

Disertační práce

**Řízení materiálového toku pomocí  
elektronické podoby metody kanban**

Autor: Ing. Tomáš Bilík  
Obor: 6208V038 Management a ekonomika  
Školitel: doc. Ing. Roman Bobák, Ph.D.

Prosinec 2008

### **KLÍČOVÁ SLOVA**

Administrátor kanbanu, dodavatelské pracoviště, duální kanbanový okruh, elektronický kanban, expresní kanbanová karta, FIFO princip, jednoduchý kanbanový okruh, kanban impuls, kanban karta, počet kanban karet, pomocná kanbanová karta, SW simulace, SWOT analýza, transportní kanban, uživatel kanbanu, výrobní kanban, zákaznické pracoviště, zásobník, zpětná vystopovatelnost.

### **KEY WORDS**

Kanban administrator, Supplier workplace, Dual kanban circle, Electronic kanban, Express kanban card, FIFO principle, Single kanban circle, Kanban impulse, Kanban card, Number of kanban cards, Auxiliary kanban card, SW simulation, SWOT study, Transport kanban, Kanban user, Production kanban, Customer workplace, Buffer, Traceability.

## Abstrakt

Elektronický kanban se objevuje v materiálovém toku v posledních letech s rozšiřující funkcionalitou podnikových informačních systémů v materiálovém toku. Právě implementací kanbanu do informačních systémů lze snížit dodací doby mezi jednotlivými prvky v materiálovém toku a tím i celkově snížit množství zásob v oběhu. Nasazení elektronického kanbanu do podnikového informačního systému umožňuje eliminovat chyby způsobené lidským faktorem – ať již záměrné nebo způsobené nedbalostí. Práce se zabývá problematikou elektronického kanbanu, jeho přínosem pro materiálový tok, zkoumá možnosti a typy materiálových toků, kde implementace elektronického kanbanu přináší kratší dodací termíny a zpřesnění údajů nutných pro řízení materiálového toku.

V úvodu práce se věnuji současné úrovni poznání metody kanban, především pak jeho elektronické podobě. Pokračuji ve zkoumání elektronického kanbanu v průmyslové praxi. Následuje zpracování analýzy silných a slabých stránek, příležitostí a ohrožení v elektronickém kanbanu. Na základě výsledků SWOT analýzy a teoretických poznatků z literatury definuji hypotézy zaměřené na přínos elektronického kanbanu ve srovnání s plastovým kanbanem. Pomocí matematických metod srovnávám přínos elektronického kanbanu oproti klasickému plastovému kanbanu s ohledem na definované hypotézy. Tyto informace pak v práci zpracovávám pomocí simulace a změnou jednotlivých parametrů materiálového toku si ověřuji, za jakých podmínek lze očekávané výsledky hypotéz potvrdit. Na závěr této práce zpracovávám doporučení, jak postupovat při implementaci elektronického kanbanu do materiálového toku.

## **Abstract**

Electronic solution for kanban system appears in material flow as a part of company information system within last couple of years. By implementation of kanban into information system a transport time between production stages can be reduced and by this total amount of material in logistic chain can be lower. Additionally usage of electronic kanban inside information system can eliminate operator's mistakes – caused by operator's inattention or by operator's bad fight. Thesis is pointing at issue of electronic kanban in different types of material flow, its impact on lead times and getting more detail information from material flow needed for control of the flow of material.

I do study current level of theory about kanban with focus on its electronic version at the beginning of work. Than I focus on usage of electronic kanban in its physical application in real production environment, which is followed by SWOT analyse – that is analysis of strengths, weaknesses, opportunities, threats. Based on result of SWOT and theoretical study of literature I have defined hypothesis of my thesis. The hypotheses are focused on advantage of usage electronic form of kanban in comparison with standard paper kanban. I do compare differences between both types of kanban systems with support of mathematical methods – focused on defined hypothesis. Result of mathematical methods I use in simulation methods to do next level of comparison of both systems – again with focus on defined hypothesis. By changing of parameters of simulation I am trying to confirm expected results of hypothesis. As a summary of the thesis I do make a suggestion of common steps needed for implementation of electronic kanban.

## Obsah

Abstrakt .....	3
Abstract.....	4
Obsah.....	5
Seznam obrázků .....	7
Seznam grafů .....	8
Seznam tabulek .....	9
1 Cíl a obsah práce.....	10
1.1 Hypotézy disertační práce.....	10
2 Přehled o současném stavu řešené problematiky .....	12
3 Kanban – analýza teoretických poznatků .....	15
3.1 Význam logistiky.....	15
3.2 Just In Time .....	16
3.3 Kanban .....	18
3.4 Princip kanbanu .....	18
3.5 Kanban karta.....	20
3.6 Jednoduchý kanbanový okruh.....	22
3.7 Duální kanbanový okruh.....	23
3.8 Další členění kanbanových okruhů .....	24
3.9 Měření výkonnosti kanbanu.....	28
4 Postup zpracování, zvolené metody, definice hypotéz.....	31
4.1 Postup zpracování práce.....	31
4.2 Definice hypotéz disertační práce .....	34
4.3 Metody kvantitativní a kvalitativní analýzy .....	35
5 Výsledky disertační práce .....	38
5.1 Kvantitativní výzkum .....	38
5.2 Výsledky kvantitativního výzkumu.....	39
5.3 Kvalitativní výzkum .....	43
5.4 Výsledky kvalitativního výzkumu.....	44
5.5 Vliv lidského faktoru a hypotéza H4.....	54
5.6 Elektronický kanban .....	58
5.7 Počet kanban karet v elektronickém okruhu.....	62
6 Simulace kanbanového okruhu.....	67
6.1 Návrh nástroje pro simulaci kanbanového okruhu .....	67

6.2	Popis systému .....	68
6.3	Procedury programu .....	72
6.4	Optimalizace běhu simulace .....	73
6.5	Testování hypotézy H1: Model dva dodavatelé.....	75
6.6	Testování hypotézy H1: Model neúplná přepravka .....	86
6.7	Testování hypotézy H2: snížení skladových pohybů.....	88
6.8	Testování hypotézy H3: Výrobně - transportní okruh .....	89
7	Implementace elektronického kanbanu .....	93
7.1	Podpora managementu, rozhodnutí pro implementaci.....	93
7.2	Výběr vhodného SW.....	93
7.3	Sběr dat.....	94
7.4	Návrh kanbanového systému .....	94
7.5	Výpočet optimálního množství materiálu v kanbanovém okruhu .....	95
7.6	Testování .....	97
7.7	Trénink, prezentace.....	97
7.8	Implementace kanban řešení .....	98
7.9	Průběžná optimalizace kanbanového okruhu.....	99
7.10	Reporting nad daty z kanbanového okruhu .....	99
8	Shrnutí a závěry, přínos pro teorii a praxi.....	101
8.1	Stanovisko k potvrzení či vyvrácení hypotéz .....	103
	Slovníček pojmů .....	106
	Přehled zkratk.....	107
	Literatura.....	108
	CV s přehledem publikací .....	110
	Seznam příloh .....	111
	Příloha A: Průvodní dopis kvantitativního výzkumu .....	112
	Příloha B: Dotazník kvantitativního výzkumu.....	113
	Příloha C: Seznam organizací začleněných do kvantitativní-ho výzkumu. ....	118
	Příloha D: Seznam organizací začleněných do kvalitativní-ho výzkumu. ....	119
	Příloha E: Doporučení dalšího vývoje elektronického kanbanu v závodě Continental Teves JC. ....	120
	Příloha F: Srovnání rozdílných IS s řešením kanbanu .....	126
	Příloha G: Zdrojový kód simulačního modulu kanban .....	130

## Seznam obrázků

Obr. č. 1: Materiálový a informační tok v jednoduchém kanbanovém okruhu..	22
Obr. č. 2: Materiálový a informační tok v duálním kanbanovém okruhu .....	23
Obr. č. 3: Ukázka transportní kanbanové karty.....	25
Obr. č. 4: Příklad okruhu s elektronickým přenosem kanban impulsu .....	27
Obr. č. 5: Hierarchická struktura cílů.....	32
Obr. č. 6: Odúčtování z konsignace před zavedením kanbanu .....	47
Obr. č. 7: Odúčtování materiálu z konsignace v kanbanu .....	47
Obr. č. 8: Sklady v IS před implementací kanbanu.....	51
Obr. č. 9: Sklady v IS po implementaci kanbanu .....	52
Obr. č. 10: Činnosti, při kterých může dojít ke ztrátě kanbanové karty.....	57
Obr. č. 11: Elektronický kanban v podnikovém informačním systému .....	58
Obr. č. 12: Kanbanový informační tok v podnikovém informačním systému ...	59
Obr. č. 13: Materiálový a informační tok v duálním elektronickém kanbanu....	60
Obr. č. 14: Procesy v klasickém kanbanu při vytvoření další kanbanové karty.	63
Obr. č. 15: Procesy v el. kanbanu při kanban impulsu, kde je množství materiálu v oběhu konstantní .....	64
Obr. č. 16: Procesy v el. kanbanu - rozšíření o optimalizaci skladových pohybů .....	65
Obr. č. 17: Hlavní menu kanban simulace .....	69
Obr. č. 18: Nastavení vlastností a prvků v kanbanovém okruhu .....	69
Obr. č. 19: Spuštění běhu kanbanové simulace.....	71
Obr. č. 20: Schéma materiálového toku simulace pro testování hypotézy H1 ...	78
Obr. č. 21: Nastavení simulačního okruhu pro testování H3.....	91
Obr. č. 22: Návrh spojení systému kanbanu s el. pracovními návodkami .....	122
Obr. č. 23: Navrhovaný informační tok v systému pro zpětnou vystopovatelnost .....	123
Obr. č. 24: Sběr dat pro report přeskočených karet.....	124

## Seznam grafů

Graf č. 1: Náklady na zásoby v kanbanovém okruhu.....	29
Graf č. 2: Náklady nepřímo úměrné výši zásob .....	29
Graf č. 3: Rozdělení respondentů podle cílové oblasti produkce .....	40
Graf č. 4: Nasazení systému kanban v podnicích.....	40
Graf č. 5: Používání elektronického kanbanu .....	41
Graf č. 6: Vyhodnocení ot. č. 12: Slabá místa kartového kanbanu.....	42
Graf č. 7: Slabá místa elektronického kanbanu.....	42
Graf č. 8: Snížení chyb operátorů při přechodu z kanbanu na el. kanban.....	43
Graf č. 9: Snížení zásob při přechodu z kanbanu na el. kanban .....	43
Graf č. 10: Doba běhu procedur simulace v čase .....	74
Graf č. 11: Výše zásob v kanbanových zásobnících v závislosti na délce běhu simulace .....	82
Graf č. 12: Vývoj rozdílu okamžité průměrné zásoby a dlouhodobé průměrné zásoby .....	82
Graf č. 13: Průměrný počet kusů materiálu v kanbanovém zásobníku .....	84
Graf č. 14: Průměrný, minimální a maximální počet kusů v kanbanovém okruhu .....	85
Graf č. 15: Rozdíl mezi průměrným a minimálním počtem kusů v kanbanovém okruhu.....	85
Graf č. 16: Průměrný, minimální a maximální počet kusů v kanbanovém okruhu .....	87
Graf č. 17: Rozdíl mezi průměrným a minimálním počtem kusů.....	87
Graf č. 18: Aktuální výše zásob v kanbanovém bufferu .....	88



## Seznam tabulek

Tab. č. 1: Příklady odpovědi pro začlenění do dalšího výzkumu .....	38
Tab. č. 2: Rozdělení základního souboru dle velikosti firmy .....	39
Tab. č. 3: Rozdělení respondentů podle velikosti firmy .....	40
Tab. č. 4: Nasazení kanbanu ve firmách podle velikosti firmy .....	41
Tab. č. 5: Průměrná doba běhu jednoho kroku simulace v milisekundách .....	73
Tab. č. 6: Srovnání doby běhu simulace před optimalizací a po optimalizaci ...	75
Tab. č. 7: Požadavky zákaznického pracoviště .....	77
Tab. č. 8: Tabulka dílů vstupujících do simulačního běhu .....	79
Tab. č. 9: Tabulka použitých kusovníků .....	79
Tab. č. 10: Seznam operátorů (skladníků a přepravců) v materiálovém toku ....	80
Tab. č. 11: Nastavení kmenových dat kanbanu .....	80
Tab. č. 12: Rozdíl okamžité a dlouhodobé průměrné zásoby během simulace ..	83
Tab. č. 13: Nastavení kmenových dat kanbanu pro testování H3 .....	90
Tab. č. 14: Porovnání rozdílu průměrné a minimální zásoby .....	92
Tab. č. 15: Použité nástroje pro testování jednotlivých hypotéz .....	104
Tab. č. 16: Příklad vstupních dat pro report přeskočených kanbanových karet	125
Tab. č. 17: Příklad výstupu reportu přeskočených karet .....	125
Tab. č. 18: Srovnání jednotlivých řešení kanbanových systémů .....	129

# 1 Cíl a obsah práce

Práce se zabývá problematikou systému pro řízení zásob kanban a jeho implementací do elektronické podoby. Srovnává klasický plastový kanban s jeho elektronickou podobou. Práce vychází z autorových praktických zkušeností. Ten se systému kanban začal věnovat již v letech 1997 – 1998 v diplomové práci s názvem BarumBan – implementací systému kanban do řízení materiálového toku ve firmě Barum Continental v Otrokovicích [13]. Svě zkušenosti se systémem kanban obohatil během svého profesního působení ve firmě Continental Teves v závodě Jičín, kde spolupracoval při implementaci principu kanban do podnikového informačního systému firmy. Poté získal další zkušenosti se systémem kanban ze sesterských závodů firmy v Německu, Velké Británii a Mexiku. Práce je logickým vyústěním profesního zaměření autora. Pro jeho profesi si klade za cíl optimalizaci systému elektronického kanbanu implementovaného v závodech firmy. Spolu s tímto „prakticky zaměřeným“ cílem je přínos autora v oblasti teorie kanbanových systémů – se zaměřením na elektronickou formu systémů kanban.

## 1.1 Hypotézy disertační práce

Autor si definuje následující hypotézy disertační práce:

H1) Nasazením systému kanban do elektronické podoby lze optimalizovat okruhy, ve kterých není konstantní velikost přepravní jednotky.

H2) Implementací elektronického kanbanu do transportního kanbanového okruhu lze optimalizovat počet skladových pohybů nutných k zásobení zákaznického pracoviště.

H3) V materiálovém toku, kde je použit jak výrobní, tak transportní kanban, lze implementací kanbanu do elektronické podoby tyto dva kanbanové okruhy překlenout jedním okruhem. Transportní okruh při tom zůstává jako podmnožina nového „výrobně-transportního“ okruhu.

H4) Problémy sociologické jsou při realizaci kanbanu označovány jako nejzávažnější, implementací elektronického kanbanu je možné tyto problémy významně eliminovat.

H5) Implementace kanbanu do elektronické podoby přispívá k optimalizaci materiálového toku a tím i ke zlepšení ekonomických výsledků (snížení reakční doby mezi dodavatelským a zákaznickým pracovištěm, snížení velikosti zásob v kanbanovém okruhu).

Autor testuje některé ze stanovených hypotéz nejprve pomocí metod kvantitativního výzkumu – dotazníku. Poté navazuje výzkum kvalitativní, v kterém detailně analyzuje poznatky a zkušenosti jednotlivých účastníků výzkumu. Výsledky kvalitativní analýzy autor shrnuje v analýze silných a slabých stránek, příležitostí a ohrožení – SWOT analýza kanbanu. Výsledky

obou výzkumů se autor snaží dále zpracovat pomocí matematických metod. Na ty navazuje tvorba simulačního softwarového nástroje, v kterém autor simuluje jednotlivé podmínky specifické pro potvrzení nebo vyvrácení hypotéz.

Přínosem pro praxi by měl být autorův návod, jak postupovat při implementaci elektronického kanbanu do materiálového toku. Ten je uveden před závěrem práce jako doporučení kroků, vycházejících z autorových zkušeností s implementací systému kanban během jeho desetileté pracovní kariéry a zkušeností získaných při zpracování kvalitativní analýzy.

Na závěr práce autor dává podněty těm, kteří by chtěli navázat na jeho práci a zmiňuje možné směry dalšího výzkumu v oblasti řízení materiálového toku pomocí elektronického kanbanu.

Jako samostatné přílohy práce uvádí autor dotazník kvantitativního výzkumu spolu s průvodním dopisem, který byl rozeslán na jednotlivé účastníky výzkumu. Další přílohy řeší doporučení pro optimalizaci elektronického kanbanu v podmínkách reálné firmy a srovnání jednotlivých řešení elektronického kanbanu v sesterských závodech společnosti.

Součástí práce je simulační nástroj pro testování některých hypotéz disertační práce. Tento nástroj je minimálně do obhajoby disertační práce vystaven na Internetu k vyzkoušení a otestování na stránkách <http://www.bilik.cz/kanban>. Zdrojový kód simulačního modulu uvádím jako poslední přílohu disertační práce.

## 2 Přehled o současném stavu řešené problematiky

Problematika kanbanu je v současné době aktuálním tématem v oblasti řízení logistických řetězců. Přestože se jedná o metodu známou již z dávné minulosti, poprvé aplikovanou do praxe před více než padesáti lety v japonské Toyotě, je kanban stále jedna z nejčastěji používaných metod při řízení materiálového toku. Jednoduché principy, na kterých je metoda kanban založena, umožňují její nasazení do velkosériové výroby s ustáleným prodejem, kde nedochází k výrazným výkyvům požadavků na finální výrobu.

Metoda kanban se v České republice začíná prosazovat s růstem zahraničních investic na území ČR. V současné době ale neexistuje na českém trhu literatura, která by se zabývala čistě jen problematikou kanbanu. Většina publikací, které jsou zaměřené na logistiku se problému kanban věnují jen okrajově bez detailnějšího popisu všech jeho parametrů. České publikace [4, 5, 6, 18] jsou zaměřeny na popis logistiky. Téma kanban zmiňují jako jeden z nástrojů logistiky pro řízení materiálového toku, většinou spolu s výrobní filozofií JIT. Popisují historický vývoj kanbanu, jeho klasickou podobu metody kanban = kartičkový kanban tak, jak je znám ze závodů firmy Toyota. Uvádějí příklady kanbanových okruhů – jak transportních, tak výrobních, podle druhu okruhů popisují, jak by měla kanbanová karta vypadat a jaké informace obsahuje. Literatura [5] uvádí kanban jako jednu z metod filosofie JIT, která slouží k „jemnému vyladění výroby a nemůže efektivně fungovat, vyskytnou-li se velké výkyvy“. Pro jejich řešení je potřeba použití i ostatních nástrojů JIT, jako je TPM, poka-yoke, jidoka, vizuální management a další. Autoři [18] nazývají transportní kanbanový okruh též okruhem pohybovým nebo přesunovým.

V odborných českých časopisech je metodě kanban též věnována pozornost, článek [22] se věnuje elektronickému kanbanu pro dodávky materiálu mezi dodavateli za použití transportních kanbanů. Pro přenos kanbanového signálu od zákazníka k dodavateli je použita technologie WEB EDI, pomocí které je přenesena informace o existujícím požadavku u zákazníka. Po obdržení zprávy je vytištěna u dodavatele kanbanové karta, která dává impuls předešlému procesu pro dodání materiálu.

Ze zahraniční literatury je publikace [1] celá věnována problematice kanbanu. Jedná se o popis systému, tak jak je implementován v závodech firmy Toyota. Práce předkládá čtenáři popis filosofie výrobního systému Toyoty označovaný zkratkou TPS (Toyota Production System). Kanban slouží jako jeden ze základních nástrojů filosofie TPS. Kniha se zabývá stanovením podmínek nutných pro nasazení kanbanu do materiálového toku. Popisuje další části japonského stylu řízení, které podporují funkcionalitu kanbanu a spolu s kanbanem vytváří japonský TPS systém.

Publikace [2] se zabývá integrací kanbanu se systémem MRP (Material Requirements Planning). Popisuje rozdíly mezi principy zásobování materiálem pomocí push systému a pull systému. Zabývá se popisem rozdílu interního a externího kanbanu ve vztahu k dodavatelům a zákazníkům, popisuje rozdíly mezi transportním kanbanem a výrobním kanbanem. Zavádí pojem flexibilních dodavatelských pracovišť, Tyto pracoviště jsou schopné pružně reagovat na změny ve výši objednaného materiálu. Opakem jsou pracoviště, které nedokáží dostatečně pružně reagovat na kolísající poptávku po materiálu. Právě na problematiku řízení materiálového toku pomocí kanban karet s využitím funkcionality systému MRP u málo pružných pracovišť je zaměřena tato kniha. Spojením kanbanu a systému MRP vzniká systém AFT (Automated Flow Technology). Systém AFT vychází ze systému kanban, množství kanban karet v oběhu je dáno administrátorem kanbanového okruhu. Počet kanban karet v oběhu není fixní, tak jako u klasického kanbanu. Systém může upravit počet kanbanových karet v materiálovém toku na základě výsledků plánování pomocí MRP. Pokud jsou požadavky na materiál dle výsledků plánování vyšší, než kolik by bylo možné pokrýt kanbanovými kartami, systém vygeneruje dodatečné kanbanové karty. Pokud jsou naopak požadavky dle výsledků MRP nižší, systém pozastaví generování nových kanbanových karet.

