výskumu.

Slovo stratégia vysvetľuje Krátky slovník slovenského jazyka 4 (2003) ako „spôsob plánovania a riadenia činností, ktorými sa má dosiahnuť určený cieľ“. „Stratégia výskumu je teda daná stanoveným cieľom DDP a postupom jej riešenia.“ (Molnár, 2012a)

4.4 Hypotéza

Hypotéza vyjadruje určitý predpoklad, ktorý si myslí alebo konštatuje subjekt. Prevažne sa jedná o vedecky nepotvrdenú predstavu (predbežné tvrdenie) o vzťahu medzi skúmanými premennými. (Bartošek, 2011) V rámci hypotézy tak vyslovujeme domnienky, že medzi javmi existujú väzby určitého charakteru, alebo že zvolený problém je možné riešiť určitým spôsobom. (Pavlica, 2000)

4.5 Vedecké metódy skúmania

Vedecké metódy skúmania sú rozdelené na metódy empirické, logické a metódy modelovania. Pre úplnosť k nim môžeme zaradiť metódy štatistické.

4.5.1 Metódy empirické

Metódy empirické sa v odbornej literatúre, napr. Sebera (2012), Molnár (2012), delia podľa spôsobu realizácie na pozorovacie, meracie a experimentálne.

Pozorovanie

Pozorovanie popisujú Prokša a Held (2008) ako „*používanie zmyslov na zistenie istých vlastností a znakov*“ vybraných objektov. Na základe Šveca (1998) autori vymedzujú, že dôležitou vlastnosťou pozorovania je presnosť a spoľahlivosť. Vo vedeckom výskume tak ide „*o pozorovanie objektívne, zámerné, cieľavedomé, plánovité a systematické*“. (Prokša a Held, 2008).

Meranie

Ide o zisťovanie určitej miery – hodnoty. Kecer (2010) popisuje meranie ako zistenie číselnej hodnoty meranej fyzikálnej veličiny v zvolených jednotkách.

Experiment

Slovník súčasného slovenského jazyka (2006) definuje experiment ako „*vedecký postup, pri ktorom sa v upravených podmienkach skúmajú určité javy a získavajú nové poznatky*“. Janíček (2007a) člení experimenty podľa typu na: reálne, myšlienkové a počítačové.

Z reálnych experimentov získavame poznatky na základe priameho alebo sprostredkovaného merania. Meranie vykonáva a hodnotí subjekt na aktivovanom reálnom objekte. Myšlienkový experiment prebieha v mozgu subjektu a je tvorený predstavami, skúsenosťami, úvahami a vedomosťami o možnostiach riešenia problémových situácií v reálnych experimentoch. Počítačový experiment vykonáva subjekt na počítači tak, že „*sa opakovane realizuje výpočtový algoritmus určitej matematickej teórie pre definovanú množinu vstupných parametrov*“. (Janíček, 2007a)

4.5.2 Metódy logické

„*Metódy logické využívajú k vyriešeniu problému princípy logiky a logického myslenia.*“ (Janíček, 2007a) Všeobecne známe logické metódy⁶ sú: indukcia, dedukcia, analýza, syntéza, abstrakcia, konkretizácia. Medzi logickými metódami nájdeme aj formalizáciu, kvantifikáciu, analógiu a abdukciu.

⁶ Za skutočné metódy logické Janíček a Marek (2013) považujú len indukciu a dedukciu. Ostatné metódy sú používané v teórii systému a podľa neho sa do logických metód začlenili historicky. Správne by sme mali podľa nich označovať všetky vymenované logické metódy ako logicko-systémové.

Pre vybrané logické metódy sa používa názov párové metódy. Indukcia – dedukcia, analýza – syntéza, abstrakcia – konkretizácia.

Logické metódy sú podrobne rozobrané v mnohých publikáciách, preto v rámci DDP je spísaná len ich stručná charakteristika.

Indukcia: „Myšlienkový postup, pri ktorom sa z viacerých jedinečných alebo čiastkových súdov (úsudkov, pozn. autora DDP) odvodzujú všeobecné závery od jednotlivého k všeobecnému.“ (Slovník súčasného slovenského jazyka, 2011)

Dedukcia: Opak indukcie. „Myšlienkový postup od všeobecného k jednotlivému, zvláštnemu“. (Janíček a Marek, 2013) Z viacerých hypotéz vyvodzujeme výrok, ktorý je jeho logickým dôsledkom (Janíček a Marek, 2013).

Analýza: „Proces reálneho alebo myšlienkového rozkladu skúmaného objektu (javu, situácie) na jeho jednotlivé časti, ktoré sa následne stávajú predmetom ďalšieho skúmania.“ (Lorenc, 2013)

Syntéza: Dopĺňa analýzu. „Ide o zjednocovanie, zloženie nejakého predmetu, javu či procesu z jeho základných prvkov či už myšlienkovy alebo fakticky v nejaký celok.“ (Pstružina, 2002)

Abstrakcia: „Myšlienkový proces, v jeho pôsobení sa u rôznych objektov vyčleňujú len ich podstatné charakteristiky.“ (Molnár, 2012b)

Konkretizácia: „Proces vyhľadávania konkrétneho prvku z určitej triedy objektov.“ (Janíček, 2007a)

Formalizácia: „Využívanie matematických a logických metód pri vytváraní, formulácii teórie.“ (Slovník súčasného slovenského jazyka, 2006)

Janíček, Marek et al. (2013), dáva formalizácii patričný význam. Píše, že „na formalizácii je založené vytváranie systému na sústavách“ a v rámci modelovania vytvárame (formulujeme) systém podstatných veličín.

Kvantifikácia: „Proces priradzovania číselných hodnôt formalizovaným veličinám.“ (Janíček a Marek, 2013)

Analógia: „Ide o odvodenie záverov na základe podobnosti s inou sústavou, systémom či situáciou.“ (Lorenc, 2013)

Abdukcia: „Typ úsudku, pri ktorých vytvárame hypotézy pre pozorované javy.“ (Molnár, 2012b)

4.5.3 Metóda modelovania

Podrobne sa modelovaniu venujú Janíček a Ondráček (1990), Janíček (2007), Molnár (2012b), Leitner (2013) a Janíček a Marek (2013). Ich myšlienky môžem sumarizovať nasledovne:

- Modelovanie je súbor činností realizovaných na modeli, s cieľom vyriešiť problém.
- Podstatou činností v modelovaní je priradenie určitých vlastností skúmaného objektu vytváranému modelu.
- Model je teda zjednodušené zobrazenie objektu, v ktorom sú zohľadnené len podstatné veličiny. Tieto veličiny majú na chovanie modelu podstatný vplyv.
- Model je modelom v prípade, keď je prostriedkom k riešeniu problému.
- K vytvoreniu modelov sa zvyčajne pristupuje v tých prípadoch, keď je ťažké alebo nemožné skúmať problém na samotnom objekte.

V súvislosti s modelovaním sa stretne aj s pojmom simulácia, simulačné modelovanie. Ide o skutočnosť, kedy je simulácia prostriedkom k vyriešeniu problému dynamickým zobrazením objektu a prebiehajúcich procesov. O simulačnom modelovaní pojednáva DDP podkapitola 5.5.

4.5.4 Metódy štatistické

Hlavnou úlohou štatistických metód je spracovanie hromadných údajov a vyhodnotenie údajov z uskutočnených experimentov. Okrem spracovania a vyhodnocovania údajov sa štatistické metódy využívajú pre „posúdenie závislostí medzi sledovanými ukazovateľmi, pre modelovanie rôznych ekonomických javov procesov, k odhadom neznámych hodnôt“. (Molnár, 2012b)

4.6 Hodnotová analýza

Vlček (1986) definuje hodnotovú analýzu ako účelne poskladaný súbor metód, jeho náplňou je hľadanie a navrhovanie zlepšeného až zásadne nového riešenia pre skúmanú sústavu. Cieľom je zvýšiť efektívnosť sústavy.

Doležal, Máchal a Lacko (2009) píšú o dvoch fázach hodnotovej analýzy:

1. Zistenie neefektívnosti nákladov.
2. Odstránenie neefektívnosti.

U oboch fáz je dôležité využiť tvorivé myslenie a vedecké metódy skúmania. To sú základy systémového prístupu. Výsledkom činnosti sú poznatky o skúmanej sústave na základe subjektívneho, heuristického a exaktného poznania. Získané poznatky klasifikujeme, bodujeme, porovnávame, párujeme apod. Takto spracované poznatky prehľadne zapisujeme do tabuliek. (Vysloužil, 2003; Doležal, Máchal a Lacko, 2009)

O využití klasifikovania a bodovania v tabuľkách pojednáva napr. Rumíšek (1991). Zhodným alebo k sebe príbuzným poznatkom prisudzujeme dôležitosť na základe subjektívneho vnímania. Bodujeme zvolenou stupnicou (napr. od 1 do 10). „Klasifikačné hodnotenie rozširujeme o váhový faktor, ktorý sa násobí s pridelenými bodmi.“ (Rumíšek, 1991)

4.7 Tvorivé myslenie

Tvorivé myslenie subjektu je veľmi individuálne. Odvíja sa od jeho skúseností, znalostí, úrovne vzdelania, spoločenského postavenia, dôvtipu apod. Tvorivé myslenie má aj svoje metódy (napr. brainstorming, metóda pýtania sa, TRIZ⁷). (Janíček, 2007b)

Tvorivé myslenie teda vyjadruje intelekt, spôsob myslenia a osobitosť subjektu.

4.8 Grafické a grafoanalytické prostriedky

K lepšej prehľadnosti informácií ako aj dosiahnutých výsledky slúžia grafické a grafoanalytické prostriedky. Tieto prostriedky vytvárajú ucelený pohľad na údaje prostredníctvom tabuliek, grafov, diagramov, schém apod. Týmto uceleným pohľadom tak máme lepšiu možnosť vidieť súvislosti medzi zobrazeným súborom veličín, ich vzájomnú závislosť, nadväznosť, štruktúrovanosť apod.

⁷ TRIZ (Tvorba a riešenie inováčných zadaní) je zovšeobecňovanie úspešných postupov, ktoré boli patentované. Cieľom je zvýšiť tvorivý potenciál riešiteľov inováčných zadaní. (Co je TRIZ | Trizing, 2010)

Rumíšek (1991) považuje grafické a grafoanalytické prostriedky za jednoduchú dátovú informačnú banku s vysokou vypovedajúcou schopnosťou. „Mnohé tieto prostriedky však nie sú len informatívne pomôcky, ale majú dôležitú rolu aj v etape vlastného spracovania návrhu riešenia a sú priamo dokumentačným materiálom.“ Rumíšek (1991)

Medzi grafické a grafoanalytické prostriedky radia Muther (1970); Rumíšek (1991) a Hlavenka (1999):

- Šachovnicovú tabuľku.
- Krížovú tabuľku vzťahov.
- Sankeyov diagram intenzity toku materiálu.
- Diagram P-Q, ktorý zaznamenáva sériovosť výroby.
- Schému pevnosti vzťahov a väzieb medzi jednotlivými oblasťami výrobnjej spoločnosti.
- Schému dispozičného riešenia výrobnjej spoločnosti.
- Blokové schéma výroby.

Ukážky vybraných grafických a grafoanalytických prostriedkov uvádza Príloha 2.

Dokumentačné materiály sa stále obmieňajú a prispôbujú potrebám subjektov. Preto sa vo výskumnej činnosti a praxi stretujeme s ich modifikáciou (napr. bodovacia a klasifikačná tabuľka, špagetový diagram apod.).

4.9 Zhrnutie kapitoly 4

Kapitola 4 pomenováva a definuje vybrané prístupy a vedecké metódy skúmania. Vybrané znamená, že sa jedná o tie prístupy a metódy, kde je predpoklad ich priameho využitia v doktorskej dizertačnej práci. Záver kapitoly 4 patrí grafickým a grafoanalytickým metódam, ktorých úlohou je sumarizovať informácie a dosiahnuté výsledky v rámci doktorskej dizertačnej práce a zvýšiť tak jej vypovedajúcu schopnosť.

Prístupov a vedeckých metód skúmania je mnoho. Mnohé z nich používame podvedome, na základe racionálneho uvažovania. Podvedomé používanie prístupov a metód súvisí aj s tvorivosťou subjektu, pričom tvorivé myslenie subjektu podlieha individualite.

Zhrnutie: Dodržať prístupy a vedecké metódy skúmania nám pomôže sceliť poznatky a lepšie pochopiť Stabilitu produkcie. Ako s týmito poznatkami naložiť, už výhradne závisí na mojom tvorivom myslení (autora predloženej práce).

5 VŠEOBECNÉ ZNALOSTI

5.1 Výrobný organizmus

Chrudina (1988) o výrobnom organizme píše, že „je to útvar (výrobná organizačná jednotka) s dynamickým chovaním, vytvorený ľuďmi k výrobnému účelu“. Pre Valentu (1969) má pojem výrobný organizmus relatívny význam. „Môže predstavovať dielňu vo výrobnom podniku, kompletný výrobný závod alebo celé priemyselné odvetia.“

„Výrobný organizmus je komplex elementov (prvkov) výroby, prepojený systémom vzťahov, ktoré vytvárajú jeho štruktúru.“ (Chrudina, 1988)

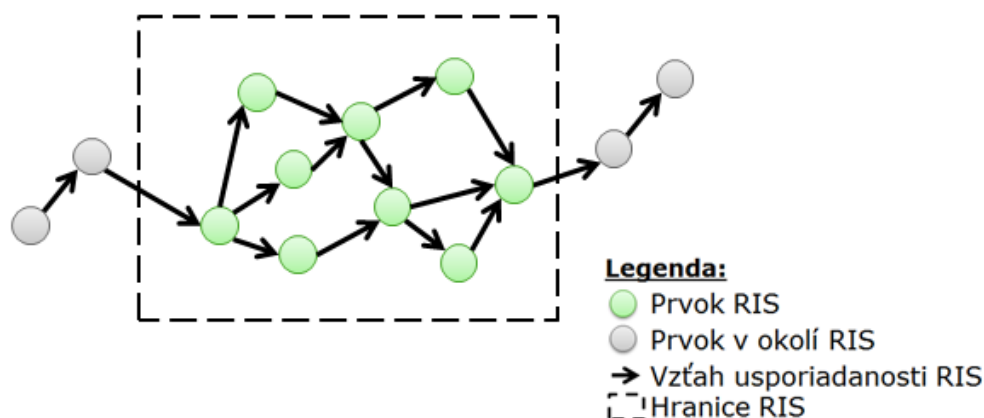
Dostávame sa tak k poznatku, že za výrobný organizmus môžeme považovať akékoľvek výrobné celky, výrobné jednotky, ktoré sú relatívne uzavreté od svojho okolia. Znamená to, že „sú ohraničené priestorovo, ekonomicky, organizačne“ apod. (Hlavenka, 1987)

To, že za organizmus môžeme považovať napr. aj výrobnú spoločnosť, pripúšťa Krátky slovník slovenského jazyka (2003) a Slovník cudzích slov (akademický) (2005). Ako druhotný význam slova organizmus uvádzajú: „Usporiadane a účelne zložený celok usposobený na určité funkcie“.

5.2 Relatívne izolovaný systém

Relatívne izolovaný systém (RIS) je vedome vytvorený systém, s cieľom zjednodušiť vzťah medzi prvkami sústavy a jej usporiadanosť. Podrobne sa RIS venuje Valenta (1969). Píše, že „RIS je taký celok, že jeho vnútorná štruktúra organizovanosti je relatívne nezávislá na organizovanosti okolia. Tento celok je teda organizovaný s vnútornou autonómiou, nie je však celkom nezávislý na organizovanosti okolia.“

V jednoduchšom pojatí: „Celok (výrobný organizmus) je od okolia jasne oddelený, na svoje okolie však nadväzuje hmotnými (látkovými), energetickými a informačnými vstupmi a výstupmi.“ (Hlavenka, 1987)



Obr. 5 – Štruktúra relatívne izolovaného systému. (upr.: Valenta, 1969)

Na Obr. 5 je znázornená štruktúra RIS podľa Valenty (1969). Štruktúra vystihuje súhrn všetkých prvkov a ich vzťahov, ktoré RIS obsahuje v rámci seba samého, tak aj s jeho okolím.

Prvky RIS komunikujú so svojim okolím v prípade, že existuje vzťah usporiadanosti. Keď vzťah usporiadanosti existuje, prvok RIS komunikuje s prvkom v okolí RIS. Platí, že prvok v okolí RIS je za hranicami RIS. Následne vzťahom usporiadanosti prebieha hmotná (látková), energetická a informačná výmena. Hovoríme, že ide o aktívnu väzbu.

Aktívnu väzbu popisuje Janiček (2007a): „Zjedného prvku na druhý sa prenáša určité silové pôsobenie, látka, energia, informácia apod., súhrnne vyjadrené určité médium.“ V tejto súvislosti zavádza Janiček (2007a) pojem interakcia, čo vysvetľuje ako prechod média medzi prvkami prostredníctvom aktivovanej väzby.

Podľa toho, či RIS prostredníctvom interakcie prijíma alebo odovzdáva hmotu (látku), energiu, informáciu, hovoríme o vstupe alebo o výstupe RIS (Obr. 6).



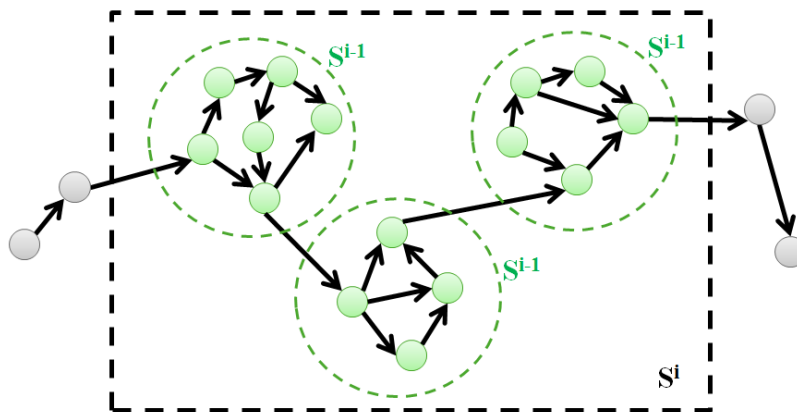
Obr. 6 – Vstupy a výstupy relatívne izolovaného systému. (upr.: Valenta, 1969)

5.2.1 Výrobný organizmus ako relatívne izolovaný systém

Jednou z vlastností výrobného organizmu ako RIS je, že sa môže ďalej vyvíjať. Za podmienky bohatých interakcií môže výrobný organizmus s ostatnými výrobnými organizmami vytvárať nové, väčšie výrobné celky. (Valenta, 1969)

Valenta (1969) ďalej píše, že tieto „výrobné organizmy sa potom stávajú prvkami väčšieho výrobného organizmu a ich vzájomné vstupy a výstupy predstavujú vo vnútri tohto väčšieho výrobného organizmu vzťahy jeho vnútornej usporiadanosti (vnútornej organizácie)“.

Vzniká tak hierarchia, prostredníctvom ktorej rozoznávame výrobné organizmy rôznych rádo. Výrobné organizmy nižšieho rádu sa tak môžu stať prvkami výrobného organizmu vyššieho rádu (Obr. 7).



Legenda:

- | | | | |
|-----------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| S^{i-1} | Výrobné organizmy nižšieho rádu | \square | Hranice S^i |
| S^i | Výrobný organizmus vyššieho rádu | \circ | Hranice S^{i-1} |
| \circ | Prvky S^{i-1} | \rightarrow | Vzťah usporiadanosti |
| \bullet | Prvky v okolí S^i | | |

Obr. 7 – Výrobné organizmy nižšieho rádu ako prvky výrobného organizmu vyššieho rádu. (upr.: Valenta, 1969)

5.3 Proces, výrobný proces

RIS znázornený na Obr. 6, prijíma hmotu (látku), energiu, informáciu za účelom ich využitia a zmeny. Následne ich odovzdáva pre potreby ďalšieho RIS. Samotné využitie a zmenu môžeme priradiť k procesu.

5.3.1 Proces a jeho grafický model

Základnú definíciu procesu udáva norma ČSN EN ISO 9001 (2009). Za proces považuje „akúkoľvek činnosť alebo súbor činností, ktoré využívajú zdroje a sú riadené za účelom premeny vstupov na výstupy“. ČSN EN 60300-2 (2005) o procese uvádza 3 doplnujúce poznámky:

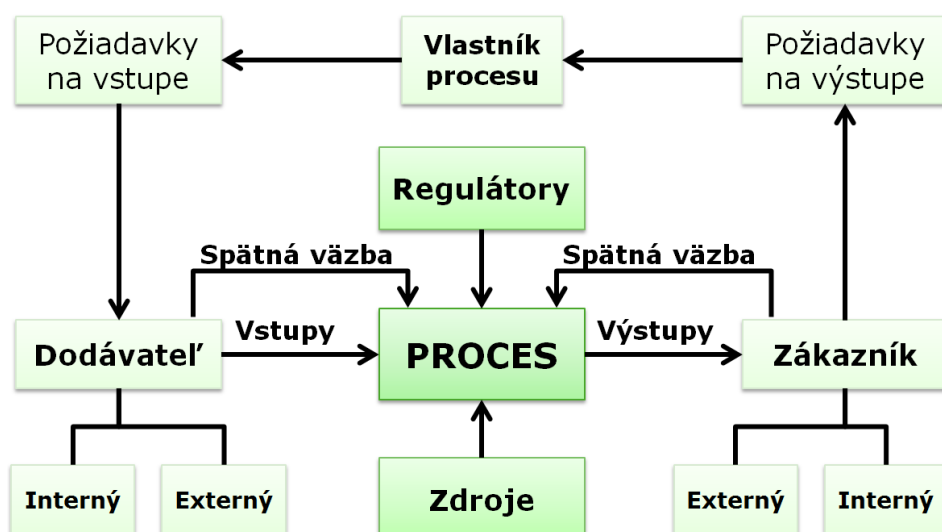
- Poznámka 1. „Vstupy nejakého procesu sú všeobecne výstupy z iných procesov.“
- Poznámka 2. „Aby procesy pridávali hodnotu⁸, sú v organizácii všeobecne plánované a uskutočňované za riadených podmienok.“
- Poznámka 3. „Proces, u ktorého nemôže byť zhoda výsledného výrobku ľahko alebo ekonomicky overená, sa často označuje za „zvláštny proces.““

Základnú definíciu procesu nájdeme aj v odbornej literatúre. Autori ako Grasseová, Dubec a Horák (2008), Řepa (2007), Fiala a Ministr (2003), Hammer a Champy (2000), Kryšpín (2005) podstatu základnej definície ČSN EN ISO rozširujú a dopĺňajú podľa vlastného úsudku, či odborného zamerania. Napr.:

„Proces je súbor vzájomne súvisiacich alebo vzájomne pôsobiacich činností, ktoré dávajú pridanú hodnotu vstupom pri využití zdrojov a premieňajú ich na výstupy, ktoré majú svojho zákazníka.“ (Grasseová, Dubec a Horák, 2008)

Fiala a Ministr (2003) uvádzajú proces ako „účelne naplánovanú a realizovanú postupnosť činností, ktorými za pomoci zodpovedajúcich zdrojov prebieha v riadených podmienkach transformácia vstupov na výstupy“.

Cienciala (2011) definuje proces ako „množinu vzájomne prepojených činností, meniacich vstupy na výstupy za potreby zdrojov v regulovaných podmienkach“. Jeho grafický model procesu znázorňuje na Obr. 8.



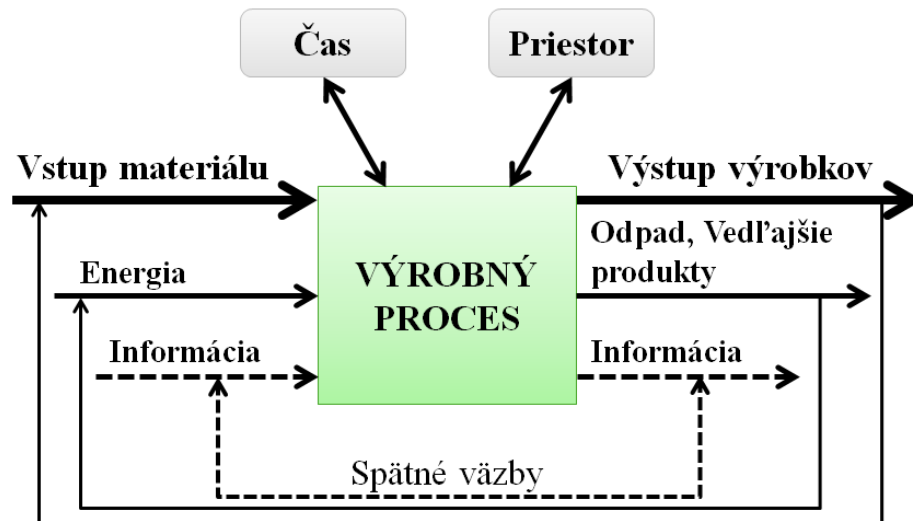
Obr. 8 – Grafický model procesu. (prev.: Cienciala, 2011)

⁸ Viac o pridanej hodnote v kapitole 6.

5.3.2 Výrobný proces

Výrobný proces popisuje Vigner (1984) ako „súhrn pracovných, technologických a prírodných procesov, ktorých účelom je meniť tvar, zloženie, akosť a spojenie pracovných predmetov za účelom získania využiteľnej hodnoty“.

Významný vplyv na výrobný proces má podľa Budy (1985) pôsobenie času a priestoru. S týmto názorom sa zhoduje aj Jirásek (1998). Grafický model výrobného procesu podľa Budy je na Obr. 9.



Obr. 9 – Grafický model výrobného procesu za pôsobenia času a priestoru. (upr.: Buda, 1985)

5.3.3 Charakteristiky procesu

Charakteristiky procesu zachytáva vo svojom článku Krajčík (2013) podľa Earla takto: „Opakovateľný sled činností, riadený vlastníkom procesu, ich výsledkom je merateľný výstup, ktorý uspokojuje niekoho potrebu.“

Proces tak charakterizujú: opakovateľnosť, merateľnosť, vlastníci, vstupy a výstupy, interný/externý zákazník.

Aby sme tieto charakteristiky mohli sledovať a identifikovať, je potrebné „vždy vymedziť začiatok a koniec procesu“ (Grasserová, Dubec a Horák, 2008).

5.4 Výrobok

Výrobok je výsledkom procesu. Synonymický slovník slovenčiny (2004) upresňuje, že výrobok je výsledkom výrobného procesu. Z interpretácie noriem ČSN EN ISO rady 9000 je výrobok „výsledkom súboru vzájomne nadväzujúcich činností alebo vzájomne pôsobiacich činností, ktoré premieňajú vstupy na výstupy“.

Spoločne s výrobkom je potrebné vymedziť pojmy ako zákazník a dodávateľ. Podľa normy ČSN EN ISO 9000 je zákazník ten, čo výrobok prijíma a dodávateľ ten, čo výrobok poskytuje.

Hutyrá (2007) píše, že úlohou výrobcu je plniť požiadavky očakávané zákazníkmi. Čadilová (2000) dodáva, že zhrnutie všetkých znakov výrobcu, ktoré požaduje zákazník, nájdeme v normách ČSN EN ISO pod názvom Systémy managementu kvality. „Manažment

kvality znamená, že spoločnosť ručí za to, že jej výrobky vyhovujú požiadavkám zákazníkom.“ (Čadilová, 2000)

Pernica (2005) tvrdí, že *„chovanie spoločností sa zásadne podriadiť praniu zákazníkov“*. Vznikajú požiadavky zákazníkov. ČSN EN ISO 9000 definuje požiadavku ako *„potrebu alebo očakávanie, ktoré sú stanovené, všeobecne sa predpokladajú a sú záväzné“*.

Požiadavky zákazníkov na jeden druh výrobku sú rozdielne. Preto jednotlivé spoločnosti zvyšujú rozmanitosť svojich výrobkov. Napríklad jeden druh výrobku si koncový zákazník môže kúpiť v rôznych obmenách.

Rozmanitosť výrobkov nazývame pojmom výrobová diferenciácia. (Kotler a Keller, 2007) Medzi výrobky s vysokou diferenciáciou patria napr. automobily, budovy, nábytok, spotrebná elektronika apod. Sú to výrobky *„s rôznym dizajnom, vlastnosťami, kvalitou výkonu, kvalitou zhody, trvanlivosti, spoľahlivosti, opraviteľnosti a štýlu“*. (Kotler a Keller, 2007)

Inovácia výrobku

Rumíšek (1991) a Hlavenka (2008) pojednávajú o spracovaní komplexného zadania pre celý životný cyklus výrobku (vývoj, výroba, využitie). Cieľom spracovania komplexného zadania je dostať na trh vhodný výrobok k zákazníkovi vo vhodnom okamžiku a za výhodnú cenu. Tým sa zabezpečí maximálna využiteľná hodnota pre zákazníka a výrobnú spoločnosť (Rumíšek, 1991)

Zavedenie nového výrobku na trh súvisí s inováciou. Inovácia podľa Rumíška (1991) je každá zmena v štruktúre sústavy, znamenajúca prechod k novému. Rozvojová agentúra Trenčianskeho samosprávneho kraja n.o. (2010) pokladá inováciu výrobkov ako človekom cieleňú navrhovanú zmenu pre uvedenie nových alebo významne vylepšených výrobkov.

Inovácia výrobku je tak rozdelená na fázu rozširovania a fázu ústupu. Spoločne tieto fázy definujú životný cyklus inovácie. S ohľadom na zrýchľovanie technického rozvoja sa životný cyklus inovácie neustále skracuje (Hlavenka, 2005).

5.5 Materiálový tok

Materiálový tok uvádzaný aj ako tok hmotný, definujú Šebo a Fedorčáková (2008) ako *„organizovaný pohyb materiálu od zdrojov surovín cez ich prvotné spracovanie, ich zhodnotenie vo výrobnom procese až po dodanie hotového výrobku konečnému užívateľovi, respektíve až ku spracovaniu odpadu“*.

Obdobne bol materiálový tok definovaný aj v starších publikáciách. Napr. Jílek (1986): *„Materiálový tok je definovaný ako organizovaný pohyb hmôt vo výrobnom procese a v obehu“*. Jílek odlišuje materiálový tok ako záležitosť výrobného procesu od obehového materiálového toku. Pritom obehový materiálový tok spája s pohybom materiálu v priestore a čase. Ide o *„skutočné premiestňovanie materiálu z miesta na miesto, od jeho ťažby až po konečnú finálnu spotrebu.“* (Jílek, 1986)

Zaujímavé je, že Jílek (1986) sa už v 80. rokoch 20. storočia zaoberal racionalizáciou materiálového toku v obehu. K tomuto uvádza prehľad, čo ovplyvňuje plynulosť a intenzitu materiálového toku. Z tohto prehľadu vyberám určené body vzťahujúce sa na aktuálnu dobu:

- Zvyšovanie rozmanitosti vyrábaných výrobkov, čiže výrobová diferenciácia.
- Územné rozloženie výrobných oblastí, dispozičné riešenie výrobných procesov a úroveň technického vybavenia.
- Nepravidelnosť rytmu medzi výrobou a spotrebou.

- Úroveň riadenia tokov a výmeny informácií.
- Vzťah medzi finálnym výrobcom a jeho dodávateľmi znamená: plnenie požiadaviek; spoľahlivosť predania informácií; plnenie stanovených termínov apod.

Podrobnejší náhľad na materiálové toky prinášajú Brunner a Rechberger (2004). Analýzu materiálových tokov chápu ako systematické posúdenie tokov a skladov materiálu v rámci sústavy definovanej v čase a priestore.

Analýza materiálových tokov predovšetkým zahŕňa zmapovanie intenzity, prepraveného druhu a množstva materiálu, logiky riadenia prepravy apod. Výstupy z týchto analýz môžeme prehľadne uviesť v tabuľkách (napr. šachovnicová, krížová tabuľka vzťahov) a grafickom spracovaní (napr. Sankeyov diagram, blokové schéma výroby).

V odborne zameraných literatúrach môže nájsť pojmy ako logistický tok, výrobný tok, hmotný tok apod. V základnom význame všetky tieto modifikácie sú ekvivalentom materiálového toku. Modifikácia názvu závisí od odborného zamerania subjektu.

5.6 Pohyb materiálu v materiálovom toku

Pohyb materiálu v materiálovom toku má byť usmernený, nepretržitý, rýchly, čo najkratší, priamy, s ohľadom na výrobok ideálne jednokusový⁹ a hodnototvorný. (Liker, 2007; Jirásek, 1998)

V základnom poňatí uvažujeme o pohybe materiálu v materiálovom toku ako o doprave materiálu z vopred určeného miesta do miesta požadovaného.

Napr. Rumíšek (1991) rozdeľuje dopravu z pohľadu výrobnéj spoločnosti na vonkajšiu (prebiehajúcu mimo závod) a vnútornú (prebiehajúcu vo vnútri závodu). Vnútnú potom ďalej delí podľa Tab. 4.

Tab. 4 – Rozdelenie dopravy materiálu v materiálovom toku. (upr.: Rumíšek, 1991)

<i>Doprava</i>	<i>Vlastnosť</i>	<i>Druh dopravy</i>	<i>Vlastnosť</i>
Vnútná	Zaistenie prepravy materiálu vo vnútri výrobnéj spoločnosti.	Dielenská (Medziobjektová)	Zaistenie prepravy materiálu medzi výrobnými strediskami.
		Medzioperačná (Vnútroobjektová)	Zaistenie prepravy materiálu medzi pracoviskami.
Vonkajšia	Zásobovanie výrobnéj spoločnosti z okolia sústavy.	–	–

Hlavenka (2008) pohyb materiálu v materiálovom toku pojíma ako manipuláciu. Ide o fyzické premiestňovanie materiálu. Medzi manipulačné úkony Hlavenka (2008) radí:

- nakládku;
- súvislé prevádzkovanú prepravu;
- váženie a balenie materiálu.

⁹ Jednokusový v zmysle jeden výrobok na jeden proces. Opakom je výroba v dávkach.

Z hľadiska systémového prístupu je dekompozícia manipulácie s materiálom na súbor prvkov a vzťahov podľa Hlavenky (2008) nasledovná:

1. Prvky:

- Pracovníci manipulácie s materiálom.
- Pomôcky a zariadenia, ktoré pracovníci manipulácie s materiálom v procese potrebujú k vykonávaniu svojich povinností.
- Materiál, polotovary, subdodávky a výrobky, ktoré sú v procese manipulácie prepravované z miesta odosielateľa k miestu príjmu, alebo sú skladované, vážené a balené.

2. Vzťahy:

- Pracovné postupy a technologické princípy, ktoré sú využívané pri skladovaní, vážení, balení a preprave materiálu.
- Rôzne druhy energií využívané v procese manipulácie s materiálom.
- Prepravné, skladovacie, baliace služby výrobného procesu.
- Organizačné vzťahy, ktoré v celku tvoria organizovanosť manipulácie s materiálom.

Manipuláciu s materiálom v materiálovom toku tak zabezpečujú manipulačné prostriedky (napr. pásové a podvesné dopravníky, valčekové trate, zdvíhadla, výťahy, mostové a podvesné žeriavy, koľajové prostriedky, ručné, akumulátorové a motorové vozíky, vysokozdvížné vozíky atď.). Doprava materiálu je uskutočňovaná samostatne alebo prostredníctvom paletizácie, kontajnerov apod. (Rumíšek, 1991; Hlavenka, 2008)

5.7 Informačný tok

Informačný tok je tokom nehmotným. Vo všeobecnosti „*nehmotná stránka spočíva v premiestňovaní (eventuálne uchovávaní) informácií.*“ (Pernica, 1998) Pernica (1998) za informačný tok považuje napr. aj premiestňovanie peňazí v bezhotovostnej forme.

Z hľadiska výroby uvažujeme o informačnom toku ako o súčasť materiálového toku. Pohyb materiálu vedie k vytvoreniu informácií, ktoré môžu byť použité k vytvoreniu alebo usmerneniu ďalšieho pohybu materiálu. Spracovanie informácií má viesť k organizovanému, plynulému, cieľavedomému riadeniu materiálového toku a jeho spätnej kontrole.

5.8 Simulačné modelovanie

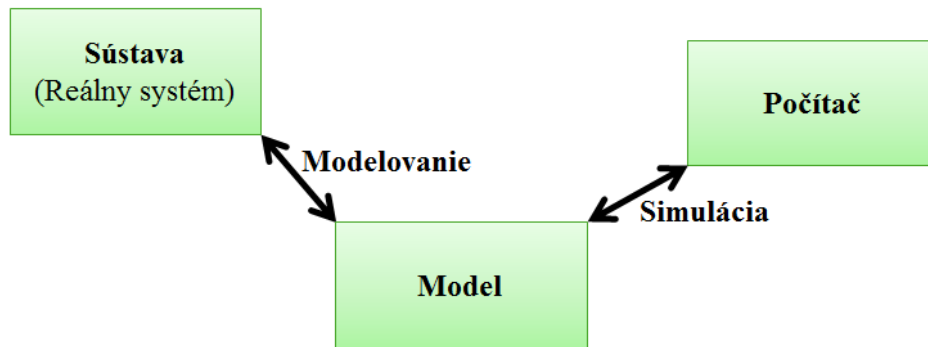
„*Simulačné modelovanie je založené na poznatkoch z teórie pravdepodobnosti, štatistiky, operačného výskumu, teórie systému a informatiky.*“ Dlouhý et al. (2007)

Dlouhý et al. (2007) ďalej popisuje, že simulačné modelovanie sa využíva na:

- Analýzu dynamického chovania zložitej sústavy.
- Analýzu citlivosti získaného riešenia na zmenu rôznych parametrov modelu (analýza „Čo sa stane, keď...?“).
- Porovnanie výkonnosti rôznych variant usporiadania sústavy podľa zadaných kritérií pre jej optimalizáciu.
- Nahradenie experimentu na sústave, ktorý nie je možné uskutočniť v praxi, za experiment na počítači.

Simulačné modelovanie vzniká vhodnou abstrakciou skúmanej sústavy. Dostávame tak systém. V simulačnom projektovaní miesto pojmu systém používame pojem model.

Ziegler (1976) využíva k vysvetleniu simulačného modelovania tri základné prvky, a to sústavu, model a počítač. Tieto prvky spája väzbami modelovanie a simulácia. (Obr. 10).



Obr. 10 – Väzby modelovanie a simulácia medzi sústavou, modelom a počítačom. (upr.: Ziegler, 1976)

5.8.1 Simulácia

Nemecká literatúra pri vysvetlení pojmu simulácia vychádza z normy VDI 3633 (2000). Norma uvádza simuláciu ako zobrazenie sústavy s jej dynamickými procesmi pomocou simulačného modelu.

Anglická literatúra popisuje simuláciu ako napodobenie prevádzky sústavy v reálnom svete procesov alebo v priebehu času. (Banks, Carson, Nelson a Nicol, 2000) Ide o predmet štúdia s využitím počítačov, pričom „cieľom je napodobniť chovanie sústavy“. (Hamilton, Nash a Pooch, 1997)

Tuzemská literatúra považuje za základnú myšlienku simulácie napodobniť chod pomerne zložitej sústavy pomocou počítačového modelu a následne pri experimentovaní s modelom pozorovať chovanie tejto sústavy. (Dlouhý et al., 2007))

Experimentovania sa dotýka aj norma VDI 3633 (2000), ktorá v širšom pojmání, spája simuláciu s prípravou, uskutočnením a vyhodnotením konkrétnych experimentov pomocou simulačného modelu. Vedomými zásahmi do simulácie teda môžeme získať prevádzkové charakteristiky sústavy. (Banks, Carson, Nelson a Nicol, 2000)

Zložitosť sústavy, o ktorom hovorí Dlouhý et al. (2007) je relatívny pojem. Ako sám píše, simuláciám sa venujeme v prípade, že skúmaný problém nie je možné riešiť analytickými postupmi. Čiže postupmi, ktoré vedú k presnému riešeniu.

Simulácie teda prednostne využívame pri skúmaní sústav pravdepodobnostných a dynamických. (Dlouhý et al., 2007)

5.8.2 Modelovanie

Akademický slovník cudzích slov (2005) vysvetľuje modelovanie ako „reprodukcii vybraných vlastností študovaného objektu na modeli na výskumné účely“.

Študovaný objekt je v našom prípade sústava, reálny alebo abstraktný objekt. Za účelom ich skúmania vytvárame modelovaním ich model.

5.8.3 Model

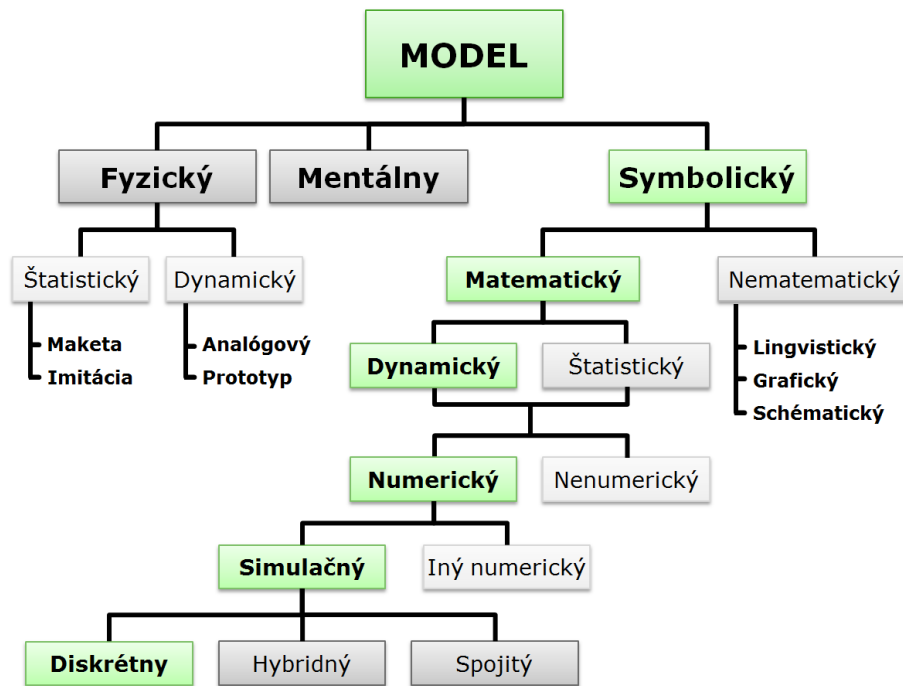
Norma VDI 3633 (2000) definuje model ako zjednodušenú napodobneninu reálneho alebo abstraktného objektu (sústavy) s jeho kľúčovými procesmi. Kľúčové procesy sú dané riešeným problémom, ktorý chceme prostredníctvom modelu na sústave skúmať.

Bangsow (2010) dodáva, že „odlišnosť modelu od originálu vo významných vlastnostiach je daný stanovenou toleranciou“.

Pre úplnosť, Akademický slovník cudzích slov (2005) interpretuje model z odborného hľadiska ako „schému, zjednodušenie javu alebo predmetu slúžiaceho na ich skúmanie a vysvetlenie“. Pre nás zaujímavý je ešte výklad z hľadiska výpočtovej techniky. Ten istý zdroj model uvádza ako „vyjadrenie, ktoré zachováva z hľadiska svojho cieľa podstatné črty originálu“.

Všetky kľúčové procesy, významné vlastnosti a črty, ktoré chceme zahrnúť do modelu, musia byť známe ešte pred začatím modelovania.

Existuje viac druhov modelov. Do skupín ich zaraďujeme podľa istých hľadísk. Klasifikácia modelov podľa Daňka (2002) je na Obr. 11. Z hľadiska dosiahnutia cieľa DDP sa budem zaoberať modelom numerickým simulačným, konkrétne diskretným.



Obr. 11 – Klasifikácia modelov. (prev.: Daněk, 2002)

5.8.4 Simulačný model

Zieglerovo (1976) znázornenie simulácie ako väzby medzi modelom a počítačovým simulačným programom na Obr. 10 vytvára celok – simulačný model.

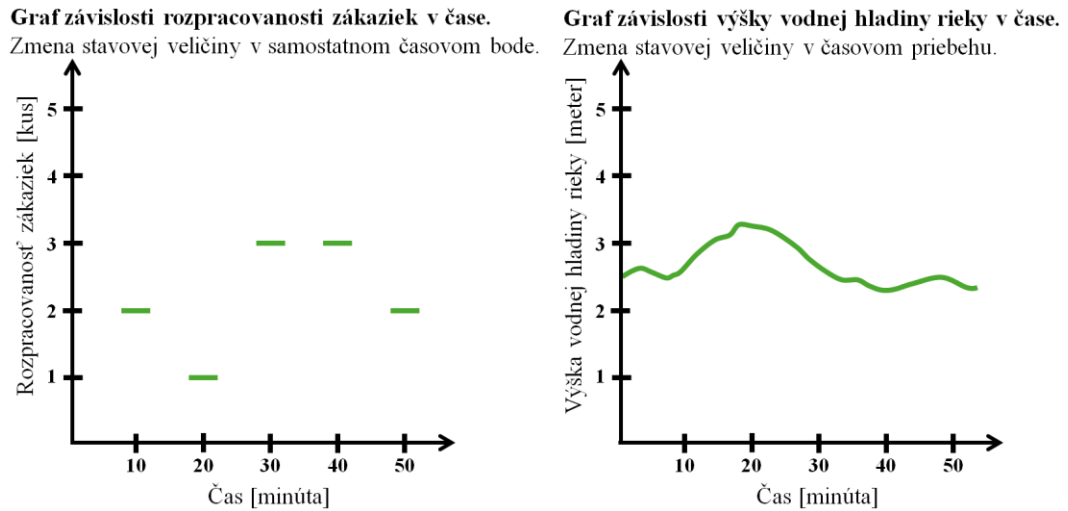
Simulačný model nadobúda nové, vyššie vlastnosti, ktoré využívame v rámci činností simulačného modelovania.

Simulačné modely kategorizujeme rôzne. Významným kritériom je čas a pravdepodobnosť.

Kritérium času

Z pohľadu spôsobu zachytenia času kategorizujeme simulačné modely na spojité a diskrétny. U spojitých simulačných modelov sa stavové veličiny postupne menia v závislosti na čase. (Law, 2007) Ide o plynulý priebeh zmien stavových veličín v priebehu času. (Banks, Carson, Nelson a Nicol, 2000) Príkladom je simulačný model potrubia, ktorým preteká voda. V každom mieste potrubia sa v priebehu času mení prietok vody plynule.

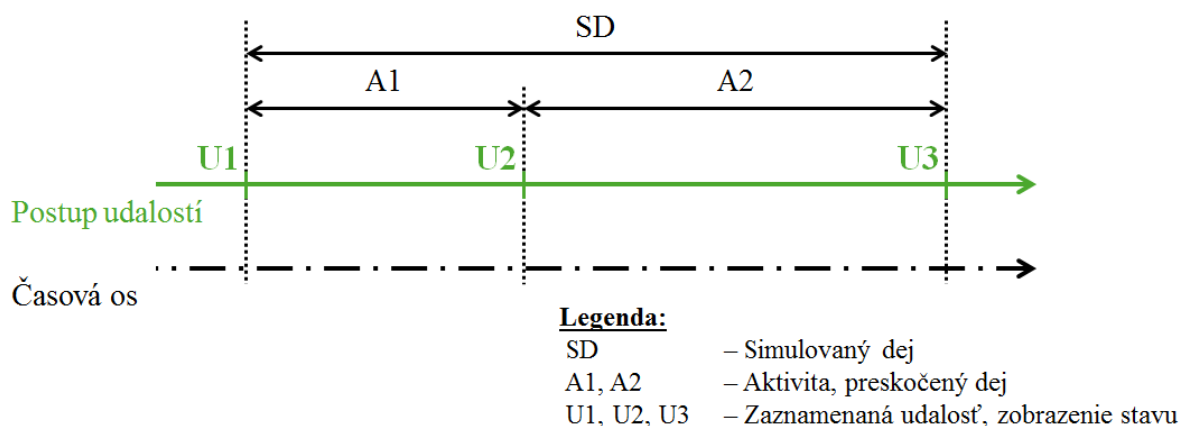
Simulačné modely diskretných udalostí¹⁰ zaznamenávajú zmeny stavových veličín v samostatných časových bodoch. Stavové veličiny sa v časovom bode menia okamžite za podmienky, že mohlo dôjsť k vykonaniu ich zmien. (Law, 2007) Porovnanie zmeny stavových veličín v čase medzi simuláciou diskretnou a spojitou zobrazuje Obr. 12.



Obr. 12 – Grafické porovnanie spojitého a diskretného simulačného modelu. (upr.: Banks, Carson, Nelson a Nicol, 2000)

Dlouhý et al. (2007) zmenu stavovej veličiny posudzuje ako udalosť v okamžiku času. ČSN EN 60300-3-2 (2005) definuje udalosť ako to, čo sa stáva sústave (napr. vylepšenie, uvedenie do chodu, porucha, výmena apod.). Príčinou nastania udalosti na sústave je prostredie. Prostredie nepretržite alebo prerušovane namáha sústavu a dôsledkom toho je nastanie už popisovanej udalosti. (ČSN EN 60300-3-2, 2005)

„Interval medzi dvomi udalosťami, kedy sa v modeli nič dôležité z hľadiska pozorovaných veličín nedeje, je preskočený.“ Dlouhý et al. (2007) Týmto spôsobom sa zachycujú dynamické vlastnosti sústavy. (Štoček, 2004) Obr. 13 znázorňuje princíp simulovaného deja s vlastným vyobrazením udalostí, preskočením deja a aktivitami.



Obr. 13 – Princíp simulovaného deja s jeho zobrazením, to jest udalosťami a preskočením, aktivitami. (upr.: Štoček, 2004)

¹⁰ Doslovný preklad z anglického *Discrete-event Simulation Models*. U nás nazývané ako *simulácie diskretných udalostí*.

Kritérium pravdepodobnosti

Z pohľadu pravdepodobnosti, teda začlenenia náhodných javov, poznáme simulačné modely deterministické a stochastické. „V prípade deterministických simulačných modelov získame presné riešenie, zatiaľ čo v prípade stochastických (pravdepodobnostných) modelov je výsledkom štatistický odhad skutočných hodnôt výstupných ukazovateľov.“ (Dlouhý et al., 2007)

„Rozdiel medzi deterministickými a stochastickými modelmi sa prejavuje až vo fáze spracovania, vyhodnocovania a interpretácie výsledkov, pretože výsledky získané na základe stochastických modelov je potrebné považovať za hodnoty náhodných veličín.“ (Štoček, 2004)

Stochastike, náhodným veličinám a pravdepodobnostným funkciám, sa s ohľadom na simulácie a simulačné modelovanie venujú vo svojich publikáciách napr. Kleijnen a Groenendaal (1992), Law (2007), Banks, Carson, Nelson a Nicol (2000), Dlouhý et al. (2007) a Štoček (2004).

5.8.5 Spôľahlivosť

Začlenením pravdepodobnosti do simulačného modelu stanovujeme jednotlivým prvkom simulačného modelu ich spoľahlivosť. Predovšetkým sa jedná o spoľahlivosť technického zariadenia. Spôľahlivosť technického zariadenia vychádza z náhodného javu – poruchy. Po poruche je technické zariadenie v poruchovom stave. (ČSN IEC 50(191), 1993)

Spôľahlivosť technického zariadenia je nekvantitatívna a používame ju ako súhrnný termín pre popis pohotovosti a faktorov, ktoré ju ovplyvňujú. Faktormi sú bezporuchovosť; udržiavateľnosť a zabezpečenosť údržby (Obr. 14). (ČSN IEC 50(191), 1993)



Obr. 14 – Spôľahlivosť pre popis pohotovosti a faktorov, ktoré ju ovplyvňujú. (prev.: ČSN IEC 50(191), 1993)

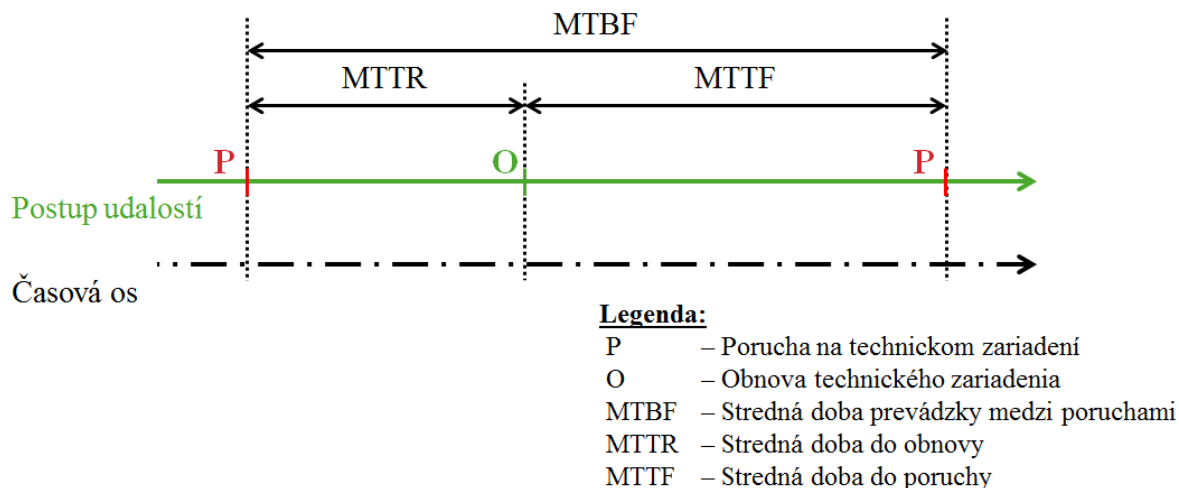
„Pohotovosť je schopnosť technického zariadenia byť v stave schopnom plniť požadované funkcie v daných podmienkach, danom časovom okamžiku alebo v danom časovom intervale. Táto schopnosť závisí na bezporuchovosti; udržiavateľnosti a zabezpečenosť údržby.“ (ČSN IEC 50(191), 1993) Plnenie požadovanej funkcie platí za predpokladu, že sú zaistené všetky požadované prostriedky (napr. údržba, organizačné a logistické služby, energetické zaistenie apod.)

Definovanie faktorov podľa normy ČSN IEC 50(191) (1993):

- **Bezporuchovosť** technického zariadenia predstavuje plnenie požadovanej funkcie v daných podmienkach a v danom časovom intervale.
- **Udržiavateľnosť** vyjadruje zotrvanie alebo vrátenie technického zariadenia do stavu schopnom plniť požadovanú funkciu v daných podmienkach používania.
- **Zabezpečenosť údržby** technického zariadenia vymedzuje poskytovanie potrebných údržbárskych služieb podľa požiadavkou a potrieb prevádzkových podmienok a konceptu údržby.

Norma ČSN ISO/IEC 2382-14 (1999) udáva: „Keď pohotovosť technického zariadenia neovplyvňujú iné vonkajšie prostriedky, než prostriedky údržby, ide o pohotovosť vlastnú.“ Okrem vlastnej pohotovosti je definujeme pohotovosť okamžitú, strednú, prevádzkovú atď. (Katukoori, 2009)

Vlastná pohotovosť je daná strednou dobou do obnovy (MTTR), pre jedno zariadenie strednou dobou do poruchy (MTTF) a pre viac zariadení strednou dobou medzi poruchami (MTBF). Grafické vymedzenie doby MTTR, MTTF a MTBF znázorňuje Obr. 15.



Obr. 15 – Grafické vymedzenie doby MTTR, MTTF a MTBF. (upr.: Katukoori, 2009)

MTTR je doba, za ako dlho sa po poruche technického zariadenia očakáva jeho obnova do prevádzky. MTTF je doba, za ako dlho sa očakáva porucha na technickom zariadení. MTBF je doba, za ako dlho od nastania poruchy nastane na technickom zariadení ďalšia porucha.

Výpočet vlastnej pohotovosti udáva Rovnica 1 a Rovnica 2:

Rovnica 1 – Výpočet vlastnej pohotovosti pre samostatné technické zariadenie. (Katukoori, 2009)

$$A_I = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} [-] \quad (R1) \quad , \text{ kde}$$

- A_I je vlastná pohotovosť.
- $MTTF$ je stredná doba do poruchy.
- $MTTR$ je stredná doba do obnovy.

Rovnica 2 – Výpočet vlastnej pohotovosti pre súbor vzájomne súvisiacich zariadení. (Katukoori, 2009)

$$A_I = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} [-] \quad (R2) \quad , \text{ kde}$$

- A_I je vlastná pohotovosť.
- $MTBF$ je stredná doba prevádzky medzi poruchami.
- $MTTR$ je stredná doba do obnovy.

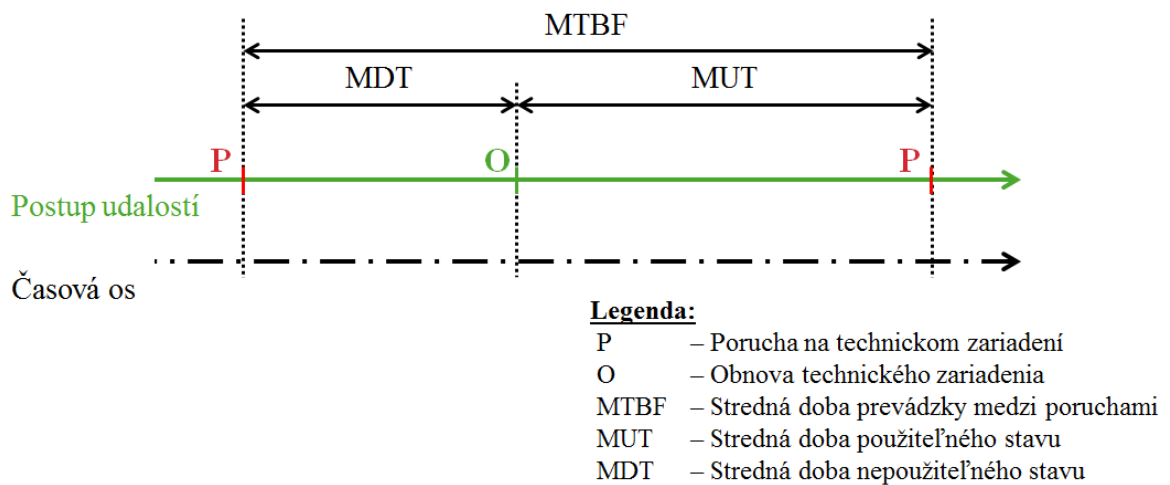
Na využitie výpočtu vlastnej pohotovosti v praxi nadväzuje Rovnica 3. Ide o vyjadrenie Rovnica 2 v percentách.

Rovnica 3 – Praktické využitie výpočtu vlastnej pohotovosti.

$$A_I = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \cdot 100 \% [\%] \quad (R3) \quad , \text{ kde}$$

- A_I je vlastná pohotovosť.
- $MTBF$ je stredná doba prevádzky medzi poruchami.
- $MTTR$ je stredná doba do obnovy.

Vyjadrenie vlastnej pohotovosti v percentách predstavuje, koľko percent zo strednej doby prevádzky medzi poruchami je súbor vzájomne súvisiacich (zreťazených) technických zariadení v použiteľnom stave. Znamená to, že plnia požadovanú funkciu. Grafické vymedzenie strednej doby použiteľného stavu (MUT) a strednej doby nepoužiteľného stavu (MDT) voči strednej dobe prevádzky medzi poruchami je na Obr. 16.



Obr. 16 – Grafické vymedzenie MUT a MDT voči MTBF. (upr.: Katukoori, 2009)

5.8.6 Využitie simulačných modelov diskretných udalostí

„Prevažná väčšina podnikových procesov je riešená prostredníctvom simulačných modelov diskretných udalostí.“ (Dlouhý et al., 2007)

O využití simulačných modelov diskretných udalostí píšú napr.:

- Molnár, Mildeová, Řezanková, Brixí a Kalina (2012) vo všeobecnej rovine.
- Kuh a Rabe (1998), März, Krug, Rose a Weigert (2011), Eley (2012) vo výrobe a logistike.
- Bayer, Collisi a Wenzel (2002) v automobilovom priemysle.

Prípadové štúdie zamerané na využitie simulačných modelov diskretných udalostí nájdeme v rôznych príspevkoch z konferencií, napr. Manlig a Sedláček (1999), Hanta (2010), Štoček (2012), Široká, Videcká, Bartošek a Šunka (2010), Králová a Švančara (2007), Varjan a Štoček (2012) atd.¹¹

Využitie simulačných modelov diskretných udalostí prináša určité výhody aj nevýhody. O výhodách pojednávajú napr. Manlig (1999), Štoček (2004) a Dlouhý et al. (2007). Výhody môžem zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- Možné využitie vo všetkých fázach projektu.

¹¹ Sú to príspevky z konferencií, medzinárodných sympózií apod.

- Ľahšie pochopenie skúmanej sústavy z dôvodu jeho dynamického zobrazenia.
- Simulačné modely umožňujú bezrizikové testovanie skúmanej sústavy.
- Využitie analýzy „Čo sa stane, keď...?“ , ktorá súvisí s testovaním rôznych predvídateľných a nepredvídateľných stavov skúmanej sústavy.
- Simulačné modely poskytujú určitý nadhľad na skúmanú sústavu. Zobrazujú ju z perspektívy.
- Interpretované výsledky zo simulačných modelov zvyšujú mieru istoty pri manažérskom rozhodovaní.
- Činnosti spojené so simulačnými modelmi podporujú tvorivú prácu.

Z nevýhod simulačných modelov spomeniem napr. nutnosť vynaloženia finančných prostriedkov na simulačný softvér, zabezpečenia pracovníkov potrebných k analýze skúmanej sústavy, zberu dát a tvorbe simulačného modelu.

Ďalšie nedostatky môžu vzniknúť pri tvorbe simulačného modelu zanesením napr. logickej chyby, chybným stanovením podstatných veličín a nepresnými dátami. Karpeta v článku od Šidláka (2014) prisudzuje dôležitosť kvalite vstupných dát. Doslovne hovorí: „Kvalita vstupných dát je dôležitá, pretože výstupy simulačných štúdií môžu byť len tak dobré, ako dobrá je kvalita vstupných dát.“

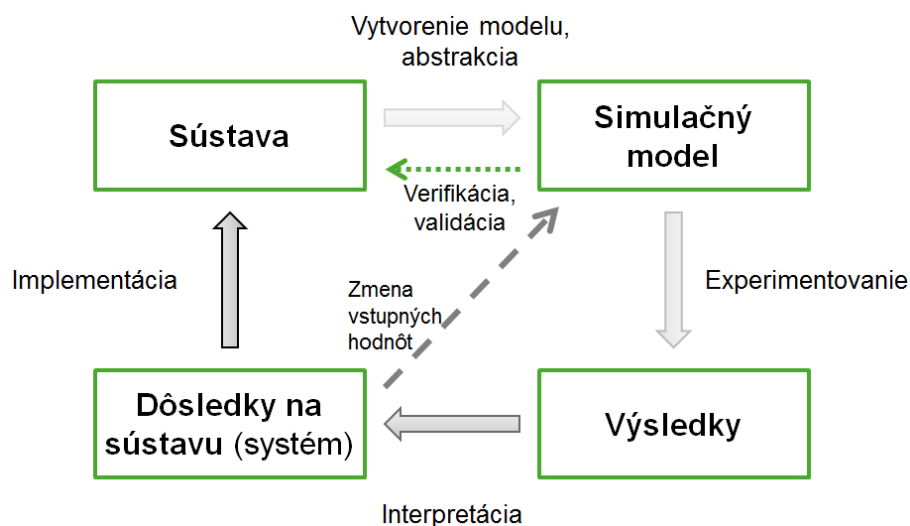
Do simulačných štúdií, ktoré zmieňuje Karpeta, môžeme zahrnúť činnosti spojené s prípravou, tvorbou a vyhodnotením simulačných modelov. Tieto činnosti využívame za účelom riešenia konkrétneho problému. Využitie simulácií k riešeniu problému Janíček (2007a) nazýva jednotným pojmom – simulačné modelovanie. Všetky vyššie spomenuté činnosti tvoria cyklus simulačného modelovania.

Vo všeobecnosti vytvárame simulačné modely s vedomím a účelom ich spätného finančného alebo mentálneho prínosu. O mentálnom prínose uvažujem napr. ako o poznávaní sústavy, priehľadnosť materiálových tokov, súvislosť procesov apod.

Je preto potrebné zohľadňovať pomer výhod a nevýhod s ohľadom na prínos simulačných modelov pre subjekt. Prínos je vhodné zvážiť na začiatku projektu, pred samotnou prípravou tvorby simulačného modelu. Pochybnosti o prínose simulačného modelu v už prebiehajúcom projekte je nutné čo najskôr prehodnotiť a príp. simulačné modelovanie predčasne ukončiť.

5.8.7 Cyklus simulačného modelovania

Cyklus simulačného modelovania rozoberá napr. Manlig (1999), Štoček (2004) a Eley (2012). Jeho grafické zobrazenie je na Obr. 17.



Obr. 17 – Cyklus simulačného modelovania. (upr.: Varjan a Štoček, 2012)

Cyklus simulačného modelovania vychádza z poznania sústavy. Modelovaním za využitia abstrakcie vytvoríme v zvolenom simulačnom programe simulačný model. Miera detailnosti simulačného modelu je určená stanoveným cieľom riešeného problému. S ohľadom na systémový prístup ide o vytvorenie systému podstatných veličín.

Pred vlastným experimentovaním sa uskutoční validácia a verifikácia simulačného modelu. Za podmienky, že simulačný model zodpovedá požiadavkám v stanovenej tolerancii voči sústave (systému podstatných veličín), pristúpime k simulačným experimentom. Dosiahnuté výsledky je potrebné vhodne interpretovať a posúdiť ich vplyv na sústavu z dôvodu možnosti ich implementácie. (Varjan a Štoček, 2012)

Cyklus simulačného modelovania uzatvárame tým, že po implementácii dôjde k zmene sústavy. Späť si môžeme overiť, či realizované zmeny majú na sústavu rovnaký dopad ako v simulačnom modeli. Eventuálne môžeme vytvoriť nový simulačný model a na ňom opäť riešiť nový problém.

Pri zistení nevhodných dôsledkov na sústavu je možná zmena vstupných údajov. Vytvoríme tak rôzne varianty riešenia, ktoré experimentmi opäť overíme a posúdime ich dôsledky na sústavu.

Obr. 17 obsahuje pojmy ako verifikácia, validácia, experimentovanie apod. Tu je ich vysvetlenie:

Verifikácia: Verifikácia sa považuje za formálnu kontrolu správnosti simulačného modelu. Overuje sa tak napr. správnosť logiky riadenia. (Rabe, Spieckermann, Wenzel, 2008)

Validácia: Validácia je kontrolou požadovanej zhody medzi simulačným modelom a originálom (sústavou). Zaisťuje tak, že simulačný model odráža chovanie simulovanej sústavy so stanovenou presnosťou a bez chýb. (VDI 3633, 2000)

Simulačný experiment: Je cieleňá empirická štúdia chovania simulačného modelu realizovaná prostredníctvom opakovaného vykonania simulačných behov. V každom simulačnom behu dochádza k systematickej zmene vstupných podmienok (parametrov). (VDI 3633, 2000)

Simulačný beh: „Zobrazenie chovania sústavy pomocou simulačného modelu v rámci vyhradeného časového intervalu.“ (VDI 3633, 2000)

Vysvetlené pojmy verifikácia a validácia, ktorú robíme za účelom overenia správnosti a kontroly simulačného modelu spochybňujú Molnár, Mildeová, Řezanková, Brixí a Kalina (2012). Rozoberajú tieto pojmy a dochádzajú k záveru, že s týmito formuláciami nemôže byť žiadny model spojovaný. „*Testovanie je niekedy urobené tak, aby „dokázalo“, že model má „pravdu“, čo je prístup, ktorý je pre kvalitné vedecké skúmanie neakceptovateľný ... nakoniec môže poškodiť dôveryhodnosť tvorcu modelu.*“ Následne ten istý zdroj ponúka riešenie vo forme používania vhodnejších termínov ako napr. „*užitočný, poučný, presvedčivý*“.

Overenie správnosti a kontrola simulačného modelu sa vždy odvíja od vymedzených systémových hraníc, miery detailnosti modelu, zjednodušenia modelovanej sústavy, použitých vstupných dát apod. Vypovedajúca schopnosť modelu je tak závislá na veľkom počte premenných. Preto je nevyhnutné pri prezentovaní pojmov verifikovaný a validovaný simulačný model vždy poukázat' na tieto premenné. Do akej miery bude potvrdená správnosť

simulačného modelu a kontrola jeho hodnôt plne závisí na práci a presvedčení subjektu – simulanta.

5.8.8 Metodika simulačného modelovania

Na simulačné modelovanie je potrebné hľadieť ako na komplexný projekt. Nejde len o tvorbu modelu a experimentovanie s ním. Na samotnom začiatku je potrebné vymedziť problém a rozhodnúť, či k riešeniu problému je potrebná simulácia. Následne sa stanoví cieľ, jednotlivé kroky k dosiahnutiu cieľa, definujú sa systémové hranice a detailnosť modelovania. Z tohto je možné určiť dĺžku trvania projektu a taktiež odhadnúť finančné náklady na projekt. Vzájomným potvrdením a odsúhlasením predošlých úkonov medzi projektantom (ten, kto bude projekt riešiť, simulant) a jeho zákazníka (ten, kto projekt zadal) môže pristúpiť projektant k zberu dát a vstupných údajov. Ich spracovanie (systémová analýza) napomôže projektantovi navrhnuť koncepčný simulačný model. V tomto momente sa dostávame k cyklu simulačného modelovania (viď Obr. 17). Po ukončení cyklu simulačného modelovania je potrebné so zákazníkom zhodnotiť, či došlo k naplneniu cieľa, vyriešeniu problému a overiť jeho spokojnosť. Výsledky simulačného modelovania môžu viesť k ukončeniu projektu a jeho zavedeniu do praxe alebo k novým otázkam a úlohám.

Komplexný projekt simulačného modelovania má svoju vlastnú dynamiku. V postupujúcom čase získava projektant nové skúsenosti a odhaľuje nové súvislosti. Vhodné tieto poznatky je vhodné konzultovať so zákazníkom a uistiť sa o správnom smerovaní k stanovenému cieľu. Prípadné nezrovnalosti je potrebné bez odkladu prehodnotiť a prediskutovať.

Vyššie spísaný text je mojou formuláciou metodiky simulačného modelovania. Tento pohľad na metodiku simulačného modelovania som získal z prednášok, publikácií a cvičení Videcká (2010a), Videcká (2010b), Manlig (1999), Bangsow (2010) atď.

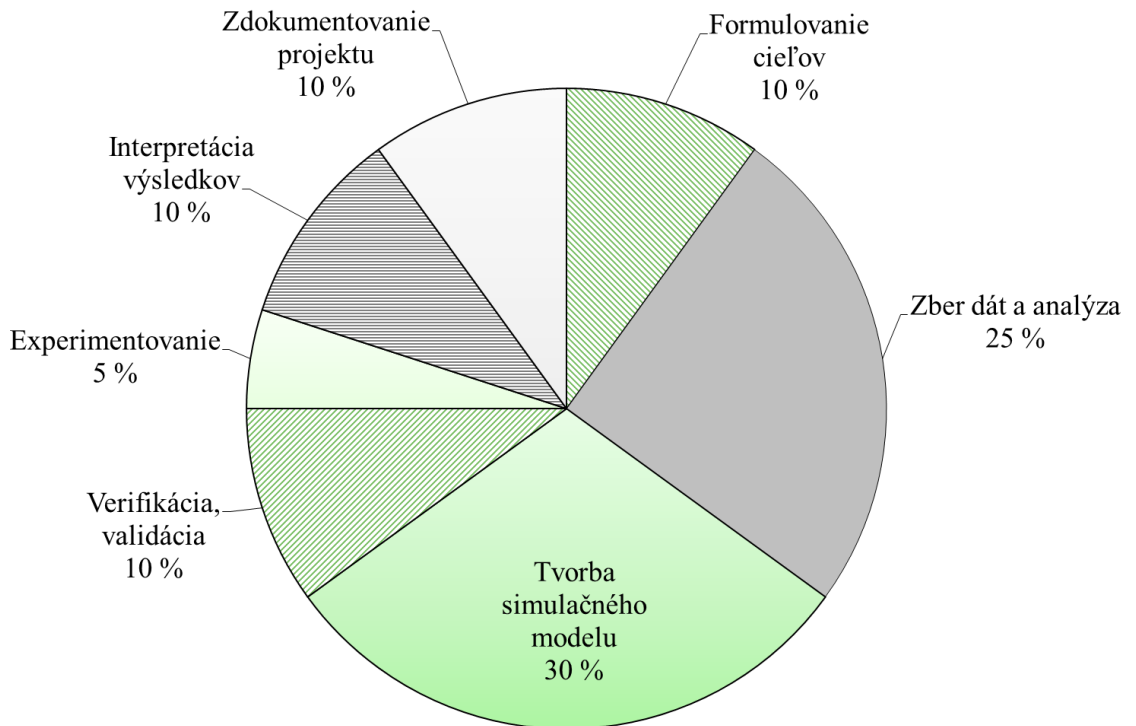
Metodiku simulačného modelovania zhrňuje Bangsow (2010) do 8 bodov:

1. Formuláciu problému.
2. Overenie vhodnosti použitia simulácie k riešeniu.
3. Formuláciu cieľov.
4. Zber a analýza dát.
5. Vlastné modelovanie (vrátane validácie a verifikácie).
6. Uskutočnenie simulačných behov.
7. Spracovanie výsledkov analýzy a ich interpretácia.
8. Zdokumentovanie.

VDI 3633 (2000) uvádza metodiku simulačného modelovania vo vývojovom diagrame (viď Príloha 3).

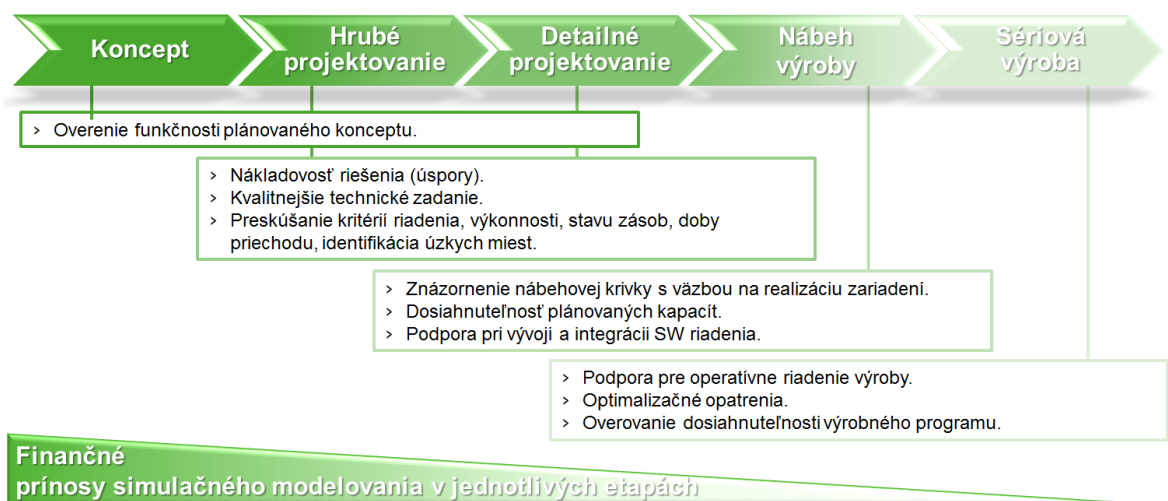
O približnom podiele vybraných činností metodiky simulačného modelovania na celkovom projekte (viď Graf 1) informuje UGS CORP. (2005).

Graf 1 – Podiel vybraných činností z metodiky simulačného modelovania na celkovom projekte. (upr.: UGS CORP., 2005)



5.8.9 Prínosy simulačného modelovania

Prínosy simulačného modelovania nájdeme v predprojektovej (konceptnej) príprave, v projektovej príprave a vo vlastnej výrobe. Štoček (2012) tieto jednotlivé etapy uvádza v chronologickom slede. Jednotlivé etapy ešte dopĺňa detailnejšími informáciami. Zároveň graficky poukazuje na finančné prínosy simulačného modelovania v jednotlivých etapách. Tento súhrnný pohľad na etapy s ohľadom na finančný prínos podľa Štočka (2012) je na Obr. 18.



Obr. 18 – Prínos simulačného modelovania v jednotlivých etapách. (upr.: Štoček, 2012)

Najväčší prínos má simulačné modelovanie v oblasti predprojektovej prípravy výroby – koncepte. V etape konceptu sú vynaložené finančné prostriedky na realizáciu projektu ešte

minimálne. Tu prvotne pomocou simulačného modelovania navrhujeme ideálny stav, bez ohľadu na obmedzenie priestorové, finančné, technické, prevádzkové apod. Postupne však z ideálneho stavu upúšťame na základe vymenovaných obmedzení.

Postupným zohľadňovaním obmedzení upúšťame teda od konceptu a tak plánovanie spresňujeme a prispôsobujeme. Dostávame sa do projektovej a realizačnej prípravy výroby.

Projektová a realizačná príprava (hrubé, detailné projektovania, nábeh výroby, sériová výroba) už v časovom postupe vkladá do projektu čoraz viac finančných prostriedkov. Pripravujú sa priestory pre budúcu výrobu, nakupujú sa alebo inovujú technológie, jedná sa s dodávateľmi a zabezpečuje logistika.

Väčšina prospešných zmien vyplývajúca zo simulačného modelovania už môže v týchto etapách znamenať vynaloženie finančných prostriedkov nad rámec plánovaného rozpočtu.

Aj napriek minimálnym finančným prínosom využívame simulačné modelovanie v sériovej výrobe. Sú to prípady, kedy potrebujeme vyriešiť výskyt konkrétneho problému, analyzovať úzke miesto, zlepšiť stávajúce procesy, posúdiť zmenu alebo dopad nového výrobného programu apod.

5.8.10 Príklady konkrétnych prínosov simulačného modelovania

K plánovaniu projektov sa snažíme využívať všetky dostupné prostriedky. Medzi tieto prostriedky sa začlenilo simulačné modelovanie. Pomocou neho dokážeme v období plánovania lepšie pochopiť sústavu alebo vedome vytvorený systém, vidieť jeho dynamické chovanie a predvídať tak riziká spojené s realizáciou.

Debnár, Košturiak a Kuric (1998) sa vo svojej publikácii zaoberá konkrétne prínosmi simulačného modelovania z pohľadu finančných úspor v praxi. Výber z prehľadu poskytuje Tab. 5.

Tab. 5 – Finančné prínosy simulačného modelovania (upr.: Bednár, Košturiak a Kuric, 1998)

<i>Spoločnosť</i>	<i>Názov a cieľ projektu</i>	<i>Finančná úspora</i>
LINDE	Projekt montáže s vozíkmi. Overenie možnosti využitia 54 vozíkov miesto 80.	100 tis. USD
IPA	Projekt systému riadenia kvality. Optimalizácia riadenia.	350 tis. USD
Mercedes-Benz	Projekt montáže automobilov a sekvenčného zásobníku. Možnosť úspory v rámci sekvenčného zásobníku.	1 mil. USD

O prínosoch píše aj norma VDI 3633 (2000). Tá definuje, že pomocou simulačného modelovania je možné ovplyvniť až 20 % investícií. Bežná úspora z rozsahu investícií sú 2 % až 4 %. UGS Corp. (2005) píše, že pomer prínosov simulačného modelovania ku vyvolaným nákladom simulačného modelovania je 10 : 1.

5.9 Zhrnutie kapitoly 5

Autori ako Chrudina, Valenta, Hlavenka a Rumíšek analogicky prirovnávajú výrobnú spoločnosť k výrobnému organizmu. Ide o autonómnu sústavu, ktorú označujú pojmom Relatívne izolovaný systém. Relatívne izolovaný systém sa neustále vyvíja a komunikuje so svojim okolím. Pojem výrobný organizmus postupne nahradili pojmi ako procesne

orientovaná výroba, procesná organizácia apod. Relatívne izolovaný systém bol nahradený pojmom proces.

Výstupom procesu je výrobok. Tento výrobok môže byť zároveň vstupom pre nasledujúci proces. Dochádza ku prepojeniu procesov čím vzniká materiálový tok. Spoločne s materiálovým tokom vzniká tok informačný. Prostredníctvom informačného toku riadime materiálový tok a získavame z neho spätnú väzbu. Na základe analýzy spätnej väzby môžeme vyhodnotiť, či riadenie materiálového toku je pre nás prínosné.

Materiálový tok je však dynamický, neustále sa mení. Aj mi ho meníme a prispôsobuje aktuálnym potrebám výrobných spoločností. Aké dôsledky môže mať zamýšľaná zmena na materiálový tok, zisťujeme napr. pomocou simulačného modelovania.

V bezrizikovom prostredí simulačného programu vytvoríme simulačný model. Ten podrobíme experimentom. Dosiahnuté výsledky interpretujeme a zistíme, aký dôsledok môže vyvolať plánovaná zmena na materiálový tok.

V posledných rokoch sa simulačné modelovanie dostalo do väčšieho povedomia nielen odbornej verejnosti, ale aj výrobným, logistickým a služby poskytujúcim spoločnostiam. Je to z dôvodu využívania simulačného modelovania ako podporného nástroja pri rozhodovaní manažmentu. O osvetu simulačného modelovania sa v Českej a Slovenskej republike zaslúžili spomínaní autori publikácií, napr. Videcká, Daněk, Manlig, Hanta, Štoček, Karpeta, Bartošek, Gregor, Košturiak, Debnár, Burieta a ďalší. Aj vďaka nim si získalo simulačné modelovanie podporu výrobných a služby poskytujúcich spoločností a zaviedlo do výukových osnov vybraných predmetov vysokých škôl. (Videcká, 2010a; Videcká, 2010b; Daněk, 2002; Manlig, 1999; Hanta, 2010; Štoček, 2005)

6 SÚČASNÉ ZNALOSTI O STABILITE PRODUKCIE

Stabilita produkcie (SP) bola definovaná v kapitole 3 úvodnej časti. Je definovaná ako udržanie požadovaných vlastností sústavy za dané časové obdobie.

Názov SP bol zavedený so zámerom zovšeobecniť všetky aktivity, procesy a činnosti, ktorými sa už dlhodobo zaoberá veda aj prax. Ide o problematiku stability vo výrobných oblastiach. Môžeme ju nájsť u rôznych autorov a v rôznych spojitostiach. Napr. v stabilite procesu, stabilite systému (vedome vytvoreného objektu), manažmente kvality, „štitosti“ apod. Uvádzané poznatky zastupujú medziodborovú úroveň, pretože sa v nich prelínajú vedné disciplíny ako technologické projektovanie, technická príprava výroby, riadenie a plánovanie výroby, logistika, priemyselné inžinierstvo apod.

Informácie o súčasných znalostiach s ohľadom na Stabilitu produkcie môžu viesť k hypotézam. Tieto hypotézy budú formulované na konci kapitoly 6. Potvrdenie alebo vyvrátenie hypotéz bude súhrnné zodpovedané v záverečnej časti DDP. Musí tomu predchádzať získanie informácií a poznatkov z praktickej časti DDP.

6.1 Stabilita procesu

Jednou z vlastností procesu je opakovateľnosť. Drahotský a Řezníček (2003) píšú, že *„každý z procesov, ktorý prebieha opakovane, podlieha istej forme premenlivosti.“* Premennivosť je nežiaduci jav, pretože podľa Drahotského a Řezníčka (2003) nevhodne ovplyvňuje:

- kvalitu výstupov procesov;
- hospodárnosť procesov;
- plynulosť a rytmickosť procesov;
- dodržanie termínov apod.

Stabilizovanie procesov tak vedie k úsiliu mať ich „pod kontrolou“. To znamená, že bude možné s istotou predpokladať správanie procesov. Zároveň budeme mať možnosť ovplyvňovať vlastnosti procesov tak, aby nedochádzalo k ich premenlivosti. (Drahotský a Řezníček, 2003)

6.2 Stabilita systému

Z pohľadu Pernicu (2005) a Jílka (1986) je stabilita systému oproti stabilite procesu chápaná všeobecnejšie, v nadradenom postavení. Systém tu chápeme ako vedome vytvorený objekt za účelom predstavy o tom, ako by mala fungovať sústava.

„Stabilita systému je vlastnosť systému spočívajúca v schopnosti systému po vychýlení z rovnovážneho stavu sa opätovne navrátiť do rovnovážneho stavu (rovnakého alebo iného) a udržiavať výchylky z tohto stavu v prípustných medziach.“ (Pernica, 2005)

Z citácie Pernicu (2005) o stabilite systému môžeme vyvodiť, že snahou systému je zotrvať v rovnovážnom stave. Pokiaľ zotrvá v rovnovážnom stave systém, zotrávajú v rovnovážnom stave aj jeho procesy. Existujú však príčiny, ktoré rovnovážny stav systému narušujú.

Pernica (2005) vymedzuje termíny odolnosť a spoľahlivosť systému ako:

- Odolnosť systému je schopnosť prispôsobovať sa všetkým vnútorným a vonkajším zmenám pri zachovaní stability a spoľahlivosti systému.

- Spoľahlivosť systému je vlastnosť, ktorá umožňuje po stanovenú dobu plniť požadovanú a vopred definovanú funkciu.

Stabilitu systému rozoberá aj Jílek (1986). Systém považuje za stabilný vzhľadom k určitým vlastnostiam, pokiaľ majú tendenciu zotrvať v stanovených medziach. Hovorí o tom, že dosiahnuť stabilitu systému môžeme udržaním jeho vlastností prostredníctvom vytvorenia vhodných podmienok. Následne sa Jílek (1986) zmieňuje, že stabilitu systému v konkrétnych prípadoch zaisťuje dopravný a manipulačný systém.

6.3 Manažment kvality

Stabilitou a udržaním požadovaných vlastností sa zaoberá aj manažment kvality. „Kvalita stále viac zahrňuje štruktúru podniku s jej pôsobením na pracovníkov a zákazníkov, takže je jasne preukázateľný vývoj od „kvality výrobku“ ku „kvalite podniku“. (Základy auditu kvality, 2008) Kvalitu všeobecne vymedzuje súbor noriem ČSN EN ISO 9001 (2009) ako stupeň plnenia požiadavkou. Požiadavky určuje zákazník alebo samotná výrobná spoločnosť. Súhrn požiadavkou tak môže vytvárať štandard výrobku. Následne posudzujeme výrobky podľa daného štandardu a tie, ktoré ho nesplňujú, považujeme za nepodarky.

Výrobná spoločnosť môže dosiahnuť status „kvalitného podniku“ pomocou preventívnych metód manažmentu kvality. Sú to metódy, ktoré prispievajú k úspešnému riadeniu organizácií, k plneniu požiadaviek zákazníkov, k realizácii úspešných procesov a uvedení spoľahlivých výrobkov na trh. (Preventívne metódy managementu kvality v oblasti procesov, 2008)

Medzi tieto metódy patrí napr. štatistické navrhovanie experimentov, Analýza stromu porúch, Analýza silných a slabých stránok, ohrozenia a príležitostí (SWOT), Metóda systematických inovácií (TRIZ) apod. Tieto metódy je potrebné nasadzovať od fázy konceptu, vývoja až po fázu predsériovú a sériovú.

Manažment kvality tak poskytuje návod, ako dosahovať stálu kvalitu výrobkov. Podnik si tak vytvára štandard, ktorý je potrebné neustále kontrolovať a zlepšovať.

6.3.1 Riadenie kvality

Veber (2002) popisuje riadenie kvality ako koordináciu činností pre usmerňovanie a riadenie organizácie s ohľadom práve na dosahovanie kvality. Synonymický slovník slovenčiny (2004) hovorí, že kvalita je „súhrn vlastností, ktoré má mať výrobok, ak má uspokojovať konkrétne potreby spoločnosti“. Veber (2002) však kvalitu nepovažuje len za inherentný znak výrobku, ale rozširuje to o procesy, týkajúce sa požiadavkou (napr. spoločnosti, zákazníka).

Riadenie kvality je založené na rôznych prístupoch. Jedným z nich sú napr. Absolútne riadenie kvality¹² (TQM) alebo Systém riadenia kvality¹³ (QMS).

Pomocou QMS si spoločnosť kladie za cieľ eliminovať a nakoniec odstrániť nezhody s definovanou špecifikáciou, štandardom a očakávaním zákazníkov v nákladovo prínosnom a účinnom spôsobe (BusinessDictionary.com, 2014).

TQM predstavuje prístup, ktorý sa riadi heslom: „Kvalitu je potrebné vyrobiť, nie vykontrolovať!“ (Bauer, Haburaiová, Vlček, Kadavý, Skaláková, Kovács a Žižka, 2012)

Riadenie kvality vedie k neustálemu zlepšovaniu procesov. Jedným z nástrojov neustáleho zlepšovania je aj Demingov cyklus, inak známy aj ako PDCA cyklus. Deming vysvetľoval, že

¹² Absolútne riadenie kvality preložené z anglického spojenia Total quality management.

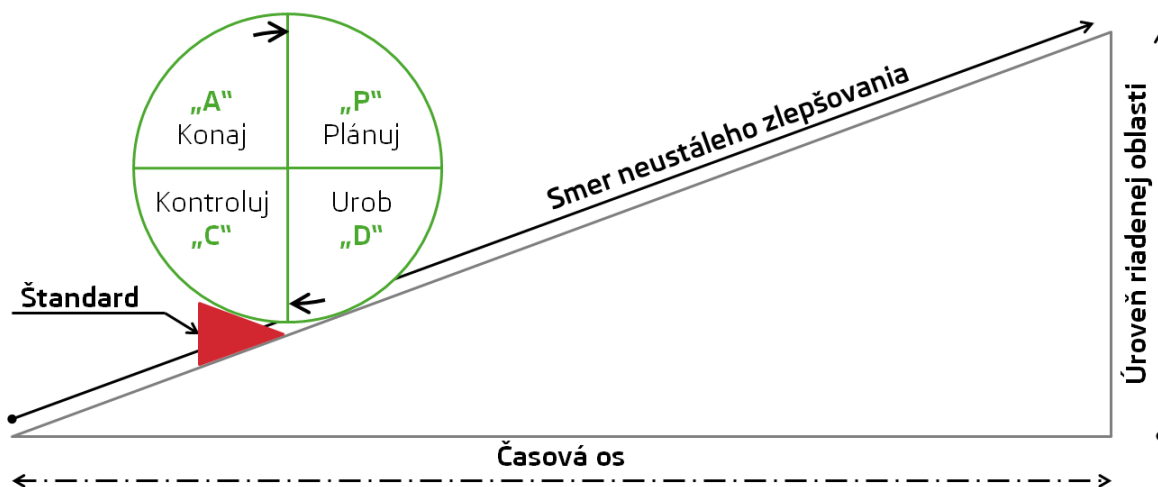
¹³ Systém riadenia kvality preložené z anglického spojenia Quality management system.

zlepšením kvality sa znížia na jednej strane náklady, na druhej strane sa zvýši produktivita. (Sedláček, 2011)

PDCA cyklus je rozdelený do štyroch základných činností (ČSN EN ISO 9000, 2009):

1. **Plánuj** („P“ z angl. *Plan*) – Stanov ciele a procesy nevyhnutné k dosahovaniu výsledkov v súlade s požiadavkami zákazníka a s politikou organizácie.
2. **Urob** („D“ z angl. *Do*) – Implementuj procesy.
3. **Kontroluj** („C“ z angl. *Check*) – Monitoruj a meraj procesy a produkty vo vzťahu k politikám, cieľom a požiadavkám na produkt a podávaj správy o výsledkoch.
4. **Konaj** („A“ z angl. *Act*) – Realizuj opatrenia pre neustále zlepšovanie výkonnosti procesu.