Publikace [21] popisuje zkušenosti autorů se zaváděním systému kanban do materiálového toku. Autoři uvádí různé příklady materiálového toku řízeného pomocí metody kanban, např. kanban systém v zásobování obchodního řetězce, kanban systém v rozsáhlém průmyslovém podniku, zásobování kanbanem pomocí systému prázdných palet (signálem je prázdná přepravka), integrace metody kanban do systému plánování výroby MRP a další. Autoři publikace na základě těchto případových studií dávají obecné doporučení, jak pracovat s jednotlivými prvky kanbanu v materiálovém toku.

Studie japonských kolegů [14] se zabývá porovnáním jednoduchého kanbanu a duálního kanbanového okruhu. Pomocí simulace těchto dvou přístupů hledá optimální výši zásob v materiálovém toku.

Zajímavou informací ke vzniku metody kanban přináší elektronická encyklopedie wikipedia.org [19]. Podle tohoto zdroje byl systém kanban používán v Japonsku již v 17. století v textilním průmyslu pro zásobování tkalcovských stavů. Kanban představovala dřevěná nebo železná tabulka, která identifikovala zboží. Když bylo zboží spotřebováno, sloužila tato tabulka jako objednávka dalšího zboží. Při dalším zkoumání literatury se mi nepodařilo najít další zdroj, který by tuto informaci potvrdil a ve všech ostatních pramenech se uvádí původ kanbanu ve firmě Toyota.

Tento zdroj [19] též zmiňuje elektronický kanban, pro který uvádí pojmenování "elektronický kanban" nebo též "e-kanban". Podle tohoto zdroje elektronický kanban pomáhá především eliminovat manuální chyby a eliminuje ztrátu kanbanových karet.

Zdroj [20] uvádí, kdy je pro firmu výhodné přejít k elektronickému kanbanu. Výsledky a doporučení jsou podloženy zkušenostmi konzultantské firmy Datacraft Solution. Ta se zabývá implementací kanbanu do materiálového toku. Podle zkušeností zaměstnanců této konzultační firmy se vyplatí přechod od plastového kanbanu k elektronickému, když je předáváno k dodavateli 20 a více kanbanových karet za den.

Mezi další zdroje ze kterých jsem při studiu kanbanu čerpal, patří interní materiály firem Continental Teves a Siemens VDO. Jedná se především o školící materiály pro uživatele, dokumentace k systému elektronického kanbanu, technická specifikace modulu elektronického kanbanu v informačním systému a logistické prezentace materiálového toku.

### **3 Kanban – analýza teoretických poznatků**

V současné době probíhá integrace České republiky do evropských struktur. Roste objem mezinárodního obchodu a tím dochází k rychlému zvyšování významu logistiky jako části dodavatelsko-odběratelského řetězce. Je to důsledek rozvoje světového obchodu, globalizace světového trhu, důsledek rozvoje informačních technologií a podnikových výrobních a dodavatelsko-odběratelských (logistických) systémů. Zároveň zde působí tlak z rostoucí ceny nerostných surovin, který přímo úměrně s náklady na přepravu tlačí na optimalizaci podnikových procesů. Současná finanční krize sice dočasně snížila ceny ropy, toto snížení je však z pohledu dlouhodobého vývoje cen surovin pouze dočasné. V současné ekonomické situaci je primárním cílem každé organizace optimalizovat veškeré provozní a fixní náklady na minimum. Korektní implementace kanbanu do systému materiálového hospodářství značnou mírou přispívá k optimalizaci logistických nákladů. Tyto náklady jsou ve většině výrobních organizací druhou největší nákladovou položkou v rozpočtu firmy, ihned po nákladech na výrobní materiál.

#### **3.1 Význam logistiky**

Jedním ze zdrojů skrytých rezerv optimalizace podnikových procesů je racionalizace v oblasti logistiky a logisticky orientovaná koncepce celého podniku. Logistika je v současné době chápána jako klíčový faktor úspěšnosti a konkurenceschopnosti podniků. Firmy, které si chtějí dlouhodobě udržet postavení trhu a získat náskok před konkurencí, musí stále více věnovat pozornost racionalizaci svých výrobních a logistických procesů. S tím jsou spojeny nemalé investice do změn výrobní technologie a do organizace materiálových toků. Díky automatizaci a nasazení výpočetní techniky se racionalizace v oblasti logistiky v posledních letech výrazně zlepšila. Mnoho firem již poznalo, že korektně fungující logistika má velký význam pro rostoucí úroveň jejich výnosů. Obecně platí, že optimálním plánováním, řízením a kontrolou logistických procesů klesají náklady na výrobu, zásoby, zásobování, transport a na celý logistický systém podniku.

Logistika jako vědní disciplína je obor poměrně mladý, její počátky se datují do padesátých let dvacátého století. Po druhé světové válce nastává přechod od trhu výrobce k trhu zákazníka. Rozšiřuje se výrobní sortiment, zákazník si se svými požadavky určuje trendy vývoje trhu a jeho tužby a přání dodavatel realizuje.

V žádném jiném průmyslovém odvětví se nevyskytuje tolik problémů a žádné další nemusí čelit takovým výzvám, jako je tomu v případě automobilového průmyslu a jeho dodavatelů. Jedinou konstantou, která se zde vyskytuje, je změna. Firma vyrábějící automobily musí být flexibilní, inovativní

a dostatečně výkonná, aby byla schopna uspokojit dnešního zákazníka, který vyžaduje vyšší kvalitu, nízké ceny a lepší servis. Co se stane v případě, že firma nezareaguje včas na změny trhu a nepřizpůsobí svůj výrobní proces a výrobní strategii novým požadavkům, můžeme nyní pozorovat na příkladě původních výrobců automobilů v USA: GM, Ford a Chrysler. Výrobní procesy a strategie těchto firem zůstávaly po dlouhou dobu u těchto firem na základech principu „push“. Japonské, asijské i evropské automobilky již mnoho let aplikovaly výrobní systém na principech „pull“. To způsobilo, že americké automobilky nebyly schopné reagovat pružně a včas na zásadní obrat v požadavcích zákazníků. To má za následek drastické navýšení počtu vyrobených automobilů bez konkrétního odběratele během celosvětové finanční krize.

Mezi vztahy zákazník – firma vyrábějící automobily – subdodavatel platí přímá úměra nároků zákazníka na dodavatele. Jestliže chce firma vyrábějící automobily plně uspokojit ty nejvyšší nároky zákazníka, musí také dodavatel plně uspokojit požadavky odběratele, tedy svého zákazníka. Obě firmy musí být současně schopny snižovat doby vývojových cyklů a výroby, čas od uplynutí objednávky ke splnění dodávky a to vše za předpokladu zvyšující se kvality svých produktů a služeb.

Plnění těchto požadavků s sebou přináší vysokou náročnost na výrobu a samozřejmě vyšší náklady. To nutí výrobce a jejich dodavatele hledat úspory ve všech oblastech a hledat odpověď na otázku „Jaké metody by měly být použity, aby byla vytvořena či zachována konkurenceschopnost podniku?“ Úspěšné podniky, snažící se najít odpověď na tuto otázku, se staly konkurenceschopné prostřednictvím rychlých inovací svých výrobků i výrobních systémů a pomocí nižších nákladů a vyšší produktivity vůči svým konkurentům.

Tyto podniky daleko více používají moderní metody řízení jako jsou Just In Time, Kanban, TQM, Kaizen, Poka-yoke atd., u nichž bylo prokázáno, že jejich správné uplatnění v praxi vede právě ke zvyšování produktivity a snižování nákladů – faktorů, které jsou alfou a omegou úspěšnosti moderního podniku. Takový podnik si plně uvědomuje velký význam logistiky jako nástroje řízení veškerého materiálového toku jako celku a příslušného informačního toku jak uvnitř společnosti, tak i ve vztahu ke svým dodavatelům, odběratelům a zákazníkům.

### **3.2 Just In Time**

Tahové výrobní systémy jsou základem moderní logistiky. Jsou založeny na principu tahu – tzv. „pull“ systémy. Pull systém vyrábí finální produkt až na základě konkrétních požadavků zákaznického pracoviště nebo cílového zákazníka. Charakteristikou pull systému je, že nedojde k výrobě zboží dříve, než na něj existuje adresný požadavek. Neexistuje výroba na sklad, kde by vyrobený materiál čekal na to, až je oddělení prodeje prodá.



Koncept „Just In Time“ (JIT), jehož základy vznikly ve firmě Toyota v Japonsku, má jednoduchý cíl: vyrábět požadované výrobky na správném místě, v požadované kvalitě, množství a čase. Výrobek přitom nemusí být jen hotový finální výrobek, ale i součástka a zákazníkem nemusí být jen kupující, ale také dělník na další operaci prováděné s výrobkem. Systém JIT tedy nemůže být jen záležitostí jednoho podniku a není to jen metoda řízení. Je to nový filozofický přístup k organizaci, plánování a řízení výrobních organizací, zajišťující dlouhodobou ekonomickou prosperitu. JIT představuje princip tahu. Vyrábí se jen to, co požaduje zákazník.

Ideální cíle zavedení JIT se označují jako „seven zeros“ (sedm nul) a jsou to tyto

- nulové procento zmetků
- nulové časy na přestavění strojů
- nulové zásoby
- nulové ztráty času při přepravě a manipulaci
- nulové ztráty času při přestavbách
- nulové časy dodávky
- výrobní dávka = 1

K takovým hodnotám se však v reálné praxi můžeme pouze přiblížit. Těmito požadavky se podnik snaží redukovat všechny činnosti, které netvoří hodnotu výrobku, na minimum.

Velmi významnou součástí JIT je problém motivace zaměstnanců na všech úrovních výroby a řízení. Tento problém nejvíce zpomaloval implementaci JIT v USA a v Evropě, na rozdíl od Japonska, kde dodržování přísné pracovní disciplíny a celoživotní věrnost své firmě tvoří součást japonské kultury. Zde je rozhodující úloha vrcholového managementu, který musí jako první nejen pochopit celou JIT filozofii, ale hlavně ji vysvětlit lidem ve výrobě, kteří ji budou realizovat a musí se s ní ztotožnit.

Nejdůležitějším předpokladem aplikace JIT však zůstává problém kvality. Problém kvality musí být vyřešen vždy dříve, než se budou zavádět ostatní prvky. Zajištění kvality nepotřebuje ke své existenci JIT, ale JIT nemůže existovat bez prioritního zajištění kvality. Snižování ztrát každého druhu je základní myšlenkou JIT a tvoří „střechu“ nad ostatními prvky.

Filozofie JIT překračuje hranice podniku a při správné implementaci zahrnuje i podnikové okolí. Představuje základní stavební kámen při přeměně podniku na strategicky, trhově – orientovaný logistický systém.

JIT představuje filozofii eliminace ztrát v průběhu celého výrobního procesu, od nákupu materiálu a polotovarů, až po distribuci hotových výrobků. Výroba s využitím JIT znamená vyrábět určitý typ výrobku v požadovaném čase, při zajištění 100% kvality, tak, aby bylo možné eliminovat důvody, pro které musí být udržovány zásoby [4].

### 3.3 Kanban

System kanban je jedna z nejdůležitějších částí filozofie řízení výroby „Just In Time“. Jedná se o tahový výrobní systém, který nachází použití především v sériové výrobě. Mezi základní cíle filozofie JIT v řízení zásob patří uspokojení požadavků zákazníků a minimalizace nákladů na zásoby [6].

Metoda „kanban“ byla poprvé v praxi použita v 50-tých letech 20. století v japonské firmě Toyota. [1]. Složené slovo kanban znamená v překladu štítek (slovo „kan“) a signál (slovo „ban“). Jednotlivé potřeby mezi pracovními místy byly předávány mezi sebou na kartičkách. Až do roku 1970 bylo využití principu kanban ohraničené na Toyotu a její dodavatele. Od roku 1976 se filozofie řízení JIT spolu s metodou kanban rozšířila v japonských výrobních a obchodních firmách. Do USA začala tato filozofie řízení pronikat po roce 1980. Tento princip se v mnoha výrobních závodech používá dodnes.

Několik definic kanbanu:

- „Kanban je karta nebo jiná forma zprávy, pomocí které odběratel žádá dodavatele o materiál, výrobek, práci apod.“ [10].

- „Systém založený na zavedení vztahu zákazník - dodavatel do výrobního procesu. Každý výrobní stupeň je zároveň zákazníkem, který předává své požadavky na polotovary nebo suroviny předchozímu stupni výroby a stejně tak je dodavatelem pro stupeň navazující. Předávané objednávky, které plní funkci dodacích listů mají podobu kartiček“ [11].

- „KANBAN znamená též vrácení funkce řízení zpět do dílny, kde je možné přímo na místě přizpůsobit přísun materiálů a zpracování výrobních úloh okamžitým požadavkům. Nevyužívá se těžkopádné centrální plánování a řízení, vyrábí a dopravuje se jen to, co je požadováno. Zákazníkem je každý následující proces“ [12].

### 3.4 Princip kanbanu

System kanban je založen na tzv. principu pull. Tato změna v řízení materiálového toku se zakládá na velmi jednoduchém principu: výroba a montáž je rozčleněna na cykly s vlastní regulací a na definování vztahu „dodavatel-zákazník“ ve výrobním procesu. Řídící veličinou je velikost zásoby v bufferu (zásobníku, skladu) u zákaznického pracoviště. System kanban pracuje na principu tahu (v angličtině = pull). To znamená, že je obstaráván, vyráběn či expedován jen ten materiál, který zákazník odebere z bufferu. Neexistuje-li požadavek na materiál, nedojde k žádné činnosti.

Kanban obsahuje informace potřebné pro řízení výroby a materiálového toku. Obsahuje informace, co se má vyrábět, kde se má vyrábět, kolik se má vyrábět a kam se má produkt po vyrobení dodat nebo přemístit. Materiál má definovány obalové transportní jednotky (např. palety, boxy, přepravky apod.) a počet kusů v těchto obalových jednotkách. Principem pro kanbanové řízení výroby je to, že nelze vyrábět nebo přemísťovat materiál, pokud neexistuje

požadavek v podobě volné kanbanové karty. Tyto karty obíhají v materiálovém toku – v kanbanovém okruhu – v předem definovaném množství. Tím je určeno množství materiálu v okruhu a je tak kontrolována výše zásob v materiálovém řetězci [4].

### **Počet kanban karet v oběhu**

Správné stanovení počtu kanbanových karet v oběhu je základem dobře fungujícího kanbanu. Nedostatečné množství karet může způsobit zastavení výrobní linky. Nadbytek karet pak znamená plýtvání v podobě nadbytečných zásob, plýtvání místem na pracovišti výroby, nadbytečnou manipulací způsobenou velkým bufferem atd. Na výši počtu karet v oběhu mají vliv následující faktory:

- charakter výroby,
- spotřeba materiálu v časovém úseku (průměrná versus maximální),
- počet dílů prezentovaných jednou kanbanovou kartou,
- minimální počet dílů na jednu kartu (např. s ohledem na vliv zpětného zaskladnění, třídících kvalitativních akcí apod.),
- reakční doba dodavatelského pracoviště,
- transportní doba potřebná pro přemístění materiálu mezi dodavatelským a zákaznickým pracovištěm,
- kvalita materiálu (přestože se uvádí, že podmínkou pro fungování JIT je 100% kvalita, ne vždy je tento požadavek splněn),
- pojistná (bezpečnostní) zásoba (zakrývá chyby ve výrobě, ztracené kanban karty, chyby zaměstnanců,...)
- výše šrotu.

Metody výpočtu počtu kanban karet v kanbanovém okruhu jsou uvedeny v kapitolách věnující se jednotlivým druhům kanbanových okruhů: 3.6 Jednoduchý kanbanový okruh a 3.7 Duální kanbanový okruh.

### **Předpoklady pro zavedení kanbanu**

Systém KANBAN je vhodné implementovat pro opakovanou výrobu stejných součástí s velkou rovnoměrností v odbytu. Pokud není splněný tento předpoklad, je potřebné systém KANBAN aktivně modifikovat či řídit.

Ideálním pracoviště řízené systémem kanban je flexibilní pracoviště s pružnou pracovní dobou. V praxi často používáno v kombinaci s úkoly, které není potřeba řešit okamžitě. Hladkému průběhu implementace systému kanban napomáhá splnění následujících předpokladů:

- vysoký stupeň opakovanosti výroby, bez velkých výkyvů v poptávce,
- vyrovnaná úroveň spotřeby materiálu v procesu,
- vzájemně harmonizované kapacity,
- rychlé seřizovací postupy,
- vyškolený a motivovaný personál,

připravenost personálu, v případě změny poptávky přizpůsobit pružně pracovní dobu,

rychlé odstranění poruch by měli zvládnout dobře vyškolení operátoři zařízení,

výkonná kontrola kvality přímo na pracovišti,

připravenost managementu delegovat pravomoci na všech úrovních na nižší úroveň,

správně navržený layout dílny, s tendencí k linkovému uspořádání.

Při aplikaci systému kanban se často vyskytuje problém zapojení izolovaných procesů do hlavního materiálového toku. Jde například o technologické podmínky, či ekologické důvody, bezpečnost práce apod. Při návrhu materiálových toků je potřebné i takový izolovaný proces zařadit do hlavního proudu.

### **3.5 Kanban karta**

Kanban karta je nástrojem uplatňovaným při řízení výroby, který předává dodavatelskému pracovišti signál k zahájení činnosti. Kanban karta kromě jiného odpovídá na následující otázky:

Kdo? – Výrobní nebo dodavatelské místo.

Co? – Výrobek, materiál, činnost – popis, identifikační číslo.

Pro koho? – Spotřební místo.

Kolik? – Množství, velikost dodávky.

Kanban karty jsou různé, podle využití v různých regulačních okruzích a podle funkcí, které plní. Při aplikaci v řízení materiálového toku se častokrát nevyužívají klasické plastové kanban karty, ale jako nosič informace slouží například přímo etiketa na balící jednotce. Běžným způsobem přenosu informace jsou například čárové kódy.

#### **Transportní kanban**

Někdy též nazývaný přepravní kanban, někteří autoři též uvádějí pojem stahovací kanban. (V angličtině se užívá termínu „conveyance kanban“ nebo „transport kanban“). Je to nejjednodušší forma kanbanového okruhu. Použití především pro transport materiálu – k přemístění materiálu od jednoho pracoviště k druhému, respektive mezi zásobníky materiálu – mezi výstupním zásobníkem dodavatelského pracoviště a mezi vstupním zásobníkem zákaznického pracoviště. Transportních kanbanů se používá též mezi centrálním skladem materiálu a mezi zákaznickými pracovišti, např. v supermarketech. Charakteristikou pro materiálový okruh řízený transportním kanbanem je, že materiál je na dodavatelském pracovišti okamžitě k dispozici a není potřeba použití kanbanu pro řízení výroby na dodavatelském pracovišti. Příkladem je například centrální sklad jako dodavatelské pracoviště, který zásobuje jednotlivá zákaznická místa materiálem. Disponibilita materiálu na dodavatelském

pracovišti je považována v systému transportního kanbanu za samozřejmost. Transportní kanban neřeší nedostatek disponibilního materiálu na dodavatelském pracovišti. Takovýto nedostatek má automaticky za následek přerušování procesu dodávky materiálu a může způsobit zastavení činnosti zákaznického pracoviště.

### **Výrobní kanban**

Z anglického termínu „production kanban“. Podobně jako přepravní kanban dává pokyn k zahájení pohybu materiálu, výrobní kanban generuje pokyn k zahájení určité činnosti. Autorizuje výrobní pracoviště k zahájení výroby podle údajů na kanbanové kartě, která představuje konkrétní požadavek zákaznického pracoviště. Na rozdíl od transportního kanbanu musí výrobní kanban řešit kapacitu dodavatelského výrobního pracoviště. K tomuto účelu používá kanbanové tabule, na kterých se shromažďují prázdné kanbanové karty. Pomocí vizualizace a fyzického uspořádání karet se v tomto systému řeší, jaké produkty a v jakém pořadí se budou vyrábět.

### **Expresní kanban**

Expresní karty mají použití při výskytu abnormality v materiálovém toku. Při jejich zpracování na dodavatelském pracovišti se nepoužívá postupnost zpracování na základě času jejich příchodu, ale mají přednost při zpracování. Expresní kanbanová karta může být výrobní nebo transportní.

Expresní transportní kanban může dávat signál k okamžitému transportu materiálu. V praxi to často znamená, že není plně využita kapacita přepravní jednotky. Toto vede k nárůstu přepravních nákladů při použití expresní transportní kanbanové karty. Časté používání expresních karet znamená přímý nárůst transportních nákladů. Ukazuje také na abnormalitu v materiálovém toku, popř. nevhodně nastavená kmenová data kanbanového okruhu. Pokud se v kanbanovém systému vyskytne oblast s častým použitím expresních kanbanových karet, je nutné prověřit podmínky výrobního procesu a nastavení kanbanového okruhu.