Obr. 19 ponúka grafické zobrazenie Demingovho PDCA cyklus.



Obr. 19 – Demingov PDCA cyklus. (upr.: Horehľadová, 2008)

PDCA cyklus vedie k neustálemu zlepšovaniu. V prenesenom význame podľa Obr. 19 znázorňujeme guľu (proces PDCA), ktorú tlačíme po naklonenej rovine smerom nahor. Naklonená rovina predstavuje sťažené podmienky pre tlačenie gule (dosahovanie zlepšenia). Guľu podopiera klin (štandard), ktorý predstavuje normu a zamedzuje guli skotúľať sa po naklonenej rovine. Znamená to, že dosiahnuté zlepšenie by sme mali udržiavať.

6.4 Štíhlosť

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

Štíhlosť preto môžeme chápať ako nový, výkonnejší spôsob výroby. Ide o vyššiu produktivitu výroby pri nižšom počte ľudí, s minimálnou požiadavkou viazaných zásob, skrátenie výrobného a logistického času apod. (Bartošek, Šunka a Varjan, 2014)

Vo výrobe sa celosvetovo štíhlosť uchytila pod názvom Štíhla výroba¹⁴ (z anglického prekladu „Lean manufacturing“). O štíhlej 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)

¹⁴ Metódy Štíhlej výroby sa preniesli z výroby a logistiky aj do administratívy (Lean Office), do firiem poskytujúcich služby, do zdravotníctva (Lean Healthcare). Využitie v rámci celého podniku označujeme ako Štíhly manažment (Lean management).

Tvorcom základných nástrojov a princípov štíhlej výroby bol Taiichi Ohno. Taiichi Ohno (1912-1990) je dodnes uznávaný ako symbol obnovy Japonského priemyslu po 2. svetovej vojne. Spoločne so svojim tímom navrhol a vymyslel výrobný systém automobilky Toyota (VST), uvádzanom v anglickom jazyku ako „Toyota Production System“. (Mito, 2009)

Na otázku, čo je VST, odpovedal Taiichi Ohno takto: „*Jediné, čo robíme, je to, že sledujeme čas od okamžiku, kedy nám zákazník zadá objednávku, k bodu, v ktorom inkasujeme hotovosť. A tento čas skracujeme, keď odstraňujeme straty, ktoré nepridávajú hodnotu.*“ (Liker, 2007)

Vďaka tomu sa automobilka Toyota a jej dodávatelia v povojnovom Japonsku rýchlo obnovili a presadili na americkom trhu. Tým sa u amerických automobiliek vzbudil záujem o VST a postupne si ho americké spoločnosti osvojovali.

Po osvojení americkej automobilky VST spopularizovali a šírili ďalej práve pod pojmom Štíhla výroba. Štíhla výroba (jej metódy) sa tak začala rýchlo presadzovať aj v iných odvetviach a následne expandovala do celého sveta.

Ako píše Jirásek (1998), nie vždy dopadlo zavedenie Štíhlej výroby do výrobných spoločností úspešne. „*Úspech implementácie závisí aj na firemnom prostredí, postavení vedenia podniku a prístupe pracovníkov.*“ (Jirásek, 1998)

6.4.1 Čo znamená štíhlosť pre Toyotu

„*Kľúčový význam pre celú koncepciu firmy Toyota a pre to, prečo firma Toyota natoľko vyniká, nemá žiadny z jednotlivých prvkov... Čo je dôležité, je mať všetky prvky v rámci sústavy pohromade.*“ (Liker, 2007) Samozrejme musia byť všetky prvky používané nepretržite a dôsledne.

Medzi prvky, ktoré Toyota nepretržite používa, patrí aj (Liker, 2007):

- Nepretržitý, jednokusový a hodnototvorný tok.
- Vizuálny manažment.
- Stabilné a štandardizované procesy.
- Vyrovnaná výroba (HEIJUNKA), zásada 3M (MUDA-MURA-MURI).
- Využitie Demingovho PDCA cyklu v procese neustáleho zlepšovania (KAIZEN).
- Odstraňovanie všetkých druhov plytvania (MUDA).
- Kvalita ako neodmysliteľný prvok každej činnosti (JIDOKA, ANDON, 5S apod.).
- Systém ťahu, metódy JIT, JIS a Kanban.
- Úplná produktívna údržba.

Grafické znázornenie VST obsahuje Príloha 4.

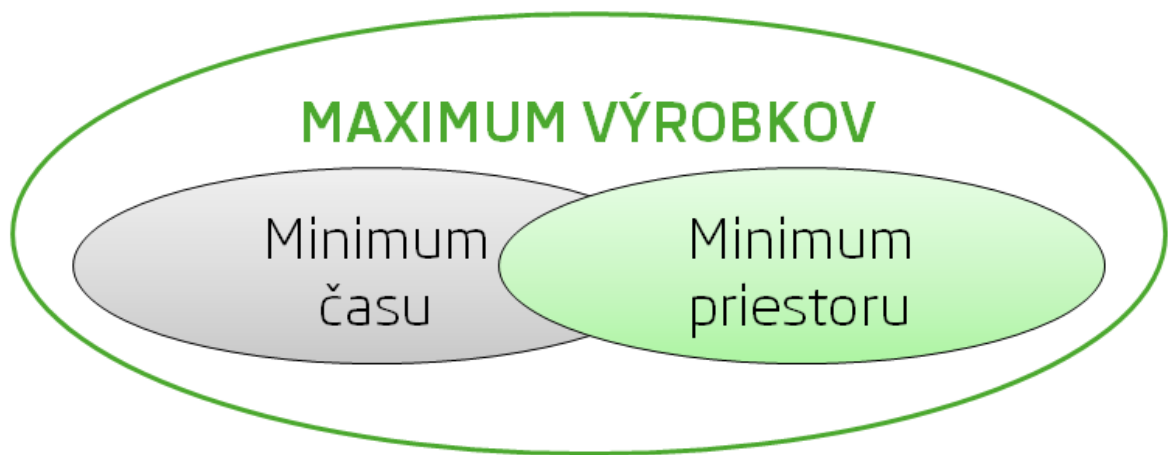
Veľký význam pripisuje spoločnosť Toyota svojim zamestnancom. „*Ludia nechodia do Toyoty pracovať, oni tam chodia premýšľať.*“ Citujú Košturiak a Chal' (2008) slová Taiichiho Ohna.

Zamestnancov považuje Toyota za najvýznamnejšie aktívum. Rozvíja v nich tímovú prácu, podporuje ich profesijný rast, motivuje, rozvíja potenciál a vychováva si nových vedúcich pracovníkov. Pre Toyotu sú „*ľudia motorom neustáleho zlepšovania.*“ (Liker, 2007)

6.4.2 Štíhla výroba postavená na veličine času

Nástroje a princípy Štíhlej výroby sú postavené na veličine času. Napriamovanie, skracovanie a zrýchľovanie spojnice medzi výrobcom a spotrebiteľom vedie spoločne k zníženiu výrobného a logistického času. Zníženie časov sa dosahuje aj priestorovým usporiadaním za účelom minimalizácie pohybu s materiálom. (Bartošek, Šunka a Varjan, 2014)

Výsledkom zníženie výrobného času, logistického času a minimalizácie pohybu je zrýchlenie výroby a zrýchlenie dodávok. Obr. 20 uvádza prepojenosť času, priestoru a výroby podľa Jiráska (1998).



Obr. 20 – Prepojenosť času, priestoru a výroby. (upr.: Jirásek, 1998)

O zrýchľovaní tokov v praxi píše Pernica (2005). Uvádza, že zrýchlenie hmotných a informačných tokov úzko súvisí s tokom peňazí. Je to z dôvodu, že firma dokáže rýchlejšie reagovať na požiadavky trhu a posilniť tak svoje postavenie. „Firma ma nádej na úspech aj pri vyšších cenách, keď bude pružnejšia než jej konkurencia.“ (Pernica, 2005)

6.4.3 Štíhla výroba a plytvanie

Plytvanie je všeobecne označované pod pojmom MUDA. Bauer, Haburaiová, Vlček, Kadavý, Skaláková, Kovács a Žižka (2012) píše, že keď dokážeme objaviť MUDA, objavili sme potenciálnu možnosť zisku.

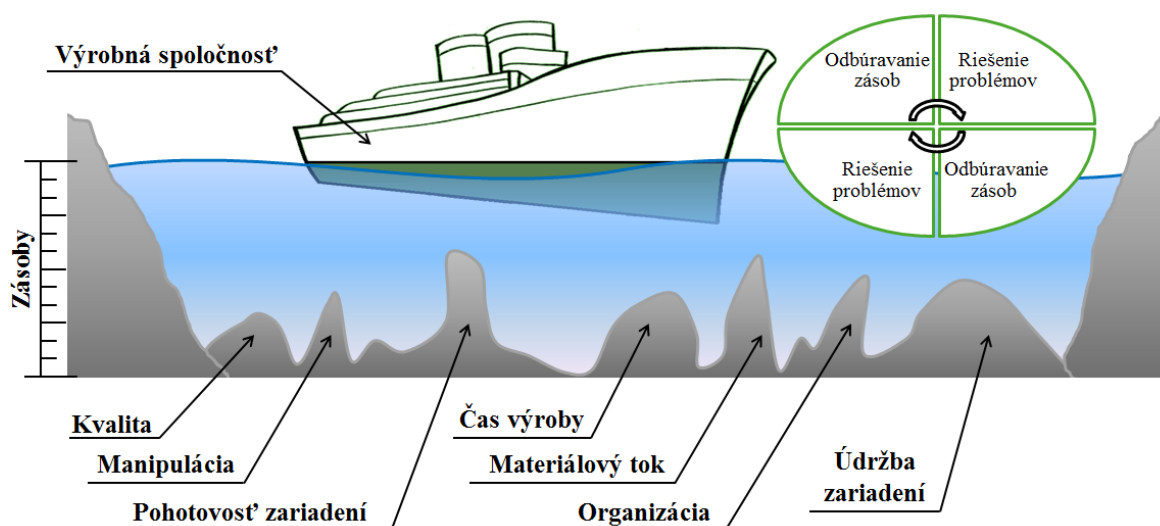
Všetko sa opiera o využitie času, ktorý je spotrebovaný na činnosti iné, než pridávajúce hodnotu. Bauer, Haburaiová, Vlček, Kadavý, Skaláková, Kovács a Žižka (2012) uvádzajú sedem základných druhov MUDA:

1. Čakanie (napr. na materiál, diely apod.).
2. Zásoby materiálu.
3. Transport výrobkov.
4. Nepodarky, nekvalita.
5. Chyby vo výrobe.
6. Nadvýroba (zvyšovanie zásob hotových výrobkov).
7. Zbytočné pohyby, nevyhovujúca ergonómia.

Doplňujúcimi druhmi MUDA sú:

8. Nevyužitá kreativita a potenciál zamestnancov.
9. Zlá komunikácia.

Postupné odstraňovanie MUDA je spojené s odkrývaním problémov, ktoré je potrebné riešiť. Vysvetliť si to môžeme na postupnom odstraňovaní prebytočných zásob materiálu podľa Obr. 21.



Obr. 21 – More zásob, symbolické vyjadrenie MUDA. (upr.: Bauer, Haburairová, Vlček, Kadavý, Skaláková, Kovács a Žižka, 2012)

Zásoby predlžujú transport, fixujú peniaze, obsadzujú výrobné a iné plochy a sťažujú a predlžujú manipuláciu. Podľa Obr. 21 si môžeme zásoby materiálu predstaviť ako more. Po mori sa plaví loď ako výrobná spoločnosť. Reliéf dna mora predstavujú rôzne problémy ako kvalita, preprava, priebežný čas výroby, pohotovosť zariadení, štruktúra a organizácia materiálového toku apod.

Pokiaľ sú zásoby príliš vysoké (hladina mora je vysoká) loď nemá s plavením žiadne problémy a pláva plynule. Až začne hladina mora klesať, bude loď postupne narážať na reliéf dna. Tým sa loď – výrobná spoločnosť začne stretávať s problémami, ktoré v prípade, že chce plynule plávať ďalej, musí riešiť. Keď prekoná jeden problém, opäť sa zníži hladina zásob, a výrobná spoločnosť narazí na ďalší problém.

Odstraňovanie MUDA z výrobných procesov nikdy nekončí. Slovom Masaakiho Imaie: „MUDA je večná, nikdy z procesov nezmizne.“ (Bauer, Haburairová, Vlček, Kadavý, Skaláková, Kovács a Žižka, 2012)

6.4.4 Hodnototvorné procesy, pridaná hodnota

Všetky procesy by mali byť hodnototvorné. V priebežnej výrobe by mali k výrobku pridávať určitú hodnotu. Liker (2007) vymedzuje pridanú hodnotu otázkou: „Čo zákazník od tohto procesu vyžaduje?“ A to jak zákazník interný v nasledujúcich procesoch, tak zákazník externý.

Videcká (2007) uvádza pridanú hodnotu ako rozdiel medzi nákladmi získaných vstupov a hodnotou transformovaných výstupov. Od pridanej hodnoty sa odvíja aj konkurenčná výhoda výrobnéj spoločnosti. (BusinessDictionary.com, 2014)

Bauer, Haburairová, Vlček, Kadavý, Skaláková, Kovács a Žižka (2012) píšú, že približne 5 % z celkového času všetkých zamestnancov firmy je spotrebovaný na pridávanie hodnoty. To potvrdzuje aj Liker (2007), ktorý uvádza príklad z jednej výrobnéj firmy. Po percentuálnom prepočítaní procesov pridávajúcich hodnoty k celkovému počtu procesov výrobných liniek im vyšla hodnota 0,008 % až 3 %.

Grafickú analýzu hodnototvorných procesov vytvárame prostredníctvom mapy zvanej „Value Stream Mapping“ (VSM). VSM mapa pomocou jednoduchých piktogramov zachycuje priebeh procesov, zobrazuje v nich pridanú hodnotu a kvantifikuje plytvanie. (Bartošek, Šunka a Varjan, 2014)

6.4.5 Prvky Štíhlej výroby

Prvky Štíhlej výroby, ako napr. Heijunka, Jidoke, Just-In-Time, Just-In-Sequence, Kanban, apod., sú všeobecne známe. Ich definície nájdeme napr. v Bauer, Haburaiová, Vlček, Kadavý, Skaláková, Kovács a Žižka (2012), Liker (2007), API (2012), Košturiak a Chal' (2008), Jurová (2013), Videcká (2005). Z tohto dôvodu ich rozbor v DDP nie je potrebný.

Dôležitým poznatkom o týchto prvkoch je fakt, že sa môžu vzájomne využívať vo výrobnom prostredí. Vzájomne si nekonkurujú. Práve naopak, napomáhajú k plynulému chodu výroby a trvale prispievajú k odstráneniu MUDA. To všetko sa premieta do SP.

6.5 Stabilita produkcie vo vybraných vedných disciplínach

Myšlienka SP sa objavuje aj vo vedných disciplínach ako technologické projektovanie, technologická príprava výroby a riadenie výroby, logistika. V súčasnej dobe sa tieto vedné disciplíny prelínajú. Znamená to, že ľudia z týchto vedných disciplín úzko spolupracujú a jedným z ich spoločných cieľov vedie k vytvoreniu podmienok pre SP.

6.5.1 Technologické projektovanie

Základom pre vytvorenie vhodných podmienok k dosiahnutiu SP je potrebné usporiadať materiálový tok. Predpokladom je, aby materiálový tok bol priamy, nerozvetvený, nekrížený, bez vratného smeru. Ďalej čo najkratší a na minimálnej ploche. Docieliť tohto stavu je možné komplexným vnímaním budúcej výrobnej sústavy. (Rumíšek, 1991)

Komplexné vnímanie zahŕňa okrem iného aj plánovanú stratégiu výroby, výrobné portfólio, priestorové usporiadanie výroby (napr. priama linka, „U“ linka), usporiadanie pracovísk/strojov (napr. technologické, predmetné, bunkové apod.), množstvo produkcie za časovú jednotku, technológie, technické vybavenie, ekonomické aspekty a stabilitu smerom k výrobnému programu. (Varjan, 2010)

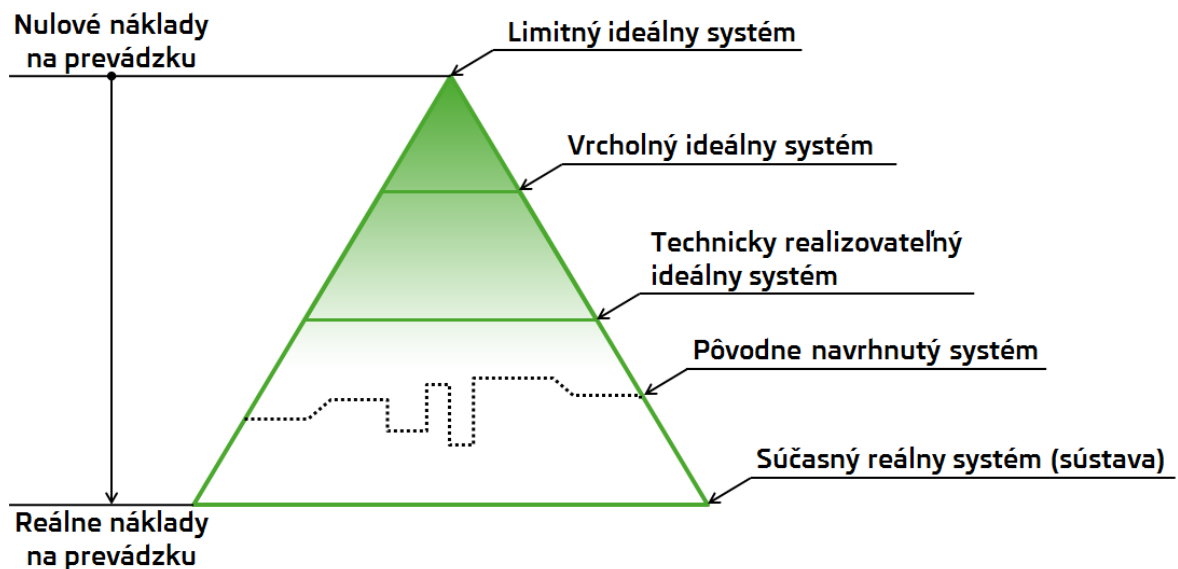
Už v predprojektovej príprave materiálového toku tak premýšľame o budúcej výrobe, výrobkoch a ich výrobnom programe. Vráťane prísunu energií, zdrojov, obsluhy, komunikácií pre manipuláciu s materiálom a plôch k jeho uskladneniu.

Všeobecne o plánovaní technologických projektov pojednávajú autori ako Muther (1970), Rumíšek (1991), Hlavenka (1999) a Jílek (1986). Zhodujú sa na tom, že plánovaniu technologického projektu je potrebné venovať dostatok času.

Muther (1970) píše, že *„dostatočný čas na plánovanie dovoľuje premyslieť aj možné neskoršie zmeny a počítať s nimi“*. Všetky tieto myšlienky Muther (1970) zakončuje citovaním profesora Shella: *„Pri plánovaní projektov môžete urobiť toľko chýb, koľko chcete. A všetky sa vyplatia, pokiaľ tieto chyby zabránia omylom pri realizácii.“*

Na samotnom začiatku plánovania vedome premýšľame o technologickom projekte ako o ideálnom systéme. Postupom času z tohto ideálneho stavu upúšťame na základe poznatkov. Ide o poznatky, ktoré sa predovšetkým týkajú stavebných, konštrukčných a technologických obmedzení. Jílek (1986), s ohľadom na návrh ideálneho systému, uvádza tri jeho stupne: limitný ideálny systém, vrcholný ideálny systém a technicky realizovateľný ideálny systém.

Ideálny systém a jeho tri stupne zobrazuje Obr. 22.



Obr. 22 – Ideálny systém a jeho tri stupne. (prev.: Jílek, 1986)

Limitný ideálny systém sa dá prirovnať k nekonečnu. Nikdy ho nedosiahneme. Dáva však predstavu o „dokonalosti“, o limitnej hodnote (napr. nulové náklady na skladovanú jednotku, okamžitý pohyb zásob apod.). (Jílek, 1986)

Vrcholný ideálny systém dokážeme spracovať formou ideového návrhu. Namiesto limitných nulových nákladov už zohľadňujeme reálne hodnoty. Vrcholný ideálny systém však nie je možné realizovať z dôvodu nadimenzovania výrobných jednotiek, začlenenia doposiaľ nenavrnutých konštrukčných a technických riešení apod. (Jílek, 1986) Odtiaľ môžu vyplývať nové výskumy a technické zadania.

Technicky realizovateľný ideálny systém je riešený tak, aby bol konštrukčne a technicky dosiahnuteľný a mohol sa realizovať. „Náklady alebo iné obmedzujúce podmienky však môžu zabrániť, aby mohlo dôjsť k použitiu všetkých položiek návrhu“. (Jílek, 1986)

Pôvodne navrhnutý systém bol akceptovaný a schválený pre realizáciu s pohľadu nákladov a iných obmedzujúcich podmienok. Časom sa pôvodne navrhnutý systém mení konštrukčne, technicky opotrebováva, zvyšujú sa náklady na prevádzku. Tento stav považujeme za súčasný reálny systém (sústavu). (Jílek, 1986)

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

6.5.2 Riadenie a plánovanie výroby

Keřkovský (2009) uvádza, že: „Riadenie výroby je zamerané na dosiahnutie optimálneho fungovania výrobných sústav 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. Pracovníci výrobného manažmentu pôsobia na výrobné sústavy a zabezpečujú ich optimálne fungovanie a rozvoj. (Heřman, 2001)

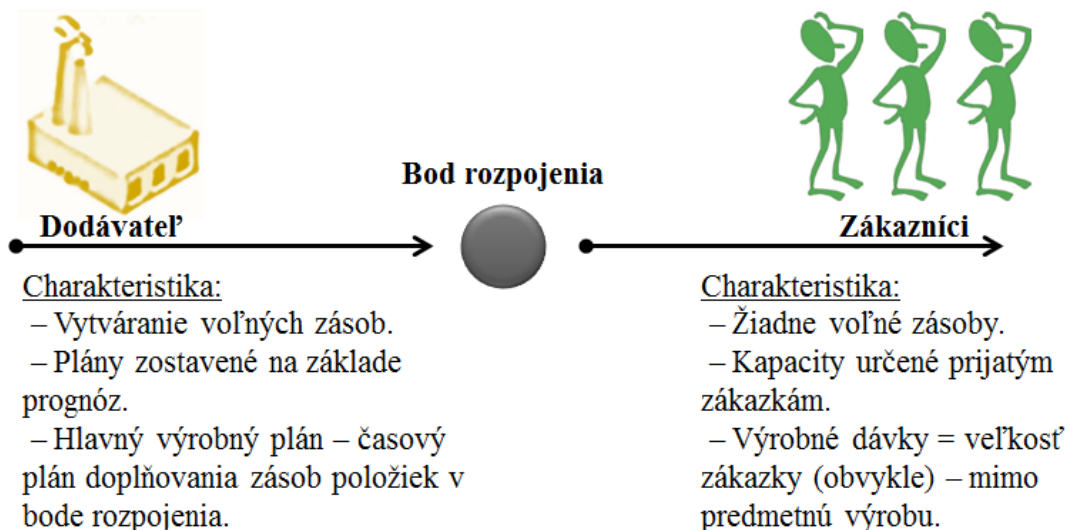
Pracovníci výrobného manažmentu riadia a plánujú výrobu prostredníctvom rôznych konceptov riadenia výroby. koncepty riadenia výroby nájdeme aj pod pojmom Systémy

plánovania a riadenia výroby (PPS). PPS zahrňujú systémy vedome vytvorené ľuďmi. Podľa Videckej (2007) môžeme tieto systémy rozdeliť na čisté centralizované systémy, úsekovo centralizované systémy a decentralizované systémy.

Čisté centralizované systémy sú primárne riadené podľa zásob. Decentralizované systémy podľa objednávok od zákazníkov. Tento rozdiel v riadení vymedzuje dva systémy riadenia. Systém tlaku (podľa zásob) a systém ťahu (podľa objednávok). Hranicu medzi systémom tlaku a ťahu udáva bod rozpojenia. (Pernica, 2005; Videcká, 2007)

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) „*Je to miesto, kde nezávislý dopyt sa premieňa na dopyt závislý.*“ (Pernica, 2005)

Teoreticky je možné bod rozpojenia umiestniť do každého miesta zásoby materiálového toku. Charakteristiku riadenia materiálového toku pred a za bodom rozpojenia uvádza Obr. 23.



Obr. 23 – Vlastnosti riadenia materiálového toku pred a za bodom rozpojenia. (prev.: Videcká, 2007)

V základnom pojmání teda môžeme o riadení výroby uvažovať ako o výrobe na základe objednávok, alebo o výrobe na základe odhadov. (Jurová, 2013).

Ďalšie koncepty riadenia vznikli určitým uspošením vyššie spomínaných. Popisujú sa v publikáciách ako napr. Pernica (2005); Tomek a Vávrová (2007); Jurová (2013); Heřman (2001); Keřkovský (2009); Videcká (2007); Bartoška, Šunka a Varjan (2014), sú modifikované. Prehľad vybraných konceptov riadenia a plánovania výroby z uvedených publikácií obsahuje Príloha 5.

V DDP sa chcem zamerať na koncepty výroby, ktoré uvádzajú autori ako napr. Günthner ([b.r.]); Kietzmann (2012); Meißner (2009); Schröder (2014); Heizmann (2009). Sú to koncepty s nemeckým názvom „Termintreue“ a „Auftragsreihenfolgenkonzept“.

Názvy z nemčiny voľne prekladám ako:

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

V tuzemských publikáciách sa o týchto konceptoch dozvieme len príležitostne. Napr. Mandel a Kysel (2007); Baltus a Kučera (2003).

Zachovanie vernosti výrobnému programu ako aj Stabilné poradie zákaziek sú jedny z novších konceptov riadenia a plánovania výroby. Integrujú ich automobilky ako napr. Volkswagen, Seat, Audi, ŠKODA AUTO. Tieto koncepty sa prelínajú do vybraných odborov ako riadenie a plánovanie výroby, technologické projektovanie a logistika.

Jurová (2013) uvádza, že výroba automobilov sa riadi podľa objednávok od zákazníkov. Ale automobilka nakupuje od svojich dodávateľov na základe odhadov dopytu.

Dôvodom snahy o integráciu nových konceptov riadenia do výroby je teda cieľená zmena myslenia v objednávaní požadovaných dielov automobiliek od svojich dodávateľov.

Táto zmena myslenia práve spočíva v tom, aby aj automobilka nakupovala od svojich dodávateľov podľa objednávok. Nie podľa odhadu. Samozrejme proces objednania a proces dodania musí byť čo najkratší. To je snahou konceptov Zachovania vernosti výrobnému programu a Stabilného poradia zákaziek.

Domnievam sa, že vymenované automobilky (Volkswagen, Seat, Audi, ŠKODA AUTO) sa snažia o inováciu. Navrhnuť nové koncepty – novú cestu, než je cesta Toyoty a jej výrobná stratégia.

Zachovanie vernosti výrobnému programu a Stabilné poradie zákaziek sú stále v procese poznávania a skúmania. Úzko súvisia aj s formulovaným problémom DDP o Stabilitě produkcie. Rešerš týchto konceptov je v samostatných podkapitolách 6.6 a 6.7.

6.5.3 Logistika

Pri vysvetlení pojmu logistika sa Pernica (2005) opiera o Európsku logistickú asociáciu. Tá logistiku definuje ako: „*Organizácie, plánovanie, riadenie a uskutočňovanie toku tovaru, od vývoja a nákupu, do ukončenia výroby a distribúcie podľa objednávky finálneho zákazníka tak, aby boli splnené všetky požiadavky trhu pri minimálnych kapitálových výdajoch.*“

Sám Pernica (2005) zovšeobecňuje definíciu logistiky ako: „*Disciplínu, ktorá sa zaoberá zladovaním (koordináciou, synchronizáciou a celkovou optimalizáciou) všetkých aktivít v rámci samoorganizujúcich sa systémov, ich zretazenie je nevyhnutné k pružnému a hospodárskemu dosiahnutiu daného konečného (synergického) efektu.*“

Medzi logistické aktivity môžeme radiť napr. manipulačné, prepravné, skladovacie a baliace aktivity, ďalej plánovacie, koordinačné a synchronizačné, optimalizačné, inovačné, apod.

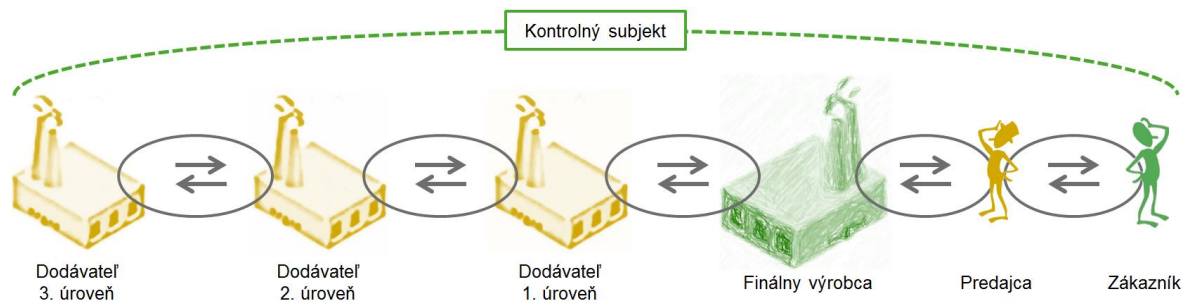
Němeček a kolektív (2004) v stati od profesorky Jurovej píše, že logistické aktivity sú rozhodujúcim nástrojom zvyšovania konkurencieschopnosti firmy. „*Logistika sa stáva súčasťou strategického riadenia podniku, zdrojom konkurencieschopnosti sú logistické služby a do konkurenčných vzťahov vstupujú celé logistické reťazce.*“ (Pernica, 2007)

Do logistického reťazca môžeme zahrnúť všetky subjekty, ktoré iniciujú logistické aktivity. Z pohľadu DDP nás zaujímajú konkrétne výrobcovia hmotného tovaru, čiže finálny výrobca a jeho dodávatelia v rôznych úrovniach. Z tohto hľadiska môžeme logistický reťazec nazývať dodávateľským reťazcom (z anglického spojenia „Supply Chain“).

Finálny výrobca a jeho dodávatelia medzi sebou úzko spolupracujú. Hovoríme o spolupráci v dodávateľskom reťazci (z anglického spojenia „Supply Chain Collaboration“). Na spoluprácu nadväzuje napr. spoločné riadenie logistických aktivít (z anglického spojenia „Supply Chain Management“).

Toto spoločné riadenie aktivít definuje Pernica (2005) ako „*vytváranie hodnôt pre koncového zákazníka s čo najnižšími nákladmi prostredníctvom integrovania logistických (dodávateľsko-odberateľských) procesov*“.

Všetko však závisí od vytvorenej spolupráce v rámci dodávateľského reťazca. Günthner ([b.r.]) spoluprácu popisuje ako partnerstvo a dobrovoľné spolupôsobenie medzi rovnocennými partnermi, pozdĺž celého dodávateľského reťazca (vid' Obr. 24). To znamená, že majú spoločne orientovaný cieľ a podieľajú sa na riešení problémov. To vedie k spoločnej optimalizácii logistických procesov. Význam partnerstva prisudzuje aj Němeček a kolektív (2004) v stati od profesorky Jurovej, kde sa píše: „Úspešné riadenie dodávateľsko-odberateľských vzťahov a tým logistických reťazcov je podmienené ústretovým prístupom oboch strán.“ Partnerstvo v dodávateľskom reťazci má prispieť k zvýšeniu výkonnosti. (Němeček a kolektív, 2004)

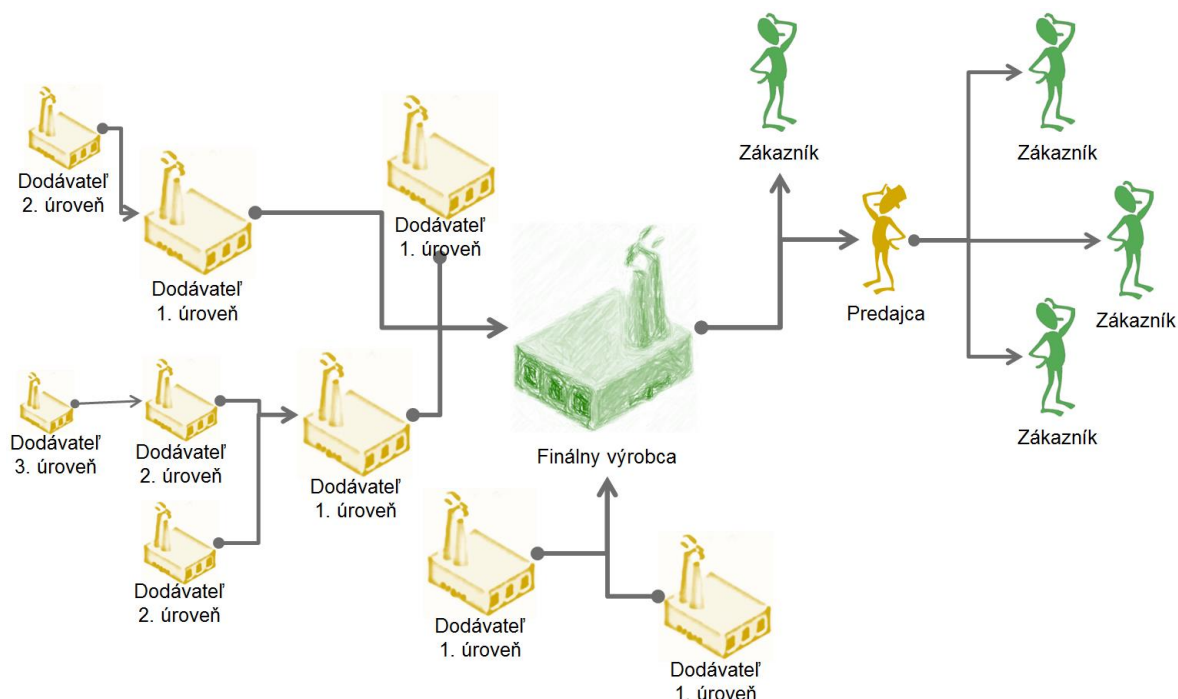


Obr. 24 – Rovnocennosť partnerov pozdĺž celého dodávateľského reťazca. (upr.: Günthner, [b.r.])

Úspešnosť rovnocennej spolupráce uvádza Fiala (2007) z prieskumu spoločnosti IBM vykonaného roku 2004. V ňom 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.

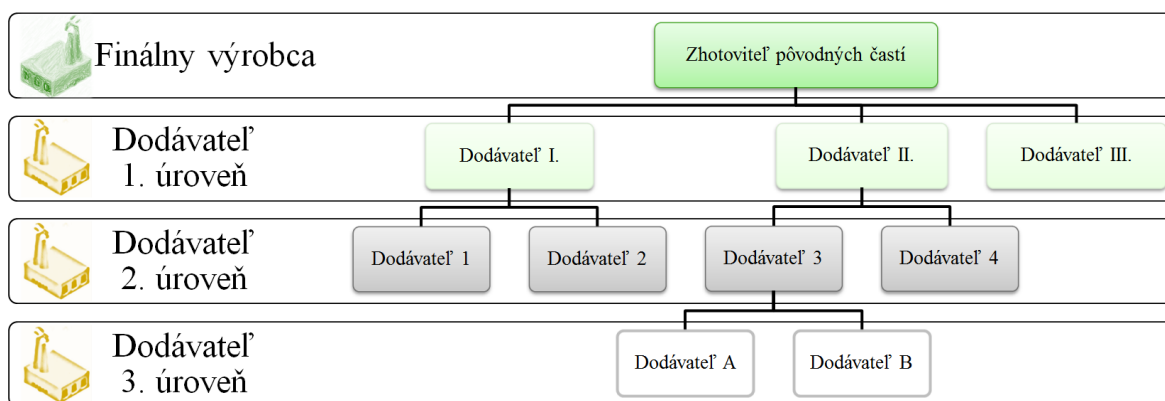
Dodávateľský reťazec všeobecne definuje Pernica (2005) ako „previazanú postupnosť všetkých činností (aktivít), ktorých uskutočnenie je nutnou podmienkou k dosiahnutiu daného konečného efektu. Efekt má synergickú povahu“.

V dodávateľskom reťazci uvažujeme o hmotnej stránke (premiestňovanie vecí, osôb) a nehmotnej stránke (premiestňovanie informácií). Nehmotná stránka je nutná k tomu, aby došlo k premiestneniu hmotnej stránky. (Pernica, 2005) Štruktúra konceptu dodávateľského reťazca je zobrazená na Obr. 25.



Obr. 25 – Štruktúra konceptu dodávateľského reťazca. (upr.: Bartošek, 2011)

Günthner ([b.r.]) a Schröder (2014) zobrazujú štruktúru dodávateľského reťazca pomocou organizačnej štruktúry. Na vrchu organizačnej štruktúry je finálny výrobca. Toho označujú ako „Original Equipment Manufacturer“ (v tomto kontexte voľne preložené z angličtiny ako zhotoviteľ pôvodných častí, vlastne finálny výrobca). Dodávateľia sú zaradení v jednotlivých úrovniach organizačnej štruktúry podľa napojenia na finálneho výrobcu (viď Obr. 26).



Obr. 26 – Organizačná štruktúra dodávateľského reťazca. (upr.: Günthner, b.r.)

Uvedená organizačná štruktúra bola dosiahnutá s rozvojom automobiliek. (Pernica, 2005) Automobilka sa na vrchu organizačnej štruktúry považuje za silného zákazníka a jednotlivé úrovne prirovnáva ku kaskáde jeho dodávateľov.

Dodávateľské reťazce sa v čase ďalej vyvíjajú. Ich štruktúra je zložitejšia, mení sa ich funkcia. Dosahuje sa lepšieho riadenia a spolupráce. Môžeme hovoriť o tom, že z dodávateľských reťazcov vznikajú dodávateľské siete (z anglického spojenia „Supply Network“). (Fiala, 2007)

„Dodávateľská sieť je súbor dodávateľských reťazcov, ktoré predstavujú tok výrobkov a služieb, od prvotných dodávateľov ku koncovým zákazníkom.“ (Bartošek, 2011)

Dodávateľským sieťam sa vo svojich publikáciách a prácach venujú napr. Jurová (2013), Gros a Grosová (2004), Sixta (2004) a Bartošek (2011). S ohľadom na predmet záujmu DDP nie je nutné dodávateľskú sieť viac rozoberať.

Logistika sa neustále vyvíja, pojíma čoraz viac aktivít a prelína sa do rôznych vedných disciplín. Pernica (2005) právom logistiku označuje za multisystém. Správne fungovanie logistiky ako multisystému naplňuje predpoklady Stability produkcie.

Tak sa môžeme vrátiť k Obr. 1, kedy v ideálnom prípade je plánovaný výrobný program finálneho výrobcu obrazom výrobného programu jeho dodávateľov. Hovoríme tak o limitnom ideálnom systéme, ku ktorému sa snažíme priblížiť prostredníctvom rovnocennosti a harmónie partnerov v dodávateľskom reťazci.

6.6 Zachovanie vernosti výrobnému programu

Zachovanie vernosti výrobnému programu (ZVVP) vychádza zo všeobecného pojmu „Terminstreue“ (doslovne preložené ako termínová vernosť). Günthner ([b.r.]) píše, že sa jedná o percentuálny pomer medzi tým, koľko zákaziek bolo dodaných zákazníkom v stanovenom (sľubovanom) období k celkovému počtu zákaziek v stanovenom období. Všeobecný výpočet „Terminstreue“ uvádza Rovnica 4.

Rovnica 4 – Všeobecný výpočet „Terminstreue“. (Günthner, [b.r.])

$$\text{Terminstreue} [\%] = \frac{\text{Počet dodaných zákaziek v stanovenom období}}{\text{Celkový počet zákaziek v stanovenom období}} \cdot 100 \% [\%] \quad (R4)$$

Stanovené obdobie je nami zvolený časový interval. Napr. jeden mesiac, týždeň, deň, hodina. Zvolený časový interval sa pre jednoznačnosť zakomponuje do názvu „Terminstreue“ a dostávame tak „Tagestreue“ (denná vernosť), „Wochestreue“ (týždenná vernosť) apod.

Prístup profesora Günthnera môžeme analogicky previesť na ZVVP. Prioritne teda nehovoríme o dodaných zákazkách zákazníkom, ale o vyrobených zákazkách. Vyrobené zákazky sa porovnávajú s plánovaným výrobným programom.

Plánovaný výrobný program predbežne uvádza časový plán zhotovenia konkrétnej zákazky (napr. 21. kalendárny týždeň, 5. deň v mesiaci, 25. 6. 2014 apod.) Základnou myšlienkou princípu ZVVP je teda porovnať časový plán zhotovenia konkrétnej zákazky s jej skutočným časom výroby v nami zvolenom časovom intervale. Keď čas výroby zákazky spadá do časového intervalu plánovaného výrobného programu, hovoríme, že výroba zachovala vernosť výrobnému programu (viď Tab. 6).

Tab. 6 – Ukážka vyhodnotenia Zachovania dennej vernosti výrobnému programu (vzp.)

Hodnotený interval pre ZVVP _{deň}	Plánovaný výrobný program zákaziek zoradený podľa dní	Skutočný deň výroby zákaziek	Kontrola dennej vernosti	Hodnota ZVVP _{deň} [%]
—	25. 6. 2016	24. 6. 2016	—	—
—	25. 6. 2016	25. 6. 2016	—	—
26. 6. 2016	26. 6. 2016	25. 6. 2016	✘	Vid' rovnica 5: $\text{ZVVP}_{\text{deň}} = \frac{4 - 1}{4} * 100 = 75 \%$
	26. 6. 2016	26. 6. 2016	✓	
	26. 6. 2016	26. 6. 2016	✓	
	26. 6. 2016	26. 6. 2016	✓	
—	27. 6. 2016	26. 6. 2016	—	—

Zvoleným časovým intervalom taktiež spresňujeme názov ZVVP, napr. zachovanie dennej vernosti výrobnému programu (skrátene denná vernosť). Čím je zvolený časový interval kratší, tým menšia je prípustná odchýlka medzi časovým plánom zhotovenia zákazky a jej skutočným časom výroby. U ZVVP sa vo zvolenom intervale neposudzuje poradie zákaziek.

ZVVP sa číselne vyjadruje prostredníctvom jeho ukazovateľa. Ukazovateľ ZVVP percentuálne udáva pomer počtu zhodných zákaziek (plán v. skutočnosť) k celkovému počtu zákaziek. Všeobecný výpočet ukazovateľa ZVVP uvádza Rovnica 5.

Rovnica 5 – Výpočet ukazovateľa ZVVP. (Kietzmann, 2012)

$$xZVVP [\%] = \frac{\text{Plán} - \text{Nevyrobené}}{\text{Plán}} \cdot 100 \% [\%] \quad (R5) \quad , \text{ kde}$$

- **xZVVP** je ukazovateľ zachovania vernosti výrobnému programu počas zvoleného časového intervalu (hodina, deň, týždeň, atď.).
- **Plán** sú zaplánované zákazky (objednávky) vo výrobnom programe, ktoré sa požadujú vyrobiť vo zvolenom časovom intervale.
- **Nevyrobené** sú zaplánované zákazky (objednávky), ktoré neboli vo zvolenom časovom intervale vyrobené.

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

ZVVP prakticky používa aj automobilka ŠKODA AUTO a.s. Autori Baltus a Kučera (2003) uvádzajú, že na základe ukazovateľa ZVVP si automobilka konkrétne zisťuje dodržanie programu montáže vozov podľa poradia stanoveného na základe zákazníckych objednávok. V tej dobe sa jednalo o vyhodnotenie tridsaťdenného časového intervalu. Prehľad dosiahnutých hodnôt ukazovateľa ZVVP v ŠKODA AUTO a.s. uvádza Tab. 7.

Tab. 7 – Dosahované hodnoty ukazovateľa ZVVP v ŠKODA AUTO a.s. pre jednotlivé modely v roku 2003. (prev.: Baltus a Kučera, 2003).

<i>Model</i>	<i>Hodnota ZVVP za 30-denný časový interval</i>
Octavia I.	86,10 %
Fabia I.	79,60 %
Superb I.	91,20 %

O 6 rokov neskôr Trejbal (2009) vo svojej práci uvádza, že automobilka ŠKODA AUTO sleduje ZVVP v týždennom časovom intervale. V súčasnosti ŠKODA AUTO sleduje veľkosť ZVVP pre denný časový interval.

Hodnoty ZVVP spoločnosti ŠKODA AUTO znovu zverejňujú Umlauf a Drescher (2014). Tieto súhrnné hodnoty ZVVP sú za časové obdobie jeden výrobný rok od 2010 do 2014. Hodnoty ZVVP sa v jednotlivých rokoch zvyšujú (viď Príloha 6).

Tieto hodnoty však nemajú vypovedajúci charakter, pretože neuvádzajú, pre ktoré modely a úseky materiálového toku boli výsledky spracované.

6.7 Stabilné poradie zákaziek

Hlavnou myšlienkou Stabilného poradia zákaziek (SPZ) je definovať poradie zákaziek určených k zhotoveniu niekoľko dní pred zahájením výroby. Poradie zákaziek je záväzné. (Schröder, 2014)

SPZ vysvetľujú Günthner ([b.r.]), Hußlein a Breidbach (2011), Meißner (2009) a Schröder (2014) na príkladoch z automobilky. O SPZ uvádzajú, že finálny výrobca má definovať poradie zákaziek určitý čas pred zahájením výroby. Pokiaľ to dodrží, môže osloviť svojich dodávateľov za účelom vzájomného synchronizovania výrob. Konkrétne synchronizácie procesov finálneho výrobcu a jeho dodávateľov s určitým predstihom.

Podľa Günthnera ([b.r.]) a Schrödera (2014) vedie SPZ ku spolupráci finálneho výrobcu a jeho dodávateľov. Tým sa posilňujú väzby a partnerské vzťahy dodávateľského reťazca.

6.7.1 Potenciál využitia konceptu Stabilné poradie zákaziek

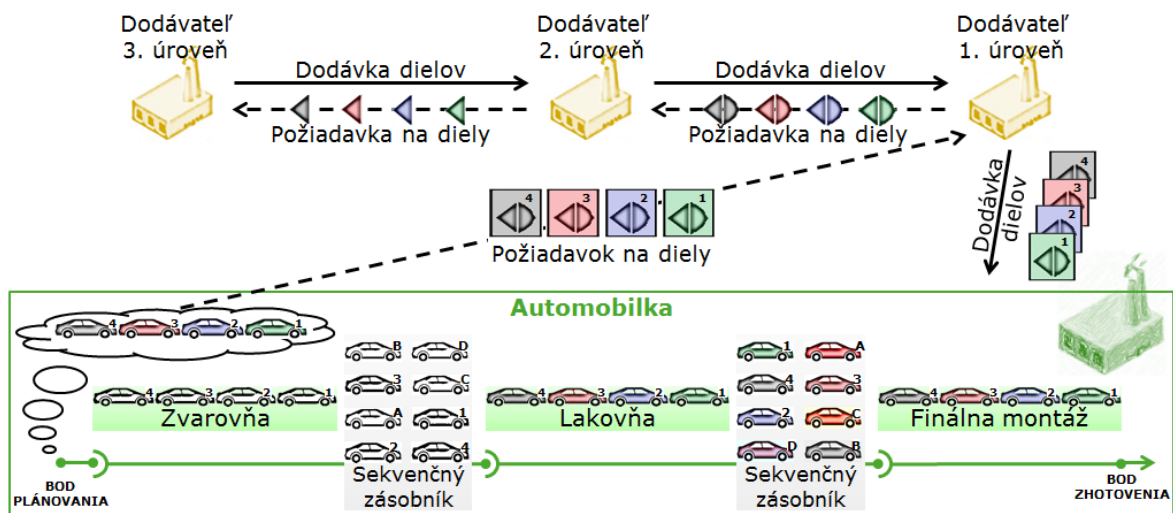
Na základe prehľadu odborných publikácií môžem konštatovať, že SPZ je primárne záležitosťou automobiliek. Poukazujú na to napr. Pernica (2005), Günthner, [b.r.], Hußlein a Breidbach (2011), Meißner (2009) a Schröder (2014).

Úsilie automobiliek podľa Pernicu (2005) vedie ku skráteniu doby priebehu objednávky zo 40 až 50 dní na 3 dni. Všeobecne však budeme uvádzať skrátenie doby priebehu objednávky na pár dní, pretože zahraničná literatúra uvádza napr. „Auto za 5 dní“. Podľa Horna (2006) to uspokojí nielen potrebu predajcov a zákazníkov, ale zlepši konkurencieschopnosť európskeho automobilového priemyslu na svetovom trhu. Weiner (2006) dopĺňa, že skrátenie doby objednávky na minimálny čas eliminuje u automobiliek výrobu áut, o ktoré nemá koncový zákazník záujem. Inšpiráciou pre automobilky je spoločnosť DELL. Tá individuálne zostavuje a exportuje všetky zákazky v poradí danom zákazníkmi. (Horn, 2006)

O autách zhotovených podľa požiadaviek zákazníka a ich doručení v krátkych časových intervaloch píše aj Mandel a Kysel (2007). Podľa nich by automobilky nemali zmontovať auto skôr, než dostanú od zákazníka finálnu objednávku. Zavedenie tejto myšlienky do praxe si bude vyžadovať technologické inovácie pre podporu komunikácie a kalkulácií v reálnom čase. Výsledkom je súvislý komunikačný tok medzi partnermi v hodnototvornom dodávateľskom reťazci. (Mandel a Kysel, 2007).

Aj Pernica (2005) uvádza, že jedným zo spôsobov, ako skrátiť zhotovenie zákazky od prijatia objednávky až po doručenie koncovému zákazníkovi na pár dní, je sprehľadniť výrobu pre partnerov v dodávateľskom reťazci. Hovorí o spoločnom zdieľaní informácií. (Pernica, 2005)

Jednou z informácií tak môže byť aj plánovaný výrobný program finálneho výrobcu, podľa ktorého sa riadia prvotní dodávateľia. Príklad zobrazuje Obr. 27.



Obr. 27 – Grafické znázornenie predstavy o Stabilnom poradí zákaziek v automobilovom priemysle. (upr.: Günthner, [b.r.]

Zhotovenie zákazky od prijatia objednávky až po doručenie koncovému zákazníkovi za pár dní spochybňuje Bretzke (2005). Predovšetkým ho k tomu vedie rozmanitosť ponúkaných výrobkov. Každý výrobok obsahuje rôzne polotovary, pričom i samotné polotovary majú rôzne varianty. Zvládnuť takúto variabilnosť je s ohľadom na čas veľmi náročné.

Ďalej môžu automobilky prísť o ekonomické výhody spojené so situovaním prvotných dodávateľov do krajín s nižšou mzdou. V konečnom dôsledku môže zhotovenie zákazky do pár dní viesť k nepredvídateľným situáciám. Napr. výrazne oslabiť stabilitu medzi finálnym výrobcom a jeho prvotnými dodávateľmi. (Bretzke, 2005)

6.7.2 Príčiny porušenia konceptu Stabilné poradie zákaziek

SPZ úzko súvisí so zavedeným názvom SP, pretože vopred stanovené poradie bude zachované len v prípade, že dôjde k udržaniu určitých vlastností sústavy.

Bartošek, Šunka a Varjan (2014) píšú o príčinách, ktoré spôsobujú porušenie poradia dané plánovaným výrobným programom v materiálovom toku. Súhrnne ich uvádza Tab. 8.

Tab. 8 – Príčiny, ktoré porušujú poradie dané plánovaným výrobným programom v materiálovom toku. (upr.: Bartošek, Šunka a Varjan, 2014)

Hľadisko	Príčina
Konštrukčné	Rozvetvenie materiálového toku z konštrukčného hľadiska
	Všetky zásobníky nenavrhané 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

Príčina	Príčina
Organizačné	Rozdielna prácnosť
	Rozdielna zmennosť
	Reštrikcie
	Kontrola kvality
	Audit
	Opravy
	Vynímanie zákaziek (výrobkov) z materiálového toku
	Výpadok logistiky
	Nedodržanie výrobného programu
	Vyčleňovanie procesov „Outsourcing“

Analýzou týchto príčin a stanovenými opatreniami pre ich elimináciu súvisia s dosiahnutím určitých výhod. O výhodách, ktoré môžeme SPZ dosiahnuť, píše Meißner (2009):

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

Tieto výhody SPZ podľa Meißnera (2009) vedú:

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

Prečo sa finálni výrobcovia zaoberajú SPZ je zreteľný. Všetky výhody, ktoré Meißner (2009) uvádza, vedú k úspore finančných prostriedkov.

6.7.3 Rozbor konceptu Stabilné poradie zákaziek

SPZ môžeme v zmysle praktického vedeckého postupu¹⁵ považovať za metodiku. Konkrétne metodiku dodržania presného poradia zhotovovaných výrobkov podľa plánovaného výrobného programu. (Günthner, [b.r.]

Označenie SPZ za metodiku využívam z dôvodu, že zahŕňa dva spôsoby – metódy dosiahnutia zhody v poradí plánovaných v. vyrobených zákaziek. O týchto metódach pojednávajú napr. Günthner, [b.r.], Hußlein a Breidbach (2011), Meißner (2009) a Schröder (2014).

Metódy sú v nemeckom jazyku uvádzané pod názvami „Perlenkettenprinzip“ a „Prinzip der späten Auftragszuordnung“. Názvy z nemčiny voľne prekladám ako:

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

¹⁵ Metodika = praktický metodický postup ako druhotný význam slova. (Krátky slovník slovenského jazyka 4, 2003)

Tieto metódy je možné porovnať s fixnou sekvenciou. „Celý proces je postavený na tom, že automobilky (napr. Ford, Jaguar, BMW) posielajú predpovede poradia zákaziek dva a viac dní vopred a tie už nemenia.“ (Schwob a Choc, 2007) Prípadné výpadky zákaziek z poradia sú okamžite nahradzované vopred vytvorenou bezpečnostnou skladovou zásobou. (Schwob a Choc, 2007)

Metódy Oneskorené pridelenie zákazky a Perlový smerujú k tomu, aby dodržané záväzné poradie zákaziek viedlo k zníženiu skladových zásob. Oproti fixnej sekvencii nie je prioritou vytvárať bezpečnostnú skladovú zásobu. Prioritou je eliminovať príčiny vo výrobných procesoch a materiálových tokoch, ktoré menia poradie zákaziek.

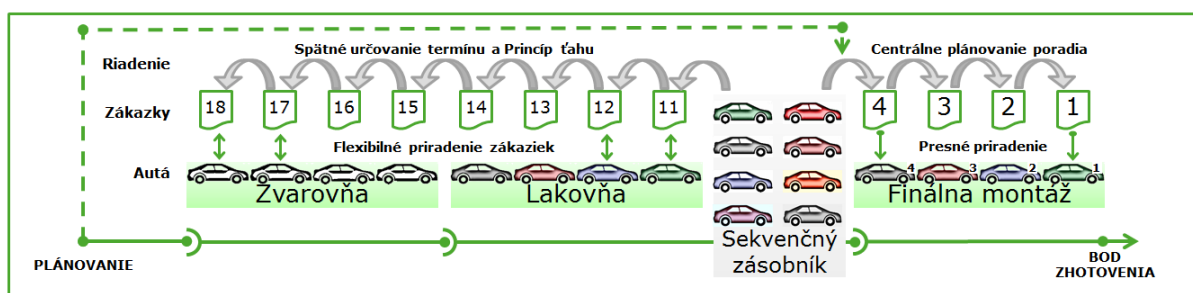
Rozdiel medzi Oneskoreným pridelením zákazky a Perlovým náhrdelníkom je daný miestom, kde tvoríme sekvenciu zákaziek. Ide o miesto pevného spojenia vyrábaného výrobku s finálnou objednávkou od zákazníka, teda bod rozpojenia.

6.7.4 Oneskorené pridelenie zákaziek

Metóda Oneskorené pridelenie zákaziek (OPZ) spočíva v tom, že výrobky sa podľa plánovaného výrobného programu radia vo vybranom bode materiálového toku. (Meißner, 2009)

Znamená to, že finálny výrobca má zostavený plánovaný výrobný program podľa zákaziek od koncových zákazníkov. Do výroby sú zákazky zadávané bez ohľadu na plánovaný výrobný program. Následne postupujú materiálovým tokom. V konkrétnom mieste materiálového toku finálneho výrobcu dôjde k ich centralizácii. Toto konkrétne miesto je našim bodom rozpojenia. Od bodu rozpojenia sa zákazky začínajú radit' podľa plánovaného výrobného programu. Takto zoradené pokračujú v materiálovom toku.

Výber bodu rozpojenia v materiálovom toku, kde sa zákazky centralizujú, závisí na rôznych okolnostiach. Vo väčšine prípadov sa jedná o bod, za ktorým nasleduje proces montáže (Obr. 28). (Schröder, 2014) Napríklad v bode zakomponovania polotovaru, ktorý má viac variant. Variantu polotovaru si volí koncový zákazník, alebo je daná typom výrobku.



Obr. 28 – Grafické znázornenie metódy Oneskorené pridelenie zákazky. (upr.:Meißner, 2009)

K variante umiestnenia bodu rozpojenia pred procesom montáže sa prikláňajú aj Mandel a Kysel' (2007): „Bod rozpojenia fyzicky predstavuje posledný zásobník v dodávateľskom reťazci, kde sú skladované súčiastky, ktoré ešte nie sú priradené špecifickej objednávke.“

O bode rozpojenia ako poslednom zásobníku uvažuje aj Pernica (2005). Vhodným typom posledného zásobníku je zásobník sekvenčný. Štoček (2005) vysvetľuje, že sekvenčný zásobník obsahuje bunky. Jednotlivé bunky tohto zásobníku predstavujú odkladaciu pozíciu vždy pre jednu zákazku. Založenie zákazky do bunky sa zvyčajne deje prostredníctvom regálového zakladača. Ten sa pohybuje vo vymedzenej dráhe, pričom obsluhuje príslušné regály. (Štoček, 2005) Sekvenčný zásobník nám tak dáva možnosť rôzneho priradovania zákaziek v čase pri malom riziku straty ich sekvencie smerom k finálnej montáži.

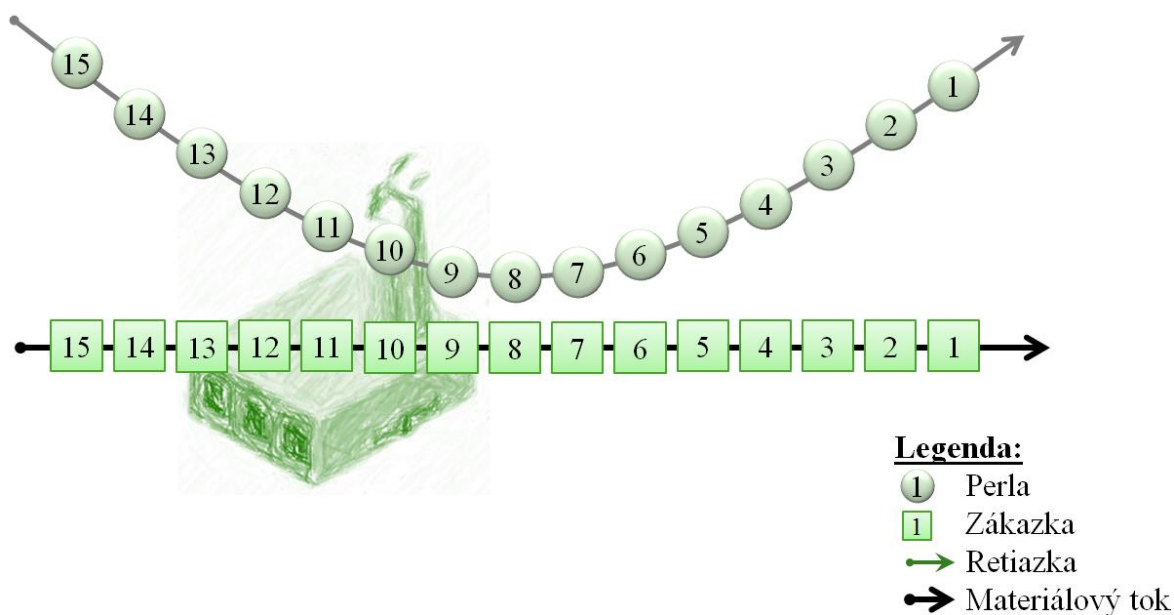
Súhrn výhod sekvenčného zásobníka: (Štoček, 2005):

- Zabezpečuje riziká, ktoré vznikajú v priebehu výrobného procesu (nepredvídateľné prestoje, rozdielne prestávkové, zmenné režimy nadväzujúcich výrob apod.)
- Dáva možnosť pozdržania konkrétneho výrobku.
- Dáva možnosť vytvorenia poradia jednotlivých zákaziek tak, aby:
 - Došlo k optimálnemu vyťaženiu nasledujúcich výrobných procesov.
 - Bol dodržaný plánovaný výrobný program.

Vyššie uvedené výhody platia v prípade, že sekvenčný zásobník je po konštrukčnej a kapacitnej stránke plne prispôsobený podmienkam prevádzky, v ktorej bude použitý. (Štoček, 2005)

6.7.5 Perlový náhrdelník

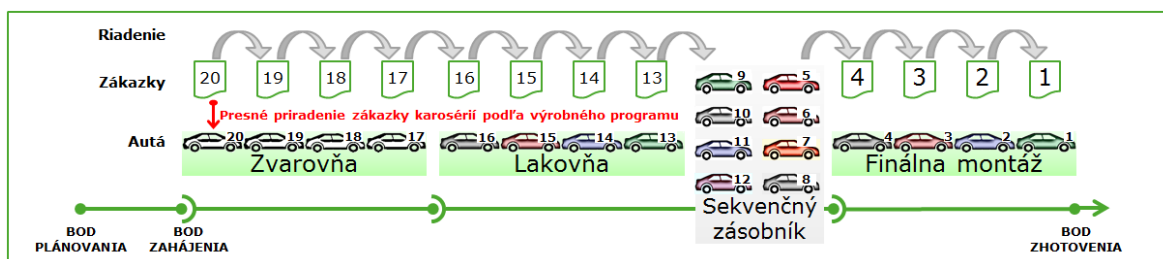
Názov metódy Perlový náhrdelník (z nemeckého pojmu „Perlenkette“ alebo „Perlenkettenprinzip“) symbolizuje jeho samotnú podstatu. Ide o navliekanie perál na retiazku. Perly pritom v analógii s výrobou symbolizujú zákazky. Retiazka symbolizuje materiálový tok. Keďže navlieknuté perly na retiazke nie je možné nijak preskupiť, ani zmeniť ich poradie, to isté sa očakáva aj od samotnej výroby. Nemeniť poradie zákaziek v materiálovom toku. Vid' Obr. 29.



Obr. 29 – Analógia perlového náhrdelníku a metódy Perlový náhrdelník. (upr.: Bartošek, Šunka a Varjan, 2014)

Preved'me podstatu Perlového náhrdelníku (PN) na finálneho výrobcu a jeho materiálový tok. Bod rozpojenia je tak na samotnom bode plánovania výrobného programu. Určené poradie zákaziek sa tak prenáša na bod zahájenia výroby zákaziek. Toto poradie musí byť zachované až do bodu zhotovenia zákaziek. Podľa Heizmanna (2009) ide o včasné plánovanie zákaziek v presnom poradí.

Zjednodušene popisuje metódu PN Meißner (2009). Ten ju prirovnáva k FIFO riadeniu od bodu plánovania po bod zhotovenia (Obr. 30).



Obr. 30 – Zobrazenie riadenia metódy Perlového náhrdelníku. (upr.: Günthner, [b.r.])

O predpoklade pre využívanie metódy PN píše Günthner ([b.r.]). Začleňuje ju k výrobe na objednávku¹⁶. Znamená to, že máme jasne určenú objednávku od koncového zákazníka a tú považujeme za pevnú zákazku.

Význam metódy Perlového náhrdelníku

Schindler a Anderlitschka (2008) poukazujú na to, že PN ponúka lepšiu hospodárnosť a jednoduchšie zvládnutie výroby pri vysokej variabilite výrobkov.

Využívaním PN môže finálny výrobca plánovať svoj výrobný program aj niekoľko dní pred jeho uskutočnením. To umožní prvotným dodávateľom vyrábať podľa tohto programu a vo vyrobenom poradí ich na základe požiadavky doviest' k finálnemu výrobcovi. Nastáva tak ideálny stav, kedy je plánovaný výrobný program finálneho výrobcu obrazom výrobného programu jeho prvotných dodávateľom. V tomto pojatí píše Norma VDA 5010 (2008) o 100 % synchronizácii.

Úspešnosť zavádzania PN v praxi

Metóda PN sa začala objavovať približne pred 18 rokmi v Nemecku¹⁷. Ako uvádza Reiling (2011), prvou automobilkou, ktorá aplikovala PN do svojej výroby bol Daimler. V priebehu času sa metóda PN rozšírila do ďalších automobiliek. V rôznych formách, no nie v celej výrobe. (Reiling, 2011)

Napr. automobilka AUDI zverejnila hodnoty synchronizácie výroby podľa plánovaného výrobného programu na výrobnéj linke modelu „A8“ (viď Príloha 7). V roku 2003 dosahovala synchronizácia plánovaného programu oproti výrobnému hodnotu 60 % a po roku 2005 už hodnota synchronizácie neklesla pod 90 %. Po zavedení nového modelu po roku 2011 sa hodnoty synchronizácie držali medzi 95 až 98 %.

U zverejnených hodnôt však nie je uvedené, v ktorom mieste výroby bolo poradie zákaziek sledované a následne vyhodnocované. Môžeme sa len domnievať, či sa jednalo o bod na konci montáže, v jej priebehu, na začiatku montáže apod.

Prínosy PN – predpokladané kontra skutočné

Všeobecné prínosy, ktoré predpokladá zavedenia PN zhrňuje Punzenberger (2011):

- PN 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.

¹⁶ Výroba na objednávku, z anglického *built to order*.

¹⁷ Prevedené na rok 2014 podľa článku Rieling-a z roku 2011.

- Zníženie doby prestojov.

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

O predpokladanom finančnom prínose využitím PN píše Cordshagen a De Graeve (2002) a MotorTalk (2002). Podľa nich môže automobilka znížiť skladové náklady až o 100 € na jedno vyrobené vozidlo¹⁸.

K informáciám o skutočných finančných úsporách zavedenia PN do výroby som sa v priebehu tvorby DDP nedostal. Pravdepodobne sú predmetom interných materiálov jednotlivých výrobných spoločností.

Aplikovanie PN do výroby

Presné postupy, ako aplikovať metódu PN do prostredia výrobnej spoločnosti, 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 PN.

Vyhodnotiť prospešnosť realizovaných zmien s ohľadom na PN môžeme pomocou jeho ukazovateľa. Priamym ukazovateľom je „Perlenkettfenstertreue“. Voľne preložené z nemčiny ako okno vernosti Perlového náhrdelníku. Tento ukazovateľ sa udáva v percentách, pričom hodnota udáva zhodu poradia zákaziek medzi vybranými miestami materiálového toku. Vybrané miesta materiálového toku budeme nazývať evidenčné body (EB)¹⁹.

Medzi automobilky, ktoré aplikujú metódu PN, patrí okrem AUDI, Daimler, Porsche, MAN, Volkswagen aj Volkswagen Bratislava a ŠKODA AUTO a.s.

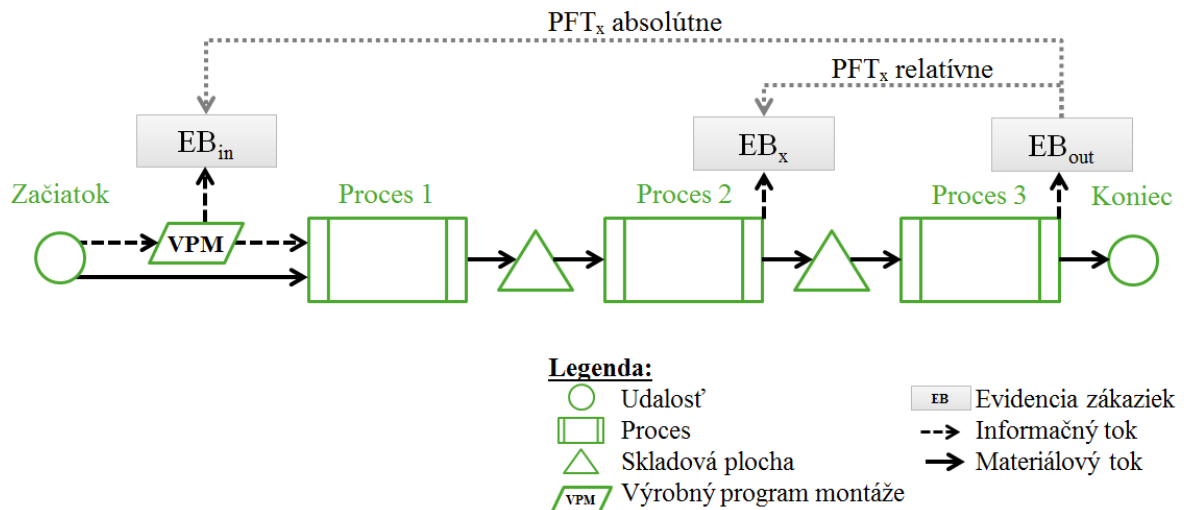
6.8 Výpočet ukazovateľa Perlového náhrdelníku

Ukazovateľ *Perlenkettfenstertreue* (PFT_x) je priamym ukazovateľom metódy PN. PFT_x je možné vypočítať za podmienky, že máme k dispozícii údaje o prechode zákaziek z dvoch miest (prvého a druhého EB). Podľa toho, o ktoré miesta sa jedná, vyhodnocujeme buď PFT_x absolútne alebo relatívne. (Unterburger a Lalkens, 2008)

Absolútny výpočet je medzi bodom plánovania a bodom zhotovenia zákazky. Pri relatívnom výpočte ide o ktorýkoľvek úsek materiálového toku (viď Obr. 31).

¹⁸ 100 € \approx 2753 Kč. Prevedené podľa konverzného kurzu Českej národnej banky z dňa 4. 2. 2014.

¹⁹ 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.)



Obr. 31 – Absolútny a relatívny výpočet PFT_x . (upr.: Meißner, 2009)

Údaje získané z procesu výroby o zákazkách môžu byť časové alebo poradové. Tieto údaje potrebujeme z oboch sledovaných bodov, medzi ktorými chceme PFT_x vypočítať. Pri výpočte PFT_x z časových údajov sa vytvorí poradie zákaziek ich zoradením podľa narastajúceho časového údaju.

6.8.1 Rozdiel medzi pôvodným/plánovaným a aktuálnym poradím zákazky

Výpočtu PFT_x predchádza stanovenie hodnoty rozdielu aktuálnej pozície zákazky od jej pôvodnej/plánovanej pozície. V nemeckej literatúre sa táto hodnota uvádza ako „Reihenfolgenabweichung“ alebo „Sequenzabstand“ (SQA). (Meißner, 2009)

Aktuálna pozícia ($AktP$) je daná poradím, v ktorom sa zákazka zaevidovala pri prechode druhým EB. Pôvodná/plánovaná pozícia ($PlanP$) je daná poradím, ktoré bolo generované pri vzniku plánovaného výrobného programu alebo poradím na prvom EB. Výpočet SQA uvádza Rovnica 6.

Rovnica 6 – Výpočet SQA . (upr. Meißner, 2009)

$$SQA_i = PlanS_i - AktS_i [-] \quad (R6) \quad , \text{ kde}$$

- SQA_i je hodnota rozdielu sledovaných pozícií i -tej zákazky.
- $AktS_i$ je aktuálna pozícia i -tej zákazky.
- $PlanS_i$ je pôvodná/plánovaná pozícia i -tej zákazky.

SQA_i podľa Rovnica 6 môže nadobúdať tri hodnoty: nenulovú kladnú; nenulovú zápornú a nulovú: (Meißner, 2009)

- Keď hodnota odstupu SQA_i je kladná ($PlanS_i > AktS_i \rightarrow SQA_i > 0$), zákazka je predčasná.
- Keď hodnota odstupu SQA_i je záporná ($PlanS_i < AktS_i \rightarrow SQA_i < 0$), zákazka je oneskorená.
- Keď hodnota odstupu SQA_i je nulová ($PlanS_i = AktS_i \rightarrow SQA_i = 0$), poradie zákazky nebolo zmenené a zákazka je v správnom poradí.

Doplňujúce výpočty z hodnoty SQA

Doplňujúce výpočty z hodnoty SQA je možné stanoviť za podmienky:

- Stanovenia poradia zákaziek z časových údajov alebo podľa poradového čísla.
- Výpočtu SQA z uzavretého intervalu.

Pri platnosti týchto podmienok môžeme následne vypočítať:

- Aritmetický priemer SQA .
- Rovnosť hodnôt SQA .
- Určenie počtu zákaziek predčasných, oneskorených a zákaziek v správnom poradí.
- Rozptyl SQA .
- Smerodajná odchýlka SQA .

Jednotlivé výpočty uvádza prehľadne Rovnica 7.

Rovnica 7 – Doplňujúce výpočty z hodnoty SQA za platných podmienok. (Meißner, 2009)

a) Výpočet aritmetického priemeru SQA .

$$\overline{SQA} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SQA_i = 0 \quad (R7) \quad , \text{ kde}$$

- \overline{SQA} je aritmetický priemer SQA .
- SQA_i je odstup od pôvodného/plánovaného poradia i -tej zákazky.
- n je celkový počet zákaziek zo sledovaného uzavretého intervalu.
- i je i -tá zákazka.

b) Výpočet rovnosti hodnôt SQA .

$$\sum_{i=1}^n SQA_i^+ = - \sum_{i=1}^n SQA_i^- \quad (R8) \quad , \text{ kde}$$

- SQA_i^+ je hodnota SQA i -tej zákazky v predstihu.
- SQA_i^- je hodnota SQA oneskorenej i -tej zákazky.
- n je celkový počet zákaziek zo sledovaného uzavretého intervalu.
- i je i -tá zákazka.

c) Určenie celkového počtu zákaziek.

$$fv^+ = \sum_{i=1}^n SQA_i^+ ; fv^- = \sum_{i=1}^n SQA_i^- ; fv^0 = \sum_{i=1}^n SQA_i^0 \quad (R9) \quad , \text{ kde}$$

- fv^+ je počet všetkých predčasných zákaziek z uzavretého intervalu.
- fv^- je počet všetkých oneskorených zákaziek z uzavretého intervalu.
- fv^0 je počet všetkých zákaziek v správnom poradí z uzavretého intervalu.
- SQA_i^+ je hodnota SQA i -tej zákazky v predstihu.
- SQA_i^- je hodnota SQA oneskorenej i -tej zákazky.
- SQA_i^0 je hodnota SQA i -tej zákazky v správnom poradí.
- n je celkový počet zákaziek zo sledovaného uzavretého intervalu,
- i je i -tá zákazka.

d) Výpočet rozptylu SQA .

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (SQA_i - \overline{SQA})^2 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SQA_i^2 \right) - \overline{SQA}^2 \quad [-] \quad (R10) \quad , \text{ kde}$$

- s^2 je rozptyl (stredná kvadratická odchýlka).
- SQA_i je odstup od pôvodného/plánovaného poradia i -tej zákazky.
- \overline{SQA} je aritmetický priemer SQA .
- n je celkový počet zákaziek zo sledovaného uzavretého intervalu.
- i je i -tá zákazka.

e) Výpočet smerodajnej odchýlky SQA .

$$s = \sqrt{s^2} \quad [-] \quad (R11) \quad , \text{ kde}$$

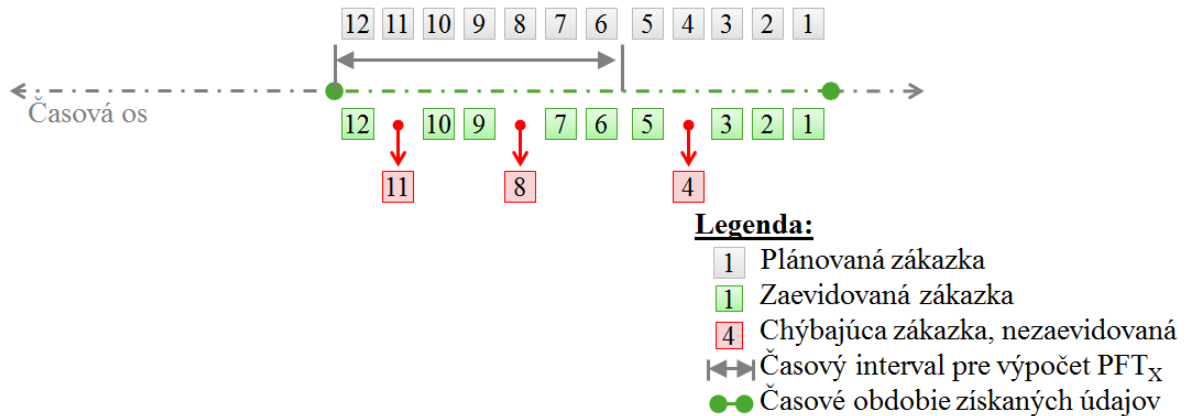
- s^2 je rozptyl (stredná kvadratická odchýlka).

6.8.2 Chýbajúce zákazky

Ďalšou potrebnou hodnotou k výpočtu PFT_X je počet chýbajúcich zákaziek. Chýbajúca zákazka je označená za chýbajúcu, keď platí: (Meißner, 2009)

- Očakávané poradové číslo zákazky za časový interval pre výpočet PFT_X sa neobjavilo,
- a súčasne poradové číslo zákazky nebolo evidované pred uvedeným časovým intervalom v rámci časového obdobia získaných údajov.

Určenie chýbajúcej zákazky je na Obr. 32.



Obr. 32 – Určenie chýbajúcej zákazky. (vsp.)

6.8.3 Vlastný výpočet PFT_X

Vlastný výpočet PFT_X vychádza z Rovnica 8. Pri výpočte sa zohľadňujú len oneskorené zákazky ($SQA_i < 0$) a chýbajúce zákazky (P_{Miss}). Zákazky predčasné ($SQA_i > 0$) a zákazky v správnom poradí zákaziek ($SQA_i = 0$) sa do výpočtu nezahrňujú.

Rovnica 8 – Vlastný výpočet PFT_X . (Unterburger a Lalkens, 2008)

$$PFT_X = \frac{P - P_{(SQA < X)} - P_{Miss}}{P} \cdot 100 \% [\%] \quad (R12) \quad , \text{ kde}$$

- PFT_X je ukazovateľ metódy PN.
- P je celkový počet zákaziek z uzavretého intervalu, ktorý pri výpočte uvažujeme.
- $P_{(SQA < X)}$ je počet oneskorených zákaziek z celkového počtu zákaziek P , pre ktoré platí, že $SQA < X$.
- P_{Miss} je počet chýbajúcich zákaziek.

Výsledok PFT_X sa uvádza v percentách. Výsledok udáva, koľko percent z celkového počtu sledovaných zákaziek sa nachádzalo v prípustnom intervale.

Vypočítanú hodnotu PFT_X môžeme ovplyvňovať stanoveným prípustným intervalom pre oneskorené zákazky. Napr., keď prípustný interval oneskorených zákaziek je rovný 3, oneskorené zákazky sú tie, pre ktoré platí: $SQA_i < -3$. Prípustný interval označuje miesto indexu písmena X: $PFT_X \rightarrow PFT_3$. Prípustný interval oneskorených zákaziek rovný PFT_0 sa označuje ako „Perlenkettengüte“ (PKG). Voľným prekladom z nemčiny môžeme PKG uviesť ako najviac dosiahnutú akosť Perlového náhrdelníku. Je to z dôvodu, že PKG znamená nulovú toleranciu oneskorených zákaziek. (Unterburger a Lalkens, 2008)

Rovnica 9 – Výpočet $PFT_0 = PKG$. (Unterburger a Lalkens, 2008)

$$PFT_0 = PKG = \frac{P - P_{(SQA < 0)} - P_{Miss}}{P} \cdot 100 \% [\%] \quad (R13) \quad , \text{ kde}$$

- **PFT_0** je ukazovateľ metódy PN pre nulovú toleranciu oneskorených zákaziek.
- **PKG** Perlnekettegüte, je užívaný pojem pre ukazovateľ PFT_0 .
- **P** je celkový počet zákaziek z uzavretého intervalu, ktorý pri výpočte uvažujeme.
- **$P_{(SQA < 0)}$** je počet oneskorených zákaziek z celkového počtu zákaziek P , pre ktoré platí, že $SQA < 0$.
- **P_{Miss}** je počet chýbajúcich zákaziek.

6.8.4 Aktuálny počet rozpracovaných zákaziek

Aktuálny počet rozpracovaných zákaziek (RZ) s presnosťou udáva, koľko zákaziek je stále v rozpracovanosti. V praxi to znamená, že zákazka neprešla druhým sledovaným EB, aj napriek tomu, že bola zaznamenaná na prvom EB. (Günthner, [b.r.]) V nemeckej literatúre túto hodnotu nájdeme pod názvom „Reihenfolgenrückstand“ alebo „Kumulierter Rückstand“, v anglickej „Cumulated Backlog“.

Hodnotu RZ pre i -tú zákazku určíme podľa algoritmu uvedenom v Príloha 8.

Hodnota RZ nám dáva informáciu, koľko zákaziek sa musí pozdržať za druhým sledovaným EB, aby sa stihli vyrobiť všetky rozpracované zákazky evidované na prvom EB. Následne môžu byť odoslané do ďalších procesov bez zmeny poradia. (Meißner, 2009)

6.8.5 Vzorový príklad pre výpočet ukazovateľa PN

Zadanie vzorového príkladu:

Na základe poznania plánovaného a skutočného poradia 7 zákaziek podľa Tab. 9 vypočítajte:

- rozdiel medzi plánovaným a aktuálnym poradím SQA_i a jeho doplnujúcich hodnôt,
- aktuálny počet rozpracovaných zákaziek RZ.
- hodnoty ukazovateľov PFT_0 a PFT_2 .

Tab. 9 – Údaje o plánovanom a skutočnom poradí 7 zákaziek.(vsp.)

Zákazka:						
ZB00_A	ZB00_B	ZB00_C	ZB00_D	ZB00_E	ZB00_F	ZB00_G
Poradie zákaziek podľa plánovaného výrobného programu:						
1	2	3	4	5	6	7
Aktuálne poradie zákaziek na konci výroby:						
1	4	3	5	2	7	6

Vyhodnotenie vzorového príkladu:

Výpočty vzťahujúce sa k hodnotám uvedených v tabuľke sú vypočítané na základe prehľadu uvedeného v Tab. 10.

Tab. 10 – Vyhodnotenie vzorového príkladu. Výpočty sú uvedené v Príloha 9.(vsp.)

Zákazka	Plán	Skutočnosť	SQA_i	Stav poradia	RZ_i
ZB00_A	1	1	0	správna	0
ZB00_B	2	4	-2	oneskorená	2

Zákazka	Plán	Skutočnosť	SQA _i	Stav poradia	RZ _i
ZB00_C	3	3	0	správna	1
ZB00_D	4	5	-1	oneskorená	1
ZB00_E	5	2	3	predčasná	1
ZB00_F	6	7	-1	oneskorená	1
ZB00_G	7	6	1	predčasná	0

Vypočítané hodnoty ukazovateľov:

$PFT_0 = \underline{\underline{57,14\%}}$ (zákazky ZB00_B, ZB00_D a ZB00_F nie sú v prípustnom intervale)

$PFT_2 = \underline{\underline{100\%}}$ (všetky zákazky sú v prípustnom intervale)

Slovné zhodnotenie vzorového príkladu:

Z celkového počtu 7 zákaziek zadaných podľa Tab. 9 boli vypočítané hodnoty ukazovateľa Perlového náhrdelníku pre $PFT_0 = 57,14\%$ a $PFT_2 = 100\%$. Ďalšie hodnoty v rámci výpočtu vzorového príkladu uvádza Príloha 9.

6.9 Formulácia hypotéz

Z prehľadu súčasných znalostí o Stabilitě produkcie formulujem hypotézy, ktoré môžem zaradiť do jednotlivých okruhov.

S ohľadom na stabilitu systému formulujem túto hypotézu:

Hypotéza 1

Dosiahnutím stability systému, bude dosiahnutá aj Stabilita produkcie.

S ohľadom na manažment kvality formulujem tieto hypotézy:

Hypotéza 2

Štandardizáciou sa do výroby vnáša Stabilita produkcie.

Hypotéza 3

Stabilita produkcie môže prispieť k zlepšeniu kvality výrobku, podniku a uspokojeniu požiadaviek zákazníka.

Hypotéza 4

Implementácia Stability produkcie do výrobnéj spoločnosti patrí k hodnototvorným procesom.

S ohľadom na štíhlu výrobu formulujem túto hypotézu:

Hypotéza 5

Štíhla výroba a jej metódy vytvárajú vhodné podmienky pre Stabilitu produkcie.

S ohľadom na koncepty riadenia formulujem tieto hypotézy:

Hypotéza 6

Prechod vyhodnotenia ukazovateľa konceptu Zachovanie vernosti výrobnému programu od mesačného časového obdobia na časové obdobie jedného dňa znamená postupné zlepšovanie dosahovaných výsledkov tohto ukazovateľa.

Hypotéza 7

Pomocou metódy Perlový náhrdelník môžeme dosiahnuť Stabilitu produkcie.

Hypotéza 8

Dosahované hodnoty konceptu Zachovania vernosti výrobnému programu a konceptu Stabilného poradia zákaziek sú na sebe závislé.

S ohľadom na koncept Stabilného poradia zákaziek a jej metódu Perlový náhrdelník formulujem tieto hypotézy:

Hypotéza 9

Koncept Stabilného poradia zákaziek a jej metódu Perlový náhrdelník môžeme jednoznačne vyhodnotiť prostredníctvom ukazovateľa PFT_x .

Hypotéza 10

Výpočet ukazovateľa PFT_x je ľahko ovplyvniteľný.

Zodpovedať na formulované hypotézy je možné až po nadobudnutí znalostí. Predpoklad pre získanie znalostí je vyriešenie praktickej časti DDP. Hypotézy tak budú jednotne zodpovedané až v záverečnej časti DDP.

6.10 Zhrnutie kapitoly 6

Za Stabilitu produkcie môžeme považovať súhrn všetkých metodík a metód, ktoré vedú k udržaniu konkrétnych vlastností výrobných a logistických činností aj za vonkajšieho rušivého pôsobenia príčin.

Ako popisuje Jirásek (1998), počiatky týchto myšlienok smerujú až k prvej priemyselnej revolúcii. Priekopníkmi v myšlienkach Stability produkcie sú napr. Henry Ford, Tomáš Baťa a Taiichi Ohno. (Jirásek, 1998)

V súčasnosti dobre poznáme výrobnú stratégiu automobilky Toyota, ktorej zakladateľ je práve Taiichi Ohno. Výrobná stratégia Toyoty je vo všeobecnej rovine rozšírená celosvetovo pod názvom Štíhla výroba. Štíhla výroba je postavená na poznaní ceny času, ceny tempa a ceny rýchlosti. (Jirásek, 1998) Vedome sa predchádza chybám a plytvaniu.

K úspešnému fungovaniu rozdielnych výrobných (a logistických) konceptov dochádza úzkou spolupracou jednotlivých vedných disciplín. Napríklad technologické projektovanie, technologická príprava výroby a riadenie výroby, logistika. Dostávame sa tak na medziodborovú úroveň. Medziodborová úroveň umožňuje komplexný pohľad na riešené záležitosti a predchádza tak jednostrannému posúdeniu.

Úzka spolupráca sa vytvára aj medzi výrobnými spoločnosťami vo forme dodávateľských sietí. Dodávateľská sieť je daná organizačnou štruktúrou. Jednotlivé úrovne dodávateľského reťazca sa chápu v zmysle nadväznosti dielov, montážnych zostáv, skupín apod. Nie nadradenosti a podradenosti výrobných (dodávateľských) spoločností. Všetky spoločnosti v dodávateľskom reťazci sú na sebe závislé. Aj malé pochybenie jednej z nich môže zapríčiniť nestabilitu produkcie v celom dodávateľskom reťazci. Výrobné spoločnosti však požadujú stabilitu v dodávateľskom reťazci, teda Stabilitu produkcie.

Zachovanie vernosti výrobnému programu a Stabilné poradie zákaziek sú koncepty, prostredníctvom ktorých môžeme Stabilitu produkcie dosiahnuť. Tieto koncepty vznikli

prednostne v automobilovom priemysle. Je to z dôvodu, že automobilky sú typický predstavitelia finálnych výrobcov v dodávateľskom reťazci.

Pomocou týchto konceptov chcú automobilky stabilizovať produkciu a výrobný program na niekoľko dní dopredu. Následne tento výrobný program preniesť až k prvotným výrobcom, aby sa v dodávateľskom reťazci vyrábalo na pevné zákazky. Cieľom je ušetriť financie predovšetkým v logistických činnostiach (vychystávanie a prebaľovanie, skladovanie, transport, apod.).

Predovšetkým koncept Stabilného poradia zákaziek je stále predmetom skúmania. Nemá jasne vymedzený postup vyhodnotenia, nepoznáme jeho konkrétne finančné prínosy a dopady nasadenia do praxe v plnom rozsahu. Z tohto dôvodu je koncept Stabilného poradia zákaziek v doktorskej dizertačnej práci bližšie rozobraný.

Súčasťou kapitoly 6 je aj formulácia hypotéz. Hypotézy sú formulované s ohľadom na súčasné znalosti a Stabilitu produkcie. K zodpovedaniu hypotéz povedú vybrané state praktickej časti doktorskej dizertačnej práce. Súhrnné odpovede na hypotézy uvedie záverečná časť doktorskej dizertačnej práce.

C. PRAKTICKÁ ČASŤ

„Stabilita produkcie sa dá chápať rôzne. Záleží to od postoja subjektu, jeho znalostí a odborného zamerania. Častým úsudkom o Stabilite produkcie môže byť predstava o plynulých výrobných procesoch bez prestojov, porúch a neplánovaných organizačných zmien.“ (Varjan, 2013)

Tento úsudok smerujem k finálnemu výrobcovi. Plynulé výrobné procesy majú byť súčasťou jeho materiálového toku. Samotný materiálový tok dokážeme prispôbiť napr. jeho usporiadaním. Zároveň je ho možné ovplyvňovať vyrovnávaním taktov, zmenou objemu produkcie, zmenovým režimom apod. To všetko je závislé na čase. Tým sa dostávam k myšlienke Jiráka (1998), že čas je ústrednou veličinou.

Metódy, ako dosahovať Stabilitu produkcie vo vybranom úseku materiálového toku sú jasne definované napr. u výrobných stratégií Toyoty. Tie sa preniesli do Štíhlej výroby a následne zovšeobecnil. Zovšeobecnenie umožnilo využiť pôvodné metódy výrobných stratégií Toyoty aj v inom, než automobilovom priemysle. V prvom rade to boli výrobné spoločnosti z priemyslového odvetvia. Následne modifikáciou Štíhlej výroby vznikla Štíhla administratíva. Tá sa úspešne využíva napr. v spoločnostiach poskytujúcich služby a úradoch, kanceláriách. Od začiatku 21. storočia sa Štíhla výroba modifikovala a preniesla do oblasti zdravotníctva pod názvom Štíhle zdravotníctvo. (Escare, 2014)

Myslím si, že prenesenie výrobných stratégií Toyoty a jej modifikácia do iných odvetví, umožnilo (mimo iné) presné a jednoznačné definovanie jednotlivých metód, ktoré obsahuje²⁰. Dôležitým aspektom je poznanie hlavnej myšlienky tejto stratégie – odstrániť neefektívnosť a eliminovať plytvanie vo výrobných procesoch. A ďalej jednoznačné definovanie metód (napr. Just-in-Time, Just-in-Sequence, Kanban, Heijunka apod.).

Presnosť a jednoznačnosť chýba u konceptu Stabilného poradia zákaziek. Z prehľadu súčasných znalostí poznáme hlavnú myšlienku Stabilného poradia zákaziek – definovať poradie zákaziek výrobkov určených k zhotoveniu niekoľko dní pred zahájením výroby, pričom poradie zákaziek je záväzné. Metódy ako Oneskorené pridelenie zákaziek a Perlový náhrdelník majú z môjho hľadiska všeobecný popis. Uvádzajú, čo je ich náplňou s ohľadom na hlavnú myšlienku Stabilného poradia zákaziek, neuvádzajú však, ako toho dosiahnuť. Chýbajú konkrétne postupy, jednoznačné vyhodnocovanie dosiahnutých výsledkov, skutočné prínosy apod.

V praktickej časti sa preto zameriam na koncept Stabilného poradia zákaziek jej metódy Oneskorené pridelenie zákaziek a Perlový náhrdelník. Tieto metódy sa v prvom rade zaoberajú materiálovým tokom finálneho výrobcu. Následné prínosy sa majú preniesť do dodávateľského reťazca.

Materiálový tok finálneho výrobcu bol vybraný už v úvodnej časti ako predmet záujmu z celej oblasti výskumu. Praktická časť doktorskej dizertačnej práce bude dodržiavať vstupné podmienky a sústredí sa na Stabilitu produkcie v materiálovom toku. Od všeobecných, teoretických znalostí až k praktickému využitiu.

V tomto momente môžeme stanoviť štruktúru praktickej časti doktorskej dizertačnej práce. Tá bude pozostávať z troch hlavných činností:

1. Vymedzenie Stability produkcie v materiálovom toku.

²⁰ Obdobne tomu bolo napr. u spoločnosti Motorola, ktorá vyvinula stratégiu riadenia Six sigma. Six Sigma úspešne prevzali a ďalej rozvinuli spoločnosti Honeywell a General Electric Company.

2. Podrobný rozbor konceptu Stabilného poradia zákaziek a jeho metód Oneskorené pridelenie zákaziek a Perlový náhrdelník.
3. Konkrétna aplikácia konceptu Stabilného poradia zákaziek, resp. jeho metódy, do praxe.

Vymedzenie Stability produkcie v materiálovom toku má definovať, akú úlohu zohráva Stabilita produkcie v toku. Ďalej má sumarizovať príčiny, ktoré negatívne vplyvajú na Stabilitu produkcie. Zároveň má stanoviť dôležitosť týchto príčin a navrhnúť možnosti ich eliminácie.

Podrobný rozbor konceptu Stabilného poradia zákaziek a jeho metód Oneskorené pridelenie zákaziek a Perlový náhrdelník, má ozrejmiť súvisiacu metodiku. Stanoviť, či je daná metodika úplná, jednoznačne definovaná apod. V prípade zistenia chýb navrhnúť body k ich predchádzaniu.

Konkrétna aplikácia konceptu Stabilného poradia zákaziek, resp. jeho metódy, do praxe dáva jedinečnú možnosť overiť možnosti implementácie tohto konceptu. Za akých podmienok môžeme tento koncept nasadiť do bežnej prevádzky a či sú možnosti implementácie univerzálne použiteľné v rôznych výrobných spoločnostiach.

Vedecko-výskumná činnosť tak smeruje k Stabilite produkcie s ohľadom na koncept Stabilného poradia zákaziek. Predpokladom je, že v závere praktickej časti dospejeme k poznatkom o Stabilite produkcie v materiálovom toku. Vymedzíme úlohu Stability produkcie a v rámci konceptu Stabilného poradia zákaziek overíme možnosti jeho implementácie do praxe.

7 STABILITA PRODUKCIE V MATERIÁLOVOM TOKU

Stabilitu produkcie (SP) v materiálovom toku (MT) budem výhradne posudzovať s ohľadom na výrobnú stratégiu SPZ. Znamená to, že významnú úlohu hrá poradie zákaziek v MT a príčiny, ktoré dané poradie menia. SP má za úlohu tieto príčiny a ich dôsledky eliminovať.

7.1 Analógia medzi materiálovým tokom a vektorom

Vybrané vlastnosti MT môžeme analogicky previesť na vlastnosti vektorové. Týmto zjednodušením následne vymedzíme úlohu SP v MT finálneho výrobcu. Analógia (Tab. 11) medzi MT a vektorom vychádza z týchto predpokladov:

- MT je daný jeho začiatkom a koncom, dĺžkou a v ideálnom prípade priamym smerom.
- Vektor je daný orientovanou úsečkou, veľkosťou orientovanej úsečky a orientovaným smerom. (Končel, 2009)

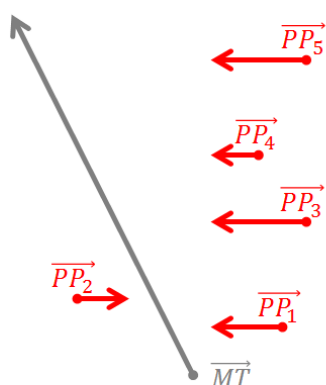
Tab. 11 – Analógia medzi vlastnosťami materiálového toku a vektorom. (vsp.)

Analógia	Vlastnosti		
Materiálový tok	začiatok a koniec	dĺžka	konkrétny smer
	⇕	⇕	⇕
Vektor	orientovaná úsečka	veľkosť	orientovaný smer

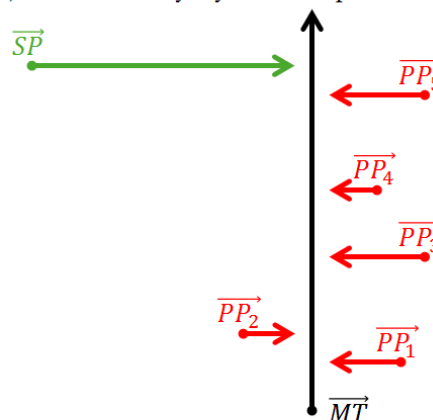
7.2 Úloha Stability produkcie v materiálovom toku

Akú úlohu má SP v MT finálneho výrobcu, si priblížime pomocou vektorov (Obr. 33).

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



b) Zamedzenie vychýlenia \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. 33 – Úloha Stability produkcie v materiálovom toku. (vsp.)

MT je na Obr. 33 označený ako vektor \overrightarrow{MT} . Vektory príčin, ktoré vychylujú priamy smer zákaziek, sú na Obr. 33 označené ako \overrightarrow{PP}_i .

Vektory \overrightarrow{PP}_i s rôznou orientáciou a veľkosťou pôsobia na priamy smer \overrightarrow{MT} a vychylujú ho. Pokiaľ by mal niektorý z vektorov \overrightarrow{PP}_i súhlasnú orientáciu ako vektor \overrightarrow{MT} , môžeme uvažovať, že ho urýchľuje. Analogicky by sme to mohli previesť na urýchlené, teda predčasné zákazky. O vektoroch \overrightarrow{PP}_i s nesúhlasnou orientáciou ako vektor \overrightarrow{MT} môžeme uvažovať, že ho spomaľujú a vznikajú tak oneskorené zákazky.

Aby sme zabránili vychýleniu \overrightarrow{MT} z priameho smeru, potrebujeme zaviesť ďalší vektor. Vektor SP označený na Obr. 33 ako \overrightarrow{SP} . Veľkosť a orientácia \overrightarrow{SP} je daná rovnicou rovnováhy. Veľkosť \overrightarrow{SP} sa musí rovnať súčtu veľkosti všetkých vektorov \overrightarrow{PP}_i , pričom orientácia \overrightarrow{SP} je opačná.

Rovnica 10 – Rovnica rovnováhy pre SP. (vsp.)

$$\overrightarrow{SP} = \sum_i \overrightarrow{PP}_i \quad (R14) \quad , \text{ kde}$$

- \overrightarrow{SP} je vektor Stability produkcie,
- $\sum_i \overrightarrow{PP}_i$ je suma všetkých vektorov príčiny.

Na základe zjednodušeného vnímania SP, MT a jeho vlastností prostredníctvom vektorov, môžem vymedziť úlohu SP v MT:

Úlohou SP v MT je eliminovať vplyv všetkých príčin, ktoré narúšajú priamy smer zákaziek v MT finálneho výrobcu od bodu zahájenia výroby zákaziek po bod ich zhotovenia.

7.3 Klasifikačná tabuľka príčin porušenia Stability produkcie v materiálovom toku

Vektory označené na Obr. 33 ako \overrightarrow{PP}_i spôsobujú vychýlenie zákaziek z priameho smeru MT. Ide o rôzne technické, technologické a organizačné príčiny, alebo náhodné javy. Prehľad týchto príčin²¹ uvádza Tab. 12 formou klasifikačnej tabuľky.

V stĺpci „Body“ Tab. 12 pridelujem príčinám hodnoty 0 → 5. Kde 0 je zanedbateľný vplyv na porušenie SP a 5 je významný vplyv na porušenie SP. Porušením SP sa myslí veľkosť vplyvu na premiešanie poradia zákaziek medzi bodom plánovania a bodom zhotovenia.

V stĺpci „Váha“ Tab. 12 pridelujem príčinám hodnotu v rozsahu 1 → 3. Váha zodpovedá náročnosti na eliminovanie vplyvu danej príčiny a zohľadňuje aj finančnú náročnosť.

- Hodnota 1: Úprava plánovacích aktivít, zmena riadenia.
- Hodnota 2: Čiastková zmena v organizácii, konštrukcii a technológii.
- Hodnota 3: Komplexná organizačná, konštrukčná a technologická zmena.

Vymenované príčiny v Tab. 12 súvisia s vychyľovaním zákaziek z priameho smeru MT. Môžeme taktiež uvažovať, že menia poradie zákaziek v MT.

Bodovanie príčin v klasifikačnej tabuľke vychádza z mojich všeobecných znalostí, ktoré som nadobudol ako praktikant v rôznych výrobných spoločnostiach. Nemá viazanosť na žiadnu konkrétnu výrobu. Keď túto tabuľku príčin budeme využívať pre konkrétnu výrobu, môžeme bodovanie prispôbiť charakteru tejto výroby. Predloha tejto tabuľky je k dispozícii v rámci Príloha 10.

²¹ Prehľad príčin je zostavený na základe môjho poznania a znalostí. Predpokladám, že ďalšou vedecko-výskumnou činnosťou budú definované nové príčiny.

Tab. 12 – Subjektívne posúdenie významu príčin na porušenie SP v MT. (vsp.)

Príčina	Body	Odôvodnenie	Váha	Body · Váha
Rozvetvený MT	4	Z dôvodu rozdielnych technologických postupov, výrobných dispozícií apod.	2 až 3	12
Paralelný MT	1	Z dôvodu napr. vyššej prácnosti.	2	2
Vratný MT	4	Viacoperačné procesy v MT, opakovaný proces na vybraných zákazkách apod.	2	8
Zásobníky riadené FIFO²²	1	Riziko môže spočívať u zásobníkov, ktoré majú členitú štruktúru a pri výpadku FIFO riadenia nastáva „krízové“ riadenie.	2	2
Zásobníky neriadené FIFO	5	Zásobníky, ktoré majú členitú štruktúru. Ich riadenie nie je v súlade s FIFO riadením.	3	15
Vynímanie zákaziek z MT	3→5	Vynímanie zákaziek z MT môže byť z dôvodu vyššej prácnosti, iného technologického usporiadania linky než je technologický postup výrobku, z dôvodu vykonania kontroly kvality, opravy neštandardných výrobkov, „outsourcing“ apod. Vynímanie zákaziek z MT závisí na množstve vynímaných zákaziek k celkovému počtu vyrobených zákaziek za časové obdobie, dĺžke pracovných úkonov, ktoré je zákazka mimo MT apod.	2 až 3	15
Plánovanie výrobného programu	3	Nevhodne zvolené poradie zákaziek na základe prácnosti, doby výroby, reštrikcií apod.	1	3
Riadenie výrobného programu	4	Ovplyvňovanie poradia zákaziek podľa rozdielnych kritérií, vedomé zasahovanie do priebehu MT.	1	4
Organizačné príčiny	4	Rozdielne zmennosti, nevhodne nastavený pracovný fond, nedostatok obsluhy, nedostatok materiálu, nedostatok energií, nevytvorené štandardy, ľudský faktor apod.	2	8
Náhodné javy	2	Poruchy, výpadok personálu, výpadok materiálu, výpadok energií, neúmyselné poškodenie zariadení, neúmyselné znehodnotenie zákazky apod. Keď dôjde k výpadku určitého úseku, väčšinou je pozastavená celá výroba pred daným úsekom a v prípade, že MT nie rozvetvený, nedochádza k zmene SP.	2	4

²² Riadenie FIFO z anglickej skratky First In First Out znamená prvý dnu, prvý von.

Vplyv príčin na SP v MT môžeme minimalizovať alebo odstrániť. V Tab. 13 sú uvedené niektoré možnosti, ako toho dosiahnuť. Samozrejme všetko závisí od konkrétnej prevádzky výrobnnej spoločnosti.

Tab. 13 – Zhrnutie možností eliminácie vplyvu príčin na MT, zavedenie SP do MT. (vsp.)

Príčina	Zavedenie SP do MT
Rozvetvený MT	Časovo vyvážiť procesy v jednotlivých vetvách MT. Zabezpečiť striedavý chod zákaziek v každej fáze výroby. V ideálnom prípade MT nerozvetvovať.
Paralelný MT	Zabezpečiť striedavý chod zákaziek v každej fáze výroby. V prípade zastavenia jedného toku prerušiť výrobu na oboch paralelných tokoch. Pri dlhšej odstávke jedného z MT dopracovať rozpracované zákazky v striedavom poradí a ďalej pokračovať fungujúcou paralelou. Riadiace, konštrukčné a technologické zmeny integrovať súčasne na oba toky.
Vratný MT	Pokiaľ všetky zákazky prechádzajú vratným MT, priebežne kontrolovať poradie. Pokiaľ je vratný MT určený len pre vybrané zákazky, je potrebné tieto procesy buď začleniť do MT a vratný MT odstrániť, alebo všetky zákazky nechať prechádzať vratným MT.
Zásobníky riadené FIFO²³	Ponechať FIFO riadenie a priebežne kontrolovať tento stav. Úprava logiky riadenia FIFO zásobníku na zásobník vytvárajúci SP v MT.
Zásobníky neriadené FIFO	Zmeniť logiku riadenia zásobníkov na FIFO. Nájsť možnosti, pre lepšie vyskladňovanie zákaziek s ohľadom na udržiavania SP v MT.
Vynímanie zákaziek z MT	V ideálnom prípade zákazky nevynímať. Začleniť všetky procesy, ktoré sú predmetom vynímania do hlavného MT. V prípade vyňatia vracať zákazky do MT v požadovanom poradí.
Plánovanie výrobného programu	Plánovať výrobný program s ohľadom na prácnosť zákaziek, ich reštrikcie, odvolávky dodávateľov apod. Neplánovať zákazky u ktorých je zrejmé, že bude nutné pozdržať ich výrobu (čakanie na dodávateľa, uvoľnenie kapacít apod.) a zvýšia tak rozpracovanosť v MT.
Riadenie výrobného programu	Eliminovať neopodstatnené zasahovanie do plynulého chodu zákaziek v MT. Kontrolovať dodržiavanie FIFO v MT. Snažiť sa o nápravu v prípade výskytu porušenia SP v MT. Minimalizovať rozpracovanosť zákaziek.
Organizačné príčiny	Úprava časových fondy výroby; zabezpečiť dostatočnú kapacitu prostriedkov pre plynulosť výroby v MT.
Náhodné javy	Zastaviť MT v prípade výskytu neočakávaného javu až do jeho odstránenia. Eliminovať vplyv náhodných javov pravidelnou kontrolou, údržbou zariadení, školením personálu, zavedením štandardov apod.

Príčiny uvedené v Tab. 12 a zároveň možnosti ich eliminácie uvedené v Tab. 13 môžeme považovať za všeobecne platné. Pri hľadaní príčin v konkrétnej výrobe stačí vybrať tie, ktoré porušujú priamy smer zákaziek a ďalej sa zaoberať už len vybranými príčinami.

²³ Opakom riadenia FIFO je LIFO riadenie. Z anglického Last In First Out znamená posledná dnu, prvá von.

7.4 Plánovaný experiment vybraných príčin

Z dôvodu náročnosti a rozsahu DDP budú detailne posúdené príčiny, ktoré dosiahli podľa klasifikačnej tabuľky (Tab. 12) v stĺpci „Body·Váha“ hodnotu 10 a viac. Sú to:

- zásobníky neriadené FIFO;
- rozvetvený MT;
- vynímanie zákaziek z MT.

Pre posúdeniu príčin som navrhol plánovaný experiment, ktorý uskutočním prostredníctvom metódy modelovania. Plánovaným experimentom chcem zistiť, ako vybrané príčiny ovplyvňujú výrobný proces. Zároveň kvantifikovať významnosť zvolených vstupov u vybraných príčin. Z pohľadu plánovaného experimentu budeme o príčine zásobníky neriadené FIFO uvažovať ako o LIFO zásobníku.

O plánovanom experimente prostredníctvom metódy simulovania uvažujem ako o teoretickom príklade. Som si vedomý skutočnosti, že výsledky z plánovaného experimentu nebudú mať všeobecne platný vypovedajúci charakter. Je to z dôvodu, že všetko je závislé na vstupných podmienkach, technologickom usporiadaní MT, druhu výroby, jej parametrizácie apod. Úloha plánovaného experimentu v tejto DDP je poznávací. To znamená, v teoretickej rovine sa lepšie oboznámiť s vybranými príčinami vplyvujúcimi na porušenie MT.

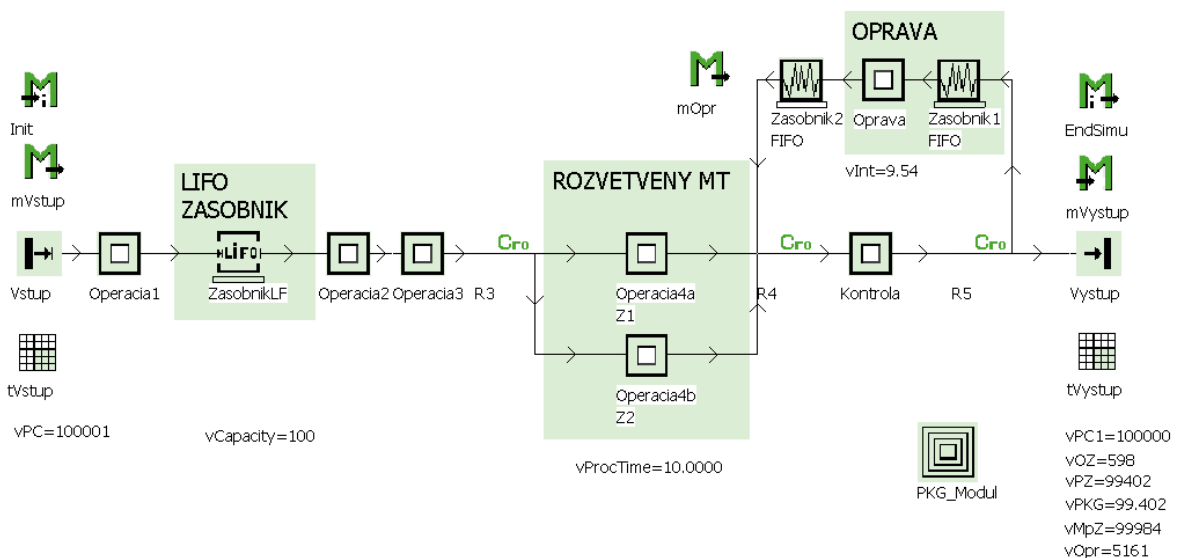
7.4.1 Navrhnutý simulačný model plánovaného experimentu

Pre účely plánovaného experimentu som navrhol jednoduchý simulačný model v prostredí simulačného programu Tecnomatix Plant Simulation (TPS) od spoločnosti Siemens.

Navrhnutý simulačný model obsahuje zásobník s možnosťou riadenia LIFO, rozvetvený MT a miesto pre vynímanie zákaziek z MT. Pre lepšiu predstavu som ako dôvod pre vynímanie zákaziek z MT zvolil pracovisko opráv neštandardných zákaziek.

Pracovisko opráv môžeme analogicky považovať aj za vratný MT, pretože opravené zákazky sú opäť včlenené do pôvodného MT.

Vytvorený počítačový model výrobného procesu v prostredí TPS je na Obr. 34.



Obr. 34 – Model výrobného procesu v prostredí programu TPS. (vsp.)

Simulačný program TPS rozlišuje viac typov prvkov kategorizovaných do knižníc:

- Knižnica MT pre procesne a dĺžkovo orientované prvky (k_{MF}).

- Knižnica pohybujúcich sa prvkov (k MF).
- Knižnica prvkov ako nositeľov informácií.
- Knižnica prvkov zdrojov.
- Knižnica užívateľských prvkov.
- Knižnica nástrojových prvkov.

Popis simulačného modelu

Systémové ohraničenie modelu je dané vstupným prvkom z k MF s názvom *Vstup* (Source). Na vstupe sú generované zákazky (Entity) z k MF podľa tabuľky *tVstup* (TableFile). *Vstup* generuje dva typy zákaziek *Z1* a *Z2*. Výrobný pomer 1 ku 1. Celkový počet generovaných zákaziek počas simulačného behu je nastavený na sto tisíc.

Všetky zákazky obsahujú premenné hodnoty – atribúty. Napr. majú evidované poradie na vstupe a na výstupe. Ďalej akého je typu a či bude zákazka opravovaná. Zákazky určené pre opravu sa generujú podľa rovnomerného rozdelenia Uniform.

Vygenerovaná zákazka postupuje na prvý proces *Operacia1* (SingleProc). Nasleduje zásobník *ZasobnikLF* (Buffer) s riadením LIFO. Po zásobníku sú opäť dva procesy *Operacia2* (SingleProc) a *Operacia3* (SingleProc). Nasleduje rozvetvený MT s procesmi *Operacia4a* (SingleProc) a *Operacia4b* (SingleProc). Vetvou *Operacia4a* prechádzajú všetky zákazky typu *Z1*. Vetvou *Operacia4b* všetky zákazky typu *Z2*.

Po rozvetvenom MT je operácia *Kontrola* (SingleProc). Tu putuje každá vopred určená zákazka do zásobníku *Zasobnik1* (Buffer) a z neho na proces *Oprava* (SingleProc). Opravené zákazky sa zhromažďujú v zásobníku *Zasobnik2* (Buffer) a pri prvej príležitosti sú zaradené do MT pre pracovisko kontroly. Opravená zákazka už nemôže byť zaradená na ďalšiu opravu a spoločne s vyhovujúcimi zákazkami po *Kontrola* putujú na *Vystup* (Drain).

Prvok *Vystup* ich poradie opäť zaeviduje a zapíše do tabuľky *tVystup* (TableFile). Prehľadný výpis príčin porušenia SP v MT na jednotlivých prvkoch uvádza tabuľka Tab. 14.

Prechod zákaziek MT riadia prvky *R3*, *R4*, *R5* (FlowControl). Podľa atribútov *Typ* „Z1/Z2“ a *Oprava* „True/False“ rozdeľujú jednotlivé zákazky do vetví MT.

Priradovanie atribútov zákazkám je riadené prostredníctvom metód (Method), napr. *Init*, *mVstup*, *mOpr*, *mVystup*, *EndSimu*. Pomocou prvkov Method môže užívateľ programu TPS riadiť simulačný model pred, počas a po simulačnom behu. Zápis je v metóde zadávaný prostredníctvom programovacieho jazyka „SimTalk“.

Tab. 14 – Prehľad prvkov simulačného modelu s príčinou porušenia SP v MT. (vsp.)

Názov oblastí v simulačnom modeli	Zložené z prvkov TPS	Knižnica	Aktivovaná príčina
LIFO ZASOBNÍK	Buffer	k MF	Riadenie LIFO.
ROZVETVENÝ MT	SingleProc, FlowControl, Connector	k MF	Reprezentuje rozvetvený MT. Zákazky sa rozdeľujú do vetví podľa typu (<i>Z1</i> , <i>Z2</i>). Zákazky <i>Z2</i> sa vyrábajú rýchlejšie.
OPRAVA	SingleProc, Buffer, FlowControl, Connector	k MF	Vynímanie zákaziek z MT. Dôvodom sú opravy s následným včlenením zákaziek do MT pre pracovisko <i>Kontrola</i> .

Dôležitou časťou pri vytváraní simulačného modelu je jeho parametrizácia. Parametrizácia simulačného modelu vychádza z určenia operačných časov, spoľahlivosti zariadení, stanovených kapacít zásobníkov apod. Tab. 15 udáva parametre prvkov simulačného modelu pre plánovaný experiment.

Tab. 15 – Parametrizácia procesných prvkov simulačného modelu. (vsp.)

Prvok	Operačný čas [min.]	Pohotovosť [-]	Kapacita [ks]	Stratégia [-]	Typ zákazky [-]
Operacia1	10	95 % simulačného času MTTR = 5 [min.]	1	–	Z1, Z2
Operacia2	10		1	–	Z1, Z2
Operacia3	10		1	–	Z1, Z2
Kontrola	10		1	–	Z1, Z2
Prvok	Operačný čas [min.]	Pohotovosť [-]	Kapacita [ks]	Stratégia [-]	Typ zákazky [-]
Operacia4b	10, 13, 16	–	1	–	Z2
ZasobnikLF	–	–	10, 55, 100	LIFO	Z1, Z2
Zasobnik1	–	–	50	FIFO	Z1, Z2
Zasobnik2	–	–	50	FIFO	Z1, Z2

S pohotovosťou neuvažujem u prvkov, ktoré sú súčasťou oblastí s príčinou porušenia SP. Je to z dôvodu, aby závislosti vybraných príčin porušenia SP v MT neboli ovplyvňované inou príčinou, ako sú napríklad náhodne javy. Danou pohotovosťou u ostatných procesov (*Operacia1*, *Operacia2*, *Operacia3* a *Kontrola*) bude ovplyvňovaná plynulosť priechodu zákaziek.

Vznikom poruchových stavov bude dochádzať k zdržovaniu procesov, rozdielnemu naplňovaniu a vyprázdňovaniu zásobníkov. To je dôležité z pohľadu opakovania simulačných pokusov, pretože využitím rôznych prúdov (STREAM VALUE) dostaneme rozdielne hodnoty.

7.4.2 Plánovaný experiment a jeho realizácia

Plánovaný experiment vytváram za účelom kvantifikovať významnosť zvolených vstupov u vybraných príčin, ktoré porušujú SP v MT. Vybrané príčiny sú zásobníky neriadené FIFO, rozvetvený MT a vynímanie zákaziek z MT. Tab. 16 uvádza vstupné hodnoty pre vybrané príčiny. Vstupné hodnoty budú menené v rámci jednotlivých pokusov. Následne bude posudzovaná významnosť príčin na zmenu poradia zákaziek v MT.

Tab. 16 – Vstupné hodnoty pre plánovaný experiment. (vsp.)

Vybraná príčina	Názov prvku v simulačnom modeli	Hodnota			
		Minimálna	Stredná	Maximálna	Jednotka
Zásobníky neriadené FIFO = LIFO Zásobník	<i>ZasobnikLF</i>	10 ks	55 ks	100 ks	[ks] pozícií

Vybraná príčina	Názov prvku v simulačnom modeli	Hodnota			
		Minimálna	Stredná	Maximálna	Jednotka
Rozvetvený MT	Operacia4a	8 min.	8 min.	8 min.	[min]
	Operacia4b	10 min.	13 min.	16 min.	čas operácie
Vynímanie zákaziek z MT	Oprava	cca 5000 ks	cca 7500 ks	cca 10000 ks	[ks] počet zákaziek

Plánovaná experiment je súbor všetkých pokusov, ktoré budem uskutočňovať.

Počet pokusov plánovaného experimentu pre úplný faktorový plán bol vypočítaný pomocou Rovnica 11 a). Počet pokusov plánovaného experimentu pre jednofaktorový plán pomocou Rovnica 11 b).

Rovnica 11 – Stanovenie počtu experimentov. (upr.: Tošenovský, 2012)

a) Pre úplný faktorový plán:

$$n = 2^k = 2^3 = 8 \text{ pokusov (R15)}, \text{ kde}$$

- **n** je počet pokusov
- **k** je počet vybraných príčin

b) Pre jednofaktorový plán:

$$n = 2 \cdot k = 2 \cdot 3 = 6 \text{ pokusov (R16)}, \text{ kde}$$

- **n** je počet pokusov
- **k** je počet vybraných príčin

Prehľad pokusov vybraných príčin pre úplný faktorový plán a jednofaktorový plán uvádza Tab. 17. Tá obsahuje poradie pokusov pri ich uskutočnení a vstupné hodnoty pre jednotlivé pokusy. O príčine zásobníky neriadené FIFO uvažuje ako LIFO zásobníku.

Tab. 17 – Navrhnutý plánovaný experiment a jeho pokusy, matica experimentov. (vsp.)

a) Pre úplný faktorový plán:					
Pokus		LIFO Zásobník	Rozvetvený MT	Vynímanie z MT	Vyhodnotenie ZIP
Číslo	Poradie				
1	4	■ 10 ks	■ 10 min.	■ cca 5000 ks	vid' Tab. 19
2	8	□ 100 ks	■ 10 min.	■ cca 5000 ks	
3	1	■ 10 ks	□ 16 min.	■ cca 5000 ks	
4	3	□ 100 ks	□ 16 min.	■ cca 5000 ks	
5	7	■ 10 ks	■ 10 min.	□ cca 10000 ks	
6	5	□ 100 ks	■ 10 min.	□ cca 10000 ks	
7	6	■ 10 ks	□ 16 min.	□ cca 10000 ks	
8	2	□ 100 ks	□ 16 min.	□ cca 10000 ks	

b) Pre jednofaktorový plán:					
Pokus		LIFO Zásobník	Rozvetvený MT	Vynímanie z MT	Vyhodnotenie ZIP
Číslo	Poradie				
1	3	■ 10 ks	■ 10 min.	○ cca 7500 ks	vid' Tab. 19
2	6	□ 100 ks	○ 13 min.	○ cca 7500 ks	
3	2	○ 55 ks	■ 10 min.	○ cca 7500 ks	
4	4	○ 55 ks	□ 16 min.	○ cca 7500 ks	
5	1	○ 55 ks	○ 13 min.	■ cca 5000 ks	
6	5	○ 55 ks	○ 13 min.	□ cca 10000 ks	

Z pohľadu simulačného modelovania predstavuje Tab.17 maticu experimentov. Na základe nej budem nastavovať simulačné behy pre jednotlivé pokusy plánovaného experimentu.

Každý pokus pre úplný faktorový a jednofaktorový plán bol opakovaný 10 krát. Každé opakovanie prebiehalo vždy s inou hodnotou prúdu (STREAM VALUE) podľa Tab. 18. Šlo o princíp, kedy každé poradie opakovaného pokusu malo rovnakú hodnotu prúdu. Tým sa zamedzilo vplyvu hodnoty prúdu na výsledky opakovaných pokusov s rovnakým poradím.

Tab. 18 – Princíp opakovania simulačných experimentov a hodnoty prúdu. (vsp.)

Pokus číslo	Poradie opakovaného pokusu = hodnota prúdu									
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

7.4.3 Výsledky z plánovaného experimentu

Výsledky z plánovaného experimentu platia v rámci stanovených podmienok vytvoreného simulačného modelu a návrhu jednotlivých pokusov. Postup realizovaných úkonov a samotné výpočty sú spracované podľa Tošenovský, 2012; Maroš, 2014; Maroš, 2006.

Pred uskutočnením každého pokusu prebehlo nastavovanie, presnejšie povedané aktivácia vybraných príčin podľa zostavenej matice experimentov. Pri každom pokuse bol pustený simulačný beh 10 krát vždy s príslušnou hodnotou prúdu. Po ukončení každého simulačného behu prebehlo meranie opakovaného pokusu. Meraním bol určený počet zákaziek s rozdielnym poradím na vstupe a na výstupe.

Zmena poradia zákaziek bola vyhodnotená Modulom výpočtu ukazovateľa Perlenkette (PKG Modul). Tento PKG Modul som vyvinul v rámci riešenia úlohy „Integrace výpočtu ukazatele Perlenkette do prostředí aplikace Analyzer of production processes (APP)“. Úloha bola súčasťou vedeného projektu číslo 13357004 s názvom „Podpora v oblasti simulačních studií pro oblast výroby a logistiky v roce 2013“ za podpory „Vysokého učení technického

v Brně, *Fakulty strojního inženýrství*“. Princíp fungovania PKG Modulu v simulačnom modeli zobrazuje Príloha 11.

PKG Modul vyhodnocoval po ukončení simulačného behu vždy sto tisíc zákaziek. Zákazky vzájomne porovnal a určil počet tých, u ktorých nebolo zachované poradie na vstupe a výstupe. Ďalej ako zákazky v inom poradí (ZIP).

Ako doplňujúce ukazovatele pre vyhodnotenie môžeme sledovať ďalšie výstupy z PKG Modulu, napr. PFT_x , hodnotu porušenia sekvencie, počet oneskorených, predčasných a chýbajúcich zákaziek apod.

Po vykonaní všetkých simulačných behov (jednotlivých pokusov) prebehlo vyhodnotenie ZIP. Záznam hodnôt z jednotlivých opakovaní simulačných behov pre úplný faktorový plán a jednofaktorový plán uvádza Príloha 12.

Z hodnôt boli vypočítané priemerné hodnoty ZIP a ďalej efekt príčin, výberový rozptyl, test významnosti efektov, relatívny kumulatívny počet, apod.

Výsledok ZIP z pokusov

Tab. 19 uvádza vyhodnotenie ZIP ako priemernú hodnotu z výsledkov opakovaných pokusov.

Tab. 19 – Vyhodnotenie počtu ZIP z výsledkov pokusov. (vsp.)

a) Pre úplný faktorový plán:					
Pokus		LIFO Zásobník	Rozvetvený MT	Vynímanie z MT	Vyhodnotenie ZIP Priemerný počet zákaziek so zmeneným poradím
Číslo	Poradie				
1	4	■ 10 ks	■ 10 min.	■ cca 5000 ks	99952,00
2	8	□ 100 ks	■ 10 min.	■ cca 5000 ks	99975,70
3	1	■ 10 ks	□ 16 min.	■ cca 5000 ks	99950,40
4	3	□ 100 ks	□ 16 min.	■ cca 5000 ks	99976,10
5	7	■ 10 ks	■ 10 min.	□ cca 10000 ks	99962,40
6	5	□ 100 ks	■ 10 min.	□ cca 10000 ks	99979,80
7	6	■ 10 ks	□ 16 min.	□ cca 10000 ks	99965,00
8	2	□ 100 ks	□ 16 min.	□ cca 10000 ks	99981,00
b) Pre jednofaktorový plán:					
Pokus		LIFO Zásobník	Rozvetvený MT	Vynímanie z MT	Vyhodnotenie ZIP Priemerný počet zákaziek so zmeneným poradím
Číslo	Poradie				
1	3	■ 10 ks	■ 10 min.	○ cca 7500 ks	99963,30
2	6	□ 100 ks	○ 13 min.	○ cca 7500 ks	99980,40
3	2	○ 55 ks	■ 10 min.	○ cca 7500 ks	99975,50

Pokus		LIFO Zásobník	Rozvetvený MT	Vynímanie z MT	Vyhodnotenie ZIP Priemerný počet zákaziek so zmeneným poradím
Číslo	Poradie				
4	4	○ 55 ks	□ 16 min.	○ cca 7500 ks	99978,10
5	1	○ 55 ks	○ 13 min.	■ cca 5000 ks	99976,50
6	5	○ 55 ks	○ 13 min.	□ cca 10000 ks	99979,40

Efekt príčin

Efektom príčin posudzujeme zmenu ukazovateľa ZIP, ktorú spôsobí prechod vybranej príčiny z minimálnej hodnoty na hodnotu maximálnu. Výpočty efektov vybraných príčin sú súčasťou multimediálnej prílohy (CD), dokument MS Excel. Prehľad výsledkov je v Tab. 20.

Tab. 20 – Efekt vybraných príčin. (vsp.)

<i>Efekt vybranej príčiny</i>	<i>Pre úplný faktorový plán</i>	<i>Pre jednofaktorový plán</i>
LIFO Zásobník	$ef(LIFO) = +1,25$	$ef(LIFO) = 1,00$
Rozvetvený MT	$ef(RMT) = -2,50$	$ef(RMT) = -14,80$
Vynímanie z MT	$ef(OPR) = +5,85$	$ef(OPR) = -1,00$

Pre úplný faktorový plán:

Pre úplný faktorový plán má najväčší efekt na ZIP vynímanie z MT. Kladná hodnota efektu vynímanie z MT ešte vypovedá o tom, že s narastajúcim počtom vynímaných zákaziek narastá hodnota ZIP.

Ďalej kladná hodnota efektu LIFO zásobníku hovorí, že so zvyšujúcou sa kapacitou zásobníku tiež narastá hodnota ZIP.

Záporná hodnota u rozvetveného MT zase prezrádza, že čím vyšší je rozdiel v takte medzi procesmi rozvetveného MT, tým menší je efekt na hodnotu ZIP.

Pre jednofaktorový plán:

Pre jedno faktorový plán má najväčší efekt na ZIP rozvetvený MT. Záporná hodnota efektu rozvetveného MT vypovedá o tom, že pri znižujúcom sa rozdielom procesných časov medzi procesmi rozvetveného toku narastá hodnota ZIP.

Ďalšie efekty nie sú tak výrazné. Kladná hodnota efektu LIFO zásobníku hovorí, že so zvyšujúcou sa kapacitou zásobníku tiež narastá hodnota ZIP.

Kladná hodnota u vynímania z MT zase prezrádza, že čím vyšší je rozdiel v takte medzi procesmi rozvetveného MT, tým menší je efekt na hodnotu ZIP.

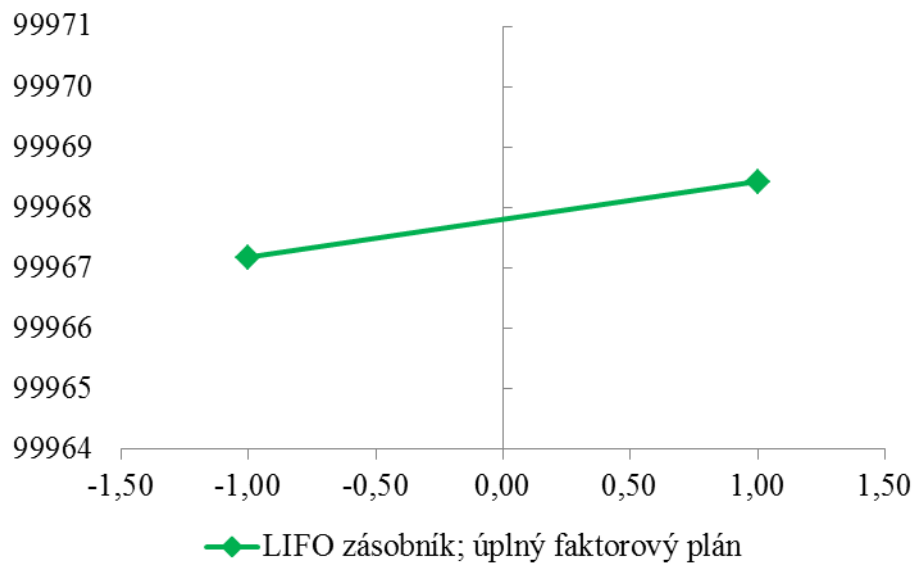
Grafy efektu príčin

Z efektov vybraných príčin môžeme vykresliť grafy efektu príčin. Stanovenie súradníc pre vykreslenie grafov sa vypočítajú ako priemerné hodnoty z minimálnych a maximálnych hodnôt ZIP (viď súčasť multimediálnej prílohy (CD), dokument MS Excel).

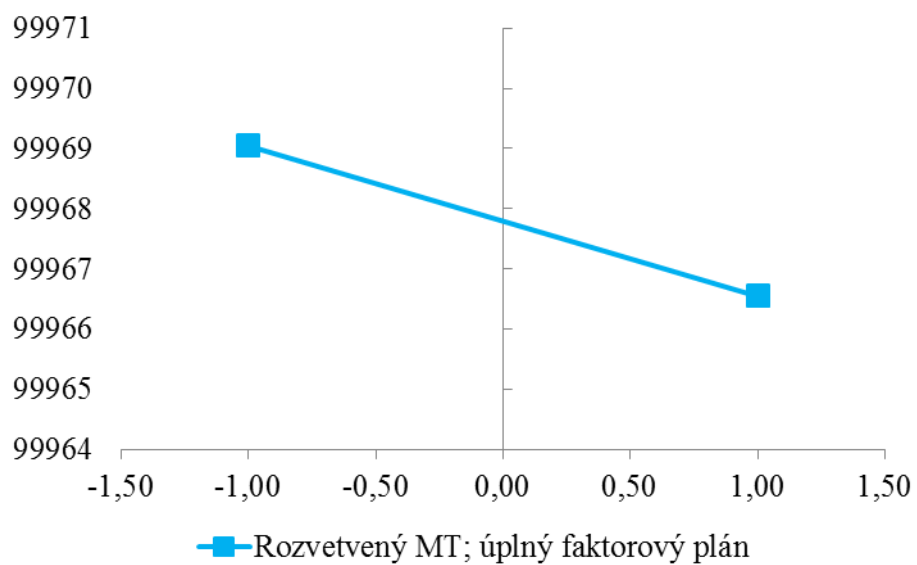
Z grafov efektu príčin môžeme poznať veľkosť efektu. Veľkosť efektu narastá so zväčšujúcim sa uhlom úsečky voči ose x . Ďalej posudzujeme, či sa jedná o rastúci alebo klesajúci trend efektu príčin.

Graf 2 – Vykreslenie grafov efektu príčin pre úplný faktorový plán. (vsp.)

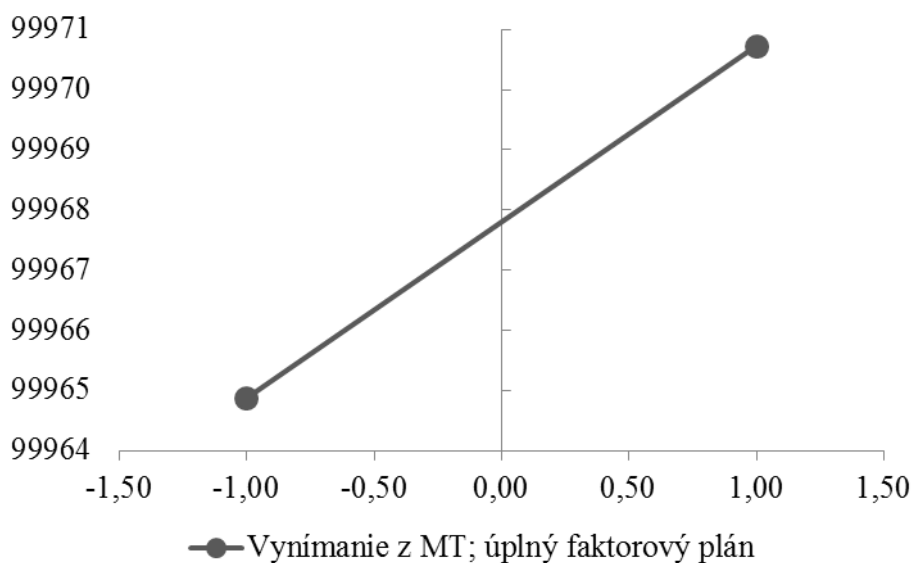
a) Graf efektu príčiny LIFO zásobník



b) Graf efektu príčiny Rozvetvený MT



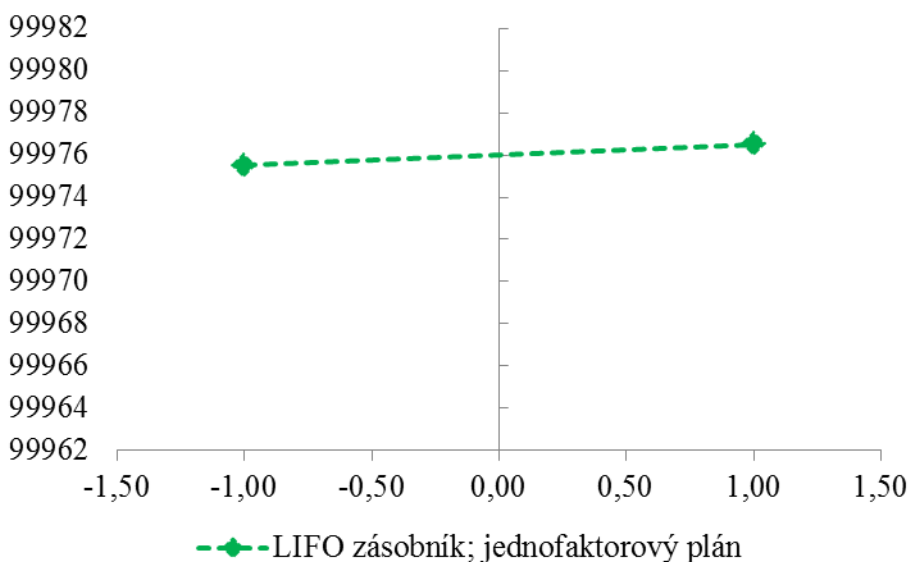
c) Graf efektu príčiny Vynímanie z MT, úplný faktorový plán



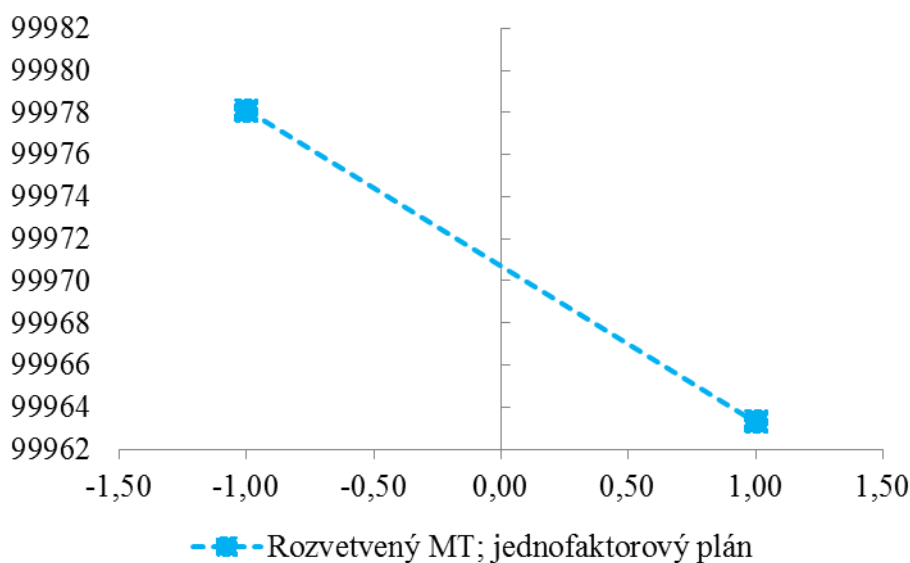
Z jednotlivých grafov a), b) a c) u Graf 2 vyplýva nasledujúce. Pretože požadujeme, aby bolo premiešanie zákaziek čo najmenšie, hľadáme čo najmenší efekt. Vhodné úrovne pre čo najmenší efekt teda sú: – LIFO zásobník, + Rozvetvený MT, –Vynímanie z MT. Veľkosť efektu je najviac významná u príčiny Vynímanie z MT.

Graf 3 – Vykreslenie grafov efektu príčin jednofaktorový plán. (vzp.)

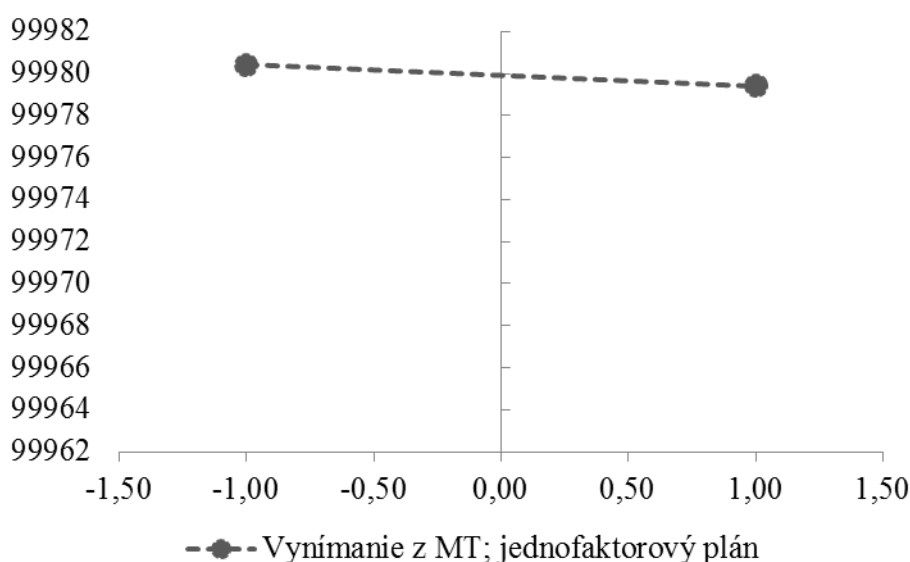
a) Graf efektu príčiny pre LIFO zásobník



b) Graf efektu príčiny pre rozvetvený MT



c) Graf efektu príčiny pre Vynímanie z MT



Požadujeme, aby bolo premiešanie zákaziek čo najmenšie. Preto hľadáme čo najmenší efekt. Z jednotlivých grafov pre jednofaktorový plán a), b) a c) u Graf 3 vyplýva, že sú vhodné úrovne pre čo najmenší efekt: – LIFO zásobník, + Rozvetvený MT, + Vynímanie z MT. Veľkosť efektu je najviac významná u príčiny Rozvetvený MT.

Efekt interakcií jednotlivých príčin a ich grafy

Pre úplný faktorový plán sa stanovuje efekt vzájomných interakcií vybraných príčin. Prehľad výsledkov je v Tab. 21. Výpočet je súčasťou multimedialnej prílohy (CD), dokument MS Excel.

Tab. 21 – Efekt vybraných príčin ich vzájomných interakcií pre úplný faktorový plán. (vsp.)

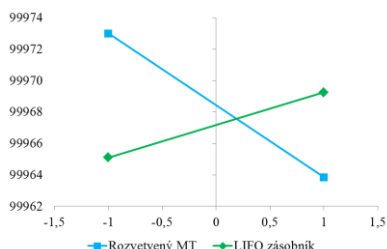
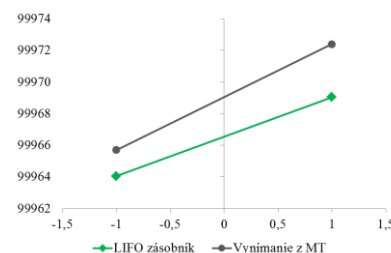
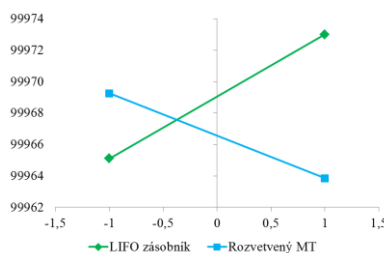
Efekt interakcie príčin	Pre úplný faktorový plán
LIFO Zásobník v. Rozvetvený MT	$ef(LIFO, RMT) = -6,65$
LIFO Zásobník v. Vynímanie z MT	$ef(LIFO, OPR) = -2,00$
Rozvetvený MT v. Vynímanie z MT	$ef(RMT, OPR) = -0,85$
LIFO Zásobník v. Rozvetvený MT v. Vynímanie z MT	$ef(LIFO, RMT, OPR) = +20,70$

Z efektu interakcie príčin môžeme usúdiť, že významná môže byť interakcia príčin LIFO zásobník v. Rozvetvený MT a ďalej interakcia príčin LIFO Zásobník v. Rozvetvený MT v. Vynímanie z MT. Potvrdiť nám to môžu grafy efektu interakcií príčin (viď Graf 4). Stanovenie súradníc pre vykreslenie grafov uvádza multimediálna príloha (CD), dokument MS Excel.

Graf 4 – Grafy efektu interakcií príčin pre úplný faktorový plán. (vsp.)

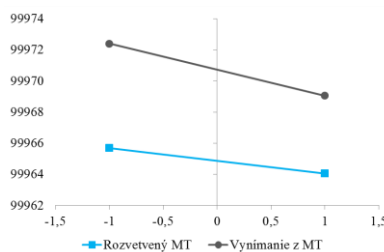
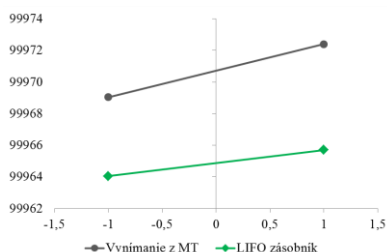
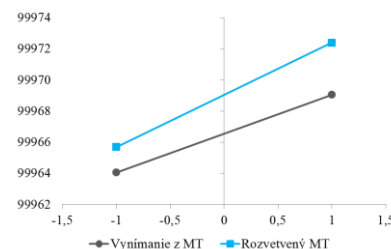
LIFO zásobník:

- (-1): 10 pozícií
- (+1): 100 pozícií



Rozvetvený MT:

- Proces 1: 8 min.
- Proces 2:
 - (-1): 10 min.
 - (+1): 16 min.



Vynímanie z MT:

- (-1): 5 000 zákaziek
- (+1): 10 000 zákaziek

Graf 4 jasne preukázal, že z možných interakcií má na ZIP vplyv len interakcia LIFO zásobník v. Rozvetvený MT. Graf 4 vo väčšej mierke prehľadne uvádza Príloha 13.

Test významnosti efektov

Ďalej bol vypočítaný výberový rozptyl a určený test významnosti príčin. U testu významnosti efektu príčin zavádzame nasledujúce hypotézy:

1. Pre príčinu LIFO zásobník:
 - a) Nulová hypotéza H_0 : Efekt príčiny nie je významný.
 - b) Alternatívna hypotéza H_1 : Efekt príčiny je významný.
2. Pre príčinu Rozvetvený MT:
 - a) Nulová hypotéza H_0 : Efekt príčiny nie je významný.
 - b) Alternatívna hypotéza H_1 : Efekt príčiny je významný.
3. Pre príčinu Vynímanie z MT:
 - a) Nulová hypotéza H_0 : Efekt príčiny nie je významný.
 - b) Alternatívna hypotéza H_1 : Efekt príčiny je významný.

Pre potvrdenie hypotéz musíme vypočítať hodnotu testovacieho kritéria, kritickú hodnotu a stanoviť záver pre alternatívnu hypotézu H_1 . Doplnujúcou hodnotou je relatívna kumulatívna početnosť. Výpočty sú súčasťou multimediálnej prílohy (CD), dokument MS Excel.

Kritickú hodnotu stanovíme zo štatistickej tabuľky Kvantily rozdelenia t (Študentovo rozdelenie) uvedeného v Príloha 14. Vybraná hodnota je pre stupeň voľnosti u a pre hladinu významnosti $\alpha = 0,05$. Uvažujeme s 95% pravdepodobnosťou.

Prehľad výsledkov pre úplný faktorový plán uvádza Tab. 22 a pre jednofaktorový plán Tab. 23.

Tab. 22 – Test významnosti efektu príčin a ich interakcií pre úplný faktorový plán. (vsp.)

<i>Efekt interakcie príčin</i>	<i>Efekt príčiny</i> $ef(\dots) =$	<i>Testovacie kritérium</i> $T =$	<i>Kritická hodnota (z tabuľky Kvantil rozdelenia)</i> $t_{80-8}(0,05)$	<i>Relatívna kumulatívnu početnosť</i> $P_i =$
LIFO Zásobník	+1,25	+0,70	1,666	64,29
Rozvetvený MT	-2,50	-1,41	1,666	21,43
Vynímanie z MT	+5,85	+3,29	1,666	78,57
LIFO Zásobník v. Rozvetvený MT	-6,65	-3,74	1,666	7,14
LIFO Zásobník v. Vynímanie z MT	-2,00	-1,13	1,666	35,71
Rozvetvený MT v. Vynímanie z MT	-0,85	-0,48	1,666	50,00
LIFO Zásobník v. Rozvetvený MT v. Vynímanie z MT	+20,70	+11,65	1,666	92,86

Tab. 23 – Test významnosti efektu príčin pre jednofaktorový plán. (vsp.)

<i>Efekt interakcie príčin</i>	<i>Efekt príčiny</i> $ef(\dots) =$	<i>Testovacie kritérium</i> $T =$	<i>Kritická hodnota (z tabuľky Kvantil rozdelenia)</i> $t_{60-6}(0,05)$	<i>Relatívna kumulatívni početnosť</i> $P_i =$
LIFO Zásobník	+1,00	+0,47	1,674	83,33
Rozvetvený MT	-14,80	-6,93	1,674	16,67
Vynímanie z MT	-1,00	-0,47	1,674	50,00

Z Tab. 22 a Tab. 23 môžeme následne stanoviť záver pre dané hypotézy na základe Rovnica 12.

Rovnica 12 – Záver testu významnosti efektov pre overenie hypotéz. (Tošenovský, 2012)

$$|T| > t_{n_1+n_2+\dots+n_k-n}(\alpha) \quad (R17) \quad , \text{ kde}$$

- $|T|$ je testovacie kritérium v absolútnej hodnote.
- t je kritická hodnota.
- n_1 až n_k je celkový počet opakovaných pokusov.
- n je počet pokusov.

Súhrnný prehľad záveru testu pre overenie hypotéz uvádza Tab. 24. V nej sú uvedené závery ako pre úplný faktorový plán, tak pre jednofaktorový plán. Porovnávame hodnotu testovacieho kritéria s kritickou hodnotou. Na základe toho zamietame alebo potvrdzujeme pravdivosť hypotézy H_1 .

Tab. 24 – Súhrnný prehľad záveru testu pre overenie hypotéz. (vsp.)

<i>a) Pre úplný faktorový plán</i>			
<i>Efekt príčin</i>	$ T > t_{80-8}(0,05)$	<i>Hypotéza H_1</i>	<i>Záver testu</i>
LIFO Zásobník	$ 0,7 < 1,666$	H_1 sa zamietá.	Príčina nie je významná.
Rozvetvený MT	$ 1,41 < 1,666$	H_1 sa zamietá.	Príčina nie je významná.
Vynímanie z MT	$ 3,29 > 1,666$	H_1 sa nezamietá.	Príčina je významná.
LIFO Zásobník v. Rozvetvený MT	$ 3,74 > 1,666$	H_1 sa nezamietá.	Príčina je významná.
LIFO Zásobník v. Vynímanie z MT	$ 1,13 < 1,666$	H_1 sa zamietá.	Príčina nie je významná.
Rozvetvený MT v. Vynímanie z MT	$ 0,48 < 1,666$	H_1 sa zamietá.	Príčina nie je významná.
LIFO Zásobník v. Rozvetvený MT v. Vynímanie z MT	$ 11,65 > 1,666$	H_1 sa nezamietá.	Príčina je významná.

<i>b) Pre jednofaktorový plán</i>			
<i>Efekt príčin</i>	$ T > t_{60-6}(0,05)$	<i>Hypotéza H_1</i>	<i>Záver testu</i>
LIFO Zásobník	$ 0,47 < 1,674$	H_1 sa zamieta.	Príčina nie je významná.
Rozvetvený MT	$ 6,93 > 1,674$	H_1 sa nezamieta.	Príčina je významná.
Vynímanie z MT	$ 0,47 < 1,674$	H_1 sa zamieta.	Príčina nie je významná.

7.4.4 Zhodnotenie výsledkov z plánovaného experimentu

Zhodnotenie výsledkov vychádza z dvoch plánovaných experimentov: pre úplný faktorový plán a jednofaktorový plán. Dosiahnuté výsledky sú platné za podmienok stanovených pre tieto konkrétne plánované experimenty. Čiže návrh simulačného modelu, jeho parametrizácia a definovanie pokusov.

Plánované experimenty preto nemajú všeobecne vypovedajúci charakter. Boli primárne určené pre lepšie oboznámenie sa s vybranými príčinami v DDP, ktoré ovplyvňujú MT. Konkrétne nás zaujímali hodnoty ZIP.

Zhodnotenie výsledkov pre úplný faktorový plán

Medzi významné príčiny, ktoré vplyvajú na zmenu poradia zákaziek (ovplyvňujú ZIP) patria: Vynímanie z MT; interakcia príčin LIFO Zásobník v. Rozvetvený MT a interakcia príčin LIFO Zásobník v. Rozvetvený MT v. Vynímanie z MT.

Z grafov efektu príčin sú vhodné úrovne pre čo najmenší efekt: – LIFO zásobník, + Rozvetvený MT, – Vynímanie z MT. V prípade LIFO zásobníku by sme mali mať čo najnižšiu kapacitu. U rozvetveného MT bude menej ZIP za podmienky čo najväčšieho rozdielu procesných časov medzi procesmi rozvetveného MT. Pravdepodobne je to z dôvodu, že čím menej zákaziek prejde druhou vetvou, tým menšia bude hodnota ZIP. Menšiu hodnotu ZIP môžeme očakávať aj pri nižšom počte vynímaných zákaziek z MT.

V prípade interakcií nám významne ovplyvňuje ZIP kombinácia príčin LIFO Zásobník v. Rozvetvený MT. Taktiež je významná interakcia všetkých troch príčin – LIFO Zásobník v. Rozvetvený MT v. Vynímanie z MT.

Zhodnotenie výsledkov pre jednofaktorový plán

Pre jednofaktorový plán je významnou príčinou Rozvetvený MT. Znamená to, že malý rozdiel operačných časov (8 min. v. 10 min.) najviac ovplyvňoval hodnotu ZIP. Ostatné sledované príčiny LIFO zásobník a Vynímanie z MT nie sú z pohľadu ZIP významné.

7.5 Zhrnutie kapitoly 7

Prostredníctvom analógie medzi materiálovým tokom a vektorom sme definovali úlohu Stability produkcie. Úlohou Stability produkcie je eliminovať vplyv všetkých príčin, ktoré narúšajú priamy smer zákaziek u finálneho výrobcu od bodu plánovania po bod zhotovenia zákaziek. Úlohou Stability produkcie v materiálovom toku je eliminovať vplyv všetkých príčin, ktoré narúšajú priamy smer zákaziek u finálneho výrobcu od bodu zahájenia výroby zákaziek po bod zhotovenia zákaziek.

Smerovanie úlohy Stability produkcie nás v doktorskej dizertačnej práci zaujíma s ohľadom na koncepty Zachovanie vernosti výrobnému programu a Stabilné poradie zákaziek.

To, čo môže zmeniť priamy smer zákaziek, sme nazvali ako príčiny. Medzi tieto príčiny patrí napr. rozvetvený, paralelný a vratný MT, vynímanie z MT, riadenie výrobného programu, organizácia výroby, náhodné javy apod.

Všeobecný prehľad týchto príčin je vo forme klasifikačnej tabuľky uvedený v Tab. 12.

Podľa charakteristiky konkrétnej výroby sa v tabuľke ohodnotia tie príčiny, ktoré sú pre danú výrobu charakteristické. Následne ich oklasifikujeme a podľa dosiahnutého počtu bodov môžeme posúdiť vplyv príčin na priamy smer zákaziek.

Takýto príklad klasifikovania príčin je na základe mojich skúseností v Tab. 12. Z uvedených príčin som na základe dosiahnutej hodnoty „Body·Váha“ vybral podľa klasifikačnej tabuľky tri: zásobníky neriadené FIFO; vynímanie zákaziek z MT a rozvetvený MT.

Pre tieto tri vybrané príčiny bol navrhnutý a realizovaný plánovaný experiment. Dôvodom bolo lepšie oboznámenie sa s týmito príčinami. Oboznámenie viedlo k získaniu znalostí o tom, ako vybrané príčiny ovplyvňujú procesy a priamy smer zákaziek.

Pokusy plánovaného experimentu boli realizované prostredníctvom simulačného modelu. Simulačný model predstavoval jednoduchú výrobu zákaziek so zohľadnením vybraných príčin.

Plánovaným experimentom pre úplný faktorový plán sme zistili významnosť príčiny Vynímanie zákaziek z MT. Čím väčší bol počet vynímaných zákaziek k celkovému počtu vyrábaných zákaziek, tým vyššia bola dosahovaná hodnota ZIP.

Významný vplyv úplného faktorového plánu mala aj interakcia príčin LIFO Zásobník v. Rozvetvený MT a interakcia všetkých príčin, teda LIFO Zásobník v. Rozvetvený MT v. Vynímanie z MT.

Plánovaným experimentom pre jednofaktorový plán bola zistená významnosť príčiny Rozvetvený MT. Výsledok môžeme interpretovať tak, že čím menší je rozdiel medzi operačnými časmi jednotlivých procesov vo vetvách, tým viac bude ovplyvnený priamy smer zákaziek. Narastá hodnota ZIP (premiešanosť poradia zákaziek medzi vstupom a výstupom).

Je nutné podotknúť, že plánovaný experiment platí za podmienok stanovených v tejto doktorskej dizertačnej práci.

8 STABILNÉ PORADIE ZÁKAZIEK A JEJ METÓDY ONESKORENÉ PRIDELENIE ZÁKAZIEK A PERLOVÝ NÁHRDELNÍK

Hlavná myšlienka konceptu Stabilného poradia zákaziek (SPZ) vychádza z poznania poradia zákaziek niekoľko dní pred zahájením výroby. Poradie by malo byť dodržané aj vo vybranom úseku materiálovom toku (MT) pri samotnej výrobe zákaziek. Ide teda o priamy smer zákaziek od bodu plánovania po bod zhotovenia.

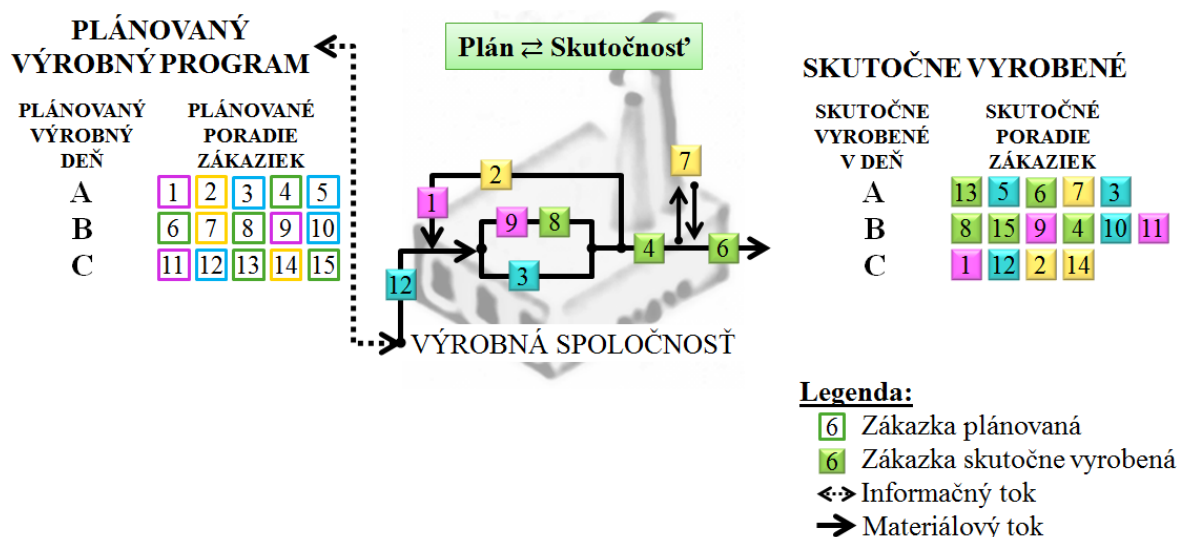
U SPZ a jej metód priebežne sledujeme rozpracovanosť, ktorá sa následne vyhodnocuje. Sledovanie a vyhodnotenie rozpracovanosti je spoločným znakom konceptov SPZ a Zachovania vernosti výrobnému programu (ZVVP).

Z prehľadu súčasných znalostí o ZVVP vieme, že sa jedná o kontrolu dodania zákaziek podľa plánovaného výrobného programu v stanovenom časovom intervale.

Plánovaný výrobný program nám stanovuje predpokladaný čas výroby a s ním aj poradie zákaziek niekoľko dní vopred. Ide o ďalšiu podobnosť medzi konceptmi ZVVP s SPZ. Je vhodné zistiť, aká je medzi nimi súvislosť.

8.1 Súvislosť medzi konceptmi Zachovanie vernosti výrobnému programu a Stabilné poradie zákaziek

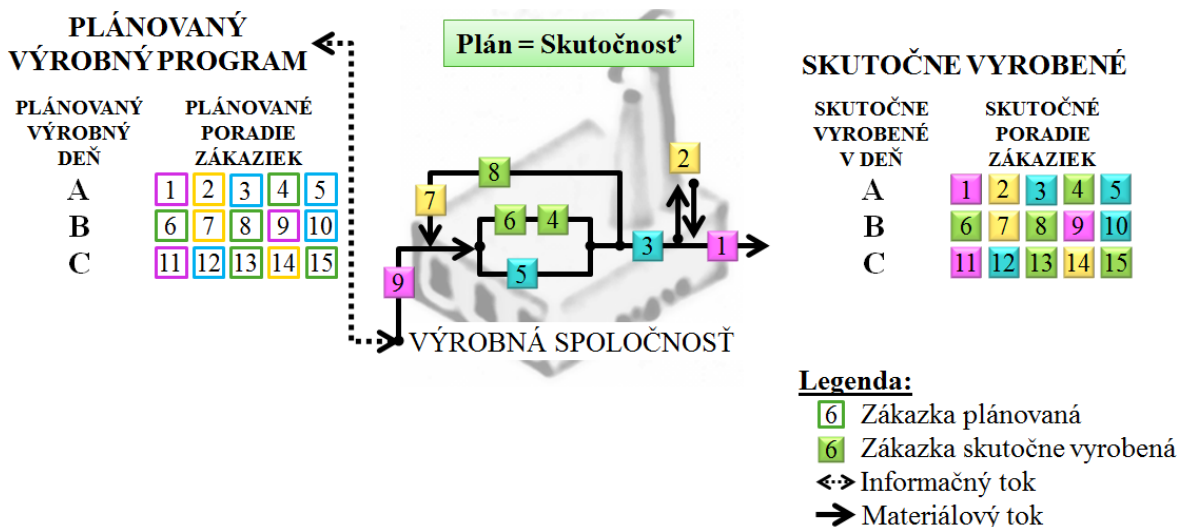
Hľadanie súvislostí medzi ZVVP a SPZ vychádza z teoretického poznania z kapitol 6.6 a 6.7. U ZVVP sledujeme, či sa v časovom intervale uskutočnenej výroby objavili zákazky z plánovaného výrobného programu. U SPZ sledujeme zachovanie poradia zákaziek medzi plánovaným výrobným programom a skutočne vyrobeným. Princíp sledovania zákaziek medzi plánom a skutočnosťou je na Obr. 35.



Obr. 35 – Princíp sledovania zákaziek medzi plánom a skutočnosťou. (v.sp.)

Cieľom ZVVP je dosiahnuť 100% zhodu zákaziek z časového intervalu plánovaného výrobného programu a skutočne vyrobeného. Pri dosiahnutí tejto zhody napr. za časový interval jeden týždeň, môžeme postupne tento interval skracovať. Na deň, pracovnú zmenu, hodinu, výrobný takt.

Skrátenie časového intervalu na hodnotu jedného taktu znamená nielen dodržanie plánovaného času, ale aj dodržanie plánovaného poradia. Vtedy budeme vyrábať presne to, čo bolo v plánovanom výrobnom programe naplánované. (Obr. 36).



Obr. 36 – Dodržanie výroby zákaziek medzi plánom a skutočnosťou. (vsp.)

Dodržaním poradia naplňujeme zároveň princíp SPZ, a to vyrábať zákazky vo vopred stanovenom poradí. Vzniká tak súvislosť medzi SPZ a ZVVP o dodržaní časových období a poradia. To viedlo k formulácii Hypotéza 8.

Hypotéza 8 overíme prostredníctvom porovnávania ZVVP a SPZ v Tab. 25. Ako reprezentanta pre matematické vyhodnotenie SPZ som zvolil PN s ukazovateľom PFT_0 .

Tab. 25 – Štúdia predpokladu, že ZVVP je nástrojom pre dosiahnutie SPZ. (vsp.)

Príklad	Časová os pre výrobný takt 20 sek.	Poradie zákaziek		Časový interval vyhodnotenia 20 sek.		Časový interval vyhodnotenia 60 sek.	
		Plánovaný výrobný program	Skutočne vyrobené	ZVVP	SPZ PN (PFT_0)	ZVVP	SPZ PN (PFT_0)
A.	20 sek.	1	1	100 %	100 %	100 %	100 %
	40 sek.	2	2	100 %	100 %		
	60 sek.	3	3	100 %	100 %		
B.	80 sek.	4	7	0 %	100 %	0 %	100 %
	100 sek.	5	8	0 %	100 %		
	120 sek.	6	9	0 %	100 %		
C.	140 sek.	7	5	0 %	0 %	0 %	0 %
	160 sek.	8	4	0 %	0 %		
	180 sek.	9	6	0 %	0 %		
D.	200 sek.	10	12	0 %	100 %	100 %	33 %
	220 sek.	11	10	0 %	0 %		
	240 sek.	12	11	0 %	0 %		

Vysvetlenie príkladov z Tab. 25:

- A. Poradie zákaziek medzi plánovaným výrobným programom a skutočnosťou bolo rovnaké. Pre ZVVP a SPZ tak bola dosiahnutá zhoda 100 % pre obe časové intervaly vyhodnotenia.
- B. Zákazky boli oproti plánovanému výrobnému programu vyrobené predčasne. V rámci oboch časových intervalov sa u ZVVP nezhodujú, preto sú rovné 0 %. Predčasné zákazky sa ale u SPZ vyhodnocujú ako správne. Preto sú rovné 100 %.
- C. Zákazky boli vyrobené s oneskorením. Nezhodujú sa v časových intervaloch, preto je ZVVP rovno 0 %. U SPZ sa tieto zákazky považujú ako oneskorené, preto je vyhodnotenie taktiež rovno 0 %.
- D. Všetky zákazky pre časové intervaly vyhodnotenia 60 sek. sú vyrobené v plánovanom výrobnom programe. Z pohľadu ZVVP teda 100 %. Nezhoda nastáva u časového intervalu 20 sek., preto 0 %. Z pohľadu SPZ sa vyrobila jedna zákazka ako predčasná a dve ako oneskorené v porovnaní s plánovaným výrobným programom. Preto pre časový interval 20 sek. je SPZ rovno 100 % len v jednom prípade. Pre 60 sek. časového intervalu sa predčasná zákazka uvažuje ako správna a tak je SPZ rovno 33 %.

Zhoda ZVVP s SPZ je závislá na veľkosti časového intervalu. Za podmienky, kedy veľkosť časového intervalu bude rovno výrobnému taktu, predpoklad je správny. Pre väčšie časové intervaly ako hodnota výrobného taktu je predpoklad nesprávny.

U príkladov Tab. 25 som potvrdil, že medzi konceptmi ZVVP a SPZ s reprezentantom PN nie je žiadna súvislosť. Pri rôznych veľkostiach časových intervalov vykazujú odlišné hodnoty a nie sú na sebe závislé. To znamená, dosiahnutie 100% zhody u SPZ nemusí znamenať dosiahnutie 100% zhody u ZVVP.

Z uvedených dôvodov som dospel k záveru, že koncepty ZVVP a SPZ je nutné vnímať ako dva nezávislé koncepty. Následne ich matematické vyhodnotenie ako dve rozdielne hodnoty.

8.2 *Koncept Stabilné poradie zákaziek a jeho metódy Oneskorené pridelenie zákaziek a Perlový náhrdelník, výber reprezentanta*

Metódy OPZ a PN sa od seba vzájomne líšia miestom, v ktorom prideliť rozpracovanému výrobku potvrdenú zákazku od zákazníka. Zatiaľ čo u OPZ sa jedná o vybraný bod MT, u PN sa jedná o bod plánovania zákaziek.

Ukazovateľom OPZ vyhodnocujeme poradie zákaziek medzi vybraným bodom MT a bodom zhotovenia zákaziek. Je to relatívne vyhodnotenie. Ukazovateľom PN vyhodnocujeme poradie zákaziek medzi bodom plánovania a bodom zhotovenia zákaziek. To je absolútne vyhodnotenie.

Predpokladom je, že u metódy PN vyhodnocujeme prevažne väčšiu oblasť než u OPZ. Z tohto dôvodu vyberám PN ako reprezentanta do ďalšej časti vedecko-výskumnej činnosti. Pokiaľ dokážeme definovať príčiny pre udržanie poradia zákaziek medzi bodom plánovania a zhotovenia, môžeme tieto princípy uplatniť aj medzi vybraným bodom MT a bodom zhotovenia zákaziek.

8.3 *Perlový náhrdelník a metodika výpočtu ukazovateľa PFT_x*

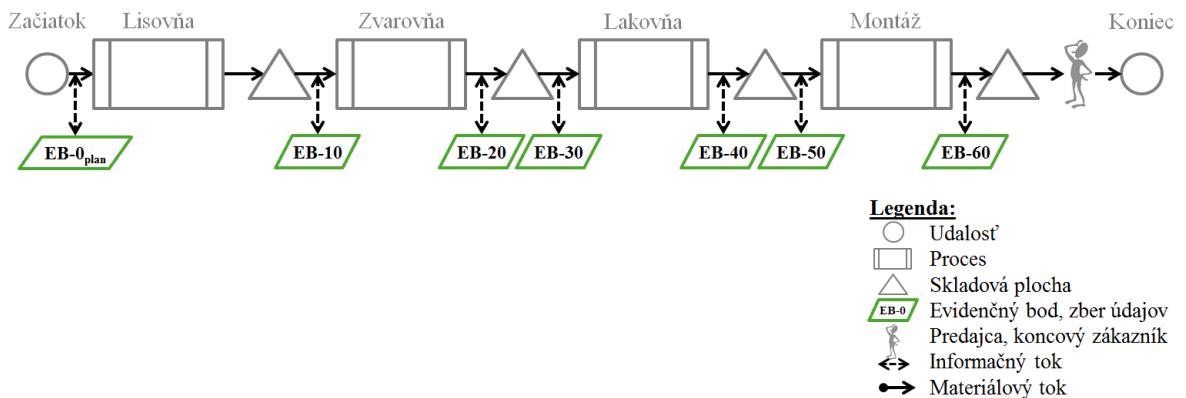
V rámci metódy PN vyhodnocujeme ukazovateľ PFT_x . Metodika výpočtu ukazovateľa PFT_x bola zhrnutá v podkapitole 6.8. Tá spočíva v stanovení počtu oneskorených zákaziek

z časového intervalu a chýbajúcich zákaziek z časového obdobia. Stanovené počty oneskorených a chýbajúcich zákaziek následne dosadíme do Rovnica 8 (R12).

V tomto prípade je potrebné overiť Hypotéza 9 a Hypotéza 10. Metodika výpočtu PFT_x uvedená v odborných literatúrach (napr. Meißner, 2009; Unterburger a Lalkens, 2008) predkladá určité postupy. Postupy sa však mierne líšia, čo vedie k predpokladu, že metodika výpočtu ukazovateľa PFT_x nie je jednoznačne definovaná. V metodike postrádam aj presné vymedzenie časového obdobia získaných údajov a časového intervalu pre výpočet PFT_x .

Túto metodiku overíme na základe fiktívnych prípadových štúdií a následne reálnych prípadov z praxe. Fiktívne prípadové štúdie sú mnou vymyslené teoretické príklady na aktuálne skúmaný problém (napr. chýbajúce, oneskorené zákazky, časové obdobia, časový interval apod.).

Reálne prípady sú založené na skúmaní skutočných výrobných dát. Tie poskytla pre potreby DDP spoločnosť ŠKODA AUTO a.s. Údaje obsahujú rôzne EB. Umiestnenie EB vo výrobnom úseku znázorňuje procesný diagram výroby automobilov na Obr. 37.



Obr. 37 – Zjednodušený procesný diagram výroby automobilov s umiestnením EB. (vsp.)

Do rozboru zahrnieme aj samotný výpočet PFT_x . V tomto prípade budeme sledovať, či dva na seba nezávislé subjekty dôjdu k rovnakým vypočítaným hodnotám PFT_x .

8.3.1 Údaje k výpočtu ukazovateľa PFT_x

Presnosť výpočtu PFT_x je závislá na údajoch, ktoré máme k dispozícii. Tieto údaje môžeme získať z plánovaného výrobného programu, z generátoru zákaziek a z EB.

Získané údaje je potrebné vždy upraviť. Údaje by mali byť kompletne, ucelené, bez duplicit a v požadovanom formáte. K výpočtu PFT_x môžeme použiť dva typy údajov. Časové alebo poradové.

Výpočet z časových údajov

Časové údaje sú záznamy času. Záznam času nájdeme v plánovanom výrobnom programe alebo z výpisu prechodu zákaziek v sledovanom mieste MT. Časové údaje z rôznych miest MT jednej zákazky k sebe párujeme na základe identifikátoru. Identifikátorom by mal byť jedinečný znak alebo hodnota, pomocou ktorého dokážeme odlišiť konkrétnu zákazku od ostatných. Identifikátorom môže byť napr. číslo zákazky, sériové číslo apod.

Spárovaním časových údajov konkrétnych zákaziek dostávame ich pohyb v čase. Pohyb v čase vytvára poradie. So stanoveného poradia dokážeme určiť oneskorené a predčasné zákazky. Následne zo stanoveného rozsahu hodnôt určíme chýbajúce zákazky a máme kompletne údaje pre výpočet ukazovateľa PFT_x .

Postup výpočtu pre predčasné a oneskorené zákazky PFT_x z časových údajov zobrazuje Obr. 38.

1. Upraviť údaje podľa potreby k vyhodnoteniu PFT_x

Zákazka	Časový záznam 1	Časový záznam 2	Poradie 1	Poradie 2	SQA_i	PFT_x
DDP1A	14.6.2013 08:11:00	15.6.2013 13:17:00				
DDP2A	14.6.2013 08:12:00	15.6.2013 13:16:00				
DDP3A	14.6.2013 08:13:00	15.6.2013 13:15:00				
DDP4A	14.6.2013 08:15:00	15.6.2013 13:14:00				
DDP5A	14.6.2013 08:16:00	15.6.2013 13:18:00				

2. Vytvoriť číselné poradie k časovému záznamu 1 a časovému záznamu 2

Zákazka	Časový záznam 1	Časový záznam 2	Poradie 1	Poradie 2	SQA_i	PFT_x
DDP4A	14.6.2013 08:15:00	15.6.2013 13:14:00	4	1		
DDP3A	14.6.2013 08:13:00	15.6.2013 13:15:00	3	2		
DDP2A	14.6.2013 08:12:00	15.6.2013 13:16:00	2	3		
DDP1A	14.6.2013 08:11:00	15.6.2013 13:17:00	1	4		
DDP5A	14.6.2013 08:16:00	15.6.2013 13:18:00	5	5		

3. Vypočítať SQA_i , stanoviť oneskorené zákazky ($SQA_i < 0$), vyhodnotiť PFT_x

Zákazka	Časový záznam 1	Časový záznam 2	Poradie 1	Poradie 2	SQA_i	PFT_x
DDP4A	14.6.2013 08:15:00	15.6.2013 13:14:00	4	1	4-1 = 3	Napríklad: $PFT_0 = 60\%$ $((5-2)/5)*100$
DDP3A	14.6.2013 08:13:00	15.6.2013 13:15:00	3	2	3-2 = 1	
DDP2A	14.6.2013 08:12:00	15.6.2013 13:16:00	2	3	2-3 = -1	
DDP1A	14.6.2013 08:11:00	15.6.2013 13:17:00	1	4	1-4 = -3	
DDP5A	14.6.2013 08:16:00	15.6.2013 13:18:00	5	5	5-5 = 0	

Obr. 38 – Postup pre výpočet ukazovateľa PFT_x z časových údajov. (vsp.)

Obr. 39 zobrazuje postup výpočtu PFT_x z časových údajov, kde požadujeme uviesť výpočet len pre zvolený časový interval (15. 6. 2013). Ide o príklad pre predčasné, oneskorené a chýbajúce zákazky.

1. Upraviť údaje podľa potreby k vyhodnoteniu PFT_x

Zákazka	Časový záznam 1	Časový záznam 2	Poradie 1	Poradie 2	SQA_i	PFT_x
DDP1A	14.6.2013 08:11:00	15.6.2013 13:17:00				
DDP2A	14.6.2013 08:12:00	15.6.2013 13:16:00				
DDP3A	14.6.2013 08:13:00	15.6.2013 13:15:00				
DDP4A	14.6.2013 08:15:00	16.6.2013 06:52:00				
DDP5A	14.6.2013 08:16:00	15.6.2013 13:18:00				

2. Zoradiť podľa časovému záznamu 2 a porovnať poradie s časovým záznamom 1

Zákazka	Časový záznam 1	Časový záznam 2	Poradie 1	Poradie 2	SQA_i	PFT_x
DDP3A	14.6.2013 08:13:00	15.6.2013 13:15:00	3	1		
DDP2A	14.6.2013 08:12:00	15.6.2013 13:16:00	2	2		
DDP1A	14.6.2013 08:11:00	15.6.2013 13:17:00	1	3		
DDP5A	14.6.2013 08:16:00	15.6.2013 13:18:00	5	4		
DDP4A	14.6.2013 08:15:00	16.6.2013 06:52:00	4	5		

3. Vypočítať SQA_i , stanoviť oneskorené ($SQA_i < 0$) a chýbajúce zákazky, vyhodnotiť PFT_x

Zákazka	Časový záznam 1	Časový záznam 2	Poradie 1	Poradie 2	SQA_i	PFT_x
DDP3A	14.6.2013 08:13:00	15.6.2013 13:15:00	3	1	3-1 = 2	Napríklad: $PFT_0 = 50\%$ $((4-1-1)/4)*100$
DDP2A	14.6.2013 08:12:00	15.6.2013 13:16:00	2	2	2-2 = 0	
DDP1A	14.6.2013 08:11:00	15.6.2013 13:17:00	1	3	1-3 = -2	
DDP5A	14.6.2013 08:16:00	15.6.2013 13:18:00	5	4	5-4 = 1	
DDP4A	14.6.2013 08:15:00	16.6.2013 06:52:00	4	5	mimo časové obdobie	

Obr. 39 – Postup pre výpočet ukazovateľa PFT_x z časových údajov pre zvolený časový interval, teda 15. 6. 2013. Zákazka DDP4A je chýbajúca. (vsp.)

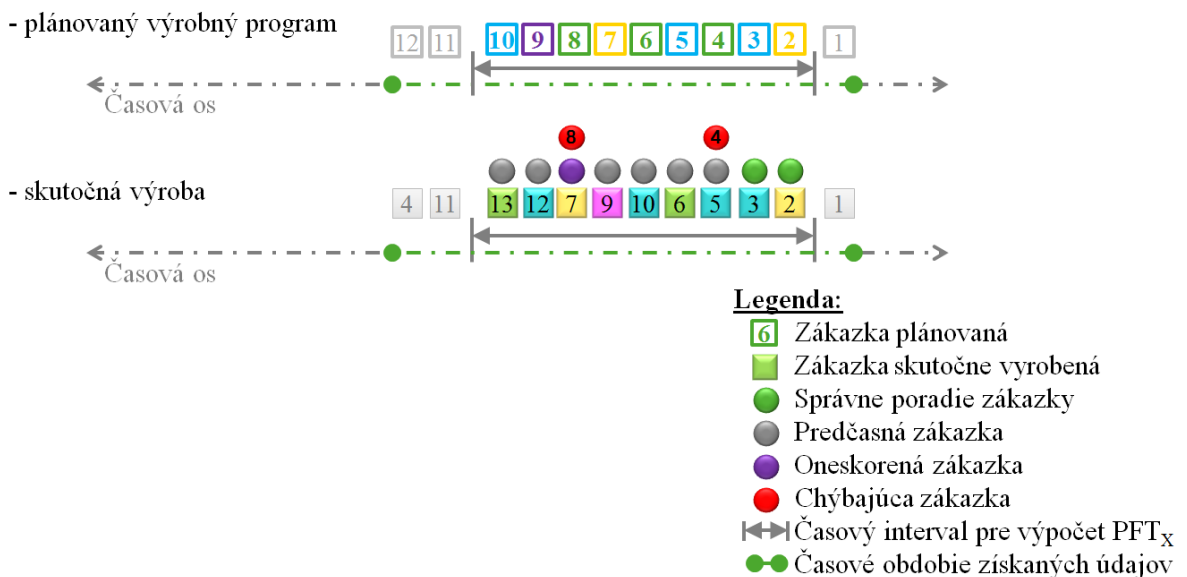
Výpočet z poradových údajov

Plánovanie výroby už pri tvorbe výrobného programu môže popri časovom údaji zákazky generovať súčasne jej poradové číslo. Poradové číslo by malo byť jedinečné pre každú zákazku. Toto poradové číslo uvádzame ako sekvenčné číslo zákazky ($SČ_z$).

Z ktoréhokoľvek sledovaného miesta MT môžeme získať radu $SČ_z$ a hneď analyzovať, či zákazky šli v postupnosti ($n + 1$).

8.3.2 Z čoho výpočet ukazovateľa PFT_x vychádza

Výpočet ukazovateľa PFT_x vychádza buď z časových alebo poradových údajov. Výpočet je podľa Rovnice 8 (R12). U oboch výpočtov musíme najprv vždy vyhodnotiť počet oneskorených zákaziek z časového intervalu a počet chýbajúcich zákaziek z časového obdobia získaných údajov. Predčasné zákazky sa vyhodnocujú ako správne. (Obr. 40)



Obr. 40 – Príklad vyhodnotenia predčasných, oneskorených a chýbajúcich zákaziek. (vsp.)