Expresní výrobní kanban může dávat signál k okamžité změně výroby na dodavatelském pracovišti. Definice interních pravidel pro použití expresního kanbanu detailněji určuje reakci na vydání expresní karty. Jako u expresních transportních karet, expresní výrobní karty by měly být používány jen výjimečně. Jejich použití je spojeno s vyššími náklady procesu a s existencí abnormality v logistickém toku.

### **Pomocný (jednorázový) kanban**

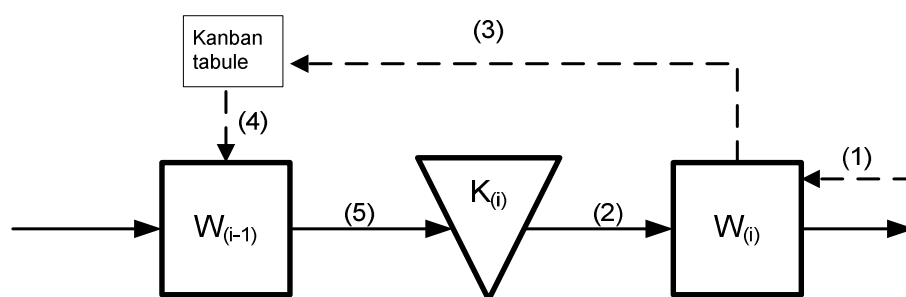
Podobně, jako expresní karty, použití pomocných karet v kanbanovém okruhu řeší výskyt určité abnormality či nárazové, nepředpokládané změny v materiálovém toku. Jejich zpracování na dodavatelském pracovišti probíhá v pořadí příchodu na dodavatelské pracoviště. Použití pomocných kanbanových

karet není spojeno s případnými dodatečnými náklady na neplánovanou změnu výrobního programu dodavatelského pracoviště. Jejich použití je v praxi spojeno s plánovanými výpadky výroby nebo přepravy a znamená krátkodobé navýšení zásob v materiálovém toku.

### 3.6 Jednoduchý kanbanový okruh

Kanbanový okruh je též označován jako samořídící regulační okruh. Jednoduchý kanbanový okruh ke svému řízení používá pouze jeden typ karet. Často jsou to výrobní kanbanové karty, ale lze jej sestavit i z transportních kanbanů, a to především na začátku výrobního řetězce. Typickým znakem takového okruhu je jeden zásobník mezi dodavatelským a zákaznickým pracovištěm.

Příkladem jednoduchého kanbanového okruhu může být následující okruh s výrobními kanbanovými kartami:



Obr. č. 1: Materiálový a informační tok v jednoduchém kanbanovém okruhu

Princip kanbanu v tomto okruhu je následující:

(1) Na pracoviště  $W(i)$  přijde požadavek z nadřazeného stupně na dodání hotového výrobku.

(2) Pro splnění tohoto požadavku je potřeba použít komponenty. Tyto se pro pracoviště  $W(i)$  nacházejí v kanbanovém zásobníku  $K(i)$ , odkud jsou odebrány a přepraveny na výrobní pracoviště  $W(i)$ .

(3) Z přepravky s materiálem je odejmuta kanbanová karta, která je jako požadavek na dodání materiálu přesunuta do kanbanové tabule dodavatelského pracoviště  $W(i-1)$ .

(4) Přítomnost kanbanové karty v kanbanové tabuli je impulsem pro zahájení výroby požadovaného materiálu v množství definovaném kanbanovou kartou.

(5) Poté, co je materiál vyroben na pracovišti  $W(i-1)$ , je kanbanová karta připevněna na přepravku s vyrobeným materiálem a umístěna v kanbanovém regálu  $K(i)$ . Zde čeká na zpracování na pracovišti  $W(i)$ .

Počet karet v kanbanovém okruhu ( $M$ ) lze spočítat podle následujícího vzorce:

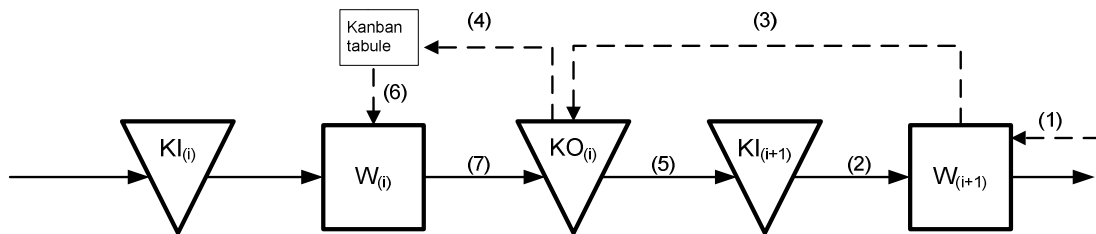
$$M = \{DL (1+a) \} / d,$$

kde **D** (z ang. Demand - požadavek) je průměrná spotřeba dílů za časovou jednotku, **L** (z ang. Lead time) je doba nutná pro dodání dílů od jejich objednání, **a** je bezpečnostní koeficient, **d** je počet dílů pro jednu kanbanovou kartu.

### 3.7 Duální kanbanový okruh

Pro řízení duálního kanbanového okruhu slouží výrobní a transportní kanbany. Používají se především tam, kde jsou zákaznické i dodavatelské pracoviště od sebe geograficky vzdáleny, nebo tam, kde je omezená skladovací kapacita u zákaznického pracoviště. V tomto případě má každé pracoviště dvě skladovací oblasti – buffery. Jeden je na vstupu materiálu a druhý na výstupu. Ve vstupním bufferu je materiál z předchozího stupně řízení výroby. Ten je označen transportními kanbanovými kartami. Ve výstupním bufferu je uložen materiál vyráběný vlastním pracovištěm. Ten je označen kartami výrobního kanbanu.

V duálním kanbanovém okruhu je tok materiálu a informací zobrazen v následujícím obrázku.



Obr. č. 2: Materiálový a informační tok v duálním kanbanovém okruhu

Princip kanbanu v tomto okruhu je následující:

(1) Na pracoviště  $W(i+1)$  přijde požadavek z nadřazeného stupně na dodání hotového výrobku.

(2) Pro splnění tohoto požadavku je potřeba použít komponenty. Pro pracoviště  $W(i+1)$  se nacházejí v kanbanovém zásobníku  $KI(i+1)$ , odkud jsou odebrány a přepraveny na výrobní pracoviště  $W(i+1)$ .

(3) Po odebrání materiálu ze vstupního zásobníku  $KI(i+1)$  je potřeba tento zásobník doplnit z výstupního bufferu  $KO(i)$ . Impulsem pro zahájení transportu je transportní kanbanová karta.

(4) Z přepravky s materiálem je odejmuta výrobní kanbanová karta, která jako požadavek na dodání materiálu je přesunuta do kanbanové tabule dodavatelského pracoviště  $W(i)$ .

(5) Materiál, označen transportní kanbanovou kartou, je dopraven ze zásobníku  $KO(i)$  do zásobníku  $KI(i+1)$ .

(6) Kanbanová karta v kanbanové tabuli je impulsem pro zahájení výroby požadovaného materiálu v množství definované kanbanovou kartou.

(7) Poté, co je materiál vyroben na pracovišti  $W(i)$ , je kanbanové karta připevněna na přepravku s vyrobeným materiálem a umístěna v kanbanovém regálu  $KO(i)$ .

Celkový počet karet ( $M$ ) v takovém okruhu lze spočítat podle vzorce:

$$M = M_i + M_o,$$

kde  $M_i$  je počet kanban karet v transportním kanbanovém okruhu pro zásobování zákaznického pracoviště a  $M_o$  je počet kanban karet ve výrobním kanbanovém okruhu u dodavatelského pracoviště.

Počty karet v jednotlivých okruzích se spočítají podle následujících vzorců: pro vstupní buffer:

$$M_i = \{DL(1+a)\} / d,$$

Pro výstupní buffer:

$$M_o = \{DL(1+a)\} / d,$$

definice jednotlivých položek vzorce, viz kapitola 3.6 *Jednoduchý kanbanový okruh*. Koeficienty „ $i$ “ u  $M_i$  znamená vstupní zásobník (Input buffer) a „ $o$ “ u  $M_o$  znamená výstupní zásobník (Output buffer),

Proměnné  $D$  a  $d$  jsou společné pro oba okruhy.

Duální kanbanový okruh lze rozdělit podle toho, jak je materiál mezi výstupním zásobníkem dodavatelského pracoviště a vstupním zásobníkem zákaznického pracoviště přepravován. Materiál je přepravován buď pravidelně v určitý čas, anebo po dosažení určitého množství pro vytížení transportu.

### **Fixní transportní množství**

Materiál je mezi výstupním bufferem dodavatelského pracoviště a vstupním bufferem zákaznického pracoviště dopravován nepravidelně. Signálem pro spuštění transportu je naplnění přepravních kapacit transportního zařízení (kamion, kontejner apod.).

### **Pravidelné dodávky**

Materiál je přepravován v předem definovaných intervalech. Může to být představováno např. podobou pravidelných cest přepravce po dodavatelských pracovištích, tzv. „milkrun“. Nevýhodou je, že nemusí být optimálně využita přepravní kapacita transportní jednotky.

## **3.8 Další členění kanbanových okruhů**

Kanbanové okruhy lze dělit podle různých kritérií. Podle podmínek jejich nasazení je možné na dané okruhy nahlížet z více pohledů. V následující části uvádím rozdělení kanbanových okruhů podle jejich jednotlivých specifik.

### **Rozdělení podle druhů kanbanové karty**

#### ***Plastová víceúčelová karta***



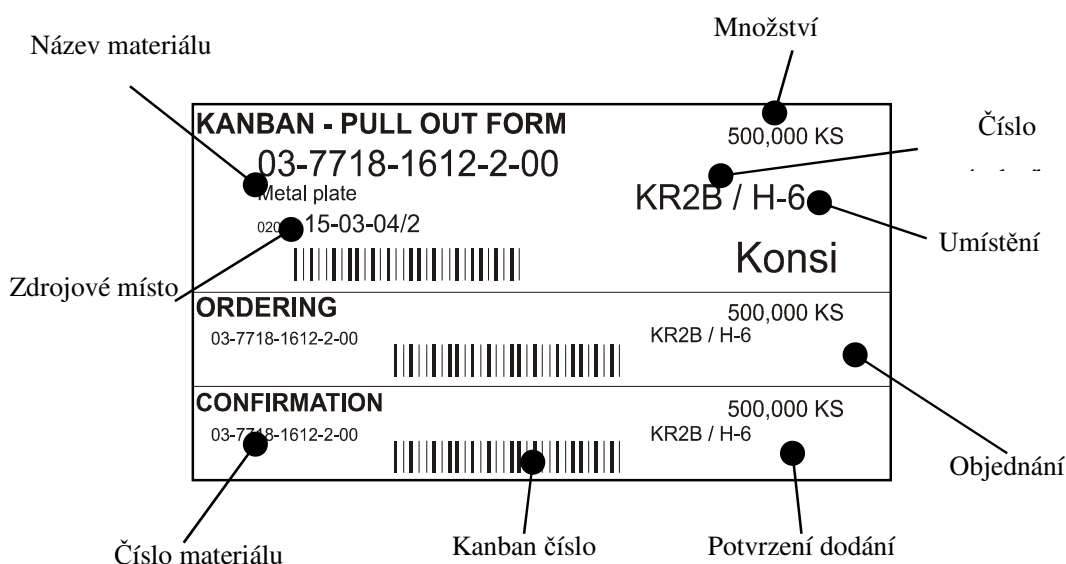
Tento druh karty je trvalý, v kanbanovém okruhu obíhá do té doby, než dojde ke snížení počtu karet v kanbanovém okruhu, k její ztrátě anebo k jejímu zničení.

### **Elektronická kanbanová karta**

Jedná se o informaci v systému – o virtuální kanbanovou kartu, které je prezentována jako položka v databázi. Uživatelům systému se potom jeví jako požadavek, který spouští pohyb materiálu v logistickém řetězci, nebo výrobu na dodavatelském pracovišti. Pro identifikaci elektronické kanbanové karty je nutný přístup uživatelů do podnikového informačního systému.

### **Kombinovaná karta**

Část oběhu je prezentována elektronickou kartou – virtuální kartou v informačním systému, další část je prezentována jednoúčelovou papírovou, případně plastovou kartou. Tato papírová část slouží ke snadné identifikaci transportní jednotky. Příklad takové karty a jejich hlavních prvků ukazuje následující obrázek. Karta je transportní kanbanovou kartou a je příkazem pro operátory v centrálním skladu na dodání materiálu do kanbanových zásobníků u zákaznické linky. Fyzická část kombinované karty se po dodání materiálu na zákaznické pracoviště již do oběhu nevrací. Místo toho se generuje nová elektronická kanbanová karta přímo v místě dodavatelského pracoviště. Tento krok má mimo jiné za následek eliminování možné ztráty, záměny či poškození kanbanové karty během jejího návratu zpět k dodavatelskému pracovišti.



Obr. č. 3: Ukázka transportní kanbanové karty

### **Přenos kanbanového impulsu**

Pod pojmem kanbanový impuls je chápán podnět, který má za následek materiálový pohyb v kanbanovém okruhu. Je to přenos informací mezi

jednotlivými prvky v materiálovém toku v kanbanovém okruhu a zajišťuje předání informace o vzniku požadavku na materiál. Existuje mnoho způsobů předávání informací mezi zákaznickým a dodavatelským pracovištěm. Jejich základní členění lze rozdělit podle smyslů, kterými je člověk vnímá na vizuální a zvukové, popř. jejich vzájemnou kombinaci.

### **Fyzický přenos impulsu**

Vývojově nejstarší podoba přenosu kanbanového impulsu. Zpravidla levnější z pohledu fixních nákladů. Reprezentantem fyzického přenosu informace je plastová kanbanová karta. Přenos informace probíhá fyzicky, jeho rychlost a spolehlivost je tudíž omezena časem, vzdáleností a lidským faktorem.

### **Signálem je kanbanová plastová karta**

Klasický tradiční kanban. Plastová kanbanová karta odchází s materiálem od dodavatelského pracoviště do bufferu zákaznického pracoviště. Po zpracování materiálu na zákaznickém pracovišti je plastová kanbanová karta odeslána zpět na dodavatelské pracoviště. Zde je impulsem k další výrobě materiálu podle údajů na kanbanové kartě.

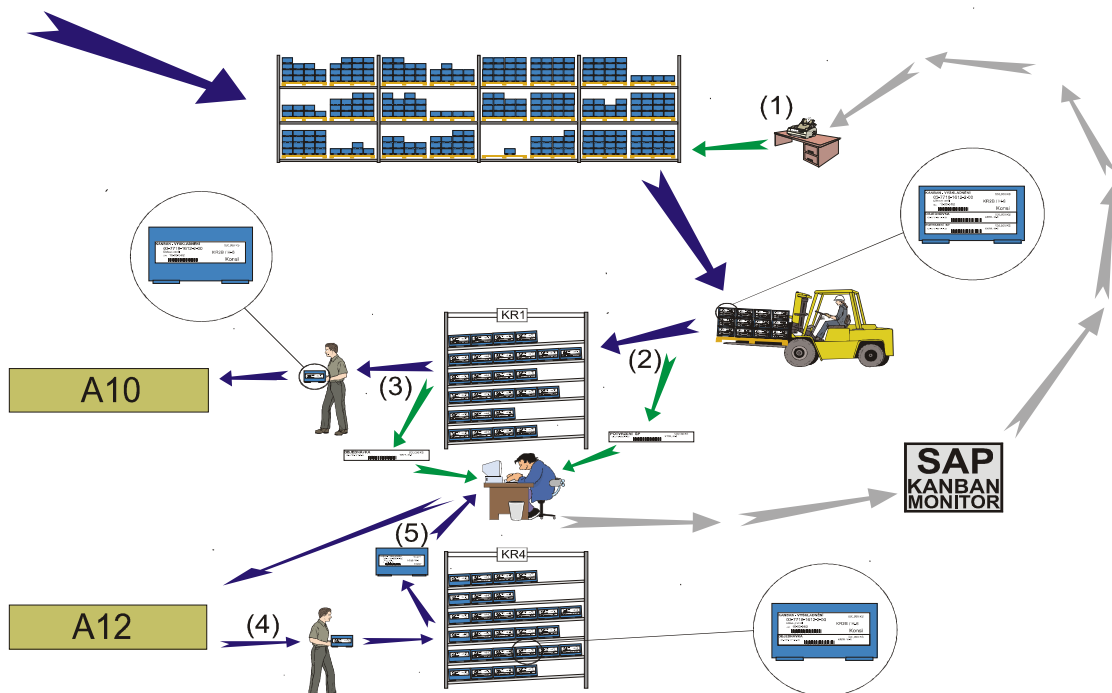
### **Signálem je prázdná přepravní jednotka**

Signálem pro reakci dodavatelského pracoviště je prázdná přepravní jednotka. Ve srovnání s kanbanovou plastovou kartou se jedná o stabilnější systém z hlediska ztráty impulsu.

Nevýhodou prázdných přepravek je, že dodavatelské pracoviště dostane impuls až v okamžiku, kdy je přepravka prázdná. Signál z plastové karty může vzniknout již v době, kdy se materiál přesunuje z bufferu na zákaznické pracoviště. Systém prázdných přepravek není tak flexibilní jako použití plastových karet.

### **Elektronický přenos impulsu**

Jedná se o modernější a stále častěji používanou podobu přenosu informací v kanbanovém okruhu. Její značnou výhodou je rychlost přenosu informace a spolehlivost. Pořizovací náklady pro zajištění elektronického přenosu signálu jsou vyšší než náklady na fyzický přenos, ale jeho variabilní náklady jsou menší. Příklad kanbanového transportního okruhu s elektronickým přenosem kanban impulsu ukazuje následující obrázek.



Obr. č. 4: Příklad okruhu s elektronickým přenosem kanban impulsu

Legenda k obrázku:

- 1) Vytvoření nové transportní kanbanové karty je signálem pro skladníka pro vychystání a transport materiálu.
- 2) Potvrzení transportu materiálu do kanbanového zásobníku u zákaznické linky.
- 3) Vyskladnění materiálu na zákaznické pracoviště, vytvoření požadavku na doplnění kanbanového okruhu.
- 4) Vrácení nespotřebovaného materiálu zpět do kanbanového regálu.
- 5) Vyskladnění materiálu na zákaznické pracoviště, nyní bez vytvoření požadavku na doplnění kanbanového okruhu.

### Umístění bufferu

Rozhodnutí o umístění bufferu s materiálem významně ovlivňuje materiálový tok. V mnoha případech nelze umístit buffer tam, kde by to bylo pro materiálový tok nejvýhodnější, ale je třeba jej umístit podle reálných možností podniku. Nejběžnější umístění materiálových bufferů jsou :

#### Umístění u dodavatelského pracoviště

Důvodem pro toto rozhodnutí je většinou existence více dodavatelských pracovišť v jedné „dodavatelské“ oblasti. Tato dodavatelská pracoviště reagují na požadavky výrobní kanbanových okruhů.

#### Umístění u zákaznického pracoviště

Pokud to prostorové možnosti zákaznického pracoviště dovolí, takovéto umístění materiálového bufferu má za následek prakticky okamžitou

disponibilitu materiálu pro zákaznické pracoviště. Toto umožňuje nastavit prakticky nulovou bezpečnostní zásobu materiálu na výrobní lince.

#### **Centrální buffer**

Materiál je skladován centrálně na jednom strategicky vybraném místě. Toto řešení je jistým kompromisem mezi dvěma prvně jmenovanými možnými umístěními materiálového bufferu. Centrální umístění bufferu má v rozvinutém výrobním procesu s více dodavatelskými a zákaznickými pracovišti nejmenší požadavky na prostor.

#### **Podle počtu dodavatelských a zákaznických míst**

Kanbanové okruhy lze třídit podle počtu dodavatelských a zákaznických pracovišť.

##### **Jedno dodavatelské – jedno zákaznické**

Nejjednodušší podoba kanbanového okruhu. V praxi nejčastěji používaná při řízení interního materiálového toku v rámci jednoho výrobního závodu. Řídí výrobu mezi jednotlivými výrobními pracovišti.

##### **Jedno dodavatelské – více zákaznických**

Nejčastější podoba ve vztahu k externím dodavatelům a zákazníkům. V této podobě je důležité členění kanbanových karet na kanbany výrobní a transportní. Je potřeba správně přebírat priority jednotlivých karet a rozlišovat priority na stejný materiál od různých zákazníků. To, co je prioritou pro jednoho zákazníka nemusí být prioritou pro zákazníka druhého.

##### **Více dodavatelských – jedno zákaznické**

V praxi někdy používáno pro zajištění dodávek v případě výpadku jednoho z dodavatelů anebo jako nástroj pro zvýšení a uvědomění si konkurenčního prostředí jednotlivých dodavatelů.

Zajímavým parametrem je nastavení procentuálních podílů jednotlivých dodavatelů a nastavení mechanismu, který požadavky v podobě kanbanových karet jednotlivým dodavatelům distribuuje. Spolu s procentuálním podílem jednotlivých karet pro jednotlivé dodavatele je nutné k dodavatelům předávat i informace o prioritách u jednotlivých karet.