8.3.3 Časový obdobie, časový interval

Časové obdobie môžeme uvádzať ako časové obdobie získaných údajov. Ide o obdobie, za ktoré boli zaznamenávané prechody zákaziek na vybraných miestach MT. Tieto údaje sú vo väčšine súčasťou databáz výrobných spoločností.

O časovom intervale v rámci DDP uvažujem ako o nami zvolenom úseku z časového obdobia získaných údajov. Z tohto časového intervalu vyhodnocujeme vstupné údaje pre výpočet PFT_x . Preto ho môžeme uvádzať ako časový interval pre výpočet PFT_x . Pre veľkosť časového intervalu pre výpočet PFT_x voči časovému obdobiu získaných údajov platí podmienka rovnosti uvedená v Rovnici 13.

Rovnica 13 – Podmienka rovnosti časového intervalu a časového obdobia (vsp.)

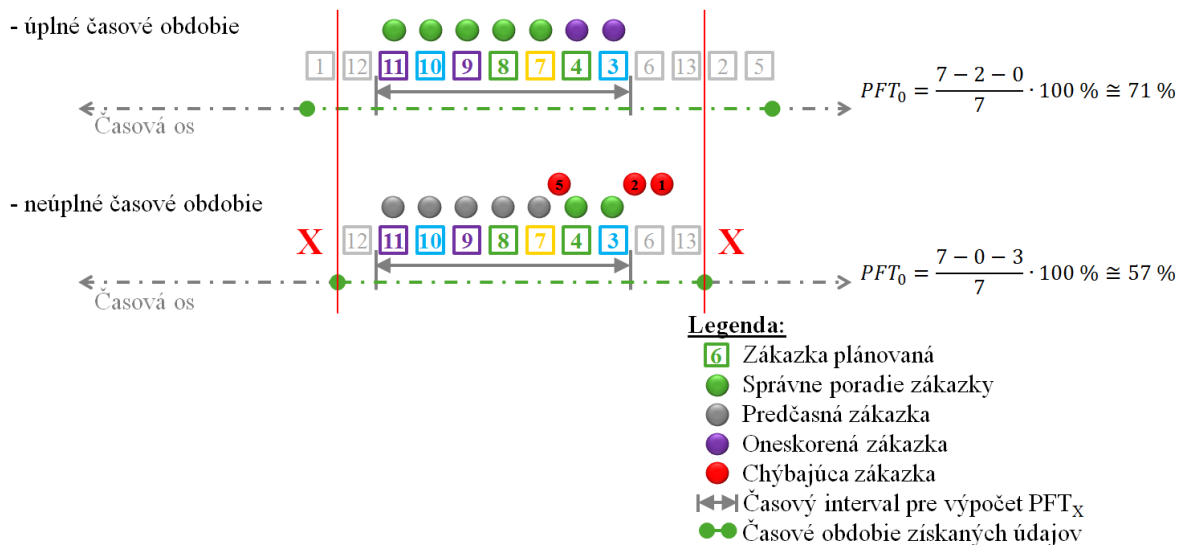
$$\text{Časový interval pre výpočet } PFT_x \leq \text{Časové obdobie získaných údajov (R18)}$$

Veľkosť časového obdobia získaných údajov a časového intervalu pre výpočet PFT_x

V aktuálne platnej metodike metódy PN nie je jasne vymedzené, akým spôsobom voliť veľkosť časového obdobia a časového intervalu. Pritom výpočet PFT_x je od týchto veľkostí závislý. Závislosť spočíva v jednoznačnom určení predčasných, oneskorených a chýbajúcich

zákaziek. Pokiaľ časové obdobie získaných údajov nebude úplne, môže dochádzať k nepresnému výpočtu ukazovateľa PFT_x .

Obr. 41 na príklade 1 a 2 poukazuje na rozdiely vo výpočte PFT_x pri rozdielnom zvolení veľkosti časového obdobia získaných údajov. Tzn., že máme k dispozícii úplnú, resp. neúplnú databázu.



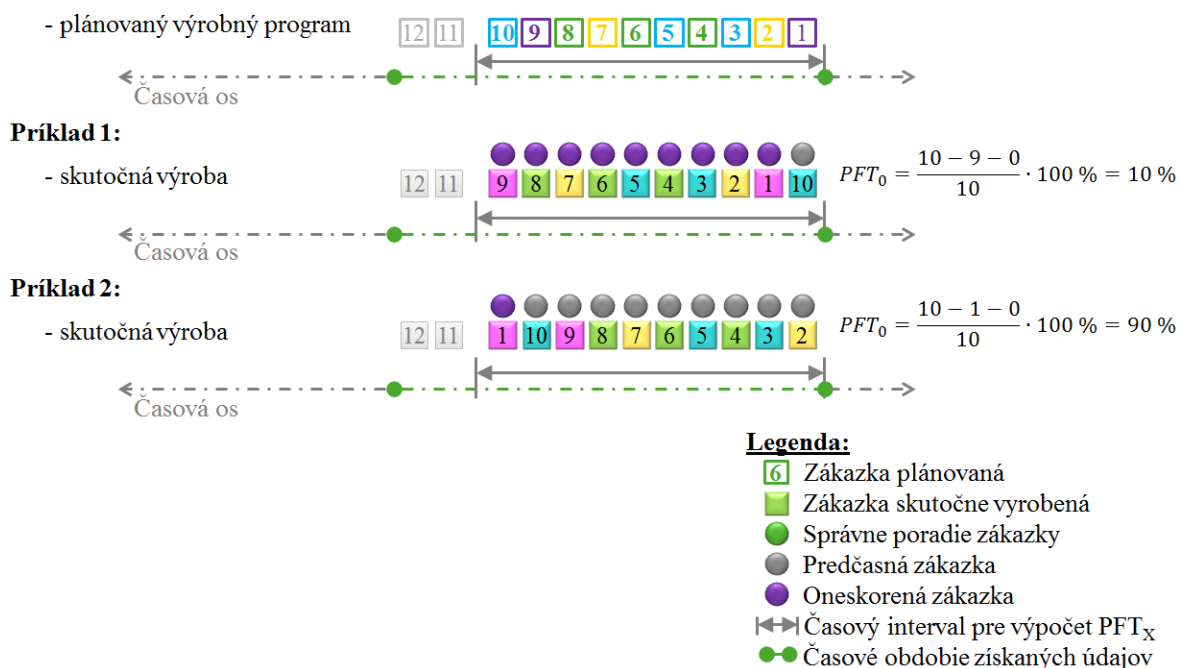
Obr. 41 – Vplyv veľkosti časového obdobia (Príklad 1: úplné, Príklad 2: neúplné) na výpočet ukazovateľa PFT_x . (vsp.)

To, že nie je jasne vymedzené akým spôsobom voliť veľkosť časového obdobia a časového intervalu zapríčiňuje, že je možnosť ich individuálneho prispôbovania.

Od tohto zistenia sa odvíjajú ďalšie nedostatky, ktoré môžu ovplyvniť výpočet PFT_x . Na tieto vybrané nedostatky poukazujú nasledujúce prípadové štúdie.

8.3.4 Prípadová štúdia – predčasné a oneskorené zákazky

Všeobecne u SPZ uvažujeme o záväznom poradí zákaziek. Predčasné zákazky vyhodnocujeme ako správne. Týmto sa dostávame k rozporu, ktorý vystihuje Obr. 42 a jeho dva príklady.



Obr. 42 – Prípadová štúdia predčasných a oneskorených zákaziek. (vsp.)

Podľa Obr. 42 vyhodnocujeme v časovom intervale 10 zákaziek. V Príklade 1 je zákazka s číslom 10 pred postupujúcou radou zákaziek 1 až 9. V Príklade 2 je postupujúca rada zákaziek 2 až 9 a za ňou zákazka s číslom 1.

Podstata metódy PN (dodržanie poradia zákaziek ako v perlovom náhrdelníku) v oboch príkladoch nebola dodržaná. Presnejšie povedané, ani v jednom príklade nedošlo k zhode zákaziek medzi plánovaným výrobným programom a skutočnou výrobou.

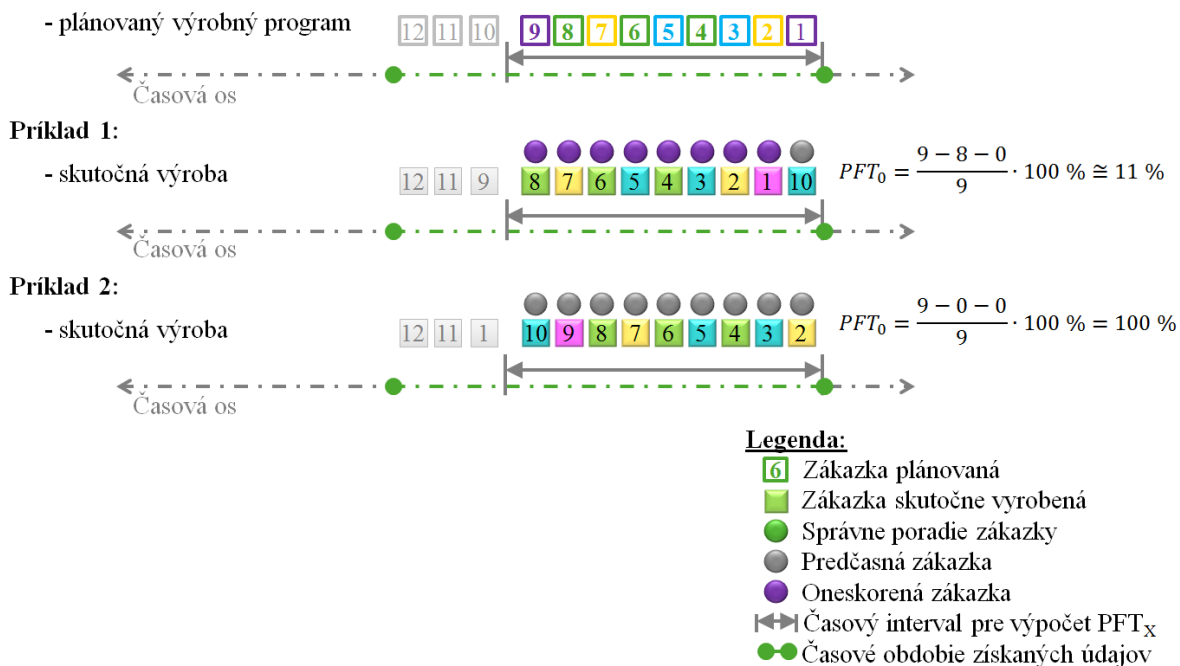
Samotný výpočet ukazovateľa PN však vypovedá o niečom inom. V Príklade 1 sme dosiahli zhodu podľa ukazovateľa $PFT_0 = 10\%$, v Príklade 2 $PFT_0 = 90\%$.

To spôsobuje práve vyhodnocovanie predčasných zákaziek ako správnych. Vypočítaná hodnota PFT_0 nezohľadňuje reálny stav vo výrobe.

8.3.5 Prípadová štúdia – zmena časového intervalu

Z časového obdobia získaných údajov je volený časový interval pre výpočet PFT_x . Zvolený časový interval tak udáva počet zákaziek. Tento rozsah hodnôt je pre nás vstupnou podmienkou a zároveň vstupnou hodnotou pre výpočet PFT_x .

Ako počiatočný stav vezme v úvahu príklad 1 a 2 z Obr. 42. Zmenšíme časový interval pre výpočet PFT_x tak, aby časový interval pre výpočet PFT_0 klesol z pôvodný 10 hodnôt na 9. Cieľom je ovplyvniť výpočet PFT_0 . Vykonanú zmenu uvádza Obr. 43.



Obr. 43 – Prípadová štúdia zmeny časového intervalu a jeho vplyv na hodnotu PFT_0 . (vsp.)

U príkladu 1 Obr. 43 sa zmení hodnota PFT_0 o 1 % na $PFT_0 = 11 \%$. U príkladu 2 na Obr. 43 vzrastie PFT_0 o 10 % na $PFT_0 = 100 \%$.

Táto štúdia potvrdzuje, že zmenou časového intervalu pre výpočet PFT_0 bude ovplyvnená aj jej samotná hodnota.

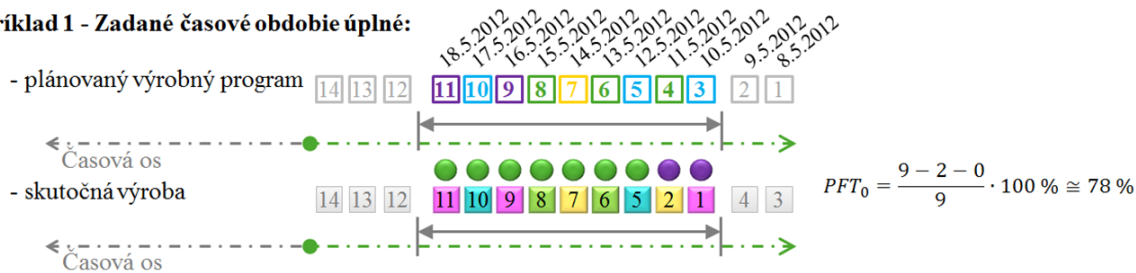
8.3.6 Prípadová štúdia – úplné a neúplné časové obdobie

Doteraz uvedené štúdie vychádzajú z poradových údajov. Máme jasne uvedené zákazky a ich SČ_z. Jednoznačne sme tak vedeli, ktorá zákazka je prvá, piata, deviata apod.

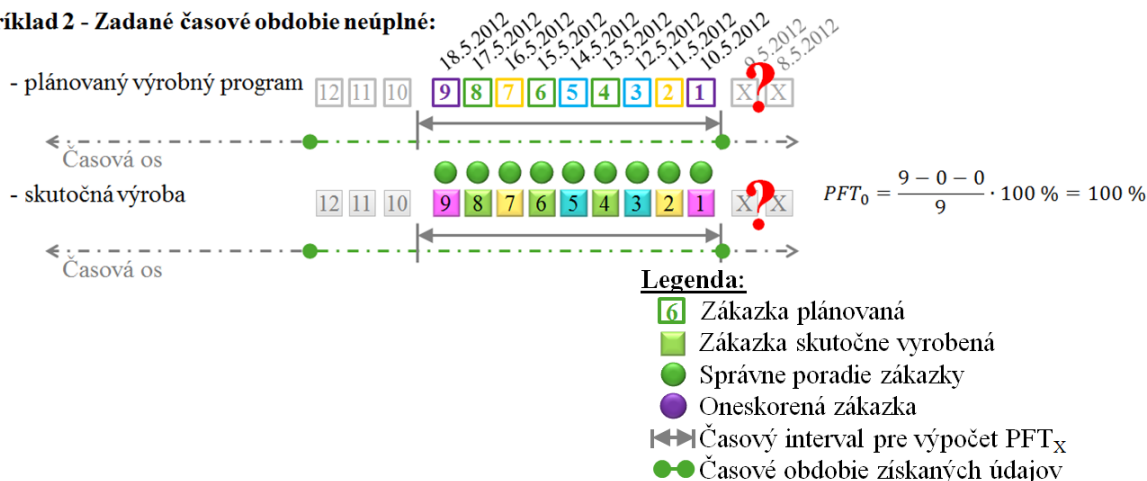
U výpočtov z časových údajov už jednoznačnosť, ktorá zákazka je prvá, piata deviata, nie je. Dôvodom je, že s ohľadom na zvolené časové obdobie nemáme istotu, či zákazka s najstarším časovým údajom je skutočne tá prvá.

Je to závislé od časovej osi a obdobia získaných údajov. Keď máme celú časovú os plánu a skutočnej výroby, s veľkou pravdepodobnosťou je zákazka s najstarším časovým údajom prvá (Obr. 44, príklad 1). Keď máme výsek z časovej osi, je malá pravdepodobnosť, že zákazka s najstarším časovým údajom je prvá (Obr. 44, príklad 2).

Príklad 1 - Zadané časové obdobie úplné:



Príklad 2 - Zadané časové obdobie neúplné:



Obr. 44 – Nejednoznačnosť určenia SC_z pri stanovení z časových údajov a vytvorenie nového poradia v prípade neúplnej časovej osi. (vzp.)

Pri neúplných záznamoch zákaziek môžeme z časových údajov len ťažko poznať pôvodné SC_z . Zjednodušene tak poradie tvoríme od začiatku miesta získaných údajov (viď Obr. 44 Príklad 2). Či nejaké zákazky boli už predtým, nedokážeme zohľadniť. Preto dochádza ku skresleniu vo vyhodnotení počtu oneskorených, príp. aj predčasných a chýbajúcich zákaziek. Následne aj k nepresnému výpočtu PFT_x .

8.3.7 Prípadová štúdia – chýbajúce zákazky

Časové obdobie získaných údajov a časový interval pre výpočet PFT_x priamo ovplyvňuje aj vyhodnotenie počtu chýbajúcich zákaziek (Obr. 45). Tieto hodnoty môžu byť pri neúplných údajoch skreslené.

Je to z dôvodu, že chýbajúca zákazka sa za chýbajúcu pokladá len v prípade, že:

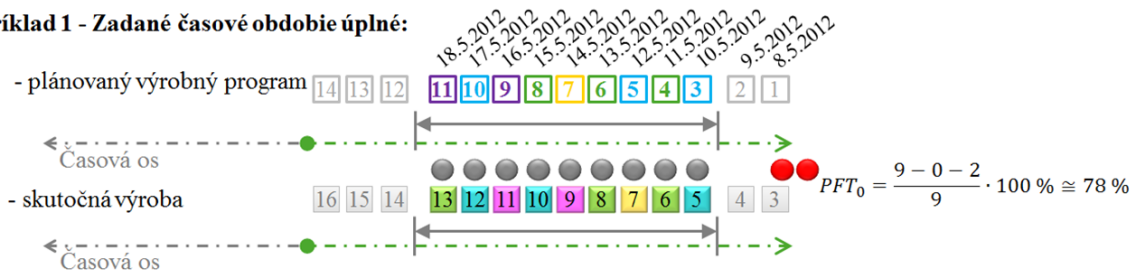
- v časovom období pre výpočet PFT_x bola zákazka očakávaná, ale neprišla.
- Súčasne platí, že sa neobjavila ani v časovom období získaných údajov pred časovým intervalom pre výpočet PFT_x .

Omylom tak za chýbajúce zákazky môžeme považovať:

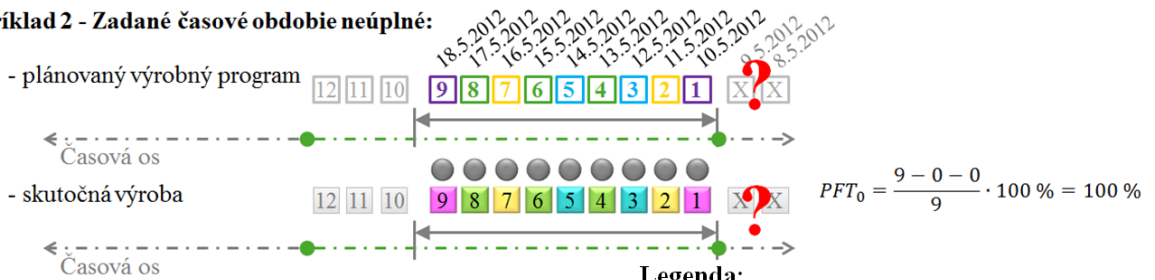
- a) Zákazky, ktoré podľa plánovaného výrobného programu boli očakávané, ale vyrobené boli až po získanom neúplnom časovom období.
- b) Zákazky, ktoré podľa plánovaného výrobného programu boli očakávané, ale boli vyrobené už pred získaným neúplným časovým obdobím.

Z pohľadu vytvárania poradia z časového obdobia získaných údajov uvádza chybu v stanovení počtu chýbajúcich zákaziek Obr. 45.

Príklad 1 - Zadané časové obdobie úplné:



Príklad 2 - Zadané časové obdobie neúplné:



Legenda:

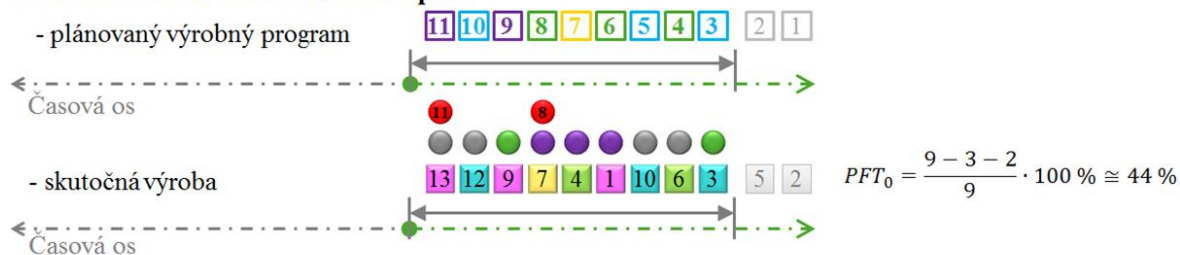
- 6 Zákazka plánovaná
- 6 Zákazka skutočne vyrobená
- Predčasná zákazka
- Chýbajúca zákazka
- ↔ Časový interval pre výpočet PFT_x
- Časové obdobie získaných údajov

Obr. 45 – Vplyv vytvorenia nového poradia v prípade neúplnej časovej osi na výpočet PFT_x pri vyhodnotení chýbajúcich zákaziek. (vsp.)

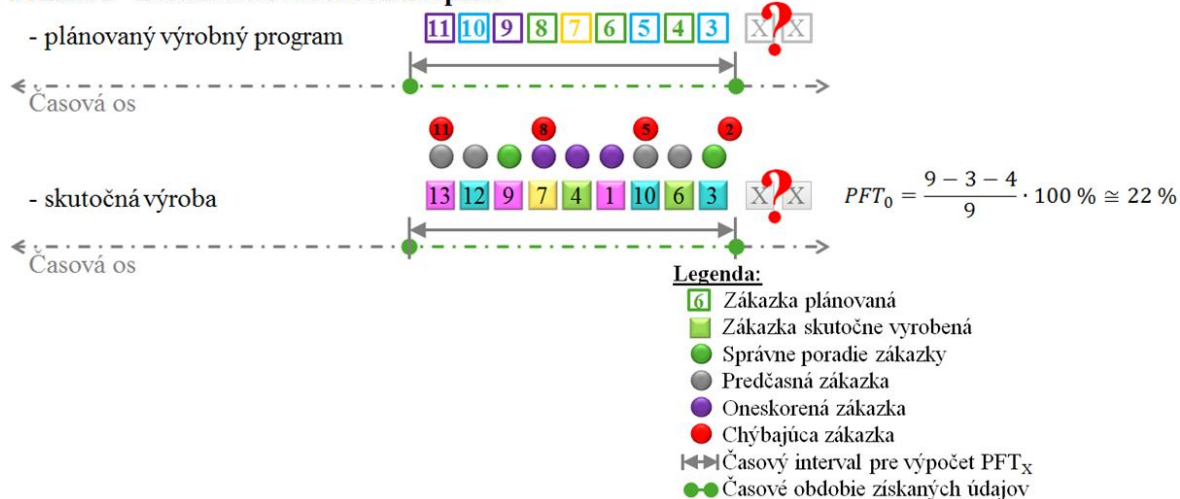
Na Obr. 45 Príklad 1 s časovým obdobím úplným boli očakávané zákazky 1 a 2, ktoré neprišli. Neobjavili sa ani v celom časovom období získaných údajov. Preto sú chýbajúce. Na Obr. 45 u Príkladu 2 máme časové obdobie neúplné. Nedokážeme povedať, ktoré zákazky predtým prešli. Musíme tak pristúpiť k vytvoreniu nového poradia. U novovytvoreného poradia sme chýbajúce zákazky nezaznamenali.

Obdobným spôsobom môžeme urobiť pri stanovení počtu chýbajúcich zákaziek chybu aj z pohľadu daného poradia SČ_z (Obr. 46).

Príklad 1 - Zadané časové obdobie úplné:



Príklad 2 - Zadané časové obdobie neúplné:



Obr. 46 – Vplyv neúplnej časovej osi získaných údajov na stanovenie chýbajúcej zákazky pri zadanom $SČ_z$. (vsp.)

Neúplné časové obdobie získaných údajov môže spôsobiť nepresnosť v stanovení počtu chýbajúcich zákaziek.

8.3.8 Prípadová štúdia – vytvorenie poradia pomocou viacerých úrovní

Poradie zákaziek môže byť dané časovým údajom alebo $SČ_z$. U časových údajov sa môže stať, že viaceré zákazky majú rovnaký čas záznamu z EB. Napr. EB plánovaného výrobného programu.

U hromadnej až zákazkovej výroby je plánovaný výrobný program vytváraný väčšinou pomocou automatického generátoru. Potvrdené zákazky sa v pravidelných intervaloch spoločne generujú s potrebnými údajmi v blokoch. Následne sa odosiela vygenerovaný zoznam do výroby, pre účely logistiky apod.

Problém práve spočíva v generovaní zákaziek určených do výroby vo vopred stanovenom intervale. Napr. každú minútu sa vygeneruje 7 zákaziek. Dostávame tak 7 zákaziek s rovnakým časovým údajom na prvom vybranom mieste.

Pred vyhodnotením PFT_x musíme vypočítať SQA_i . K tomuto kroku je potrebné zákazky zoradiť podľa poradia. To v prípade, že máme rovnaký časový záznam zákaziek a nemáme $SČ_z$ môže byť problém.

Prípad daného problému uvádza Tab. 26.

Tab. 26 – Príklad generovania zákaziek na prvom vybranom mieste v bloku. (vsp.)

Identifikačné číslo zákazky	Záznam času na prvom vybranom mieste	Záznam času na druhom vybranom mieste	Číslo generovaného poradia, SČ _z
54685213	15.04.2012 07:48:00	15.04.2012 10:28:10	1
46589523	15.04.2012 07:48:00	15.04.2012 10:14:03	2
65458215	15.04.2012 07:49:00	15.04.2012 10:15:34	3
54987563	15.04.2012 07:49:00	15.04.2012 10:13:59	4
54878965	15.04.2012 07:50:01	15.04.2012 11:45:01	5
54654821	15.04.2012 07:50:01	15.04.2012 10:14:15	6
56548552	15.04.2012 07:50:02	15.04.2012 10:16:46	7

Vytvoriť poradie pri rovnakom časovom údají viacerých zákaziek môžeme pomocou zoradenia podľa viacerých úrovní. Tieto spôsoby môžu byť dva:

- Kombinácia zoradenia zákaziek podľa:
 - prvej úrovne ako záznamu času na prvom vybranom mieste,
 - druhej úrovne ako čísla generovaného poradia – SČ_z.
- Kombinácia zoradenia zákaziek podľa:
 - prvej úrovne ako záznamu času na prvom vybranom mieste,
 - druhej úrovne ako záznamu času na druhom vybranom mieste.

Oboma spôsobmi však dostávame rozdielne poradie zákaziek (viď Tab. 27).

Tab. 27 – Porovnanie spôsobu zoradenia zákaziek podľa viacerých úrovní. (vsp.)

Spôsob zoradenia	Poradie zákaziek	Spôsob zoradenia	Poradie zákaziek	Vyhodnotenie poradia
1.	podľa 1.	2.	podľa 2.	
Prvá úroveň: Záznam času na prvom mieste Druhá úroveň: Číslo generovaného poradia, SČ _z	54685213	Prvá úroveň: Záznam času na prvom mieste Druhá úroveň: Záznam času na druhom mieste	46589523	Nezhodné
	46589523		54685213	Nezhodné
	65458215		54987563	Nezhodné
	54987563		65458215	Nezhodné
	54878965		54654821	Nezhodné
	54654821		54878965	Nezhodné
	56548552		56548552	Zhodné

Je zrejmé, že pri výpočte PFT_x podľa prvého a následne druhého spôsobu zoradenia zákaziek dostaneme odlišné výsledky. To som potvrdil na príklade uvedenom v Príloha 15.

Podľa daného príkladu bola podľa prvého spôsobu zoradenia zákaziek vypočítaná hodnota $PFT_0 = 57,14\%$. Podľa druhého spôsobu zoradenia zákaziek bola vypočítaná hodnota $PFT_0 = 71,43\%$. Rozdiel je teda 14,29 %.

8.3.9 Overenie prípadových štúdií v praxi

Či nastáva popisovaný stav prípadových štúdií (o predčasných, oneskorených, chýbajúcich zákazkách a časovom období) aj v praxi, som overoval na základe dát z reálnej výroby.

Reálne dáta z výroby poskytla spoločnosť ŠKODA AUTO a.s. Sú to záznamy z EB výrobných oblastí zvarovne. Celkom 22 880 údajov za 8. až 12. kalendárny týždeň (KT) 2012.

Reálne dáta bolo nutné skompletizovať, spojiť a zjednotiť ich formát (viď Tab. 28). V prípade duplicitných záznamov u zákaziek bol ponechaný záznam s neskorším časovým údajom.

Tab. 28 – Všeobecná ukážka niektorých činností nutných k úprave reálnych dát. (vsp.)

Úkon	Príklad pôvodných dát	Názorný príklad úpravy dát
Zjednotenie formátu	2012.03.20 13:55:43.1234 12.4.2012 12:12:01	20.03.2012_13:55:43 12.04.2012_12:12:01
Spojenie dát	ZákazkaX;EB1;datum1;čas1 ZákazkaX;EB2;datum2;čas2	Zákazka X: EB1;datum1;čas1;EB2;datum2;čas2
Kompletizácia	Január 2012 Február 2012	Január + Február 2012
Odstránenie duplicit	Zákazka X: EB1;datum1;čas1;EB2;datum2;čas2 Zákazka X: EB1;datum1;čas1;EB2;datum2;čas2	Zákazka X: EB1;datum1;čas1;EB2;datum2;čas2

Ukážku dát pred úpravou a po úprave približuje Príloha 16.

Po úprave reálnych dát som mohol prikróčiť k ich analýze. Analýzou reálnych dát sa prípadová štúdia o predčasných a oneskorených zákazkách potvrdila. Pripomeňme si, že metóda PN vyžaduje zhodu medzi plánovaným a skutočným poradím. Vybrané ukážky z analýzy reálnych dát je na Obr. 47.

Príklad 1:

Číslo zákazky	Dátum		Vytvorené poradenie		SQA _i	Vyhodnotenie zákazky
	EB-0 _{plan}	EB-10	EB-0 _{plan}	EB-10		
...
1067554	1.3.2012 09:10:21	8.3.2012 08:23:12	11079	11079	0	●
1067555	1.3.2012 09:10:22	8.3.2012 08:24:21	11080	11080	0	●
1067556	1.3.2012 09:10:23	8.3.2012 08:25:59	11081	11082	1	●
1067557	1.3.2012 09:10:24	8.3.2012 08:27:01	11082	11083	1	●
1067558	1.3.2012 09:10:25	8.3.2012 08:28:12	11083	11084	1	●
1067559	1.3.2012 09:10:26	8.3.2012 08:29:37	11084	11085	1	●
1067560	1.3.2012 09:10:27	8.3.2012 08:30:15	11085	11086	1	●
1067561	1.3.2012 09:10:28	8.3.2012 08:31:22	11086	11087	1	●
1067562	1.3.2012 09:10:29	8.3.2012 08:32:46	11087	11088	1	●
1067563	1.3.2012 09:10:30	8.3.2012 08:17:30	11088	11103	15	●
1067564	1.3.2012 09:10:31	8.3.2012 08:10:51	11089	11110	21	●
1067567	1.3.2012 09:10:32	8.3.2012 08:26:42	11090	11098	8	●
1067568	1.3.2012 09:10:33	8.3.2012 08:34:06	11091	11092	1	●
1067569	1.3.2012 09:10:34	8.3.2012 08:35:29	11092	11093	1	●
...

Príklad 2:

Číslo zákazky	Dátum		Vytvorené poradenie		SQA _i	Vyhodnotenie zákazky
	EB-0 _{plan}	EB-10	EB-0 _{plan}	EB-10		
...
1067425	1.3.2012 09:06:39	8.3.2012 07:45:24	11014	11013	-1	●
1067426	1.3.2012 09:06:40	8.3.2012 07:46:26	11015	11014	-1	●
1067427	1.3.2012 09:06:41	8.3.2012 07:47:19	11016	11015	-1	●
1067428	1.3.2012 09:06:42	8.3.2012 07:10:23	11017	10980	-37	●
1067429	1.3.2012 09:06:43	8.3.2012 07:08:12	11018	10988	-30	●
1067430	1.3.2012 09:06:44	8.3.2012 07:11:56	11019	10976	-43	●
1067431	1.3.2012 09:06:45	8.3.2012 07:48:21	11020	11019	-1	●
1067432	1.3.2012 09:06:46	8.3.2012 07:49:45	11021	11020	-1	●
1067433	1.3.2012 09:06:47	8.3.2012 07:50:23	11022	11021	-1	●
1067434	1.3.2012 09:06:48	8.3.2012 07:51:14	11023	11022	-1	●
1067435	1.3.2012 09:06:49	8.3.2012 07:52:54	11024	11023	-1	●
1067436	1.3.2012 09:06:50	8.3.2012 07:53:10	11025	11025	0	●
1067437	1.3.2012 09:06:51	8.3.2012 07:54:11	11026	11026	0	●
1067438	1.3.2012 09:06:52	8.3.2012 07:55:32	11027	11024	-3	●
...

Legenda:

- Správne poradie zákazky
- Predčasná zákazka
- Oneskorená zákazka

Obr. 47 – Vybrané ukážky z analýzy reálnych dát. (vsp.)

Obr. 47 Príklad 1 poukazuje na skutočnosť, kedy bolo reálne poradie posunuté o jednu zákazku pred plánovaným poradím (viď žlté pole u SQA_i). Predčasné zákazky sú podľa postupu vyhodnocovania správne. Nezmenilo sa to ani pri výraznej zmene poradia o 15 až 20 pozícií (viď červené pole u SQA_i). Obr. 47 Príklad 2 poukazuje na skutočnosť, kedy bolo reálne poradie oneskorené o jednu zákazku za plánovaným poradím (viď žlté pole u SQA_i).

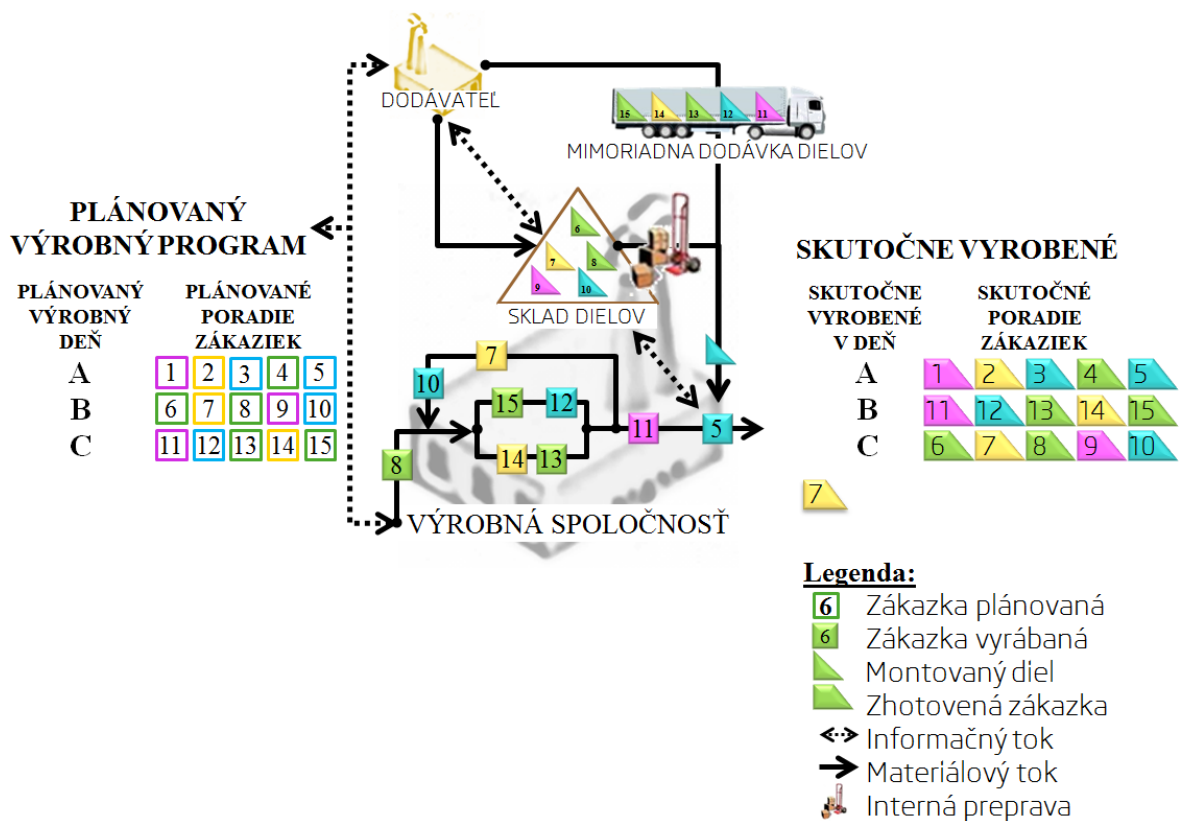
Oneskorené zákazky sú podľa postupu vyhodnocovania nesprávne. V podstate sa nič neudialo ani pri výraznej zmene poradia o 37 až 43 pozícií (viď červené pole u SQA_i).

Aj v praxi dochádza k posunutiu zákaziek smerom nahor alebo nadol voči ich plánovanému poradiu. Nedodrží sa tým poradie zákaziek medzi plánovaným výrobným programom a skutočnou výrobou. Postup vyhodnocovania však pristupuje k určaniu predčasných a oneskorených zákaziek rozdielne.

Vyhodnotenie neberie v úvahu, že v rámci skladových zásob musia byť k dispozícii potrebné diely pre všetky zákazky. U predčasných zákaziek musí logistika zabezpečiť náhlu, mimoriadnu dodávku dielov. Mimoriadne dodávky dielov zvyšujú finančné náklady automobiliek a jej dodávateľov. (Schwob a Choc, 2007)

Naopak pri oneskorených zákazkách musí logistika počítat' so zvýšením skladových zásob a pozdržať aktuálne nevyžadované diely. Zvýšenie skladových kapacít opäť vedie k zvýšeniu finančných nákladov automobiliek a jej dodávateľov.

V reálnych dátach nájdeme posunutie predčasných, ako aj oneskorených zákaziek, rádovo v stovkách. To znamená, čím väčší bude počet predčasných zákaziek, tým viac musí logistika v predstihu zabezpečiť požadované diely. Zároveň budú pribúdať oneskorené zákazky a nevyexpedované diely v logistických skladoch (Obr. 48).



Obr. 48 – Názorný príklad vplyvu predčasných a oneskorených zákaziek na logistiku montovaných dielov. (vsp.)

Taktiež sa potvrdilo, že časové obdobie a interval má vplyv na hodnotu ukazovateľa PFT_x . Ide o analógiu obrázkov Obr. 42 a Obr. 43 pre Obr. 47.

U reálnych dát bol problém so stanovením počtu chýbajúcich zákaziek. Ovplyvňovala to skutočnosť, že reálne dáta boli zadané len za určité časové obdobie. Ich rozsah nezahrňoval celú radu. Preto ani k presnému stanoveniu počtu chýbajúcich zákaziek nedošlo.

Analýza reálnych dát preukázala zvýšenie počtu chýbajúcich zákaziek v týchto prípadoch:

1. Pri výpočte z časových údajov:
 - Keď sa rozsah hodnôt zväčšuje a veľkosť časového intervalu znižuje.
 - Keď konečnú hodnotu časového intervalu postupne posúvame od konečnej hodnoty smerom k začiatkovej.
2. Pri výpočte z poradových údajov:
 - Keď sa rozsah hodnôt znižoval oproti celému výrobnému obdobiu.

Chýbajúce zákazky tak ovplyvňujú samotný výpočet PFT_x aj v praxi.

8.4 Výpočet PFT_x

Voľba veľkosti časového obdobia získaných údajov a časového intervalu ovplyvňuje hodnotu PFT_x . Dôvodom je zmena rozsahu hodnôt, ktorá mení počet predčasných, oneskorených a chýbajúcich zákaziek. To bolo overené prostredníctvom Obr. 41 a prípadovými štúdiami.

Ďalším nedostatkom metodiky PN je skutočnosť, že neuvádza presné postupy spracovania vstupných údajov k vyhodnoteniu. Aj to môže ovplyvniť výpočet PFT_x .

Preto východiskovým bodom pre rozbor výpočtu PFT_x bude porovnanie dosiahnutých výsledkov od dvoch na sebe nezávislých subjektov. Prvým subjektom je spoločnosť ŠKODA AUTO a.s. Sú to zamestnanci Oddelenia výrobného programu, ktorí vypočítavajú ukazovateľ PFT_x pravidelne. Druhým subjektom som ja. Výpočet uskutočním z rovnakých dát, aké mal k dispozícii prvý subjekt.

Výsledkom bude vzájomné porovnanie vypočítaných hodnôt PFT_x . V prípade ich nezhody prebehne analýza spôsobu vyhodnocovania a výpočtu u prvého a druhého subjektu.

8.4.1 Porovnanie vypočítaných hodnôt PFT_x od dvoch subjektov

Pre porovnanie nezávisle vypočítaných hodnôt PFT_x bolo použité časové obdobie získaných údajov z reálnej prevádzky ŠKODA AUTO za 1. až 5. KT 2012, celkovo 12 326 údajov. Časový interval pre výpočet PFT_x je za 4. KT 2012.

Vypočítané hodnoty PFT_0 sú za oba subjekty jednotne obsiahnuté v Tab. 29.

Tab. 29 – Porovnanie vypočítaných hodnôt PFT_x u oboch subjektov za 4. KT 2012. (vsp.)

Vyhodnotenie	Medzi EB	PFT_0		Rozdiel Subjekt 1 - 2
		Subjekt 1	Subjekt 2	
Relatívne	EB-10 → EB-20	87,45 %	87,65 %	0,20 %
	EB-20 → EB-30	89,42 %	89,20 %	-0,22 %
	EB-30 → EB-40	70,20 %	71,15 %	0,95 %
	EB-40 → EB-50	65,01 %	67,17 %	2,16 %
Absolútne	EB-0 _{plan} → EB-10	53,15 %	54,00 %	0,85 %
	EB-0 _{plan} → EB-20	55,63 %	55,95 %	0,32 %
	EB-0 _{plan} → EB-30	53,31 %	55,78 %	2,47 %
	EB-0 _{plan} → EB-40	57,47 %	60,36 %	2,89 %
	EB-0 _{plan} → EB-50	59,15 %	62,90 %	3,75 %

Aj napriek rovnakým vstupným údajom (časové obdobie získaných údajov), boli nezávislé výpočty PFT_x u oboch subjektov rozdielne.

Prečo došlo k daným rozdielom vo výpočte, som ako Subjekt 2 zisťoval u Subjektu 1. Z tohto pozorovania som v Tab. 30 zhrnul dôvody rozdielnych výsledkov.

Tab. 30 – Dôvody rozdielneho výpočtu PFT_x u oboch subjektov. (vsp.)

Zistená odlišnosť	Dôvody rozdielnych výsledkov	
	Subjekt 1	Subjekt 2
Úprava dát	– Bez úpravy.	– Pri viacerých prejazdoch rovnakej zákazky jedným EB ponechaný posledný prejazd. – Odstránenie zle zaznamenaných zakaziek na EB.
Filtrovanie dát	– Zákazky bez SČ _z . – Špeciálne zákazky	– Zákazky bez SČ _z .
Časový interval	(22.01.2012 22:00:00, 29.01.2012 22:00:00)	(22.01.2012 22:00:00, 29.01.2012 22:00:00)
Postup výpočtu	Rozdielne vyhodnotenie počtu chýbajúcich zakaziek.	

Myslím si, že rozobrať zistené rozdiely v Tab. 30 do väčšieho detailu nie je potrebné. Kľúčovým zistením je skutočnosť, že oba subjekty použili pre výpočet ukazovateľa PFT_x rozdielne vstupné podmienky.

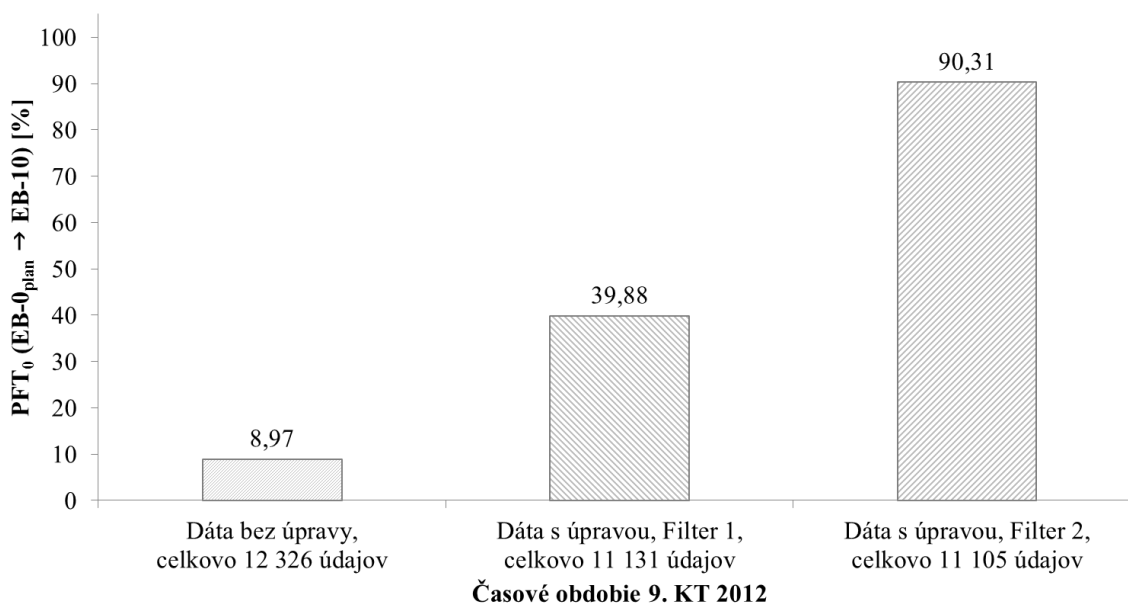
Toto kľúčové zistenie tak vypovedá o skutočnosti, že výpočet ukazovateľa PFT_x metódy PN nemá jasne stanovený postup. Napr. stanovenie vstupných údajov, možnosti úpravy dát, rozsah a ohraničenie intervalu apod. Preto k výpočtu PFT_x môže subjekt pristúpiť individuálne. Narastá riziko ovplyvniteľnosti výsledku. Najväčšia možnosť ovplyvnenia ukazovateľa PFT_x je v úprave údajov.

8.4.2 Možnosť ovplyvnenia výpočtu PFT_x úpravou dát

Úprava údajov má na výpočet PFT_x výrazný vplyv. To sme si všimli pri analýze dát. Jednoduchá možnosť ovplyvniť údaje je daná nielen pomocou zmeny časového obdobia, ale aj pomocou úpravy dát a ich filtrovaním. Úpravou (filtrovaním) dát sa môžeme priblížiť k hodnote $PFT_x = 100\%$. Ako sa úpravou dát postupne zvyšovala výsledná hodnota PFT_x , ukazuje Graf 5.

Časové obdobie získaných údajov je z reálnej prevádzky ŠKODA AUTO za 8. až 10. KT 2012, celkovo 12 326 údajov. Časový interval pre výpočet PFT_x je za 9. KT 2012.

Graf 5 – Ovplyvnenie hodnoty PFT_0 jednoduchou úpravou (filtrovaním) dát. (vsp.)



Graf 5 poukazuje na to, aký vplyv má úprava dát na hodnotu PFT_0 . S pôvodným počtom údajov (12 326) vyšla hodnota $PFT_0 = 8,97\%$ za 9. KT 2012.

Následne bol na pôvodné údaje bol použitý Filter 1. Tento filter odstránil z údajov zákazky, ktoré sú do výroby zámerné zadávané v predstihu a v konkrétnom odstupe z dôvodu ich zvýšenej prácnosti. Za 8. až 10. KT ich bolo 1 195, čo predstavuje 9,69 % z pôvodných údajov. Vypočítaná hodnota $PFT_0 = 39,88\%$. Ukážka týchto údajov je v Príloha 17.

Ďalej sme na pôvodné údaje použili Filter 2. Ten zahrňuje Filter 1 plus odstraňuje z údajov zákazky, ktoré boli do výroby mimoriadne zadané v predstihu o viac ako 50 pozícií oproti plánovanému poradiu. Za 8. až 10. KT sme Filterm 2 odstránili 1 221, čo predstavuje 9,91 % z pôvodných údajov. Vypočítaná hodnota $PFT_0 = 90,31\%$.

Zaujímavé pre Graf 5 je skokový rozdiel medzi hodnotami PFT_0 u Filtru 1 a Filtru 2. Odstránením 26 údajov sa zvýšil hodnota PFT_0 o 50,43 %. Minimálnou úpravou údajov sme zásadne ovplyvnili výslednú hodnotu PFT_0 .

Možnosť jednoduchého ovplyvnenia hodnoty PFT_0 sme otestovali ešte raz. Časové obdobie získaných údajov je z reálnej prevádzky ŠKODA AUTO za 17. až 19. KT 2012, celkovo 9 043 údajov. Časový interval pre výpočet PFT_x je za 18. KT 2012.

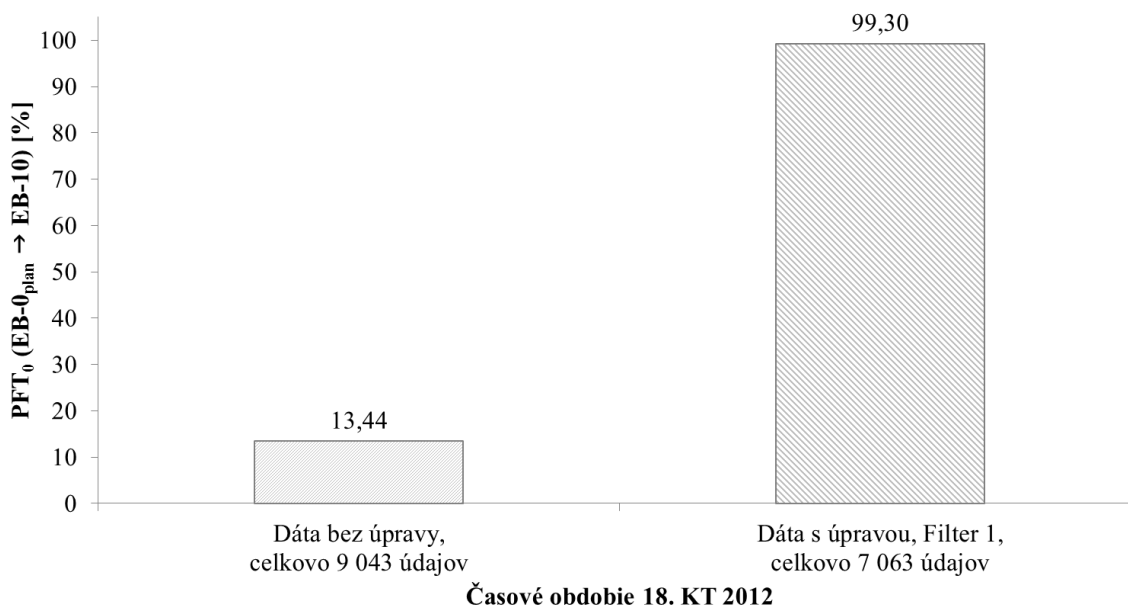
Dôsledok úpravy dát na PFT_0 za 17. až 19. KT 2012 uvádza Tab. 31.

Tab. 31 – Dôsledok úpravy dát na PFT_0 , opakovaný test. (vsp.)

Spôsob úpravy	Údaje celkom za 17.-19. KT 2012	Údaje za 18. KT 2012	Počet oneskorených zákaziek z údajov za 18. KT 2012	PFT_0
Bez úpravy	9 043	3 347	2 897	13,44 %
Filter 1	7 063	2 721	19	99,30 %

Grafické znázornenie ponúka Graf 6.

Graf 6 – Ovplyvnenie hodnoty PFT_0 jednoduchou úpravou (filtrovaním) dát, opakovaný test. (vsp.)



V opakovanom teste sme na úpravu (filtráciu) dát opäť využili Filter 1. Tento filter odstránil z údajov zákazky, ktoré sú do výroby zámerné zadávané v predstihu a v konkrétnom odstupe z dôvodu ich vyššej prácnosti. Použitím Filtru 1 sa hodnota PFT_0 zvýšila o 85,86 %. Skokový rozdiel hodnoty PFT_0 je teda jednoznačný. Filter 2 nebolo potrebné testovať.

8.5 Poradie vnímané ako ústredná veličina

Doteraz sme sa zameriavali na vlastné vyhodnotenie SPZ prostredníctvom metódy PN. Preto je potrebné pozrieť sa na vyhodnotenie SPZ ešte zo širšieho hľadiska.

Vyhodnotenie PFT_x sa odvíja len od daného poradia. Nezávisí na tom, či poradie získame z časových, alebo práve poradových údajov. Vždy prebehne určenie predčasných, oneskorených a chýbajúcich zákaziek na základe porovnania poradia zákaziek medzi plánovaným výrobným programom a vybraným EB.

Z tohto pohľadu dochádzame k rozporu. Finálny výrobca ako aj jeho dodávatelia plánujú svoje výroby s ohľadom na jednotku čas. Logistika sa taktiež riadi časom. Takže ústrednou veličinou je aktuálne čas. To potvrdzujú aj slová Jirásk (1998): „Čas je ústrednou veličinou.“. Aj štíhla výroba je položená na základe času atď. U konceptu SPZ a metódy PN sa však všetko odvíja od poradia. V konečnom dôsledku, aj poradie je dané časom.

Ako teda pristupovať k poradiu? Pokiaľ uvážime výhradne metódu PN, môže predstava o výrobe zákaziek podľa poradia nasledujúca:

Finálny výrobca potrebuje vyrobiť zákazky s poradím 61 až 125. Od dodávateľov teda požaduje diely pre zákazky 61 až 125 vzostupnom poradí.

V uvedenej predstave jednoznačne chýba informácia o tom, **kedy** potrebuje finálny výrobca vyrobiť dané zákazky. Konkrétny časový údaj je s ohľadom na plánovanie nevyhnutný.

V limitnom ideálnom systéme by stačilo zistiť, s akým časovým predstihom musia dodávatelia vyrábať oproti finálnemu výrobcovi. Následne už len dodržiavať poradie zákaziek vo výrobe. Je otázkou, či táto predstava je uskutočniteľná aj v technickom realizovateľnom

ideálnom systéme. Podľa mňa je vždy nutné vychádzať pri plánovaní a výrobe z časovej jednotky a tú podľa potreby ďalej rozvádzať na iné veličiny.

Pohľad na toto širšie vnímanie poradia v. času som v mnou prejdenných odborných publikáciách počas riešenia DDP nenašiel. Myslím si však, že aj tento pohľad je potrebné vymedziť a jednoznačne definovať.

8.6 Zhrnutie kapitoly 8

Dosiahnutie cieľa u konceptu Zachovania vernosti výrobnému programu²⁴ neznamená dosiahnutie cieľa u konceptu Stabilného poradia zákaziek²⁵. V Tab. 25 som poukázal na to, že ukazovatele vypočítané pomocou metodík oboch konceptov sa nemusia zhodovať. Z tohto dôvodu je potrebné vnímať aj Zachovanie vernosti výrobnému programu a Stabilné poradie zákaziek ako dva samostatné koncepty.

Ďalej sme pristúpili k podrobnejšiemu rozboru metodiky výpočtu ukazovateľa PFT_x . Týmto ukazovateľom vyhodnocujeme metódu Perlového náhrdelníku a samotný koncept Stabilného poradia zákaziek. Prípadovými štúdiami, ako aj ich overením v praxi som dospel k záveru, že metodika výpočtu ukazovateľa PFT_x nie je presne vymedzená. Výpočet ukazovateľa PFT_x je ľahko ovplyvniteľný.

K tomuto záveru som dospel na základe týchto skutočností:

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 intervalu pre výpočet PFT_x .
5. Nie sú definované pravidlá pre prezentáciu hodnoty PFT_x .
6. Aj napriek cieľu konceptu Stabilného poradia zákaziek a jeho metódy Perlového náhrdelníku dodržať poradie 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 z tých istých vstupných dát. To je samozrejme nevhodné, pretože výpočet je možné uskutočniť podľa aktuálnych potrieb jednoduchými úpravami dát. Ovplyvňuje to transparentnosť a porovnateľnosť výsledkov, ako aj nadväzujúcich zistení, napr. o finančných prínosoch apod.

Zo širšieho hľadiska nás môže ešte zaujímať pohľad na vnímanie poradia ako ústrednej veličiny konceptu Stabilného poradia zákaziek. Ide o domnienku, ktorú s ohľadom na rozsah a časovú náročnosť doktorskej dizertačnej práce nie je možné podrobne v tejto práci preskúmať. Vnímanie poradia ako ústrednej veličiny je však vhodné rozobrať v nadväzujúcich vedecko-výskumných činnostiach.

²⁴ Cieľ konceptu Zachovania vernosti výrobnému programu je 100% zhoda zákaziek medzi plánovaným výrobným programom a uskutočnenou výrobou v danom časovom intervale bez ohľadu na ich vzájomné poradie.

²⁵ Cieľ konceptu Stabilného poradia zákaziek je 100% zhoda zákaziek medzi plánovaným výrobným programom a uskutočnenou výrobou v danom časovom intervale s ohľadom na ich vzájomné poradie.

9 NÁVRHY NA ODSTRÁNENIE NEDOSTATKOV VO VÝPOČTE UKAZOVATEĽA PFT_x METÓDY PERLOVÝ NÁHRDELNÍK

V kapitole 8 bolo pomocou prípadových štúdií zistené, že metodika výpočtu ukazovateľa PFT_x nie je dostatočná. Pri výpočte tak môže dochádzať k chybám a nepresnostiam. Nedostatky v metodike taktiež dávajú možnosť ovplyvniť údaje potrebné k výpočtu PFT_x . Tým stráca hodnota PFT_x na transparentnosti a vypovedajúcej schopnosti. Taktiež sú tieto hodnoty pre rôzne procesy a výrobné spoločnosti obťažne porovnateľné.

Z tohto dôvodu uvádzam svoje návrhy na odstránenie zistených nedostatkov v metodike výpočtu ukazovateľa PFT_x . Tieto návrhy majú informovať odbornú verejnosť, že metodika obsahuje nedostatky, ktoré je možné riešiť.

9.1 Potrebné údaje k výpočtu PFT_x

Tab. 32 obsahuje potrebné údaje k výpočtu PFT_x . Takýto súhrnný prehľad potrebných údajov je v rámci metodiky dôležitý. Na základe toho dokážeme určiť už na začiatku, či máme všetky údaje k výpočtu PFT_x k dispozícii.

Údaje môžu byť získané priamo z EB alebo iných záznamových zariadení. Dôležité je sledovať zákazku vo vybraných miestach. Teda od jej vyskytnutia sa v plánovanom výrobnom programe, cez zahájenie výroby, po rozpracovanosť v MT, až do jej vyrobenia.

Tab. 32 – Údaje potrebné k výpočtu PFT_x . (vsp.)

Potrebný údaj	Dôvod	Status
Identifikačné číslo zákazky	Pre jednoznačné priradenie informácií o zákazke z EB.	Nutný údaj.
Časový záznam prechodu z dvoch vybraných miest	Pre absolútny alebo relatívny výpočet PFT_x .	Nutný údaj, zameniteľný so $SČ_z$.
Záznam $SČ_z$ z dvoch vybraných miest	Pre absolútny alebo relatívny výpočet PFT_x .	Nutný údaj, zameniteľný s časovým záznamom.
Doplňujúce informácie o zákazke	Podľa požiadavku na úpravu (filtráciu) vybraných zákaziek (napr. prototyp, skúšobný diel apod.).	Doplňujúci údaj.

Za ideálneho stavu majú byť potrebné údaje vždy kompletne a ucelené. Kompletnosť znamená, že nechýba žiadny údaj potrebný k výpočtu PFT_x (viď Tab. 32). Ucelenosť znamená, že v časovom období nechýba žiadna zákazka s údajmi, resp. sa jedná o celý dátový súbor.

9.2 Časové obdobie získaných údajov a jeho vplyv na časový interval pre výpočet PFT_x

Voľba časového obdobia získaných údajov a časového intervalu pre výpočet PFT_x môže výrazne ovplyvniť samotný výpočet PFT_x . Je to z dôvodu, že výpočet je závislý od celkového

množstva zákaziek, počtu oneskorených a chýbajúcich zákaziek. Časové obdobie získaných údajov môžeme mať úplné alebo neúplné.

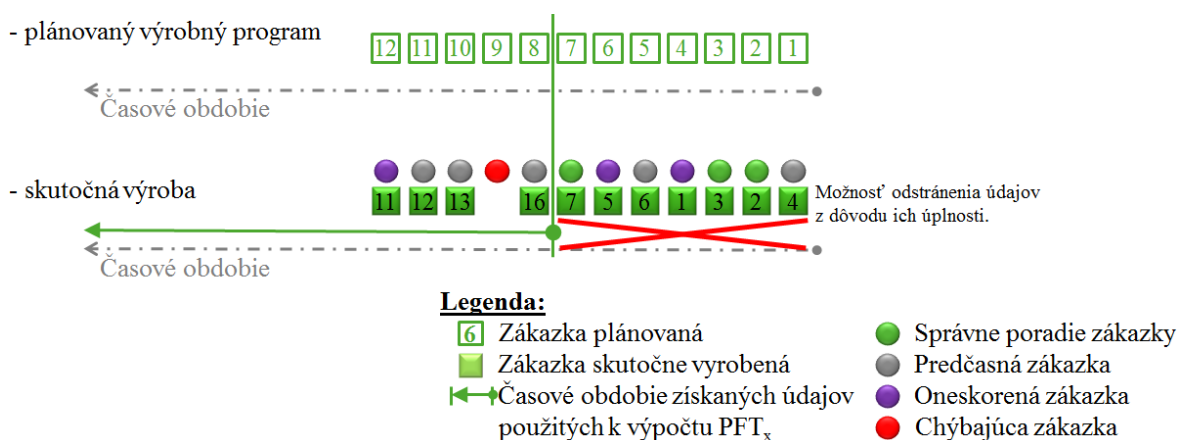
9.2.1 Úplné časové obdobie získaných údajov

Aby sme predišli nepresnostiam pri stanovení počtu oneskorených a chýbajúcich zákaziek, je vhodné mať k dispozícii úplné časové obdobie získaných údajov. Od zahájenia plánovania výrobného programu daných zákaziek až po aktuálny stav. Predpokladáme kompletnosť a ucelenosť dát v dátovom súbore.

Dátový súbor z úplného časového obdobia môže obsahovať rozdielne množstvo dát. Množstvo dát je závislé napr. od druhu výroby (zákazkovej, sériovej alebo hromadnej), od výrobného taktu, efektívneho časového fondu a náhodných vplyvov.

Za určitých pravidiel však môžeme množstvo dát v dátovom súbore znížiť. Z úplného časového obdobia je možné odstrániť dáta od zahájenia plánovania výrobného programu až do okamžiku, kedy môžeme preukázať, že boli vyrobené všetky plánované zákazky (Obr. 49). K odstráneniu dát z dátového súboru môžeme pristúpiť za podmienok, že:

- do stanoveného okamžiku vymazania zákaziek sme spárovali všetky zákazky medzi plánovaným výrobným programom a skutočnou výrobou (vybrané miesta vyhodnotenia PFT_x),
- nepožadujeme vyhodnotiť zákazky z vymazaného časového obdobia.
- nepožadujeme zahrnúť zákazky z vymazaného časového obdobia do celkového množstva zákaziek pri výpočte PFT_x .



Obr. 49 – Možné odstránenie získaných údajov z úplného časového obdobia, pokiaľ neuvažujeme odstránenú časť z časového obdobia zahrnúť do výpočtu PFT_x . (vsp.)

Časový interval pre výpočet PFT_x bude vždy závislý na voľbe subjektu. Nemusí sa zhodovať z úplným, alebo čiastočne vymazaným časovým obdobím. Nasledujúce odporúčenia môžu voľbu časového intervalu pre výpočet PFT_x zjednodušiť:

- Záznam zákazky na druhom vybranom mieste je oproti záznamu na prvom vybranom mieste posunutý. Z dôvodu tohto časového posunu dbáme na to, aby časový interval obsahoval všetky potrebné údaje z oboch vybraných miest.
- Časový interval volíme ako interval medzi určitými míľnikmi (napr. začiatok a koniec pracovnej zmeny, pracovného alebo kalendárneho týždňa, začiatok a koniec zvoleného výrobného intervalu apod.).
- U zvoleného časového intervalu vymedzíme jeho otvorenosť, uzavretosť.
- Všeobecný príklad časového intervalu určeného k výpočtu je:

$PFT_x \in (\text{deň. mesiac. rok hod: min: sec}, \text{deň. mesiac. rok hod: min: sec})$.

- Veľkosť zvoleného časového intervalu dodržiame pre všetky nasledujúce výpočty PFT_x , ktoré chceme vzájomne porovnávať.

Vypočítanú hodnotu PFT_x následne prezentujeme ako hodnotu zo zvoleného časového intervalu. Napr. $PFT_0 = 86,45\%$ za (22. 10. 2014 22: 00: 00, 26. 10. 2014 22: 00: 00).

9.2.2 Neúplné časové obdobie

Pokiaľ máme k dispozícii len neúplné časové obdobie získaných údajov, je vhodné pri výpočte PFT_x toto obdobie skrátiť na veľkosť časového intervalu, z ktorého chceme PFT_x vypočítať. Zároveň prečísľujeme $SČ_z$ tak, aby prvá zákazka z intervalu mala hodnotu $SČ_z = 1$, druhá zákazka z intervalu $SČ_z = 2$ atď.

Môžeme tým predísť nepresnému stanoveniu počtu oneskorených a chýbajúcich zákaziek z neúplného časového obdobia. Je to z dôvodu, že počet oneskorených a chýbajúcich zákaziek je stanovený len pre konkrétny, uzavretý interval. Aby však boli tieto hodnoty porovnateľné, je tento krok nutné dodržať aj pre nasledujúce výpočty.

Pri neúplnom časovom období získaných údajov a prečíslovaní musíme akceptovať skutočnosť, že vypočítaná hodnota PFT_x už obsahuje nepresnosť. Hodnota PFT_x je tak orientačná a je nutné k tejto hodnote uvádzať dané skutočnosti. Napr. $PFT_0 = 86,45\%$, hodnota bola vypočítaná z neúplného časového obdobia a časového intervalu (22. 10. 2014 22: 00: 00, 26. 10. 2014 22: 00: 00) prečíslovaním pôvodných $SČ_z$.

9.3 Úprava, filtrácia údajov

Úprava údajov je závislá na získaných podkladoch od zdroja. Záznamy z dvoch vybraných miest (EB) môžeme dostať ako dva samostatné súbory, alebo ako spojený celok. V prípade dvoch samostatných súborov je potrebné zjednotiť formát údajov. Následne záznamy (čas, $SČ_z$) z dvoch vybraných miest spárovať pomocou identifikačného čísla zákazky.

Každému údaju je možné priradiť dátový typ. Odporúčenie využitia dátových typov a formátu pre jednotlivé údaje uvádza Tab. 33.

Tab. 33 – Odporúčenie využitia dátových typov a formátu pre údaje. (vsp.)

Údaj	Dátový typ	Príklad formátovania
Identifikačné číslo zákazky	<i>Integer</i> (v prípade čísla) <i>String</i> (v prípade reťazca)	123456 „123ABC456“
Časový záznam	<i>Dátum</i> <i>Čas</i> <i>Dátum a čas</i>	12.04.2012 06:53:48 12.04.2012 06:53:48
$SČ_z$	<i>Integer</i>	123456
Doplňujúce informácie o zákazke	<i>String</i> (napr. druh zákazky) <i>Boolean</i> (napr. prototyp) <i>Integer</i> (napr. číslo zostavy)	„Model_A“ áno/nie 0102

Automatický generátor plánovaného výrobného programu môže v určitých prípadoch generovať zákazky v bloku. Znamená to, že zákazky majú rovnaký záznam času.

Pokiaľ máme možnosť tento rovnaký záznam času upraviť, bude jednoduchšie hodnotu PFT_x k tomuto miestu vypočítať. Zmena záznamu času (napr. v sekundách) by sa mala zvyšovať podľa vygenerovaného poradia (viď Tab. 34).

Tab. 34 – Príklad úpravy rovnakých záznamov času. (vsp.)

Identifikačné číslo zákazky	SČ _z	Záznam času na prvom vybranom mieste	Novovytvorený záznam času
54685213	1	15.04.2012 07:48:00	15.04.2012 07:48:00
46589523	2	15.04.2012 07:48:00	15.04.2012 07:48:01
65458215	3	15.04.2012 07:49:00	15.04.2012 07:49:00
54987563	4	15.04.2012 07:49:00	15.04.2012 07:48:01
54878965	5	15.04.2012 07:50:01	Zmena nie je možná
54654821	6	15.04.2012 07:50:01	Zmena nie je možná
56548552	7	15.04.2012 07:50:02	15.04.2012 07:50:02

Tab. 34 zahrňuje aj prípad, kedy nie je zmena záznamu času možná. V tomto prípade musíme pri vytvorení poradia v mieste plánovaného výrobného programu voliť dve úrovne zoradenia údajov. Prvá úroveň podľa času, druhá úroveň podľa vygenerovaného poradia, alebo SČ_z.

V prípade, že vygenerované poradie alebo SČ_z nemáme k dispozícii, môžeme druhú úroveň zoradenia údajov zvoliť podľa záznamu na druhom vybranom mieste. Musíme však počítať s tým, že to ovplyvní presnosť výpočtu PFT_x (viď podkapitola 8.3 a príklad Príloha 15).

Vplyv filtrácie dát má na výslednú hodnotu PFT_x zásadný vplyv. So zvyšujúcou sa mierou filtrácie dát sa bude zvyšovať nepresnosť vypočítanej hodnoty PFT_x . Je to tým, že znižujeme množstvo zákaziek z časového obdobia získaných údajov a priamo ovplyvňujeme ich poradie. Mení sa tak počet predčasných, oneskorených a chýbajúcich zákaziek.

Filtráciu dát preto musíme voliť uvážene. Odstránenie zákazky z výpočtu, ktorá prešla MT, nemusí priamo zmeniť hodnotu PFT_x . Musíme však zohľadniť dôsledok, že hodnota PFT_x bude mať voči reálnemu procesu inú vypovedajúcu schopnosť.

Úprava, filtrácia údajov je dôležitou informáciou pri prezentovaní hodnoty PFT_x a musí byť vždy jej súčasťou, aby bolo možné výpočet overiť za rovnakých podmienok.

9.4 Výpočet z časových záznamov a výpočet zo sekvenčného čísla zákazky

Pri úplnom časovom období získaných údajov je výpočet rovnaký ako z časových záznamov tak zo SČ_z. U SČ_z je to jednoduchšie, pretože nemusíme vytvárať pred výpočtom PFT_x poradie zákaziek na vybraných miestach záznamu podľa času. Priamo využijeme SČ_z. Ich porovnaním hneď dokážeme určiť predčasné, oneskorené a chýbajúce zákazky.

V praktickej rovine však poznať len SČ_z pri výpočte PFT_x nestačí. Potrebujeme vedieť časy prechodu zákaziek z dôvodu vymedzenia zákaziek, ktoré boli v časovom období pre výpočet PFT_x . To znamená, že pre výpočet PFT_x je nutné mať k dispozícii časové záznamy, v ideálnom prípade doplnené o SČ_z.

Platí zásada, z času si poradie dokážeme vytvoriť, z poradia čas určiť nedokážeme.

9.5 Predčasné zákazky

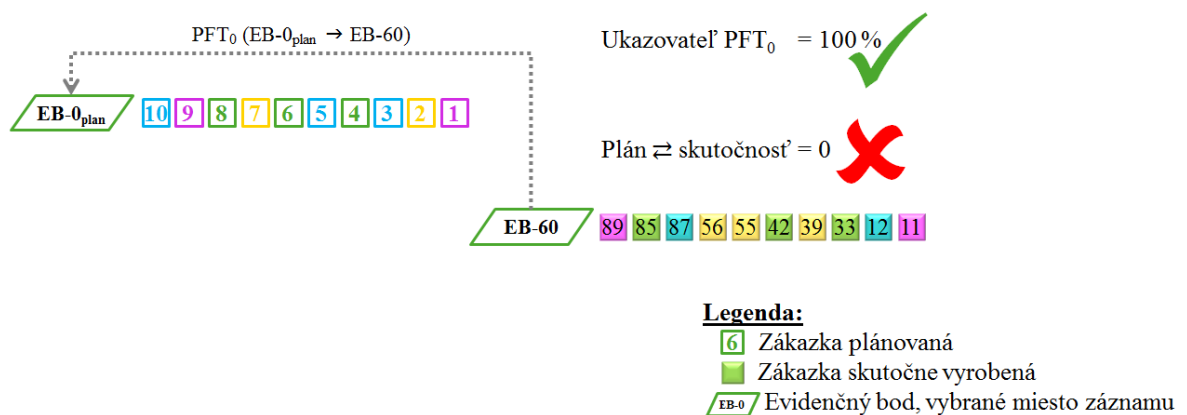
Aktuálne platný postup výpočtu PFT_x metódy PN uvažuje o predčasných zákazkách ako o zákazkách v správnom poradí. V nadnesenom kontexte, keď príde zákazka o tisíc pozícií predčasne, je považovaná za zákazku v správnom poradí. Predčasná zákazka s takýmto predstihom môže byť obslužená alebo neobslužená.

Obsluženie zákazky znamená pre dodávateľa dodať požadované diely v poradí, ktoré nezodpovedá plánovanému výrobnému programu. Musí odoslať mimoriadnu dodávku dielov. Obslužená zákazka tak zvyšuje nároky na dodávateľa. Musí predvídať. Vytvorí si predzásobu dielov, aby bol na mimoriadne dodávky pripravený.

Neobslužená zákazka znamená, že zákazku finálny výrobca zámerne pozdrží v logistickom sklade až do doby, kedy podľa poradia plánovaného výrobného programu má byť vyrobená. Neobslužené zákazky umelo zvyšujú kapacitu skladov u finálneho výrobcu. Tým sa zvyšuje rozpracovanosť. S vyššou rozpracovanosťou sa zvyšuje aj viazanosť finančných prostriedkov vo výrobe.

Z pohľadu hlavnej myšlienky metódy PN, a súčasne konceptu SPZ, je nevhodné nezahrnúť predčasné zákazky do výpočtu ukazovateľa PFT_x . Negatívne to ovplyvňuje vypovedajúcu schopnosť ukazovateľa PFT_x , pretože reálne jeho hodnota nevyjadruje skutočný posun zákaziek voči plánovanému výrobnému programu (Obr. 50).

Z tohto dôvodu by mali byť aj predčasné zákazky zahrnuté do výpočtu PFT_x ako oneskorené a chýbajúce zákazky. Navrhujem to ako predmet ďalších diskusií o metóde PN. Rozhodnúť by o tom mala odborná verejnosť.



Obr. 50 – Zobrazenie rozporu medzi hlavnou myšlienkou celého konceptu Stabilného poradia zákaziek a výpočtom ukazovateľa PFT_x ohľadne predčasných zákaziek. (vsp.)

9.6 Postup výpočtu PFT_x

Postup výpočtu PFT_x je založený na stanovení počtu oneskorených a chýbajúcich zákaziek z celkového sledovaného počtu. Hodnoty sa dosadia do jednoduchého vzorca.

V priebehu tvorby DDP som však nenašiel materiály o jednoznačnom postupe výpočtu PFT_x . Preto som vytvoril konkrétne dva postupy výpočtu PFT_x . Jeden pri zadaných časových záznamoch z dvoch vybraných miest, druhý pri zadaných časových záznamoch a $S\check{C}_z$.

Postupy uvádza Príloha 18. Tieto postupy vychádzajú z aktuálne známych informácií o výpočte PFT_x , pričom snahou je eliminovať nedostatky metodiky výpočtu tohto ukazovateľa.

9.7 *Prezentácia hodnôt PFT_x*

Každý výpočet a následná prezentácia hodnôt PFT_x by mala obsahovať:

1. Aký prípustný interval porušenia poradia bol vo výpočte uvažovaný (napr. $PFT_0 = PKG, PFT_5$).
2. Medzi akými vybranými miestami záznamu k výpočtu PFT_x došlo (napr. $PFT_0(EB - 0_{plan} \rightarrow EB - 10)$).
3. Z akého časového obdobia získaných údajov došlo k výpočtu PFT_x (napr. 8. až 9. KT 2012)
4. Aký časový interval pre výpočet PFT_x bol použitý (napr. $PFT_x \in (15.04.2012\ 06:00:00, 15.04.2012\ 14:00:00)$).
5. Upozorniť na prípadnú zmenu časového obdobia v rámci jednej prezentácie. Hodnoty PFT_x z iných časových období neporovnávať.
6. O súvislostiach medzi hodnotami PFT_x môžeme diskutovať za podmienky, že vychádzame z rovnakého časového obdobia získaných údajov a len postupne meníme časový interval pre výpočet PFT_x (napr. zmenšenie, zväčšenie intervalu, nadväzujúca pracovná zmena apod.)
7. Pre grafické zobrazenie hodnôt PFT_x používame na príslušnej ose vždy hodnoty v rozsahu 0 % až 100 %. Zobrazenie hodnôt PFT_x je pre lepšiu názornosť možné uviesť v detaile grafu alebo jeho výseku (napr. v rozsahu 80 % až 85 %).

9.8 *Ústredná veličina poradie kontra čas*

Všetky vyhodnotenia metódy PN ako aj samotný výpočet ukazovateľa PFT_x sa odvíja od sledovaného poradia zákaziek. O tom, ako sa pristupuje k zákazkám, ktoré sice boli vyrobené v správnom poradí, ale z hľadiska plánovaného obdobia:

- boli z dôvodu prestojov vyrobené o niekoľko dní neskôr,
- prípadne boli z dôvodu nadčasov vyrobené o niekoľko dní vopred,

som sa v priebehu tvorby DDP nedozvedel. Myslím si, že táto úvaha by mala byť predmetom ďalších diskusií odbornej verejnosti. Nájst' medzi poradiem a časom rovnováhu, aby nedochádzalo k rozporu v rámci jedného podniku a taktiež dodávateľského reťazca.

9.9 *Zhrnutie kapitoly 9*

V priebehu tvorby doktorskej dizertačnej práce som sa nedostal k ucelenej, jasne definovanej metodike výpočtu ukazovateľa PFT_x . A ako preukázali prípadové štúdie v kapitole 8, metodika nie je dostatočná.

Z tohto dôvodu som navrhol spresnenie aktuálne platnej metodiky. Myslím si, že dodržaním nižšie uvedených bodov sa zvýši transparentnosť výpočtov PFT_x .

Mnou spresnená metodika výpočtu PFT_x pozostáva z bodov:

1. Postup získania údajov, ich scelenie.
2. Výber časového obdobia získaných údajov a obdobia pre výpočet PFT_x .
3. Úprava a filtrácia údajov.
4. Vlastný výpočet ukazovateľa PFT_x .
5. Prezentácia vypočítaných hodnôt PFT_x .

Pre výpočet ukazovateľa PFT_x metódy Perlového náhrdelníku je potrebné mať k dispozícii:

- údaje o jednoznačnom určení zákaziek z dvoch vybraných miest spoločne s časovým záznamom o ich prechode,
- alebo údaje o jednoznačnom určení zákazky z dvoch vybraných miest spoločne so sekvenčným číslom zákazky.

Získané údaje je potrebné uceliť. Následne previesť do jednotného, vopred stanoveného formátu. To uľahčí orientáciu v rámci časového obdobia.

Vhodne zvoleným časovým obdobím môžeme minimalizovať chyby vo vyhodnotení predčasných, oneskorených a chýbajúcich zákaziek. Časové obdobie získaných údajov by malo byť čo najväčšie. Za ideálneho stavu úplné. Rozsah údajov v ideálnom stave uvažujeme od zahájenia plánovaného výrobného programu až po ukončenie výroby k danému obdobiu.

Časový interval pre výpočet PFT_x je vhodné zvoliť ako interval medzi dvomi míľnikmi. Následne tento interval dodržiavať a pred samotným výpočtom analogicky prispôsobiť požadovanému obdobiu (napr. interval rannej pracovnej zmeny, interval uzavretý, otvorený).

Všeobecne stanovený interval pre rannú pracovnú zmenu:

- časový interval pre výpočet
 $PFT_x \in \langle \text{deň. mesiac. rok } 06:00:00, \text{ deň. mesiac. rok } 14:00:00 \rangle$

Analogicky aplikovaný interval konkrétnej pracovnej zmeny:

- časový interval pre výpočet
 $PFT_x \in \langle 15.04.2012 06:00:00, 15.04.2012 14:00:00 \rangle$

Pri úprave údajov dbáme na ich jednotnosť a celistvosť na výstupe. To uľahčí následné činnosti spojené s výpočtom PFT_x .

Filtrovanie dát musí byť vždy opodstatnené. Pred filtráciou musíme zohľadniť jej dôsledky na možnú zmenu hodnoty PFT_x a zvážiť vypovedajúcu schopnosť tejto hodnoty.

K vlastnému výpočtu PFT_x som vytvoril prehľadné postupy, ako určiť počet predčasných, oneskorených a chýbajúcich zákaziek. Postup uvádza Príloha 18.

K výpočtu PFT_x je nutné mať k dispozícii minimálne časové záznamy o priechode zákaziek z dvoch vybraných miest. V ideálnom prípade aj $S\check{C}_z$. Samotné poznanie $S\check{C}_z$ nestačí, pretože sa následne nemôžeme odkazovať, za aký časový interval bol tento stav dosiahnutý. To je práve rozpor vo vnímaní poradia ako ústrednej veličiny oproti času.

Rozporom v metodike výpočtu PFT_x je považovanie predčasných zákaziek za zákazky v správnom poradí. S ohľadom na hlavnú myšlienku konceptu Stabilného poradia zákaziek, je to nevhodné. Aktuálne teda hodnota ukazovateľa PFT_x nevypovedá presne o tom, koľko zákaziek malo zachované poradie na vybraných miestach merania.

Všetky návrhy uvedené v kapitole 9 sú moje odporúčenia získané zo znalostí, ktoré som nadobudol v rámci vedecko-výskumnej činnosti. Zmyslom tejto kapitoly bolo poukázať na tieto nedostatky, zdôrazniť ich a navrhnúť riešenie týchto nedostatkov.

Presné definovanie metodiky, téma predčasných zákaziek a vnímanie poradia a času, by mali viesť k diskusiám odbornej verejnosti, prípadne úzko zameraných vedecko-výskumných činností. Výsledkom týchto diskusií má byť jasne formulovaná metodika výpočtu PFT_x . Tým sa zabezpečí jej univerzálne využitie, transparentnosť a porovnateľnosť dosiahnutých výsledkov v rámci konceptu Stabilného poradia zákaziek a jeho metódy Perlový náhrdelník.

10 IMPLEMENTÁCIA METÓDY PERLOVÝ NÁHRDELNÍK DO PRAXE

V priebehu výskumnej činnosti doktorskej dizertačnej práce (DDP) bolo umožnené podieľať sa na implementácii metódy Perlového náhrdelníku (PN) do praxe. Cieľom tejto implementácie bolo zlepšiť Stabilitu produkcie (SP) vo vybranej výrobnjej oblasti.

Vybraná výrobná oblasť zodpovedá predmetu záujmu, stanoveného v podkapitole 3.4.3. Ide o hromadnú až zákazkovú výrobu. Konkrétne výrobnú oblasť automobilového priemyslu – zvarovňa karosérií.

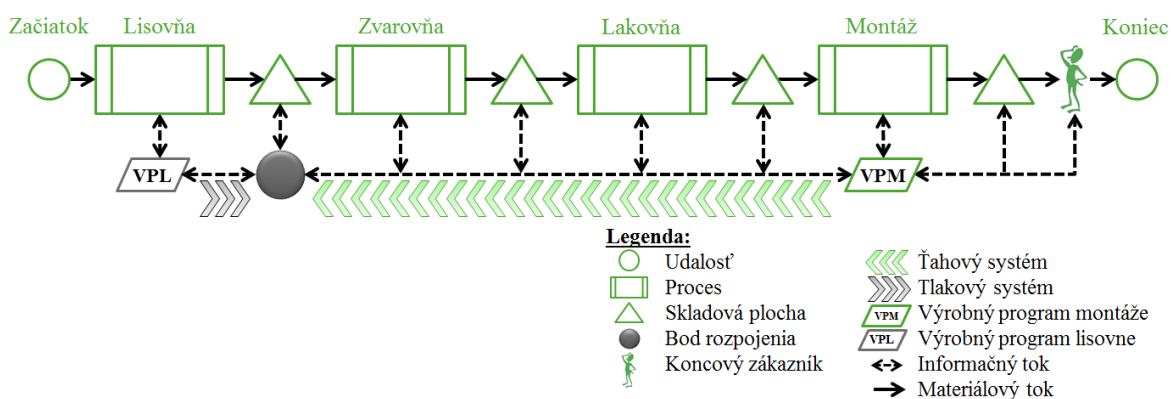
K implementácii metódy PN do výrobných oblastí automobilového priemyslu dochádza z dôvodu vízie jej prínosov pre logistiku. Porovnávacou veličinou metódy PN je jej ukazovateľ PFT_x . V kapitole 8 sme dokázali, že postup výpočtu hodnoty PFT_x nie je jednoznačný. Predpoklad zníženia finančných nákladov na skladové hospodárstvo je však významným faktorom. Preto došlo k návrhu implementácie metódy PN do praxe vo forme pilotného projektu.

Je nutné povedať, že celý tento proces implementácie metódy PN bol realizovaný za aktuálne platného postupu výpočtu PFT_x . Dodržíam však odporúčenia pre spresnenie metodiky uvedené v kapitole 9.

Aby sme overili prínos implementácie metódy PN vedecky podloženou metodikou, v závere kapitoly som vypracoval overenie dodržania poradia podľa Štočka a Karpety (2010).

10.1 Výroba automobilov vo všeobecnosti

Výroba automobilov vo všeobecnosti pozostáva z výrobných oblastí lisovňa, zvarovňa, lakovňa a montáž. Lisovňa je predstaviteľ tlakového systému. Z dôvodu zložitých výmen tvárniacich foriem vyrába na sklad, čím plní požiadavky na stanovené výrobné objemy. Zmena tlakového systému na ťahový je na začiatku zvarovne. Zákazky (v tomto prípade budúce automobily) sú zakladané do výrobného procesu podľa výrobného programu zostaveného pre montáž. Montáž si tak „ťahá“ zákazky od zvarovne cez lakovňu (Obr. 51).



Obr. 51 – Zjednodušený procesný diagram výroby automobilov s uvedením ťahového a tlakového systému. (upr.: Bartošek, Šunka a Varjan, 2014)

10.2 Popis prevádzky zvarovne v hromadnej až zákazkovej výrobe

Začiatok zvarovne je bodom rozpojenia. Zároveň zjednocuje hmotný a informačný tok. Hmotný tok pozostáva z dielov (napr. z výliskov, výkovkov, oceľových konštrukcií) a štítkov.

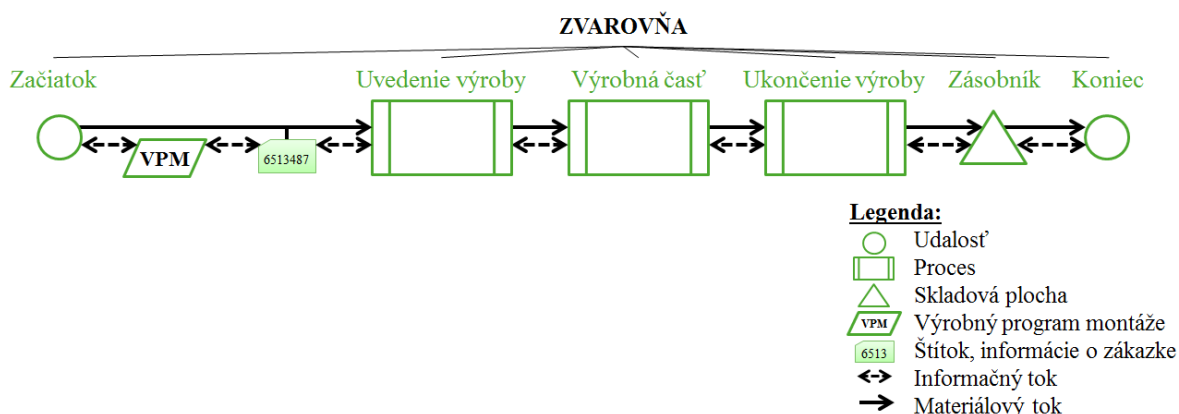
Štítok je zároveň predstaviteľ informačného toku. Obsahuje informácie o zákazke z plánovaného výrobného programu. Podľa informácií na štítku sa vyberú konkrétne polotovary a založia do prvej zváracej stanice. K nim sa prichytí štítok a následne postupujú tokom spoločne ako rozpracovaná zákazka.

Rozpracovaná zákazka postupne prechádza procesmi, ktoré sú súčasťou hlavného MT. Súčasťou MT sú aj príčiny, ktoré majú za následok porušenie poradia v MT. Rozpracovaná zákazka tak prechádza rozvetveným MT, vratným MT, môže byť z MT vyňatá z dôvodu kontroly kvality, opravy, a následne vrátená späť. Pritom predbieha alebo stráca svoje poradie oproti pôvodnému poradiu v plánovanom výrobnom programe. Na konci zvarovne sú tak ukončené zákazky procesmi zvárania centralizované v rôznom poradí v zásobníku.

10.3 Vymedzenie časti zvarovne pre implementáciu metódy Perlový náhrdelník

Zvarovňu môžeme rozdeliť na štyri časti (viď Obr. 52):

1. Uvedenie výroby.
2. Výrobná časť.
3. Ukončenie výroby.
4. Zásobník za zvarovňou.



Obr. 52 – Zjednodušený procesný diagram zvarovne pre výrobu automobilov. (vsp.)

Z pohľadu metódy PN môže dochádzať ku zmene poradia zákaziek vo všetkých štyroch častiach zvarovne.

Uvedenie výroby

Uvedenie výroby zvarovne je podriadené riadeniu výroby. Začína realizácia plánovaného výrobného programu. Rizikom je zmena poradia štítkov, ktoré obsahujú informácie o zákazkách. Zmena poradia štítkov zapríčini aj zmenu poradia zadaných zákaziek do výroby.

Riziko zmeny poradia štítkov je minimálne. Za založenie zákaziek do výroby v správnom poradí (podľa plánovaného výrobného programu) zodpovedá poverená osoba.

Výrobná časť

Výrobná časť zvarovne predstavuje hlavnú výrobu. Z pohľadu technologického projektovania má výrobná časť predmetné usporiadanie. Rozpracovaná zákazka sa pohybuje prostredníctvom dopravníkovej techniky v smere MT.

Riziko zmeny poradia rozpracovaných zákaziek je vysoké. MT obsahuje príčiny, ktoré poradie zákaziek menia. Príčiny typu rozvetvený, vratný, prerušený MT sa dajú odstrániť.

Ukončenie výroby

Ukončenie výroby zvarovne pozostáva predovšetkým z dokončovacích prác na zákazkách, kontrole kvality, pevnostným skúškam a prípadne ich opravám.

Vysoké riziko predstavuje kontrola kvality, pevnostné skúšky a opravy, ktoré sú dôvodom k vyňatiu spracovaných zákaziek z MT. Zákazka je vrátená do MT až po určitom časovom období, čo ovplyvní jej poradie.

Zákazka na konci zvarovne odoslaná do zásobníku splňuje požiadavky na kvalitu (je štandardizovaná) a dostáva status zhotovenej zákazky.

Zásobník za zvarovňou

Zásobník za zvarovňou predstavuje súbor dopravníkovej techniky. Dopravníková technika je rôzne členená do vetví. Zásobník sa ovláda riadiacou sústavou. Pri automatizovanom riadení funguje prednostne princíp FIFO. Manuálne riadenie je závislé na príkazoch poverenej osoby.

Z technologického projektovania spočíva riziko zmeny poradia zákaziek v konštrukcii zásobníku. A to z dôvodu členitosti dopravníkovej techniky pri vypnutom (nekontrolovanom) riadení.

Z pohľadu riadenia výroby predstavuje riziko už samotné FIFO riadenie zásobníku. Zmenu poradia v dôsledku predchádzajúcich príčin vo výrobnej časti zvarovne zásobník nezhoršuje. Zachováva ju a nijak nemení.

Ďalším rizikom zmeny poradia je manuálny zásah do riadenie zásobníku. K manuálnemu riadeniu dochádza výnimočne pri krízových situáciách, aby nedošlo k ohrozeniu spracovaných zákaziek alebo zastaveniu výroby.

10.4 Výber časti zvarovne k implementácii metódy Perlový náhrdelník

Pre výber časti zvarovne k implementácii metódy PN sú dané 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 PN (zlepšenie hodnoty ukazovateľa PFT_x).

10.4.1 Rozbor jednotlivých častí zvarovne

Za uvedenie výroby vo zvarovni zodpovedá poverená osoba. Tá vizuálne kontroluje správne poradie štítku. Okrem vizuálnej kontroly je možné do procesu zapojiť automatizovanú kontrolu. Automatizovaná kontrola môže fungovať na báze skeneru, ktorý načíta štítok do počítačového softvéru. Ten overí správnosť jeho poradia. Druhý skener skontroluje správnosť založenia dielov a štítku do prvej zváracej stanice pred spustením procesu.

Implementácia metódy PN do výrobnej časti zvarovne prináša riziko obmedzenia alebo zastavenia výroby. Dôvodom je nutnosť úpravy MT a jeho procesov. Z pohľadu technologického projektovania ide o vytvorenia jednotnej priamej linky, bez paralelných procesov, rozdielnej prácnosti jednotlivých procesov na linke, odstránenia napr. rozvetveného, vratného MT apod. Všetky tieto úpravy a prestavby MT si vyžadujú finančné

prostriedky. Priamo sa tým predlži ekonomická návratnosť. Aktuálne však nedokážeme presne určiť finančné prínosy vyplývajúce so zavedenia metódy PN do výrobnjej časti zvarovne. Z tohto dôvodu by nebola ani požiadavka na schválenie investícií opodstatnená.

Z pohľadu technologického projektovania je možné ukončenie zvarovne predĺžiť a integrovať procesy kontroly, pevnostných skúšok a prípadných opráv do MT. Ukončenie zvarovne je však nutné predĺžiť tak, aby bolo možné ukončiť práce na zákazke a neohroziť plynulosť výroby v stanovenom takte. Pri kontrolách kvality, pevnostných skúškach a príp. opravách, ktoré môžu trvať rádomo od niekoľkých minút po niekoľko hodín, je to nereálne.

Zásobník za zvarovňou uskladňuje zhotovené zákazky po procesoch zvárania a vyskladňuje ich do nasledujúcich procesov. Dopravníková technika zásobníku je rôzne členená do vetví. Radenie zhotovených zákaziek sa deje pomocou nadradenej logiky riadenia. Automatizovaný program aktuálne radí zákazky FIFO. K zmene ich poradia teda nedochádza.

10.4.2 Klasifikačná tabuľka výberu časti zvarovne k implementácii metódy Perlový náhrdelník

K výberu časti zvarovne vhodnej pre implementáciu metódy PN je použitá klasifikačná tabuľka (viď Tab. 35). V stĺpci „Body“ pridelujem časti zvarovne podľa subjektívneho pocitu hodnotu v rozsahu 0 → 5. Kde 0 je zanedbateľný vplyv na zmenu poradia zákaziek v danej časti zvarovne a 5 je významný vplyv na zmenu poradia zákaziek. V stĺpci „Váha“ príčine pridelujem podľa subjektívneho pocitu hodnotu v rozsahu 1 → 3. Váha zodpovedá náročnosti na eliminovanie zmeny poradia zákaziek a zohľadňuje mimo iné aj finančnú náročnosť. (napr. hodnota 1 – úprava plánovacích aktivít, zmena riadenia, hodnota 2 – zmena riadenia, čiastočná úprava konštrukcie, technológie, hodnota 3 – kompletná organizačná, konštrukčná a technologická zmena). Posledným kritériom je preukázateľný prínos.

Tab. 35 – Klasifikačná tabuľka výberu časti zvarovne k implementácii metódy PN.(vsp.)

Časť zvarovne	Body	Odôvodnenie	Váha	Body · Váha	Preukázateľný prínos
Uvedenie výroby	2	Inštalácia automatizovanej kontroly, zásah do riadiacej a výrobnjej sústavy, zmena pracovnej činnosti, nutná investícia.	2	4	Organizačná zmena. Meranie a vyhodnotenie po implementácii.
Výrobná časť	5	Nový projekt spojený s prestavbou MT, obmedzenie alebo zastavenie výroby, nutná investícia.	3	15	Využitie simulačného modelovania pred implementáciou.
Ukončenie výroby	3	Nový projekt spojený s prestavbou MT, obmedzenie alebo zastavenie výroby, nutná investícia.	3	9	Využitie simulačného modelovania pred implementáciou.
Zásobník	0→2	Zmena riadenia je závislá na prioritě logiky riadenia, to jest automatická (FIFO) v. manuálna.	1	2	Využitie simulačného modelovania pred implementáciou.

10.4.3 Rozhodnutie o výbere časti zvarovne

Podľa klasifikačnej tabuľky (Tab. 35) má veľký význam na zmenu poradia rozpracovaných zákaziek výrobná časť zvarovne. Zároveň je však pre implementáciu metódy PN zložitá a nespĺňa kritériá dané pre výber. Kritériá dané pre výber nespĺňa ani ukončenie zvarovne. Kritériá vo forme obmedzujúcich podmienok boli zadané na začiatku podkapitoly 10.4.

Uvedenie výroby zvarovne taktiež nie je vhodné, pretože nespĺňa kritérium preukázateľného prínosu pred implementáciou. Dosiadnuté zmeny je možné vyhodnotiť až po implementácii.

Vhodný pre implementáciu metódy PN je zásobník. Je nutné sa naň dívať z odlišného hľadiska. 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 vyrovňované do pôvodného poradia. To znamená, že miesto eliminácie príčin, ktoré menia poradie zákaziek, bude našou snahou zmenené poradie vrátiť do pôvodného stavu.

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.

Zásobník ako časť zvarovne, nám vymedzuje systémové hranice. Týmito hranicami sa budeme v nasledujúcich podkapitolách zaoberať.

10.5 Implementácia metódy Perlový náhrdelník na zásobník za zvarovňou

10.5.1 Analýza súčasného stavu

Funkcie zásobníku

Zásobník za zvarovňou slúži:

- K uskladneniu zhotovených zákaziek po procesoch zvarovania v rámci dvojzmenného režimu.
- K rovnomernému vyskladneniu zhotovených zákaziek po procesoch zvarovania pre trojzmenný režim.

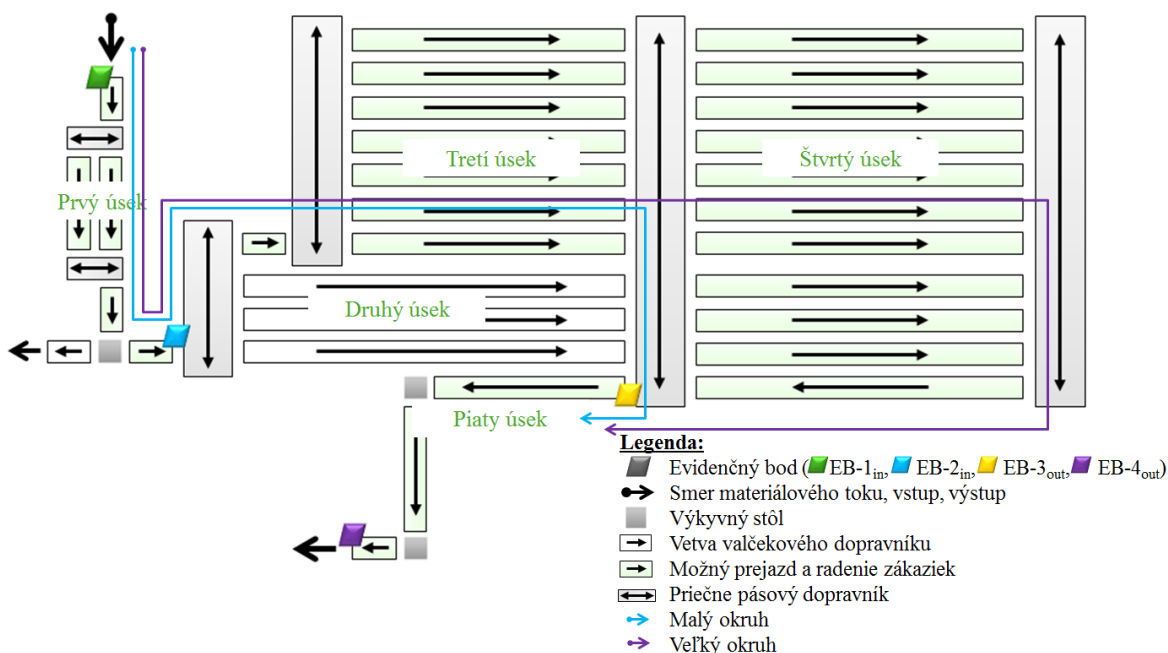
Zásobník tak primárne plní vyrovnávaciu funkciu medzi jednotlivými zmenovými režimami. Jeho ďalšie funkcie sú:

- Pozdržanie zhotovených zákaziek z dôvodov napr. prevádzkových vrátane porúch, výrobných, logistických, organizačných apod.
- Riadené vyskladňovanie špeciálnych zákaziek²⁶.
- Uskladnenie nosičov slúžiacich k presunu zákaziek po dopravníkovej technike.

Popis zásobníku

Zásobník pozostáva z dopravníkovej techniky. Dopravníková technika obsahuje valčekové trate, priečne pásové dopravníky a výkyvne stoly. Vlastné uskladnenie zhotovených zákaziek je na valčekových tratiach, ktoré spojením vytvárajú vetvy. Jednotlivé vetvy majú v našom prípade kapacitu šesť až osem pozícií. Štruktúru zásobníku tvorí päť úsekov: prvý, druhý, tretí, štvrtý a piaty (vid' Obr. 53).

²⁶ Za špeciálnu zákazku môžeme považovať zákazku s neštandardnou požiadavkou výrobnej spoločnosti, zákazníka. Ďalej zákazku typu prototyp, testovacia séria apod. Zvláštnosťou špeciálnej zákazky je skutočnosť, že nemá dané poradové číslo.



Obr. 53 – Štruktúra zásobníku. (vzp.)

Prvý úsek: Nachádza sa za vstupom do zásobníku. Na jej začiatku je EB so záznamom zákaziek a čase prechodu (EB-1_{in}). Nasleduje dopravníková technika s priečne pásovým dopravníkom, ktorá MT rozvetvuje. Dva valčekové dopravníky opäť spája priečne pásový dopravník do jedného MT. Za ním nasleduje výkyvný stôl a ďalší EB (EB-2_{in}). Nasledne priečnymi pásovými dopravníkmi sa zákazka môže dostať do druhého alebo tretieho úseku. Celkovo 35 pozícií. V prípade potreby je za výkyvným stolom možnosť vyňať zákazky z MT.

Druhý úsek: Prednostne slúži k uskladneniu nosičov slúžiacich k presunu zákaziek po dopravníkovej technike. Celkovo sa jedná o tri vetvy z valčekových tratí dopravníkovej techniky. Celkovo 24 pozícií. V kritických situáciách môže byť druhý úsek použitý aj k dočasnému uskladneniu zákaziek.

Tretí úsek: Slúži k vlastnému uskladneniu zhotovených zákaziek. Celkovo pozostáva zo siedmich vetví valčekových tratí dopravníkovej techniky. Každá vetva má kapacitu šesť pozícií. Uskladnenie zhotovenej zákazky do jednotlivých vetví je prostredníctvom priečne pásového dopravníku. Celkovo 42 pozícií.

Po vlastnom uskladnení môže zhotovená zákazka priamo opustiť zásobník za tretím úsekom. Hovoríme, že zákazka prešla *malým okruhom*.

Štvrtý úsek: Slúži k vlastnému uskladneniu zhotovených zákaziek. Štvrtý úsek je v prevádzke za podmienky, keď tretí úsek je kapacitne obsadený. Zhotovená zákazka sa z tretieho úseku (vetvy) presunie na priečny pásový dopravník a zaradí do vetvy štvrtého úseku. Desať vetví štvrtého úseku je z valčekových tratí a každá má kapacitu osem. Celkovo 48 pozícií.

Keď zákazka po vlastnom uskladnení opustí tretí aj štvrtý úsek, hovoríme, že prešla *veľkým okruhom*.

Piaty úsek: Slúži k vyskladneniu zhotovených zákaziek. Pozostáva z priečneho pásového dopravníku, valčekovej trate a výkyvného stolu. V úseku sú dva EB (EB-3_{out} a EB-4_{out}) so záznamom zákaziek a čase prechodu. Celkovo 36 pozícií.

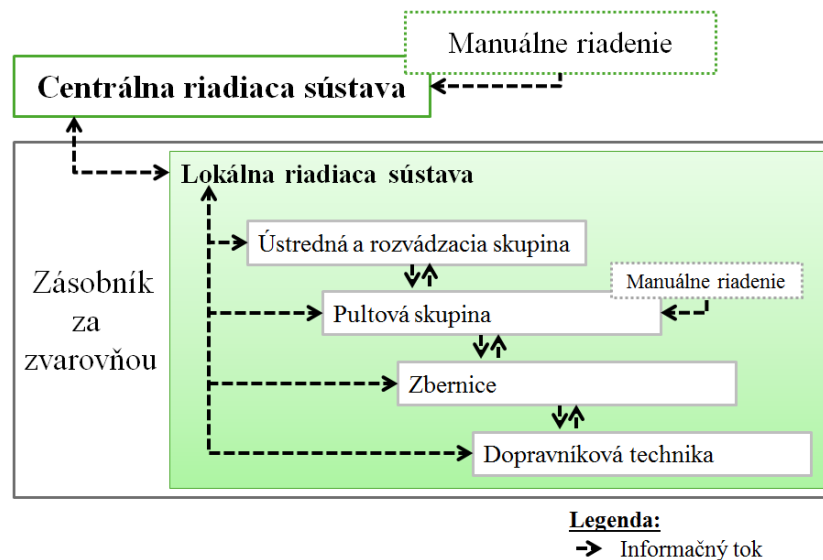
Evidenčné body zásobníku

Zásobník má celkovo 4 EB. Dva v prvom úseku (EB-1_{in}, EB-2_{in}) a dva v piatom úseku (EB-3_{out}, EB-4_{out}). EB zaznamenávajú jednotlivé zákazky a čas ich prechodu EB. Body EB-1_{in} a EB-4_{out} sú súčasťou centrálnej riadiacej sústavy. Poskytujú prehľad o rozpracovaných zákazkách a je možné k nim dohľadať kompletne informácie. Body EB-2_{in} a EB-3_{out} sú súčasťou lokálnej riadiacej sústavy, ktorý ovláda zásobník za zvarovňou. Prostredníctvom týchto bodov dokážeme dohľadať len vybrané informácie o zákazke (napr. jej čas prechodu, doba strávená v zásobníku, poradové číslo).

K samotnému vyhodnoteniu budem prednostne využívať informácie o zákazkách z bodov EB-1_{in} a EB-4_{out}. Informácie z bodov EB-2_{in} a EB-3_{out} budú slúžiť ako doplnujúce.

Riadenie zásobníku

Riadenie zásobníku je automatické alebo manuálne. Základ tvorí centrálna riadiaca sústava. Informácie z centrálnej riadiacej sústavy sa prenášajú na lokálnu riadiacu sústavu zásobníku za zvarovňou. (viď Obr. 54).



Obr. 54 – Štruktúra riadiacej sústavy zásobníku za zvarovňou. (upr.: Čtveráček, 2014)

Lokálna riadiaca sústava pozostáva z ústrednej a rozvážacej skupiny, pultovej skupiny a zberníc. Zbernice slúžia k zberu informácií o zákazkách v jednotlivých úsekoch zásobníku priamo z dopravníkovej techniky. Informácie o rozmiestnení zákaziek sa odosielajú na ústrednú a rozvážaciu skupinu. Zhrnuté informácie putujú na lokálnu riadiacu sústavu, kde sa spracujú a príkazy sa cez ústrednú a rozvážaciu skupinu posielajú späť na dopravníkovú techniku. Pomocou pultových skupín je možné priamo komunikovať z lokálnou riadiacou sústavou alebo dopravníkovou technikou.

Lokálna riadiaca sústava pri automatickej prevádzke využíva FIFO riadenie. Zároveň kontroluje obsadenosť zásobníku a komunikuje s centrálnou riadiacou sústavou.

Podľa aktuálneho obsadenia zásobníku zhotovené zákazky po procese zvárania buď vyskladňuje po malom okruhu alebo následne po veľkom okruhu. Jej ďalšou úlohou je kontrola obsadenosti valčekovej trati za zásobníkom. Lokálna riadiaca sústava sleduje jeho minimálnu a maximálnu obsadenosť. Pokiaľ by zásoba klesla pod stanovenú minimálnu obsadenosť, musí zákazky okamžite zo zásobníku vyskladniť. Pri dosiahnutí maximálnej obsadenosti všetky zákazky uskladňuje.

Lokálna riadiaca sústava pri manuálnom riadení využíva nadradené príkazy od poverenej osoby. Poverená osoba vedome zasahuje do riadenia zásobníku, čím môže pozdržať alebo prednostne vyskladniť vybranú zákazku, zablokovať niektorý z úsekov zásobníku apod.

Výpočet PFT_0

Všetky následne stanovené hodnoty pre výpočet PFT_0 sú vyhodnotené podľa aktuálne platného postupu. Z kapitoly 9 som však využil odporúčenia pre zvýšenie transparentnosti výpočtu.

Keďže podľa Rovnica 9 (R13) je $PFT_0 = PKG$, budem v nasledujúcom texte používať výhradne označenie PKG .

Pre výpočty PKG som stanovil jednotné časové intervaly pre týždeň, deň a hodinu (viď Tab. 36).

Tab. 36 – Jednotné časové intervaly pre výpočet PKG . (vsp.)

Časové intervaly	Zjednotený interval
Týždeň	⟨ <i>nedeľa predošlého týždňa 22:00:00, nedeľa aktuálneho týždňa 21:59:59</i> ⟩ Např. ⟨4.12.2011 22:00:00, 11.12.2011 21:59:59⟩
Deň	⟨ <i>deň predošlý 22:00:00, deň aktuálny 21:59:59</i> ⟩ Např. ⟨4.12.2011 22:00:00, 5.12.2011 21:59:59⟩
Hodina	⟨ <i>začiatok hodiny, koniec hodiny</i> ⟩ Např. ⟨22:00:00, 22:59:59⟩

Jednotnosť som dodržiaval aj pri úprave údajov. Boli odstránené duplicitné záznamy. U zákaziek s viacnásobným záznamom bol ponechaný vždy prvý záznam na prvom EB a posledný záznam na druhom EB. Z údajov boli vždy odstránené zákazky s neštandardným SC_z (např. prototyp, predséria, skúšobné diely apod.).

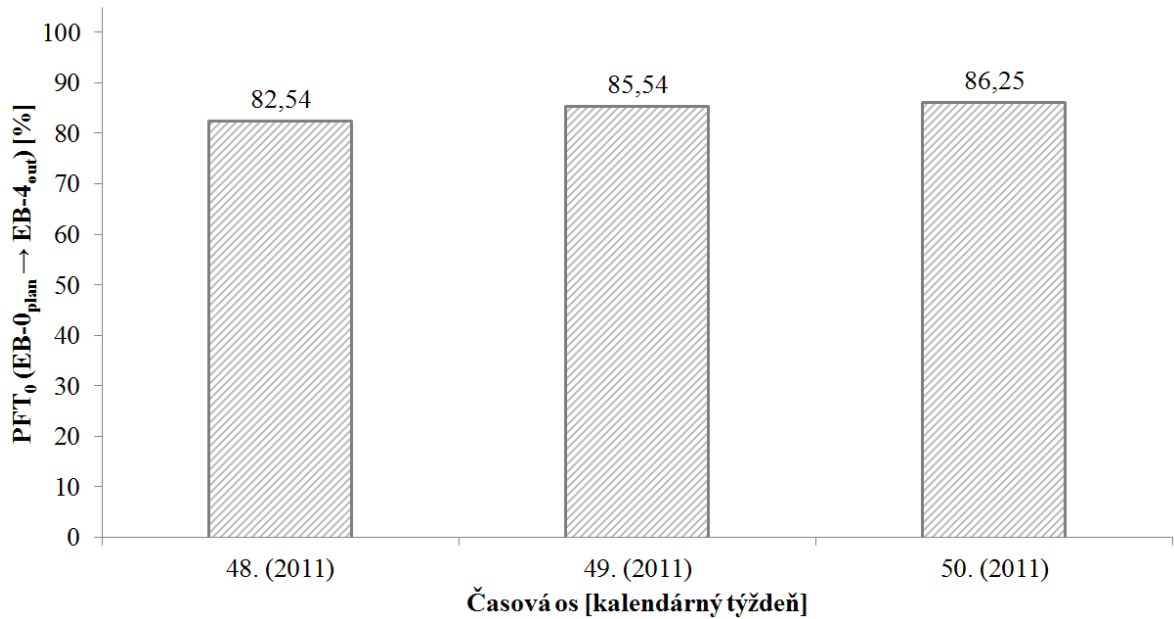
Pre výpočet hodnôt PKG poskytla výrobná spoločnosť k dispozícii údaje o priechode zákaziek z dvoch EB ($EB-0_{plan}$ a $EB-4_{out}$). $EB-0_{plan}$ je bod plánovaného výrobného programu. Súčasne je $EB-0_{plan}$ označovaný aj ako výrobný program montáže. Rozsah časového obdobia získaných údajov bol z deviatich kalendárnych týždňov²⁷ (KT). Konkrétne 44. až 52. KT z roku 2011. Z dôvodu úplnosti údajov a správnosti vyhodnotenia boli k výpočtu PKG vybrané KT: 48., 49. a 50.

Z časového obdobia získaných údajov bolo nutné eliminovať rušivý vplyv chýbajúcich zákaziek z dôvodu ich nejednoznačného vyhodnotenia. Preto som pri výpočte PKG použil podmienku rovnosti intervalu medzi časovým obdobím získaných údajov a časovým intervalom pre výpočet PKG .

Hodnoty výpočtov PKG za 48. až 50. KT roku 2011 uvádza Graf 7.

²⁷ Pojem kalendárny týždeň je zavedený z dôvodu lepšej orientácie v časovej osi. Správne by sa mal používať pracovný týždeň, pretože začiatok je podmienený začiatkom prvej nočnej pracovnej zmeny. Vždy od nedele 22:00:00 hod. predošlého týždňa do nedele 21:59:59 aktuálneho týždňa.

Graf 7 – Výpočet hodnôt PKG medzi $EB-0_{plan}$ a $EB-4_{out}$ za 48. až 50. KT roku 2011.



10.5.2 Overenie ideálneho stavu radenia zákaziek pomocou zásobníku na konci zvarovne

Ideálnym stavom overíme prínos implementácie metódy PN na zásobník za zvarovňou. V rámci ideálneho stavu uvažujeme, že zásobník za zvarovňou nemá žiadne konštrukčné, technologické ani riadiace obmedzenia (napr. sekvenčný zásobník).

Ideálny stav overíme pomocou simulačného modelovania. Experimenty prostredníctvom simulačného modelovania majú odpovedať na otázky:

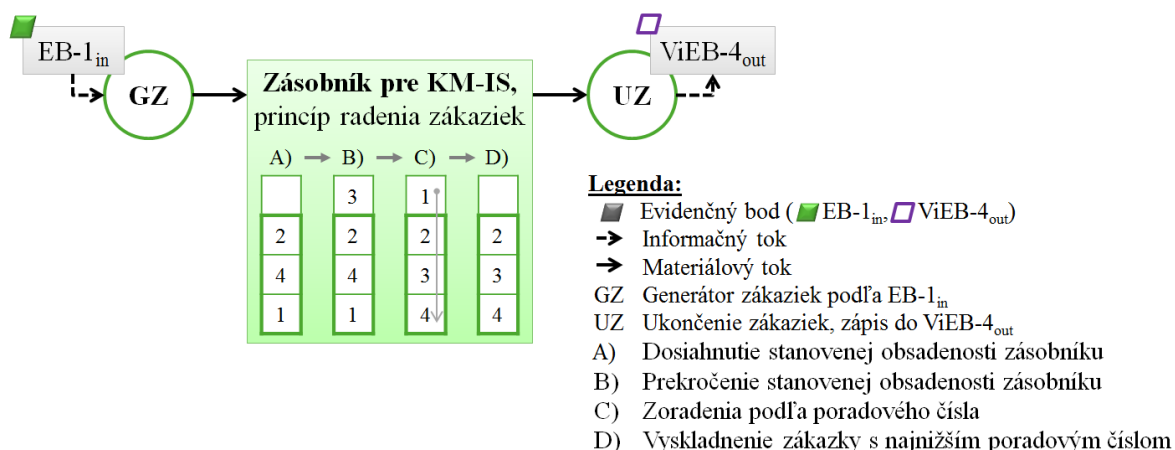
- Zlepší sa ukazovateľ *PKG* implementáciou metódy PN na zásobník za zvarovňou v rámci úvahy ideálneho stavu?
- O koľko percent bude *PKG* za zásobníkom pre ideálny stav lepší oproti pôvodnému stavu?

Výsledkom simulačného modelovania má byť graf závislosti obsadenosti zásobníku na hodnote *PKG*. Závislé premenné (dominantné faktory) sú tak kapacita zásobníku a ukazovateľ *PKG*. Pri simulačnom modelovaní ideálneho stavu nebudeme uvažovať náhodné vplyvy.

Predpokladom je, že pri zvyšujúcej sa obsadenosti zásobníku bude narastať hodnota *PKG*.

Konceptuálny model ideálneho stavu

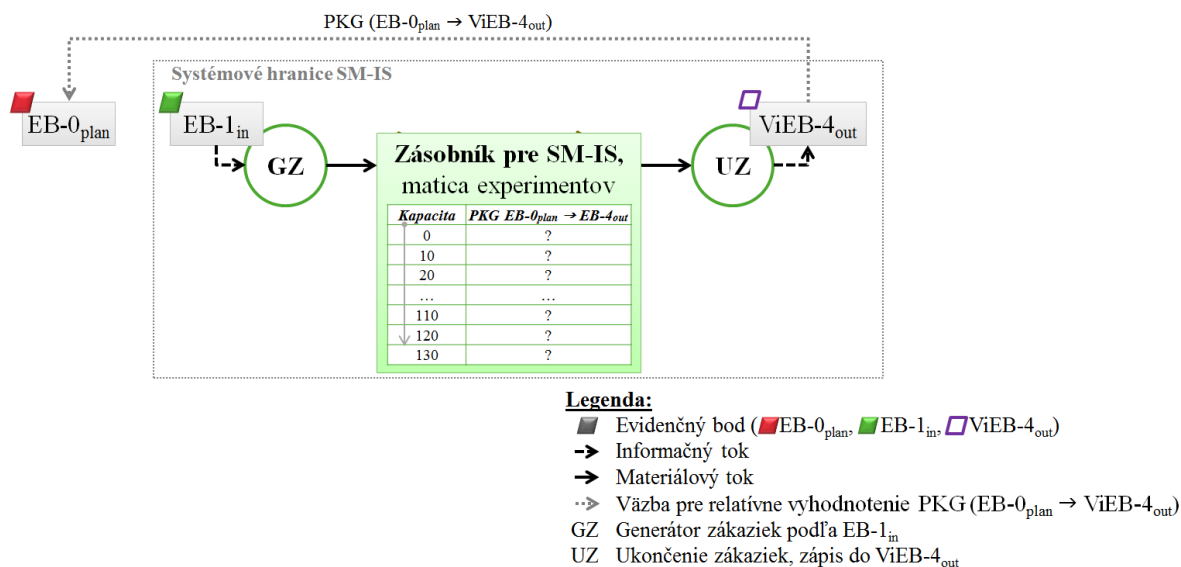
Obr. 55 zachytáva schému konceptuálneho modelu ideálneho stavu (KM-IS). Spoločne s ním je naznačený aj princíp radenia zákaziek.



Obr. 55 – Konceptuálny model ideálneho stavu, princíp radenie zákaziek. (vsp.)

KM-IS je systémovo ohraničený na vstupe EB-1_{in} a na výstupe ViEB-4_{out}. Vstup zákaziek do KM-IS je priamo riadený údajmi získanými z EB-1_{in}²⁸. Je tak totožný s reálnym vstupom do zásobníku za obdobie 44. až 52. KT v roku 2011. Generátor zákaziek podľa EB-1_{in} odošle simulovanú zákazku do zásobníku. Pri dosiahnutí stanovenej obsadenosti dôjde zoradeniu zákaziek podľa poradového čísla a následne k vyskladneniu zákazky s najnižším poradovým číslom. Vyskladnenie zákaziek sa zaznamená na virtuálnom ViEB-4_{out}.

Experimenty a výpočet PKG bude prebiehať podľa Obr. 56.



Obr. 56 – Matica experimentov pre SM-IS a schéma výpočtu PKG medzi EB-0_{plan} a EB-4_{out} za 48. až 50. KT roku 2011. (vsp.)

KM-IS bol prenesený do prostredia simulačného programu Tecnomatix Plant Simulation. Vznikol tak simulačný model ideálneho stavu (SM-IS). Správnosť logiky radenia zákaziek SM-IS podľa poradového čísla od najnižšej hodnoty potvrdil testovací simulačný beh. Overenie priechodu všetkých zákaziek bez zmeny poradia s pôvodnými údajmi zase potvrdil testovací simulačný beh s hodnotou kapacity zásobníku rovný hodnote 1.

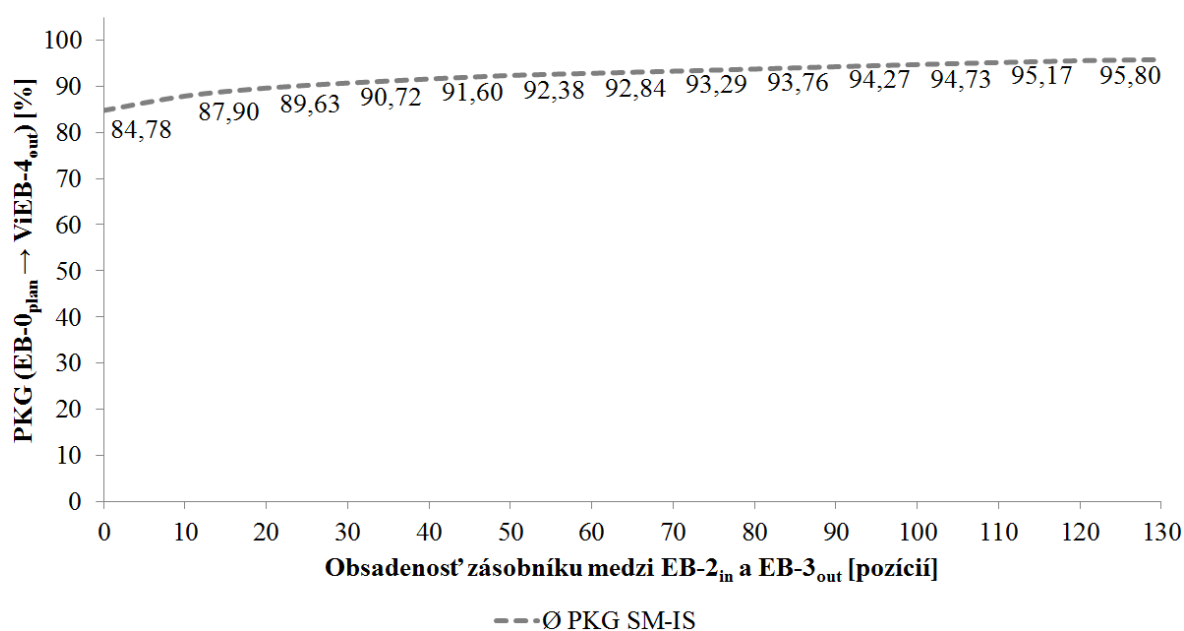
²⁸ Sú to údaje: čas prechodu na EB-1_{in}; čas prechodu na EB-0_{plan}; poradové číslo.

Na verifikovanom a validovanom SM-IS následne prebehli experimenty podľa matice experimentov. Údaje z experimentov boli zaznamenané a vyhodnotené podľa schémy na Obr. 56.

Výsledky zo simulačných experimentov ideálneho stavu

Súhrnným výsledkom experimentov SM-IS je graf (Graf 8) závislosti obsadenosti zásobníku na hodnote PKG . Z grafu vyplýva, že pri zvyšujúcej sa obsadenosti zásobníku narastá hodnota PKG . Hodnota „0“ na ose „Y“ znamená, že zákazka plynule prechádza zásobníkom bez pozdržania.

Graf 8 – Závislosť obsadenosti zásobníku na priemernej hodnote PKG SM-IS za 48. až 50. KT roku 2011. (vsp.)



Zhrnutie

Graf 8 potvrdzuje zlepšenie PKG medzi EB-0_{plan} a EB-1_{in}, keď sú zákazky vyskladňované na základe poradového čísla. Čím viac zákaziek je centralizovaných v zásobníku, tým dosahujeme vyššiu hodnotu daného PKG . Konkrétne z 85 % pri nulovej obsadenosti na 96 % pri obsadenosti zásobníku stotridsať zákaziek.

Zhrnuté: Overenie ideálneho stavu radenia zákaziek pomocou zásobníku na konci zvarovne má preukázateľný potenciál v zlepšení PKG medzi EB-0_{plan} a EB-1_{in}. Z tohto dôvodu môžeme pristúpiť k návrhu novej logiky riadenia zásobníku za zvarovňou.

10.5.3 Návrh novej logiky riadenia zásobníku

Hlavnou myšlienkou novej logiky riadenia zásobníku je možnosť radenia zhotovených zákaziek po procesoch zvarovania do poradia podľa EB-0_{plan}. Nasadením novej logiky riadenia má dôjsť ku zlepšeniu PKG za zásobníkom zvarovne. Matematické vyjadrenie tohto zlepšenia pomocou znaku nerovnosti uvádza Rovnica 14.

Rovnica 14 – Matematické vyjadrenie zlepšenia PKG nasadením novej logiky riadenia. (vsp.)

$$PKG(EB-0_{plan} \rightarrow EB-1_{in}) < PKG(EB-0_{plan} \rightarrow EB-4_{out}) \quad (R19)$$

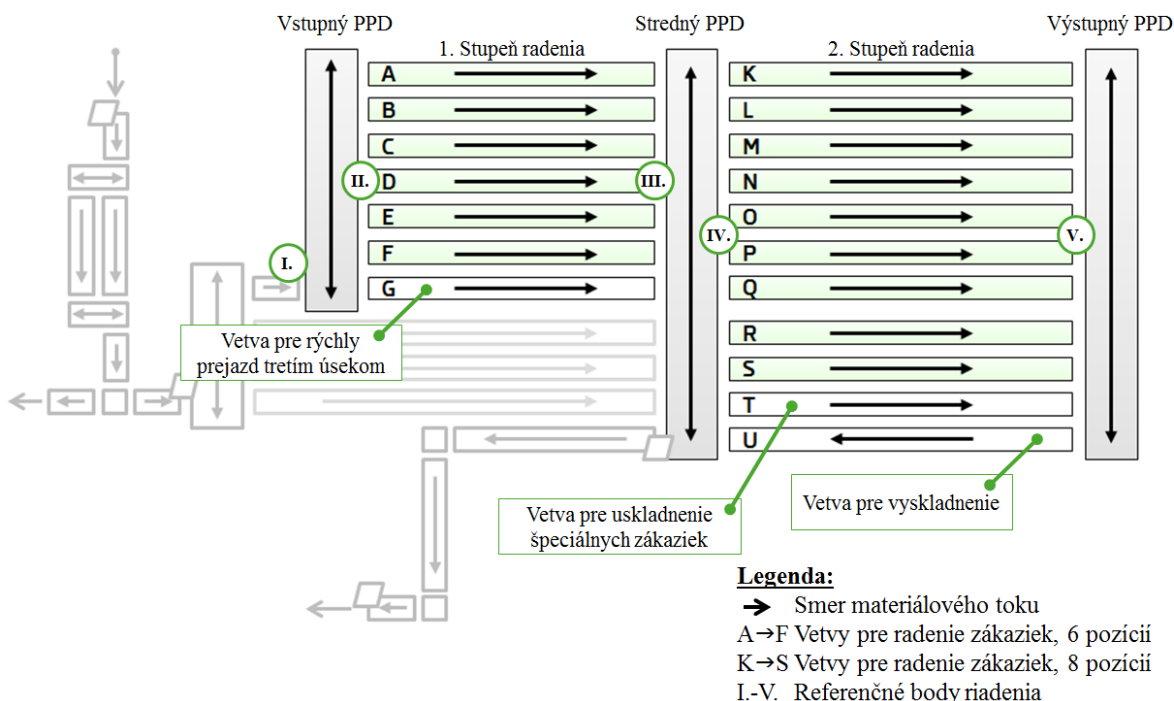
Nová logika riadenia vychádza z predpokladu, že:

- Riadiaca sústava dokáže riadiť všetky úseky dopravníku.
- Riadiaca sústava načíta potrebné informácie o zákazke v prvom úseku zásobníku (EB-1_{in}).
- Riadiaca sústava má informácie o zákazke od ich načítania až po dobu jej vyskladnenia.
- Riadiaca sústava vie, kde sa aktuálne zákazka v zásobníku nachádza.
- Riadiaca sústava kontroluje stav rozpracovaných zákaziek na konci zvarovne. V prípade potreby využije každú pozíciu k uskladneniu zákazky tak, aby nedošlo k zastaveniu výroby.
- Riadiaca sústava kontroluje počet zákaziek pred lakovňou a v prípade ich poklesu pod stanovený limit je jeho prioritou okamžite ich počet doplniť.
- Riadiaca sústava musí vedieť reagovať na špeciálne zákazky. V prípade potreby ich zastaviť, pozdržať v zásobníku alebo vyskladňovať podľa stanovených pravidiel.
- Pôvodná logika riadiacej sústavy (FIFO) bude zachovaná a v prípade potreby sa bude dať manuálne zapnúť.

Obmedzenie návrhu novej logiky riadenia spočíva v zachovaní súčasných funkcií zásobníku. Prípadná implementácia bude nasadená za plnej prevádzky výrobných oblastí zvarovne a lakovne.

Princíp radenia zákaziek v zásobníku

K radeniu zákaziek budú použité priečne pásové dopravníky (PPD) a jednotlivé vetvy z valčekových dopravníkov (VD). Rozbor zásobníku uvádza Obr. 57.



Obr. 57 – Rozbor zásobníku pre možnosť radenia zákaziek. (vsp.)

V treťom a štvrtom úseku zásobníku sú celkom tri PPD. Vstupný, stredný a výstupný. Medzi vstupným a stredným PPD je sedem vetví z VD (značené písmenami A až G). Každá vetva má šesť pozícií. Je to tretí úsek zásobníku. Toto radenia pomenujeme ako *1. stupeň radenia*. Štvrtý úsek je medzi stredným a výstupným PPD. Celkovo jedenásť vetví VD

(značené veľkými písmenami *K* až *U*). Každá vetva má osem pozícií. Toto radenia pomenujeme ako 2. *stupeň radenia*.

Posledná vetva *U* sa používa k vyskladňovaniu všetkých zákaziek a cez stredný PPD nadväzuje na VD smerom do lakovne. Vetva *U* sa pre radenie zákaziek nebude používať.

V treťom úseku bude vetva *G* vyhradená pre vyskladnenie zákaziek ako možnosť ich rýchleho prejazdu tretím úsekom. Vetvy *A* až *F* tretieho úseku budú použité k radeniu zákaziek.

Tento rozbor zásobníku prispel k určeniu piatich referenčných bodov novej logiky riadenia (značené rímskymi číslicami *I.* až *V.* Ich rozmiestnenie je na Obr. 57. Význam referenčných bodov obsahuje Tab. 37.

Tab. 37 – Referenčné body novej logiky riadenia a ich význam. (vsp.)

Referenčný bod	Význam referenčného bodu
I.	Rozhoduje o zaradení zákazky do tretieho úseku alebo o jej rýchlom prejazde tretím úsekom (vetva <i>G</i> , priamy smer k referenčnému bodu III.).
II.	Rozhoduje o zaradení zákazky do šiestich vetví <i>A</i> až <i>F</i> tretieho úseku. Princíp spočíva vo vyhľadani zákazky zaradenej v treťom úseku s najbližším poradovým číslom k poradovému číslu aktuálnej zákazky.
III.	Rozhoduje o výjazde zákazky z tretieho úseku. Vetva rýchleho prejazdu má vždy prednosť. Inak vyberá zákazky s najnižším poradovým číslom. Výjazd zákazky je splnený za podmienky zaplnenia tretieho úseku, ohrozeniu produkcie na konci zvarovne, poklesu počtu zákaziek pred lakovňou pod stanovený limit.
IV.	Rozhoduje o zaradení zákazky do desiatich vetví štvrtého úseku <i>K</i> až <i>T</i> alebo o ich priamom vyskladnení zo zásobníku smerom do lakovni. Princíp spočíva vo vyhľadaní zákazky zaradenej v štvrtom úseku s najbližším poradovým číslom k poradovému číslu aktuálnej zákazky.
V.	Rozhoduje o výjazde zákazky z tretieho úseku. K vyskladneniu zákazky dôjde za splnenia podmienky zaplnenia tretieho a štvrtého úseku, ohrozenia produkcie na konci zvarovne, poklesu počtu zákaziek pred lakovňou pod stanovený limit. Vyskladnenie zákazky vždy s najnižším poradovým číslom na konci vetiev <i>K</i> až <i>S</i> .

Možné scenáre radenia zákaziek pre referenčné body I. a II. uvádza Príloha 19. Možné scenáre radenia zákaziek pre referenčné body III. a IV. uvádza Príloha 20.

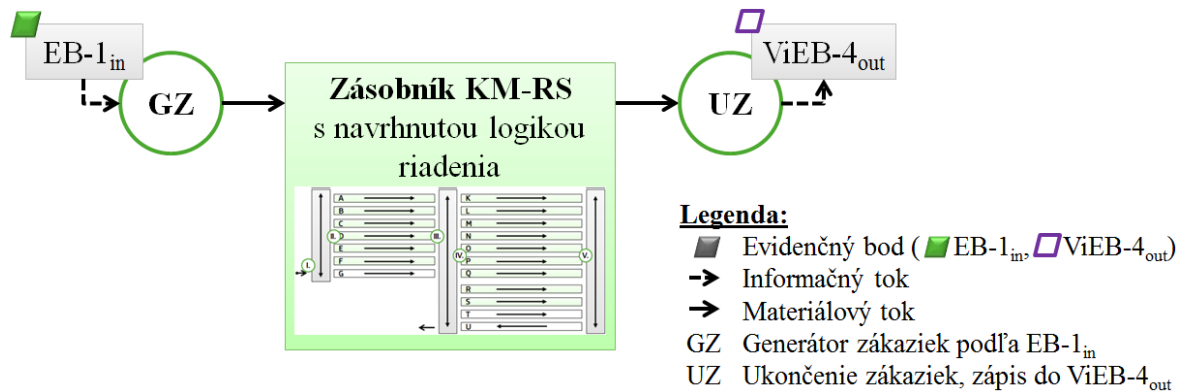
K jednotlivým referenčným bodom boli vypracované vývojové diagramy. Vývojové diagramy predstavujú, akým spôsobom bude prebiehať riadenie na jednotlivých bodoch z programátorského hľadiska. Využijú sa ako podklad pri programovaní simulačného modelu. Vývojové diagramy referenčných bodov sú predmetom Príloha 21, Príloha 22, Príloha 23, Príloha 24, Príloha 25.

Podmienka pre špeciálne zákazky

Špeciálne zákazky nemajú dané poradové číslo. Sú však označené jedinečným identifikátorom. Špeciálne zákazky smú byť vyskladnené zo zásobníku v určitých intervaloch. Z tohto dôvodu bude vo štvrtom úseku zásobníku vyhradená vetva „*T*“ pre pozdržanie špeciálnych zákaziek.

Konceptuálny model reálneho stavu, skutočný zásobník

Obr. 58 zachytáva schému konceptuálneho modelu reálneho stavu (KM-RS), teda skutočného zásobníku.



Obr. 58 – Konceptuálny model reálneho stavu. (vsp.)

KM-RS je systémovo ohraničený na vstupe EB-1_{in} a na výstupe ViEB-4_{out}. Vstup zákaziek do KM-RS je priamo riadený údajmi získanými z EB-1_{in}²⁹. Vstup zákaziek do KM-IS je totožný s reálnym vstupom do zásobníku za obdobie 44. až 52. KT v roku 2011. Po vstupe budú zákazky postupne prechádzať simulovaným zásobníkom. Pri každom prejazde zákazky referenčnými bodmi I. až V. sa spustí logika riadenia, ktorá rozhodne o ich radení. Vyskladnená zákazka sa zaznamená na ViEB-4_{out}.

Simulačný model reálneho stavu

KM-RS bol prenesený do prostredia simulačného programu Tecnomatix Plant Simulation. Vznikol tak simulačný model reálneho stavu (SM-RS). Abstrakcia zásobníku v SM-RS predstavovala konkrétne zjednodušenia (Tab. 38), ktoré na požadovanú funkčnosť simulačného modelu zásobníku nemala vplyv.

Tab. 38 – Zjednodušenie simulačného modelu oproti KM-RS. (vsp.)

Predmet	Stav	Dôvod	Prenesenie do simulačného modelu
Logika riadenia	Simulovaná	Overenie novej logiky riadenia.	Prvky simulačného programu typu „Method“. Využitie vývojových diagramov referenčných bodov. Využitie programovacie jazyka „SimTalk“.
Vstup	Simulovaný	Vstup zákaziek do zásobníku.	Prvok simulačného programu typu „Source“ nastavený ako generátor podľa údajov z EB-1 _{in} .
Prvý úsek	Simulovaný	Vstupná vetva do zásobníku.	Možnosť vyňať zákazky nebude uvažovaná, pretože vstupná vetva je riadená stratégiou FIFO. Prvok simulačného programu typu „Conveyor“ a „SingleProc“.

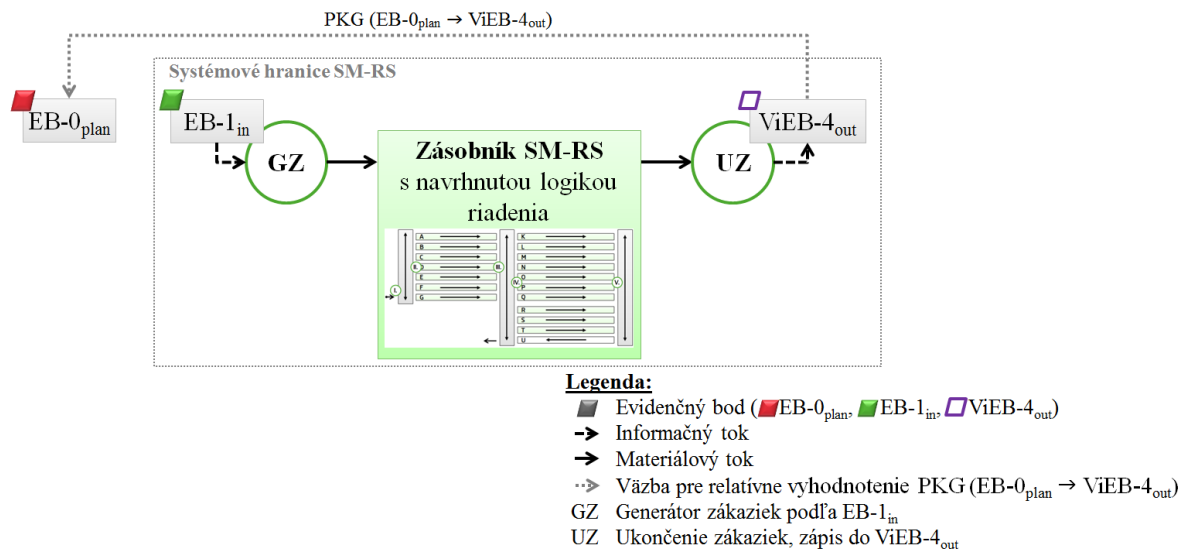
²⁹ Sú to údaje: čas prechodu na EB-1_{in}; čas prechodu na EB-0_{plan}; poradové číslo.

<i>Predmet</i>	<i>Stav</i>	<i>Dôvod</i>	<i>Prenesenie do simulačného modelu</i>
Druhý úsek	Nesimulovaný	Druhý úsek nie je využívaný k uskladňovaniu zákaziek.	Nie je.
Tretí úsek	Simulovaný	Radenie a rýchly prejazd zákaziek.	Prvky simulačného programu typu „Conveyor“.
Štvrtý úsek	Simulovaný	Radenie a vyskladnenie zákaziek.	Prvky simulačného programu typu „Conveyor“.
Piaty úsek	Simulovaný	Záznam prechodu vyskladnených zákaziek podľa novej logiky riadenia.	Virtuálny EB-4 _{out} . Prvok simulačného programu typu „Conveyor“ a „SingleProc“.
PPD	Nesimulované	Po PPD sa pohybuje vždy jedna zákazka a jej presun do nasledujúceho miesta je vopred daný.	Okamžitý presun simulovanej zákazky z úseku do definovaného miesta nasledujúceho úseku.
Výstup	Simulovaný	Výstup zákaziek zo zásobníku.	Prvok simulačného programu typu „Drain“.

Zobrazenie simulačného modelu uvádza Príloha 26.

Princíp vyhodnocovania a matica experimentov

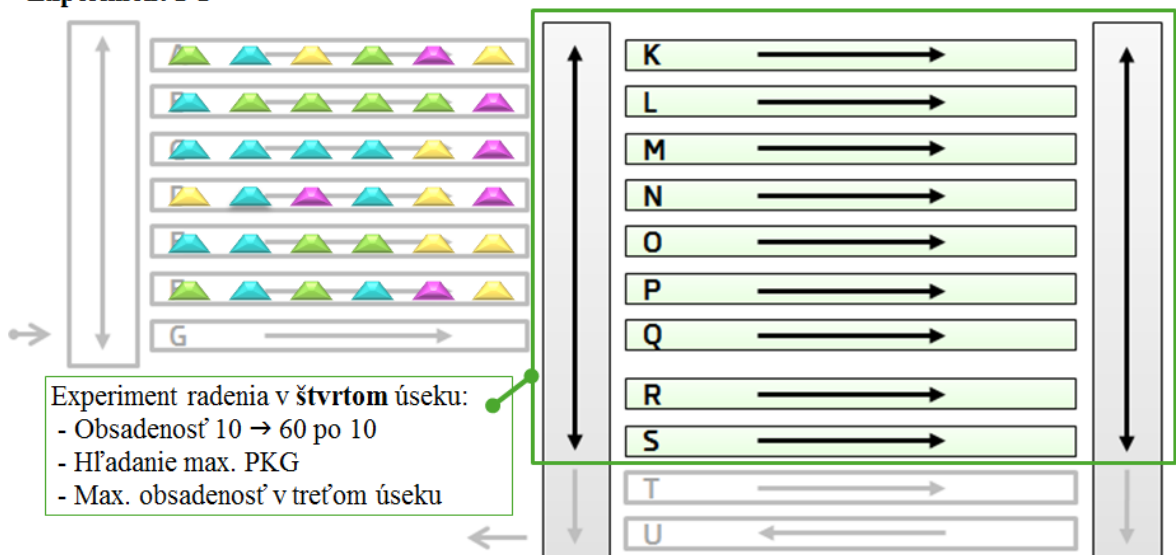
Radenie zákaziek podľa novej logiky riadenia prebieha v treťom a následne v štvrtom úseku. Simulačnými experimentmi budeme postupne vyhodnocovať *PKG* a sledovať jeho hodnotu. Schéma vyhodnocovania *PKG* je zrejماً z Obr. 59.



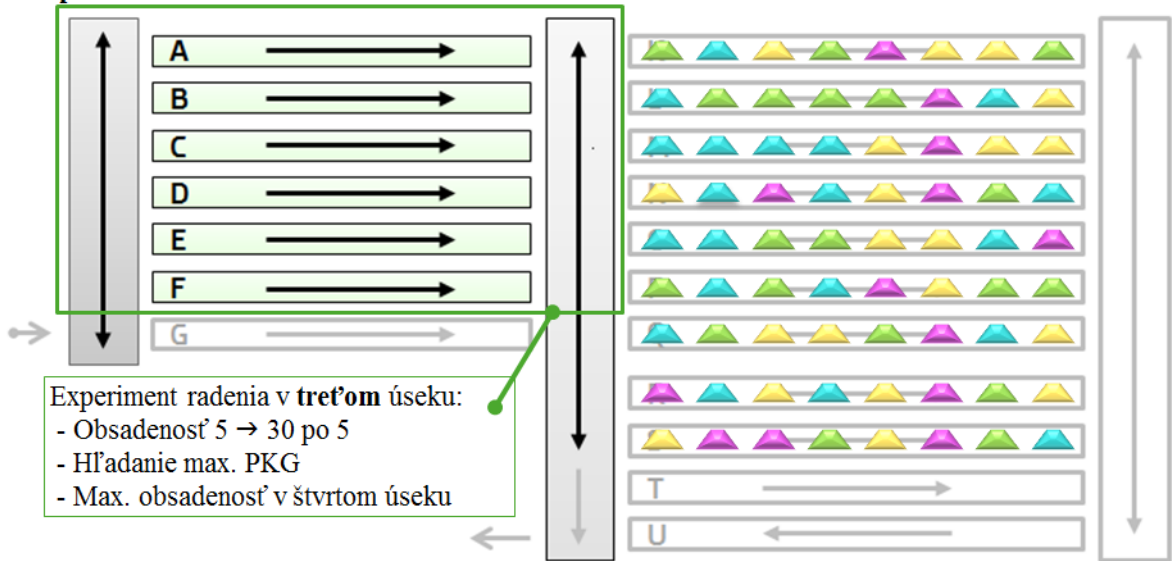
Obr. 59 – Schéma vyhodnocovania PKG zo simulačných experimentov SM-RS. (vsp.)

Postup experimentov bude prebiehať podľa Obr. 60.

Experiment 1-1



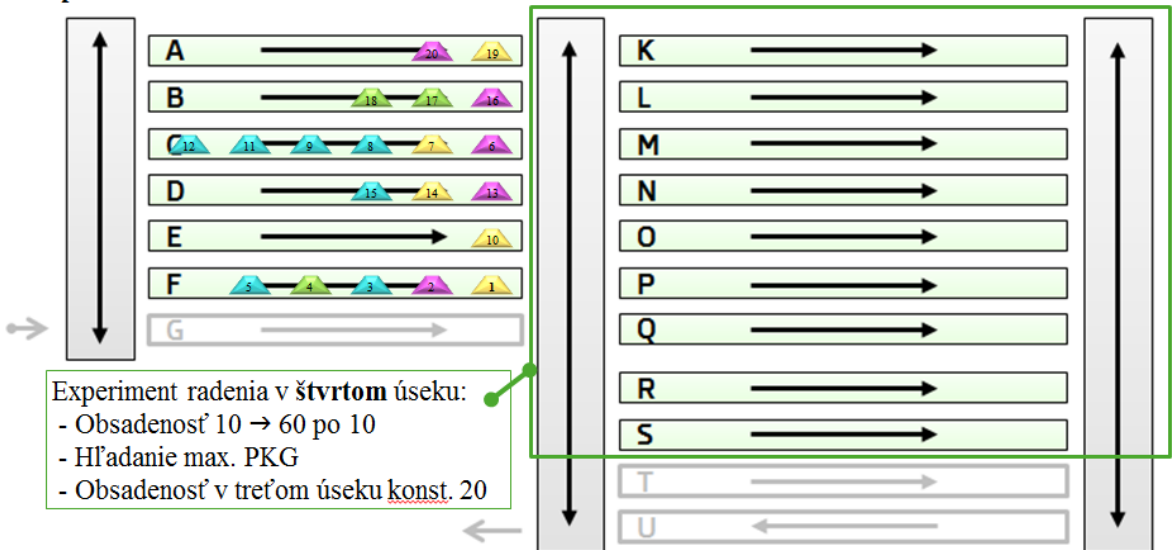
Experiment 1-2



Legenda:

- ➔ Smer materiálového toku
- A→F Vetvy pre radenie zákaziek, 6 pozícií
- K→S Vetvy pre radenie zákaziek, 8 pozícií
- ▲ Zákazka

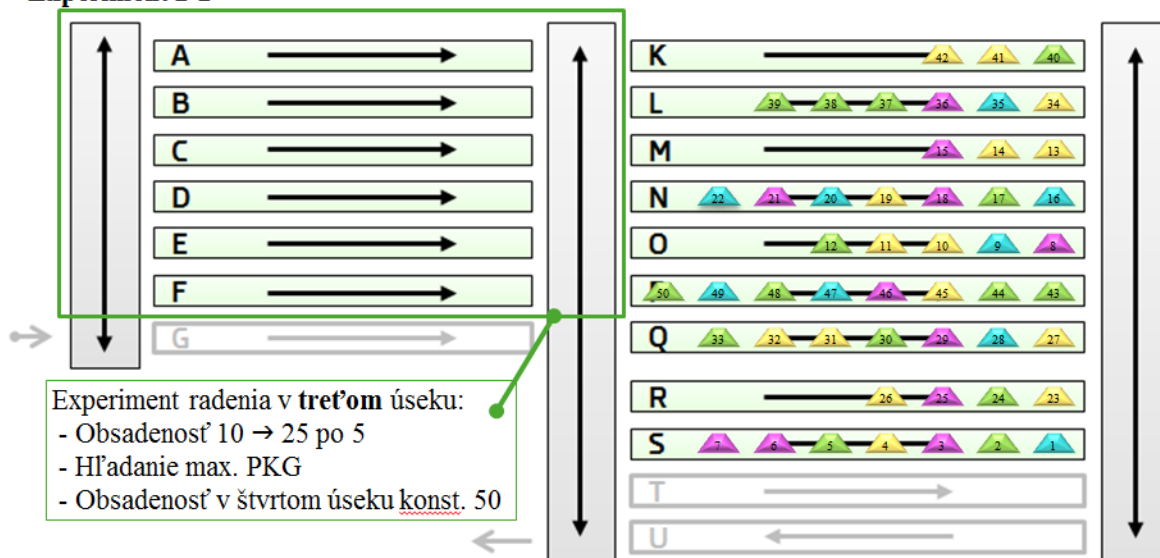
Experiment 2-1



Legenda:

- ➔ Smer materiálového toku
- A→F Vetvy pre radenie zákaziek, 6 pozícií
- K→S Vetvy pre radenie zákaziek, 8 pozícií
- ▲ Zákazka

Experiment 2-2



Legenda:

- ➔ Smer materiálového toku
- A→F Vetvy pre radenie zákaziek, 6 pozícií
- K→S Vetvy pre radenie zákaziek, 8 pozícií
- ▲ Zákazka

Obr. 60 – Postup experimentov SM-RS. (vsp.)

Prvou sériou experimentov hľadáme obsadenosť tretieho a štvrtého úseku zásobníku, kedy je dosiahnutá najvyššia hodnota PKG pri extrémne (z pohľadu maximálnej obsadenosti tretieho alebo štvrtého úseku). Dostaneme tak vhodnú obsadenosť jednotlivých úsekov.

Druhou sériou experimentov hľadáme najvyššiu hodnotu PKG pri nastavenej vhodnej obsadenosti zásobníkov z prvej série experimentov. Tým sa vhodná obsadenosť spresní. Ich vzájomným prienikom by sme mali získať intervaly pre obsadenosť tretieho a štvrtého úseku, ktorými zabezpečíme vyhovujúce podmienky pre radenie zákaziek.

Z postupu experimentov bola vyvodená Tab. 39, ktorá slúži ako matica experimentov.

Tab. 39 – Matica experimentov pre SM-RS. (vsp.)

Séria experimentov	Experiment	Úsek zásobníku	Testovaná obsadenosť	Hľadám
Prvá	1-1	Tretí Štvrtý	Maximum 36 10 → 60 po 10	– Maximálnu hodnotu PKG
	1-2	Tretí Štvrtý	5 → 35 po 5 Maximum 72	Maximálnu hodnotu PKG –

<i>Séria experimentov</i>	<i>Experiment</i>	<i>Úsek zásobníku</i>	<i>Testovaná obsadenosť</i>	<i>Hľadám</i>
Druhá	2-1	Tretí Štvrtý	Z experimentu 1-2: 20 40 → 60 po 5	– Maximálnu hodnotu PKG
	2-2	Tretí Štvrtý	10 → 25 po 5 Z experimentu 1-1: 50	Maximálnu hodnotu PKG –

Výsledky simulačných experimentov SM-RS

Experimenty prebehli podľa stanovenej matice experimentov (viď Tab. 39). Zaznamenané výsledky boli spracované a vyhodnotené pomocou programu MS Excel.

Z časového obdobia dát za 44. KT až 52. KT roku 2011, bol pre vyhodnotenie experimentov vždy analyzovaný časový interval 48., 49. a 50. KT roku 2011. Je to z dôvodu, že medzi EB-0_{plan} a EB-1_{in}, a zároveň medzi EB-1_{in} a ViEB-4_{out}, dochádza k časovému posunu zákaziek.

Na začiatku simulačného behu sa simulačný model „naplňuje“. Aby sme mohli PKG správne vyhodnotiť, zákazky musia prejsť všetkými sledovanými EB. Tomu tak bolo práve počas simulácie 48. až 50. KT. Pred koncom simulačného behu sa simulačný model „vyprázdňuje“ a preto 51. a 52. KT už nebol do vyhodnotenia zahrnutý.

V prvej sérii experimentov bolo zistené, že vhodná obsadenosť zásobníku v treťom úseku je rovná 20 pozíciám, a zároveň v štvrtom úseku 50 pozíciám. Interval spoľahlivosti je ± 10 pozícií. Druhá séria experimentov tieto výsledky spresnila. V treťom úseku síce ostáva hodnota obsadenosti rovná 20 pozíciám, ale v štvrtom úseku je to 55 pozícií. Interval spoľahlivosti pre druhú sériu experimentov je ± 5 pozícií.

Súhrnné číselné vyjadrenie výsledkov za prvú a druhú sériu experimentov prehľadne uvádza Tab. 40. Hodnoty z jednotlivých experimentov sú zobrazené v grafoch priebehu obsadenosti jednotlivých úsekov zásobníku na hodnote PKG. Tie obsahuje Príloha 27.

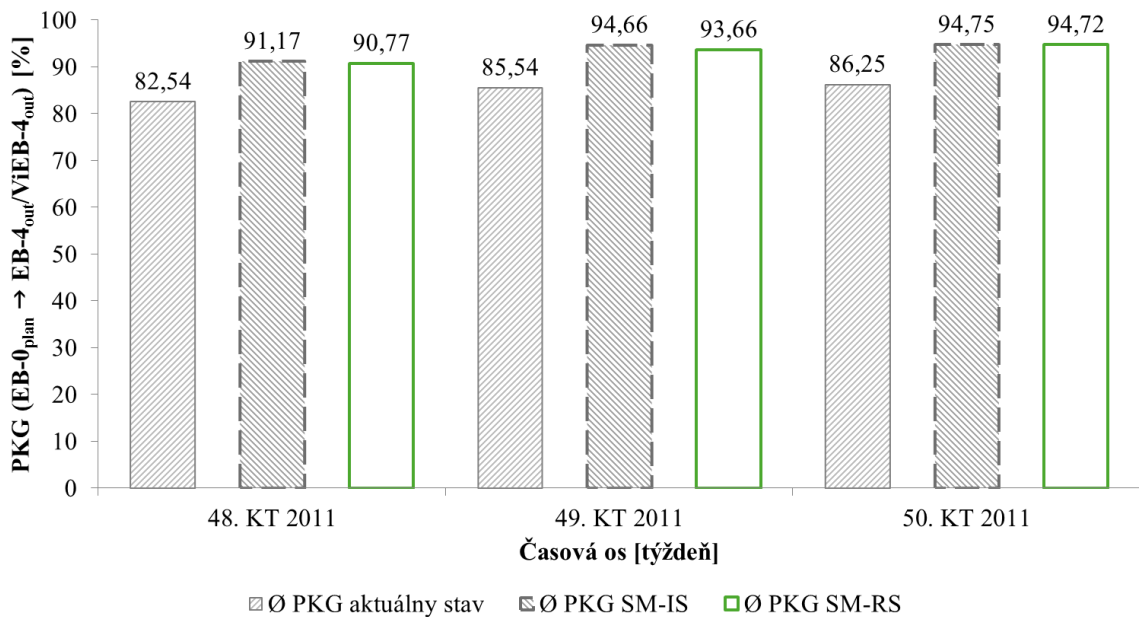
Tab. 40 – Prehľad výsledkov pre prvú a druhú sériu experimentov SM-RS. (vsp.)

<i>Séria experimentov</i>	<i>Úsek zásobníku</i>	<i>Vhodná obsadenosť počtu zákaziek v úseku</i>	<i>Interval spoľahlivosti</i>
Prvá	Tretí úsek	20	± 10 pozícií
	Štvrtý úsek	50	
Druhá	Tretí úsek	20	± 5 pozícií
	Štvrtý úsek	55	

Porovnanie výsledkov PKG z výpočtu PKG aktuálny stav, SM-IS a SM-RS

Vypočítané hodnoty PKG z reálneho procesu pôvodného stavu za 48. až 50. KT roku 2011 uviedol Graf 7. Nasledujúci Graf 9 uvádza porovnanie týchto výsledkov PKG s výsledkami PKG dosiahnutými v SM-IS a SM-RS. Do SM-IS a SM-RS boli taktiež použité údaje za 48. až 50. KT roku 2011.

Graf 9 – Porovnanie výsledkov priemernej hodnoty *PKG* pre pôvodný stav, *SM-IS* a *SM-RS*.
(v.sp.)



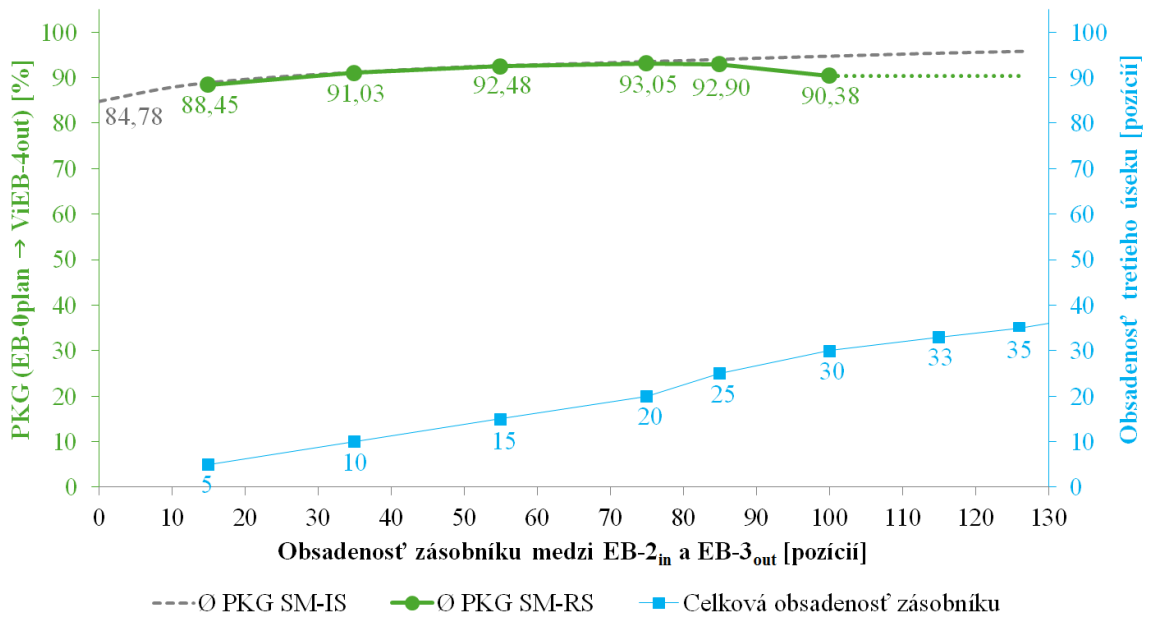
Dosiahnuté výsledky zo *SM-IS* jasne preukazujú zlepšenie *PKG* oproti pôvodnému stavu. Hodnota *PKG* sa zvýšila o cca 8 %. Zaujímavé je porovnanie výsledkov z *SM-IS* a *SM-RS*. Výsledky *SM-RS* sú približne o 1 % menšie než *SM-IS*. Znamená to, že navrhovaná nová logika riadenia je funkčná a plne využíva konštrukčné a technologické možnosti zásobníku.

Dôsledky vyplývajúce z výsledkov SM-RS

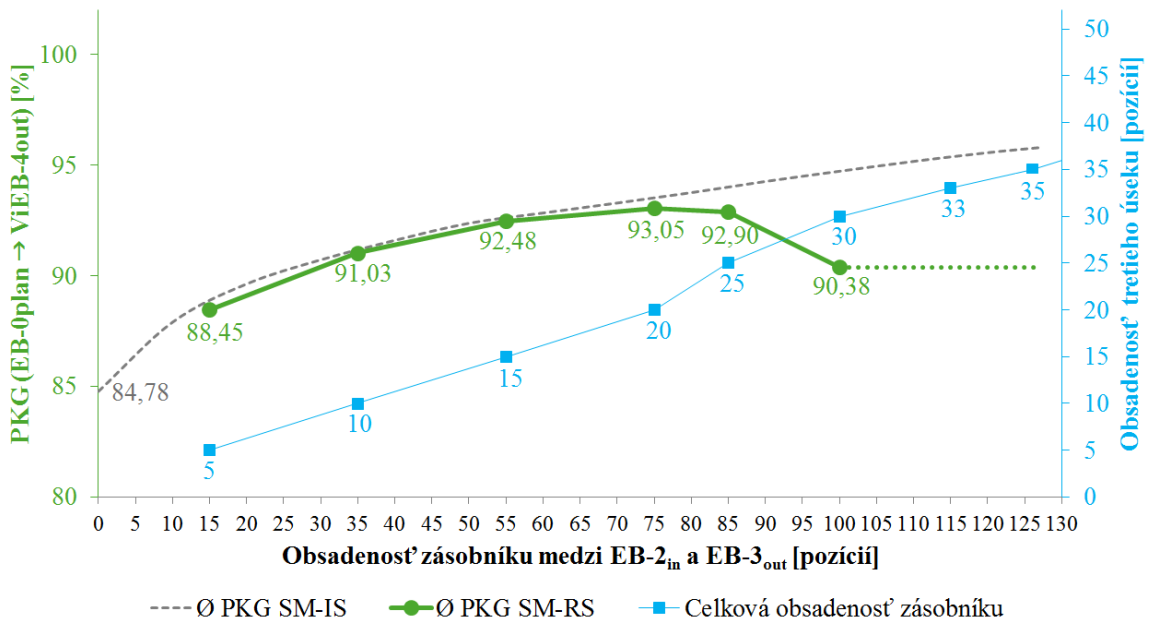
Prostredníctvom výsledkov simulačných experimentov *SM-RS* sme mohli zostaviť súhrnný graf. Graf 10 predstavuje závislosť celkovej obsadenosti zásobníku na obsadenosti tretieho úseku. Do tohto grafu je zakomponovaná hodnota *PKG* pri danej obsadenosti. Pre úplnosť je Graf 10 rozšírený o Graf 8 (závislosť obsadenosti zásobníku na hodnote *PKG* pre ideálny stav). A to z dôvodu porovnania simulovaného radenia zákaziek ideálneho stavu v. reálneho stavu.

Graf 10 – Vplyv zvýšenia obsadenosti zásobníku na priemernú hodnotu PKG z výsledkov SM-RS pre novú logiku riadenia za 48. až 50. KT roku 2011. (vsp.)

a) Mierka na osách „y“ v rozsahu od 0 % do 100 %.



b) Mierka na ľavej ose „y“ v rozsahu od 80 do 100 %, na pravej od 0 % do 50 %.



Pri narastajúcej obsadenosti zásobníku tretieho a štvrtého úseku sa zvyšuje hodnota PKG_{SM-RS} . Krivka PKG_{SM-RS} do celkovej obsadenosti 75 pozícií kopíruje krivku PKG_{SM-IS} .

Najvyššia hodnota PKG_{SM-RS} (93,05 %) bola dosiahnutá pri obsadenosti 20 pozícií tretieho úseku a 55 pozícií štvrtého úseku zásobníku. Prekročením týchto hodnôt obsadenosti dochádza k zaplneniu zásobníku a z pohľadu konštrukčného a technologického k eliminovaniu možnosti radiť zákazky podľa poradového čísla. Preto PKG_{SM-RS} s narastajúcou obsadenosťou zásobníku klesá na hodnotu 90,38 % a do maximálne možného obsadenia zásobníku ostáva hodnota nemenná. Naopak PKG_{SM-IS} sa zvyšuje s narastajúcou

obsadenosťou zásobníku, pretože nebolo uvažované jeho konštrukčné a technologické obmedzenie.

10.5.4 Rozhodnutie o implementácii novej logiky riadenia

Rozhodnutie o implementácii novej logiky riadenia na zásobník za zvarovňou prebehlo výhradne v rámci jednaní ŠKODA AUTO a sú predmetom interných materiálov, ktoré nie je možné zverejniť. Po ukončení jednaní bolo rozhodnuté implementovať novú logiku riadenia na zásobník za zvarovňou. K rozhodnutiu prispelo predovšetkým:

- Porovnanie výsledkov PKG medzi EB-0_{plan} a EB-4_{out} za 48. až 50. KT roku 2011 a výsledkov dosahovaných SM-RS s novou logikou riadenia zásobníku.
- Posúdenie dôsledkov na zásobník za zvarovňou z výsledkov SM-RS.
- Posúdenie aspektov realizácie implementovania novej logiky riadenia.
- Posúdenie finančného hľadiska a nákladov (bez možnosti zverejnenia).
- Prenesie teoretických poznatkov o PN do praxe ako pilotného projektu.

10.5.5 Priebeh implementácie novej logiky riadenia na zásobník za zvarovňou

Implementácia novej logiky riadenia prebiehala za plnej prevádzky výroby. Zložitejšie programovanie softvéru a prípadná zmena hardvéru prebiehala počas dní bez výrobného programu, vrátane víkendov a dní pracovného pokoja.

Po ukončení implementácie bola nová logika zásobníku odskúšaná v testovacom režime. V testovacom režime sa okrem iného testovala aj správnosť implementovanej logiky riadenia a to pomocou simulačného modelovania.

10.5.6 Overenie správnosti implementácie novej logiky riadenia zásobníku

K overeniu správnosti nasadenia novej logiky riadenia zásobníku za zvarovňou poskytla ŠKODA AUTO údaje z EB-0_{plan}, EB-1_{in} a EB-4_{out} za 24. až 26. KT. roku 2013. Údaje z EB-2_{in} a EB-3_{out} za 24. až 26. KT roku 2013 poskytla externá spoločnosť, ktorá novú logiku riadenia implementovala. Tieto údaje bolo potrebné porovnať s údajmi poskytnutými ŠKODA AUTO.

K overeniu boli použité programy MS Excel, MS Access a Tecnomatix Plant Simulation.

Chronologický postup overenia bol rozdelený do desiatich krokov:

1. Stanoviť rozdiely medzi navrhovanou logikou riadenia a skutočne implementovanou.
2. Porovnať údaje z EB-2_{in} podľa EB-1_{in}, a stanoviť ich presnosť.
3. Porovnať údaje z EB-3_{out} podľa EB-4_{out} a stanoviť ich presnosť.
4. Pomocou KM-IS aktualizovať graf závislosti obsadenosti zásobníku na hodnote PKG pre ideálny stav za 24. až 26. KT roku 2013.
5. Pomocou SM-RS aktualizovať graf závislosti obsadenosti zásobníku na hodnote PKG za 24. až 26. KT roku 2013.
6. Z výsledkov SM-RS za 24. až 26. KT roku 2013 vytvoriť grafy hodinového priebehu PKG medzi EB-0_{plan} a EB-4_{out} za jednotlivé dni.
7. Zo získaných údajov vytvoriť grafy hodinového priebehu na hodnote PKG medzi EB-0_{plan} a EB-2_{in}, EB-0_{plan} a EB-4_{out}. Vzájomne tieto hodnoty PKG porovnať.
8. Zo získaných údajov za 24. až 26. KT roku 2013 vytvoriť grafy hodinového priebehu PKG medzi EB-0_{plan} a EB-4_{out} za jednotlivé dni.
9. Preložiť grafy hodinového priebehu PKG medzi EB-0_{plan} a EB-4_{out} z výsledkov SM-RS a získané z údajov.
10. Interpretovať dosiahnuté výsledky.

Zistené rozdiely medzi navrhovanou logikou riadenia a skutočne implementovanou

Zistené rozdiely medzi navrhovanou logikou riadenia a skutočne implementovanou boli vysledované priamym pozorovaním zásobníku v prevádzke. Rozdiely súhrnne uvádza Tab. 41.

Tab. 41 – Zistené rozdiely medzi navrhovanou logikou riadenia a skutočne implementovanou.
(vzp.)

Zistené rozdiely	Dôsledok	Vplyv na PKG	Odôvodnenie
Neopodstatnené blokovanie vetvy pre prejazd zákaziek v treťom úseku zásobníku.	Nemožnosť prejazdu požadovaných zákaziek cez tretí úsek zásobníku.	Možné zníženie.	Chyba riadiacej sústavy. Bude odstránená.
Vypínanie štvrtého úseku zásobníku pri počte zákaziek menšom alebo rovnom 25.	Nerovnomerné radenie zákaziek. Zákazky prechádzajú len malým okruhom.	Možné zníženie.	Zníženie spotreby energií. Nebude odstránené.
Obsadenosť tretieho a štvrtého úseku nie je stanovená podľa odporúčaných hodnôt.	Nevyužitie potenciálu pre radenie zákaziek.	Možné zníženie.	Chyba riadiacej sústavy. Bude odstránená.
Vyskladňovanie špeciálnych zákaziek nie je podľa požadovaného intervalu.	Možné zastavenie prevádzky lakovňa.	Žiadny.	Chyba riadiacej sústavy. Bude odstránená.

Vypínanie štvrtého úseku ostalo po dohode zachované. Prispieje to k zníženiu spotreby energie. Zákazky za tohto stavu budú jazdiť malým okruhom. Štvrtý úsek sa automaticky zapne po prekročení počtu zákaziek v zásobníku nad hodnotu dvadsať zákaziek. Ostatné zistené rozdiely medzi navrhovanou logikou riadenia a skutočne implementovanou boli postupne odstránené.

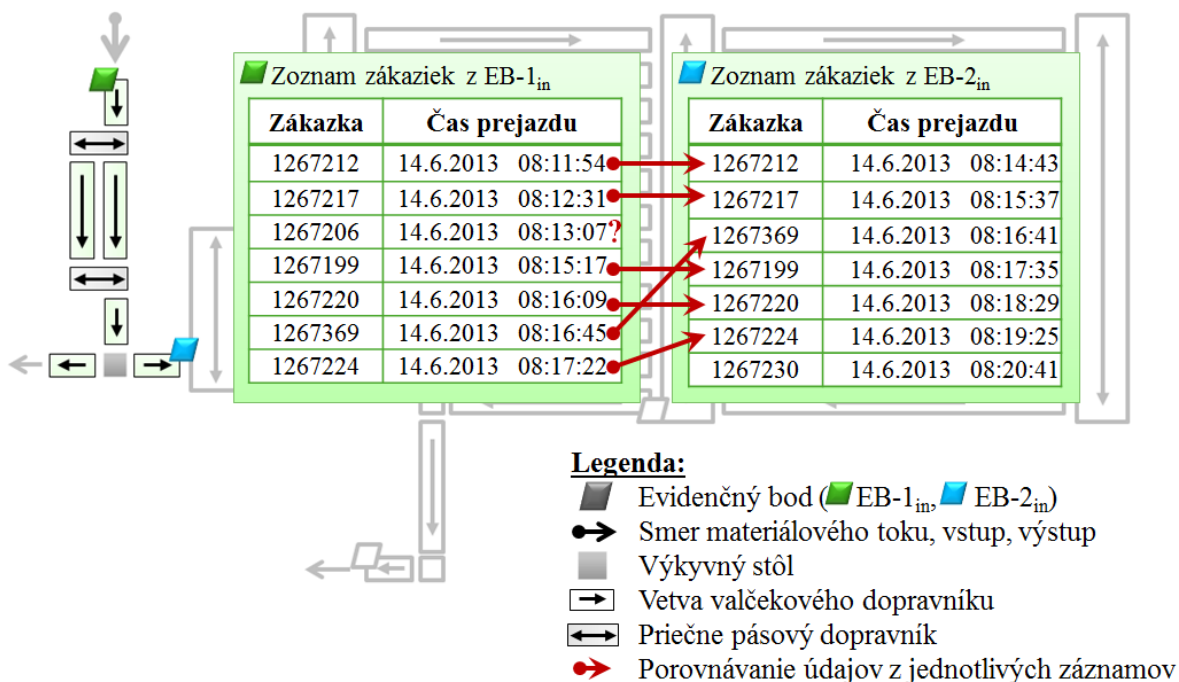
Porovnanie údajov z EB-2_{in} podľa EB-1_{in} a stanovenie ich spoľahlivosti

Porovnanie údajov z EB-2_{in} a EB-1_{in} bolo dôležité z dôvodu možnej zmeny ich poradia v prvom úseku. Medzi EB-2_{in} a tretím úsekom už k zmene poradia zákaziek nedochádza. Preto budú k overeniu správnosti nasadenia novej logiky riadenia zásobníku použité práve údaje z EB-2_{in}.

Údaje z EB-2_{in} sú však z iného zdroja. Preto je nutné porovnať tieto údaje s údajmi z EB-1_{in}. Vierohodnosť údajov z EB-1_{in} je garantovaná automatickým čítacím zariadením s 99,95% spoľahlivosťou. Správnosť údajov z EB-2_{in} nie je ničím podložená. Preto údaje z EB-1_{in} beriem ako určujúce.

Čo sa týka zákaziek vyňatých za bodom EB-1_{in}, tie boli na základe zoznamu poskytnutého spoločnosťou ŠKODA AUTO z údajov odstránené.

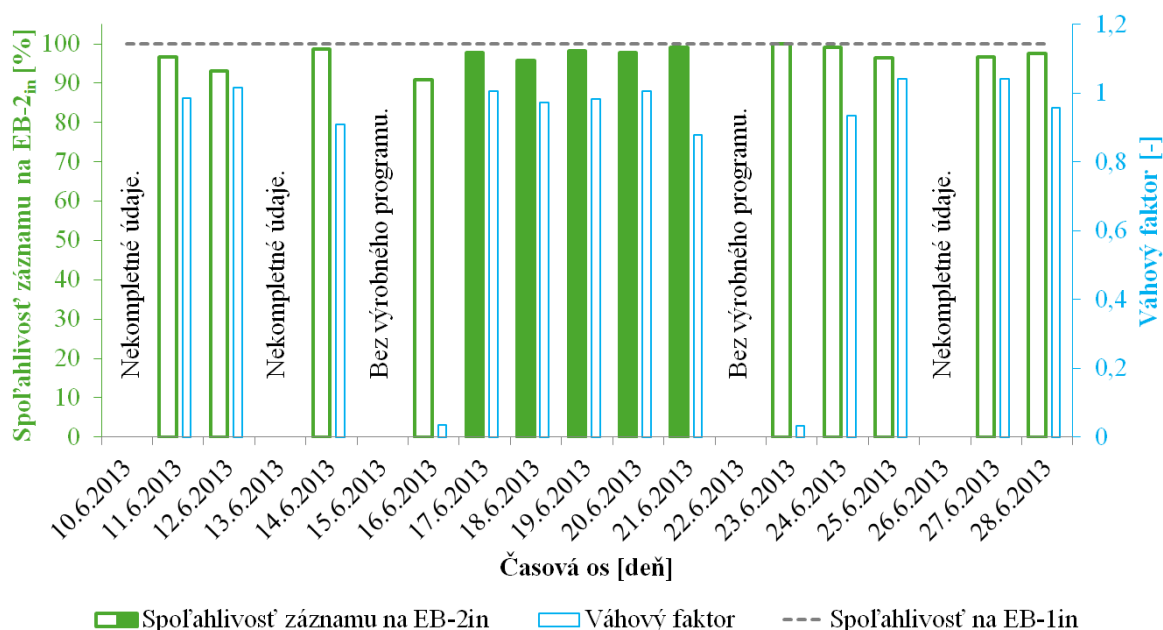
Postup pre porovnanie údajov je zrejмый z Obr. 61.



Obr. 61 – Princíp porovnania údajov zo záznamov EB-1_{in} a EB-2_{in}. (v.sp.)

Porovnaním údajov z EB-2_{in} a EB-1_{in} som stanovil spoľahlivosť záznamu zákaziek na EB-2_{in}. Výsledky za 24. až 26. KT roku 2013 obsahuje Graf 11.

Graf 11 – Graf spoľahlivosti záznamu zákaziek na EB-2_{in} stanoveného podľa EB-1_{in}. (v.sp.)



Spoľahlivosť záznamu zákaziek sa pohybuje medzi 92,62 % a 99,08 %. V ani jednom prípade nedosahuje garantovanú spoľahlivosť automatického čítacieho zariadenia na EB-1_{in} (99,95 %). Za dni 10., 13. a 26. 6. 2013 nebolo možné stanoviť spoľahlivosť záznamu z dôvodu nekompletných údajov z EB-2_{in}. Dni 15. a 22. 6. 2013 sú dni bez výrobného programu.

Úplné hodnoty so spoľahlivosťou medzi 95,00 % až 99,00 % boli dosiahnuté v 25. KT roku 2013. Z tohto dôvodu budú tieto údaje použité pre overenie správnosti nasadenia novej

logiky riadenia zásobníku pomocou simulačného modelovania a k výpočtu PKG medzi EB-0_{plan} a EB-2_{in}.

Spoločne so spoľahlivosťou bol stanovený aj váhový faktor. Váhový faktor udáva dôležitosť dosiahnutej hodnoty spoľahlivosti záznamu zákaziek. Je to pomer celkového počtu zákaziek na EB-2_{in} za sledovaný deň k priemernej týždennej produkcii. Váhový faktor u dní 16. a 23. 6. 2013 je minimálny. Dôvodom je začiatok výrobného programu od 22:00 hodiny, čím sa nedosiahne priemerná týždenná produkcia.

V 25. KT roku 2013 váhový faktor dosahoval hodnotu medzi 0,90 až 1,05. Vyššia hodnota váhového faktoru znamená vyššiu presnosť stanovenej spoľahlivosti záznamu zákaziek.

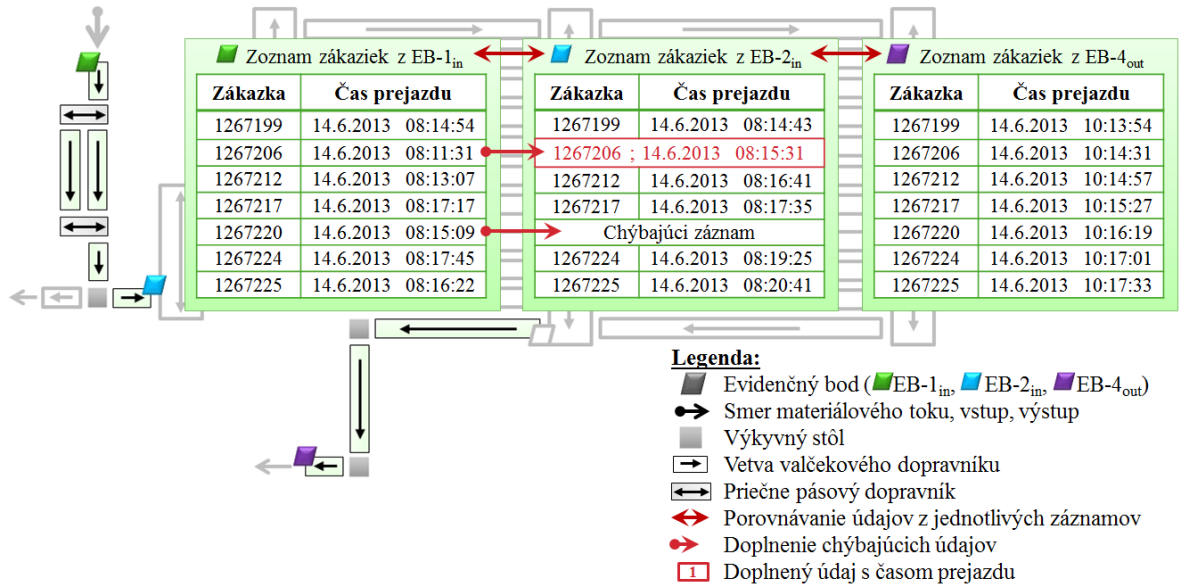
Doplnenie chýbajúcich prechodov zákaziek na EB-2_{in}

Keďže v ani jednom dni nebola dosiahnutá úplná zhoda údajov, znamená to, že na EB-2_{in} nedošlo k zaznamenaniu všetkých prechodov zákaziek. Chýbajúce údaje bolo preto nutné na EB-2_{in} doplniť manuálne. Dopĺňovať údaje budeme len za 25. KT roku 2013, ktoré následne vyhodnocujeme.