##### **Více dodavatelských – více zákaznických**

Komplexní podoba, v praxi málo časté, velmi komplikovaná a sofistikovaná podoba kanbanu. Tato kombinace již v podstatě nepředstavuje kanban v jeho původním smyslu a systém lze považovat spíše za komplexní systém řízení výroby či materiálových toků.

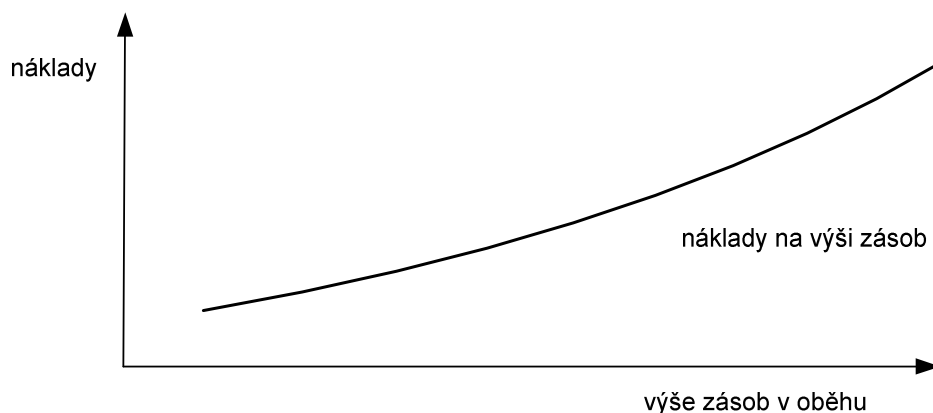
### **3.9 Měření výkonnosti kanbanu**

Pro porovnání jednotlivých řešení materiálového toku pomocí metody kanban je nutné vyhodnocení jednotlivých řešení. Aby bylo možné jednotlivá řešení mezi sebou porovnávat je nutné zvolit parametry, které se budou

porovnávat. Mezi hlavní faktory patří výše zásob v kanbanovém okruhu a spolehlivost dodání materiálu:

### **Náklady na zásoby v oběhu**

Celková výše zásob v oběhu je spolehlivým parametrem ukazujícím, jaké zásoby jsou v oběhu nutné pro udržení daného řešení materiálového toku.

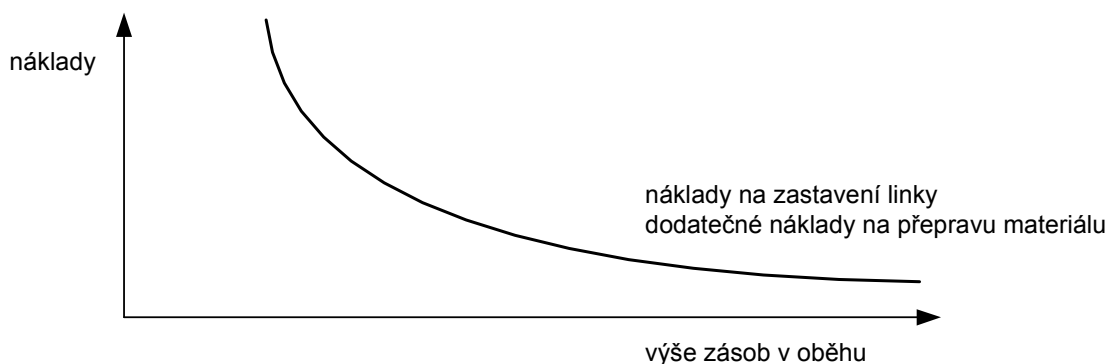


*Graf č. 1: Náklady na zásoby v kanbanovém okruhu*

Mezi parametry vyhodnocující výši zásob v oběhu je parametr obrátkovosti zásob TR (z ang. Inventory Turn Rate). Jedná se o průměrný počet obrátek zásob během jednoho kalendářního roku, počítaný jako podíl celoročního objemu prodeje a průměrné hodnotě zásob.

### **Náklady nepřímo úměrné výši zásob**

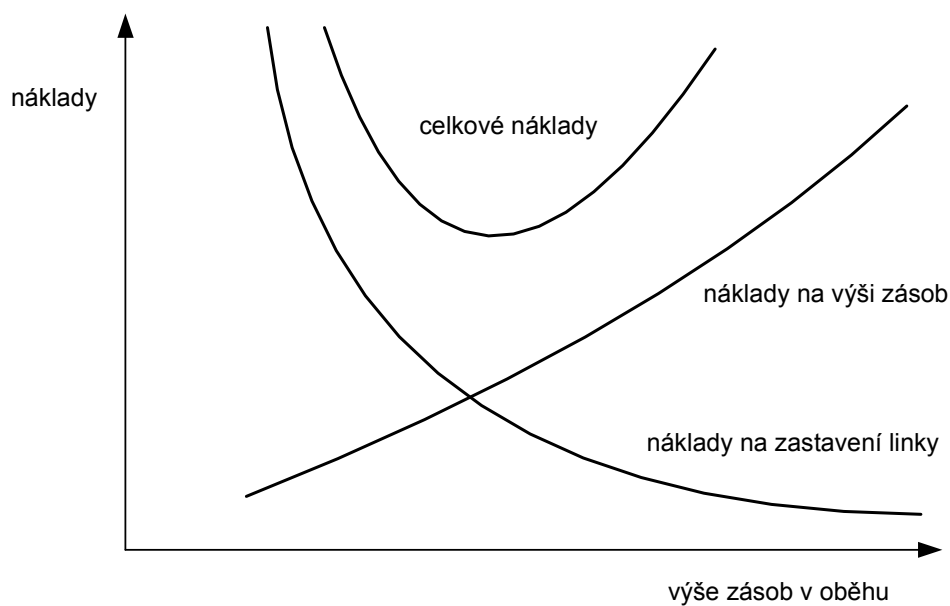
Mezi náklady nepřímo úměrné výši zásob v oběhu patří dodatečné náklady související s přepravou materiálu od dodavatelského pracoviště k zákaznickému. Také jsou zde zahrnuty náklady zákaznického pracoviště související s nedostatkem materiálu na zákaznickém pracovišti, organizace dodatečných směn. Jeho výši lze vyjádřit jako ušlý zisk zákaznického pracoviště, tzv. kategorie alternativních nákladů.



*Graf č. 2: Náklady nepřímo úměrné výši zásob*

### Celkové náklady v závislosti na výši zásob

Mezi oběma parametry pak existuje závislost, kterou lze vyjádřit jako součet těchto nákladů. V bodě minima této funkce se nachází optimální výše zásob v oběhu, při které jsou celkové náklady na zásoby v oběhu nejnižší.



Graf 3: Celkové náklady v závislosti na výši zásob

## **4 Postup zpracování, zvolené metody, definice hypotéz**

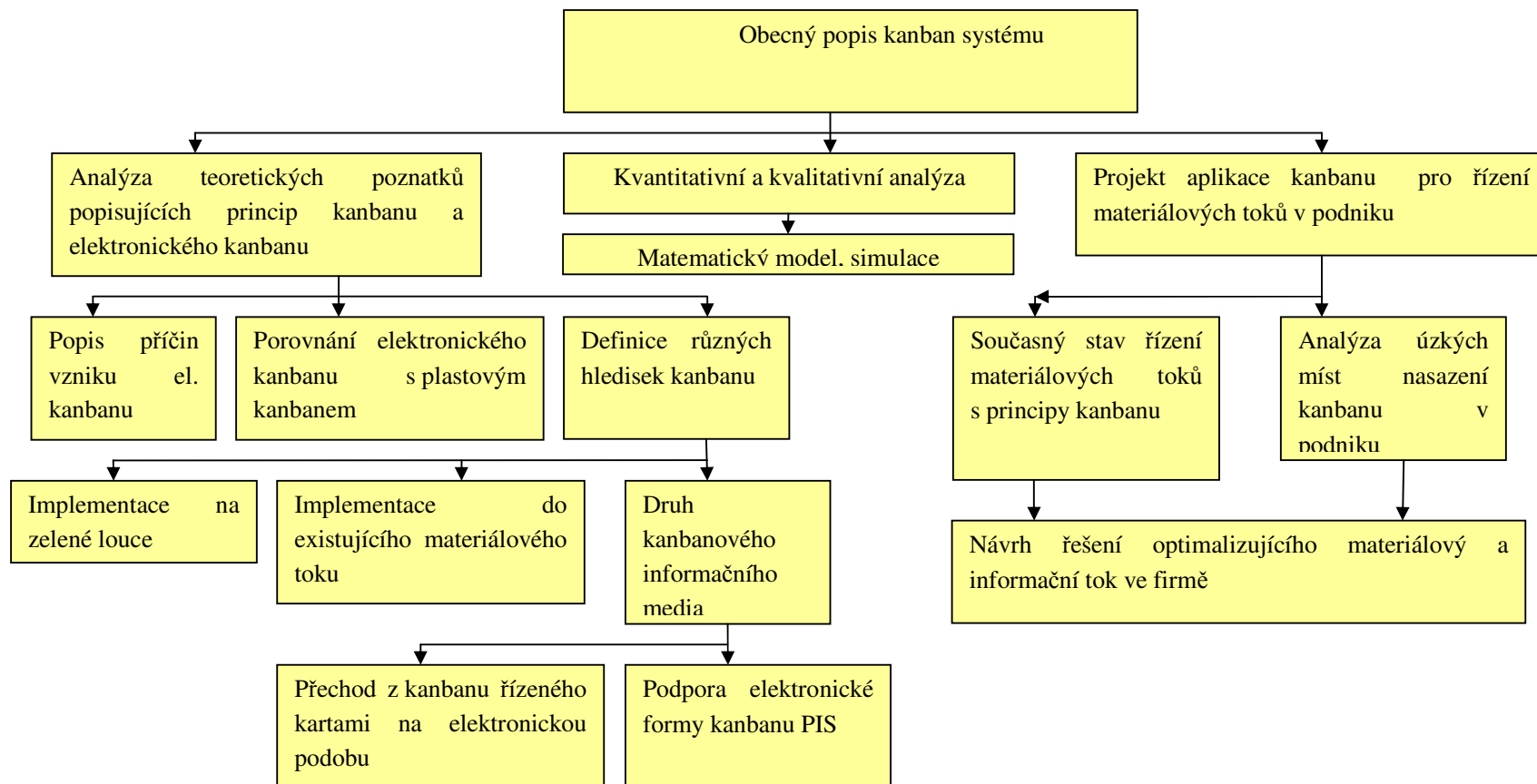
V práci budu vycházet ze svých zkušeností se systémem kanban, které jsem získal během zpracování mé diplomové práce s názvem „BarumBan“ ve firmě Barum Continental. Cílem práce byla implementace systému kanban pro řízení materiálového toku při výrobě nákladních pneumatik. Dále využiji mé zkušenosti se systémem kanban, které jsem získal během své profesní kariéry. Těmi jsou zkušenosti při řízení materiálového toku pomocí metody kanban ve firmě Continental Teves v závodě Jičín. Nejprve to bylo řízení materiálového toku pomocí plastových kanbanových karet, následně implementace metody kanban do podnikového informačního systému. Následovaly zkušenosti se systémem kanban v sesterských závodech firmy Continental v Německu, Velké Británii a Mexiku.

### **4.1 Postup zpracování práce**

Jednotlivé fáze zpracování práce odpovídají přibližně jednotlivým kapitolám práce:

- Zadání práce
- Literární rešerše
- Hypotézy práce
- Kvalitativní analýza
- Kvantitativní analýza
- Matematický model kanbanu
- Simulace kanbanu
- Doporučení pro další výzkum
- Závěr

Vazba mezi jednotlivými fázemi a strukturou jejich výstupů je vyjádřena v obrázku č. 5, který konkretizuje základní cíle zpracování práce rámcově definované v kapitole 1 Cíl a obsah práce.



Obr. č. 5: Hierarchická struktura cílů



Při zpracování práce jsem použil následující metody:

- Metody vědeckovýzkumné práce v oblasti sociálně ekonomických disciplin (vymezení cíle, předmětu výzkumu, definice jednotlivých zkoumaných problémů, analýza jevů, sekundárních pramenů, formulace předběžných hypotéz o příčinných souvislostech, předvýzkum na užším vzorku – formulace pracovních hypotéz vztahů a souvislostí, projekt výzkumu, sběr dat, zhodnocení, verifikace a interpretace výsledků).
- Analýzu teoretických poznatků z literatury – české i zahraniční, analýza sekundárních informačních zdrojů ( publikace, odborné časopisy, výzkumné zprávy, internet) k problematice.
- Metody analýzy a projektování kanbanových systémů.
- Aplikaci vlastních zkušeností z praxe ve výrobních podnicích sloužících jako dodavatelé pro automobilový průmysl ( terénní šetření, konzultace, analýzy).
- Projektové řešení aplikace elektronického kanbanu v závodě.
- Analýza silných a slabých stránek, příležitostí a ohrožení.
- Nástroj pro analýzu dat získaných v materiálovém toku, zpracování a použití těchto dat v rozhodovacím procesu a při optimalizaci materiálového toku.
- Průzkum obecného řešení kanbanu v různých podnikových informačních systémech dodávaných jako komplexní, „customizovatelné“ řešení formou průzkumu sekundárních pramenů.
- Matematický model elektronického kanbanu.
- Návrh systému pro simulaci podmínek v materiálovém toku využívající metod kanbanu s možností využití simulace podmínek pro elektronický kanban. Součástí tohoto kroku byla tvorba simulačního nástroje a návrh na jeho umístění do prostředí Internetu, tak, aby byl k dispozici pro volné použití bez nutnosti instalace.
- Simulace systému elektronického kanbanu podle dat získaných z reálného prostředí firmy.
- Zhodnocení přínosů projektového řešení a podmínek aplikovatelnosti v ostatních závodech.
- Zobecnění získaných znalostí se stanovením přínosu pro teoretické poznání v oboru.
- Doporučení dalšího výzkumu v oblasti elektronického kanbanu.

Teoretické zkušenosti pro zpracování práce jsem čerpal z literatury, odborných článků a osobních kontaktů vědeckých pracovníků studujících

metodu kanban na universitách, především v Japonsku. Kromě studia teoretických poznatků a analýzy praktických poznatků použiji matematickou metodu pro výpočet velikosti zásob v materiálovém toku pro řízení systému klasickým kanbanem a elektronickým kanbanem. Pomocí metod simulace si ověřím platnost těchto výpočtů. Pokud to bude prakticky možné, chtěl bych jako součást přílohy dané práce ověřit výsledky práce v reálné praxi pomocí implementace navrhovaného řešení.

## **4.2 Definice hypotéz disertační práce**

Pro zpracování práce jsem si zvolil následující hypotézy. Při jejich definici jsem vycházel z osobních zkušeností a nezodpovězených otázek členů managementu firem, kteří rozhodují o případném nasazení elektronického kanbanu. Konečnou podobu hypotéz jsem upravil ve spolupráci s mým školitelem tak, aby vyhovovala požadavkům kladeným na disertační práci.

H1) Nasazením systému kanban do elektronické podoby lze optimalizovat okruhy, ve kterých není konstantní velikost přepravní jednotky.

H2) Implementací elektronického kanbanu do transportního kanbanového okruhu lze optimalizovat počet skladových pohybů nutných k zásobení zákaznického pracoviště.

H3) V materiálovém toku, kde je použit jak výrobní, tak transportní kanban, lze implementací kanbanu do elektronické podoby tyto dva kanbanové okruhy překlenout jedním okruhem. Transportní okruh při tom zůstává jako podmnožina nového „výrobně-transportního“ okruhu.

H4) Problémy sociologické jsou při realizaci kanbanu označovány jako nejzávažnější, implementací elektronického kanbanu je možné tyto problémy významně eliminovat.

H5) Implementace kanbanu do elektronické podoby přispívá k optimalizaci materiálového toku a tím i ke zlepšení ekonomických výsledků (snížení reakční doby mezi dodavatelským a zákaznickým pracovištěm, snížení velikosti zásob v kanbanovém okruhu).

Na konci práce chci tyto hypotézy potvrdit anebo vyvrátit.

Definice hypotézy H1 vychází z analýzy silných a slabých stránek, příležitostí a ohrožení – SWOT, která je v kapitole 5.4 této práce. Při optimalizaci materiálového toku pomocí kanban karet byl právě konstantní počet kanban karet limitujícím faktorem omezujícím další snižování počtu kanban karet v okruhu. Optimalizaci narušovaly případy, kdy se v okruhu vyskytly přepravky s jiným než definovaným množstvím materiálu pro přepravní jednotku. Jako příklad uvádím materiál, jehož standardní transportní množství v přepravce je 300 kusů. Požadavek zákaznického pracoviště je 150 kusů za hodinu. Maximální doba dodání z centrálního skladu je 5 hodin. Pro zásobování linky by v kanbanovém okruhu stačily tři karty. Podmínkou je, aby na každou kartu byl vždy dodán materiál v počtu kusů uvedených na kanbanové

kartě, v tomto případě 300 kusů. Právě existence přepravních jednotek s neúplným množstvím je příčinou toho, že v kanbanovém okruhu je karet 5 a již je bez rizika nelze dále snižovat. Pod pojmem přepravní jednotka s neúplným množstvím chápou pro zpracování práce případy, kdy množství na kanbanovou kartu je menší než v kanbanu definované množství pro tento materiál, např. z důvodů: dodavatelské pracoviště neumí vyrobit předem definovaný počet kusů do poslední přepravky, při kvalitativních akcích může být počet kusů v přepravce ponížen, materiál je dodáván dvěma dodavateli a každý z nich dodává v transportní jednotce s jiným množstvím, materiál byl vrácen z testů oddělením kvality apod.

Pro zpracování hypotézy H1 budu vycházet z modelu, který má v každém okamžiku přehled o jednotlivých kanbanových kartách a množství materiálu, který je těmto kartám přiřazeno. Tyto informace poskytne právě elektronické zpracování kanbanu a uchování dat o kanbanovém okruhu v informačním systému.

Druhá hypotéza H2 vychází z požadavku praxe – vyplývá rovněž z výsledků SWOT analýzy. Je zaměřena na transportní kanbanový okruh, který zásobuje jednotlivé zákaznické pracoviště z centrálního skladu. Velikost manipulační kanbanové jednotky je řízena prostorem na zákaznickém pracovišti – v tomto případě ustoupily požadavky logistiky ergonomickým požadavkům výroby. Její velikost byla tvořena tak, aby bylo možné s touto jednotkou manipulovat na zákaznickém pracovišti. Pokud došlo k ponížení výše zásob v této jednotce, došlo k nárůstu počtu kanban karet v okruhu. Pro transportní okruh to znamená navýšení skladových pohybů pro vychystání potřebného množství materiálu.

Hypotéza H3 vychází z definice elektronického kanbanu, která umožňuje sdílení dat prostřednictvím podnikového informačního systému. Sdílení těchto dat umožňuje přenos dat mezi zákaznickým a dodavatelským pracovištěm bez nutnosti použití dvou, na sebe navazujících kanbanových okruhů – výrobního a transportního a lze je překlenout jedním společným okruhem pro řízení výroby a ponecháním transportního okruhu pro přepravu materiálu mezi zásobníky.

Hypotéza H4 opět vychází z výsledků SWOT analýzy. Ukazuje lidský faktor jako slabé místo systému kanban. Elektronický kanban nabízí několik možností, jak vliv stochastičnosti lidského faktoru minimalizovat.

Poslední hypotéza H5 je logické shrnutí předchozích čtyř hypotéz. Snížení výše zásob v okruhu sebou přináší i nižší vázání finančních prostředků v zásobách a tím i lepší ekonomické výsledky společnosti.

### **4.3 Metody kvantitativní a kvalitativní analýzy**

Pro zpracování výsledků práce a hledání odpovědí na definované hypotézy jsem použil metod kvantitativní a kvalitativní analýzy.

Kvantitativní výzkum je metoda standardizovaného vědeckého zkoumání, která popisuje jevy pomocí proměnných, které jsou sestrojeny tak, aby měřily definované vlastnosti. Mezi metody kvantitativní analýzy patří [16]:

- dotazníkové šetření,
- pozorování,
- strukturovaný rozhovor,
- experiment,
- analýza médií,
- analýza statistických dat a další.

Pro zpracování kvantitativní analýzy jsem použil metody dotazníkového šetření. Jedná se jednu z neznámějších výzkumných metod, kdy tazatelé zjišťují názory a zkušenosti reprezentativního vzorku respondentů. V dotazníkovém šetření lze použít otázky:

- **otevřené** – není předem dána jasná odpověď, respondent odpovídá vlastní formulací odpovědi,

- **uzavřené dichotomní** – odpovědi na tyto otázky jsou předem definované bez možnosti vlastní volby, odpověď jsou typu „ano“/„ne“, „souhlasím“/„nesouhlasím“, popř. „nevím“,

- **uzavřené vícealternativní** – více možností předem definované odpovědi,

- **škálové** – snižují riziko nepochopení jedné položky,

- **pomocné** – podávají informace o respondentovi nebo zkoumaném podniku (*identifikační otázky*), dávají kontakt na respondenta (*kontaktní otázky*), popř. umožňují ověřit pravdivost odpovědi, např. podobným dotazem na stejnou problematiku (*kontrolní otázky*).