Princíp doplnenia údajov spočíva v úvahe, že všetky zákazky, ktoré boli zaznamenané na EB-4_{out}, museli prejsť EB-2_{in} (aj v prípade, že neboli zaznamenané). Vierohodnosť údajov z EB-4_{out} je taktiež garantovaná automatickým čítacím zariadením s 99,95% spoľahlivosťou. Postup je nasledovný:

1. Záznamy z EB-4_{out} za 24. až 26. KT roku 2013 zoradíme podľa čísla zákazky.
2. Zoradené záznamy na EB-4_{out} spárujeme s údajmi z EB-2_{in} a následne EB-2_{in}.
3. Zo spárovaných záznamov vyberieme časový interval 25. KT roku 2013.
4. Nespárované záznamy za 25. KT roku 2013 (prázdne položky na EB-2_{in}) sú chýbajúce záznamy.
5. Chýbajúci záznam o čísle zákazky na EB-2_{in} doplníme podľa spárovaných údajov z EB-1_{in}.
6. Ako čas prejazdu použijeme čas v intervale medzi prejazdom predošlej a nasledujúcej zákazky.
7. Postupne doplníme všetky chýbajúce záznamy z EB-2_{in} za 25. KT roku 2015.

Zjednodušene zobrazený postup manuálneho doplnenia údajov je na Obr. 62.



Obr. 62 – Princíp manuálneho doplnenia chýbajúcich záznamom na EB-2_{in}. (vsp.)

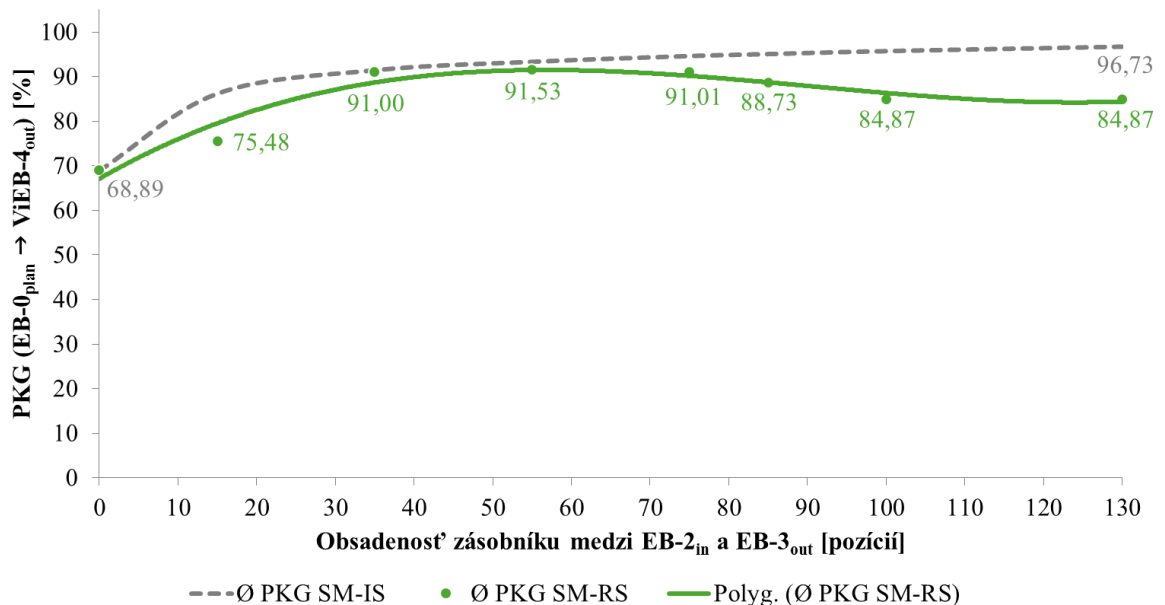
Porovnanie údajov z EB-3_{out} podľa EB-4_{out} a stanovenie ich spoľahlivosti

Porovnanie údajov z EB-3_{out} podľa EB-4_{out} nebolo nutné, pretože medzi nimi je priama vetva VD bez možnosti zmeny poradia zákaziek. Pre overenie správnosti nasadenia novej logiky riadenia zásobníku bude použitý EB-4_{out}. A to výpočtom PKG medzi EB-0_{plan} a EB-4_{out}.

Grafy závislosti obsadenosti zásobníku na hodnote PKG

Grafy závislosti obsadenosti zásobníku na hodnote PKG pre ideálny a reálny stav pomocou simulačného modelovania bolo potrebné aktualizovať. Konkrétne za 24. až 26. KT roku 2013. Grafy boli aktualizované na už vytvorených SM-IS a SM-RS. Zmenili sa len vstupné údaje podľa EB-1_{in} za 24. až 26. KT roku 2013. Výsledky sú predmetom Graf 12.

Graf 12 – Závislosť obsadenosti zásobníku na priemernej hodnote PKG pre SM-IS a SM-RS za 24. až 26. KT roku 2013. (vsp.)



Porovnaním Graf 12 a Graf 8 môžeme dôjsť k záveru, že trend priebehu závislosti obsadenosti zásobníku na priemernej hodnote PKG SM-IS sa nemení. Pri zvyšujúcej sa obsadenosti stúpa.

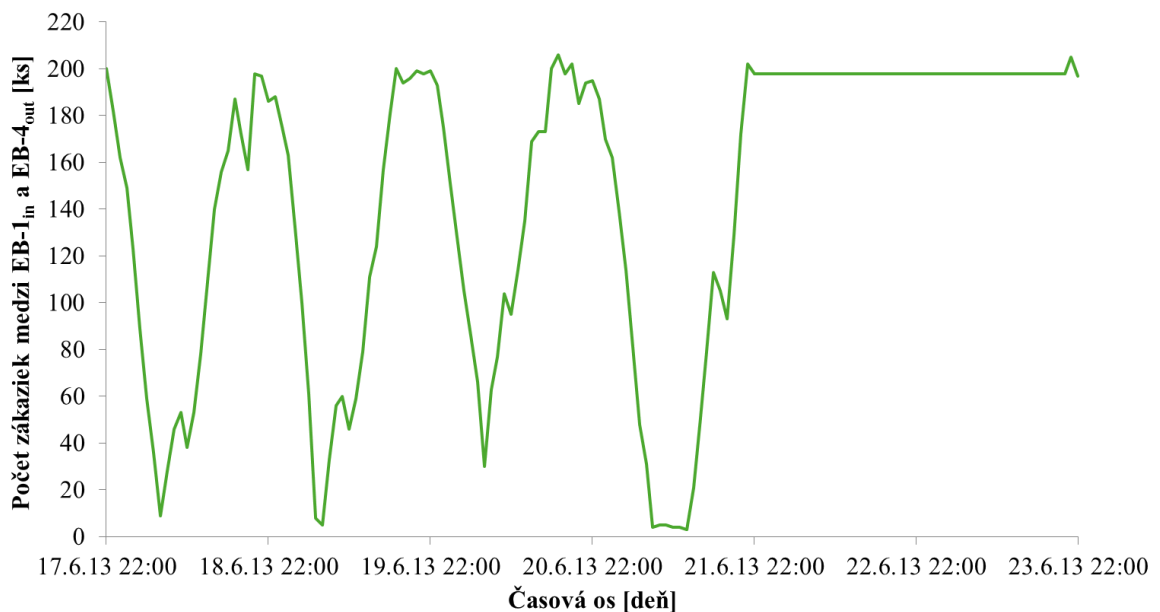
Zmena nastala v dosahovanej hodnote PKG pre SM-RS, ktorá je za 24. až 26. KT roku 2013 nižšia než za 48. až 50. KT roku 2011. Najvyššie dosahovaná hodnota PKG za 24. až 26. KT roku 2013 je medzi obsadenosťou 40 až 80 pozícií. Hodnota je rovná približne 91,00 % a výrazne sa nemení. Priebeh PKG SM-RS zobrazuje krivka polygónu 3. stupňa. Polygón 3. stupňa je daný rovnicou $y = 48 \cdot 10^{-5} \cdot x^3 - 0,01 \cdot x^2 + 1,01 \cdot x + 67,10$ s indexom determinácie³⁰ $R^2 = 0,9404$. Bola vykreslená v MS Excel z hodnôt PKG SM-RS za jednotlivé hodnoty obsadenosti zásobníku.

Zníženie dosahovanej hodnoty PKG za 24. až 26. KT roku 2013 je spôsobené nábehom nového modelu a integrovania nových zákaziek do MT zvarovne. Nový model tak znižuje kapacitu zásobníku používanú pre radenie zákaziek.

Zistenie priebehu obsadenosti zásobníku za 25. KT roku 2013

Pomocou simulačného modelovania bolo možné zistiť priebeh obsadenosti zásobníku za 25. KT roku 2013. Ten zobrazuje Graf 13. Obsadenosť zásobníku je medzi EB-1_{in} a EB-4_{out}.

Graf 13 – Časový priebeh obsadenosti zásobníku za zvarovňou medzi EB-1_{in} a EB-4_{out} v 25. KT roku 2013. (vsp.)



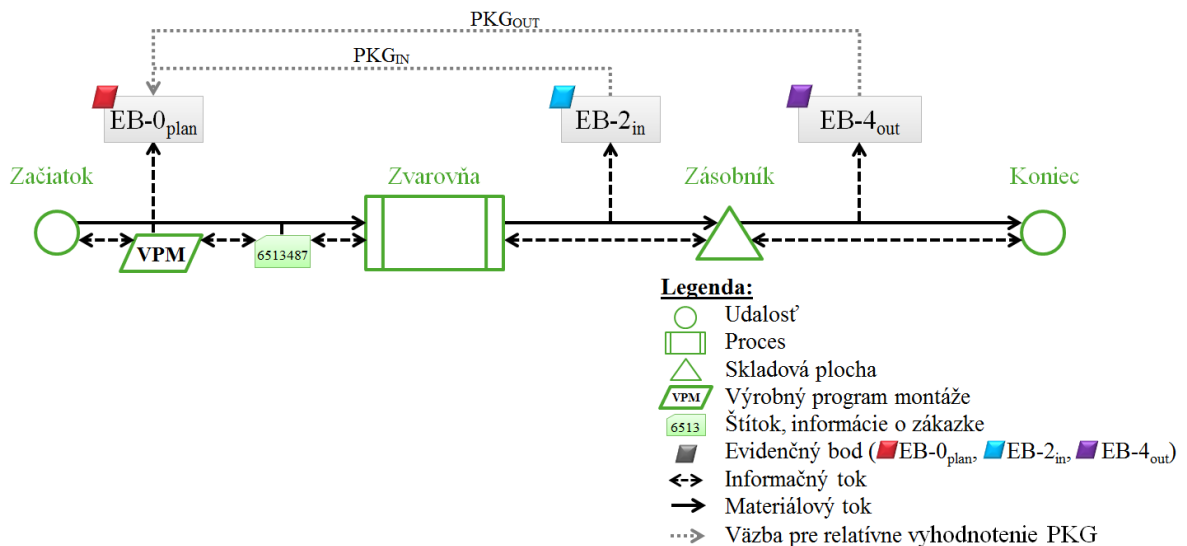
Obsadenosť zásobníku sa v priebehu dňa zreteľne mení. Je to spôsobené rozdielnymi zmenovými režimami medzi zvarovňou (dvojmenný) a lakovňou (trojmenný). Po 22:00 hodine sa zásobník vyprázdňuje, pretože v prevádzke je len lakovňa, ktorá zákazky odoberá. Po 6:00 hodine začína prevádzka zvarovni. Tá má rýchlejšie procesy, pretože behom dvoch zmien (rannej a popoludňajšej) musí naplniť zásobník na maximum, aby mohla vykryť dopyt lakovne po zákazkách v tretej zmene. Maximum naplnenia zásobníku (cca 200 zákaziek) je možný z dôvodu spoločného využitia jeho prvého, tretieho, štvrtého a piateho úseku.

³⁰ Index determinácie sa udáva v intervale (0, 1). V percentnom vyjadrení udáva, koľko percent variability nezávislej premennej vysvetľuje variabilitu závislej premennej. (Rost, 2011)

Obsadenosť zásobníku sa významne mení v hodinových intervaloch. Preto pre relevantnosť overenia správnosti nasadenia novej logiky riadenia zásobníku, budeme vychádzať z porovnania hodinových výpočtov PKG za stavu reálneho v. simulačného.

Grafy hodinového priebehu PKG a ich rozbor

Za jednotlivé dni 25. KT roku 2013 bolo postupne z výsledkov reálneho procesu vypočítané hodinové PKG. Jednalo sa o výpočet PKG medzi EB-0_{plan} a EB-2_{in} v. PKG medzi EB-0_{plan} a EB-4_{out}. Pre zjednodušenie budem PKG medzi EB-0_{plan} a EB-2_{in} značiť ako PKG_{IN} a PKG medzi EB-0_{plan} a EB-4_{out} ako PKG_{OUT-RS}. Princíp vid' Obr. 63.

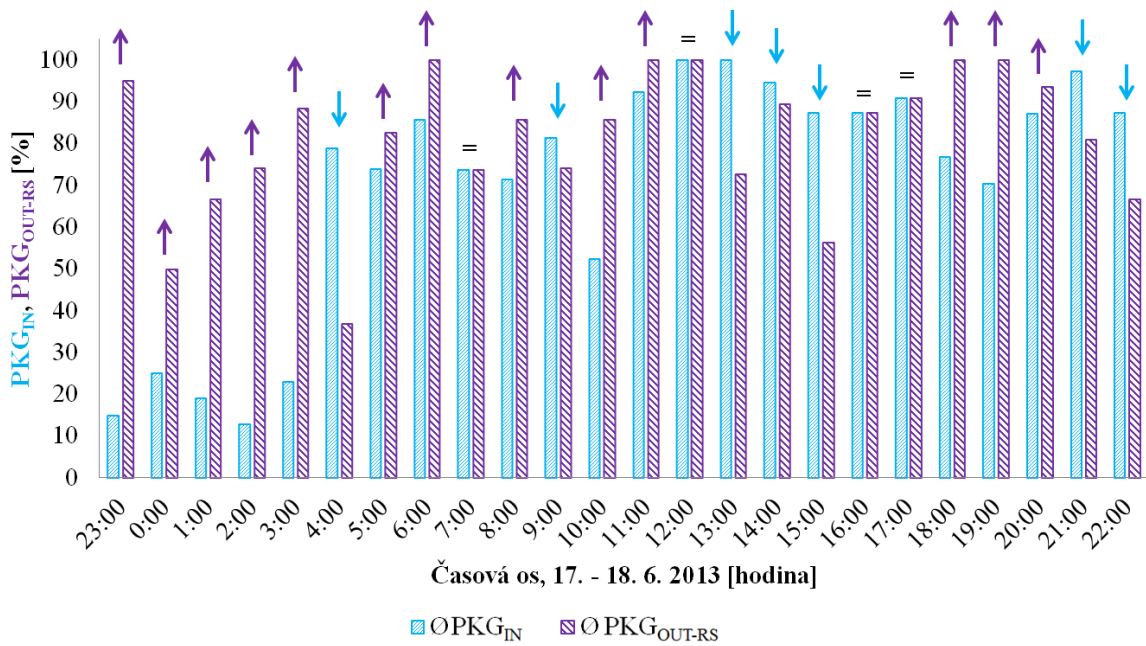


Obr. 63 – Princíp výpočtu hodinových PKG_{IN} a PKG_{OUT-RS}.

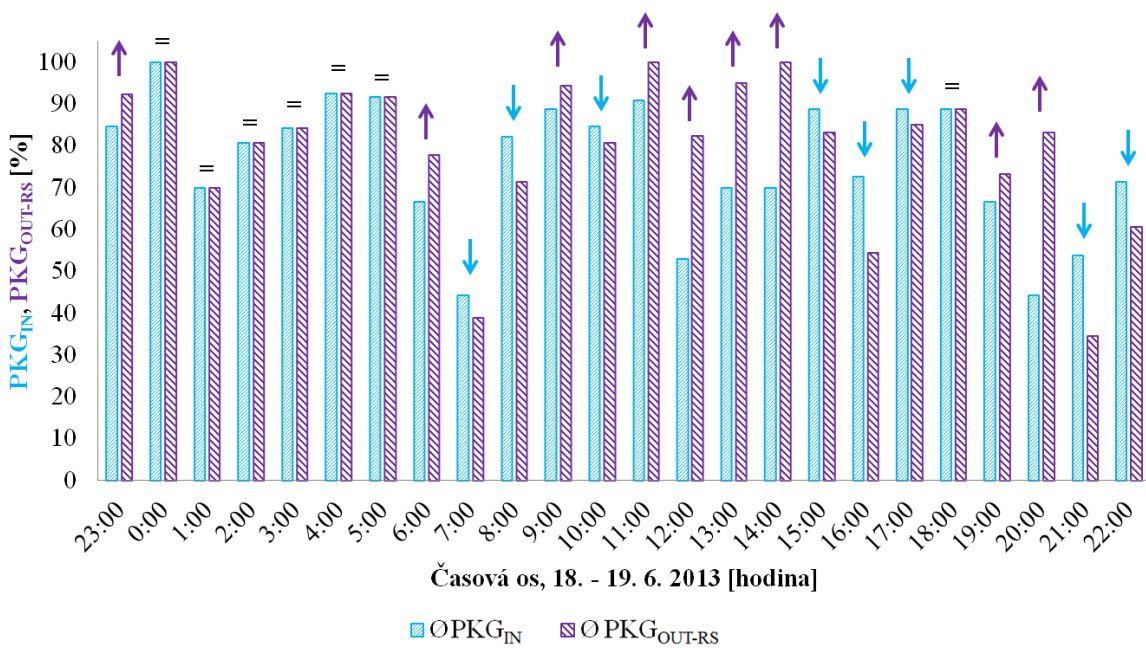
Predpoklad porovnania PKG uviedla Rovnica 14 (R19): $PKG_{IN} < PKG_{OUT-RS}$. Porovnanie hodinových hodnôt PKG_{IN} a PKG_{OUT-RS} za jednotlivé dni 25. KT³¹ roku 2013 znázorňujú postupne stĺpcové grafy: Graf 14, Graf 15, Graf 16 a Graf 17.

³¹ Prvý deň 25. KT do 23:00 hodiny, to jest 17. 6. 2013, nie je vyhodnotený z dôvodu časového posunu medzi naskladnenými a vyskladnenými zákazkami zásobníku za zvarovňou. Ide o zrovnanie časovej rady medzi EB-2_{in} a EB-4_{out}.

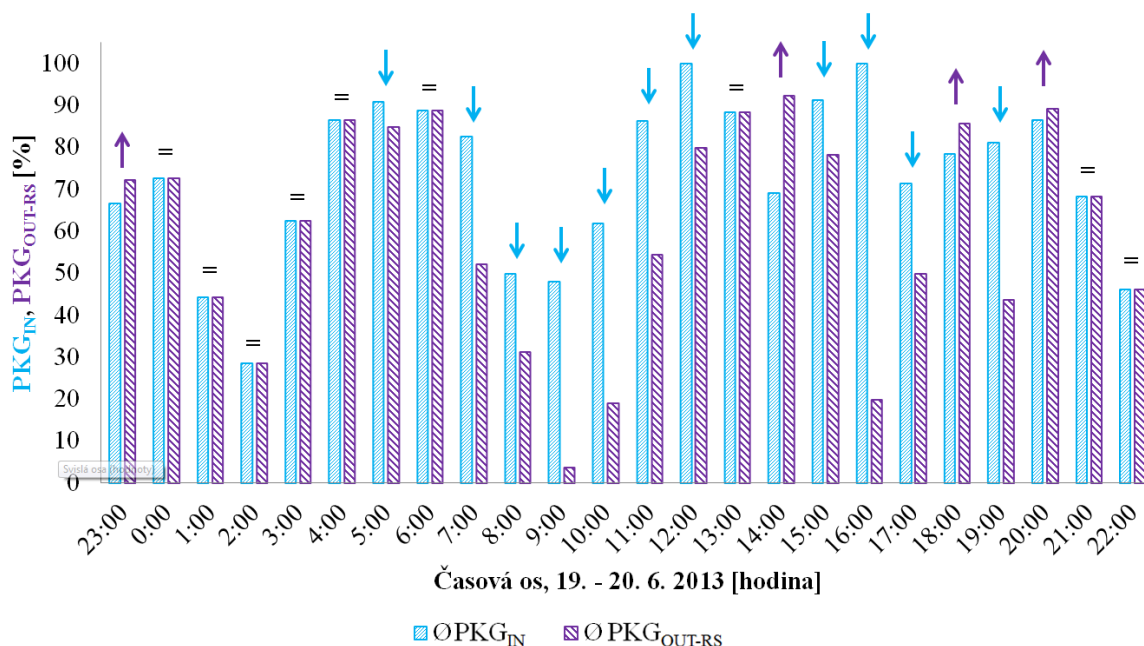
Graf 14 – Hodinové porovnanie hodnôt PKG_{IN} s PKG_{OUT-RS} za 17. – 18. 6. 2013. (vsp.)



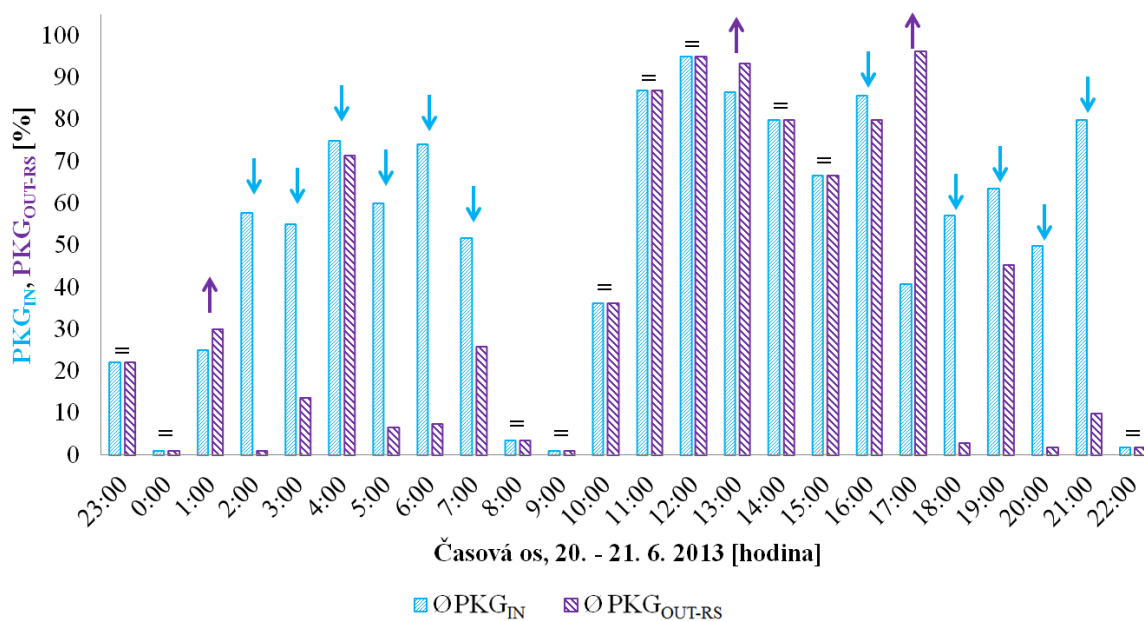
Graf 15 – Hodinové porovnanie hodnôt PKG_{IN} s PKG_{OUT-RS} za 18. – 19. 6. 2013. (vsp.)



Graf 16 – Hodinové porovnanie hodnôt PKG_{IN} s PKG_{OUT-RS} za 19. – 20. 6. 2013. (vzp.)



Graf 17 – Hodinové porovnanie hodnôt PKG_{IN} s PKG_{OUT-RS} za 20. – 21. 6. 2013. (vzp.)



Priebeh PKG sa v hodinových intervaloch mení. V nočných hodinách majú tendenciu stagnovať. V dopoludňajších hodinách dochádza k zvýšeniu hodnôt PKG_{OUT-RS} . V odpoľudňajších hodinách k ich zníženiu.

Dôvodom je postupný nárast obsadenosti zásobníku. Zvýšená obsadenosť zároveň znižuje možnosť radenia zákaziek. Behom dvoj-zmennej prevádzky zvarovne musí dôjsť k zaplneniu zásobníku za zvarovňou, aby následná trojzmenná prevádzka lakovne mala dostatočný počet zákaziek k odberu. Prehľad výsledkov uvádza Tab. 42.

Tab. 42 – Prehľad vyhodnotenia PKG_{IN} a PKG_{OUT-RS} za 25. KT roku 2013. (vsp.)

Stav	Znak	Matematický popis	Početnosť	$PKG_{OUT-RS} - PKG_{IN}$
Zhoršenie	↓	$PKG_{IN} > PKG_{OUT-RS}$	37	Medián = -20,83 %
Zachovanie	=	$PKG_{IN} = PKG_{OUT-RS}$	30	–
Zlepšenie	↑	$PKG_{IN} < PKG_{OUT-RS}$	30	Medián = 18,68 %

Priebeh PKG_{IN} a PKG_{OUT-RS} je oproti dňom 17. až 19. 6. 2013 iný než 20. až 21. 6. 2013.

Dokonca nočný priebeh PKG_{IN} a PKG_{OUT-RS} z 20. na 21. 6. 2013 je výrazne odlišný. Z odlišnosti výsledkov sa dá predpokladať, že v rámci riadenia zásobníku za zvarovňou došlo k neštandardným situáciám.

Neštandardné situácie v danom období boli spätne potvrdené dispečingom zvarovne. Tieto situácie uvádza Tab. 43.

Tab. 43 – Prehľad neštandardných situácií za sledovaný 25. KT 2013. (vsp.)

Neštandardná situácia	Opatrenie	Čas trvania
Obmedzenie v prevádzke	Vypnutie novej logiky riadenia, manuálne riadenie FIFO.	17. 6. 2013, 21:00 – 22:00
Porucha čítacieho zariadenia	Vypnutie novej logiky riadenia, manuálne riadenie.	18. 6. 2013 18:00 – 19:00
Porucha zbernice	Vypnutie novej logiky riadenia, obnovenie pôvodnej logiky riadenia FIFO.	18. 6. 2013 19:00 – 22:00
Obmedzenie v prevádzke	Vypnutie novej logiky riadenia, manuálne riadenie FIFO.	19. 6. 2013 19:00 – 22:00
Porucha zbernice	Vypnutie novej logiky riadenia, obnovenie pôvodnej logiky riadenia FIFO.	20. 6. 2013 16:30 – 22:00
Porucha dopravníkovej techniky	Vypnutie novej logiky riadenia, manuálne riadenie.	21. 6. 2013 20:40 – 22:00

Dôsledky jednotlivých neštandardných situácií môžeme sledovať v grafoch hodinového porovnania hodnôt PKG_{IN} s PKG_{OUT-RS} . Napr. FIFO riadenie poznáme v grafoch ako miesta s výskytom rovnakých hodnôt PKG_{IN} a PKG_{OUT-RS} . Manuálne riadenie sa prejavuje v grafoch hodinového priebehu ako výrazný pokles PKG_{OUT-RS} oproti PKG_{IN} .

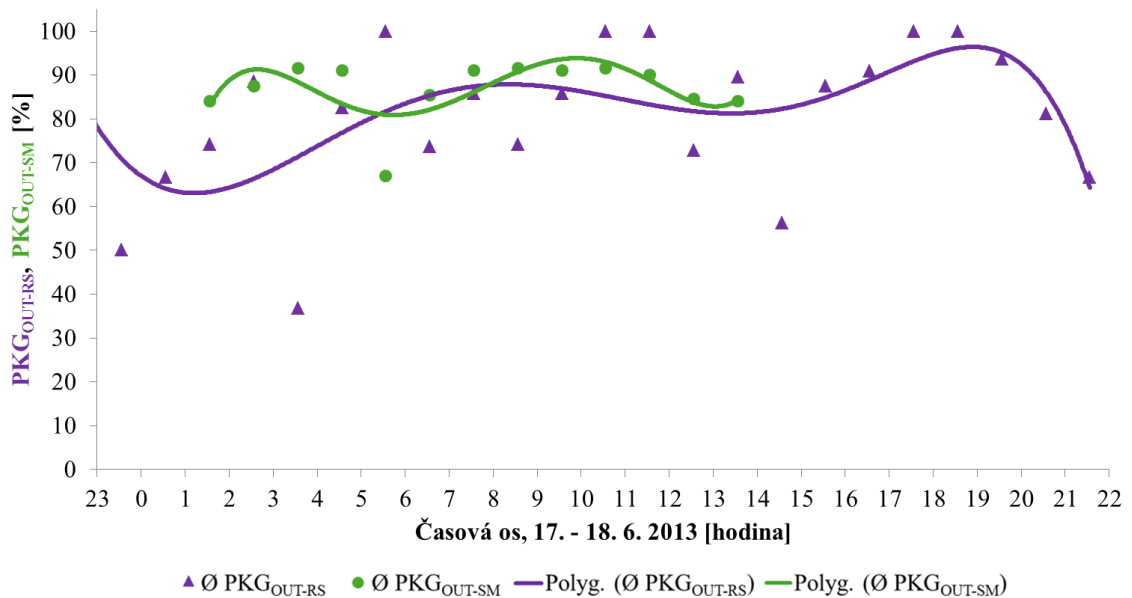
Vyhodnotenie priebehu PKG reálny proces v. simulačné modelovanie

Pre výsledky simulačného modelovania bol opäť použitý model SM-RS. Vstupné údaje pre simulačné experimenty boli údaje z EB-2_{in} za 24. až 26. KT roku 2013. Na výstupe ViEB-4_{out} sme sledovali hodnoty poradia zákaziek. Tie v rámci interpretácie výsledkov zo simulačného modelovania boli spracované do hodinového vyhodnotenia PKG medzi EB-0_{plan} a ViEB-4_{out} (značené ďalej ako PKG_{OUT-SM}).

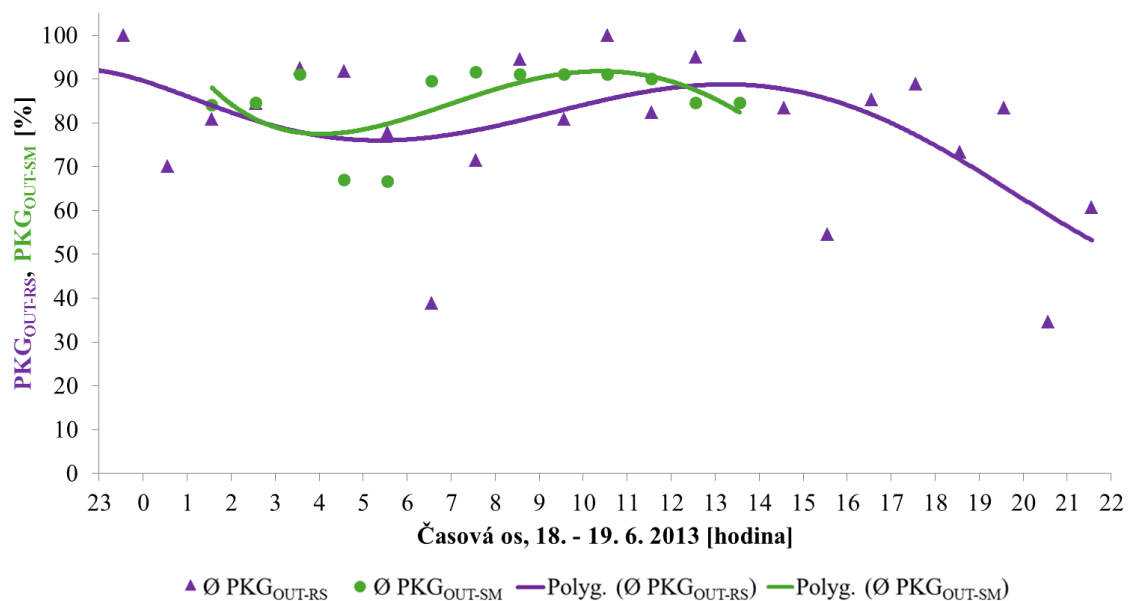
Pre vzájomné porovnanie PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} bolo nutné vytvoriť grafy závislosti času na hodinových výsledkoch PKG. Pre lepšiu vypovedajúcu schopnosť som tieto krivky preložil polynómom. Jednotlivé rovnice polynómov s indexmi determinácie obsahuje Príloha 28.

Polynómami sme dostali hladké priebehy kriviek PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} . Vzájomne môžeme porovnávať ich trend. Porovnanie PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} za 25. KT zahrňujú Graf 18, Graf 19, Graf 20 a Graf 21.

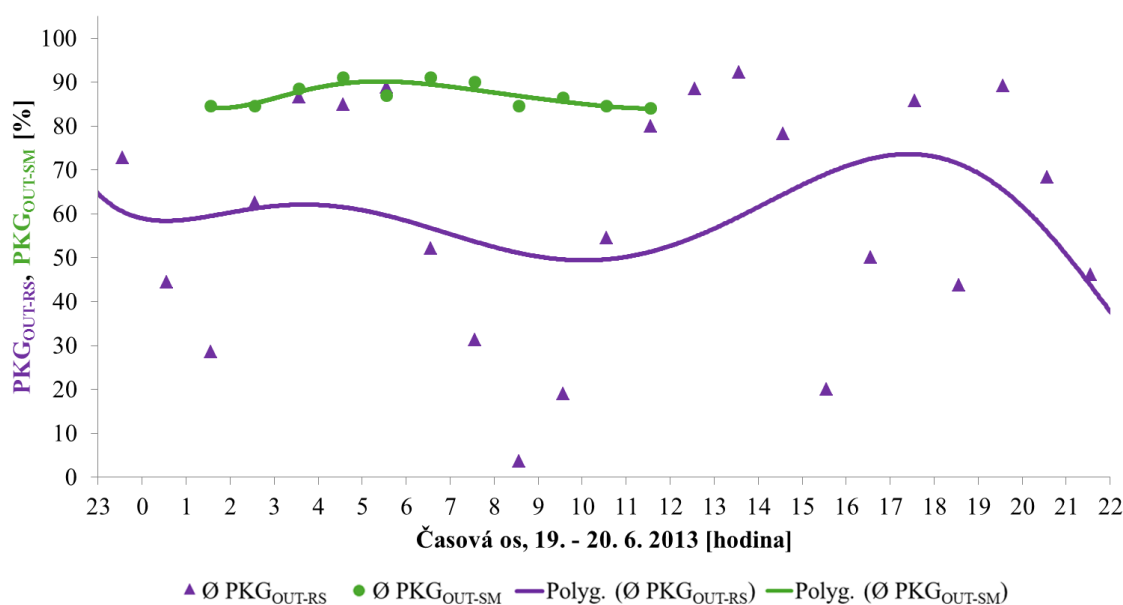
Graf 18 – Priebeh PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} za 17. – 18. 6. 2013. (vsp.)



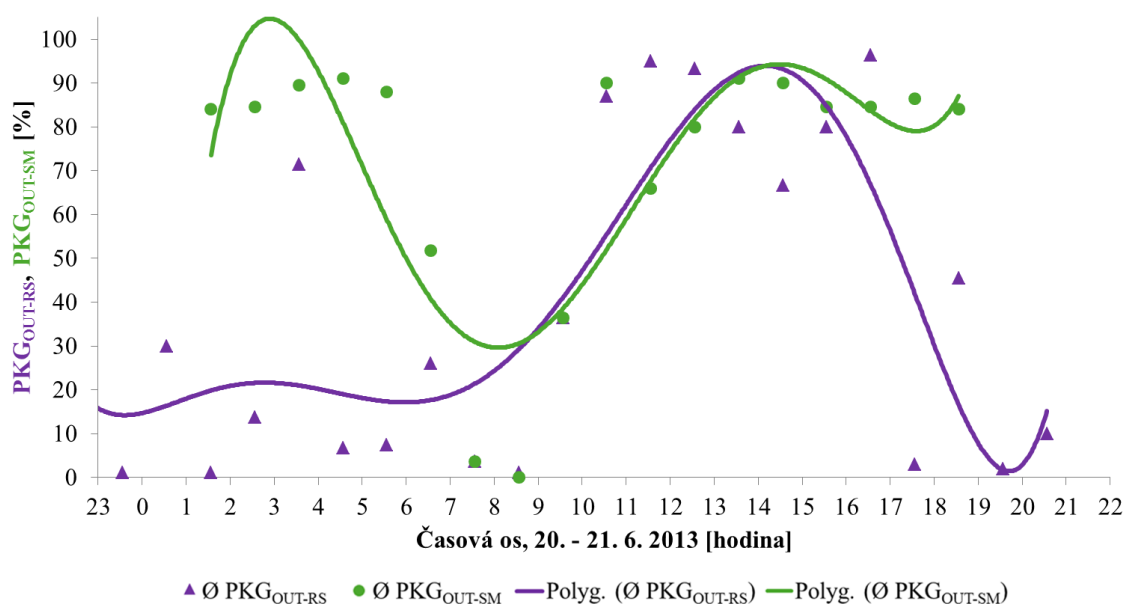
Graf 19 – Priebeh PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} za 18. – 19. 6. 2013. (vsp.)



Graf 20 – Priebeh PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} za 19. – 20. 6. 2013. (vsp.)



Graf 21 – Priebeh PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} za 20. – 21. 6. 2013. (vsp.)



Od 17. 6. 2013 22:00 hod. do 19. 6. 2013 22:00 hod. (Graf 18, Graf 19) je trend kriviek PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} podobný. Dosažené výsledky z reálneho procesu boli pre tieto dni potvrdené simulačným modelovaním.

Od 19. 6. 2013 22:00 hod. do 21. 6. 2013 9:00 hod. je trend kriviek odlišný. Odlišnosť je spôsobená neštandardnými situáciami, ktoré nastali v prevádzke (viď Tab. 43). Od 21. 6. 2013 9:00 hod. je trend kriviek opäť podobný.

Na základe porovnania trendu kriviek polygónov PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} môžem konštatovať, že implementovaná nová logika riadenia zásobníku za zvarovňou bola overená. Zásobník za zvarovňou radí zákazky do poradia podľa $EB-0_{plan}$.

Presné určenie, o koľko sa zlepšil proces radenia zákaziek do pôvodného stavu, je potrebné analyzovať z rozsiahlejšieho časového intervalu. Porovnaním hodnôt PKG_{IN} , PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} za vyhodnotený časový interval 25. KT roku 2013 sme dospeli k záveru, že novo implementovaná logika riadenia túto činnosť vykonáva.

10.5.7 Analýza dodržania poradia zákaziek za 25. KT roku 2013

V tejto analýze sa snažíme určiť odstup poradia zákaziek v danom mieste materiálového toku od ich pôvodne sledovaného poradia. V našom prípade medzi $EB-0_{plan}$ a $EB-2_{in}$ a $EB-0_{plan} \rightarrow EB-4_{out}$.

Ide o posledné vyhodnotenie novo implementovanej logiky riadenia. Graf z tejto analýzy ukáže, ako sa zákazky po prechode zásobníkom za zvarovňou priblížili k hodnote na $EB-0_{plan}$.

Kľúčom v tejto analýze je stanoviť veľkosť korekcie posunu. To znamená, vytvoriť nulu v poradí, od ktorej budeme odstup poradia stanovovať.

Využijeme pritom metodiku podľa Štočka a Karpety (2010)³². Veľkosť korekciu posunu (vytvorenie nuly) stanovujú:

- Buď ako hodnotu s najčastejším výskytom z výsledných hodnôt jednotlivých zákaziek SQA_i . To jest $MODUS(SQA_i)$.
- Alebo ako hodnotu, ktorá predeľuje radu postupne zoradených výsledkov na dve rovnaké početné skupiny. To jest $MEDIÁN(SQA_i)$.

Z vypočítaných hodnôt SQA_i medzi $EB-0_{plan}$ a $EB-2_{in}$ som zistil, že hodnota $MODUS(SQA_i) = 26$ a $MEDIÁN(SQA_i) = 12$.

Na základe grafov závislosti početnosti SQA_i na hodnote SQA_i uvedených v Príloha 29, som zvolil za hodnotu korekcie posunu $MEDIÁN(SQA_i)$.

Následne je potrebné porovnať, ako sa zmenilo poradie medzi ($EB-0_{plan} \rightarrow EB-2_{in}$) a ($EB-0_{plan} \rightarrow EB-4_{out}$). Z dôvodu lepšej priehľadnosti zavádzam označenia:

- SQA_{IN} pre $(SQA_i - MEDIÁN(SQA_i))$ medzi $EB-0_{plan}$ a $EB-2_{in}$.
- SQA_{OUT} pre $(SQA_i - MEDIÁN(SQA_i))$ medzi $EB-0_{plan}$ a $EB-4_{out}$.

Princíp, jak došlo k výpočtu hodnôt SQA_{IN} a SQA_{OUT} podľa metodiky Štočka a Karpety uvádza Príloha 30.

Po vypočítaní všetkých hodnôt SQA_{IN} a SQA_{OUT} zo sledovaných časových intervalov bolo možné určiť, či sa poradie zákaziek medzi vstupom do zásobníku zlepšuje, alebo zhoršuje. Číselné porovnanie uvádza Tab. 44.

Tab. 44 – Číselné porovnanie poradia zákaziek v daných intervaloch medzi ($EB-0_{plan} \rightarrow EB-2_{in}$) a ($EB-0_{plan} \rightarrow EB-4_{out}$) podľa SQA_{IN} a SQA_{OUT} (vsp.)

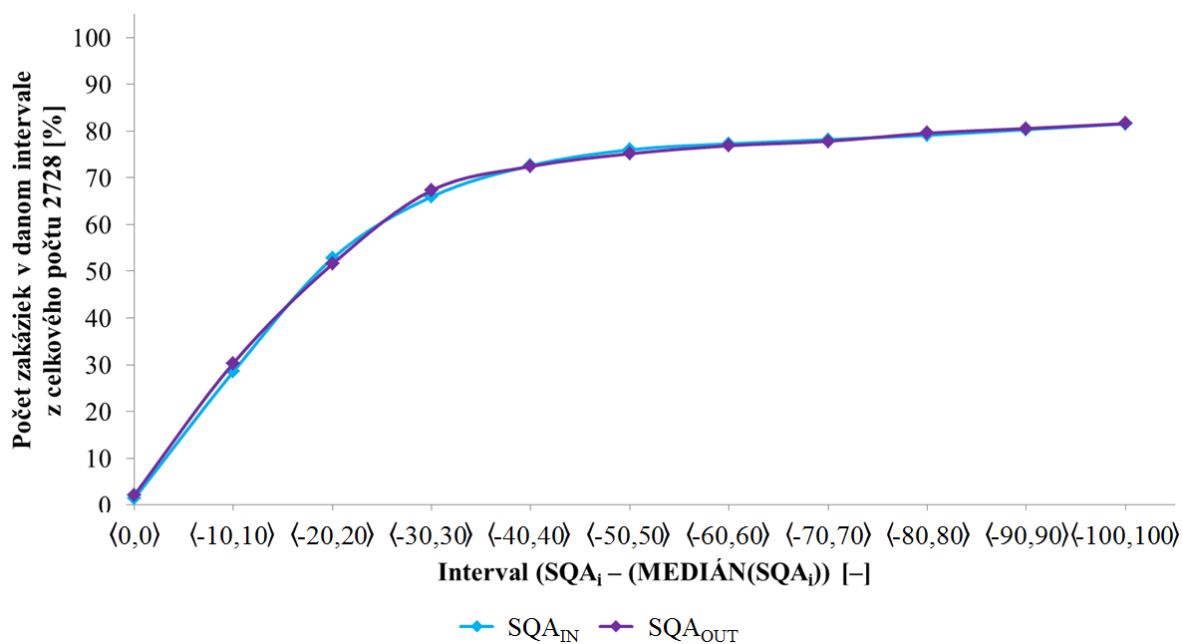
Interval	Počet zákaziek v danom intervale		Počet zákaziek v danom intervale k celkovému počtu		Stav
	SQA_{IN}	SQA_{OUT}	SQA_{IN}	SQA_{OUT}	
$\langle -1, 1 \rangle$	37	57	1,36 %	2,09 %	↑
$\langle -10, 10 \rangle$	778	828	28,52 %	30,35 %	↑

³² Použitím metodiky Štočka a Karpety (2010) predídeme odlišným výsledkom pri opakovaní analýzy z dôvodu menšieho počtu údajov (oproti vyhodnoteniu PKG).

Interval	Počet zákaziek v danom intervale		Počet zákaziek v danom intervale k celkovému počtu		Stav
	SQA_{IN}	SQA_{OUT}	SQA_{IN}	SQA_{OUT}	
$\langle -20, 20 \rangle$	1439	1406	52,75 %	51,54 %	↓
$\langle -30, 30 \rangle$	1799	1836	65,95 %	67,30 %	↑
$\langle -40, 40 \rangle$	1981	1976	72,62 %	72,43 %	↓
$\langle -50, 50 \rangle$	2073	2050	75,99 %	75,15 %	↓
$\langle -60, 60 \rangle$	2108	2097	77,27 %	76,87 %	↓
$\langle -70, 70 \rangle$	2132	2123	78,15 %	77,82 %	↓
$\langle -80, 80 \rangle$	2158	2170	79,11 %	79,55 %	↑
$\langle -90, 90 \rangle$	2191	2197	80,32 %	80,54 %	↑
$\langle -100, 100 \rangle$	2225	2226	81,56 %	81,60 %	↑
$\langle -150, 150 \rangle$	2401	2389	88,01 %	87,57 %	↓
$\langle -200, 200 \rangle$	2542	2560	93,18 %	93,84 %	↑
$\langle -300, 300 \rangle$	2692	2699	98,68 %	98,94 %	↓
$\langle -400, 400 \rangle$	2712	2714	99,41 %	99,49 %	↑
$\langle -500, 500 \rangle$	2719	2719	99,67 %	99,67 %	=
$\langle -1000, 1000 \rangle$	2726	2726	99,93 %	99,93 %	=
$\langle -1500, 1500 \rangle$	2728	2728	100,00 %	100,00 %	=

Z číselných hodnôt Tab. 44 môžeme interpretovať, že zásobník za zvarovňou ovplyvňuje poradie zákaziek. Napr. v správnom poradí (nulovom odstupe) vyskladnil o 20 zákaziek viac, než naskladnil. Nemôžeme však potvrdiť, že nová logika riadenia poradie zákaziek výrazne zlepšuje. To potvrdzuje aj čiastočné prekrývanie kriviek hodnôt SQA_{IN} a SQA_{OUT} v Graf 22.

Graf 22 – Graf závislosti počtu zákaziek k celkovému počtu v % na intervale posunu. (vsp.)

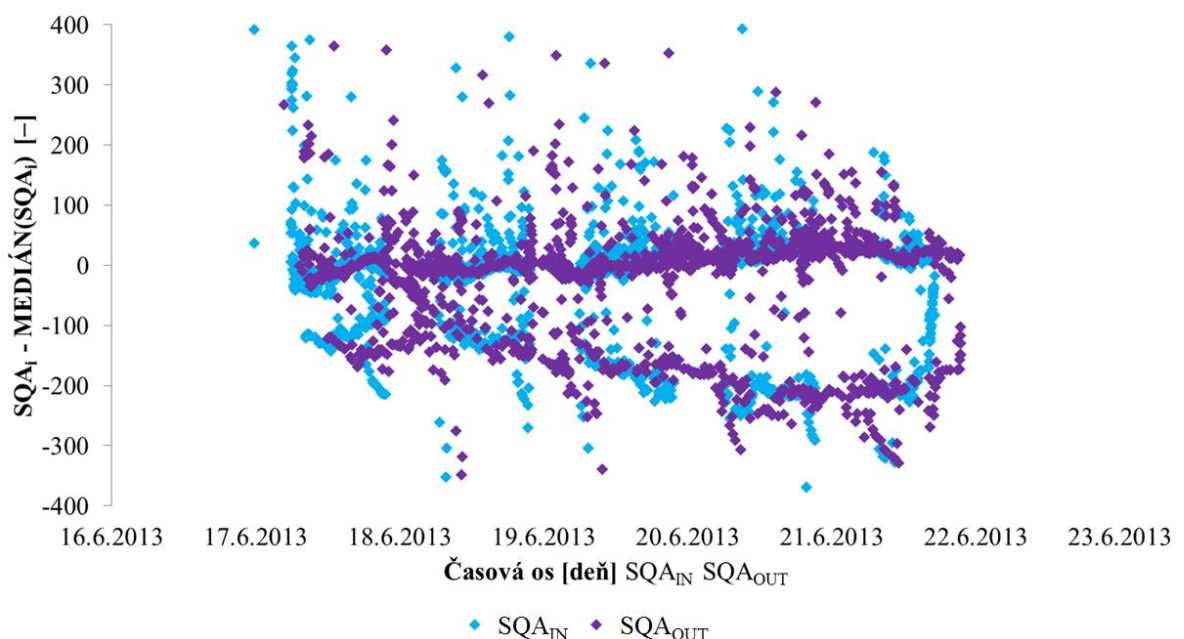


Graf 22 zobrazuje, koľko zákaziek je percentuálne zastúpených v danom intervale ($SQA_i - (MEDIÁN(SQA_i))$). Napr. interval $\langle -10, 10 \rangle$ od nulovej hodnoty v SQA_{IN} prezentuje hodnotu 28,52 %. Z celkového počtu 2728 zákaziek je to 778 zákaziek. V SQA_{OUT} je to 30,35 % zákaziek, čo je z celkového počtu 828 zákaziek. Znamená to, že zásobník znížil odchýlku zákaziek od pôvodného poradia väčšiu ako $\langle -10, 10 \rangle$ o 1,83 %, teda o necelých 50 zákaziek.

Zároveň vidíme, že efekt radenie zákaziek do pôvodného poradia sa od intervalu $\langle -20, 20 \rangle$ mení. Zlepšuje aj zhoršuje. Dokazuje to, že zásobník ovplyvňuje poradie zákaziek. K zásadnému zlepšeniu nedochádza.

Ďalej môžeme analýzu dodržania poradia zobrazit' medzi $(EB-0_{plan} \rightarrow EB-2_{in})$ a $(EB-0_{plan} \rightarrow EB-4_{out})$ prostredníctvom hodnôt SQA_{IN} a SQA_{OUT} v bodovom grafe (viď Graf 23).

Graf 23 – Analýza dodržania poradia na SQA_{IN} a SQA_{OUT} za 25. KT roku 2013. (vsp.)



Graf 23 som vytvoril samostatne v programe MS Excel. Inšpiráciou mi bol graf používaný k analýze dát v spoločnosti ŠKODA AUTO. Ten dokážu vygenerovať automaticky prostredníctvom interného programu „Analyzer of production processes“ (viď literatúru Štoček a Karpeta, 2010).

Graf 23 na ose y ($SQA_i - (MEDIÁN(SQA_i))$) predstavuje odchýlenie zákazky od jej pôvodného poradia. ($MEDIÁN(SQA_i)$ pre SQA_{IN} bol rovný číslu 12.

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 v Graf 23 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.

10.6 Možnosť univerzálneho využitia implementácie metódy Perlového náhrdelníku na zásobník

Za splnenia konkrétnych podmienok môžeme implementáciu metódy PN na zásobník využiť pre rôzne veľkosériové až hromadné výroby, v ktorých priradzujeme výrobkom konkrétne zákazky.

Implementácia sa neobmedzuje na žiadnu konkrétnu výrobnú oblasť. Konkrétne riešená implementácia metódy PN na zásobník za zvarovňou je prezentovaná ako názorný príklad.

Pre univerzálne využitie implementácie PN zmenou logiky riadenia zásobníku platia tieto obmedzujúce podmienky:

- Radenie zákaziek odpovedá dlhodobým a krátkodobým cieľom výrobných spoločností.
- Výrobná spoločnosť sleduje rozpracovanosť zákaziek v konkrétnych miestach MT prostredníctvom nadradeného programu.
- Výrobná spoločnosť zaznamenáva poradie zákaziek, podľa ktorého bude implementácia metódy PN prostredníctvom novej logiky riadenia zásobníku fungovať.
- Výrobná spoločnosť má k dispozícii zásobník, ktorý je konštrukčne a technologicky vhodný pre radenie zákaziek (napr. má viac vetiev dopravníkovej techniky s možnosťou presúvania zákaziek medzi nimi).
- Vybraný zásobník je súčasťou konkrétnej výrobných oblastí. Výrobná oblasť je daná štruktúrou výrobných spoločností.
- Implementácia metódy PN neovplyvní primárne stanovenú funkciu zásobníku. Zároveň neohrozí, ani neobmedzí plynulý chod výrobných oblastí.

Pri splnení týchto podmienok nadobúda implementácia metódy PN na zásobník univerzálne využitie. Preto môžeme vo všeobecnom pojatí hovoriť o implementácii metódy PN na zásobník za výrobnou oblasťou.

10.7 Perlový náhrdelník a poistná zásoba

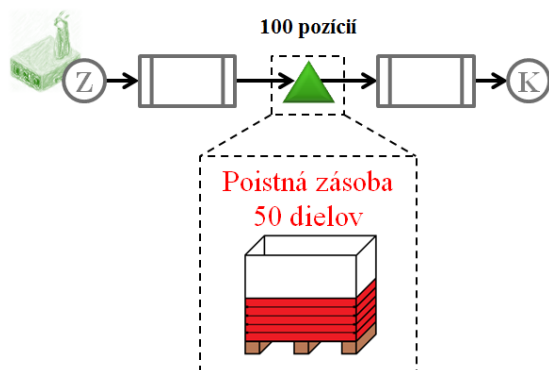
Niektorí finálni výrobcovia už podľa autorov Schwob a Choc (2007) dodržia fixnú, nemennú sekvenciu niekoľko dní pred zahájením výroby. Nepredvídateľné výpadky v rozpracovanosti riešia finálni výrobcovia poistnou (bezpečnostnou) zásobou.

Veľkosť poistnej zásoby, ktorú finálni výrobcovia udržia, závisí (okrem iného) od kapacity zásobníku a dosahovanej hodnoty ukazovateľa *PGK* metódy PN.

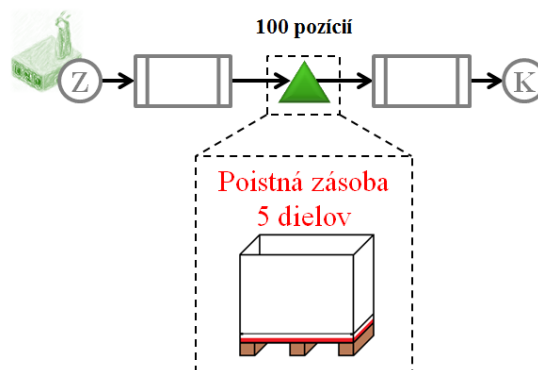
Sústredíme sa len na kapacitu zásobníku a hodnotu *PGK*. V teoretickej rovine sa uvažuje, že pri hodnote $PGK = 100\%$ nie je potrebná žiadna poistná zásoba. Pre prax to znamená, že dôjde k absolútnej zhode poradia zákaziek medzi plánovaným výrobným programom a reálnou výrobou.

Pokiaľ k tejto 100% zhode nedôjde, minimálna veľkosť poistnej zásoby je teoreticky stanovená ako rozdiel medzi 100 % a aktuálne dosiahnutou hodnotou *PGK*. Poistnú zásobu teda môžeme znížiť zvýšením hodnoty *PGK*. Teoretický príklad znázorňuje Obr. 64.

a) Dosahované **PKG = 50 %**



b) Dosahované **PKG = 95 %**



Legenda:

- Udalosť, začiatok, koniec
- Proces
- ▲ Skladová plocha, zásobník
- Materiálový tok
- Finálny výrobca
- Minimálna poistná zásoba

Obr. 64 – Teoretický príklad zníženia minimálnej poistnej zásoby dielov prostredníctvom zvýšenia hodnoty ukazovateľa PKG metódy Perlového náhrdelníku. (vsp.)

Podľa Obr. 64 a) udržuje finálny výrobca v zásobníku stálu rozpracovanosť v počte 100 zákaziek. Zhoda jeho plánovaného výrobného programu s reálnou výrobou je $PKG = 50\%$. Z dôvodu nemenného výrobného programu by mal finálny výrobca teoreticky udržiavať minimálnu poistnú zásobu rovnú 50 dielom³³. V prípade nepredvídaných výpadkov priradí týmto dielom konkrétnu zákazku.

Finálny výrobca (Obr. 64 b)) zvýšil zhodu plánovaného výrobného programu s reálnou výrobou na $PKG = 95\%$. Napr. úpravou výrobných procesov, zmenou materiálového toku. Stála rozpracovanosť v zásobníku ostala nezmenená (100 dielov). S ohľadom na to, že s 95% presnosťou bude zachované poradie zákaziek, môže minimálnu poistnú zásobu znížiť z 50 na 5 dielov. Tým dôjde k zmenšeniu skladovej plochy a zníženiu skladových zásob.

10.7.1 Zvyšovanie kapacity zásobníku za účelom zvýšenia hodnoty PKG s ohľadom na poistnú zásobu

Výsledky experimentov SM-IS uvedené v Graf 8 preukázali³⁴, že spoločne so zvyšujúcou sa obsadenosťou zásobníku sa zvyšuje aj hodnota PGK .

Táto skutočnosť môže viesť k tomuto predpokladu:

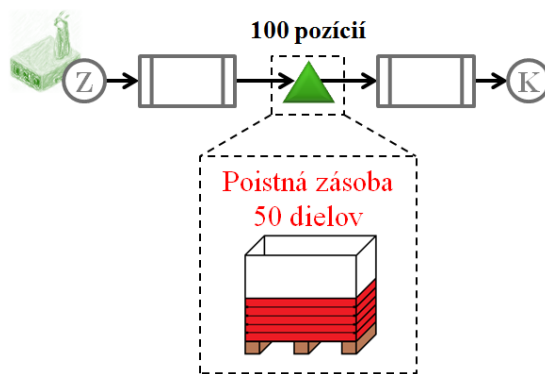
- Pre zvýšenie hodnoty PGK je dostačujúce zmeniť logiku riadenia zásobníku tak, aby pri vyskladnení radil zákazky podľa požadovaného poradia, a súčasne navýšil kapacitu zásobníku.

Zvyšovanie kapacity zásobníku povedie aj k zvyšovaniu poistnej zásoby. Teoretický príklad znázorňuje Obr. 65.

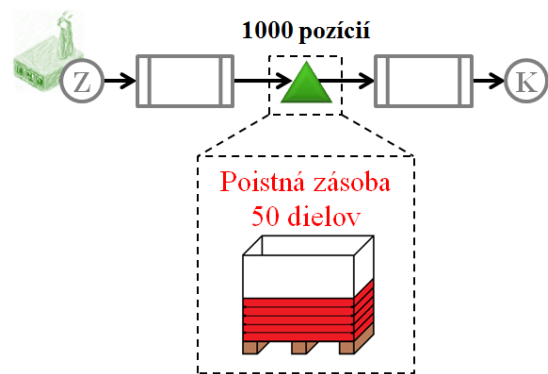
³³ Je to teoretický príklad výhradne posudzovaný z hľadiska princípu metódy Perlového náhrdelníku. Nie je tu uvažovaná komplexita a ďalšie faktory vplyvajúce na výpočet poistnej zásoby.

³⁴ Pri obsadenosti zásobníku 1 zákazka je $PKG(EB-0_{plan} \rightarrow ViEB-4_{out}) \cong 85\%$ a pri obsadenosti 130 zákaziek $PKG(EB-0_{plan} \rightarrow ViEB-4_{out}) \cong 95\%$.

a) Dosahované **PKG = 50 %**



b) Dosahované **PKG = 95 %**



Legenda:

- Udalosť, začiatok, koniec
- Proces
- ▲ Skladová plocha, zásobník
- Materiálový tok
- Finálny výrobca
- Minimálna poistná zásoba

Obr. 65 – Teoretický príklad nevhodného zvyšovania kapacity zásobníku za účelom zvýšenia hodnoty ukazovateľa PKG metódy Perlového náhrdelníku a vplyv na veľkosť poistnej zásoby. (vsp.)

Popis Obr. 65 a) je rovnaký ako u Obr. 64 a). Finálny výrobca udržiava stálu rozpracovanosť 100 zákaziek, pričom zhoda plánovaného programu s reálnou výrobou dosahuje $PKG = 50\%$. Preto udržiava finálny výrobca minimálnu poistnú zásobu rovnú 50 dielom.

U Obr. 65 b) dosiahol finálny výrobca hodnotu $PKG = 95\%$ výhradne zvýšením kapacity zásobníku. Kapacitu zásobníku a zároveň rozpracovanosť zákaziek zvýšil zo 100 na 1 000. Opäť však platí, že musí udržiavať poistnú zásobu rovnú 5 % z rozpracovanosti. To predstavuje 50 dielov. Veľkosť poistnej zásoby tak ostala nezmenená.

10.7.2 Účel nasadenia Perlového náhrdelníku, resp. konceptu Stabilného poradia zákaziek na zásobník za výrobnou oblasťou

Metóda PN, ktorá spadá do samotného konceptu SPZ, má primárne viesť k ušetreniu finančných prostriedkov formou minimalizácie skladových zásob a redukcie skladových priestorov. To znázorňuje v teoretickom poňatí aj Obr. 64.

Je nevhodné zvyšovať kapacitu zásobníkov (a zároveň stavať nové zásobníky) len za účelom zvýšenia hodnoty PKG. Je to z dôvodu, že zvýšenie kapacity zásobníku zároveň vedie k zvýšeniu rozpracovanosti zákaziek a poistných zásob (Obr. 65).

Konštatujem, že implementácia metódy Perlového náhrdelníku na zásobník za výrobnou oblasťou má byť riešená ako podporná, doplňujúca funkcia zásobníku.

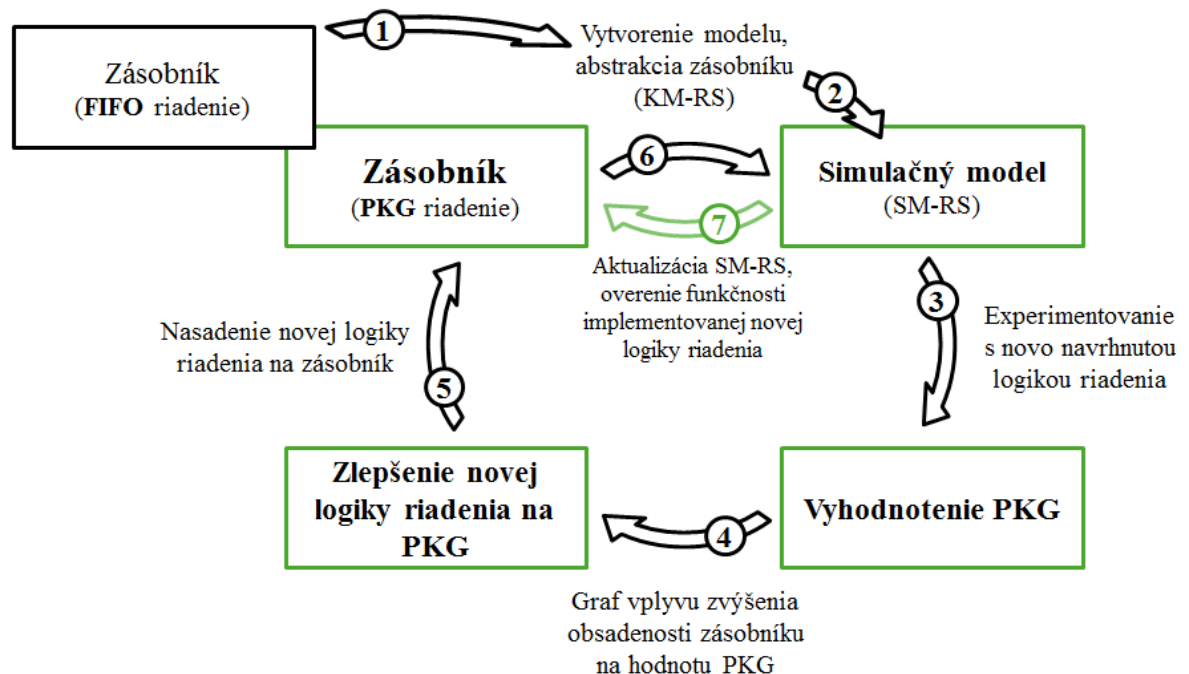
Podpornú funkciu zásobníku nie je možné zamieňať s jeho hlavnou funkciou, a to napr. vyrovnávaním rozdielov medzi dvoma procesmi, výrobnými oblasťami (napr. rozdiely v časovom fonde, spoľahlivosti, rozpracovanosti apod.).

Aby sme boli v súlade s konceptom SPZ a je metódami PN a OPZ, je nutné uviesť nasledujúcu podmienku:

- Dodržať, aby implementácia metódy Perlového náhrdelníku na zásobník za výrobnou oblasťou, teda cieľené radenie zákaziek do požadovaného poradia, bola riešená výhradne ako podporná funkcia zásobníkov.

10.8 Praktické využitie cyklu simulačného modelovania

Implementáciu metódy PN do praxe je vhodným, praktickým príkladom cyklu simulačného modelovania. Pôvodný, teoretický cyklus simulačného modelovania na Obr. 17 som metódou analógie prepracoval na implementáciu metódy PN. Výsledkom je Obr. 66.



Obr. 66 – Cyklus simulačného modelovania aplikovaný na implementáciu metódy Perlového náhrdelníku na zásobník za zvarovňou (vzp.)

V tomto prípade je sústavou zásobník za zvarovňou. Jeho abstrakciou sme vytvorili KM-RS a na základe neho SM-RS. Na tomto SM-RS sa testovala nová logika riadenia. Jej hlavnou úlohou bolo radiť a expedovať' zákazky podľa poradového čísla.

Na základe experimentov sme sa dopracovali k výsledkom, ktoré uvádza Graf 10. Interpretáciou výsledku sme dospeli k záveru, že nasadením novej logiky riadenia dosiahneme zvýšenie hodnoty PKG. Zvýšenie hodnoty PKG je závislé od obsadenosti zásobníku, konkrétne od pomeru obsadenosti medzi tretím a štvrtým úsekom zásobníku.

Touto interpretáciou dôsledkov na sústavu bola nová logika riadenia realizovaná. Po realizácii bolo potrebné overiť' správnosť' novo nasadenej logiky riadenia z hľadiska jej funkčnosti. K tomu bol opäť' využitý SM-RS s aktuálnymi vstupnými údajmi.

S opätovných výsledkov bola správnosť' novo nasadenej logiky riadenia zásobníku za zvarovňou potvrdená.

Implementáciu metódy PN na zásobník za zvarovňou môžeme brať' ako komplexný technologický projekt. V tomto projekte sme využili metódy empirické, logické a metódy modelovania. Konkrétne simulačného modelovania.

10.9 Zhrnutie kapitoly 10

Pre implementáciu metódy Perlového náhrdelníku do praxe bola vybraná zvarovňa karosérií automobilového priemyslu. Na základe kritérií (napr. neprerušenie a neohrozenie výroby, nízke finančné náklady, možnosť' overenia prínosu pomocou simulačného modelovania) bol pre implementáciu vybraný zásobník za zvarovňou.

Primárnou funkciou zásobníku za zvarovňou je vyrovnávať rozdiely v rozpracovanosti zákaziek medzi dvomi výrobnými oblasťami. Táto primárna funkcia bola novo rozšírená o funkciu radenia zákaziek do pôvodného poradia.

Pôvodné poradie zákaziek je dané evidenčným bodom $EB-0_{\text{plan}}$. Vstupom do zásobníku na $EB-1_{\text{in}}$ prechádzajú zákazky postupne I. a II. stupňom radenia. Novo navrhnutá logika riadenia zásobníku využíva jeho konštrukčné usporiadanie. Jednotlivé zákazky tak radí do pôvodného poradia.

Novo navrhnutá logika zásobníku bola vopred overená prostredníctvom simulačného modelu. Výsledky zo simulačných experimentov potvrdili jej prínos v otázke zvýšenia hodnoty PKG o približne 8 %. Výsledky zo simulačného experimentovania prispeli k rozhodnutiu, aby sa nová logika riadenia implementovala do praxe.

Po implementovaní novo navrhutej logiky riadenia bolo nutné ju preveriť po stránke funkčnosti. Vyhodnotenia medzi PKG_{IN} a $PKG_{\text{OUT-RS}}$ v hodinových intervaloch preukázali, že dochádza ku zmene poradia zákaziek v zásobníku. V hodnotenom časovom období 25. kalendárneho týždňa roku 2013 bolo 97 hodinových pozorovaní (časových intervalov). V 30 časových intervaloch došlo k zvýšeniu $PKG_{\text{OUT-RS}}$ s hodnotou mediánu 18 %. V ďalších 30 časových intervaloch ostala hodnota $PKG_{\text{OUT-RS}}$ zachovaná a v 37 časových intervaloch bola znížená s hodnotou mediánu 20 %.

Zachovanie a zníženie hodnôt $PKG_{\text{OUT-RS}}$ oproti PKG_{IN} môžeme z väčšej časti priradiť k vzniknutým neštandardným situáciám (napr. výpadok automatického riadenia, manuálne riadenie). Aj napriek tomu musíme 25. kalendárny týždeň roku 2013 považovať pri vyhodnotení ako reprezentatívny.

Správnosť logiky riadenia následne potvrdilo porovnanie $PKG_{\text{OUT-RS}}$ a $PKG_{\text{OUT-SM}}$. Výsledky opäť skresľujú vzniknuté neštandardné situácie. V závere môžeme konštatovať, že implementácia novo navrhutej logiky riadenia zásobníku za zvarovňou mení poradie zákaziek s akcentom na ich poradie. Poradie sa však nemení zásadne.

Funkčnosť novo navrhutej logiky riadenia zásobníku bolo nezávisle na výpočte PKG potvrdené analýzou medzi SQA_{IN} a SQA_{OUT} . Táto analýza vychádza z metodiky podľa Štočka a Karpety (2010). Tým sme dodali výsledkom vyhodnotenia podľa metódy Perlového náhrdelníku (porovnávanie $PKG_{\text{OUT-RS}}$ a PKG_{IN}) transparentnosť.

Snahou novej logiky riadenia zásobníku je plniť úlohu Stability produkcie – udržiavať požadované vlastnosti sústavy. Konkrétne zmenou poradia zákaziek udržať (navrátiť) ich plánované poradie vo vybranom úseku materiálového toku.

Overením novo navrhutej logiky riadenia zásobníku v prevádzke výrobnjej spoločnosti sme uzavreli cyklus simulačného modelovania. Uzavreli sme tým aj aplikovaný výskum doktorskej dizertačnej práce, ktorý viedol k overeniu teoretických poznatkov v praxi. Navrhnutím systému riadenia pre udržanie požadovaných vlastností sústavy bol splnený cieľ doktorskej dizertačnej práce.

D. ZÁVEREČNÁ ČASŤ

11 PREHĽAD DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV

Nadobúdanie časovej istoty výrobných procesov s ohľadom na logistické činnosti sú dôležitou súčasťou vývoja výrobných spoločností. Nadobúdanie časovej istoty som pomenoval ako Stabilitu produkcie. Stabilita produkcie definuje udržanie požadovaných vlastností sústavy za dané časové obdobie. Tieto vlastnosti môžu byť predmetom jak logistických činností, tak aj výrobných procesov.

V nasledujúcich podkapitolách som zosumarizoval dosiahnuté výsledky z doktorskej dizertačnej práce.

11.1 Rešerš s akcentom na Stabilitu produkcie³⁵

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.

11.2 Stabilita produkcie a materiálové tok³⁶

Stabilita produkcie úzko súvisí s materiálovým tokom. Príčiny, ako napr. 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.

³⁵ Prehľad kapitoly 6 Súčasná znalosti o Stabilite Produkcie.

³⁶ Prehľad kapitoly 7 Stabilita produkcie v materiálovom toku.

Úlohou Stability produkcie v materiálovom toku je eliminovať vplyv všetkých príčin, ktoré narúšajú priamy smer zákaziek v toku finálneho výrobcu od zahájenia výroby zákaziek po ich zhotovenie.

V tomto bode sa už konkrétne dostávame ku konceptu Stabilného poradia zákaziek. Pre tento koncept je dôležité udržanie poradia zákaziek v materiálovom toku. V doktorskej dizertačnej práci boli stanovené príčiny, ktoré poradie zákaziek menia. Pri hodnotení váhy príčin na zmenu poradia dosiahli v klasifikačnej tabuľke najvyšší počet bodov:

- rozvetvený materiálový tok,
- zásobníky neriadené stratégiou FIFO „prvý dnu, prvý von“,
- 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 materiálový 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.

11.3 Perlový náhrdelník ako reprezentant konceptu Stabilné poradie zákaziek³⁷

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, ide o stratégiu riadenia zákaziek FIFO „prvý dnu, prvý von“. Od bodu plánovania, začatia výroby, a následne po smere materiálového toku až po bod zhotovenia zákaziek.

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 $+3,75\%$.

³⁷ Prehľad kapitoly 8 Stabilné poradie zákaziek a jej metódy Oneskorené pridelenie zákaziek a Perlový náhrdelník.

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

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.

11.4 Eliminácia nezrovnalostí a nedostatkov pri výpočte PFT_x ³⁸

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. Za týmto účelom bola metodika výpočtu ukazovateľa PFT_x spresnená do týchto bodov:

1. Postup získania údajov, ich scelenie.
2. Výber časového obdobia získaných údajov a časového intervalu pre výpočet PFT_x .
3. Úprava a možná filtrácia údajov.
4. Vlastný výpočet ukazovateľa PFT_x .
5. Prezentácia vypočítaných hodnôt PFT_x .

Jednotlivé body sú bližšie rozobrané a popisujú činnosti s tým spojené. 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.

Úprava údajov má zjednotiť formát a zlepšiť prehľadnosť údajov. Filtrácia 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. Tým je udržať poradie zákaziek v materiálovom toku podľa plánovaného výrobného programu.

³⁸ Prehľad kapitoly 9 Návrhy na odstránenie nedostatkov vo výpočte ukazovateľa PFT_x metódy Perlový náhrdelník náhrdelník.

11.5 Realizácia projektu s ohľadom na metódu Perlový náhrdelník³⁹

Cieľ metódy Perlový náhrdelník je jasne definovaný. Dodržať plánované poradie zákaziek až do bodu zhotovenia zákaziek. 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 navrhutej 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 → stanovenie podstatných veličín → 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. Zároveň bol navrhnutím systému riadenia pre udržanie požadovaných vlastností sústavy splnený cieľ 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 stanovených v podkapitole 3.6. Tá znela: „Nebude možné zohľadniť všetky aspekty pre objektívne zhodnotenie výsledkov aplikovaného výskumu doktorskej dizertačnej práce.“

³⁹ Prehľad kapitoly 10 Implementácia metódy Perlový náhrdelník do praxe.

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.

11.6 Súhrnný prehľad činností doktorskej dizertačnej práce

V nasledujúcich bodoch sú uvedené činnosti, na ktoré by som rád poukázal. Sú to vedecko-výskumné činnosti a činnosti aplikovaného výskumu, do ktorých som vniesol vlastnú invenciu s ohľadom na prístupy a vedecké metódy skúmania.

Prehľad činností:

1. V rámci vedecko-výskumnej činnosti som zaviedol a definoval názov *Stabilita produkcie*.
2. Pri spracovaní súčasných znalostí o Stabilite produkcie som sa zameril 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 poradie 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. Ide 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. Prakticky sa potvrdila správnosť metodiky cyklu simulačného modelovania.

12 ODPOVEDE NA HYPOTÉZY

Po ukončení aplikovaného výskumu môžem uzavrieť aj problematiku hypotéz, ktoré boli definované v priebehu doktorskej dizertačnej práce. Pri jednotlivých hypotézach je stanovené, či sa hypotéza zamieta alebo nezamieta. Následne je uvedené odôvodnenie.

Hypotéza 1

Dosiahnutím stability systému, bude dosiahnutá aj Stabilita produkcie.

Hypotéza 1 sa nezamieta.

Odôvodnenie:

Dosiahnutím stability systému dochádza ku stabilite procesov, materiálového toku, výrobných oblastí a v neposlednom rade aj celej výrobnej spoločnosti. Táto stabilita sa môže preniesť aj na dodávateľský reťazec. Následkom zavedenia stability systému teda dochádza aj k Stabilite produkcie, tak ako bola definovaná v doktorskej dizertačnej práci.

Hypotéza 2

Štandardizáciou sa do výroby vnáša Stabilita produkcie.

Hypotéza 2 sa nezamieta.

Štandardizáciou vzniká jednotný pohľad na realizáciu všetkých činností v rámci výrobnej spoločnosti. Jednotný pohľad prináša stabilitu, a zároveň každé porušenie štandardizácie stabilitu narúša. Preto si dovoľím tvrdiť, že štandardizáciou sa do výroby vnáša aj Stabilita produkcie.

Hypotéza 3

Stabilita produkcie môže prispieť k zlepšeniu kvality výrobku, podniku a uspokojeniu požiadaviek zákazníka.

Hypotéza 3 sa nezamieta.

Štandardizácia je podľa noriem ČSN EN ISO 9000 jedným z nástrojov kvality a neustáleho zlepšovania. Keď štandardizáciou do výroby vnášame aj Stabilitu produkcie, môžeme tým prispieť k zlepšeniu kvality výrobkov a procesov v podniku. Samozrejme s ohľadom na prínosy pre koncového zákazníka.

Hypotéza 4

Implementácia Stability produkcie do výrobnej spoločnosti patrí k hodnototvorným procesom.

Hypotéza 4 sa nezamieta.

Vymedzenie Stability produkcie má všeobecne platný charakter. Znamená to, že Stabilitu produkcie môžeme nájsť v strategickom a operatívnom plánovaní cieľov a úloh výrobnej spoločnosti. Záleží na uhlu pohľadu subjektu. Keď sa Stabilita produkcie bude zhodovať so smerovaním výrobnej spoločnosti a prínosmi s ohľadom na koncových zákazníkov, implementácia Stability produkcie do výrobnej spoločnosti prinesie hodnototvorné procesy.

Hypotéza 5

Štíhla výroba a jej metódy vytvárajú vhodné podmienky pre Stabilitu produkcie.

Hypotéza 5 sa nezamieta.

Už samotná myšlienka štíhlej výroby prinášať hodnototvorné procesy, zavádzať štandardizáciu a zlepšovať kvalitu napovedá, že ide o vytváranie vhodných podmienok pre Stabilitu produkcie. Opäť to závisí na výrobnej spoločnosti, jej smerovaní a strategickom pláne.

Hypotéza 6

Prechod vyhodnotenia ukazovateľa konceptu Zachovanie vernosti výrobnému programu od mesačného časového obdobia na časové obdobie jedného dňa znamená postupné zlepšovanie dosahovaných výsledkov tohto ukazovateľa.

Hypotéza 6 sa nezamieta.

Všeobecne pri neustálom zlepšovaní dosahujeme stále lepšie výsledky. Znamená to, že keď chceme po procese zlepšenia dosiahnuť ďalšie zlepšenie, musíme sprísniť určité podmienky. Sprísnenie podmienok vyhodnotenia ukazovateľa konceptu Zachovanie vernosti výrobnému programu z časového obdobia jeden mesiac na časové obdobie jeden deň môže znamenať postupné zlepšovanie v tejto oblasti.

Hypotéza 7

Pomocou metódy Perlový náhrdelník môžeme dosiahnuť Stabilitu produkcie.

Hypotéza 7 sa nezamieta.

Keď budeme uvažovať o Stabilite produkcie ako o stabilite poradia zákaziek od bodu plánovania zákaziek po bod ich zhotovenia, môžeme pomocou metódy Perlový náhrdelník dosiahnuť aj Stabilitu produkcie. Potenciál tejto metódy smeruje ďalej, za hranice finálneho výrobcu. Cez logistické činnosti smerom k prvotným dodávateľom.

Hypotéza 8

Dosahované hodnoty konceptov Zachovanie vernosti výrobnému programu a Stabilné poradie zákaziek sú na sebe závislé.

Hypotéza 8 sa zamieta.

Jednoduchým príkladom sa potvrdilo, že hodnoty medzi konceptmi Zachovanie vernosti výrobnému programu a Stabilné poradie zákaziek nie sú na sebe závislé. Sú to dva rozdielne koncepty. Nemôžeme ich nijak zlučovať ani porovnávať.

Hypotéza 9

Koncept Stabilného poradia zákaziek a jej metódu Perlový náhrdelník môžeme jednoznačne vyhodnotiť prostredníctvom ukazovateľa PFT_x .

Hypotéza 9 sa zamieta.

Metodikou konceptu Stabilného poradia zákaziek a súčasne princíp metódy Perlového náhrdelníku nie je možné jednoznačne vyhodnotiť výpočtu ukazovateľa PFT_x . Dôvodom je nesúlad medzi metodikou a princípom voči tomu, ktoré hodnoty dosadzujeme do výpočtu PFT_x .

Cieľom je dodržať plánované poradie zákaziek od bodu plánovania po bod ich zhotovenia. Do výpočtu PFT_x sa však zahrňujú len oneskorené a chýbajúce zákazky. Všetky predčasné

zákazky sú automaticky považované za správne. Aj napriek tomu, že ich poradie v bode zhotovenia neodpovedá ich plánovanému poradiu. Pritom aj predčasné zákazky ovplyvňujú poradie, ktoré sa následne prenáša na logistické činnosti.

Hypotéza 10

Výpočet ukazovateľa PFT_x je ľahko ovplyvniteľný.

Hypotéza 10 **sa nezamieta.**

Prípadové štúdie potvrdili, že jednoduchou zmenou alebo úpravou vstupných dát, neúplným časovým obdobím získaných údajov, výberom časového intervalu pre výpočet PFT_x apod., môže dôjsť k zásadnému ovplyvneniu hodnoty ukazovateľa PFT_x .

K ovplyvneniu predovšetkým dochádza pri neúplnom časovom období. Je to z dôvodu, že dáta z neúplného časového obdobia nemusia obsahovať celkový počet chýbajúcich zákaziek. Zároveň vytvorením nového číslovanie ako hodnoty sekvenčného čísla zákaziek dochádza aj k ovplyvneniu počtu oneskorených zákaziek. Tieto údaje sa priamo zadávajú do vzorca pre výpočet hodnoty ukazovateľa PFT_x .

13 ODPOVEDE NA OTÁZKY POLOŽENÉ V ÚVODE

V úvode doktorskej dizertačnej práce boli položené tieto otázky:

- Ktoré príčiny spôsobujú nestabilitu procesu a sústavy?
- Je možné predchádzať príčinám, ktoré sú dôvodom nestability?
- Čo zapríčiňuje zmenu výrobného programu u finálneho výrobcu v priebehu času?
- Je zmena výrobného programu závislá na stabilite procesu a stabilite sústavy?

Vedecko-výskumnou činnosťou bolo zistené, že nestabilitu procesov a sústavy spôsobujú predovšetkým príčiny ako:

- vynímanie zákaziek z materiálového toku,
- rozvetvený materiálový tok,
- LIFO (posledný dnu, prvý von) zásobník.

Príčinám je možné predchádzať buď priamo alebo nepriamo. Priamy spôsob znamená eliminovať konkrétnu príčinu, nepriamy spôsob napraviť dôsledky konkrétnej príčiny. Nepriamy spôsob bol aplikovaný aj na zásobník za zvarovňou výrobnéj spoločnosti. Implementácia novej logiky riadenia zásobníku napomohla pri koncepte Stabilného poradia zákaziek radiť zákazky do pôvodného poradia. Poradie zákaziek narušovali viaceré príčiny dané prevádzkou zvarovne.

Zmenu výrobného programu u finálneho výrobcu v priebehu času koriguje oddelenie plánovania a riadenia výroby. Zmena výrobného programu v dostatočnom predstihu je s ohľadom na plynulosť výroby pre finálneho výrobcu prínosná. Vykrývajú sa tým rôzne reštrikcie zo strany výroby alebo logistiky.

Nežiadúca je náhla zmena výrobného programu. Môže ovplyvniť plynulosť výroby, a zároveň narušiť harmóniu medzi finálnym výrobcu a jeho dodávateľmi. Náhla zmena výrobného programu na strane finálneho výrobcu môže priamo súvisieť s príčinami uvedenými v tejto doktorskej dizertačnej práci.

Ovplyvniť výrobný program finálneho výrobcu môže i niektorý z jeho dodávateľov alebo logistické činnosti. A to pozdržaním alebo nedodaním požadovaných dielov.

Zmena výrobného programu tak nie je závislá na stabilite procesu, respektíve stabilite sústavy.

14 PREHLAD PRÍNOSOV DOKTORSKEJ 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.

Pre túto problematiku bol v doktorskej dizertačnej práci zavedený jednotný názov Stabilita produkcie. Stabilita produkcie predstavuje udržanie požadovaných vlastností sústavy za dané časové obdobie.

K zavedenému názvu Stabilita produkcie boli:

- Vypracované teoretické poznatky z danej problematiky, čo všetko zahŕňa Stabilitu produkcie a aký je jej rozsah.
- Predstavené vybrané koncepty riadenia, ktorých prínosy vo svojej prevádzke aktuálne testujú konkrétne výrobné spoločnosti.
- Zistené nedostatky vo vyhodnocovaní konceptu Stabílneho poradia zákaziek. Nedostatky boli preukázané prostredníctvom podrobného rozboru daného konceptu a prípadových štúdií.
- Formou aplikovaného výskumu nasadené princípy Stabílneho poradia zákaziek do prevádzky a ich funkčnosť overená prostredníctvom simulačného modelovania.

Prínosy doktorskej dizertačnej práce, ktoré môžem z predošlých bodov vyvodit', sú:

- Konkretizácia aktuálne riešeného problému vo vybraných výrobných spoločnostiach.
- Zavedenie jednotného názvu Stabilita produkcie. Prostredníctvom nej môžeme nachádzať prostriedky pre riešenie aktuálneho problému.
- Systematizácia teoretických poznatkov pre zavedený názov Stabilita produkcie. Vymedzenie Stability produkcie vo vedných oblastiach: technologické projektovanie, plánovanie a riadenie výroby, logistika.
- Definovanie príčin, ktoré vo výrobnjej 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 Stabílneho 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 Stabílne poradie zákaziek, konkrétne metódy Perlový náhrdelník, ktorú aktuálne testujú vybrané výrobné spoločnosti (napr. automobilky koncernu Volkswagen).
- Poukázanie na nedostatočné vyhodnocovanie konceptu Stabílneho poradia zákaziek a metódy Perlový náhrdelník prostredníctvom jednoduchých príkladov, prípadových štúdií.
- Spracovanie návrhov na odstránenie zistených nedostatkov metodiky výpočtu ukazovateľa PFT_x . Spresnenie tejto metodiky v konkrétnych bodoch.
- Úspešne zrealizovaný aplikovaný výskum, v rámci ktorého bolo overené nasadenie Stability produkcie do prevádzky výrobnjej spoločnosti s ohľadom na dosiahnutie cieľa konceptu Stabílne poradie zákaziek.

14.1 Prínos doktorskej dizertačnej práce pre vedu a pedagogickú oblasť

Za prínos považujem aj samotnú doktorskú dizertačnú prácu. Ide totiž o ucelené dielo s pohľadom na problematiku časovej neistoty finálneho výrobcu.

S ohľadom na ucelenosť diela môžem vyvodit' 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 názvu 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 metodickej stránke vykazuje tento koncept určité nedostatky vo vyhodnotení. Doktorská dizertačná práca ponúka riešenie týchto nedostatkov a navrhuje konkrétne body k spresneniu tejto metodiky.

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.

14.2 Prínos doktorskej dizertačnej práce 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 Stabilného poradia zákaziek. Pokiaľ však nedôjde k spresneniu metodiky vyhodnotenia tohto konceptu, nebudú reálne podložené ani jeho prínosy. Nebude ani možné tieto prínosy finančne vyčíslit'.

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 a prioritou výrobných spoločností má byť priame odstraňovanie príčin, respektíve eliminovanie príčin.

14.3 Odporúčenie pre nadväzujúce vedecko-výskumné činnosti

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 zistenie finančných prínosov konceptu Stabilného poradia zákaziek.

S nadväzujúcimi vedecko-výskumnými činnosťami súvisí aj rozšírenie predmetu záujmu. To znamená, lokálnu oblasť výrobných spoločností 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.

15 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 je v silnej pozícii. 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 v celom dodávateľskom reťazci.

Tieto problémy už intenzívne riešila od 70. rokov 20. storočia spoločnosť Toyota. Výsledkom snaženia bola jej výrobná stratégia s názvom Výrobný systém Toyoty. Ten sa stal základným kameňom pre Štíhlu výrobu, čím sa rozšíril do celého sveta.

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.s. a pomenovali ju ako koncept Stabilného poradia zákaziek. Váha konceptu je v logistike.

Pôsobenie má viesť od finálneho výrobcu k jeho prvotným dodávateľom. Koncept Stabilného poradia zákaziek sa javí ako inšpirácia metódou výrobných stratégií 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 neodpovedá úplne cieľu Stabilného poradia zákaziek. Dizertačná práca uvádza návrhy na spresnenie tejto metodiky v niekoľkých bodoch. Dodržanie týchto bodov môže minimalizovať chyby v nepresnom 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.

Aj napriek zistením nedostatkom vo vyhodnotení, bola uskutočnená analýza možnosti nasadenia konceptu Stabilného poradia zákaziek v praxi. Jednalo sa o aplikovaný výskum doktorskej dizertačnej práce overený 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 výrobného podniku. 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 system 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 (system riadenia). Implementácia novej logiky riadenia bola spracovaná ako technologický projekt podporený simulačným modelovaním, čo poznamenáva názov práce.

Nová logika riadenia zákaziek je sekundárnou funkciou zásobníku a v tomto zmysle bola aj implementovaná. Za primárnu funkciu zásobníku sa všeobecne považuje vyrovnávanie 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 zákaziek do výroby.

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, respektíve rozvíjať a 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. Doktorská dizertačná práca zároveň potvrdila, že je možné aplikovať teoretické poznatky v praxi.

Zoznam použitej literatúry

- API - Akadémie produktivity a inováci, 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>
- BANGSOW, Steffen, 2010. Manufacturing simulation with plant simulation and simtalk: usage and programming with examples and solutions. 1st ed. New York: Springer. ISBN 9783642050732 (ALK. PAPER).
- BANKS, Jerry, John S. CARSON II., Barry L. NELSON a David M. NICOL, 2010. *Discrete-Event System Simulation*. 5th ed., International version. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc., ©2010, 640 s. ISBN 978-013-8150-372.
- BARTOŠEK, Vladimír, 2011. *Společné plánování výrobního procesu v logistické síti*. Brno. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=37489. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Prof. Ing. Marie Jurová, CSc.
- BARTOŠEK, Vladimír, Josef ŠUNKA a Matúš VARJAN, 2014. *Logistické řízení podniku: v 21. století*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-824-3.
- BAUER, Miroslav, Inga HABURAIOVÁ, Karel VLČEK, Pavel KADAVÝ, Eva SKALÁKOVÁ, Jan KOVÁCS a Jiří ŽIŽKA, 2012. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.
- BAYER, Johann, Thomas COLLISI a Sigrid WENZEL, 2003. *Simulation in der Automobilproduktion: VDI*. Berlin, Germany: Springer, 230 s. ISBN 35-404-4192-1.
- BRAUN, Dieter. AUDI AG, 2014. *Stabile Produktion: Prinzipien der Perlenkette und Erfahrung aus dem Werk Neckarsulm*. Mladá Boleslav: AutoUni, 2014, 38 s. [cit. 2014-11-22].
- BRETZKE, Wolf-Rüdiger, 2005. Eine Logistik-Innovation: die niemand braucht: Das Fünf-Tage-Auto. In: *Mylogistics: Das Logistikportal im Internet* [online]. 15.6.2005 [cit. 2014-06-25]. Dostupné z: http://www.mylogistics.net/2005/06/15/Eine_Logistik_Innovation_die_niemand_braucht_Das_F_nf_Tage_Auto/#person
- BRUNNER, Paul a Helmut RECHBERGER, 2004. *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. Florida: CRC Press LLC. ISBN 00-203-50720-7.
- BUDA, Ján a Milan KOVÁČ, 1985. *Metodia projektovania výrobných procesov v strojárstve*. 1. vydanie. Bratislava: ALFA. 63-565-85.
- BusinessDictionary.com: Online business dictionary* [online]. 2014 [cit. 2014-01-26]. Dostupné z: <http://www.businessdictionary.com/>
- CIENCIALA, Jiří, c2011. *Procesně řízená organizace: tvorba, rozvoj a měřitelnost procesů*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 204 s. ISBN 978-80-7431-044-7.