Pomocí metod kvantitativního výzkumu se respondent snaží najít odpovědi na hypotézy č. 4 a č. 5:

\* *H4) Problémy sociologické jsou při realizaci kanbanu označovány jako nejzávažnější, implementací elektronického kanbanu je možné tyto problémy významně eliminovat.*

\* *H5) Implementace kanbanu do elektronické podoby přispívá k optimalizaci materiálového toku a tím i ke zlepšení ekonomických výsledků.*

Mezi metody a techniky kvalitativního výzkumu patří [17]:

- pozorování,
- rozhovor,
- případová studie,
- analýza dokumentů,
- terénní výzkum,
- kvalitativní experiment,
- skupinová diskuse,
- brainstorming.

Při zpracování výsledků kvalitativního výzkumu jsem použil metod pozorování a rozhovoru.

Mezi techniky pozorování patří [16]:

- **skryté pozorování** – výzkumník vystupuje jako jeden z členů zkoumaného týmu, zkoumaná skupina osob neví o jeho roli, ani o účelu a důvodu pozorování,

- **zjevné pozorování** – výzkumník na pracovišti nezatajuje důvod a účel pozorování, může ovlivňovat jednání jednotlivých členů výzkumu,

- **přerušované pozorování** – výzkumník provádí svůj výzkumný úkol s přestávkami v pozorování.

Při rozhovoru v rámci kvalitativního výzkumu je uplatňován princip aktivního naslouchání. Je potřeba ze strany výzkumníka rozvíjet a podporovat dialog a akceptovat respondenta.

Kvalitativní výzkum za účelem splnění cílů disertační práce má za úkol analyzovat situaci v materiálovém toku podniků s cílem najít odpovědi na definované hypotézy práce. Dalším výstupem kvalitativní analýzy je zmapování problémových oblastí práce s elektronickým kanbanem s cílem definice podkladů pro doporučení dalšího výzkumu v oblasti materiálových toků řízených kanbanem, popř. elektronickou podobou kanbanu.

## 5 Výsledky disertační práce

Při zpracování mé disertační práce jsem vycházel z výsledků kvantitativního výzkumu disertační práce kolegyně Magdy Poláškové. Ta ve své práci prováděla výzkum použití metod průmyslového inženýrství v podnicích gumárenského a plastikářského průmyslu [15]. V dalším šetření jsem oslovil pouze ty respondenty, kteří v kvantitativním výzkumu Magdy Poláškové při odpovědi na otázku č. 19 „Využíváte Kanban – tahový systém řízení a plánování výroby“ uvedli, že používají kanban, anebo jej nevyužívají, ale jeho použití plánují. Dotaz o používání kanbanu byl zvlášť na interní a zvlášť na externí kanban.

Pro zahrnutí respondenta do výzkumu stačila odpověď o používání kanbanu, nebo o tom, že použití kanbanu plánují. Níže uvedená tabulka zobrazuje, které odpovědi byly rozhodující pro zařazení respondentů do kvantitativního výzkumu. V případě kladné odpovědi respondenta alespoň v jednom ze zvýrazněných sloupců alespoň u jednoho typu kanbanu, byl respondent do dalšího výzkumu zařazen.

### 19) Využíváte Kanban = tahový systém řízení a plánování výroby

	ano	ne	ne, ale plánujeme	ne, ani neplánujeme
interní	x		x	
externí	x		x	

Tab. č. 1: Příklady odpovědi pro začlenění do dalšího výzkumu

### 5.1 Kvantitativní výzkum

Kvantitativní výzkum byl proveden prostřednictvím dotazníku (příloha B). Ke každému dotazníku byl přiložen průvodní dopis (příloha A), který příjemcům dotazníku objasnil základní informace pro vyplnění dotazníku. V první fázi byl dotazník s průvodním dopisem rozeslán elektronicky (e-mail). Pokud se do 4 týdnů nevrátil dotazník zpět, odeslal jsem mail znovu.

#### Vzorek kvantitativního výzkumu

Výběr vzorku kvantitativního výzkumu v disertační práci [15] byl získán z databáze Albertina a splňoval následující podmínky:

**1) Předmět činnosti sledovaných podniků je gumárenský a plastikářský průmysl.** Výběr byl proveden dle OKEČ čísla 25000 – Výroba pryžových a plastových výrobků.

Do této skupiny patří firmy vyrábějící:

- pryžové pláště a duše – OKEČ 25110,
- ostatní pryžové výrobky – OKEČ 25130,

- plastové desky, fólie, hadice, trubky a profily – OKEČ 25210,
- plastové obaly – OKEČ 25220,
- plastové výrobky ve stavebnictví – OKEČ 25230,
- ostatní plastové výrobky – OKEČ 25240,
- plastové výrobky pro konečnou spotřebu – OKEČ 25241,
- plastové součásti pro výrobní spotřebu – OKEČ 25242,
- protektorující pneumatiky – OKEČ 25120.

**2) Právní forma podnikání.** Výběr byl omezen na akciové společnosti a společnosti s ručením omezeným.

**3) Velikost podniku** nad 25 pracovníků.

Soubor čítající **464** firem vyšel autorce jako základní soubor pro kvantitativní analýzu [15]. Tento soubor používám jako základní soubor ve své další práci. Rozsah výběrového šetření by měl obsahovat minimálně 10% podniků, tj. minimálně 47 odpovědí. Autorce odpovědělo celkem 96 firem, což je návratnost 21%. Následující tabulka ukazuje rozčlenění základního souboru kvantitativního výzkumu z pohledu velikosti firem.

Členění firem dle velikosti	Oslovených firem	
	Počet	Rel. četnost
Malé firmy (do 49 zaměstnanců)	213	46%
Střední firmy (50-249 zaměstnanců)	200	43%
Velké firmy (250 a více zaměstnanců)	51	11%
<b>Celkem</b>	<b>464</b>	<b>100%</b>

*Tab. č. 2: Rozdělení základního souboru dle velikosti firmy*

Jak je z tabulky patrné, roztrídil jsem firmy pro další zpracování [dle 15] na malé (do 49 zaměstnanců), středně velké (od 50 do 249 zaměstnanců) a velké (nad 250 zaměstnanců).

## **5.2 Výsledky kvantitativního výzkumu**

Z 96 firem, které oslovila p. Polášková [15], používá kanban, popř. o jeho nasazení uvažuje, 31 firem. Návratnost dotazníku byla 77% - odpovědělo celkem 24 respondentů z 31. Rozsah výběrového vzorku je tak 16,0%  $\{(24 / 31) * (96 / 464)\}$ . Seznam firem zařazených do kvantitativního výzkumu je uveden v příloze C.

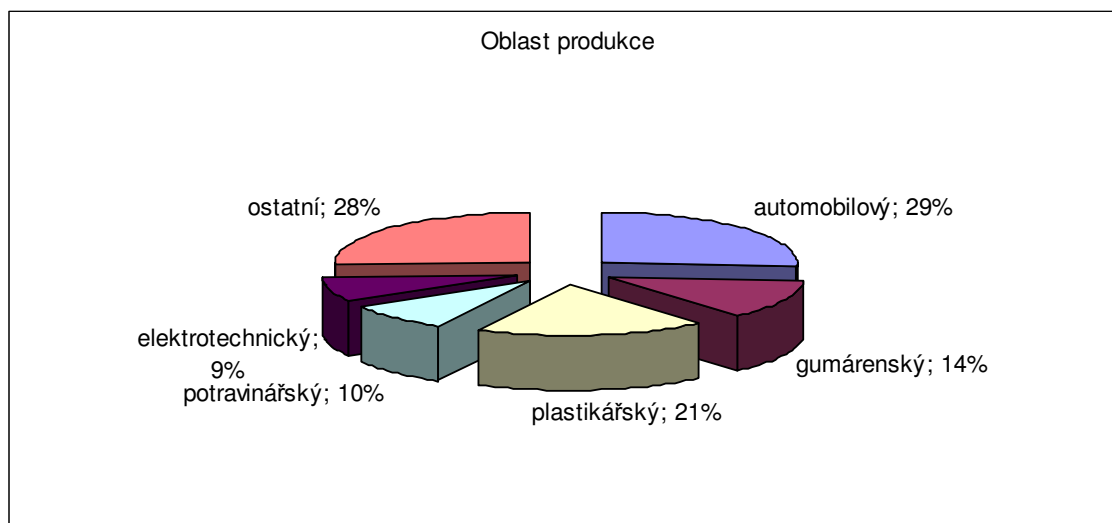
Struktura respondentů podle velikosti firem je zobrazena v následující tabulce. Největší podíl respondentů podle relativní četností je z oblasti středních firem s počtem zaměstnanců od 50 do 249 včetně [15].

Členění firem dle velikosti	Respondentů	
	Počet	Rel. četnost
Malé firmy (do 49 zaměstnanců)	43	45%
Střední firmy (50-249 zaměstnanců)	41	43%
Velké firmy (250 a více zaměstnanců)	12	13%
<b>Celkem</b>	<b>96</b>	<b>100%</b>

Tab. č. 3: Rozdělení respondentů podle velikosti firmy

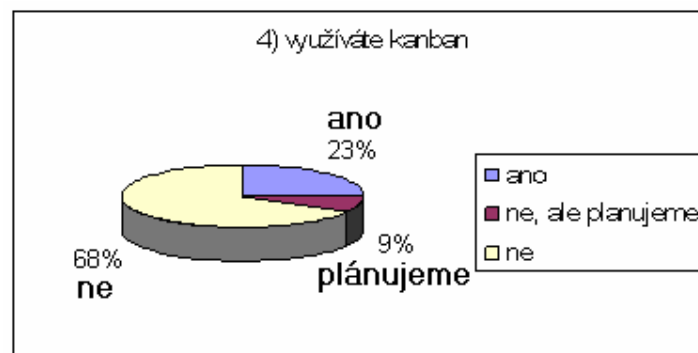
Většina respondentů – 80% je z firem, jejichž právní forma podnikání je společnost s ručením omezeným. Ostatní jsou akciové společnosti.

Struktura respondentů podle cílové oblasti produkce je uvedena v následujícím grafu. Převážná většina firem dodává do automobilového gumárenského a plastikářského průmyslu [15].



Graf č. 3: Rozdělení respondentů podle cílové oblasti produkce

Nasazení použití systému kanbanu v podnicích ukazuje následující graf. Podle něj necelá čtvrtina z dotazovaných podniků (23%) používá systém kanban. Buď pro interní zásobování výrobních linek anebo ve vztahu ke svým zákazníkům, případně dodavatelům.



Graf č. 4: Nasazení systému kanban v podnicích

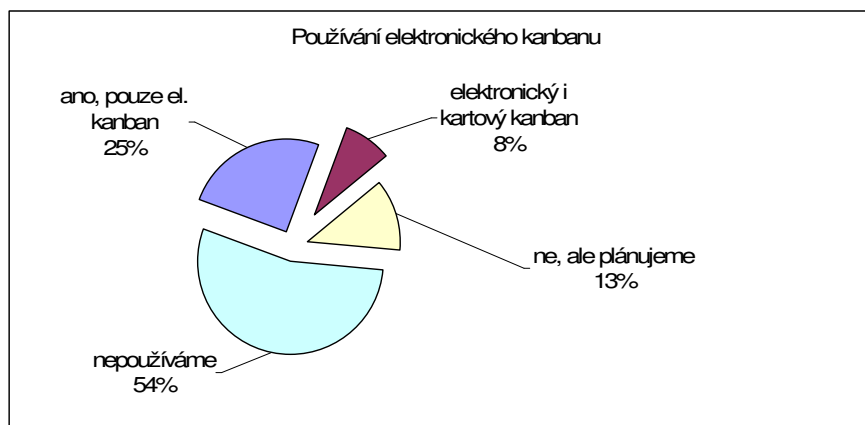


Největší použití kanban systému je ve velkých podnicích s více než 250 zaměstnanci. Systém kanban v materiálovém toku používá více než polovina všech dotázaných firem (58%). Detailní nasazení systému kanban podle velikosti podniků, včetně plánování budoucího nasazení systému kanban ukazuje následující tabulka.

Členění firem dle velikosti	využití kanban	
	využíváme kanban	plánujeme využití kanbanu
Malé firmy (do 49 zaměstnanců)	14%	9%
Střední firmy (50-249 zaměstnanců)	22%	10%
Velké firmy (250 a více zaměstnanců)	58%	8%

Tab. č. 4: Nasazení kanbanu ve firmách podle velikosti firmy

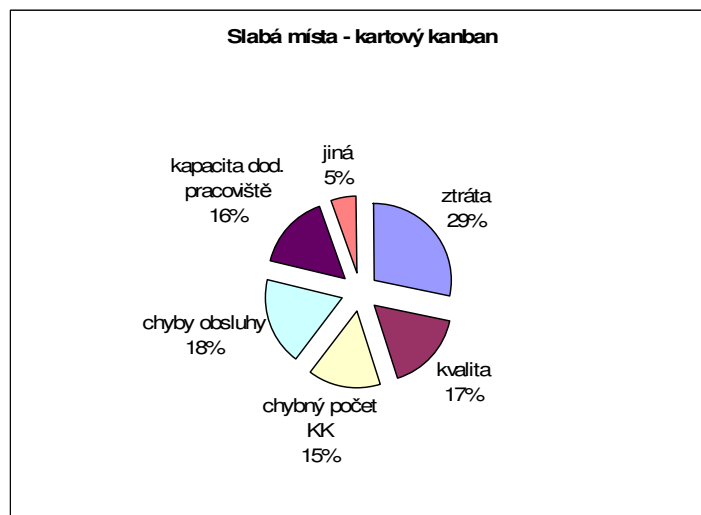
Z výzkumu vyplynulo do jaké míry je používán elektronický kanban ve srovnání s plastovým kanbanem. Více než třetina respondentů z těch, kteří používají nebo plánují použití systému kanban, používá elektronický kanban (celkem 33%). Používá výhradně elektronický kanban čtvrtina respondentů (25%). Méně než desetina používá jak kartový kanban, tak elektronický kanban (8%). Více než polovina respondentů (54%) kanban v elektronické podobě nepoužívá a ani jeho použití neplánuje. Tato poslední skupina používá pouze klasický kartový kanban nebo jeho použití plánuje.



Graf č. 5: Používání elektronického kanbanu

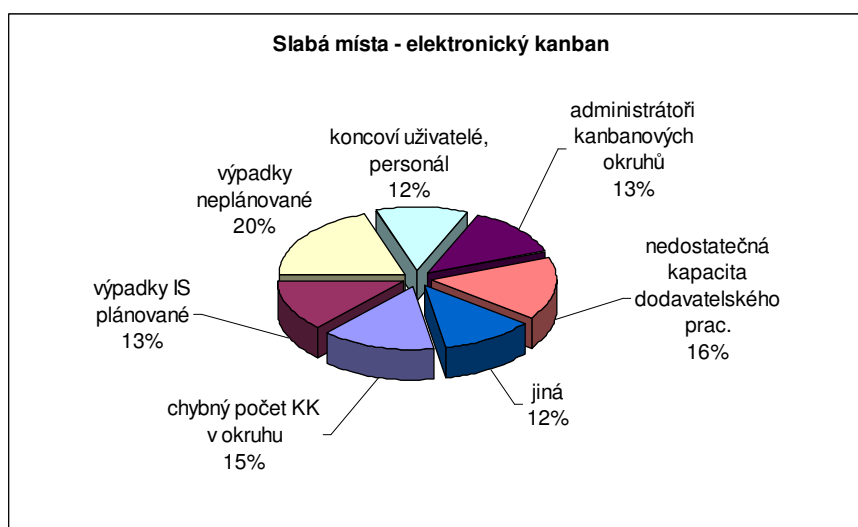
Pro hledání odpovědi na hypotézu H4, eliminace sociologických problému implementací elektronického kanbanu, jsem nejprve zjišťoval nejdůležitější problémová místa kartového kanbanu. Z průzkumu vyšlo jako nejkritičtější místo plastového kanbanu ztráta kanbanové karty (29%). Na druhém místě jsou to manuální chyby obsluhy kanbanu (21%). Následuje kvalita materiálu a nedostatečná kapacita dodavatelského pracoviště. Detail viz následující graf. Když k chybám obsluhy přičtu ztrátu kanbanových karet a chybně stanovený počet kanban karet (ve všech případech jsou to problémy

způsobené působením lidského faktoru), pak je vliv lidského faktoru na problémy v kanbanovém okruhu 62%. To je více než polovina všech ostatních problémů, které se v kanban okruhu objevují. Pokud nahlížím na hypotézu č.4 z tohoto pohledu, pak jsou sociologické problémy podle kvantitativní analýzy v systému kanban nejzávažnější.



Graf č. 6: Vyhodnocení ot. č. 12: Slabá místa kartového kanbanu

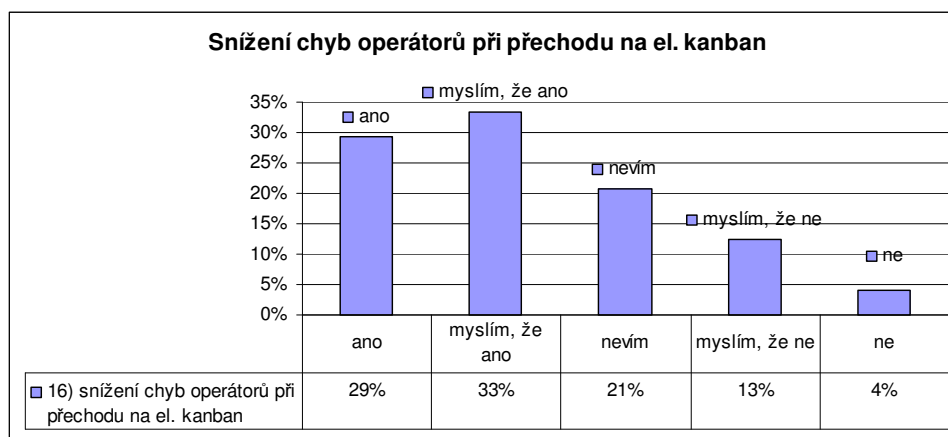
Ve srovnání se slabými místy kartového kanbanu ukazuje následující graf slabá místa jeho elektronické verze. Za slabá místa označená jako jiná stojí za zmínku, že jako „jiná“ uvedli respondenti ztrátu vizualizace, kterou plastový kanban nabízí.



Graf č. 7: Slabá místa elektronického kanbanu

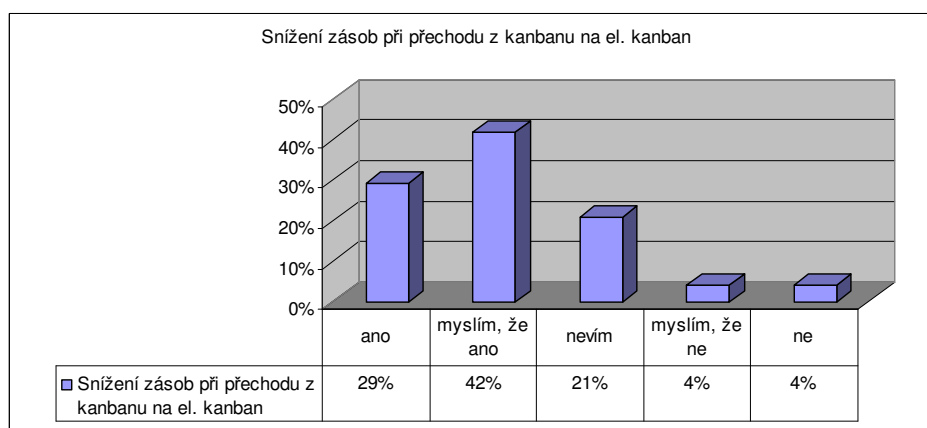
Následující graf zobrazuje názory respondentů, zda-li dojde ke snížení počtu těchto manuálních chyb přechodem na elektronický kanban. Celkem 62 %

respondentů uvedlo, že hypotézu H4 - chyby operátorů lze přechodem na elektronický kanban snížit, 17% respondentů si myslí, že přechodem na elektronický kanban ke snížení chyb operátorů nedojde.



Graf č. 8: Snížení chyb operátorů při přechodu z kanbanu na el. kanban

Hypotéza č. 5. se snaží najít odpověď, zda implementace kanbanu do jeho elektronické podoby pomůže zlepšit ekonomické výsledky firmy. Jedno z měřítek je velikost zásob. Snížení zásob znamená pro firmu menší finanční prostředky vázané v zásobách, ale též menší potřebu skladovacích ploch. Následující graf ukazuje názory respondentů, zda implementace el. kanbanu pomůže snížit velikost zásob v materiálovém toku.