Citace.com - naučte se citovat: Citovat je snadné [online]. ©2010 [cit. 2013-11-24]. Dostupné z: <http://www.citace.com/>

Co je TRIZ | Trizing, 2010. BUŠOV, Bohuslav. TRIZING, o.s. *Trizing | Tvorba a Řešení Inovačních Zadání* [online]. [2010] [cit. 2014-09-09]. Dostupné z: <http://www.triz.cz/co-je-triz/>

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>

ČADILOVÁ, Kateřina, 2000. Normy ISO 9000 a ISO 14000. In: *Národní knihovna: knihovnická revue* [online]. č. 2-3, s. 76-77 [cit. 2014-01-29]. ISSN 1214-0678. Dostupné z: <http://full.nkp.cz/nkkr/Nkkr0002-3/0002-3076.html>

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

ČSN EN 60300-2, 2005. *Management spolehlivosti: Část 2: Směrnice pro management spolehlivosti*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1. 1. 2005. Třídící znak 01 0690.

ČSN EN 60300-3-2, 2005. *Management spolehlivosti - Část 3-2: Pokyn k použití - Sběr dat o spolehlivosti z provozu*. Praha: Český normalizační institut. Třídící znak 01 0690.

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.

ČSN IEC 50(191), 1993. *Mezinárodní elektrotechnický slovník: Kapitola 191: Spol'ahlivosť a akosť služieb*. Prvé vydanie. Praha: Český normalizační institut. Třídící znak 01 0102.

ČSN ISO 690, 2011. *Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 40 s. Třídící znak 01 0197.

ČSN ISO/IEC 2382-14, 1999. *Informační technologie – Slovník - Část 14: Bezporuchovost, udržovatelnost a pohotovost*. Praha: Český normalizační institut. Třídící znak 36 9001.

ČTVERÁČEK, Martin, 2014. *Nárvh řízení dopravníkové techniky řešící dodržení pořadí zákazek při průchodu výrobní oblastí pomocí diskrétní simulace*. Brno, 83 s. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=87417. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

- DANĚK, Jan, 2002. *Využití simulace jako inženýrského nástroje během životního cyklu výrobků a procesů* [online]. [cit. 2014-01-04]. Dostupné na WWW: <http://www2.humusoft.cz/www/pub/witness/ppt/inovacia2002/sld001.htm>
- DEBNÁR, Róbert, Ján KOŠTURIK a Ivan KURIC, 1998. Simulácia ako nástroj pre zvyšovanie produktivity a zisku v podniku. In: *Počítačom podporované systémy v strojárstve* [online]. Žilina, 1998-2000 [cit. 2014-01-06]. ISSN 1335-3926. Dostupné z: <http://fstroj.utc.sk/journal/sk/024/024.htm>
- 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>
- DLOUHÝ, Martin et al, 2007. *Simulace podnikových procesů*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 201 s. ISBN 978-80-251-1649-4.
- DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO, 2009. *Projektový management podle IPMA*. 1. vyd. Praha: Grada, 507 s. ISBN 978-80-247-2848-3.
- DRAHOTSKÝ, Ivo a Bohumil ŘEZNIČEK, 2003. *Logistika, procesy a jejich řízení*. Vyd. první. Brno: Computer Press, 334 s. ISBN 80-722-6521-0.
- ESCARE, 2014. Průmyslové Inženýrství: Podpora růstu pro zdravotnictví, průmysl, služby a státní správu [online]. © 2014 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.escare.cz/>
- FIALA, Josef a Jan MINISTR, 2003. *Průvodce analýzou a modelováním procesů*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 109 s. ISBN 80-248-0500-6.
- FIALA, P, 2007. Modelování a simulace dodavatelských sítí. *Automa*, 2007, roč. 13, č. 5, s. 14-26. ISSN 1210-9592.
- GRASSEOVÁ, Monika, Radek DUBEC a Roman HORÁK, 2008. *Procesní řízení ve veřejném sektoru: teoretická východiska a praktické příklady*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 266 s. ISBN 978-80-251-1987-7.
- GROS, I. a S. GROSOVÁ, 2004. Logistika a marketing v dodavatelských řetězcích. *Logistika*. Roč. 10, č.7/8, s. 48-49. ISSN 1211-0957.
- GÜNTNER, 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>
- HAMILTON, John A., David A. NASH a Udo W. POOCH, 1997. *Distributed simulation*. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, ©1997, 390 s. ISBN 08-493-2590-0.
- HAMMER, Michael a James CHAMPY, 2000. *Reengineering - radikální proměna firmy: manifest revoluce v podnikání*. 3. vyd. Praha: Management Press, 212 s. ISBN 80-7261-028-7.
- HANTA, Vladimír, 2010. Modelování jednoduchého procesu odbavování zavazadel jako soustavy dopravníků. In: *Technické výpočty, řídicí technika, simulace | Humusoft* [online]. ©1991-2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://www2.humusoft.cz/www/papers/witkonf10/witness2010-hanta.pdf>
- 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.
- HLAVENKA, Bohumil, 2008. *Manipulace s materiálem: systémy a prostředky manipulace s materiálem*. Vyd. 4., V Akademickém nakl. CERM 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 164 s. ISBN 978-80-214-3607-7.
- HOREHLEDOVÁ, Šárka, 2008. Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci podle požadavků normy BS OHSAS 18001:2007 v kontextu integrovaných systémů řízení. *JOSRA* [online]. 2008, (2) [cit. 2014-05-31]. Dostupné z: http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-02-2008/ohsas_horehledova.html
- 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>
- HUBLEIN, Thomas a Jörg BREIDBACH, 2011. Entwicklung und Umsetzung einer Lösung zur optimierten Steuerung der Varianten im Lackierprozess der Automobilproduktion. In: (AKWI), Arbeitskreis Wirtschaftsinformatik an Fachhochschulen a Hrsg. von Thomas.. BARTON .. *Betriebliche Anwendungssysteme: Tagungsband zur AKWI-Fachtagung vom 11. bis 14.09.2011 an der Fachhochschule Worms* [online]. Berlin: Verlag News et Media, [cit. 2014-01-25]. ISBN 978-3-936527-261. Dostupné z: <https://www.yumpu.com/de/document/view/7279195/download-als-pdf-arbeitskreis-wirtschaftsinformatik-an-/52>
- HUTYRA, Milan, 2007. *Management jakosti*. první. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, s. 209. ISBN 978-80-248-1484-1. Dostupné z: http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/Hutyra_management_jakosti.pdf
- CHRUDINA, Ladislav, 1988. *Projektování rozvoje výrobních organismů*. První vydání. Praha: SNTL. 04-303-88.
- JANÍČEK, Přemysl a Emanuel ONDRÁČEK, 1998. *Řešení problémů modelováním: Téměř nic o téměř všem*. Vyd. 1. Brno: PC-DIR, 335 s. ISBN 80-214-1233-X.
- JANÍČEK, Přemysl a Jiří MAREK, 2013. *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. 1. vyd. Praha: Grada, 592 s. ISBN 978-80-247-4127-7.
- 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.
- JANÍČEK, Přemysl, 2007b. *Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky: hledání souvislostí : učební texty II*. 1. vyd. Brno: CERM, 1 sv. ISBN 978-80-7204-556-3.
- 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, 2012. Zvyšování výkonnosti v logistických sítích. In: *Sborník z konference "Exaktní metody v logistické praxi": Škoda Auto Vysoká škola, Mladá Boleslav : 30.-31.1.2012*. Vyd. 1. Mladá Boleslav: Škoda Auto Vysoká škola, 2012, s. 13. ISBN 9788087042496. Dostupné z: https://is.savs.cz/dok_server/slozka.pl?ds=1;id=1675;download=7237
- JUROVÁ, Marie, 2013. *Výrobní procesy řízené logistikou*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 260 s. ISBN 978-80-265-0059-9.
- Just-in-Sequence | Apriso, [b.r.]. *Apriso - Country Sites* [online]. [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: http://www.aprison.com/products/flexnet_production/just-in-sequence.php
- 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>
- KATUKOORI, Vamshi K, 2009. Standardizing Availability Definition. In: *Plant Maintenance Resource Center: Industrial Maintenance Portal* [online]. 2009 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: http://www.plant-maintenance.com/articles/Availability_Definition.pdf
- KECER, Ján, 2010. Úvod do merania. In: *People(dot)tuke(dot)sk* [online]. 24.2.2010 [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: http://people.tuke.sk/jan.kecer/Sjf/uvod_do_merani.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*. Německo.
- KOHOUT, Václav, [b.r.]. Tabulka kvantilů t: rozdělení. *Západočeská univerzita* [online]. 1991 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: http://www.kmt.zcu.cz/person/Kohout/info_soubory/letnise/ruzne/tabst.htm
- KONČEL, Jan, 2009. *Využití internetu ve výuce analytické geometrie na střední škole*. Praha. Dostupné z: http://www.karlin.mff.cuni.cz/katedry/kdm/diplomky/jan_koncel/index.php. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, Katedra didaktiky matematiky. Vedúci práce RNDr. Jarmila Robová, CSc.
- KOŠTURIÁK, Ján a Ján CHAL, 2008. *Inovace: vaše konkurenční výhoda!*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 164 s. ISBN 978-80-251-1929-7.
- KOTLER, Philip a Kevin Lane KELLER, 2007. *Marketing management: 12. vydání*. Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1359-5.
- KRAJČÍK, Vladimír, 2013. Zlepšování procesů v podniku se zaměřením na informační procesy. In: MIKLOŠÍK, Andrej. *Knowledge Management News* [online]. Bratislava, 16. máj 2013 [cit. 2014-01-29]. ISSN 1338-7553. Dostupné z: <http://www.manazmentznalosti.eu/zlepsovani-procesu-v-podniku-se-zamerenim-na-informacni-procesy/>
- KRÁLOVÁ, Zdenka a Juraj ŠVANČARA, 2007. Model linky na výrobu napájecích zdrojov. In: *Technické výpočty, řídicí technika, simulace | Humusoft* [online]. ©1991-2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: http://www2.humusoft.cz/www/papers/witkonf07/prispevky/Kralova_ppt.pdf

- Krátký slovník slovenského jazyka, 2003. Red. J. Kačala – M. Pisárčiková – M. Považaj. 4. dopl. a upr. vyd. Bratislava: Veda. 985 s. ISBN 80-224-0750-X. Dostupné z: http://www.juls.savba.sk/kssj_4.html
- KRYŠPÍN, Luděk, 2005. *Ekonomika procesně řízených organizací*. Vyd. 1. Praha: Oeconomica, 53 s. ISBN 80-245-0965-2.
- KUHN, Axel a Markus RABE, 1998. *Simulation in Produktion und Logistik: Fallbeispielsammlung*. Berlin, Germany: Springer, 199 s. ISBN 35-406-3854-7.
- LAW, Averill M. *Simulation modeling & analysis*. Fourth edition. Singapore: McGraw-Hill, ©2007, 768 s. ISBN 007-125519-2.
- LEITNER, Bohuš, 2013. ÚVOD – VŠEOBECNÉ ZÁKLADY MODELOVANIA. In: *Fakulta špeciálneho inžinierstva* [online]. 2013 [cit. 2013-11-12]. Dostupné z: http://fsi.uniza.sk/ktvi/leitner/2_predmety/OA/01_Uvod%20-%20Vseobecne%20o%20modelovani.pdf
- LIKER, Jeffrey K, 2007. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 390 s. ISBN 978-80-7261-173-7.
- LORENC, Miroslav, 2013. Metodika závěrečné práce. *Miroslav Lorenc* [online]. © 2007–2013 [cit. 2014-01-20]. Dostupné z: <http://lorenc.info/zaverecne-prace/metodika.htm>
- MÁČALA, Stanislav, 2014. *Ověření dosažení požadované sekvence výrobků při průchodu oblastí lakovny pomocí simulačního modelu*. Brno, 66 s. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=87419. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.
- 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>
- MANLIG, František a Jan SEDLÁČEK, 1999. Využití počítačové simulace při expedici vozů. In: *XII. Mezinárodní vědecké symposium TU Dresden - TU v Liberci*. Dresden.
- MANLIG, František, 1999. Počítačová simulace diskrétních událostí. *MM Průmyslové spektrum*. Roč. 99, č. 10, s. 2. Dostupné z: <http://www2.humusoft.cz/www/archived/pub/witness/9910/manlig.htm>
- MANLIG, František, 2006. Postavení simulace a simulačního systému Witness ve výukovém virtuálním podniku. In: *Technické výpočty, řídicí technika, simulace | Humusoft* [online]. ©1991-2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://www2.humusoft.cz/www/papers/witkonf06/prispevky/pdf/manlig.pdf>
- MAROŠ, Bohumil, 2006. Plánování experimentu. *Technické výpočty, řídicí technika, simulace | Humusoft* [online]. 2015 [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://www2.humusoft.cz/www/papers/witkonf06/prispevky/pdf/maros.pdf>
- MAROŠ, Bohumil, 2014. [Http://kvaternion.fme.vutbr.cz/2014/kvat5_separaty/maros.pdf](http://kvaternion.fme.vutbr.cz/2014/kvat5_separaty/maros.pdf). *Kvaternion: Časopis o matematice pro aplikace* [online]. 2014, (1): 17-32 [cit. 2015-01-04]. ISSN 1805-1332. Dostupné z: http://kvaternion.fme.vutbr.cz/2014/kvat5_separaty/maros.pdf

- 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>
- MEIßNER, 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.
- MITO, S., 2009. Guru: Taiichi Ohno. In: *The Economist* [online]. 2009 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: <http://www.economist.com/node/13941150>
- MOLNÁR, Zdeněk, 2007. Úvod do základů vědecké práce: Syllabus pro potřeby semináře doktorandů. 22 s.
- MOLNÁR, Zdeněk, 2012a. Úvod do základů vědecké práce: Syllabus pro potřeby semináře doktorandů. 15.3.2012, 26 s. Dostupné z: http://k126.fsv.cvut.cz/predmety/d26mvp/mvp_syllabus-mvp.pdf
- MOLNÁR, Zdeněk, Stanislava MILDEOVÁ, Hana ŘEZANKOVÁ, Radim BRIXÍ a Jaroslav KALINA, 2012. *Pokročilé metody vědecké práce: pro vědecké pracovníky*. První vydání. Praha: Profess Consulting, 170 s. Věda pro praxi (Profess Consulting). ISBN 978-80-7259-064-3. Dostupné z: http://lsa.vse.cz/kniha/Pokrocile_metody_vedecke_prace.pdf
- Moravská zemská knihovna v Brně*, [b.r.] [online]. [cit. 2013-10-08]. Dostupné z: <http://www.mzk.cz/>
- MUTHER, Richard, 1961. *Systematic Layout Planning*. Boston: Industrial Education Institute. 04-309-72V.
- NĚMEČEK, Petr a kolektiv, 2004. *Možné trendy rozvoje podniků*. Vyd. 1. Brno: CERM, 147 s. ISBN 80-7204-362-5.
- PAVLICA, Karel, 2000. Sociální výzkum, podnik a management: průvodce manažera v oblasti výzkumu hospodářských organizací. Vyd. 1. Praha: Ekopress, 161 s. ISBN 80-86119-25-4.
- PERNICA, Petr, 1998. *Logistický management: teorie a podniková praxe*. Vyd. 1. Praha: Radix, 660 s. ISBN 80-86031-13-6.
- PERNICA, Petr, 2005. *Logistika pro 21. století: (Supply chain management)*. Vyd. 1. Praha: Radix, 3 sv. ISBN 80-86031-59-4.
- PROKŠA, M. et al. *Metodológia pedagogického výskumu a jeho aplikácia v didaktikách prírodných vied*. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, 2008. ISBN 978-80-223-2562-2. Dostupné z: <http://katchem.truni.sk/prilohy/metod/pozorovanie.pdf>
- PSTRUŽINA, Karel, 2002. Atlas filosofie vědy. In: *Výpočetní centrum Vysoké školy ekonomické v Praze* [online]. © 2000 - 2014 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://nb.vse.cz/kfil/win/atlas1/atlas3.htm>

- 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
- RABE, Markus, Sven SPIECKERMANN a Sigrid WENZEL, 2008. Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik: Vorgehensmodelle und Techniken. Berlin: Springer, ©2008. ISBN 978-354-0352-815.
- 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>
- ROST, Michael, 2011. Výukové texty k základnímu kurzu statistiky pro EF a ZF. *Katedra aplikované matematiky a informatiky* [online]. České Budějovice, © 2002–2004, 28. března 2011 [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://kmi.ef.jcu.cz/vyuka/statistika/grant/>
- ROZVOJOVÁ AGENTÚRA TRENČIANSKEHO SAMOSPRÁVNEHO KRAJA N.O. *Inovačný portál: Inovácie - základné definície* [online]. 2010 [cit. 2014-06-22]. Dostupné z: <http://www.ratsk.sk/inovacnepodnikanie/clanok.php?idclanok=1>
- RUMÍŠEK, Pavel, 1991. *Technologické projekty*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 185 s.
- ŘEPA, Václav, 2007. *Podnikové procesy: procesní řízení a modelování*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 281 s. ISBN 978-80-247-2252-8.
- SEBERA, Martin, 2012. *Vybrané kapitoly z metodologie*. první. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-5962-4. Dostupné z: <http://www.fsps.muni.cz/~tvodicka/data/reader/book-8/Impresum.html>
- SEDLÁČEK, Miroslav, 2011. Demingův cyklus PDCA: a norma ISO/IEC 20000-1:2011. *SystemOnline: S přehledem ve světě informačních technologií* [online]. 2011 [cit. 2014-05-31]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/sprava-it/deminguv-cyklus-pdca.htm>
- 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>

- SCHWOB, Rostislav a Daniel CHOC, 2007. Just-in-Sequence aneb na rudé auto rudá zrcátka. *AIMmagazine* [online]. s. 3. [cit. 2014-01-27]. Dostupné z: <http://www.aimagazine.cz/tema/600-just-in-sequence-aneb-na-rude-auto-ruda-zrcatka>
- SIXTA, J, 2004. Logistika jako filozofie řízení výrobního podniku. *Automatizace*, 2004, roč. 47, č. 7-8, s. 440-442. ISSN 0005-125X.
- 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_cudzích_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/synonymický_slovník.html
- ŠEBO, Dušan a Monika FEDORČÁKOVÁ, 2008. Logistické technológie vo výrobe. In: *Trendy v systémoch riadenia podnikov: /zborník príspevkov/*. Stará Lesná: Technická univerzita v Košiciach, 2008, s. 530-533. Dostupné z: https://www.sjf.tuke.sk/kpiam/TaIPvPP/2008/index.files/Priemyselne_inzinierstvo/sebo-fedorcakova.pdf
- ŠIDLÁK, Martin, 2014. Simulace projektů: Efektivní nástroj plánování pro výrobní oblast. *ŠKODA Mobil: Noviny zaměstnanců ŠKODA AUTO*. Roč. 2014, č. 2, s. 2.
- ŠIROKÁ, Zuzana, Josef ŠUNKA, Zdeňka VIDECKÁ a Vladimír BARTOŠEK, 2010. Simulace montáže rozvaděčů při zavádění konceptu lean manufacturing. In: *Technické výpočty, řídicí technika, simulace | Humusoft* [online]. ©1991-2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://www2.humusoft.cz/www/papers/witkonf10/witness2010-siroka.pdf>
- ŠTOČEK, Jiří a Vladimír KARPETA, 2010. *Uživatelský manuál: Analyzer of production processes (APP)*. Verze 1.0. Mladá Boleslav, 69 s.
- ŠTOČEK, Jiří, 2004. *Optimalizace materiálového toku ve vybraném průmyslovém závodě*. Brno: Vysoké učení technické. 114 s. ISBN 80-214-2885-6. Dizertačná práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojího inženýrství, Ústav dopravní techniky. Vedúci práce Doc. Ing. Břetislav Mynář, CSc.
- ŠTOČEK, Jiří, 2012. Počítačová simulace ve firmě Škoda Auto užitá jako nástroj pro optimalizaci zásobování výrobních linek: Simulace v plánování výroby. In: *Akademický informační systém ŠAVŠ* [online]. [cit. 2013-12-09]. Dostupné z: https://is.savs.cz/dok_server/slozka.pl?ds=1;id=1678;download=6542
- The History of Six Sigma, 2014. In: *ISixSigma: Six Sigma Resources for Six Sigma Quality* [online]. 2000-2014 [cit. 2014-01-24]. Dostupné z: <http://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/history/history-six-sigma/>
- THUN, Jörn-Henrik, Robert P. MARBLE a Victor SILVEIRA-CAMARGOS, 2007. A Conceptual Framework and Empirical Results of the Risk and Potential of Just In Sequence: A Study of the German Automotive Industry. *Journal of Operations and Logistics* [online]. č. 2, s. 13 [cit. 2013-10-27]. ISSN 2031-9746. Dostupné z: http://www.scm.ethz.ch/people/victorsi/PDF_Nr_2.pdf
- TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2007. *Řízení výroby a nákupu*. 1. vyd. Praha: Grada, 378 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-1479-0.

- TOŠENOVSKÝ, Josef, 2012. Plánování experimentů: učební text. *Vysoká škola báňská — Technická univerzita Ostrava* [online]. Ostrava, ©2015 [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://www.person.vsb.cz/archivcd/FMMI/DOE/Planovani%20experimentu.pdf>
- TREJBAL, Michal. *Principy štíhlé logistiky v logistickém řetězci nového modelu firmy Škoda Auto, a. s.* Mladá Boleslav, 2009. Diplomová práce. Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta podnikohospodářská, Podniková ekonomika a management. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Pernica, CSc.
- UGS CORP. *Plant Simulation Grundlagen: Modul 1.* 2005, 308 s.
- UMLAUF Jan a Jens DRESCHER, 2014. *Best-Practice: Stabile Produktion in ŠKODA AUTO.* Mladá Boleslav: AutoUni, 2014, 38 s. [cit. 2014-11-22].
- UNTERBURGER, Daniel a Niko LALKENS, 2008. VOLKSWAGEN KONZERNLOGISTIK. *Kennzahldefinitionen: Konzerneinheitliche Kennzahlensystematik Perlenkette.* Wolfsburg, 9 s.
- VALENTA, František, 1969. *Tvůrčí aktivita: Inovace, efekty.* Vydání I. Praha: Svoboda. 25-093-69.
- VARJAN, Matúš a Jiří ŠTOČEK, 2012. Ověření plánovaných kapacit paketovacího lisu pomocí simulačního nástroje. *Kovárenství.* Brno: Svaz kováren České republiky, roč. 2012, č. 44, s. 4. ISSN 1213-9289.
- VARJAN, Matúš, 2010. *Racionalizační projekt pracoviště svařování ohříváčů.* Brno. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=30170. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.
- VARJAN, Matúš, 2013. *Komplexní technologický projekt a jeho simulační verifikace.* Brno. Pojednání k dizertační práci. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.
- 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. *Standardlieferungsformen der Logistik in der Automobilindustrie.* Version 1.0. Frankfurt: Verband der Automobilindustrie. Dostupné z: www.vda.de/de/downloads/497/
- VDI 3633, 2000. Verein Deutscher Ingenieure, *Simulation von Logistik-, Materialfluß und Produktionssystemen Grundlagen: Simulation of systems in materials handling, logistics and production Fundamentals.* Düsseldorf.
- VEBER, Jaromír, 2002. *Řízení jakosti a ochrana spotřebitele.* 1. vyd. Praha: Grada, 163 s. ISBN 80-247-0194-4.
- VIDECKÁ, Zdeňka a Vladimír BARTOŠEK, 2007. Simulace procesů pomocí Witness Visio Simulation Solution ve výuce. In: *Technické výpočty, řídicí technika, simulace | Humusoft* [online]. ©1991-2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: http://www2.humusoft.cz/www/papers/witkonf07/prispevky/Videcka_doc.pdf

- VIDECKÁ, Zdeňka, 2007. *Řízení výroby*. Vyd. 3. Brno: Zdeněk Novotný, 59 s. Studijní text pro studium BA Hons. ISBN 978-80-7355-071-4.
- VIDECKÁ, Zdeňka, 2010a. FP VUT V BRNĚ. *Úvod do prolematiky podnikových procesů*. Brno, 12 s.
- VIDECKÁ, Zdeňka, 2010b. FP VUT V BRNĚ. *Simulační projekt: Metodologie*. Brno, 9 s.
- VIGNER, Miloslav, Mirko KRÁL a Antonín ZELENKA, 1984. *Metodika projektování výrobních procesů*. 1. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 588 s.
- VÍTEK, Miloš, 2002. *Systémový přístup k ekonomické integraci*. Vyd. 1. Hradec Králové: Gaudeamus, 211 s. ISBN 80-7041-305-0.
- VLČEK, Radim, 1996. *Příručka hodnotové analýzy: vysokoškolská příručka pro vysoké školy ekonomické*. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 302 s.
- VYSLOUŽIL, Radim, 2003. Uplatnění hodnotové analýzy v praxi. *FAST VUT v Brně - Věda a výskum: Odborná konference doktorského studia s mezinárodní účastí* [online]. 5., s. 4 [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2003texty/pdf/5-1/rp/vyslouzil.pdf>
- Vysoké učení technické v Brně, 2013 [online]. ©2013 [cit. 2013-10-08]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/>
- WEINER, Monika. Das 5-Tage-Auto: Montag bestellt, Freitag geliefert. *Fraunhofer magazin* [online]. 2006, č. 2, s. 3 [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: http://www.archiv.fraunhofer.de/archiv/magazin04-08/fhg/Images/magazin2-2006_56_tcm5-60862.pdf
- ZEIGLER, Bernard P, 1976. *Theory of Modelling and Simulation*. New York: John Wiley & Sons, Inc., ©1976, 435 s. ISBN 0-471-98152-4.
- ZELENKA, Antonín, 2007. *Projektování výrobních procesů a systémů*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 135 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

Zoznam použitých skratiek

\overrightarrow{MT}	Vektor materiálového toku
A_I	Vlastná pohotovosť
AktP	Aktuálna pozícia zákazky
Apod.	A podobne
Atd.	A tak ďalej
DDP	Doktorská dizertačná práca
EB	Evidenčný bod
FIFO	First In, First Out
FSI	Fakulta strojního inženýrství
Hod.	hodina
${}_kMF$	Označenie knižnice simulačného programu Plant simulation pre procesne a dĺžkovo orientované prvky.
KM-IS	Konceptuálny model ideálneho stavu
KM-RS	Konceptuálny model reálneho stavu
${}_kMU$	Označenie knižnice simulačného programu Plant simulation pre pohybujúce sa prvky.
KT	Kalendárny týždeň
LIFO	Last In, First Out
MDT	Stredná doba nepoužiteľného stavu
min.	minúta
MS	Microsoft
MT	Materiálový tok
MTBF	Stredná doba prevádzky medzi poruchami
MTTF	Stredná doba do poruchy
MTTR	Stredná doba do obnovy
MUT	Stredná doba použiteľného stavu
MZK	Moravská zemská knihovna
Obr.	Obrázok
OPZ	Oneskorené poradie zákaziek
PFT_0	Perlenkettfenstertreue pre nulovú toleranciu, teda Perlenkettgüte
PFT_x	Perlenkettfenstertreue (vernosť Perlového náhrdelníku pre hodnotu x)
PKG	Perlenkettgüte = Perlenkettfenstertreue pre nulovú toleranciu
PKG_{IN}	PKG medzi $EB-0_{plan}$ a $EB-2_{in}$ z reálneho procesu
PKG_{OUT-RS}	PKG medzi $EB-0_{plan}$ a $EB-4_{OUT}$ z reálneho procesu

PKG _{OUT-SM}	PKG medzi EB-0 _{plan} a ViEB-4 _{out} zo simulačného modelu
PlanP	Pôvodná/plánovaná pozícia zákazky
PN	Perlový náhrdelník
PPD	Priečne pásový dopravník
prev.	Prevzaté od
R ²	Index determinácie
RIS	Relatívne izolovaný systém
SČ _z	Sekvenčné číslo zákazky
sek.	sekunda
SM-ID	Simulačný model ideálneho stavu
SM-RS	Simulačný model reálneho stavu
SPZ	Stabilné poradie zákaziek
SQA _i	Rozdiel i-tej zákazky medzi jej aktuálnym poradím a plánovaným poradím.
Tab.	Tabuľka
TRIZ	Tvorba a riešenie inovačných zadání.
upr.	Upravené podľa
v.	verzus
VD	valčekový dopravník
VDA	Verbandes der Automobilindustrie, Združenie automobilového priemyslu
VDI	Verein Deutscher Ingenieure, Združenie nemeckých inžinierov
vsp.	Vlastné spracovanie (obrázku, tabuľky)
VUT	Vysoké učení technické v Brně
ZIP	Zákazky v inom poradí
ZVVP	Zachovanie vernosti výrobnému programu

Zoznam obrázkov

Obr. 1 – Grafické zobrazenie limitného ideálneho stavu, kedy je plánovaný výrobný program finálneho výrobcu obrazom výrobného programu jeho prvotných dodávateľov. (vsp.) ..20	20
Obr. 2 – Znázornenie rozsahu komplexného problému, oblasť výskumu a zameranie sa na materiálový tok finálneho výrobcu ako predmet záujmu DDP. (vsp.) ..21	21
Obr. 3 – Štruktúra DDP. (vsp.) ..22	22
Obr. 4 – Vnímanie sústavy, systému a systémových hraníc z pohľadu subjektu. (vsp.).....33	33
Obr. 5 – Štruktúra relatívne izolovaného systému. (upr.: Valenta, 1969) ..38	38
Obr. 6 – Vstupy a výstupy relatívne izolovaného systému. (upr.: Valenta, 1969).....39	39
Obr. 7 – Výrobné organizmy nižšieho rádu ako prvky výrobného organizmu vyššieho rádu. (upr.: Valenta, 1969).....39	39
Obr. 8 – Grafický model procesu. (prev.: Cienciela, 2011).....40	40
Obr. 9 – Grafický model výrobného procesu za pôsobenia času a priestoru. (upr.: Buda, 1985) ..41	41
Obr. 10 – Väzby modelovanie a simulácia medzi sústavou, modelom a počítačom. (upr.: Ziegler, 1976).....45	45
Obr. 11 – Klasifikácia modelov. (prev.: Daněk, 2002).....46	46
Obr. 12 – Grafické porovnanie spojitého a diskrétného simulačného modelu. (upr.: Banks, Carson, Nelson a Nicol, 2000).....47	47
Obr. 13 – Princíp simulovaného deja s jeho zobrazením, to jest udalosťami a preskočením, aktivitami. (upr.: Štoček, 2004) ..47	47
Obr. 14 – Spoľahlivosť pre popis pohotovosti a faktorov, ktoré ju ovplyvňujú. (prev.: ČSN IEC 50(191), 1993).....48	48
Obr. 15 – Grafické vymedzenie doby MTTR, MTTF a MTBF. (upr.: Katukoori, 2009) ..49	49
Obr. 16 – Grafické vymedzenie MUT a MDT voči MTBF. (upr.: Katukoori, 2009) ..50	50
Obr. 17 – Cyklus simulačného modelovania. (upr.: Varjan a Štoček, 2012) ..52	52
Obr. 18 – Prínos simulačného modelovania v jednotlivých etapách. (upr.: Štoček, 2012) ..54	54
Obr. 19 – Demingov PDCA cyklus. (upr.: Horehľadová, 2008) ..59	59
Obr. 20 – Prepojenosť času, priestoru a výroby. (upr.: Jirásek, 1998) ..61	61
Obr. 21 – More zásob, symbolické vyjadrenie MUDA. (upr.: Bauer, Haburaiová, Vlček, Kadavý, Skaláková, Kovács a Žižka, 2012) ..62	62
Obr. 22 – Ideálny systém a jeho tri stupne. (prev.: Jílek, 1986) ..64	64
Obr. 23 – Vlastnosti riadenia materiálového toku pred a za bodom rozpojenia. (prev.: Videcká, 2007) ..65	65
Obr. 24 – Rovnocennosť partnerov pozdĺž celého dodávateľského reťazca. (upr.: Günthner, [b.r.]) ..67	67
Obr. 25 – Štruktúra konceptu dodávateľského reťazca. (upr.: Bartošek, 2011) ..68	68
Obr. 26 – Organizačná štruktúra dodávateľského reťazca. (upr.: Günthner, b.r.).....68	68

Obr. 27 – Grafické znázornenie predstavy o Stabilnom poradí zákaziek v automobilovom priemysle. (upr.: Günthner, [b.r.])	72
Obr. 28 – Grafické znázornenie metódy Oneskorené pridelenie zákazky. (upr.:Meißner, 2009)	74
Obr. 29 – Analógia perlového náhrdelníku a metódy Perlový náhrdelník. (upr.: Bartošek, Šunka a Varjan, 2014)	75
Obr. 30 – Zobrazenie riadenia metódy Perlového náhrdelníku. (upr.: Günthner, [b.r.]).....	76
Obr. 31 – Absolútny a relatívny výpočet PFT_x . (upr.: Meißner, 2009)	78
Obr. 32 – Určenie chýbajúcej zákazky. (vsp.).....	80
Obr. 33 – Úloha Stability produkcie v materiálovom toku. (vsp.)	87
Obr. 34 – Model výrobného procesu v prostredí programu TPS. (vsp.)	91
Obr. 35 – Princíp sledovania zákaziek medzi plánom a skutočnosťou. (vsp.).....	106
Obr. 36 – Dodržanie výroby zákaziek medzi plánom a skutočnosťou. (vsp.).....	107
Obr. 37 – Zjednodušený procesný diagram výroby automobilov s umiestnením EB. (vsp.).....	109
Obr. 38 – Postup pre výpočet ukazovateľa PFT_x z časových údajov. (vsp.).....	110
Obr. 39 – Postup pre výpočet ukazovateľa PFT_x z časových údajov pre zvolený časový interval, teda 15. 6. 2013. Zákazka DDP4A je chýbajúca. (vsp.).....	110
Obr. 40 – Príklad vyhodnotenia predčasných, oneskorených a chýbajúcich zákaziek. (vsp.).....	111
Obr. 41 – Vplyv veľkosti časového obdobia (Príklad 1: úplné, Príklad 2: neúplné) na výpočet ukazovateľa PFT_x . (vsp.)	112
Obr. 42 – Prípadová štúdia predčasných a oneskorených zákaziek. (vsp.)	113
Obr. 43 – Prípadová štúdia zmeny časového intervalu a jeho vplyv na hodnotu PFT_0 . (vsp.)	114
Obr. 44 – Nejednoznačnosť určenia $S\check{C}_z$ pri stanovení z časových údajov a vytvorenie nového poradia v prípade neúplnej časovej osi. (vsp.).....	115
Obr. 45 – Vplyv vytvorenia nového poradia v prípade neúplnej časovej osi na výpočet PFT_x pri vyhodnotení chýbajúcich zákaziek. (vsp.)	116
Obr. 46 – Vplyv neúplnej časovej osi získaných údajov na stanovenie chýbajúcej zákazky pri zadanom $S\check{C}_z$. (vsp.).....	117
Obr. 47 – Vybrané ukážky z analýzy reálnych dát. (vsp.).....	120
Obr. 48 – Názorný príklad vplyvu predčasných a oneskorených zákaziek na logistiku montovaných dielov. (vsp.)	121
Obr. 49 – Možné odstránenie získaných údajov z úplného časového obdobia, pokiaľ neuvažujeme odstránenú časť z časového obdobia zahrnúť do výpočtu PFT_x . (vsp.) ...	128
Obr. 50 – Zobrazenie rozporu medzi hlavnou myšlienkou celého konceptu Stabilného poradia zákaziek a výpočtom ukazovateľa PFT_x ohľadne predčasných zákaziek. (vsp.)	131
Obr. 51 – Zjednodušený procesný diagram výroby automobilov s uvedením ťahového a tlakového systému. (upr.: Bartošek, Šunka a Varjan, 2014).....	134
Obr. 52 – Zjednodušený procesný diagram zvarovne pre výrobu automobilov. (vsp.)	135

Obr. 53 – Štruktúra zásobníku. (vsp.).....	139
Obr. 54 – Štruktúra riadiacej sústavy zásobníku za zvarovňou. (upr.: Čtveráček, 2014).....	140
Obr. 55 – Konceptuálny model ideálneho stavu, princíp radenie zákaziek. (vsp.)	143
Obr. 56 – Matica experimentov pre SM-IS a schéma výpočtu PKG medzi EB-0 _{plan} a EB-4 _{out} za 48. až 50. KT roku 2011. (vsp.)	143
Obr. 57 – Rozbor zásobníku pre možnosť radenia zákaziek. (vsp.).....	145
Obr. 58 – Konceptuálny model reálneho stavu. (vsp.)	147
Obr. 59 – Schéma vyhodnocovania PKG zo simulačných experimentov SM-RS. (vsp.).....	149
Obr. 60 – Postup experimentov SM-RS. (vsp.)	151
Obr. 61 – Princíp porovnania údajov zo záznamov EB-1 _{in} a EB-2 _{in} . (vsp.).....	157
Obr. 62 – Princíp manuálneho doplnenia chýbajúcich záznamom na EB-2 _{in} . (vsp.)	159
Obr. 63 – Princíp výpočtu hodinových PKG _{IN} a PKG _{OUT-RS}	161
Obr. 64 – Teoretický príklad zníženia minimálnej poistnej zásoby dielov prostredníctvom zvýšenia hodnoty ukazovateľa PKG metódy Perlového náhrdelníku. (vsp.)	171
Obr. 65 – Teoretický príklad nevhodného zvyšovania kapacity zásobníku za účelom zvýšenia hodnoty ukazovateľa PKG metódy Perlového náhrdelníku a vplyv na veľkosť poistnej zásoby. (vsp.)	172
Obr. 66 – Cyklus simulačného modelovania aplikovaný na implementáciu metódy Perlového náhrdelníku na zásobník za zvarovňou (vsp.).....	173

Zoznam tabuliek

Tab. 1 – Úvodná časť – prehľad kapitol a ich popis.(vsp.).....	22
Tab. 2 – Teoretická časť – prehľad kapitol a ich popis.(vsp.)	23
Tab. 3 – Záverečná časť – prehľad kapitol a ich popis.(vsp.).....	24
Tab. 4 – Rozdelenie dopravy materiálu v materiálovom toku. (upr.: Rumíšek, 1991)	43
Tab. 5 – Finančné prínosy simulačného modelovania (upr.: Bednár, Košturiak a Kuric, 1998)	55
Tab. 6 – Ukážka vyhodnotenia Zachovania dennej vernosti výrobnému programu (vsp.)	69
Tab. 7 – Dosahované hodnoty ukazovateľa ZVVP v ŠKODA AUTO a.s. pre jednotlivé modely v roku 2003. (prev.: Baltus a Kučera, 2003).....	70
Tab. 8 – Príčiny, ktoré porušujú poradie dané plánovaným výrobným programom v materiálovom toku. (upr.: Bartošek, Šunka a Varjan, 2014).....	72
Tab. 9 – Údaje o plánovanom a skutočnom poradí 7 zákaziek.(vsp.)	81
Tab. 10 – Vyhodnotenie vzorového príkladu. Výpočty sú uvedené v Príloha 9.(vsp.).....	81
Tab. 11 – Analógia medzi vlastnosťami materiálového toku a vektorom. (vsp.).....	87
Tab. 12 – Subjektívne posúdenie významu príčin na porušenie SP v MT. (vsp.).....	89
Tab. 13 – Zhrnutie možností eliminácie vplyvu príčin na MT, zavedenie SP do MT. (vsp.) ..	90
Tab. 14 – Prehľad prvkov simulačného modelu s príčinou porušenia SP v MT. (vsp.).....	92
Tab. 15 – Parametrizácia procesných prvkov simulačného modelu. (vsp.)	93
Tab. 16 – Vstupné hodnoty pre plánovaný experiment. (vsp.).....	93
Tab. 17 – Navrhnutý plánovaný experiment a jeho pokusy, matica experimentov. (vsp.)	94
Tab. 18 – Princíp opakovania simulačných experimentov a hodnoty prúdu. (vsp.).....	95
Tab. 19 – Vyhodnotenie počtu ZIP z výsledkov pokusov. (vsp.).....	96
Tab. 20 – Efekt vybraných príčin. (vsp.)	97
Tab. 21 – Efekt vybraných príčin ich vzájomných interakcií pre úplný faktorový plán. (vsp.)	101
Tab. 22 – Test významnosti efektu príčin a ich interakcií pre úplný faktorový plán. (vsp.)..	102
Tab. 23 – Test významnosti efektu príčin pre jednofaktorový plán. (vsp.).....	103
Tab. 24 – Súhrnný prehľad záveru testu pre overenie hypotéz. (vsp.).....	103
Tab. 25 – Štúdia predpokladu, že ZVVP je nástrojom pre dosiahnutie SPZ. (vsp.)	107
Tab. 26 – Príklad generovania zákaziek na prvom vybranom mieste v bloku. (vsp.).....	118
Tab. 27 – Porovnanie spôsobu zoradenia zákaziek podľa viacerých úrovní. (vsp.).....	118
Tab. 28 – Všeobecná ukážka niektorých činností nutných k úprave reálnych dát. (vsp.).....	119
Tab. 29 – Porovnanie vypočítaných hodnôt PFT_x u oboch subjektov za 4. KT 2012. (vsp.)..	122
Tab. 30 – Dôvody rozdielneho výpočtu PFT_x u oboch subjektov. (vsp.).....	123
Tab. 31 – Dôsledok úpravy dát na PFT_0 , opakovaný test. (vsp.).....	124

Tab. 32 – Údaje potrebné k výpočtu PFT_x . (vsp.)	127
Tab. 33 – Odporúčenie využitia dátových typov a formátu pre údaje. (vsp.)	129
Tab. 34 – Příklad úpravy rovnakých záznamov času. (vsp.)	130
Tab. 35 – Klasifikačná tabuľka výberu časti zvarovne k implementácii metódy PN.(vsp.) ..	137
Tab. 36 – Jednotné časové intervaly pre výpočet PKG. (vsp.).....	141
Tab. 37 – Referenčné body novej logiky riadenia a ich význam. (vsp.)	146
Tab. 38 – Zjednodušenie simulačného modelu oproti KM-RS. (vsp.).....	147
Tab. 39 – Matica experimentov pre SM-RS. (vsp.).....	151
Tab. 40 – Prehľad výsledkov pre prvú a druhú sériu experimentov SM-RS. (vsp.)	152
Tab. 41 – Zistené rozdiely medzi navrhovanou logikou riadenia a skutočne implementovanou. (vsp.)	156
Tab. 42 – Prehľad vyhodnotenia PKG_{IN} a PKG_{OUT-RS} za 25. KT roku 2013. (vsp.)	164
Tab. 43 – Prehľad neštandardné situácií za sledovaný 25. KT 2013. (vsp.).....	164
Tab. 44 – Číselné porovnanie poradia zákaziek v daných intervaloch medzi ($EB-0_{plan} \rightarrow EB-2_{in}$) a ($EB-0_{plan} \rightarrow EB-4_{out}$) podľa <i>SQAIN</i> a <i>SQAOUT</i> (vsp.)	167

Zoznam grafov

Graf 1 – Podiel vybraných činností z metodiky simulačného modelovania na celkovom projekte. (upr.: UGS CORP., 2005).....	54
Graf 2 – Vykreslenie grafov efektu príčin pre úplný faktorový plán. (vsp.)	98
Graf 3 – Vykreslenie grafov efektu príčin jednofaktorový plán. (vsp.)	99
Graf 4 – Grafy efektu interakcii príčin pre úplný faktorový plán. (vsp.)	101
Graf 5 – Ovplyvnenie hodnoty PFT_0 jednoduchou úpravou (filtrovaním) dát. (vsp.).....	124
Graf 6 – Ovplyvnenie hodnoty PFT_0 jednoduchou úpravou (filtrovaním) dát, opakovaný test. (vsp.)	125
Graf 7 – Výpočet hodnôt PKG medzi $EB-0_{plan}$ a $EB-4_{out}$ za 48. až 50. KT roku 2011.	142
Graf 8 – Závislosť obsadenosti zásobníku na priemernej hodnote PKG SM-IS za 48. až 50. KT roku 2011. (vsp.).....	144
Graf 9 – Porovnanie výsledkov priemernej hodnoty PKG pre pôvodný stav, SM-IS a SM-RS. (vsp.)	153
Graf 10 – Vplyv zvýšenia obsadenosti zásobníku na priemernú hodnotu PKG z výsledkov SM-RS pre novú logiku riadenia za 48. až 50. KT roku 2011. (vsp.)	154
Graf 11 – Graf spoľahlivosti záznamu zákaziek na $EB-2_{in}$ stanoveného podľa $EB-1_{in}$. (vsp.)	157
Graf 12 – Závislosť obsadenosti zásobníku na priemernej hodnote PKG pre SM-IS a SM-RS za 24. až 26. KT roku 2013. (vsp.)	159
Graf 13 – Časový priebeh obsadenosti zásobníku za zvarovňou medzi $EB-1_{in}$ a $EB-4_{out}$ v 25. KT roku 2013. (vsp.).....	160
Graf 14 – Hodinové porovnanie hodnôt PKG_{IN} s PKG_{OUT-RS} za 17. – 18. 6. 2013. (vsp.)	162
Graf 15 – Hodinové porovnanie hodnôt PKG_{IN} s PKG_{OUT-RS} za 18. – 19. 6. 2013. (vsp.)	162
Graf 16 – Hodinové porovnanie hodnôt PKG_{IN} s PKG_{OUT-RS} za 19. – 20. 6. 2013. (vsp.)	163
Graf 17 – Hodinové porovnanie hodnôt PKG_{IN} s PKG_{OUT-RS} za 20. – 21. 6. 2013. (vsp.) ...	163
Graf 18 – Priebeh PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} za 17. – 18. 6. 2013. (vsp.)	165
Graf 19 – Priebeh PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} za 18. – 19. 6. 2013. (vsp.)	165
Graf 20 – Priebeh PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} za 19. – 20. 6. 2013. (vsp.)	166
Graf 21 – Priebeh PKG_{OUT-RS} a PKG_{OUT-SM} za 20. – 21. 6. 2013. (vsp.)	166
Graf 22 – Graf závislosti počtu zákaziek k celkovému počtu v % na intervale posunu. (vsp.)	168
Graf 23 – Analýza dodržania poradia na SQA_{IN} a SQA_{OUT} za 25. KT roku 2013. (vsp.).....	169

Zoznam rovníc

Rovnica 1 – Výpočet vlastnej pohotovosti pre samostatné technické zariadenie. (Katukoori, 2009).....	49
Rovnica 2 – Výpočet vlastnej pohotovosti pre súbor vzájomne súvisiacich zariadení. (Katukoori, 2009).....	49
Rovnica 3 – Praktické využitie výpočtu vlastnej pohotovosti.....	50
Rovnica 4 – Všeobecný výpočet „Termintreue“. (Günthner, [b.r.].....	69
Rovnica 5 – Výpočet ukazovateľa ZVVP. (Kietzmann, 2012)	70
Rovnica 6 – Výpočet SQA. (upr. Meißner, 2009)	78
Rovnica 7 – Doplnujúce výpočty z hodnoty SQA za platných podmienok. (Meißner, 2009) .	79
Rovnica 8 – Vlastný výpočet PFT_x . (Unterburger a Lalkens, 2008).....	80
Rovnica 9 – Výpočet $PFT_0 = PKG$. (Unterburger a Lalkens, 2008)	81
Rovnica 10 – Rovnica rovnováhy pre SP. (vsp.)	88
Rovnica 11 – Stanovenie počtu experimentov. (upr.: Tošenovský, 2012)	94
Rovnica 12 – Záver testu významnosti efektov pre overenie hypotéz. (Tošenovský, 2012) .	103
Rovnica 13 – Podmienka rovnosti časového intervalu a časového obdobia (vsp.)	111
Rovnica 14 – Matematické vyjadrenie zlepšenia PKG nasadením novej logiky riadenia. (vsp.)	144

Zoznam príloh

- Príloha 1 – Štruktúra doktorskej dizertačnej práce
- Príloha 2 – Ukážka vybraných grafických a grafoanalytických prostriedkov
- Príloha 3 – Vývojový diagram metodiky simulačného modelovania
- Príloha 4 – Výrobný systém Toyota
- Príloha 5 – Prehľad vybraných konceptov riadenia
- Príloha 6 – Graf hodnôt ZVVP spoločnosti ŠKODA AUTO a.s. za časové obdobie výrobný rok od 2010 do 2014
- Príloha 7 – Graf hodnôt synchronizácie medzi plánovaným a skutočným výrobným programom (PKG) spoločnosti AUDI za časové obdobie výrobný rok od 2003 do 2014
- Príloha 8 – Vývojový diagram stanovenia hodnoty rozpracovaných zákaziek pre i-tú zákazku (RZi)
- Príloha 9 – Vzorový príklad pre výpočet ukazovateľa metódy Perlového náhrdelníku
- Príloha 10 – Predloha klasifikačnej tabuľky príčin
- Príloha 11 – PKG modul v simulačnom modeli a jeho princíp fungovania
- Príloha 12 – Záznam hodnôt z jednotlivých pokusov simulačných behov pre úplný faktorový plán a jednofaktorový plánovaného experimentu
- Príloha 13 – Graf efektu interakcií príčin plánovaného experimentu
- Príloha 14 – Štatistická tabuľka Kvantil rozdelenia t (Študentovo rozdelenie)
- Príloha 15 – Tabuľka výpočtu PFT_0 ako príklad zmeny hodnoty PFT_0 na rozdielnom spôsobe zoradenia zákaziek
- Príloha 16 – Vzorová ukážka dát pred ich úpravou a po úprave
- Príloha 17 – Ukážka reálnych dát po ich analýze a následnej úprave pomocou vhodného filtru
- Príloha 18 – Navrhnutie jednotného postupu pre výpočet PFT_x
- Príloha 19 – Možné scenáre radenia zákaziek prostredníctvom referenčných bodov I. a II.
- Príloha 20 – Možné scenáre radenia zákaziek prostredníctvom referenčných bodov III. a IV.
- Príloha 21 – Vývojový diagram riadenia zásobníku pre referenčný bod I.
- Príloha 22 – Vývojový diagram riadenia zásobníku pre referenčný bod II.
- Príloha 23 – Vývojový diagram riadenia zásobníku pre referenčný bod III.
- Príloha 24 – Vývojový diagram riadenia zásobníku pre referenčný bod VI.
- Príloha 25 – Vývojový diagram riadenia zásobníku pre referenčný bod V.
- Príloha 26 – Vytvorený simulačný model zásobníku za zvarovňou
- Príloha 27 – Výsledky simulačných experimentov SM-RS, prvá a druhá séria experimentov
- Príloha 28 – Grafy priebehu PKG reálny proces v. simulačné modelovanie s rovnicami polynómov a indexmi determinácie
- Príloha 29 – Grafy závislosti početnosti SQA_i na hodnote SQA_i bez a s použitím korekcie posunu
- Príloha 30 – Zobrazenie princípu vyhodnotenia metodikou korekcie posunu

Obsah multimediálnej prílohy (CD)

2016_Matus_Varjan_Simulacni_verifikace_komplexniho_techologickeho_projektu

Obsah CD

- Kompletná verzia doktorskej dizertačnej práce, súbor v *.pdf.
- Zkrátené verzia doktorskej dizertačnej práce, súbor v *.pdf.
- Prílohy doktorskej dizertačnej práce, súbor *.pdf.
- Výpočty plánovaného experimenty pre úplný faktorový plán a jednofaktorový plán v programe MS Excel, súbor *.xlsx.

Životopis autora v slovenskom jazyku

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

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

Curriculum Vitae

Name, Surname: Matúš Varjan
Date of birth: 24th of December 1984
Date of birth: Levoča, Slovakia
Nationality: slovak

Education:

2010 – 2015 Brno University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering
The Institute of Manufacturing Technology
Department of Metal Forming
doctoral's study programme, state doctoral examination passed in 2013

2011 API – Academy of Productivity and Innovations
The Talent Academy, Summer School of Industrial Engineering

2008 – 2010 Brno University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering
The Institute of Manufacturing Technology
Department of Metal Forming
master's study programme

2004 – 2008 Brno University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering
The Institute of Manufacturing Technology
Department of Metal Forming
bachelor's study programme

2000 – 2004 Secondary school Janko Francisci-Rimavský in Levoča

Realized projects, trainee:

2010 Tatramat, Analyze material flow, technological project

2010 – 2011 ALPS Electric Czech, Analyze of assembly line

2011 Chart Ferox, Analysis workflow, technological project

2011 TRATEC-CS, Analyze material flow of new product, technological project

since 2011 ŠKODA AUTO, Stability production, Stable-order Concept

Languages:

English (B1), German (A2)

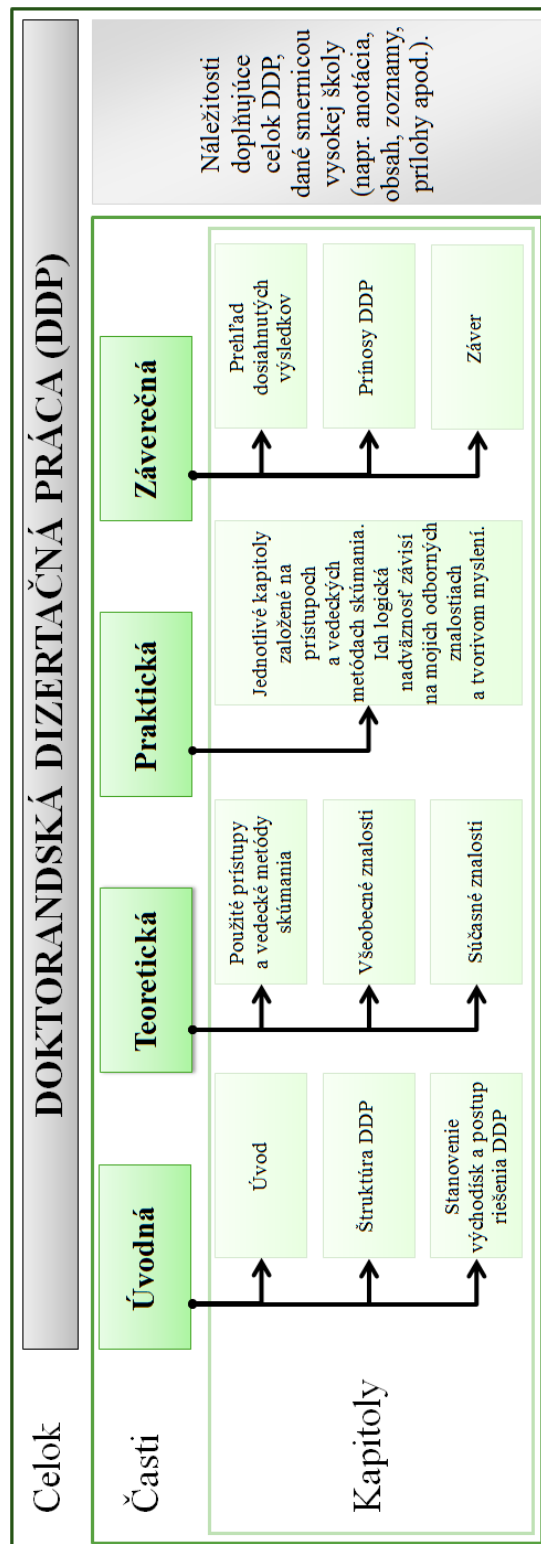
Skills:

MS Office, MS Project, discrete-event simulation, communication, presentation

Prehľad činností autora v priebehu doktorského štúdia

<i>Tvorivá činnosť – prehľad publikácií:</i>	
2014	VARJAN, Matúš. Ověření konceptu svařoven pomocí simulace diskrétních událostí. <i>Kovárenství</i> , 2014, roč. 2014, č. 50, s. 81-84. ISSN: 1213- 9289.
	BARTOŠEK, Vladimír, Josef ŠUNKA a Matúš VARJAN. <i>Logistické řízení podniku v 21. století</i> . 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. <i>Kovárenství</i> , 2012, roč. 2012, č. 44, s. 117-120. ISSN: 1213- 9289.
	VARJAN, Matúš, Ivo DOHNAL a Pavel RUMÍŠEK. <i>Využití simulačního modelování v technologickém projektování</i> . 2012.
	VARJAN, Matúš a Zdeňka VIDECKÁ. Výuka simulačního modelování v technologickém projektování. In <i>WITNESS 2012. Diskrétní simulace</i> . Brno: 2012. s. 29-31. ISBN: 978-80-214-4538- 3.
<i>Riešené projekty ako hlavný riešiteľ:</i>	
2012	Inovace výuky v předmětu Technologické projektování, zahájení: 01.01.2012, ukončení: 31.12.2012, FRVŠ 2433/2012 G1
<i>Vyučovanie predmetov:</i>	
VUT FSI	Výrobní technologie I.
	Technologie II.
VUT FP	Informační podpora procesů
	Řízení projektů
	Podnikové informační systémy
	Řízení výroby
	Řízení výroby 2
<i>Odborné prednášky:</i>	
VUT FSI	Simulační modelování v technologickém projektování
	Simulace diskrétních událostí
VUT FP	Počítačová simulace jako nástroj pro optimalizaci logistických řetězců
<i>Absolvované kurzy a školenia (výber):</i>	
Institut celoživotního vzdělávání VUT v Brně: Přesvědčovací dovednosti, Time Management, Industrial Project Management, Industrial Design	
INOINFRA: Global Marketplace, Efektivní komunikace v týmu, TRIZ	

PRÍLOHA 1: Štruktúra doktorskej dizertačnej práce



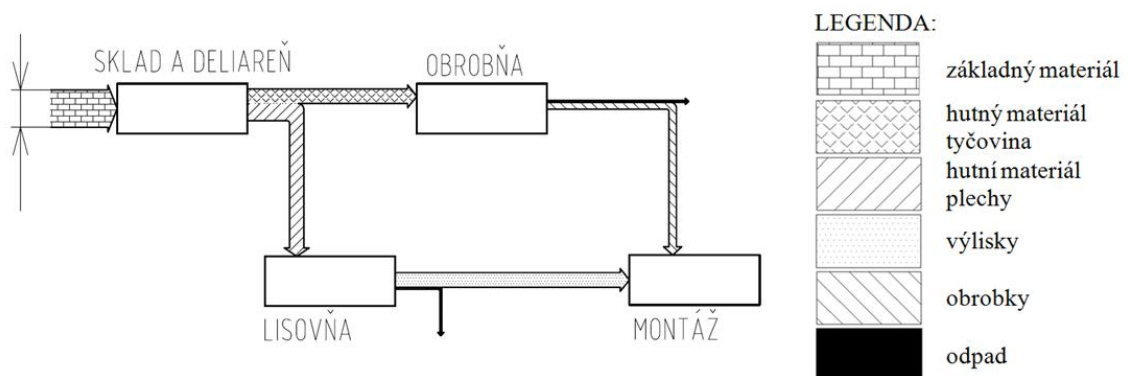
Príloha 1: Vlastné spracovanie.

PRÍLOHA 2: Ukážka vybraných grafických a grafoanalytických prostriedkov

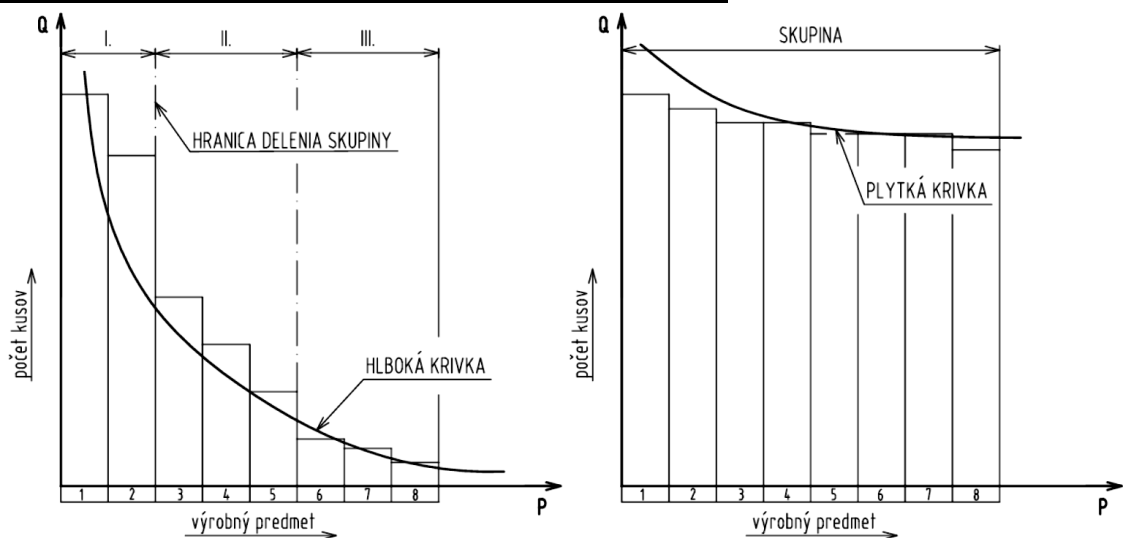
Príklad Šachovnicovej tabuľky:

ODOSIELACIE PRACOVISKO	PRIJÍMACIE PRACOVISKO								celkom prijaté [t]
	expedícia	mechanická dielňa	ustredný sklad	sklad reziva	sklad uhlia	kotolňa	skládky	popol	
prísun dodávky		–	1572	–	10520	–	–	–	12092
mechanická ielňa	500		–	–	–	–	965	–	1465
ustredný sklad	–	–		1572	–	–	–	–	1572
sklad reziva	–	1572	–		–	–	–	–	1572
sklad uhlia	600	–	–	–		185	–	–	785
kotolňa	–	–	–	–	–		10520	–	10520
skládky	–	100	–	200	–	–		134	434
popol	–	–	–	–	–	385	–		385
celkom odoslané [t]	1100	1672	1572	1772	10520	570	11485	134	28825

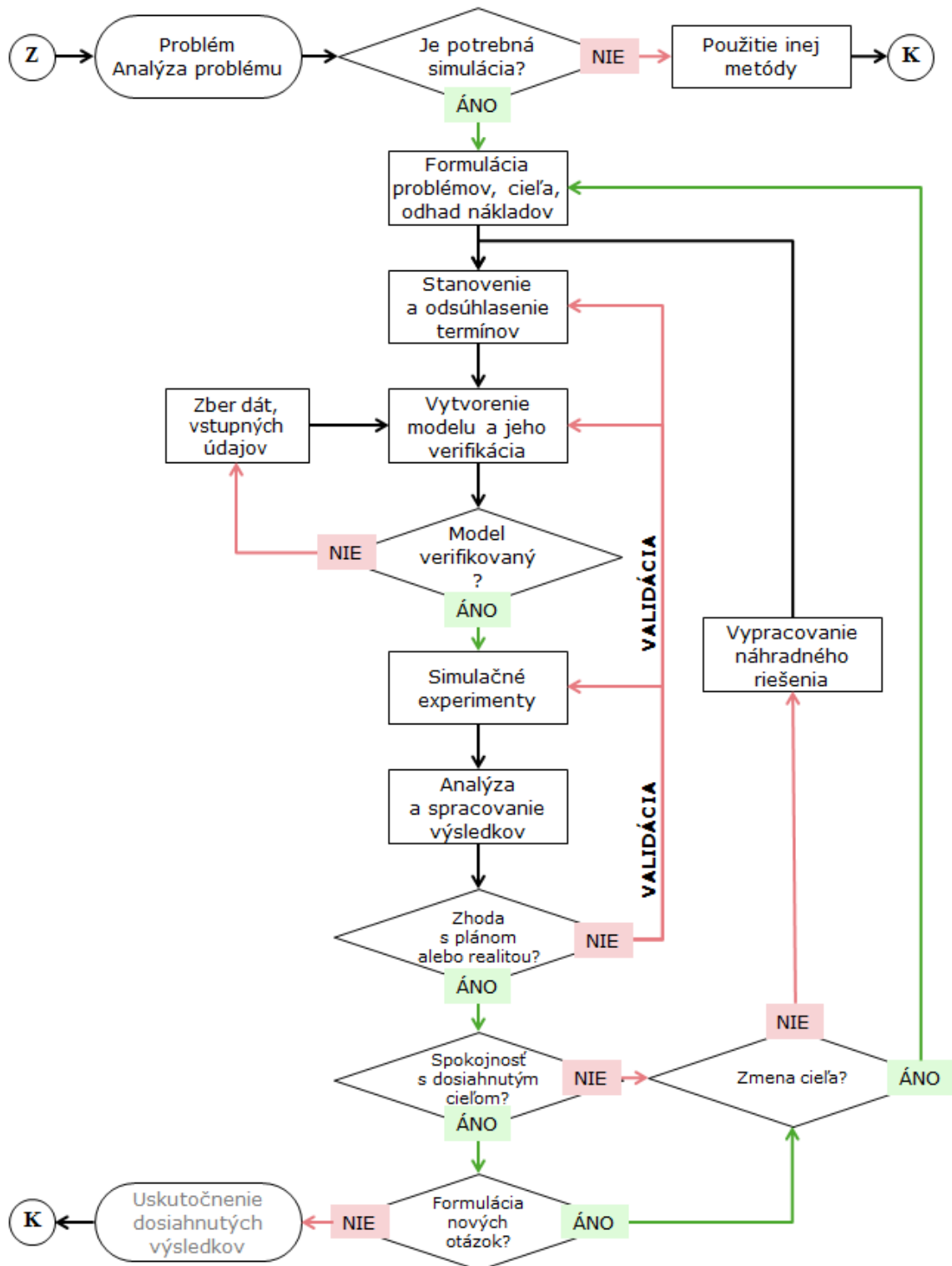
Príklad Sankeyovho diagramu:



Príklad P-Q diagramov s hlbokou a plytkou krivkou:



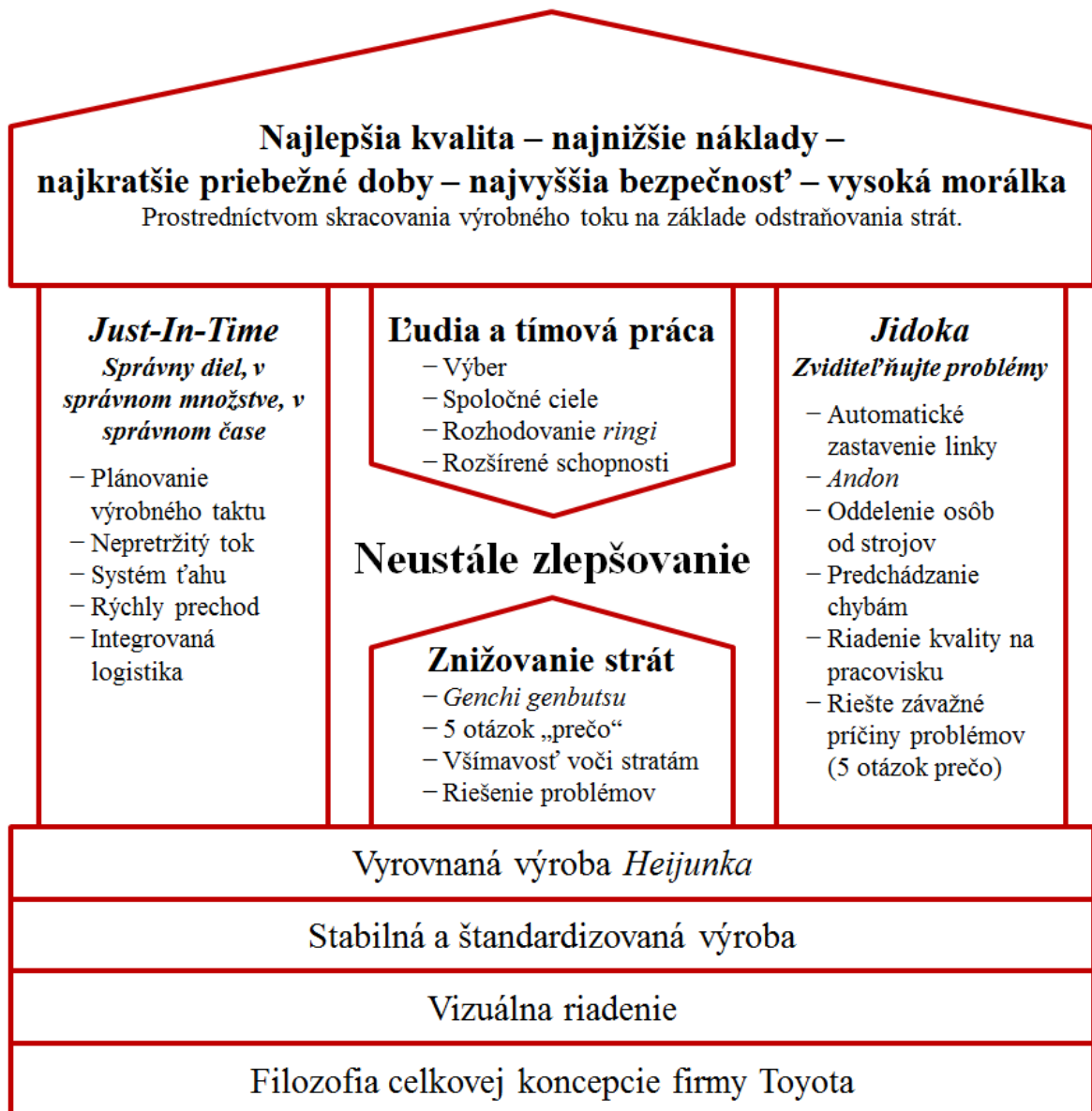
PRÍLOHA 3: *Vývojový diagram metodiky simulačného modelovania*



Príloha 3: *Prevzaté od:*

VDI 3633, 2000. *Verein Deutscher Ingenieure, Simulation von Logistik-, Materialfluß und Produktionssystemen Grundlagen: Simulation of systems in materials handling, logistics and production Fundamentals.* Düsseldorf.

PRÍLOHA 4: *Výrobný systém Toyota*



Príloha 4: *Prevzaté od:*

LIKER, Jeffrey K, 2007. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 390 s. ISBN 978-80-7261-173-7.

PRÍLOHA 5: *Prehľad vybraných konceptov riadenia*

Plánovanie požiadakov matematického materiálu:

Tento koncept je v zahraničí známi pod anglickým spojením „Material requirement planning“ ako MRP I alebo jeho inovácia „Manufacturing Resource Planning“ ako MRP II. Ide o adresné plánovanie materiálu podľa skutočných potrieb výroby. Plánovanie prebieha prostredníctvom výpočtovej techniky, pričom východiskovými údajmi je rozvrh výroby a disponibilný stav zásob. Prínosmi tohto konceptu je zníženie viazanosti obežných prostriedkov. Na základe MRP II sú integrované firemné subsystémy nazývané ERP (z anglického „Enterprise Resource Planning“). ERP je komplexný softwarový balík, umožňujúci účelne a efektívne riadiť podnikové zdroje.

(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.)

Optimalizácia výrobných tokov, teória obmedzení:

Koncept (z anglického „Optimized Production Technology“) pracuje s vyvažovaním toku produktov. Ide o hľadanie úzkych miest, pričom našou snohou je ich postupne odstraňovať a zvyšovať tak kapacitu dosahovanej produkcie celej sústavy, nie samotných procesov.

(JUROVÁ, Marie, 2013. *Výrobní procesy řízené logistikou*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 260 s. ISBN 978-80-265-0059-9.)

V priebehu vývoja sa tento koncept rozšíril aj do iných oblastí, než výrobných (napr. obchodných). Tým sa začal formovať nový koncept teórie obmedzení (z anglického „Theory of Constraints“). U tohto konceptu sa predpokladá, že každá spoločnosť má aspoň jedno obmedzenie, ktoré jej zabraňuje dosiahnuť vyšší stupeň výkonnosti.

(KRIŠŤAK Jozef, 2007. Teória obmedzení. In: *IPA Slovakia* [online]. 2007 [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/teoria-obmedzeni>.)

Agilná výroba:

Agilná výroba (z anglického „Agil Manufacturing“) zlučuje štíhle a flexibilné prístupy. Toto zlúčenie zapríčinila neustála diferenciacia výrobkov predovšetkým v automobilovom priemysle. Automobilky sú nútené na tieto zmeny dynamicky reagovať. Praktickým príkladom zavedenia agilnej výroby v automobilke je vytvorenie univerzálnej platformy výrobku, pričom sa môže zásadne meniť jeho diferenciacia.

(BARTOŠEK, Vladimír, Josef ŠUNKA a Matúš VARJAN, 2014. *Logistické řízení podniku: v 21. století*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-824-3.)

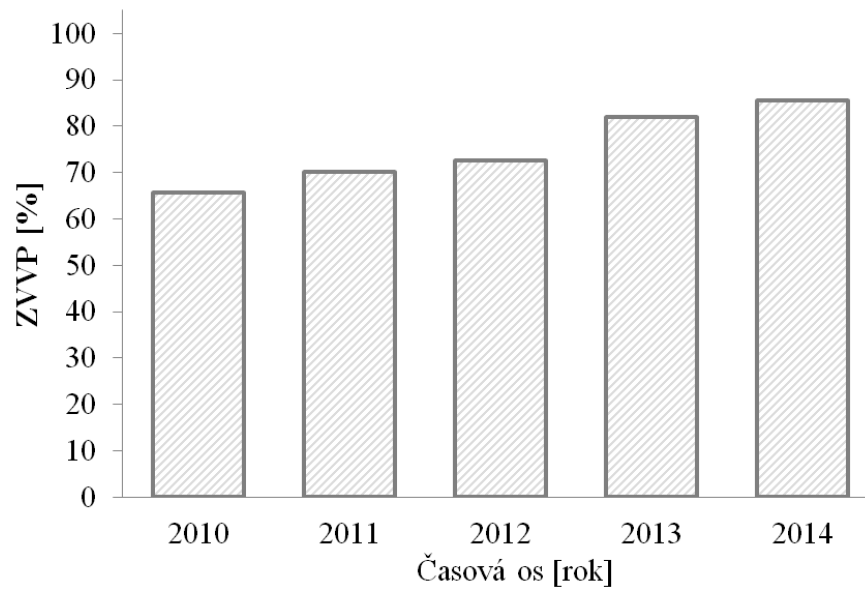
Koncept vytvážovacieho riadenia:

Tento koncept pochádza z Nemecka, kde sa uvádza pod pojmom „Belastungsorientierte Auftragsfreigabe“. Ide o koncept dielenského riadenia výroby, pomocou ktorého je možné odstrániť dlhé priebežné doby výroby. Princíp spočíva vo výrobe len tých úloh, pre ktoré je v rámci dielne dostatočná kapacita. Ostatné úlohy sa podľa stanovenej priority začnú vyrábať až po uvoľnení danej kapacity.

(JUROVÁ, Marie, 2013. *Výrobní procesy řízené logistikou*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 260 s. ISBN 978-80-265-0059-9.)

Príloha 5: Prevzaté od uvedenej literatúry.

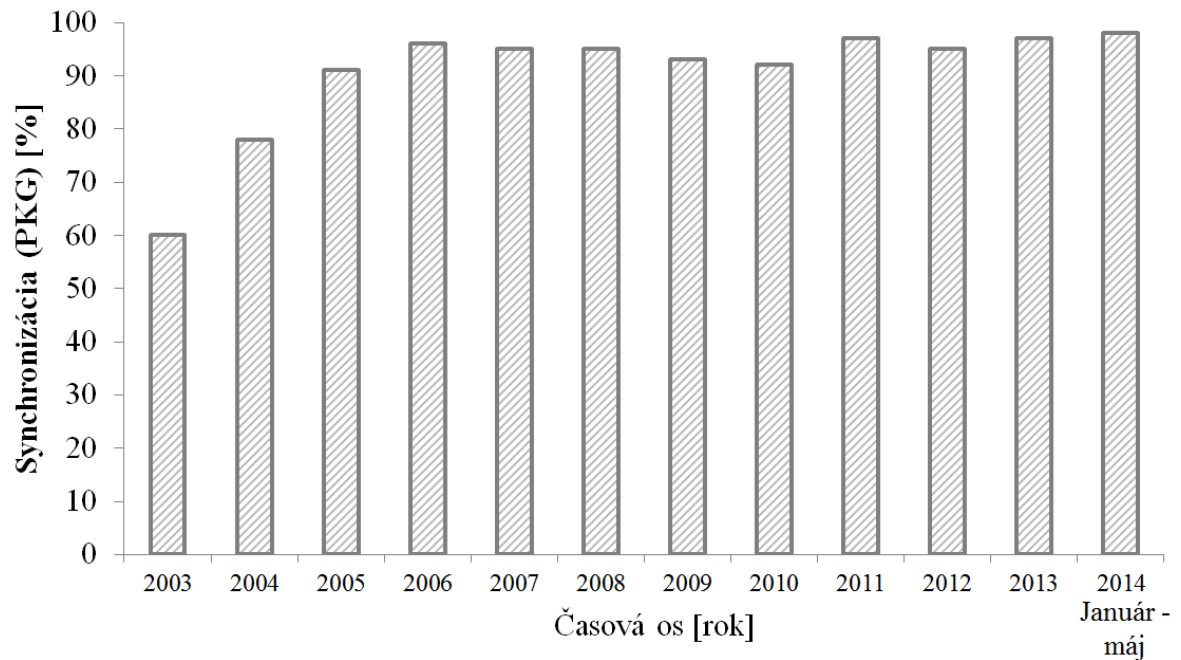
PRÍLOHA 6: Graf hodnôt ZVVP spoločnosti ŠKODA AUTO a.s. za časové obdobie výrobný rok od 2010 do 2014



Priloha 6: Upravené podľa:

UMLAUF Jan a Jens DRESCHER, 2014. *Best-Practice: Stabile Produktion in ŠKODA AUTO*. Mladá Boleslav: AutoUni, 2014, 38 s. [cit. 2014-11-22].

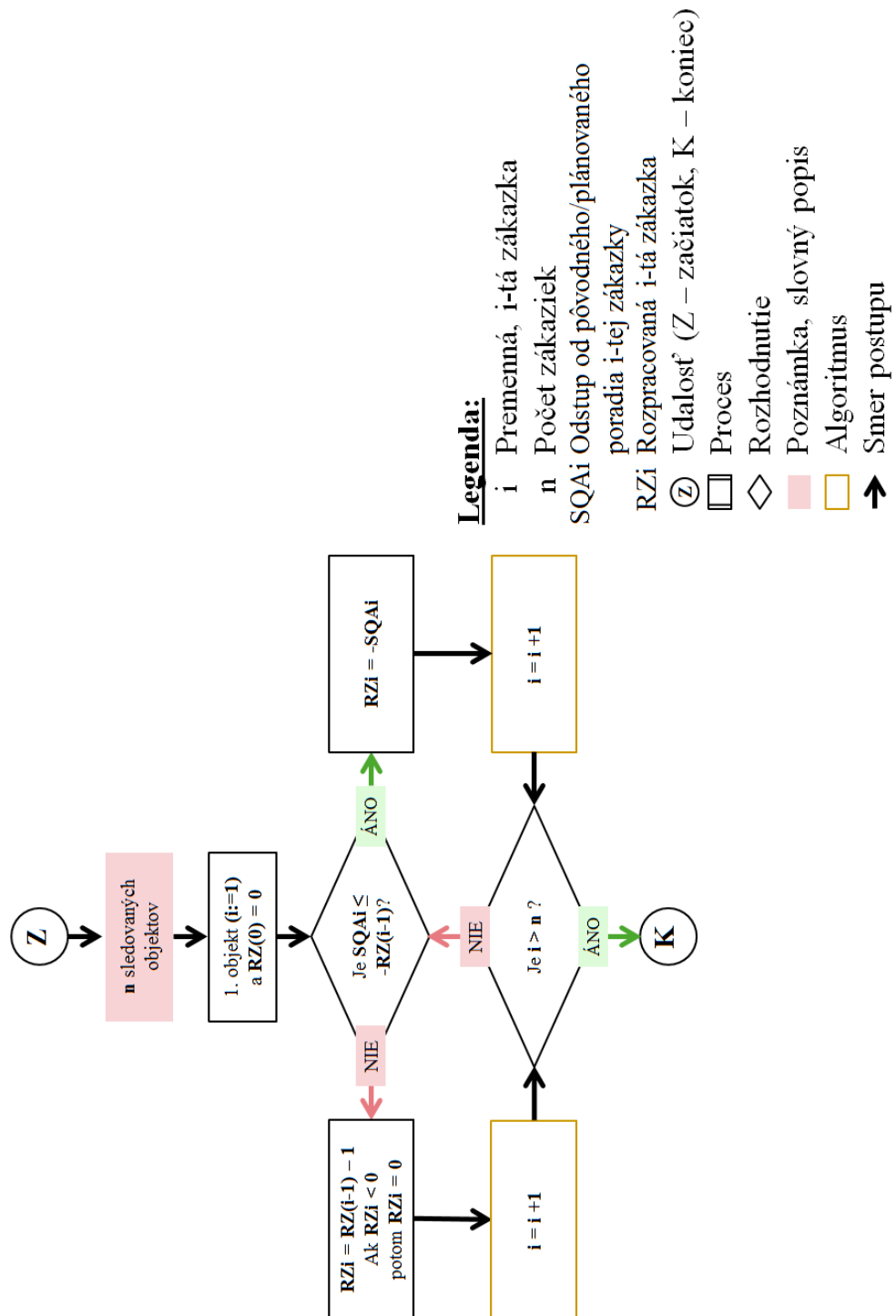
PRÍLOHA 7: Graf hodnôt synchronizácie medzi plánovaným a skutočným výrobným programom (PKG) spoločnosti AUDI za časové obdobie výrobný rok od 2003 do 2014



Príloha 7: Upravené podľa:

BRAUN, Dieter. AUDI AG, 2014. *Stabile Produktion: Prinzipien der Perlenkette und Erfahrung aus dem Werk Neckarsulm*. Mladá Boleslav: AutoUni, 2014, 38 s. [cit. 2014-11-22].

PRÍLOHA 8: *Vývojový diagram stanovenia hodnoty rozpracovaných zákaziek pre i-tú zákazku (RZi)*



Príloha 8: *Upravené podľa:*

MEIßNER, 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.

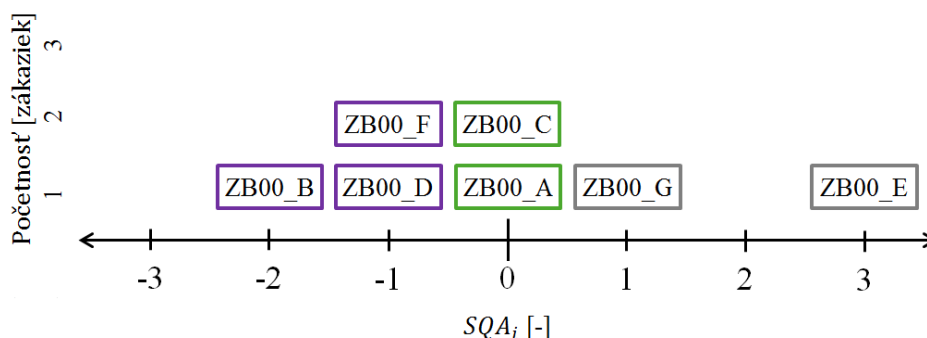
PRÍLOHA 9: Vzorový príklad pre výpočet ukazovateľa metódy Perlového náhrdelníku

Riešenie vzorového príkladu:

1. Vzorový výpočet SQA_i pre zákazku ZB00_F podľa rovnice R6.

$$SQA_{ZB00_F} = PlanS_{ZB00_F} - AktS_{ZB00_F} = 6 - 7 = -1 [-]$$

2. Grafické znázornenie SQA .



3. Výpočet aritmetického priemeru SQA podľa rovnice R7.

$$\overline{SQA} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SQA_i = 0$$

$$\overline{SQA} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 (0 + (-2) + 0 + (-1) + 3 + (-1) + 1) = \underline{\underline{0}}$$

4. Výpočet rovnosti hodnôt SQA podľa rovnice R8.

$$\sum_{i=1}^2 SQA_{ZB00_E}^{+3} + SQA_{ZB00_G}^{+1} = - \sum_{i=1}^3 SQA_{ZB00_B}^{-2} - SQA_{ZB00_D}^{-1} - SQA_{ZB00_F}^{-1}$$

$$3 + 1 = -(-2 - 1 - 2)$$

$$\underline{\underline{4 = 4}}$$

5. Určenie celkového počtu zákaziek podľa rovnice R9.

$$fv^+ = \sum_{i=1}^n SQA_i^+ = SQA_{ZB00_E}^{+3} + SQA_{ZB00_G}^{+1} = \underline{\underline{2}}$$

$$fv^- = \sum_{i=1}^n SQA_i^- = SQA_{ZB00_B}^{-2} - SQA_{ZB00_D}^{-1} - SQA_{ZB00_F}^{-1} = \underline{\underline{3}}$$

$$fv^0 = \sum_{i=1}^n SQA_i^0 = SQA_{ZB00_A}^0 - SQA_{ZB00_C}^0 = \underline{\underline{2}}$$

6. Výpočet rozptylu SQA podľa rovnice R10.

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (SQA_i - \overline{SQA})^2 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SQA_i^2 \right) - \overline{SQA}^2$$

$$s^2 = \left(\frac{1}{7} (0^2 + (-2)^2 + 0^2 + (-1)^2 + 3^2 + (-1)^2 + 1^2) \right) - 0^2$$

$$\underline{\underline{s^2 = 2,29}}$$

7. Výpočet smerodajnej odchýlky SQA podľa rovnice R11.

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{2,29} = \underline{\underline{1,51}}$$

8. Výpočet ukazovateľa PFT_0

$$PFT_0 = PKG = \frac{P - P_{(SQA < 0)} - P_{Miss}}{P} \cdot 100 \% [\%]$$

$$PFT_0 = PKG = \frac{7 - 3 - 0}{7} \cdot 100 \% = \underline{\underline{57,14 \%}}$$

9. Výpočet ukazovateľa PFT_2

$$PFT_2 = \frac{P - P_{(SQA < -2)} - P_{Miss}}{P} \cdot 100 \% [\%]$$

$$PFT_2 = \frac{7 - 0 - 0}{7} \cdot 100 \% = \underline{\underline{100 \%}}$$

Príloha 9: Upravené podľa:

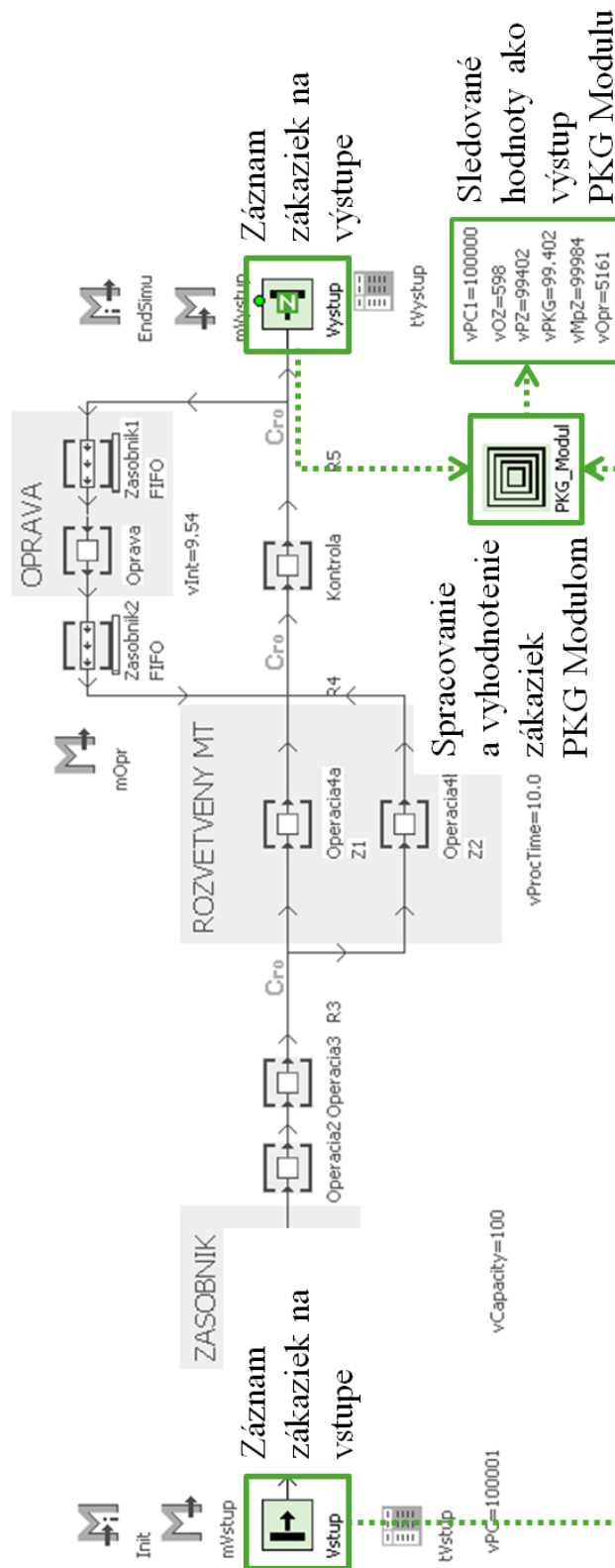
MEIßNER, Sebastian, 2009. LEHRSTUHL FÜR FÖRDERTECHNIK, Sebastian Meissner. Materialfluss. Logistische Stabilität in der automobilen Variantenfließfertigung. Garching: Lehrstuhl für Fördertechnik, Materialfluss, Logistik der Techn. Univ. ISBN 978-398-1181-999. Dizertačná práca. Der Technischen Universität München, Fakultät für Maschinenwesen.

PRÍLOHA 10: *Predloha klasifikačnej tabuľky príčin*

<i>Príčina</i>	<i>Body</i>	<i>Lokalita</i>	<i>Popis príčiny</i>	<i>Váha</i>	<i>Body · Váha</i>
Rozvetvený MT					
Paralelný MT					
Vratný MT					
Zásobníky riadené FIFO					
Zásobníky neriadené FIFO					
Vynímanie zákaziek z MT					
Plánovanie výrobného programu					
Riadenie výrobného programu					
Organizačné príčiny					
Náhodné javy					
Novozistená príčina					
Novozistená príčina					
Novozistená príčina					

Príloha 10: Vlastné spracovanie.