Graf č. 9: Snížení zásob při přechodu z kanbanu na el. kanban

### 5.3 Kvalitativní výzkum

Součástí dotazníku kvantitativního výzkumu byl dotaz, zda-li je respondent ochoten spolupracovat na kvalitativním výzkumu. Zaměření kvalitativního výzkumu určoval výsledek kvantitativního výzkumu. Abych se přiblížil odpovědi na definované hypotézy, zvolil jsem následující témata jako podklad pro diskuzi během kvalitativního výzkumu:

- Popis fungování kanban systému. Cílem bylo seznámení autora s fungováním kanban systému v daném podniku.
  - Silné stránky kanban řešení. Zjištění důvodu, proč v daném podniku používají kanban, co implementace systému kanbanu přinesla do materiálového toku podniku.
  - Slabá místa a možná ohrožení kanbanu / elektronického kanbanu.
  - Náměty na odstranění slabých míst kanbanu / elektronického kanbanu.
  - Možnosti využití informačních technologií v kanbanu.
  - Diskuze nad jednotlivými hypotézami disertační práce.
- Seznam firem zařazených do kvalitativního výzkumu je v příloze D.

## **5.4 Výsledky kvalitativního výzkumu**

Kvalitativní výzkum ukázal silná a slabá místa elektronického kanbanu použití v materiálovém toku. Tak, jak jsem směřoval oblasti otázek kvalitativního výzkumu, tak jsem se i zaměřil na zpracování výsledků kvalitativního výzkumu a pro další zpracování je vyhodnotil v analýze SWOT. Součástí kvalitativního výzkumu bylo nalezení odpovědi na hypotézu H2 „Implementací elektronického kanbanu do transportního kanbanového okruhu lze optimalizovat počet skladových pohybů nutných k zásobení zákaznického pracoviště“. Pro získání výsledků ze skutečného materiálového toku k jsem ověření této hypotézy použil simulační nástroj. Ten je dále popisován v kapitole č. 6. Simulace kanbanového okruhu a i v této kapitole jsou uvedeny výsledky pro tuto hypotézu.

## **SWOT analýza elektronického kanbanu**

Analýza silných a slabých stránek, příležitostí o ohrožení (dále jen analýza SWOT) elektronického kanbanu má pomoci odhalit slabá místa a možné ohrožení systému. Na tyto procesy v elektronickém kanbanovém okruhu je potřeba se zaměřit a věnovat jim zvýšenou pozornost. Podcenění slabých míst systému může vést k abnormalitám v materiálovém toku, následnému zvýšení materiálových nákladů a tím k ohrožení konkurenceschopnosti celého podniku. V reálném materiálovém toku je třeba těmto částem věnovat zvýšenou pozornost a při aplikaci slabých stránek věnovat pozornost jejímu pečlivému implementování. Následující analýza vychází z kvalitativního výzkumu elektronického kanbanu v podnicích, které se zúčastnily kvantitativního výzkumu, mají nasazen elektronický kanban a v dotazníku respondenti uvedli, že souhlasí s kvalitativním rozhovorem. Dále analýza vychází z podniků, kde elektronický kanban je implementován, ale podniky nebyly zahrnuty v kvantitativní analýze. V poslední řadě vychází tato analýza ze zkušeností autora ze sesterských závodů firmy, kde byl elektronický kanban implementován.

## **Silné stránky**

To, že kanban má spoustu silných stránek dokazuje fakt, že je tento princip používán již více než padesát let a stále se implementuje do dalších logistických toků. Implementace kanbanu do informačních systémů je směr, který umožní implementovat kanban i tam, kde by papírová podoba kanbanu nemohla být zavedena.

Elektronická podoba kanbanu staví na principu klasického kanbanu, jehož funkcionalita je využívána v závodech po celém světě po dobu více než padesáti let. Stabilní systém, který je schopen zajistit plynulé zásobování výroby, zákaznických pracovišť a zákazníků.

## **Jednoduchý transparentní systém**

Velmi jednoduchý princip kanbanu umožňuje rychlé zorientování se v problematice kanbanu. Může být proto implementován velmi rychle na všech vhodných pracovištích, zaškolení obsluhy je snadné a tím je umožněna vysoká míra flexibility při předávání směn a při zastupování. Systém poskytuje v jednoduché a přehledné formě potřebné informace pro každý stupeň řízení. Tato vlastnost umožňuje snadnou implementaci i na nižší stupně řízení materiálového toku.

## **Samořízení systému**

Efektivita a jednoduchost systému kanban spočívá také v jeho schopnosti samořízení. Jakmile jsou jednou správně definované parametry kanbanového okruhu a nedochází k abnormalitám v požadavcích zákaznických pracovišť či schopnosti dodavatelských pracovišť dodat požadovaný materiál či operaci, systém kanban řídí sám dodávky spolehlivě a bez nutnosti dalších zásahů lidského faktoru. Tím se automaticky zvyšuje spolehlivost a efektivita celého procesu.

## **Vizualizace**

Vizualizace požadavků v kanbanovém okruhu umožňuje všem uživatelům pracujícím se systémem kanban rychlou orientaci v aktuálních požadavcích, jejich snadné třídění a zpracování. Definice barev v požadavcích na výrobu na dodavatelské pracoviště umožňuje rychlou orientaci všem pracovníkům, co vyrábět. Vizualizace kanbanových požadavků – např. v podobě prázdného vozíku – je rychlou a jasnou informací pro výrobní mistry, co je potřeba na jednotlivých pracovištích vyrábět.

## **Princip FIFO**

Zajištění principu FIFO je základním požadavkem většiny norem nejenom v potravinářském průmyslu, ale i ve strojírenství a jiných odvětvích. Místem, kde může dojít k záměně pořadí vyrobených produktů a kde je potřeba

zajistit princip FIFO jsou zásobníky materiálu u zákaznického pracoviště. Kanban principy FIFO plně podporuje a jeho funkcionalita je postavena na těchto principech.

### **Zpětná vystopovatelnost**

Požadavkem na moderní materiálový tok je zajištění zpětné vystopovatelnosti, resp. sledovatelnosti. To znamená mít informace, které díly či materiály obsahuje finální výrobek, kterému zákazníkovi byl odeslán, kdy byl odeslán, kdy, kým a na jaké lince byl vyroben, kdy jsme přijali použitý materiál od dodavatele, z jaké výrobní dávky pochází a další informace. Kanban v materiálovém toku umožňuje elegantní řešení sběru dat pro potřeby zpětné vystopovatelnosti. V elektronické podobě se při vstupu materiálu do kanbanového okruhu přebírají od nadřazeného systému informace potřebné pro zajištění zpětné vystopovatelnosti. Jako atribut charakterizují kanbanovou kartu v materiálovém toku. V jakémkoliv okamžiku je tak možné z informačního systému zjistit potřebné informace pro zpětnou vystopovatelnost. V místě, kde v materiálovém toku kanbanová karta opouští kanbanový okruh je veden záznam do tabulky pro zpětnou vystopovatelnost.

### **Množství materiálu v oběhu**

Jak bylo uvedeno v kapitole o množství materiálu v oběhu, v elektronickém kanbanu lze udržovat informace o velikosti zásobníku nejen počtem zadaných kanbanových karet, ale i přímo počtem kusů daného materiálu v oběhu. Tím se sníží nutnost reagovat na změny v balení materiálu případně při použití alternativního balení materiálu s odlišným počtem kusů v balící jednotce. Při zvětšení velikosti transportních jednotek nebo při jejich snížení není nutnost upravovat počet kanbanových karet v oběhu. Tím se snižuje i riziko zastavení nadřazeného pracoviště z důvodu nedodání materiálu a eliminují se výkyvy množství zásob v oběhu.

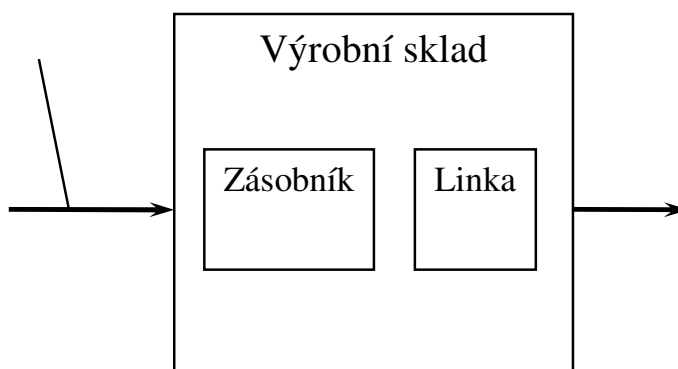
### **Konsignace**

Pro konsignační zásoby v dodavatelско – odběratelských vztazích platí, že zboží je majetkem dodavatele i když je fyzicky umístěno v objektu odběratele. V konsignační smlouvě je definován okamžik, kterým přechází zboží do vlastnictví odběratele. Tím může být například okamžik, kdy je zboží fyzicky rozbaleno (je porušena ochrana balící jednotky). Pokud během skladování materiálu nebylo nutno narušit balící jednotku, zůstává materiál v konsignaci i v kanbanovém okruhu. Teprve rozbalením balící jednotky na zákaznickém pracovišti přechází materiál z vlastnictví dodavatelem na vlastnictví odběratele.

Materiál je odúčtován z konsignačního skladu dodavatele do vlastních zásob výrobní organizace posledním účtováním výdeje materiálu na výrobní linku.

Před zavedením kanbanu to bylo v okamžiku výdeje materiálu. Situaci před zavedením kanbanu popisuje následující obrázek.

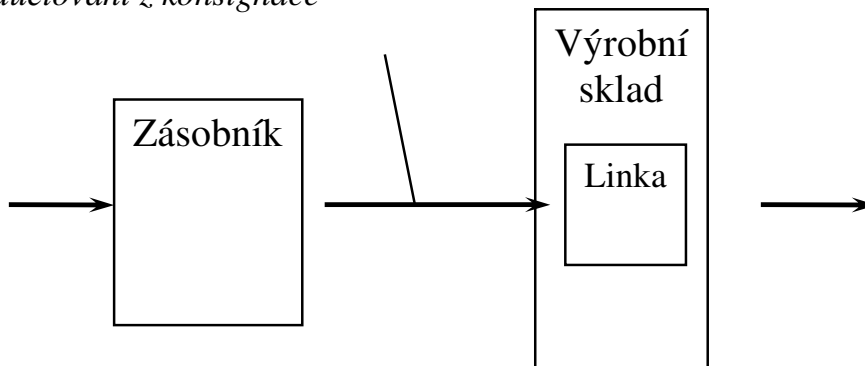
#### *Odúčtování z konsignace*



*Obr. č. 6: Odúčtování z konsignace před zavedením kanbanu*

Po zavedení kanbanu je posledním účtováním, před spotřebou materiálu na lince, výdej z kanbanového zásobníku. Při tomto účtování dojde i k přeúčtování zásob v dodavatelské konsignaci do vlastních zásob. Posun oproti situaci bez zavedení kanbanu je v tom, že materiál na kanbanu zůstává v dodavatelské konsignaci. Situaci popisuje následující obrázek.

#### *Odúčtování z konsignace*



*Obr. č. 7: Odúčtování materiálu z konsignace v kanbanu*

## **Slabé stránky**

Ve srovnání se silnými stránkami by se mohlo zdát, že slabých stránek kanbanu je méně než těch silných. Je potřeba jim věnovat zvláštní pozornost, protože celý materiálový řetězec je pouze tak silný, jak silný je jeho nejslabší článek.

## **Ztráta kanbanové karty**

Přestože informace o kanbanových kartách je v informačním systému, může být pro dodavatelské pracoviště interpretována i v papírové podobě. To umožní vizualizaci pro operátory v materiálovém toku. Podle ní je materiál na

zákaznickém pracovišti vychystán a přepraven na své místo dle informací na kanbanové. Jedná se tedy o ztrátu papírové části kanbanové karty. Místa, kde ke ztrátě může dojít, je vhodné roztrždit a podle toho reagovat na ztrátu kanbanové karty. Ke ztrátě dochází ze dvou důvodů:

při jejím vytvoření – tj. při tisku na tiskárně, většinou pak neznalostí obsluhy tiskárny (vymazání tiskové úlohy přímo z tiskárny při indikaci chybějícího média),

při transportu kanbanové karty kdekoliv v materiálovém toku.

### **Inkonsistence o KK v IS a ve skutečnosti**

Jedná se o zobecnění předchozího problému. Karta existuje fyzicky i v informačním systému, ale informace o kartě v IS nesouhlasí se stavem, ve kterém se karta nachází. To nastává ve dvou případech:

informace o přemístění přepravky s kanbanovou kartou byla zadána do informačního systému, ale materiál nebyl fyzicky transportován,

přepravka s materiálem označená kanbanovou kartou byla přemístěna, ale informace nebyla přenesena do informačního systému.

Z výše uvedeného výčtu vyplývá, že se jedná o manuální chyby operátorů v materiálovém toku.

### **Nesouhlasící záznamy pro zpětnou vystopovatelnost**

Mezi silnými stránkami jsem uváděl, že záznamy do tabulky pro zpětnou vystopovatelnost jsou zapisovány automaticky při vyskladnění materiálu z bufferu na zákaznické pracoviště. Pokud nedojde v informačním systému k záznamu, že materiál byl přeskládněn, nedojde ani k zápisu do tabulky pro zpětnou vystopovatelnost. Druhým důvodem, kdy záznamy nesouhlasí s realitou je situace, kdy informace do systému přijde dřív, než je materiál na lince skutečně potřeba. Toto se může stát v případě, že operátor zásobující linku, se snaží předzásobit materiálem. Třetím důvodem je zpoždění záznamu oproti fyzickému stavu. To se může stát v okamžiku, kdy:

Operátor na lince si usnadňuje práci, tím, že kanbanové karty shromažďuje a jejich skenování do systému provádí dávkově.

Materiál je okamžitě potřeba na lince, je provedeno nejprve vyskladnění materiálu na linku a teprve poté je proveden záznam do informačního systému.

Opomenutí skenování – lidská chyba.

### **Skutečná spotřeba na lince – posun proti údajům z kanbanu**

Záznamy pro zpětnou vystopovatelnost přináší firmě informace o tom, kdy byl který materiál použit na které lince a do kterého výrobku. Pro potřeby kanbanového okruhu se materiál skenuje do informačního systému v okamžiku vydání materiálu na linku. Na lince může v tomto okamžiku být ještě přepravka s materiálem z předchozího kanbanu a nová přepravka čeká ve frontě, než je



obsah předchozího boxu kompletně spotřebován. Spotřeba na lince tak může nastat později, neodpovídají informace o zpětné vystopovatelnosti skutečnosti.

### **Materiál nespotřebovaný zákaznickým pracovištěm**

V určitých typech výroby (opakovaná sériová výroba) není v některých případech veškerý materiál, který je odebrán z bufferu na zákaznické pracoviště, tímto pracovištěm kompletně spotřebován. Na zákaznickém pracovišti se vyrábí jiný typ produktu z jiných komponent a daná komponenta bude potřeba při dalším cyklu výroby. Komponenta zůstává na zákaznickém pracovišti v transportní jednotce v počtem kusů menších než je standardní kanbanové množství. Transportní jednotku je třeba umístit tak, aby byla při další výrobě k dispozici – a byl dodržen princip FIFO.

### **Zablokovaná data při pohybech v kanbanovém okruhu.**

Tato slabá stránka kanbanového okruhu vychází z návrhu podnikového informačního systému. Pokud je systém dodáván externím partnerem, není většinou v možnostech závodu ovlivnit jeho základní vlastnosti. Informační systém si při manipulaci s materiálem nebo při změně jeho údajů v kmenových datech, zamkne objekt před dalšími uživateli proti změně a nepovolí jinému uživateli změnu, až než je dokončena původní změna. Je možné pouze zobrazení objektu. Výhodou tohoto postupu je zajištění konzistence dat v informačním systému. Nevýhodou pak, že při manipulaci s materiálem je pohyb materiálu povolen v jednom okamžiku pouze jednomu uživateli. Ten musí čekat na dokončení kroku prvního uživatele. Důležitá je v tomto okamžiku informovanost uživatelů. Je totiž nutné práci, při které dochází k zamčení objektů co nejdříve dokončit. Stává se totiž, že uživatel v polovině práce – po zamčení objektu – odejde na přestávku nebo jednání a blokuje materiál během celé doby, co je mimo pracoviště.

### **Příležitosti**

Příležitostí, které přináší implementace kanbanu do materiálového okruhu je důležité věnovat pozornost a snažit se je přeměnit v silné stránky systému. Jen tak je možné obstát v konkurenčním boji.

### **Snížení skladových pohybů**

Ideální velikostí transportní jednotky z pohledu kanbanu je transportní jednotka obsahující právě jednu jednotku materiálu. Vlivem mnoha faktorů je v mnoha případech velikost transportní jednotky kompromisem mezi požadavky nejrůznějších stran. Skladové pohyby lze snížit shromažďováním kanbanových karet pro daný materiál. Ty se zadržují v systému do té doby, než je dosaženo množství karet, na které má zaměstnanec vychystávající materiál reagovat.

Příklad: na jednu kanbanovou kartu připadá přepravka s počtem 75 kusů v přepravce. Při taktu zákaznické linky 150 kusů za hodinu to znamená, že operátor ve skladu jde na stejné místo ve skladu každých třicet minut. Snížení skladových pohybů lze nastavit parametrem, určujícím, jaké je minimální objednávkové množství kanbanových karet pro materiál. Pokud se pro tento případ nastaví číslo 3, bude operátor skladu vyskladňovat 3 přepravky s materiálem současně – tj. 225 kusů a dostaví se na skladové místo jednou za 90 minut. S tímto parametrem je potřeba zacházet velmi opatrně, protože může mít za následek navýšení materiálu v oběhu. Takovéto nastavení je však možné pouze dodavatelským pracovištěm a kanbanovým bufferem u zákaznického pracoviště. Není však možné pokud zákaznické pracoviště nemá materiálový buffer,

### **Optimalizace vytížení skladu v čase**

Pokud centrální sklad zásobuje přes transportní kanban více pracovišť, stává se, že je díky požadavkům těchto pracovišť vytížen nerovnoměrně. Například ranní směna může generovat více požadavků než směna noční, směna v pracovní den generuje více požadavků než směna víkendová. Pro tento případ je doporučeno vytváření kanbanových karet v podobě systémových požadavků tzv. skladových potřeb. Tyto požadavky je možno zpracovávat v okamžiku volné kapacity ve skladu (např. právě pro noční směnu). Pro zamezení chybějícího materiálu na zákaznickém pracovišti se doporučuje použití parametru: maximální životnost požadavku. Po tomto čase je požadavek převeden automaticky na kanbanovou kartu.

### **Definice priorit pro kanbanové karty (expresní kanbanové karty).**

V ideálním materiálovém toku se nevyskytují abnormality a není nutno reagovat na ně použitím expresních kanbanových karet. V praxi se abnormality vyskytují a je nutné na ně reagovat. Možnost, jak řešit neplánovaný požadavek na dodání materiálu, je definování expresních elektronických kanbanových karet. Takovým způsobem je možné reagovat na zvýšenou poptávku dodávaného materiálu – např. při kvalitativních problémech, nebo při nevhodně stanoveném počtu kanbanových karet.

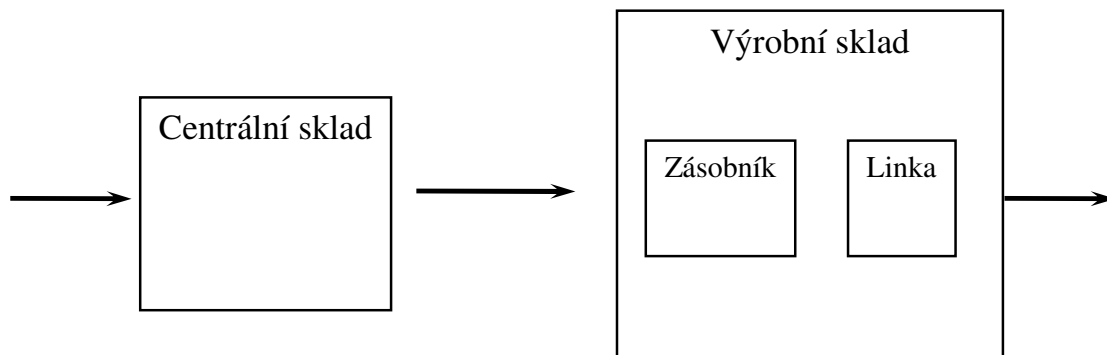
Analogie expresních elektronických kanbanových karet vychází z papírové podoby kanbanu. Materiál je potřeba prioritně dodat na zákaznické pracoviště. Podle nastavených postupů v materiálovém toku je možné různě reagovat na požadavky pro transport materiálu označených expresní kanbanovou kartou. Expresní kanbanová karta může spouštět okamžitý pokyn k transportu materiálu i za cenu nevytížení přepravní kapacity. Může též být transportována odděleně od ostatního materiálu. Např. při použití firem nabízejících expresní přepravu zásilek.

## Hlášení při chybějících zásobách v dodavatelském skladu.

Pro transportní karty se nabízí možnost reakce na problémy při doplnění kanbanového okruhu. V okamžiku spotřeby materiálu na zákaznickém pracovišti je odeslán informačním systémem požadavek do skladu na doplnění kanbanového okruhu. V případě nedostatku disponibilního materiálu na dodavatelském pracovišti se generuje varovný signál informující o nastávající abnormalitě v dodavatelském řetězci. Operativní pracovníci tak mají více času pro vyřešení nastalé situace nežli v případě, kdy je nedostatek disponibilního materiálu zjištěn až přímo na zákaznickém pracovišti. Toto opatření snižuje, případně celkově eliminuje, možné dodatečné náklady spojené s nuceným výpadkem výroby na zákaznickém pracovišti způsobeným nedodáním požadovaného materiálu.

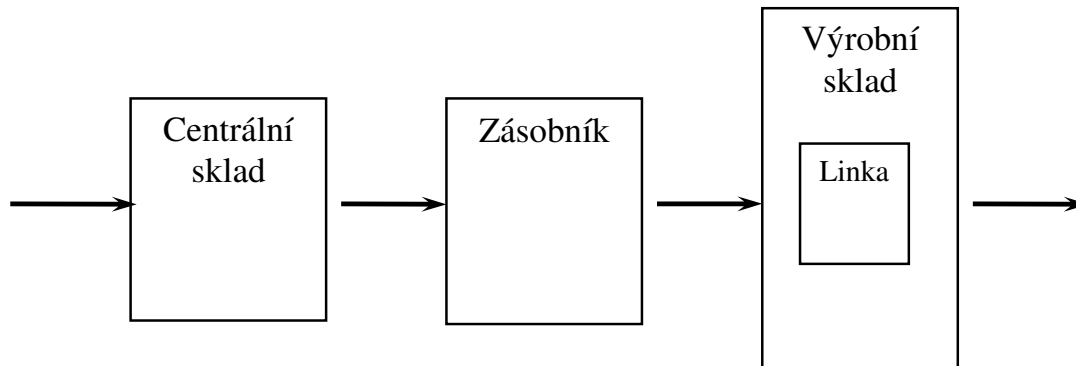
## Inventura v kanbanových zásobnících.

Sledování zásob v informačním systému přináší urychlení kontroly zásob materiálu. Před implementací kanbanu do materiálového toku byla zásoba v kanbanovém zásobníku součástí výrobního skladu. Výrobní sklad je neřízeným skladem a zásobu na něm lze inventarizovat pouze během řádné inventury. Situaci před implementací kanbanu do materiálového toku popisuje následující obrázek.



Obr. č. 8: Sklady v IS před implementací kanbanu

Po implementaci kanbanového okruhu se z výrobního skladu vyčlenila zásoba v bufferu u linky. Ta byla převedena do nově vytvořeného skladu Zásobník. Jedná se o řízený sklad, každá přepravka je v zásobníku identifikována jedinečným číslem kanbanové karty a lze ji jednoduše dohledat v systému. Během inventury se pak kontroluje zásoba na úrovni jednotlivých kanbanových karet. Je možné využít bezdrátové čtečky čárového kódu pro urychlení a upřesnění sběru informací. Situaci po implementaci kanbanu do materiálového toku z pohledu informačního systému popisuje následující obrázek. Na neřízeném skladu se pak nachází pouze materiál momentálně spotřebováváný na výrobní lince.



Obr. č. 9: Sklady v IS po implementaci kanbanu

### Využití bezdrátových technologií

Nasazení čipů a bezdrátových technologií umožňuje další eliminaci lidských chyb, zpřesňuje údaje v informačním systému o materiálovém toku. Data je možné sbírat blíže místu a času skutečného pohybu materiálu nebo jeho spotřeby. Nevýhodou použití bezdrátových technologií v materiálovém toku jsou stále ještě relativně vyšší pořizovací náklady. S postupným prosazováním těchto technologií do různých odvětví průmyslu však dochází k jejich stále častějšímu a širšímu využívání. Toto má za následek vzrůstající globální spotřebu RF čipů a tím snižování jejich jednotkové ceny. Použití této technologie spolu s vhodným rozmístěním RF snímačů v zásobovacím procesu má za následek podstatné zvýšení transparentnosti materiálových toků.

### Integrace MRP systému

Kontrola dat získaných při manipulaci s materiálem v kanbanovém okruhu proti údajům v informačním systému (kusovníky, výrobní plány). Mezi možné kontroly patří:

Podpora při změně výroby – přestavba – start sériové výroby.

Kontrola úplnosti vychystaného materiálu pro výrobu.

Kontrola, zda je na lince používán jen materiál z platného kusovníku – obrana proti záměně materiálu, např. přehmat, záměna podobných dílů, obrana při technologických změnách výrobku – kusovníku.

### Ohrožení

Ohrožení se může stát potenciálně v budoucnu slabou stránkou systému. Z tohoto důvodu je nutné všechna možná ohrožení eliminovat.

### Výpadek informačního systému

Závislost moderního podniku na informačních technologiích se stále zvyšuje. Pokud je materiálový tok řízen elektronickým kanbanem, tak už několika minutový výpadek může znamenat pro podnik znatelnou ztrátu. Ať už

v podobě prostožů na výrobních pracovištích, přímým ohrožením dodávek zákazníkům či nefunkčními kanbanovými odvolávkami dodavatelskému pracovišti. Pro tento případ je nutno stanovit kroky, které dopředu definují řešení v případě výpadku informačního systému a jakým způsobem se přechodně zajistí chod systému. Pokud je nutné zajistit výrobu a dodávky, je nutné stanovit postupy, které budou použity jako alternativa nefunkčnímu informačnímu systému. V nich je nutné definovat jednotlivé kroky postupu, ale i zodpovědnosti a termíny. Tímto lze předejít zmatkům, které výpadek informačního systému může vyvolat. Přestože se jedná o malou pravděpodobnost, že výpadek nastane, je potřeba být na něj připraven a nedovolit ohrožení dodávek zákazníkům.

### **Reakce na změny ve vyráběném sortimentu**

S rostoucí dynamičností trhu je potřeba stále rychleji reagovat na měnící se požadavky zákazníků. Inovace, vývoj a výroba nových výrobků přináší požadavek revize potřebnosti materiálu v kanbanových okruzích.

Kanbanový okruh je nastaven tak, že si systém automaticky udržuje určitou zásobu dílů v oběhu. V klidovém stavu (není-li na straně zákazníka, resp. zákaznického pracoviště poptávka) je materiál dodavatelským pracovištěm dodán do bufferu, kde čeká na odběr zákazníkem. Aby nedocházelo k zahlcování bufferu materiálem, který nebude po dlouhou dobu spotřebován zákaznickým pracovištěm, je třeba pro správné fungování kanbanových okruhů zajistit pravidelnou revizi dílů manipulovaných systémem kanban.

### **Změna velikosti balící jednotky**

Jako následek optimalizace materiálového toku dochází ke změnám ve velikosti balící jednotky. Existují tři způsoby reakce na probíhající změny. Tyto způsoby se liší v časové působnosti a principem řešení. Podle prostředí je nutno aplikovat jeden z následujících způsobů.

1) Okamžitá změna balící jednotky pro celou zásobu v materiálovém toku. Toto je možné zejména v případech kdy dochází ke změně velikosti balící jednotky při současných nulových, případně minimálních zásobách materiálu v původních balících jednotkách.

2) Pokud je prvně uváděný postup komplikovaný, je nutné spotřebovat nejprve zásoby v původních balících jednotkách a následně uvést do oběhu nové kanbanové karty s nově definovaným balicím množstvím. Toto zajišťuje princip FIFO, klade však podstatně větší nároky na koordinování materiálového toku během implementace nové velikosti balící jednotky.

3) Posledním uváděným způsobem reakce na změnu velikosti balící jednotky může být použití elektronického kanbanu s definovaným počtem kusů daného materiálu v kanbanovém oběhu, nikoliv počtem kanbanových karet. Toto řešení vyžaduje detailnější rozpracování nastavení celého kanbanového okruhu, je však v situaci proměnných množství kusů v balících jednotkách

stejného materiálu nejflexibilnější. Tento způsob zachovává také nejvyšší možnou mírou některé původní principy kanbanu – jednoduchost, transparentnost a samořízení.

### **Lidské chyby v kanbanu**

Již v předchozích kapitolách byl vliv lidského faktoru (chybovost) rozdělena na dva základní okruhy působnosti: První jsou chyby uživatelů kanbanu, druhým okruhem jsou lidské chyby způsobené při administraci systému elektronického kanbanu.

Jedním ze způsobů, jak minimalizovat výskyt chyb způsobených administrátorem kanbanu je prevence. Dostatečná výměna informací mezi administrátorem a „zákazníky“ kanbanu – tj. např. v případě výroby přehled o změnách v objemech výroby, přehled o změnách v taktu linky, přehled o náběžících nových produktů, resp. o přehled o ukončení výroby produktů. Definování kontrolních mechanismů umožní snížit dopad chyb administrátorů na správné fungování kanbanového okruhu. Mezi tyto mechanismy patří například:

- Sledování stáří materiálu v kanbanových zásobnících (tato činnost je poměrně efektivní v elektronickém kanbanu, v manuálním kanbanu zjištění těchto údajů zabere poměrně hodně času). Jako stáří můžeme sledovat celkovou dobu od příjmu materiálu do objektu závodu.
- Sledování posledního zaevidovaného pohybu přepravky. Systém v tomto případě generuje automaticky varovný signál v případě že kanbanová karta neregistrovala po definovanou dobu žádný pohyb.
- Sledování doby, která zbývá do vypršení lhůty použitelnosti materiálu. Systém v tomto případě generuje varovný signál při překročení limitu minimálního časového odstupu od limitu použitelnosti materiálu.

### **Zablokování všech uživatelů informačního systému**

Bezpečnostní politika firmy je nastavená na zablokování uživatelských účtů po třech neplatných pokusech pro přihlášení uživatele. Přestože se to může zdát nepravděpodobné, cílený útok na všechny uživatelská jména v podnikovém informačním systému a zadání třech neplatných pokusů k přihlášení dojde k zablokování uživatelských kont systému. Možnost tohoto zablokování je i pro lokální administrátory. Teprve centrální přístup do systému (centrála, Německo) může tato konta odblokovat. Nebezpečí hrozí především pro noční směny a o víkendech. Toto ohrožení je velmi obtížné eliminovat, je ho však možné neustálým zdokonalováním bezpečnostních opatření IS firmy minimalizovat.

## **5.5 Vliv lidského faktoru a hypotéza H4**

Jak je patrné z výše uvedených slabých stránek a možných ohrožení, naprostá většina položek má přímou souvislost s lidským faktorem a jím

způsobenou chybou. Z tohoto důvodu bych na tomto místě chtěl opět připomenout jeden ze zásadních a kritických bodů systému kanban. Tím je důsledné školení a následné striktní dodržování a prověřování disciplíny všech pracovníků zapojených do výrobně-dodavatelského procesu. Tímto zjištěním se též potvrzuje platnost části hypotézy H4 o tom, že sociologické problémy patří při implementaci a chodu kanbanového systému mezi ty nejzávažnější.

Vliv lidského faktoru zmiňovaný analýzou SWOT lze rozdělit podle okruhu působení na tři oblasti : koncoví uživatelé, administrátoři kanbanu a ostatní uživatelé.

### **Koncoví uživatelé**

Mezi chyby způsobené uživatelem kanbanu patří například ztráta kanbanové karty, zapomenutí skenování karty (v elektronickém kanbanovém systému), přesunutí materiálu na nesprávné pracoviště, záměna materiálových přepravek, apod. Jedná se většinou o chyby z nepozornosti.

Možné způsoby eliminace těchto chyb:

- Sledování FIFO principu pro jednotlivé kanbanové karty.
- Sledování kontinuity při spotřebě materiálu na zákaznickém pracovišti.

### **Ztráta kanbanové karty v klasickém kanbanovém systému**

V klasickém kanbanovém systému řízeném plastovými kartami je jisté riziko ztráty kanbanové karty, resp. karet. Problém nespočívá ani tak ve ztrátě samotné kanbanové karty, ale v tom takovouto ztrátu zjistit a ztracenou kanbanovou kartu nahradit.

Zjistit, zda došlo ke ztrátě plastové kanbanové karty, je v reálném provozu poměrně náročné. Kanbanová karta se může nacházet na mnoha místech v materiálovém toku. Může být v kanbanové tabuli u dodavatelského pracoviště, na cestě od dodavatelského pracoviště k zákaznickému, v bufferu u zákaznického pracoviště, na cestě zpět do zásobníku u zákaznického pracoviště, popř. může být fyzicky úplně mimo příslušný kanbanový okruh.

Při oběhu v kanbanovém cyklu přijde plastová karta do styku s lidmi. Lidský faktor v kanbanovém okruhu má podstatný vliv na skutečnost, že právě ztráta kanbanové karty může výrazně ohrozit plynulost materiálového toku a dodávky materiálu do zákaznického pracoviště.

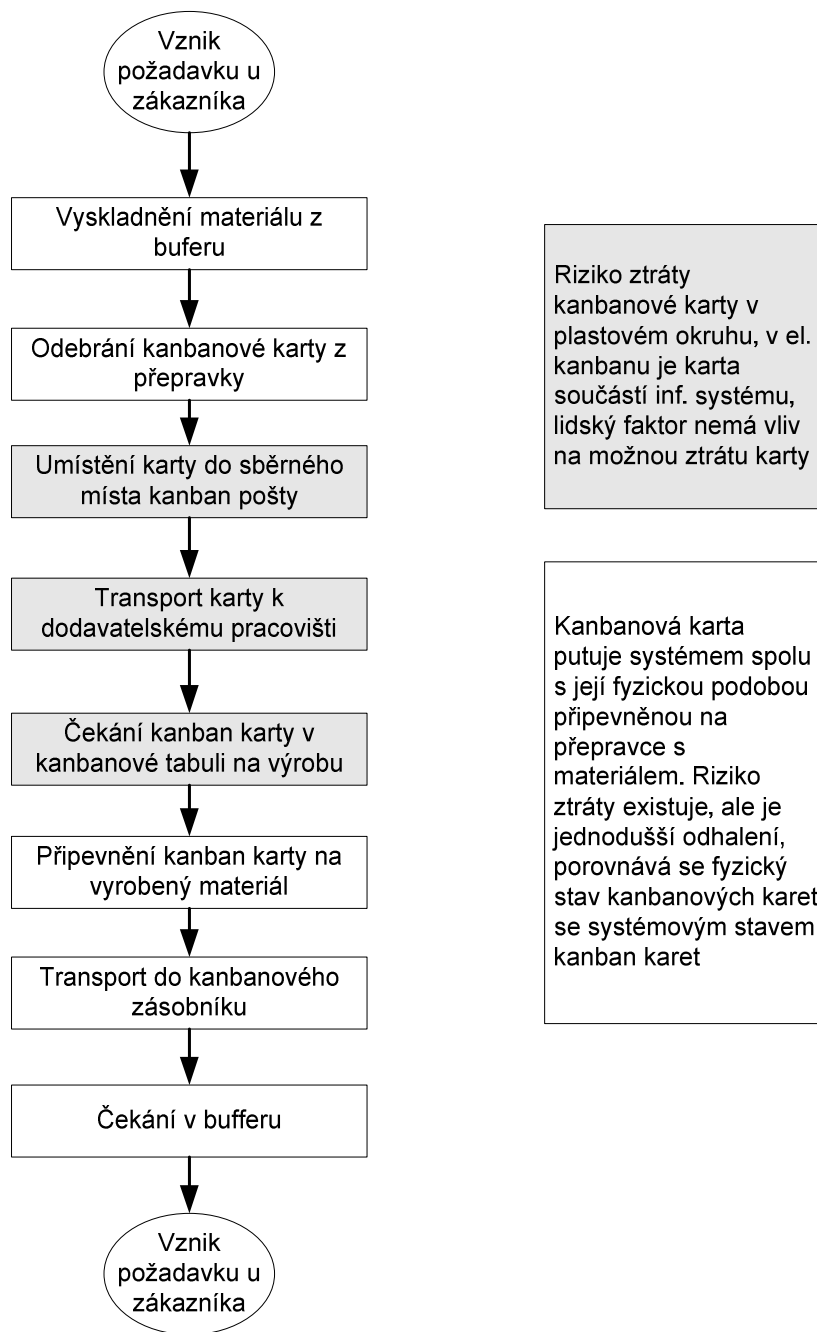
Existují dva základní přístupy, jak zjistit zda došlo ke ztrátě kanbanové karty. V prvním případě jde o předcházení možných následků vzniklých ztrátou kanbanové karty aktivním prověřováním. Proaktivní přístup je možné zajistit buď řádnou jednorázovou inventurou, při které dojde k zastavení materiálového toku a prověření počtu kanbanových karet v okruzích, nebo prováděním inventury průběžné, v některých zdrojích nazývané inventurou cyklickou. Nezbytnou podmínkou průběžné inventury je, že každá kanbanová karta má své jedinečné číslo, které ji jednoznačně identifikuje v materiálovém toku.

Druhým možným přístupem je identifikace chybějící kanbanové karty při výskytu abnormality v materiálovém toku. To již je ve většině případů pozdě a v momentě zjištění ztráty kanbanové karty tato ztráta již způsobuje odchylky od normálního plynulého materiálového toku. To může mít za následek vznik dodatečných nákladů. V tomto případě se jedná o pasivní přístup řešení problému, a jako takový není vhodným opatřením k zamezení možných problémů.

### **Ztráta kanban karty v elektronickém okruhu**

V elektronickém kanbanu je riziko ztráty kanbanové karty menší. Je to způsobeno především tím, že impuls od zákaznického pracoviště k dodavatelskému je přenášen elektronicky. Na rozdíl od systému s plastovou kartou na něj nepůsobí při přenosu signálu lidský faktor. Ke ztrátě může dojít pouze na dodavatelském pracovišti, při transportu od dodavatelského pracoviště a v bufferu u zákaznického pracoviště. Rozbor, kde může ke ztrátě kanbanové karty dojít v elektronickém kanbanu, ukazuje následující obrázek.





Obr. č. 10: Činnosti, při kterých může dojít ke ztrátě kanbanové karty

## Administrátoři kanbanu

Chyby způsobené administrátorem kanbanu jsou v praxi velmi těžko odhalitelné, protože zpravidla nad správcem kanbanu již neexistuje další přímý kontrolní článek, který by činnost administrátora kanbanového systému prověřoval. Tyto chyby se tak odhalí až při samotném běhu kanbanu v případě výskytu abnormality v okruhu (např. zastavení výrobní linky pro nedostatek materiálu). K odhalení chyby způsobené administrátorem kanbanového systému

v některých případech nedojde po velmi dlouhou dobu, to zejména v případech kdy chyba administrátora způsobuje vyšší zásobu materiálu v okruhu než bylo původně plánováno a tudíž nedochází k zjevným abnormalitám v okruhu.

### Ostatní uživatelé

Upozornění kanbanu na lidské chyby při evidenci materiálu, v kusovnicích, např. upozornění na chybějící zásobu v centrálním skladu. Chyby ostatních uživatelů nejsou z pohledu kanbanového okruhu kritické.

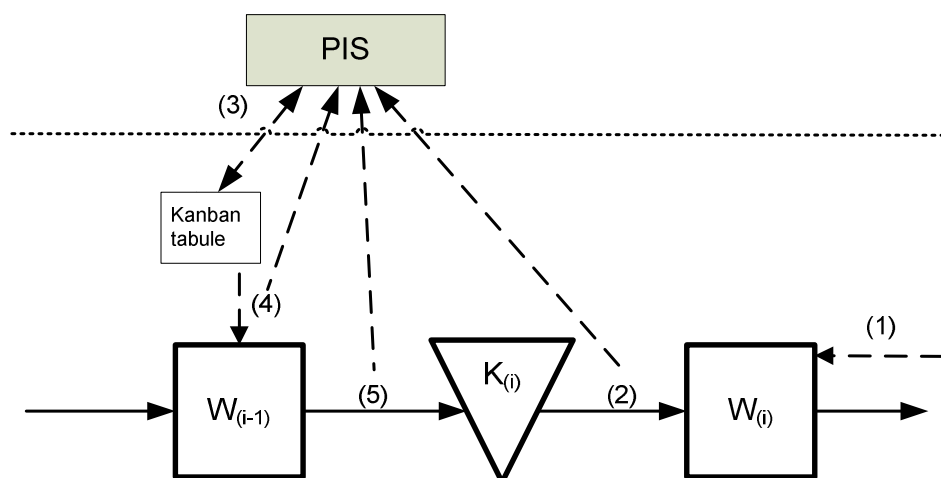
## 5.6 Elektronický kanban

Využitím podnikového informačního systému v materiálovém toku pro podporu kanbanových okruhů vzniká řešení, které jsem pro potřeby mé práce nazval “elektronický kanban”. Jako definici elektronického kanbanu uvádím následující tvrzení:

- „Elektronický kanban je softwarová aplikace umožňující řízení materiálového toku dle principů systému kanban, využívající dat a IT Infrastruktury podnikového informačního systému.“

### Jednoduchý elektronický kanbanový okruh

Kanbanový okruh v elektronické podobě má na rozdíl od klasického kanbanu informace o kanbanových kartách udržovány centrálně v podnikovém informačním systému. V systému jednoduchého elektronického kanbanového okruhu je materiálový a informační tok následující:



Obr. č. 11: Elektronický kanban v podnikovém informačním systému

Legenda k obrázku:

Požadavek 1 může být obvykle vygenerován informačním systémem a předán na pracoviště  $W_{(i)}$  z PIS. K výrobě je potřeba materiál z dodavatelského pracoviště umístěný v kanbanovém regále  $K_i$ .