PRÍLOHA 11: *PKG modul v simulačnom modeli a jeho princíp fungovania*



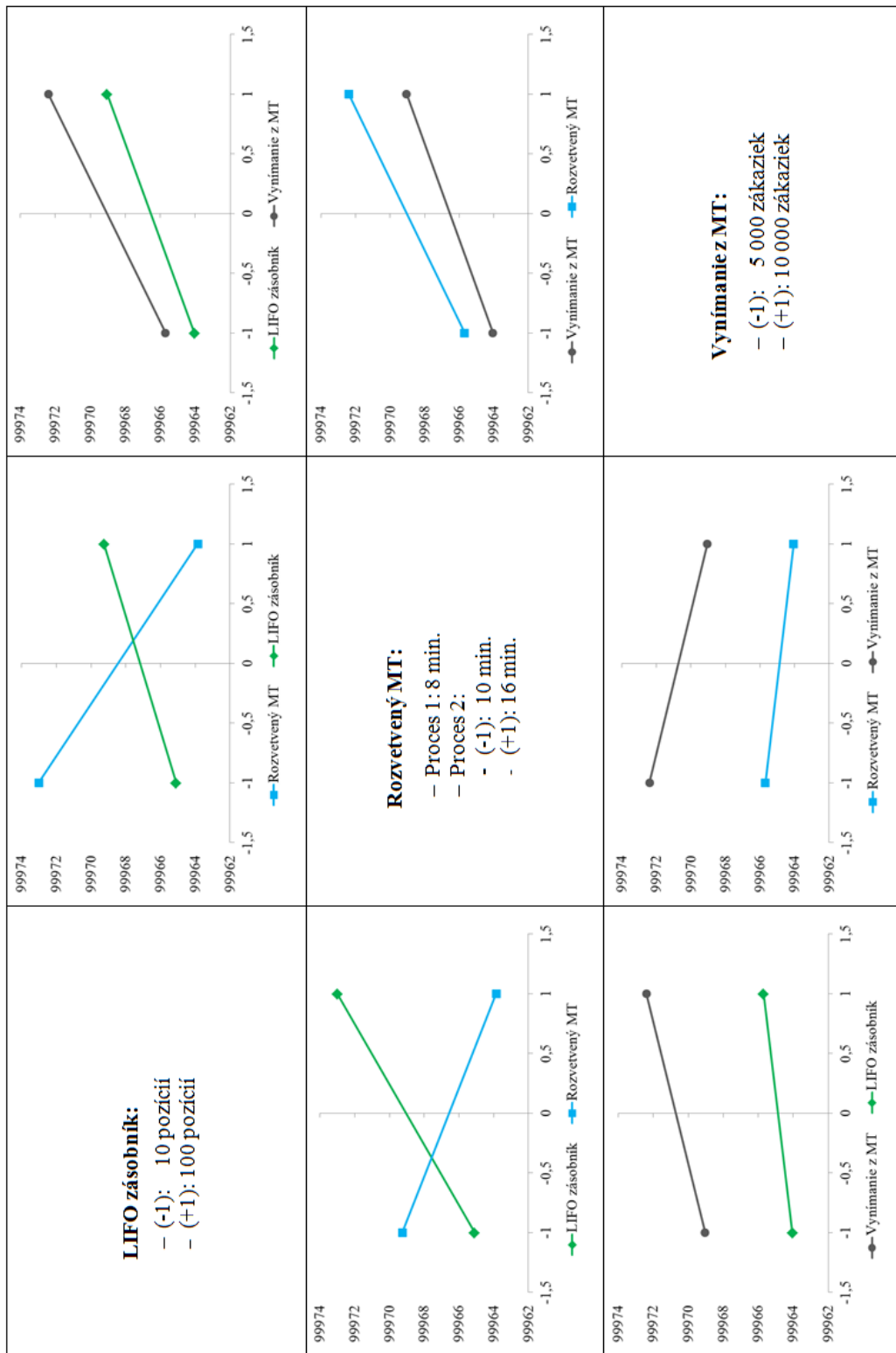
Príloha 11: *Vlastné spracovanie.*

PRÍLOHA 12: *Záznam hodnôt z jednotlivých pokusov simulačných behov pre úplný faktorový plán a jednofaktorový plánovaného experimentu*

a) <i>Pre úplný faktorový plán:</i>														
Pokus číslo	LIFO Zásobník	Rozvetvený MT	Výnimanie z MT	Výhodnotenie priemerná hodnota ZIP	Jednotlivé výsledky z opakovaných pokusov pri zmenej hodnote prúdu, číslo udáva počet ZIP									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10 ks	10 min.	cca 5000 ks	99952,00	99958,00	99960,00	99953,00	99951,00	99939,00	99944,00	99968,00	99955,00	99936,00	99956,00
2	100 ks	10 min.	cca 5000 ks	99975,70	99978,00	99981,00	99972,00	99977,00	99966,00	99961,00	99990,00	99981,00	99987,00	99984,00
3	10 ks	16 min.	cca 5000 ks	99950,40	99958,00	99955,00	99950,00	99949,00	99941,00	99944,00	99960,00	99950,00	99936,00	99956,00
4	100 ks	16 min.	cca 5000 ks	99976,10	99981,00	99985,00	99972,00	99977,00	99966,00	99958,00	99990,00	99981,00	99968,00	99983,00
5	10 ks	10 min.	cca 10000 ks	99962,40	99962,00	99967,00	99960,00	99961,00	99954,00	99958,00	99975,00	99969,00	99956,00	99962,00
6	100 ks	10 min.	cca 10000 ks	99979,80	99974,00	99987,00	99977,00	99981,00	99970,00	99978,00	99989,00	99982,00	99974,00	99986,00
7	10 ks	16 min.	cca 10000 ks	99965,00	99967,00	99968,00	99961,00	99961,00	99960,00	99963,00	99978,00	99972,00	99958,00	99962,00
8	100 ks	16 min.	cca 10000 ks	99981,00	99980,00	99987,00	99978,00	99986,00	99970,00	99976,00	99992,00	99982,00	99973,00	99986,00

b) <i>Pre jednofaktorový plán:</i>														
Pokus číslo	LIFO Zásobník	Rozvetvený MT	Výnimanie z MT	Výhodnotenie priemerná hodnota ZIP	Jednotlivé výsledky z opakovaných pokusov pri zmenej hodnote prúdu, číslo udáva počet ZIP									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10 ks	10 min.	cca 7500 ks	99963,30	99966,00	99973,00	99952,00	99962,00	99947,00	99971,00	99968,00	99961,00	99959,00	99974,00
2	100 ks	13 min.	cca 7500 ks	99980,40	99980,00	99990,00	99968,00	99983,00	99968,00	99980,00	99993,00	99987,00	99971,00	99984,00
3	55 ks	10 min.	cca 7500 ks	99975,50	99977,00	99987,00	99963,00	99978,00	99957,00	99979,00	99988,00	99977,00	99972,00	99977,00
4	55 ks	16 min.	cca 7500 ks	99978,10	99981,00	99981,00	99967,00	99980,00	99977,00	99980,00	99989,00	99986,00	99966,00	99975,00
5	55 ks	13 min.	cca 5000 ks	99976,50	99977,00	99980,00	99970,00	99980,00	99961,00	99974,00	99993,00	99983,00	99969,00	99978,00
6	55 ks	13 min.	cca 10000 ks	99979,40	99980,00	99982,00	99976,00	99979,00	99969,00	99980,00	99991,00	99982,00	99975,00	99980,00

PRÍLOHA 13: Graf efektu interakcií príčin plánovaného experimentu



Príloha 13: Vlastné spracovanie.

PRÍLOHA 14: *Štatistická tabuľka Kvantil rozdelenia t (Študentovo rozdelenie)*

Tabuľka kvantilů t - rozdělení					
stupeň volnosti v	Pravděpodobnost (1- α)				
	90,0%	95,0%	97,5%	99,0%	99,5%
	Hladina významnosti (α)				
	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
...
49	1,299	1,677	2,010	2,405	2,680
50	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678
51	1,298	1,675	2,008	2,402	2,676
52	1,298	1,675	2,007	2,400	2,674
53	1,298	1,674	2,006	2,399	2,672
54	1,297	1,674	2,005	2,397	2,670
55	1,297	1,673	2,004	2,396	2,668
56	1,297	1,673	2,003	2,395	2,667
57	1,297	1,672	2,002	2,394	2,665
58	1,296	1,672	2,002	2,392	2,663
...
69	1,294	1,667	1,995	2,382	2,649
70	1,294	1,667	1,994	2,381	2,648
71	1,294	1,667	1,994	2,380	2,647
72	1,293	1,666	1,993	2,379	2,646
73	1,293	1,666	1,993	2,379	2,645
74	1,293	1,666	1,993	2,378	2,644
75	1,293	1,665	1,992	2,377	2,643
76	1,293	1,665	1,992	2,376	2,642
77	1,293	1,665	1,991	2,376	2,641
...
98	1,290	1,661	1,984	2,365	2,627
99	1,290	1,660	1,984	2,365	2,626
100	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626

Priloha 14: *Upravené podľa:*

KOHOUT, Václav, [b.r.]. Tabuľka kvantilů t: rozdělení. *Západočeská univerzita* [online]. 1991 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: http://www.kmt.zcu.cz/person/Kohout/info_soubory/letnise/ruzne/tabst.htm

PRÍLOHA 15: *Tabuľka výpočtu PFT₀ ako príklad zmeny hodnoty PFT₀ na rozdielnom spôsobe zoradenia zákaziek*

Identifikačné číslo zákazky	Číslo generovaného poradia, resp. SČ _z	Záznam času na prvom vybranom mieste	Záznam času na druhom vybranom mieste	Poradie podľa úrovne času na prvom vybranom mieste, SČ _p	Poradie podľa úrovne času na druhom vybranom mieste	Status zákazky	PFT ₀
54685213	1	15.04.2012 07:48:00	15.04.2012 10:28:10	1	4	Predčasná	$= \frac{7-2}{7} \cdot 100$
46589523	2	15.04.2012 07:48:00	15.04.2012 10:14:03	2	2	Správna	
65458215	3	15.04.2012 07:49:00	15.04.2012 10:15:34	3	6	Predčasná	
54987563	4	15.04.2012 07:48:00	15.04.2012 10:13:59	4	3	Oneskorená	
54878965	5	15.04.2012 07:50:01	15.04.2012 11:45:01	5	7	Predčasná	
54654821	6	15.04.2012 07:50:01	15.04.2012 10:14:15	6	1	Oneskorená	
56548552	7	15.04.2012 07:50:02	15.04.2012 10:16:46	7	5	Oneskorená	
							71,43 %

Príloha 15: *Vlastné spracovanie.*

PRÍLOHA 16: Vzorová ukážka dát pred ich úpravou a po úprave

Ukážka neupravených údajov

Company:Order;STAT;DATE;MODEL;Colour;EB;Sequence
 A;5976003;A500;2013-02-25 15:07:47;0;6424G3 ;8X7E;A5ED;0
 A;4976003;M100;2013-01-22 16:02:37;0;6424G3 ;8R7E;V1D1;0
 A;3976003;L100;2013-02-25 15:57:51;0;6424G3 ;8T1E;;FCD1;0
 A;4876003;R100;2013-02-25 15:50:39;0;6424G3 ;8E8E;W1D1;0
 D;4671683;M200;2013-01-22 07:32:21;0;5E5485 ;9CVP;M151;1161844
 D;4475683;M100;2013-02-25 04:08:29;0;5E5485 ;D39P;KANA;1166544
 D;4670883;M000;2013-02-26 04:08:29;0;5E5485 ;A59P;KAEA;1161134
 D;5876957;Z700;2013-02-23 00:19:33;0;5E369C ;1ZZ1;A081;1178684



Ukážka upravených údajov

Zákazka	Čas na EB1	Čas na EB2	Ďalšie údaje
0916995	25.1.2013 19:15:55	26.1.2013 14:04:28	...
0919333	25.1.2013 16:47:03	26.1.2013 08:20:27	...
0919377	22.1.2013 11:58:23	25.1.2013 02:52:36	...
0923271	22.2.2013 12:24:20	25.2.2013 01:48:30	...
0923276	22.2.2013 12:05:54	25.2.2013 02:47:56	...
0923255	22.2.2013 11:46:23	25.2.2013 16:31:59	...
0923251	22.2.2013 12:26:55	25.2.2013 03:50:02	...
0923282	22.2.2013 12:09:19	25.2.2013 05:32:08	...
0923188	22.2.2013 10:09:57	25.2.2013 12:59:29	...
0923219	22.2.2013 14:24:58	25.2.2013 05:05:18	...

PRÍLOHA 17: Ukážka reálnych dát po ich analýze a následnej úprave pomocou vhodného filtra

Číslo zákazky	Čas vstupu	Čas výstupu	Doplňujúce údaje
1067165	1.3.2012 08:59:12	7.3.2012 19:08:18	10780 10780
1067265	1.3.2012 08:59:25	7.3.2012 19:09:11	10790 10869
1067166	1.3.2012 08:59:12	7.3.2012 19:10:01	10791 10781
1067167	1.3.2012 08:59:12	7.3.2012 19:10:49	10792 10782
1067168	1.3.2012 08:59:12	7.3.2012 19:11:43	10793 10783
1067169	1.3.2012 08:59:12	7.3.2012 19:14:39	10794 10784
1067171	1.3.2012 08:59:13	7.3.2012 19:15:37	10795 10785
1067172	1.3.2012 08:59:13	7.3.2012 19:16:27	10796 10786
1067268	1.3.2012 08:59:26	7.3.2012 19:18:07	10797 10875
1067173	1.3.2012 08:59:13	7.3.2012 19:18:57	10798 10787
1067174	1.3.2012 08:59:13	7.3.2012 19:19:51	10799 10788
1067175	1.3.2012 08:59:13	7.3.2012 19:20:48	10800 10789
1067176	1.3.2012 08:59:13	7.3.2012 19:21:52	10801 10790
1067177	1.3.2012 08:59:13	7.3.2012 19:22:55	10802 10791
1067273	1.3.2012 08:59:27	7.3.2012 19:23:52	10803 10888
1067178	1.3.2012 08:59:13	7.3.2012 19:24:40	10804 10792
1067179	1.3.2012 08:59:13	7.3.2012 19:25:28	10805 10793
1067180	1.3.2012 08:59:14	7.3.2012 19:26:22	10806 10794
1067181	1.3.2012 08:59:14	7.3.2012 19:27:21	10807 10795
1067182	1.3.2012 08:59:14	7.3.2012 19:29:11	10808 10796
1067279	1.3.2012 08:59:27	7.3.2012 19:30:08	10809 10881
1067183	1.3.2012 08:59:14	7.3.2012 19:31:05	10810 10797
1067184	1.3.2012 08:59:14	7.3.2012 19:32:03	10811 10798
1067185	1.3.2012 08:59:14	7.3.2012 19:32:52	10812 10799
1067187	1.3.2012 08:59:14	7.3.2012 19:33:42	10813 10800
1067188	1.3.2012 08:59:14	7.3.2012 19:34:31	10814 10801
1067189	1.3.2012 08:59:15	7.3.2012 19:35:21	10815 10802
1067190	1.3.2012 08:59:15	7.3.2012 19:36:18	10816 10803
1067284	1.3.2012 08:59:28	7.3.2012 19:37:16	10817 10887
1067191	1.3.2012 08:59:15	7.3.2012 19:38:13	10818 10804
1067192	1.3.2012 08:59:15	7.3.2012 19:40:02	10819 10805
1067193	1.3.2012 08:59:15	7.3.2012 19:40:57	10820 10806
1067194	1.3.2012 08:59:15	7.3.2012 19:41:47	10821 10807
1067195	1.3.2012 08:59:15	7.3.2012 19:42:43	10822 10808
1067291	1.3.2012 08:59:29	7.3.2012 19:43:40	10823 10895
1067196	1.3.2012 08:59:15	7.3.2012 19:44:45	10824 10809
1067197	1.3.2012 08:59:15	7.3.2012 19:45:34	10825 10810
1067198	1.3.2012 08:59:15	7.3.2012 19:46:22	10826 10811
1067199	1.3.2012 08:59:16	7.3.2012 19:47:27	10827 10812
1067201	1.3.2012 08:59:16	7.3.2012 19:48:17	10828 10813
1067299	1.3.2012 08:59:30	7.3.2012 19:52:03	10829 10902
1067202	1.3.2012 08:59:16	7.3.2012 19:54:11	10830 10814
1067203	1.3.2012 08:59:16	7.3.2012 19:55:01	10831 10815
1067204	1.3.2012 08:59:16	7.3.2012 19:55:51	10832 10816
1067205	1.3.2012 08:59:16	7.3.2012 19:56:47	10833 10817
1067206	1.3.2012 08:59:16	7.3.2012 19:57:37	10834 10818
1067207	1.3.2012 08:59:17	7.3.2012 19:58:32	10835 10819
1067307	1.3.2012 08:59:31	7.3.2012 19:59:29	10836 10907
1067208	1.3.2012 08:59:17	7.3.2012 20:00:25	10837 10820

Zákazky, ktoré Filter 1 nevyúčtil z výpočtu PFT₀

Zákazky, ktoré Filter 1 vylúčil z výpočtu PFT₀

Príloha 17: Vlastné spracovanie.

PRÍLOHA 18: Navrhnutie jednotného postupu pre výpočet PFT_x

I. Postup výpočtu na základe získaných časových údajov

Postup je platný za predpokladu, že máme k dispozícii údaje od zahájenia plánovaného výrobného programu až po minimálne výrobu zákaziek, ktoré spadajú do časového obdobia vybraného pre výpočet PFT_x .

Krok I.1: Na základe čísla zákazky zlúčiť časy priechodu EB-plan a EB-X.

Zákazka	Záznam času EB-plan	Záznam času EB-X	Poradie 1	Poradie 2	SQA _i = Poradie1-Poradie2	PFT0	Zákazka	Záznam času EB-X
1101718	10.5.2012 10:27:17						1101718	15.5.2012 06:04:36
1101720	10.5.2012 10:28:45						1101720	15.5.2012 07:05:12
1101717	10.5.2012 10:30:03						1101726	15.5.2012 08:41:39
1101726	10.5.2012 10:31:05						1101717	15.5.2012 09:06:04
1101728	10.5.2012 10:32:21						1101731	15.5.2012 11:43:09
1101731	10.5.2012 10:33:22						1101730	15.5.2012 12:45:21
1101730	10.5.2012 10:34:39						1101735	16.5.2012 06:48:12
1101725	10.5.2012 10:35:41						1101725	16.5.2012 07:45:56
1101727	10.5.2012 10:37:03						1101727	16.5.2012 08:46:53
1101729	10.5.2012 10:38:05						1101746	16.5.2012 09:17:25
1101735	10.5.2012 10:39:20						1101728	16.5.2012 10:42:12
1101736	10.5.2012 10:40:22						1101738	16.5.2012 12:10:59
1101738	10.5.2012 10:41:37						1101736	16.5.2012 13:49:09
1101732	10.5.2012 10:42:41						1101732	16.5.2012 14:12:18
1101734	10.5.2012 10:43:57						1101734	17.5.2012 06:13:49
1101737	10.5.2012 10:44:58						1101747	17.5.2012 07:19:47
1101741	10.5.2012 10:46:15						1101741	17.5.2012 08:16:07
1101746	10.5.2012 10:47:17						1101729	17.5.2012 09:47:36
1101742	10.5.2012 10:48:33						1101742	17.5.2012 10:18:29
1101747	10.5.2012 10:49:36						1101737	17.5.2012 11:15:05
1101748	10.5.2012 10:50:36						1101748	17.5.2012 12:19:47

Krok I.2: Zoradiť zákazky podľa EB-plan a poradie zapísať do „Poradie 1“.

Zákazka	SČz na EB-plan	SČz na EB-X	Poradie 1	Poradie 2	SQA _i = Poradie1-Poradie2	PFT0
1101718	10.5.2012 10:27:17	15.5.2012 06:04:36	1			
1101720	10.5.2012 10:28:45	15.5.2012 07:05:12	2			
1101717	10.5.2012 10:30:03	15.5.2012 09:06:04	3			
1101726	10.5.2012 10:31:05	15.5.2012 08:41:39	4			
1101728	10.5.2012 10:32:21	16.5.2012 10:42:12	5			
1101731	10.5.2012 10:33:22	15.5.2012 11:43:09	6			
1101730	10.5.2012 10:34:39	15.5.2012 12:45:21	7			
1101725	10.5.2012 10:35:41	16.5.2012 07:45:56	8			
1101727	10.5.2012 10:37:03	16.5.2012 08:46:53	9			
1101729	10.5.2012 10:38:05	17.5.2012 09:47:36	10			
1101735	10.5.2012 10:39:20	16.5.2012 06:48:12	11			
1101736	10.5.2012 10:40:22	16.5.2012 13:49:09	12			
1101738	10.5.2012 10:41:37	16.5.2012 12:10:59	13			
1101732	10.5.2012 10:42:41	16.5.2012 14:12:18	14			
1101734	10.5.2012 10:43:57	17.5.2012 06:13:49	15			
1101737	10.5.2012 10:44:58	17.5.2012 11:15:05	16			
1101741	10.5.2012 10:46:15	17.5.2012 08:16:07	17			
1101746	10.5.2012 10:47:17	16.5.2012 09:17:25	18			
1101742	10.5.2012 10:48:33	17.5.2012 10:18:29	19			
1101747	10.5.2012 10:49:36	17.5.2012 07:19:47	20			
1101748	10.5.2012 10:50:36	17.5.2012 12:19:47	21			

Krok I.3: Zoradiť zákazky podľa EB-X a poradie zapísať do „Poradie 2“.

Zákazka	Záznam času EB-plan	Záznam času EB-X	Poradie 1	Poradie 2	SQAi = Poradie1-Poradie2	PFT0
1101718	10.5.2012 10:27:17	15.5.2012 06:04:36	1	1		
1101720	10.5.2012 10:28:45	15.5.2012 07:05:12	2	2		
1101726	10.5.2012 10:31:05	15.5.2012 08:41:39	4	3		
1101717	10.5.2012 10:30:03	15.5.2012 09:06:04	3	4		
1101731	10.5.2012 10:33:22	15.5.2012 11:43:09	6	5		
1101730	10.5.2012 10:34:39	15.5.2012 12:45:21	7	6		
1101735	10.5.2012 10:39:20	16.5.2012 06:48:12	11	7		
1101725	10.5.2012 10:35:41	16.5.2012 07:45:56	8	8		
1101727	10.5.2012 10:37:03	16.5.2012 08:46:53	9	9		
1101746	10.5.2012 10:47:17	16.5.2012 09:17:25	18	10		
1101728	10.5.2012 10:32:21	16.5.2012 10:42:12	5	11		
1101738	10.5.2012 10:41:37	16.5.2012 12:10:59	13	12		
1101736	10.5.2012 10:40:22	16.5.2012 13:49:09	12	13		
1101732	10.5.2012 10:42:41	16.5.2012 14:12:18	14	14		
1101734	10.5.2012 10:43:57	17.5.2012 06:13:49	15	15		
1101747	10.5.2012 10:49:36	17.5.2012 07:19:47	20	16		
1101741	10.5.2012 10:46:15	17.5.2012 08:16:07	17	17		
1101729	10.5.2012 10:38:05	17.5.2012 09:47:36	10	18		
1101742	10.5.2012 10:48:33	17.5.2012 10:18:29	19	19		
1101737	10.5.2012 10:44:58	17.5.2012 11:15:05	16	20		
1101748	10.5.2012 10:50:36	17.5.2012 12:19:47	21	21		

Krok I.4: Vypočítať SQAi a určiť správne, predčasné, oneskorené a chýbajúce zákazky. Chýbajúce zákazky sa určujú v rámci zvoleného časového intervalu.

Zákazka	Záznam času EB-plan	Záznam času EB-X	Poradie 1	Poradie 2	SQAi = Poradie1-Poradie2	PFT0
1101718	10.5.2012 10:27:17	15.5.2012 06:04:36	1	1	1 - 1 = 0	●
1101720	10.5.2012 10:28:45	15.5.2012 07:05:12	2	2	2 - 2 = 0	●
1101726	10.5.2012 10:31:05	15.5.2012 08:41:39	4	3	4 - 3 = 1	●
1101717	10.5.2012 10:30:03	15.5.2012 09:06:04	3	4	3 - 4 = -1	●
1101731	10.5.2012 10:33:22	15.5.2012 11:43:09	6	5	6 - 5 = 1	●
1101730	10.5.2012 10:34:39	15.5.2012 12:45:21	7	6	7 - 6 = 1	●
1101735	10.5.2012 10:39:20	16.5.2012 06:48:12	11	7	11 - 7 = 4	●
1101725	10.5.2012 10:35:41	16.5.2012 07:45:56	8	8	8 - 8 = 0	●
1101727	10.5.2012 10:37:03	16.5.2012 08:46:53	9	9	9 - 9 = 0	●
1101746	10.5.2012 10:47:17	16.5.2012 09:17:25	18	10	18 - 10 = 8	●
1101728	10.5.2012 10:32:21	16.5.2012 10:42:12	5	11	5 - 11 = -6	●
1101738	10.5.2012 10:41:37	16.5.2012 12:10:59	13	12	13 - 12 = 1	●
1101736	10.5.2012 10:40:22	16.5.2012 13:49:09	12	13	12 - 13 = -1	●
1101732	10.5.2012 10:42:41	16.5.2012 14:12:18	14	14	14 - 14 = 0	●
1101734	10.5.2012 10:43:57	17.5.2012 06:13:49	15	15	15 - 15 = 0	●
1101747	10.5.2012 10:49:36	17.5.2012 07:19:47	20	16	20 - 16 = 4	●
1101741	10.5.2012 10:46:15	17.5.2012 08:16:07	17	17	17 - 17 = 0	●
1101729	10.5.2012 10:38:05	17.5.2012 09:47:36	10	18	10 - 18 = -8	●
1101742	10.5.2012 10:48:33	17.5.2012 10:18:29	19	19	19 - 19 = 0	●
1101737	10.5.2012 10:44:58	17.5.2012 11:15:05	16	20	16 - 20 = -4	●
1101748	10.5.2012 10:50:36	17.5.2012 12:19:47	21	21	21 - 21 = 0	●

Zvolené časové obdobie

Krok I.5: Pre zvolené časové obdobie vypočítať hodnotu PFT0.

Zákazka	Záznam času EB-plan	Záznam času EB-X	Poradie 1	Poradie 2	SQAi = Poradie1-Poradie2	PFT0
1101718	10.5.2012 10:27:17	15.5.2012 06:04:36	1	1	1 - 1 = 0	●
1101720	10.5.2012 10:28:45	15.5.2012 07:05:12	2	2	2 - 2 = 0	●
1101726	10.5.2012 10:31:05	15.5.2012 08:41:39	4	3	4 - 3 = 1	●
1101717	10.5.2012 10:30:03	15.5.2012 09:06:04	3	4	3 - 4 = -1	●
1101731	10.5.2012 10:33:22	15.5.2012 11:43:09	6	5	6 - 5 = 1	●
1101730	10.5.2012 10:34:39	15.5.2012 12:45:21	7	6	7 - 6 = 1	●
1101735	10.5.2012 10:39:20	16.5.2012 06:48:12	11	7	11 - 7 = 4	●
1101725	10.5.2012 10:35:41	16.5.2012 07:45:56	8	8	8 - 8 = 0	●
1101727	10.5.2012 10:37:03	16.5.2012 08:46:53	9	9	9 - 9 = 0	●
1101746	10.5.2012 10:47:17	16.5.2012 09:17:25	18	10	18 - 10 = 8	●
1101728	10.5.2012 10:32:21	16.5.2012 10:42:12	5	11	5 - 11 = -6	●
1101738	10.5.2012 10:41:37	16.5.2012 12:10:59	13	12	13 - 12 = 1	●
1101736	10.5.2012 10:40:22	16.5.2012 13:49:09	12	13	12 - 13 = -1	●
1101732	10.5.2012 10:42:41	16.5.2012 14:12:18	14	14	14 - 14 = 0	●
1101734	10.5.2012 10:43:57	17.5.2012 06:13:49	15	15	15 - 15 = 0	●
1101747	10.5.2012 10:49:36	17.5.2012 07:19:47	20	16	20 - 16 = 4	●
1101741	10.5.2012 10:46:15	17.5.2012 08:16:07	17	17	17 - 17 = 0	●
1101729	10.5.2012 10:38:05	17.5.2012 09:47:36	10	18	10 - 18 = -8	●
1101742	10.5.2012 10:48:33	17.5.2012 10:18:29	19	19	19 - 19 = 0	●
1101737	10.5.2012 10:44:58	17.5.2012 11:15:05	16	20	16 - 20 = -4	●
1101748	10.5.2012 10:50:36	17.5.2012 12:19:47	21	21	21 - 21 = 0	●

PFT0 = 62,50 %
 $((8-2-1)*100)/8$

Zvolené časové obdobie

II. Postup výpočtu na základe získaného sekvenčného čísla zákazky

Postup výpočtu je platný za podmienky, že zákazky so sekvenčným číslom (SČz) 1 až 50 boli po naplánovaní skutočne vyrobené. Z tohto dôvodu mohol byť rozsah údajov do SČz odstránení.

Krok II.1: Na základe čísla zákazky zlúčiť časy prechodu EB-0plan a EB-X.

Zákazka	SČz na EB-plan	SČz na EB-X	SQA _i = Poradie1-Poradie2	PFT0	Zákazka	SČz na EB-X
1101717	50				1101717	50
1101718	51				1101718	51
1101720	52				1101720	52
1101725	53				1101725	55
1101726	54				1101726	57
1101727	55				1101727	61
1101728	56				1101728	60
1101729	57				1101729	62
1101730	58				1101730	63
1101731	59				1101731	64
1101732	60				1101732	70
1101734	61				1101734	53
1101735	62				1101735	65
1101736	63				1101736	66
1101737	64				1101737	54
1101738	65				1101738	56
1101741	66				1101741	58
1101742	67				1101742	59
1101746	68				1101746	67
1101747	69				1101747	68
1101748	70				1101748	69

Krok II.2: Vypočítať SQA_i a určiť správne, predčasné a oneskorené zákazky. Chýbajúce zákazky sa môžu určiť v prípade, že zvolíme interval sekvenčných čísel, z ktorých chceme PFT0 vypočítať.

Zákazka	SČz na EB-plan	SČz na EB-X	SQA _i = Poradie1-Poradie2	PFT0
1101718	50	50	50 - 50 = 0	●
1101720	51	51	51 - 51 = 0	●
1101717	52	52	52 - 52 = 0	●
1101736	61	53	61 - 53 = 8	●
1101734	64	54	64 - 54 = 10	●
1101726	53	55	53 - 55 = -2	●
1101737	65	56	65 - 56 = 9	●
1101728	54	57	54 - 57 = -3	●
1101741	66	58	66 - 58 = 8	●
1101746	67	59	67 - 59 = 8	●
1101730	56	60	56 - 60 = -4	●
1101731	55	61	55 - 61 = -6	●
1101725	57	62	57 - 62 = -5	●
1101727	58	63	58 - 63 = -5	●
1101729	59	64	59 - 64 = -5	●
1101738	62	65	62 - 65 = -3	●
1101732	63	66	63 - 66 = -3	●
1101742	68	67	68 - 67 = 1	●
1101747	69	68	69 - 68 = 1	●
1101748	70	69	70 - 69 = 1	●
1101735	60	70	60 - 70 = -10	●

Krok II.3: Zoradiť zákazky podľa EB-X a poradie zapísať do „Poradie 2“.

Zákazka	SČz na EB-plan	SČz na EB-X	SQA _i = Poradie1-Poradie2	PFT0
1101718	50	50	50 - 50 = 0	●
1101720	51	51	51 - 51 = 0	●
1101717	52	52	52 - 52 = 0	●
1101736	61	53	61 - 53 = 8	●
1101734	64	54	64 - 54 = 10	●
1101726	53	55	53 - 55 = -2	●
1101737	65	56	65 - 56 = 9	●
1101728	54	57	54 - 57 = -3	●
1101741	66	58	66 - 58 = 8	●
1101746	67	59	67 - 59 = 8	●
1101730	56	60	56 - 60 = -4	●
1101731	55	61	55 - 61 = -6	●
1101725	57	62	57 - 62 = -5	●
1101727	58	63	58 - 63 = -5	●
1101729	59	64	59 - 64 = -5	●
1101738	62	65	62 - 65 = -3	●
1101732	63	66	63 - 66 = -3	●
1101742	68	67	68 - 67 = 1	●
1101747	69	68	69 - 68 = 1	●
1101748	70	69	70 - 69 = 1	●
1101735	60	70	60 - 70 = -10	●

= 52,38 %
((21-11)*100)/21

Príloha 18: Vlastné spracovanie.

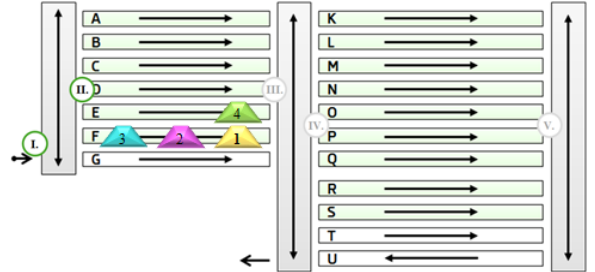
PRÍLOHA 19: Možné scenáre radenia zákaziek prostredníctvom referenčných bodov I. a II.

Radenie zákazky do vetvy s poradovým číslom vyšším o jedna.

Pred zaradením:

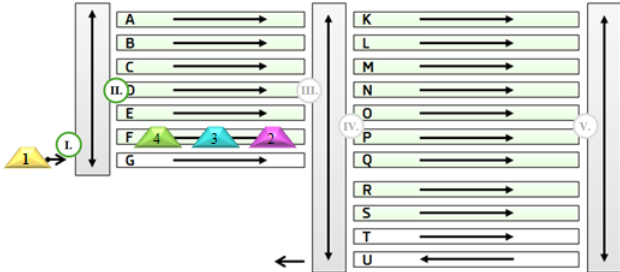


Po zaradení:

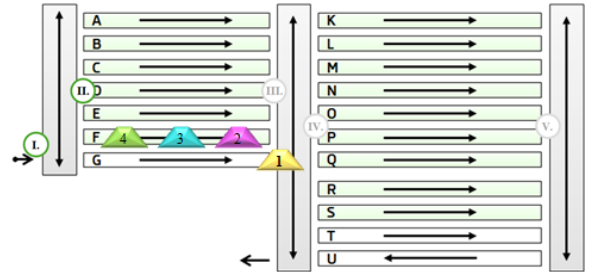


Zákazka, ktorá oproti ostatným zákazkám prišla oneskorene, je okamžite vyskladnená.

Pred zaradením:

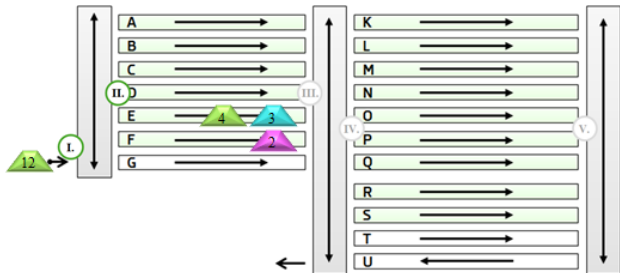


Po zaradení:

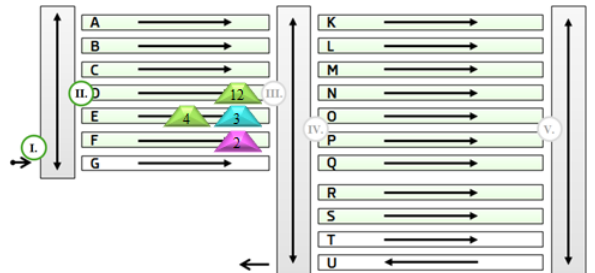


Zákazka, ktorá prišla so zreteľne vyšším poradovým číslom, voľná vetva v zásobníku.

Pred zaradením:



Po zaradení:

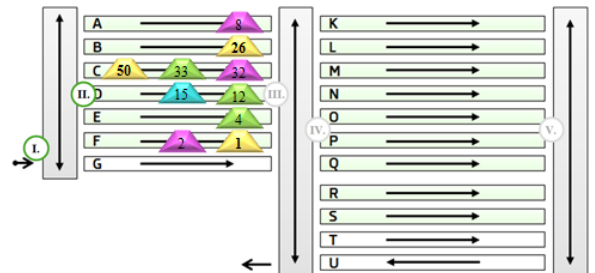


Zákazka, ktorá prišla so zreteľne vyšším poradovým číslom, bez voľnej vetvy v zásobníku.

Pred zaradením:



Po zaradení:



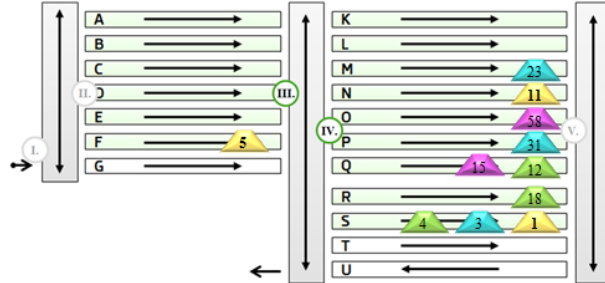
Legenda:

- Smer materiálového toku
- A→F Vetvy pre radenie zákaziek, 6 pozícií
- K→S Vetvy pre radenie zákaziek, 8 pozícií
- ▲ Zákazka
- Ⓜ Druhý referenčný bod

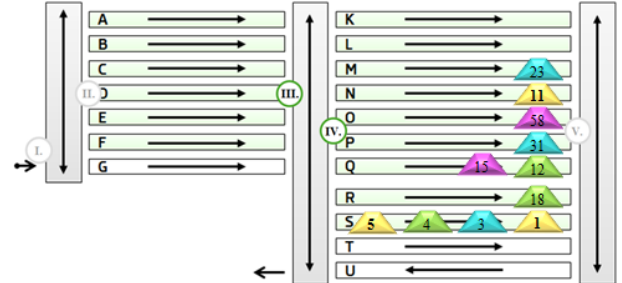
PRÍLOHA 20: Možné scenáre radenia zákaziek prostredníctvom referenčných bodov III. a IV.

Radenie zákazky do vetvy s poradovým číslom vyšším o jedna.

Pred zaradením:

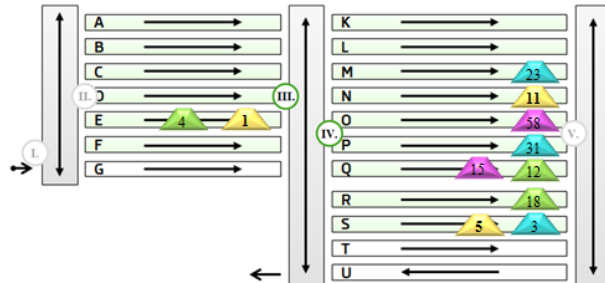


Po zaradení:

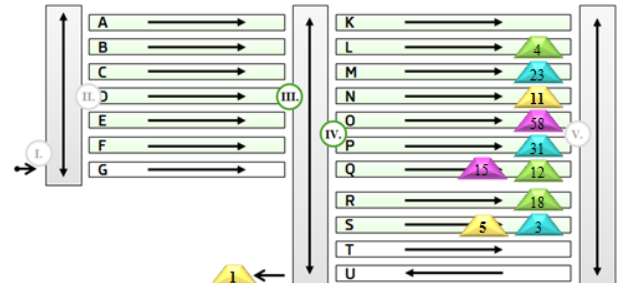


Zákazky, ktorá prišli oneskorene, sú podľa možnosti zaradené alebo hneď vyskladnené.

Pred zaradením:

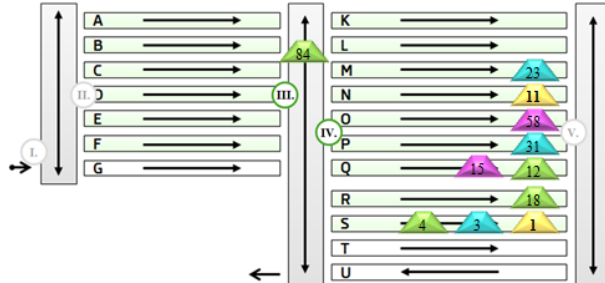


Po zaradení:

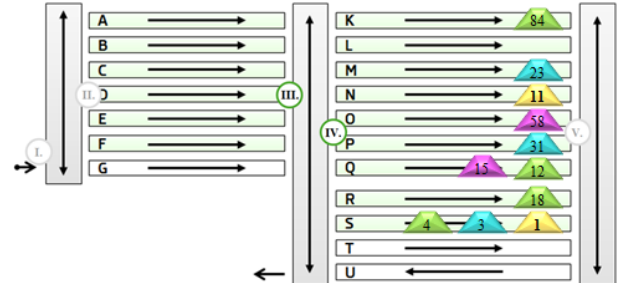


Zákazka, ktorá prišla so zreteľne vyšším poradovým číslom, voľná vetva v zásobníku.

Pred zaradením:

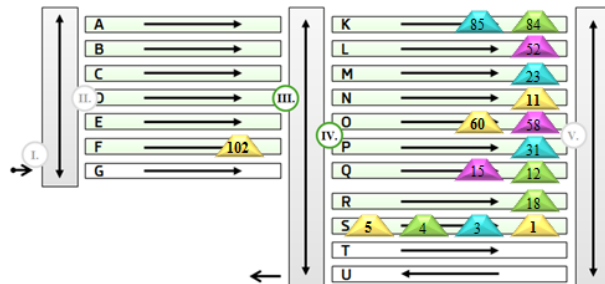


Po zaradení:

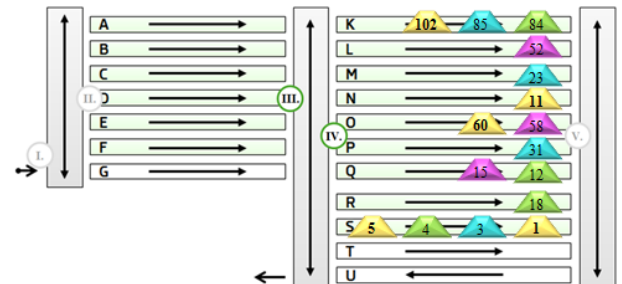


Zákazka, ktorá prišla so zreteľne vyšším poradovým číslom, bez voľnej vetvy v zásobníku.

Pred zaradením:



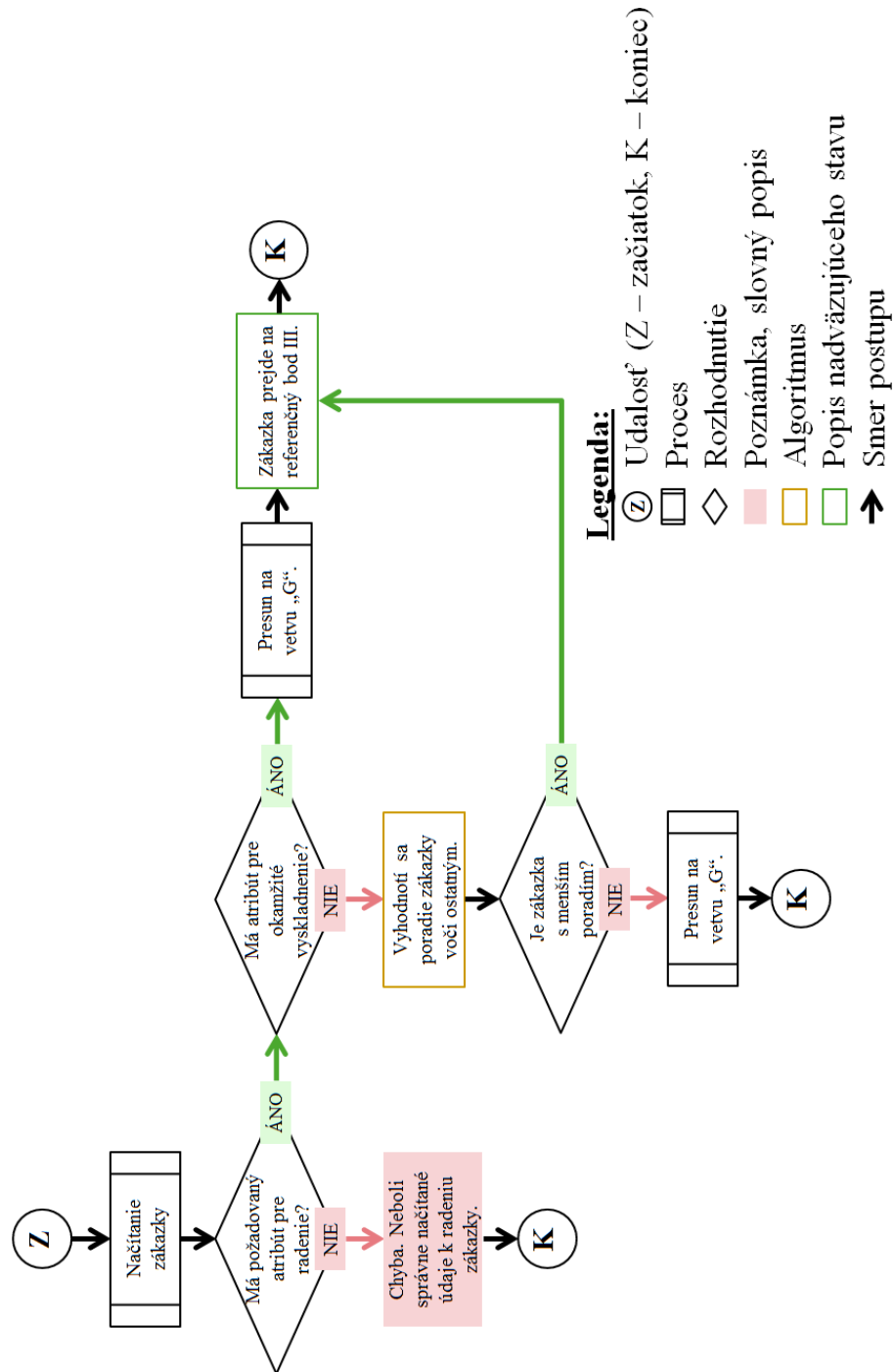
Po zaradení:



Legenda:

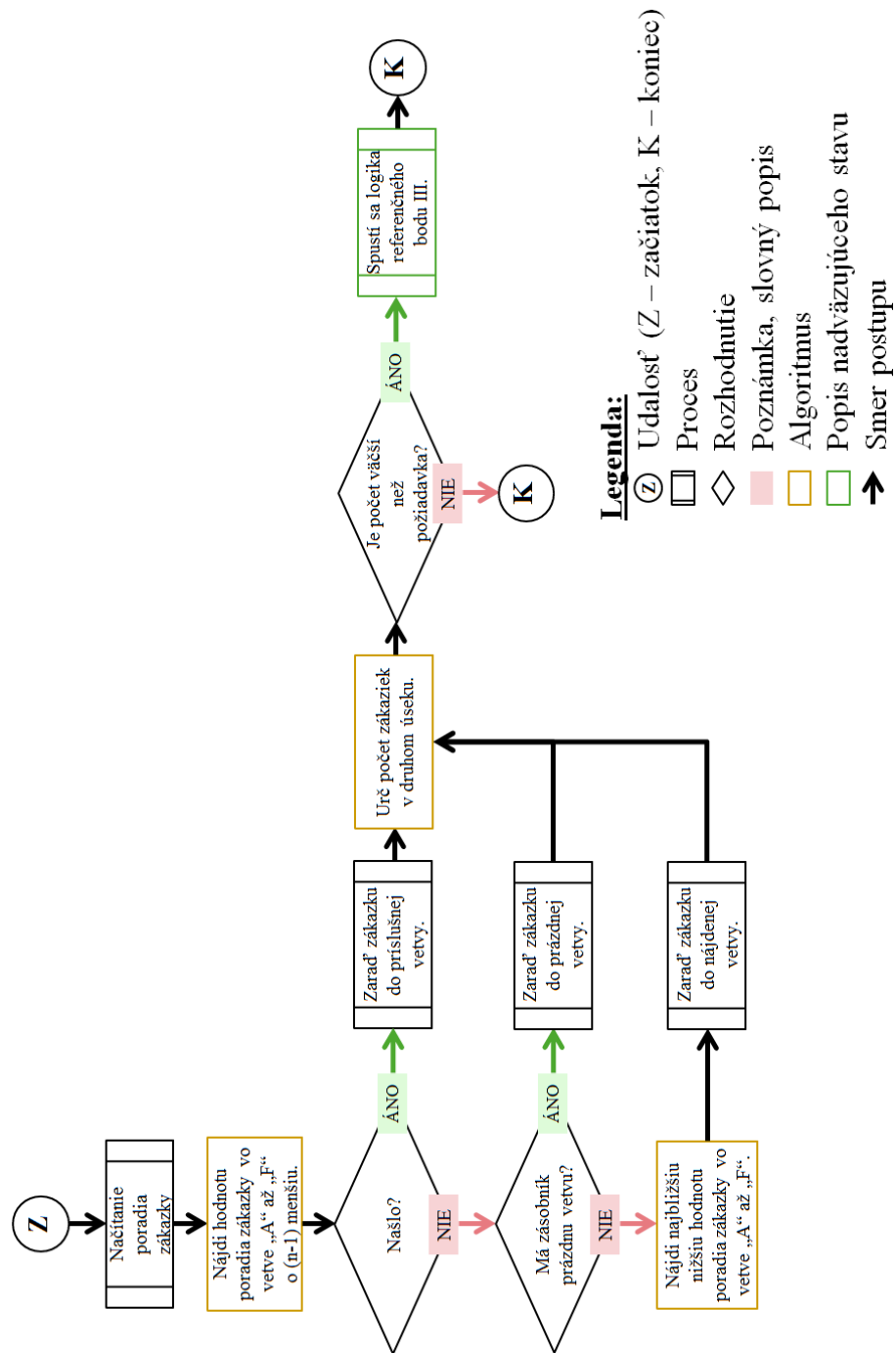
- ➔ Smer materiálového toku
- A→F Vetvy pre radenie zákaziek, 6 pozícií
- K→S Vetvy pre radenie zákaziek, 8 pozícií
- ▲ Zákazka
- Ⓧ Štvrtý referenčný bod

PRÍLOHA 21: *Vývojový diagram riadenia zásobníku pre referenčný bod I.*



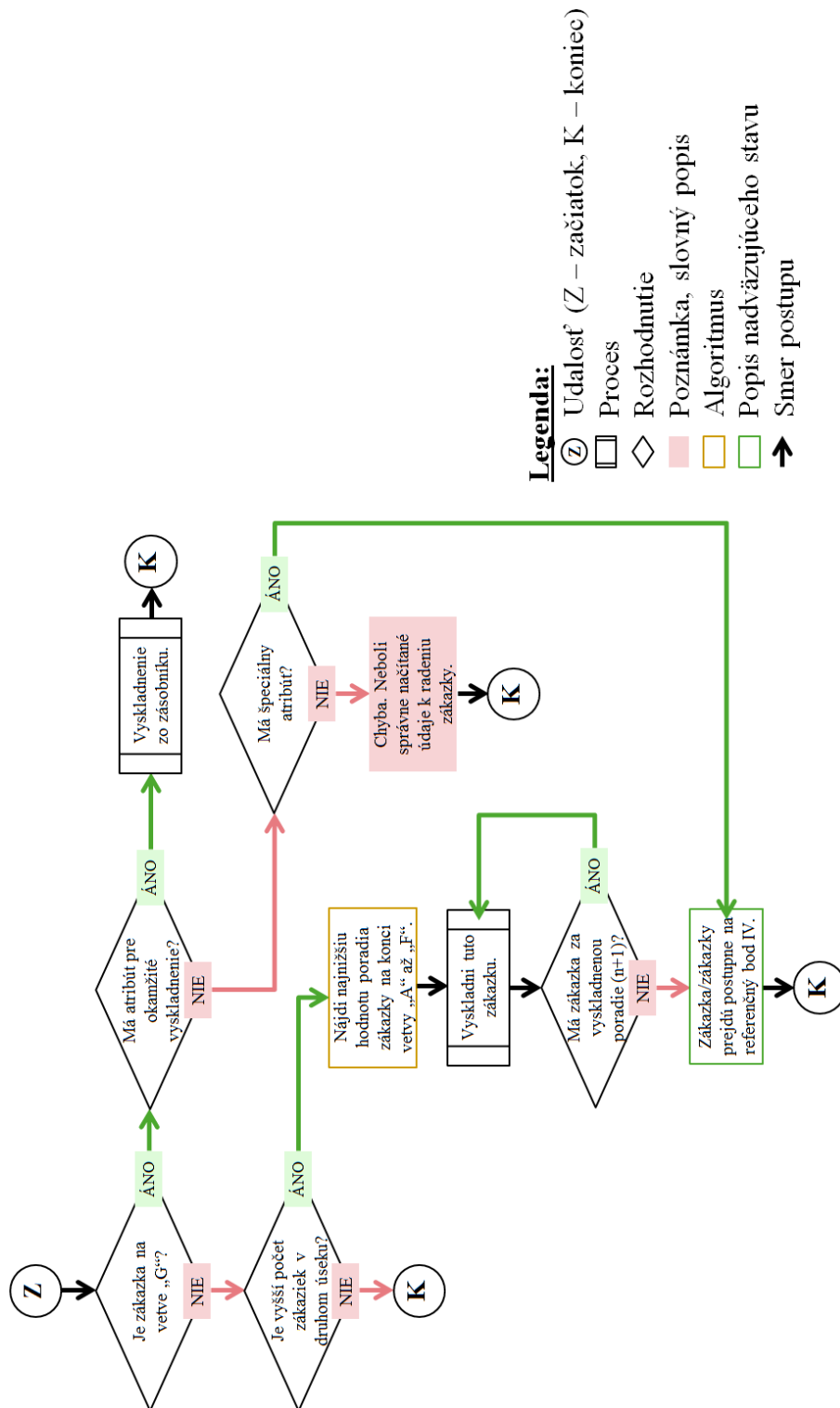
Príloha 21: *Vlastné spracovanie.*

PRÍLOHA 22: Vývojový diagram riadenia zásobníku pre referenčný bod II.



Príloha 22: Vlastné spracovanie

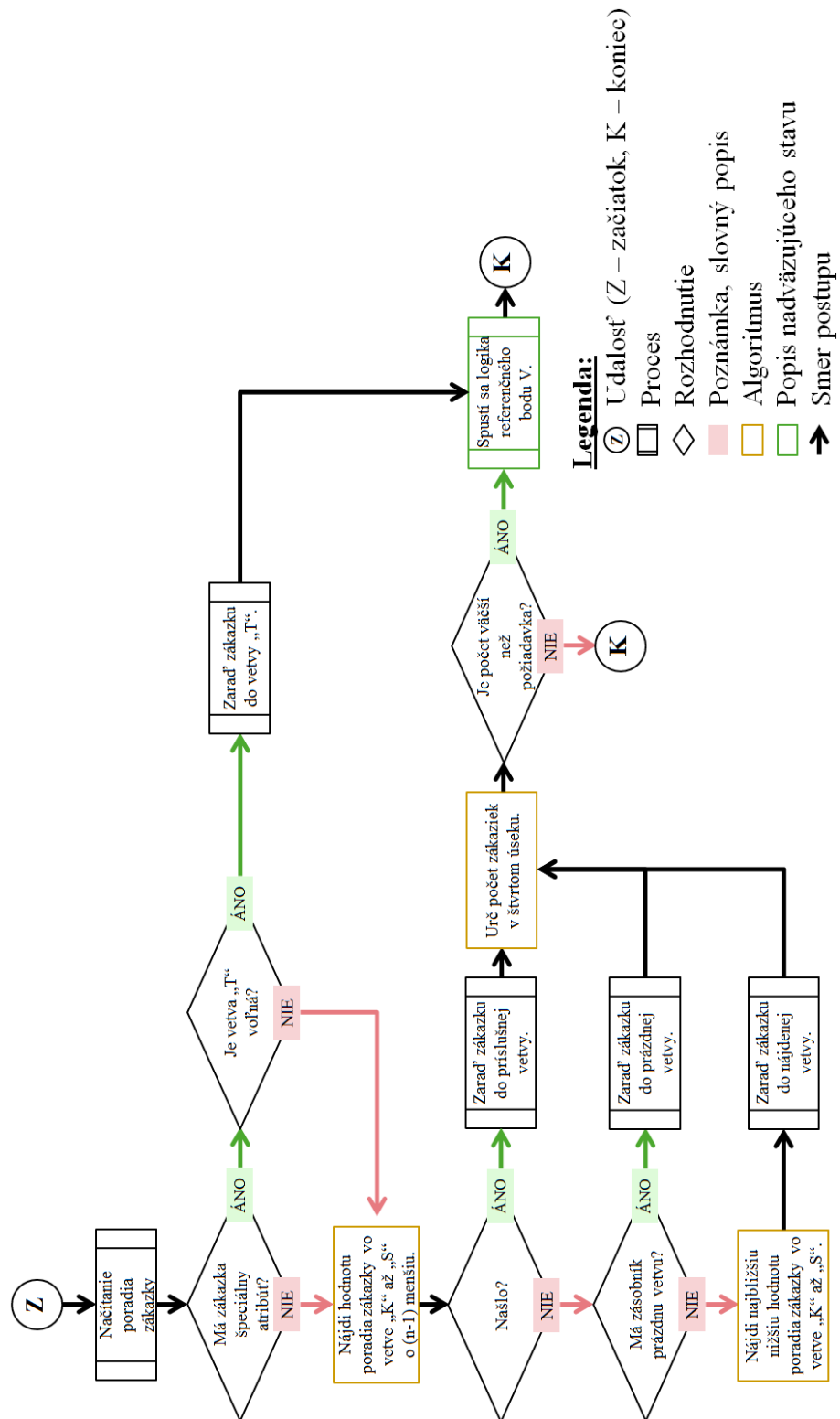
PRÍLOHA 23: Vývojový diagram riadenia zásobníku pre referenčný bod III.



- Legenda:**
- ⊙ Udalosť (Z – začiatok, K – koniec)
 - Proces
 - ◇ Rozhodnutie
 - ▭ Poznámka, slovný popis
 - ▭ Algoritmus
 - ▭ Popis nadväzujúceho stavu
 - ↑ Smer postupu

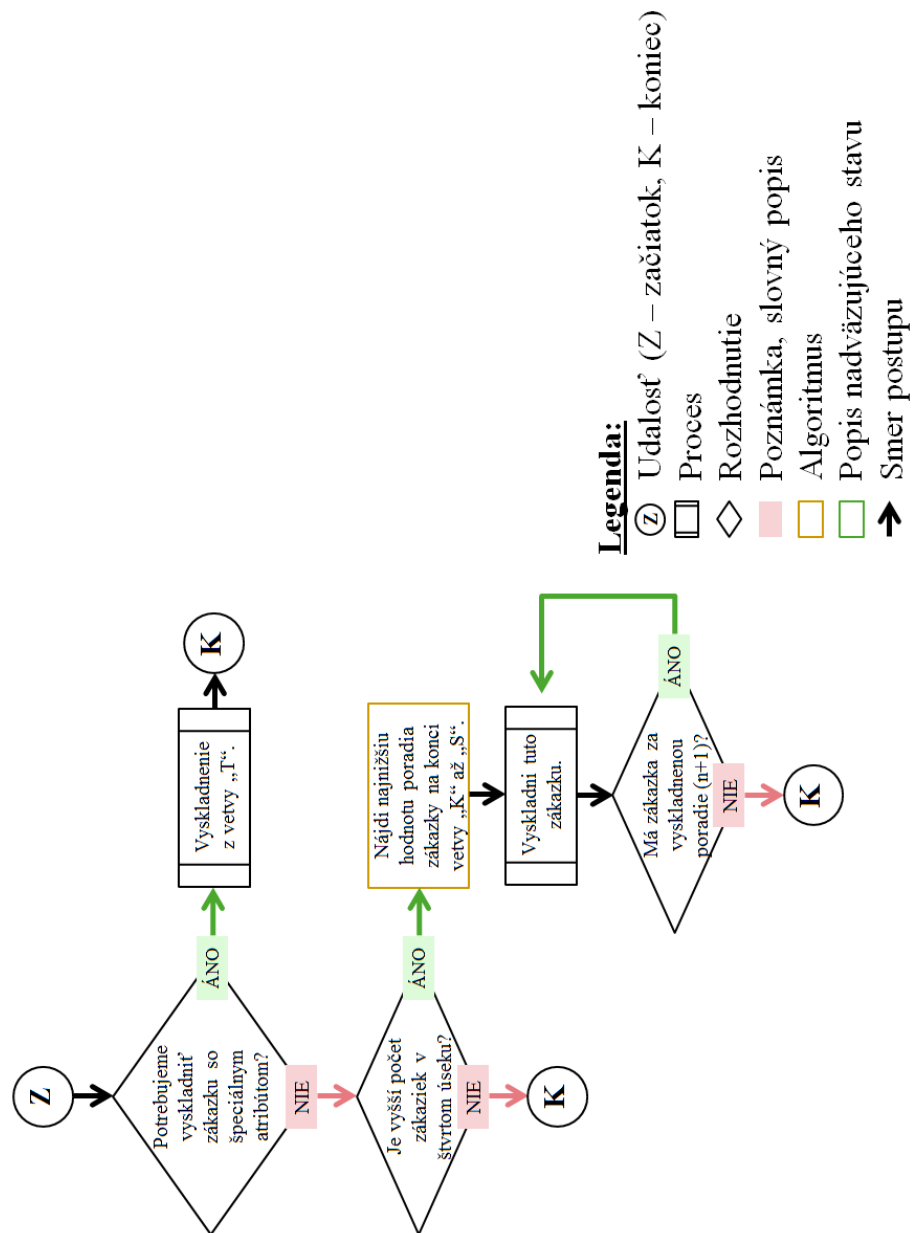
Príloha 23: Vlastné spracovanie.

PRÍLOHA 24: Vývojový diagram riadenia zásobníku pre referenčný bod IV.



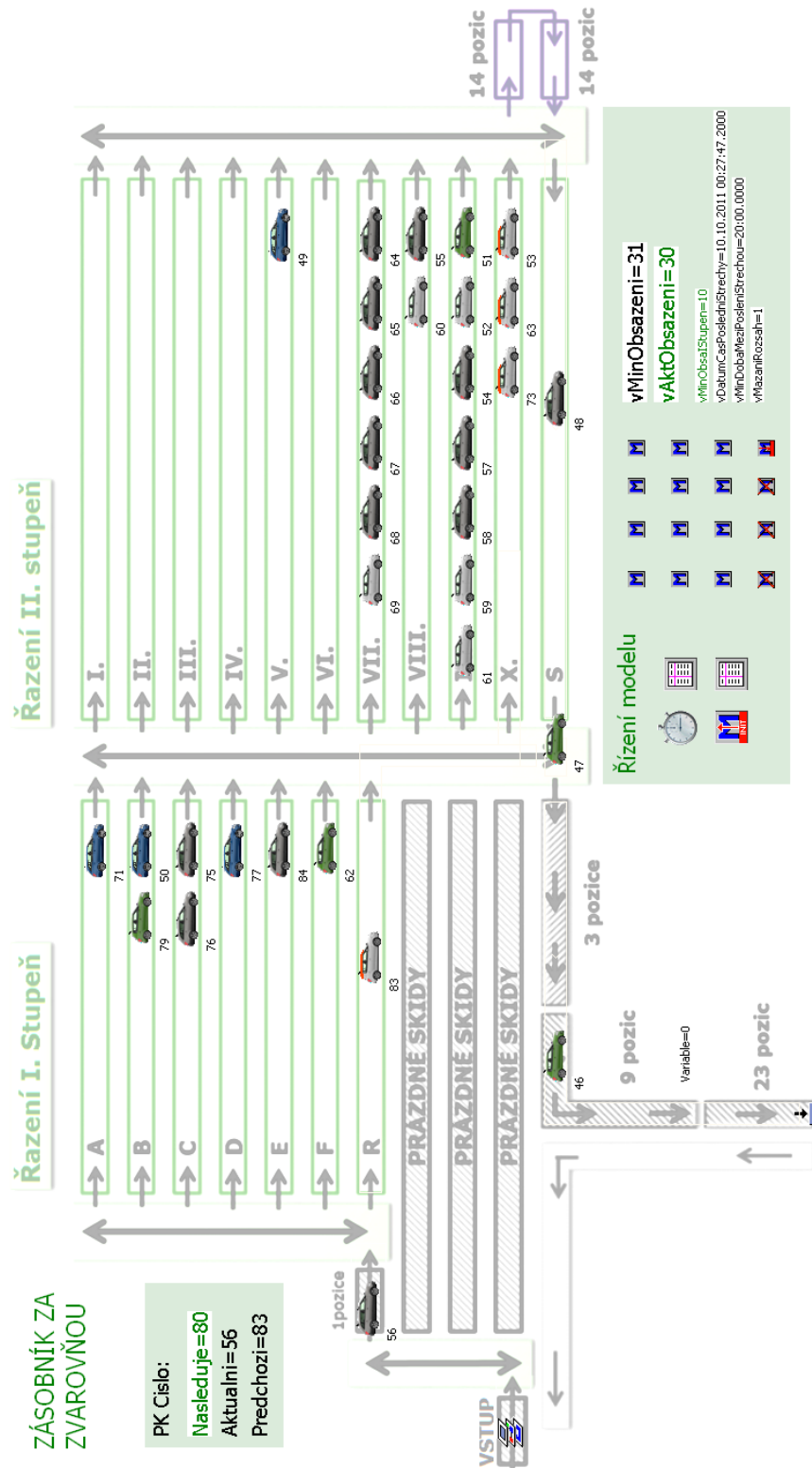
Príloha 24: Vlastné spracovanie.

PRÍLOHA 25: *Vývojový diagram riadenia zásobníku pre referenčný bod V.*



Príloha 25: *Vlastné spracovanie.*

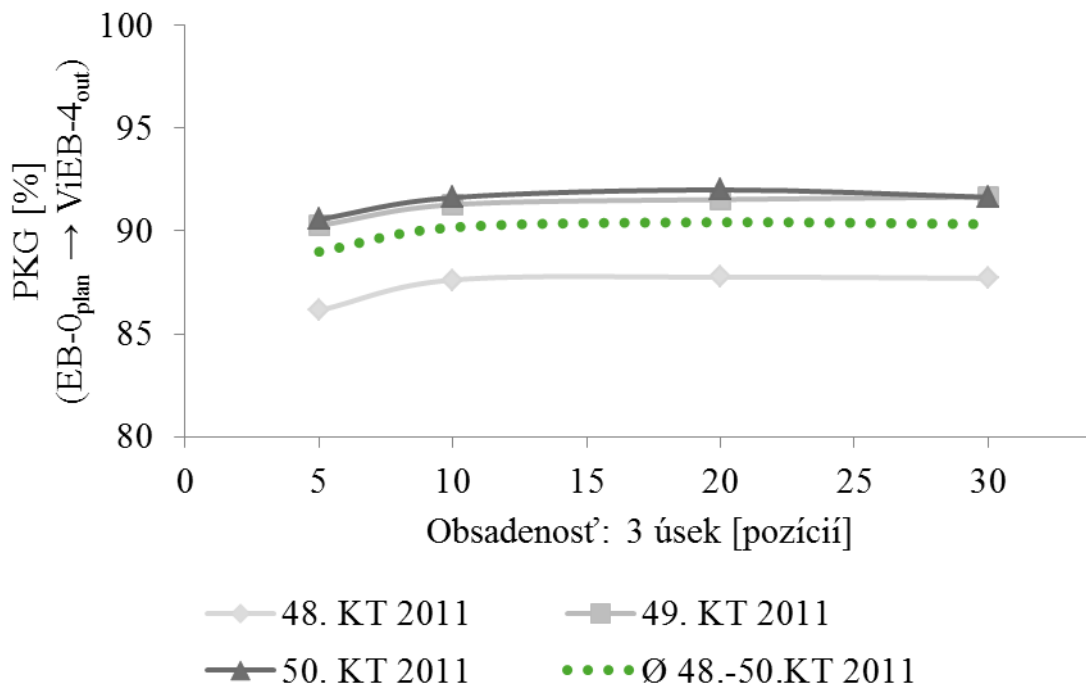
PRÍLOHA 26: Vytvorený simulačný model zásobníku za zvarovňou



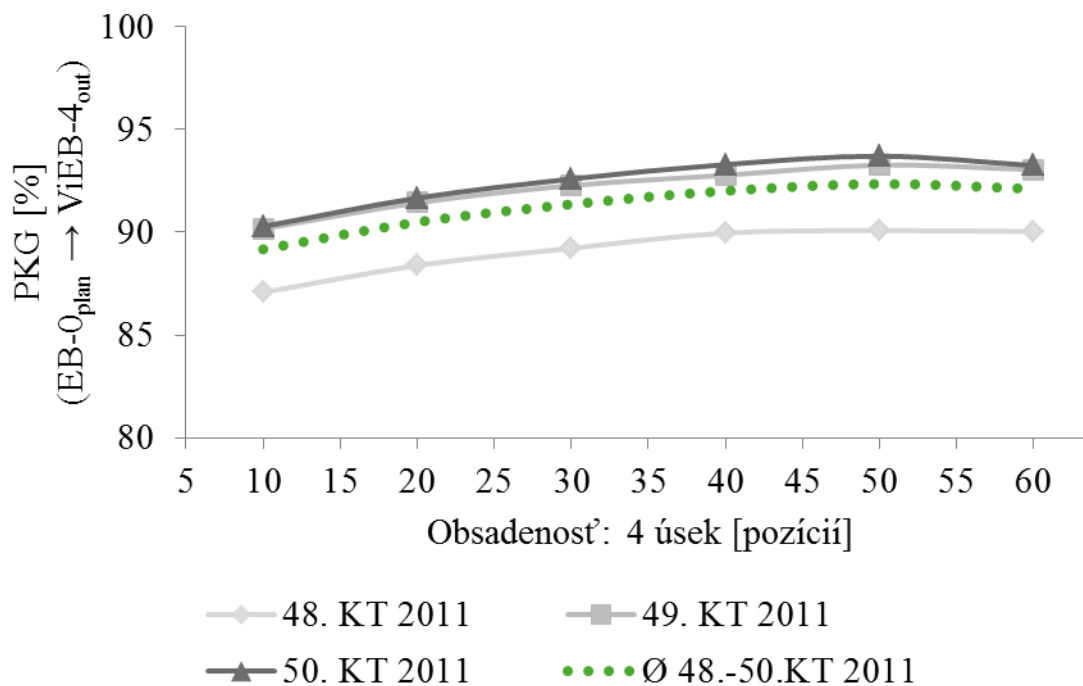
Príloha 26: Vlasné spracovanie, prostredie simulačného programu Tecnomatix Plant Simulation.

PRÍLOHA 27: Výsledky simulačných experimentov SM-RS, prvá a druhá séria experimentov

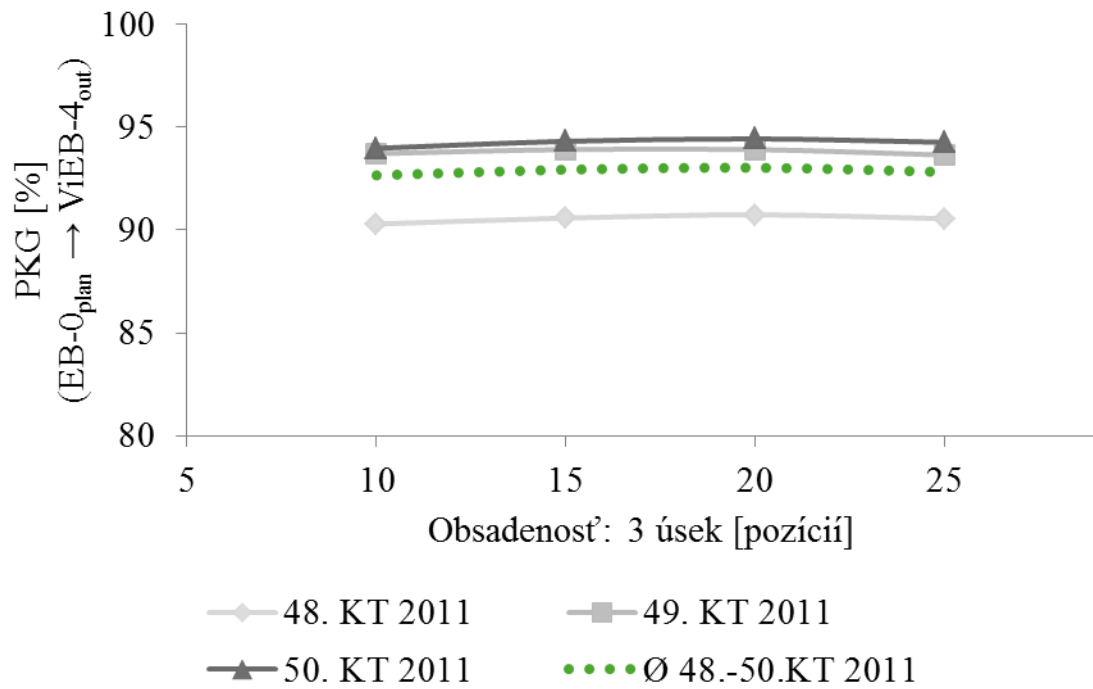
Experiment 1-1: Obsadenosť 3. úseku 5 až 30 pozícií.
Maximálna obsadenosť 4. úseku (72 pozícií).



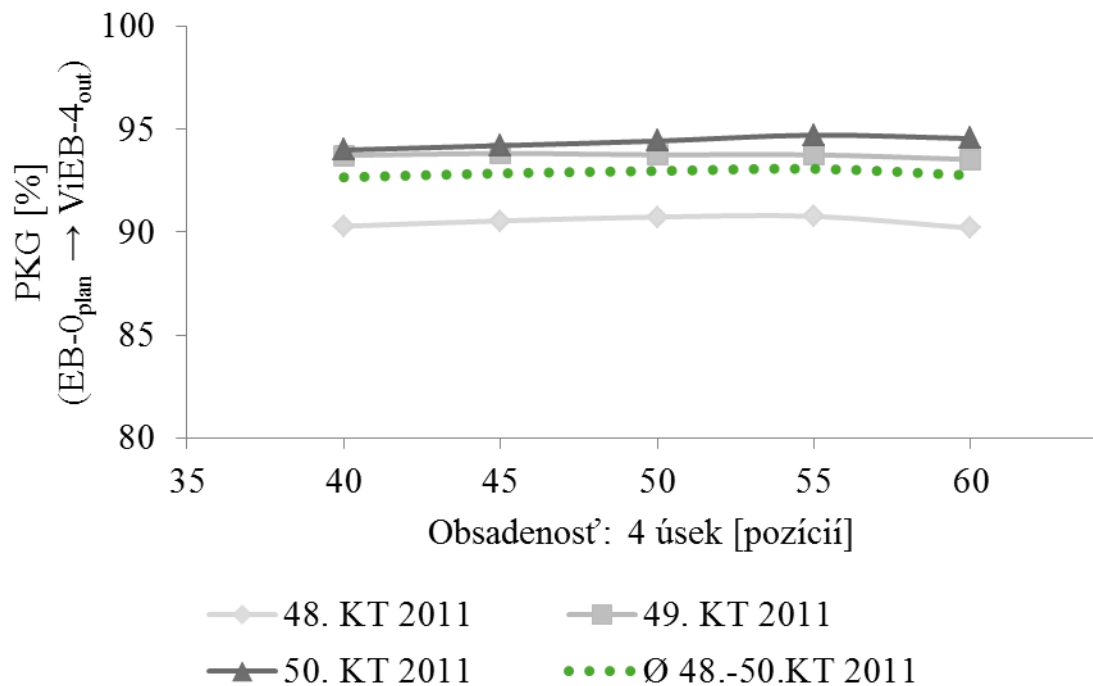
Experiment 1-2: Maximálna obsadenosť 3. úseku (36 pozícií).
Obsadenosť 4. úseku 10 až 65 pozícií.



Experiment 2-1: Obsadenosť 3. úseku 10 až 25 pozícií.
 Obsadenosť 4. úseku 50 pozícií.

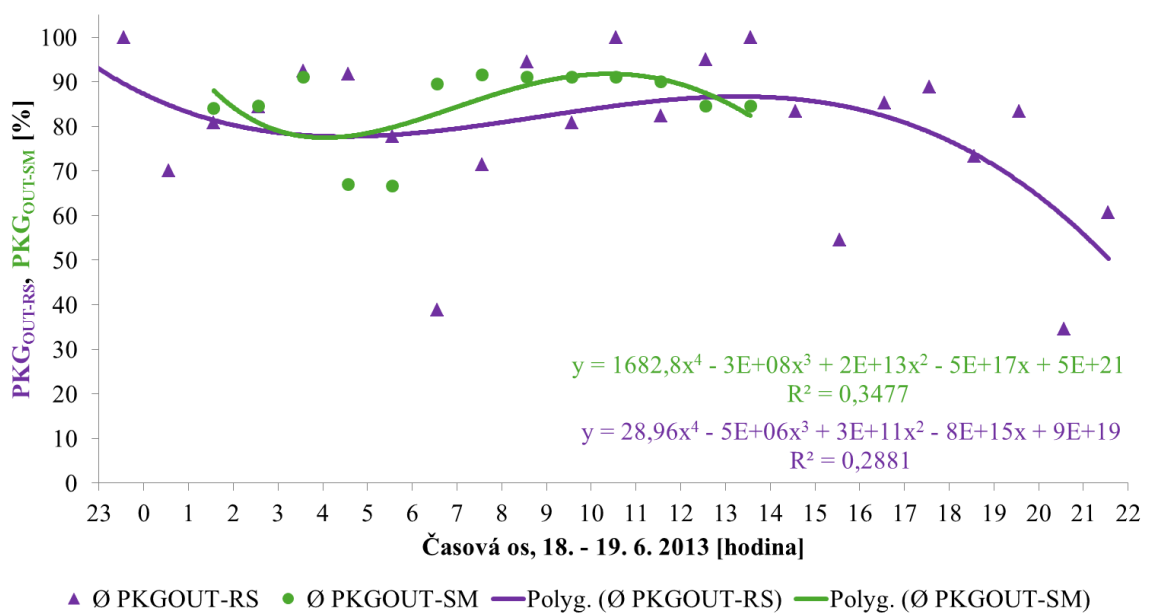
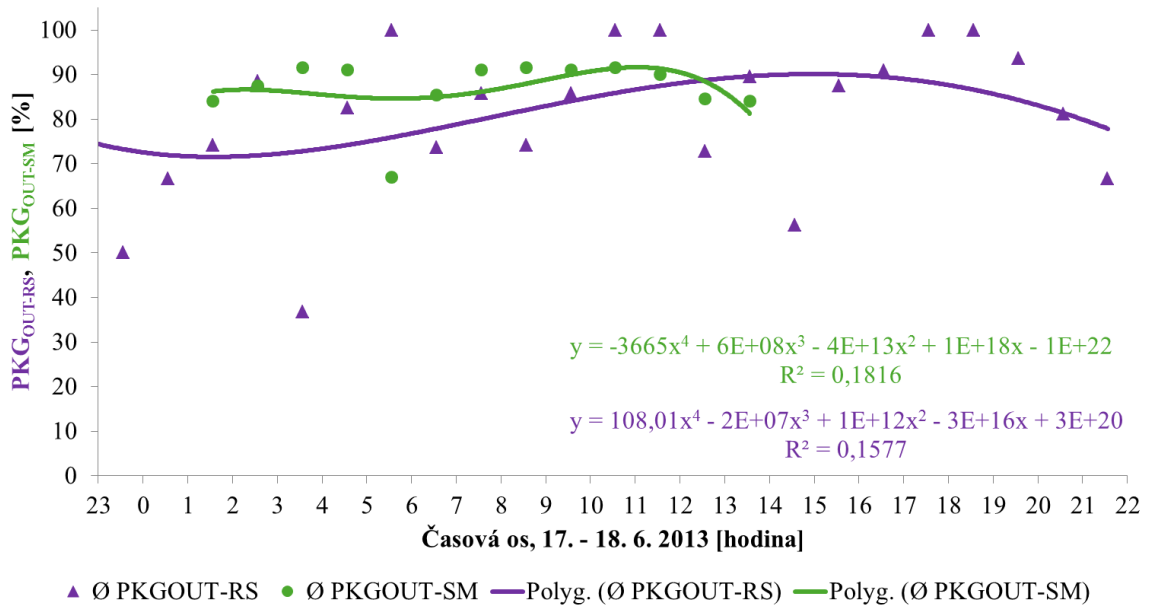


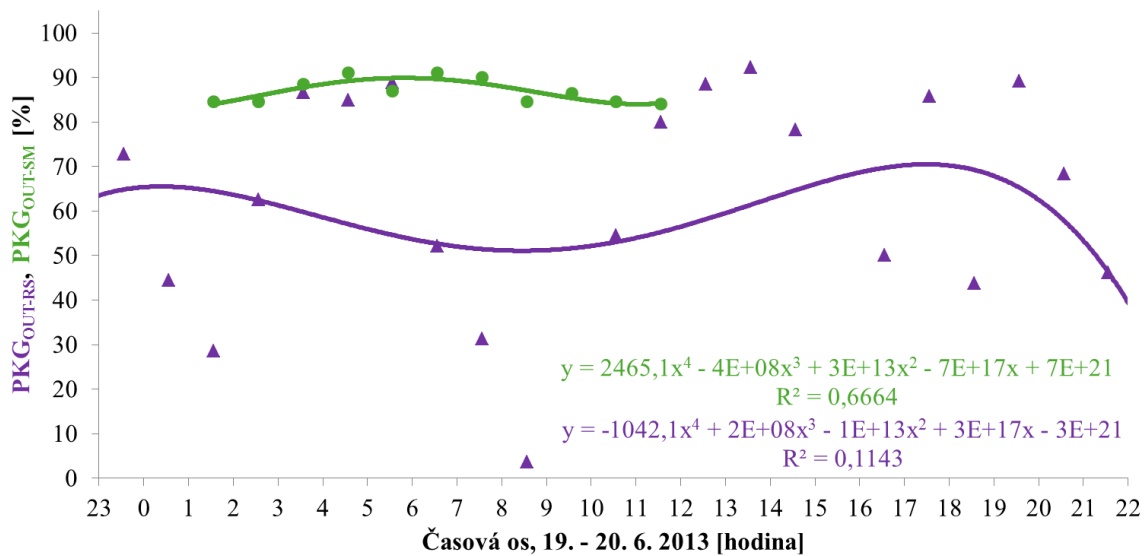
Experiment 2-2: Obsadenosť 3. úseku 20 pozícií.
 Obsadenosť 4. úseku 40 až 60 pozícií.



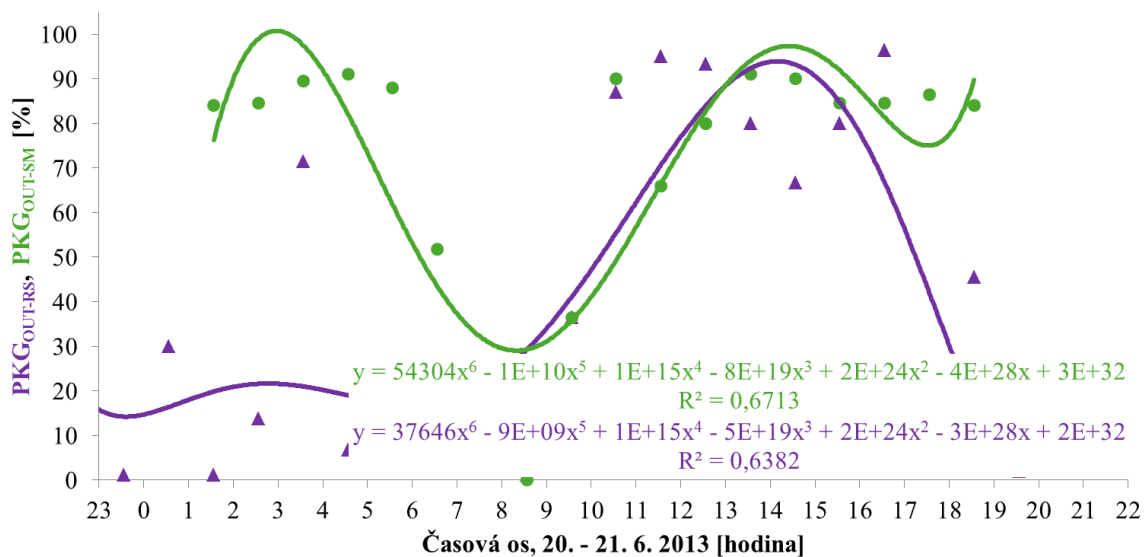
Príloha 27: Vlastné spracovanie.

PRÍLOHA 28: *Grafy priebehu PKG reálny proces v. simulačné modelovanie s rovnicami polynómov a indexmi determinácie*





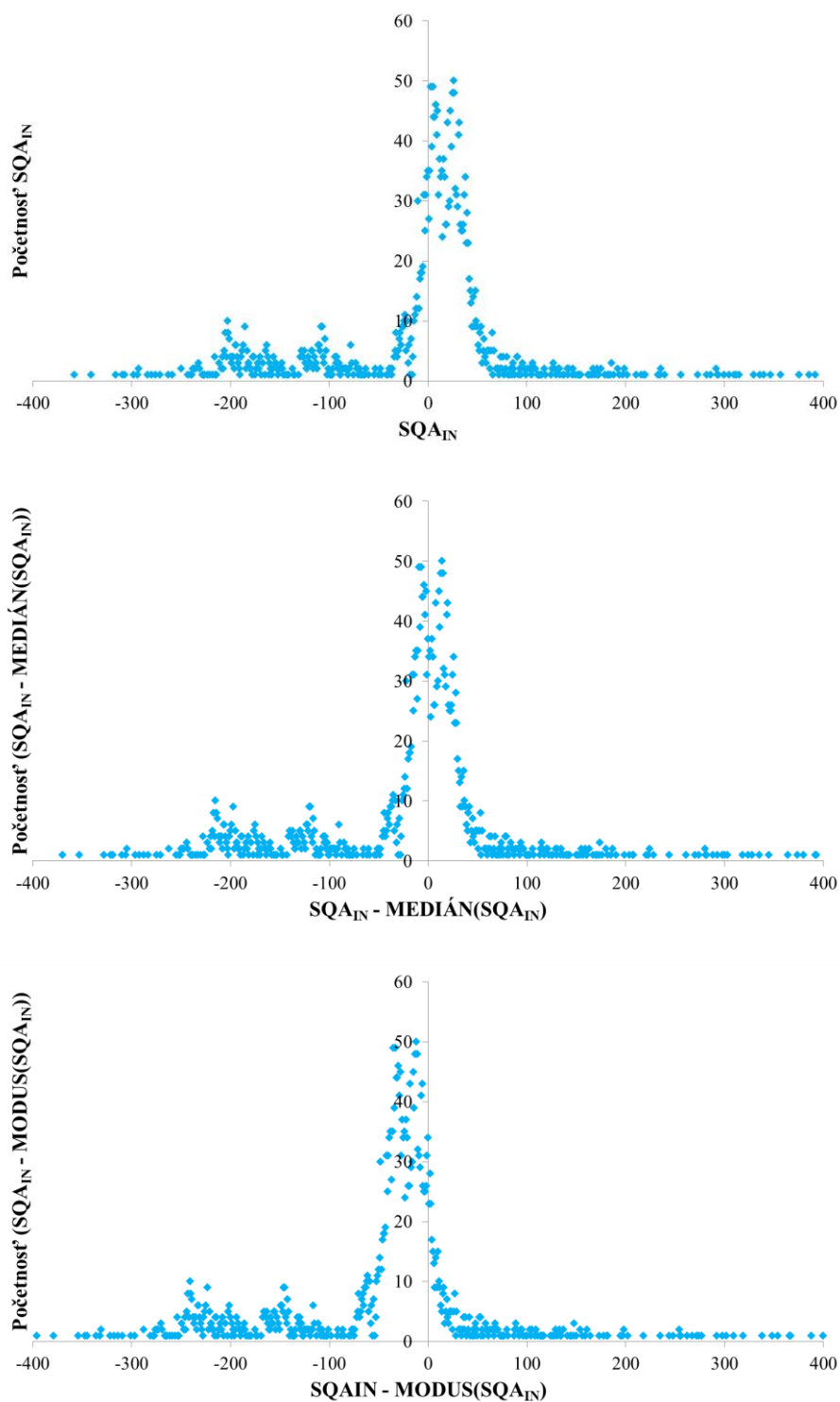
▲ Ø PKGOUT-RS ● Ø PKGOUT-SM — Polyg. (Ø PKGOUT-RS) — Polyg. (Ø PKGOUT-SM)



▲ Ø PKGOUT-RS ● Ø PKGOUT-SM — Polyg. (Ø PKGOUT-RS) — Polyg. (Ø PKGOUT-SM)

Príloha 28: Vlastné spracovanie.

PRÍLOHA 29: *Grafy závislosti početnosti SQA_i na hodnote SQA_i bez a s použitím korekcie posunu*



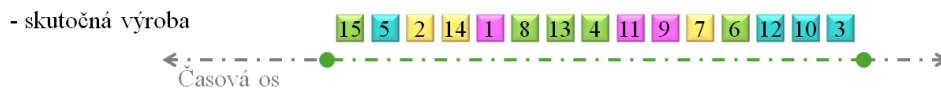
Priloha 29: *Vlastné spracovanie.*

PRÍLOHA 30: Zobrazenie princípu vyhodnotenia metódikou korekcie posunu

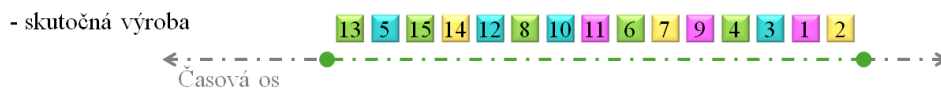
Príklad poradia zákaziek na EB-0_{plan}:



Príklad poradia zákaziek na EB-2_{in}:



Príklad poradia zákaziek na EB-4_{out}:



Legenda:

- 6 Zákazka plánovaná
- 6 Zákazka skutočne vyrobená
- ↔ Časové obdobie pre výpočet PFT_x
- Časové obdobie získaných údajov

Následný príklad výpočtu korekcie z mediánu:

EB-0 _{plan}	EB-2 _{in}	EB-4 _{out}	SQA _{IN}	SQA _{OUT}	Korekcia SQA _{IN}	Korekcia SQA _{OUT}
---	---	---	= EB-2 _{in} - EB-0 _{plan}	= EB-4 _{out} - EB-0 _{plan}	= SQA _{IN} - MEDIÁN(SQA _{IN})	= SQA _{OUT} - MEDIÁN(SQA _{IN})
1	3	2	3 - 1 = 2	2 - 1 = 1	0	-1
2	10	1	8	-1	6	-3
3	12	3	9	0	7	-2
4	6	4	2	0	0	-2
5	7	9	2	4	0	2
6	9	7	3	1	1	-1
7	11	6	4	-1	2	-3
8	4	11	-4	3	-6	1
9	13	10	4	1	2	-1
10	8	8	-2	-2	-4	-4
11	1	12	-10	1	-12	-1
12	14	14	2	2	0	0
13	2	15	-11	2	-13	0
14	5	5	-9	-9	-11	-11
15	15	13	0	-2	-2	-4
MEDIÁN(SQA _{IN}) = 2						

Príloha 30: Vlastné spracovanie na základe metodiky podľa:

ŠTOČEK, Jiří a Vladimír KARPETA, 2010. *Uživatelský manuál: Analyzer of production processes (APP)*. Verze 1.0. Mladá Boleslav, 69 s.