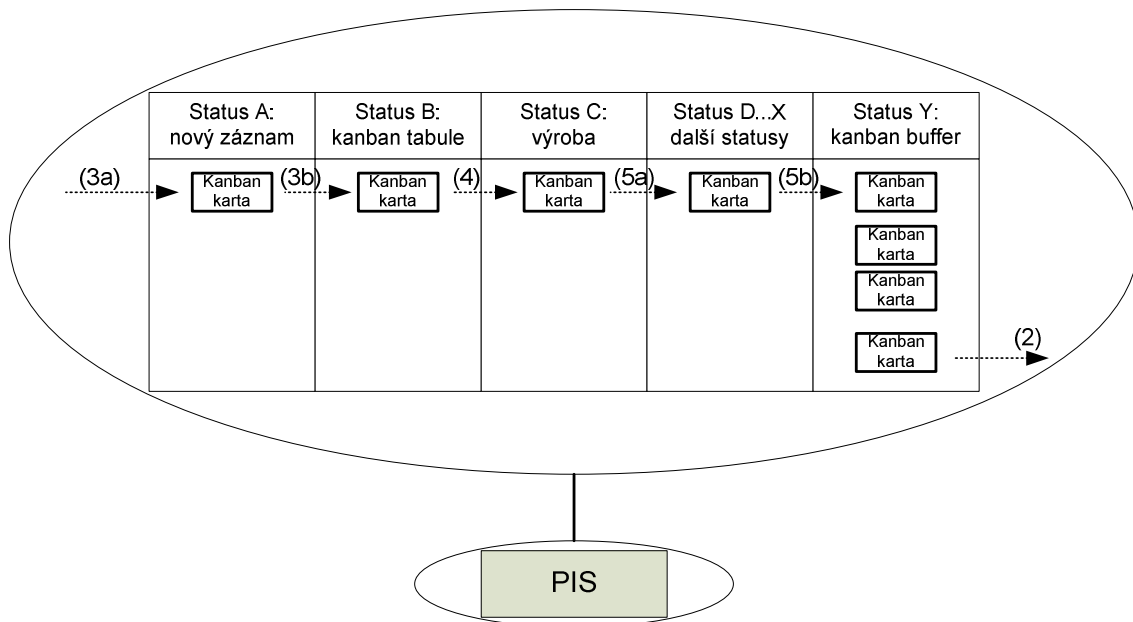
Při odběru materiálu z regálu  $K_i$  přechází informace o zrealizovaném pohybu do informačního systému podniku, materiál je následně spotřebován na výrobním pracovišti  $W_i$ . Informace může být předána nasazením např. čárových kódů nebo použitím RFID čipů.

Pohybem (2) se v informačním systému vygeneruje vytvoření požadavku na dodavatelské pracoviště  $W_{i-1}$  v podobě nové kanbanové karty. Ta je prezentována např. na elektronické kanbanové tabuli a dává signál ke spuštění výroby (3).

Po zahájení výroby na danou kanbanovou kartu je informace o výrobě předána do informačního systému (4).

Po ukončení výroby je požadovaný materiál dodán do kanbanového zásobníku  $K_i$  (5) a tento pohyb je zaznamenán v informačním systému.

Fyzickému pohybu materiálu a karet odpovídají následující informace zachycené v informačním systému na následujícím obrázku. Každému fyzickému pohybu odpovídá změna statusu kanbanové karty se změnou informací o jejím umístění.



Obr. č. 12: Kanbanový informační tok v podnikovém informačním systému

Informace o počtu kanbanových karet v okruhu je udržována v podnikovém informačním systému, v tabulce kmenových dat kanbanových okruhů.

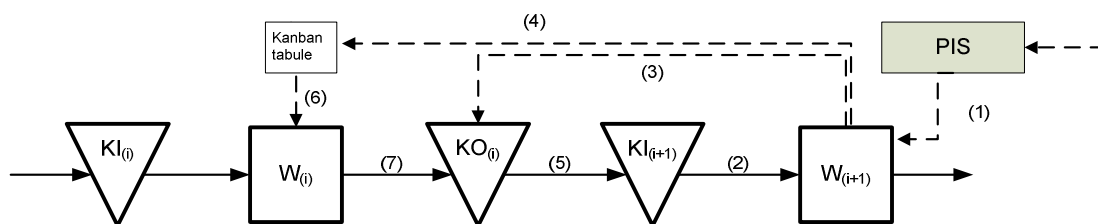
## Duální elektronický kanbanový okruh

Duální kanbanový okruh při přenosu informací využívá pro kontrolu materiálu v kanbanovém okruhu výhod informačních technologií. Díky tomuto přenosu lze počet karet z klasického duálního okruhu sloučit do jednoho komplexního elektronického kanbanového systému obsahujícího jak transportní (vnitřní), tak i výrobní (vnější) kanbanový okruh. Počet kanbanových karet je ve vnitřním okruhu menší než počet karet ve vnějším okruhu. Pokud by se počet karet těchto okruhů vyrovnal, ztratil by vnitřní okruh smysl a veškeré řízení by bylo převzato vnějším okruhem.

Výhodou tohoto řešení je zrychlení přenosu informací o vzniklé potřebě na zákaznickém pracovišti. V klasickém kanbanu je požadavek zákaznického pracoviště přenesen nejdříve do zákaznického vstupního skladu a teprve odsud je požadavek dále předán na dodavatelské pracoviště.

V elektronickém kanbanu je požadavek přenesen přímo na dodavatelské pracoviště a zařazen do výrobního plánu dodavatelské pracoviště – na kanbanovou tabuli, jenž řídí, co se bude na dodavatelském pracovišti vyrábět.

Požadavek na výrobu může být obvykle vygenerován z podnikového informačního systému, tak jak je zobrazeno na dalším obrázku.



Obr. č. 13: Materiálový a informační tok v duálním elektronickém kanbanu

Popis kroků – viz kapitola 3.7 Duální kanbanový okruh s tím rozdílem, že krok 5 je možno v elektronickém kanbanu realizovat rovnou při odběru materiálu na zákaznickém pracovišti.

Počet karet pro vnější kanbanový okruh se dá vypočítat podle následující rovnice:

$$M = \{DL (1+a) \} / d,$$

kde **D** (z ang. Demand - požadavek) je průměrná spotřeba dílů za časovou jednotku, **L** (z ang. Lead time) je doba nutná pro dodání dílů od jejich objednání, **a** je bezpečnostní koeficient, **d** je počet dílů pro jednu kanbanovou kartu.

**L** se z výše uvedeného obrázku spočítá jako součet časů od objednání materiálu (odeslání) kanbanové karty od zákaznického pracoviště. Z výše uvedeného obrázku je:

$$L = t_5 + t_6 + t_7 + t_4 + t_2,$$

kde:

**t5** se v elektronickém kanbanu blíží nule, protože je přenos elektronické kanbanové karty informačním systémem okamžitý.

**t6** je čas od zařazení kanbanové karty na kanbanovou tabuli do výroby materiálu na dodavatelském pracovišti.

**t4** je čas potřebný pro přemístění materiálu mezi výstupním zásobníkem dodavatelského pracoviště a vstupním zásobníkem zákaznického pracoviště.

časy **t2** a **t7** jsou časy potřebné pro dodání materiálu od pracoviště do, respektive z kanbanového zásobníku; předpokládám v daném modelu že se blíží nule, tj. oba dva zásobníky jsou umístěny u výrobních pracovišť.

Po výše uvedeném zjednodušení lze zapsat, že:

$$L = t6 + t4$$

a po dosazení:

$$M = \{D \cdot (t6 + t4) \cdot (1 + a)\} / d$$

### **Expresní kanbanové karty v elektronickém okruhu**

Expresní kanbanová karta je nestandardní řešení požadavků na materiál. Její použití by mělo být výjimečné a pouze jako reakce na neočekávanou abnormalitu v systému., V dobře nastaveném a vyrovnaném materiálovém toku by se neměly expresní kanbanové karty objevovat. Každé nasazení expresní kanbanové karty musí doprovázet analýza příčiny, proč nebyl definovaný kanbanový okruh schopen vyřešit automaticky požadavek na materiál. Nasazování expresních karet je spojeno s vícenáslednými náklady na přepravu a dodatečnými náklady na změnu výrobního plánu na dodavatelském pracovišti. Tímto se zvyšují náklady kanbanových okruhů a celého dodavatelského řetězce.

Jelikož expresní kanbanové karty přímo ovlivňují logistické náklady, jejímu vydání musí předcházet autorizační proces. Expresní kanbanová karta je platná pouze pro jeden cyklus v rámci okruhu. Dočasný příznak pro expresní výrobu či dodávku je po ukončení požadované výrobní dávky, případně po realizaci dodání materiálu, z karty odebrán a karta nabývá svůj původní status. Častým nasazování expresních kanbanových karet dochází ke ztrátě jejího původního smyslu. Z tohoto důvodu je nutné četnost používání expresních kanbanových karet pravidelně kontrolovat. V případě že se v některém kanbanovém okruhu zvýší četnost expresních kanbanových karet, je nutné provést kontrolu kmenových dat a nastavení problematického okruhu.

### **Jednorázové kanbanové karty**

Jedná se o dočasné navýšení počtu karet v oběhu. Karty ztrácí svoji platnost po ukončení jednoho cyklu v okruhu. Oprávnění pro jejich použití má pouze definovaná skupina uživatelů z důvodu minimalizace jejich použití. Jednorázové kanbanové karty je vhodné použít při nepravidelných požadavcích na specifický typ operace či výrobku, na které není možné aplikovat základní definici kanbanového systému. Rozdíl mezi expresní a jednorázovou

kanbanovou kartou je to, že jednorázová kanbanové karta neprochází kanbanovým systémem bez předností a priorit ve zpracování. Během svého oběhu systémem se jednorázová kanbanová karta zpracovává standardním postupem.

## **5.7 Počet kanban karet v elektronickém okruhu**

V klasickém kanbanovém okruhu je pro správný chod kanbanu nutno zajistit, aby se v přepravních jednotkách vždy nacházel konstantní počet materiálu (tzn.  $d$  je konstanta). S tímto počtem pak počítá i vzorec pro výpočet kanban karet v oběhu (viz kap. počet kanban karet).

$$M = \{DL(1+a)\} / d,$$

Ne ve všech případech lze zajistit, aby  $d$  bylo stejné pro všechny balící jednotky daného materiálu. Pokud to zajistit jde, mohou být dodatečné náklady spojené se zajištěním konstantního množství v balící jednotce vyšší a z ekonomického hlediska se nemusí vyplatit vyrábět vždy množství podle požadavků transportní jednotky. Např. v případě ukončení výrobní dávky nemusí být množství v poslední vyrobené balící jednotce shodné s předem definovaným, standardním množstvím. V případě, že není možné sloučit různé výrobní šarže v jedné balící jednotce, začíná výroba nové dávky vždy do nové balící jednotky a předchozí nemusí být naplněna do cílového množství. Při kvalitativních kontrolách se opět může stát, že množství materiálu v přepravce není shodné s předem definovaným množstvím. Odlišné množství v balící jednotce může nastat taktéž při zpětném zaskladnění, při nestandardních dodávkách od dodavatele apod. Může se též jednat o případ, kdy materiál je dodáván současně od dvou dodavatelů a od každého v jiném balení a v jiném počtu kusů v balící jednotce. Např. dodavatel sídlící v geografické blízkosti dodává ve vratných transportních přepravkách a druhý dodavatel tohoto materiálu, sídlící geograficky ve větší vzdálenosti posílá materiál v jednorázových kartonech. Použití shodných vratných transportních obalů by bylo z ekonomického hlediska nevýhodné.

Jednou z dalších příčin může být změna velikosti transportních jednotek. Na rozdíl od klasického plastového kanbanového systému, v jeho elektronické verzi není nutné na takovéto rozdíly přímo reagovat změnou počtu kanban karet v oběhu.

Při využívání elektronického kanbanového okruhu lze využít informaci o materiálu v kanbanu z dat z informačního systému. Tato informace obsahuje nejen počet kanbanových karet v oběhu, ale i počet kusů materiálu přiřazených k jednotlivé kartě. V elektronickém kanbanu lze využít okamžité informace o aktuálním počtu kusů jednotlivých materiálů v kanbanovém okruhu. Výše uvedený vzorec pro definici počtu kanban karet lze upravit vynásobením obou stran rovnice počtem kusů v přepravce  $d$ .

$$M * d = [ \{DL(1+a)\} / d ] * d$$

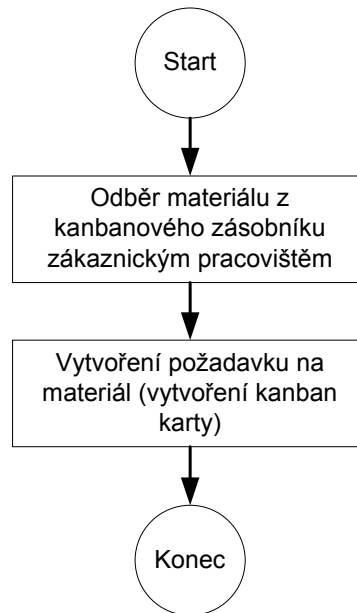
kde  $M*d$  je množství materiálu v kanbanovém okruhu:

$$Q = M * d$$

$$Q = DL(1+a)$$

V kmenových datech pro kanban se tedy neudržuje počet kanbanových karet, které jsou v oběhu, ale celkový počet kusů materiálu v kanbanovém okruhu.

V klasickém kanbanu, kde je zadán fixní počet kanbanových karet vypadá vytvoření nového požadavku na materiál – kanban impuls – následovně:



Obr. č. 14: Procesy v klasickém kanbanu při vytvoření další kanbanové karty

Vytvoření nové kanbanové karty je spuštěno při odběru materiálu z kanbanového zásobníku u zákaznického pracoviště. Odběrem materiálu z kanbanového zásobníku na zákaznickém pracoviště dojde k ponížení zásob v kanbanovém okruhu. Kanbanová karta, jejíž obsah byl spotřebován zákaznickým pracovištěm je dodána na dodavatelské pracoviště a vytváří tak požadavek na výrobu.

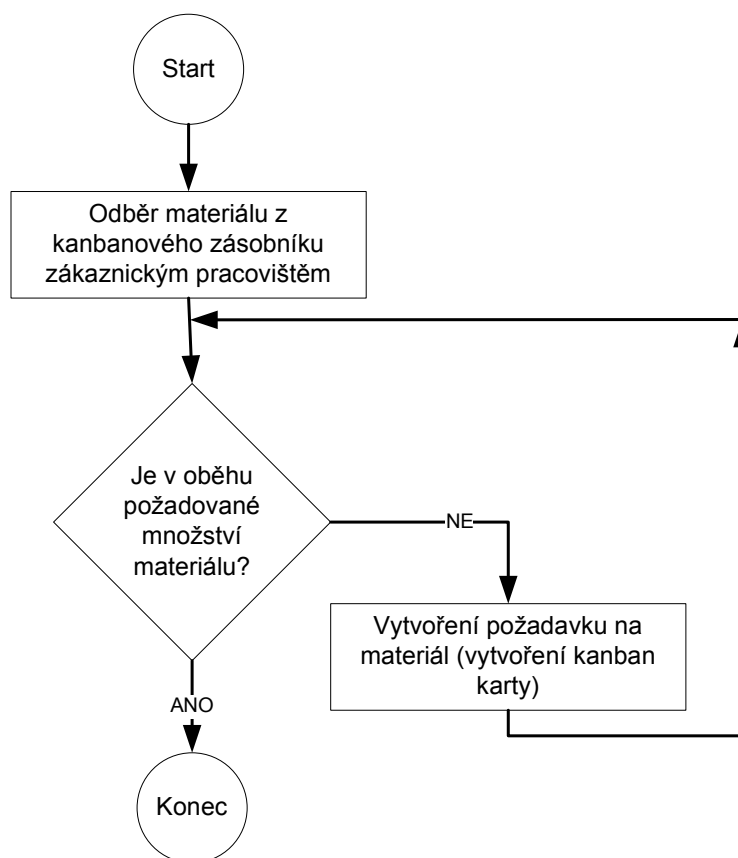
Impulsem pro spuštění cyklu je odběr materiálu z kanbanového zásobníku zákaznického pracoviště. Tímto se poníží zásoba v kanbanovém okruhu pro tento materiál o odebrané množství. Následně se porovná aktuální množství materiálu  $Q_a$  v okruhu s požadovaným množstvím materiálu  $Q$ .  $Q_a$  se spočte jakou součet množství skutečně naplněných kanbanových karet a množství materiálu v kanbanových kartách, čekajících na dodavatelském pracovišti na naplnění.

$$Q_a = \text{suma } (M_i * Q_i) + F * d$$

kde  $F$  je počet kanban karet , které čekají na naplnění na dodavatelském pracovišti,  $d$  je plánovaný počet kusů materiálu v jedné přepravní jednotce. A suma  $(M_i * Q_i)$  představuje zásobu v kanbanových kartách s materiálem.

Podobný model lze uplatnit i u elektronického kanbanu. Počet kanbanových karet v okruhu je zadán v kmenových datech kanbanových okruhů. Jestliže je množství v přepravkách konstantní lze tento model použít i u elektronického kanbanu.

System elektronického kanbanu umožňuje optimalizovat okruhy, ve kterých velikost přepravní jednotky není konstantní. System má definovanou informaci nikoliv o požadovaném počtu kanbanových karet, které je potřeba v okruhu udržovat, ale o celkovém množství dílů, které se mají pro daný materiál v kanbanovém okruhu nacházet. Pokud je použito nastavení konstantního množství materiálu v kanbanovém okruhu místo počtu kanbanových karet, je nutno postup generování kanbanového impulsu upravit následovně:



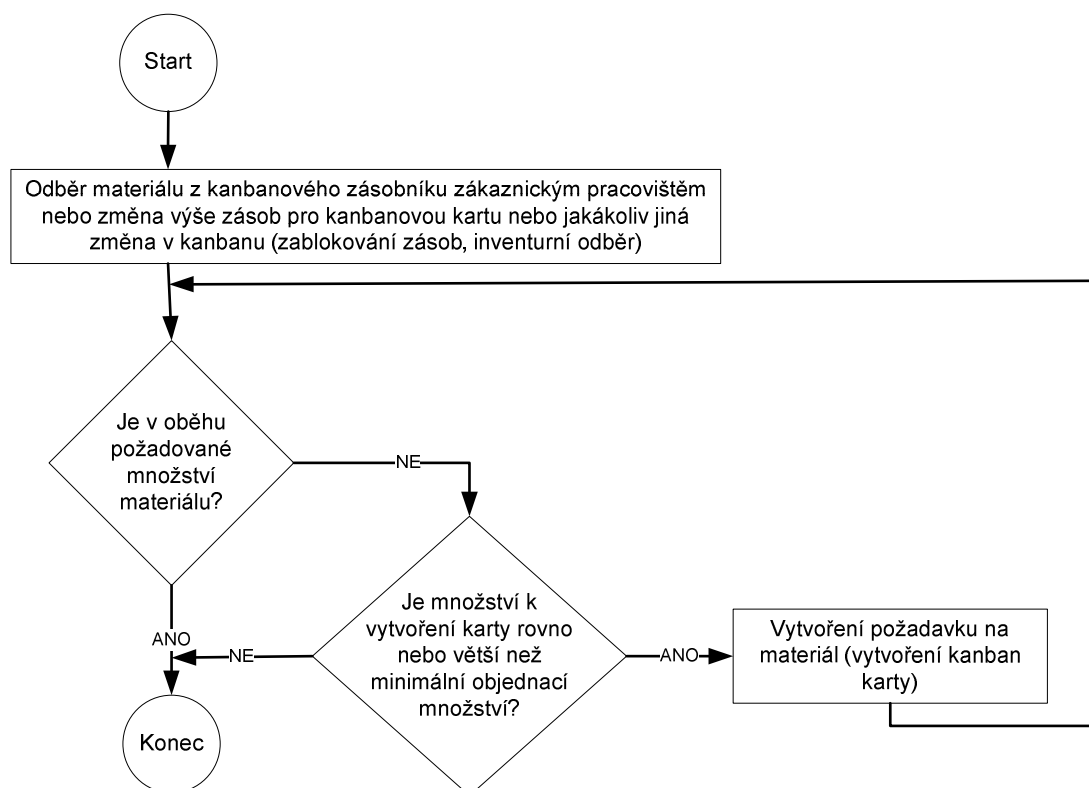
Obr. č. 15: Procesy v el. kanbanu při kanban impulsu, kde je množství materiálu v oběhu konstantní

Na rozdíl od klasického kanbanu řízeného počtem kanbanových karet v oběhu je v kanbanovém okruhu řízeného množstvím materiálu v oběhu proměnný celkový počet kanbanových karet. Ne každý odběr z kanbanového



zásobníku generuje vytvoření kanbanového požadavku na dodavatelské pracoviště. Vytváření kanbanových karet v takovémto systému je navíc ovlivňováno aktuálním množstvím kusů daného materiálu v okruhu. Tato vlastnost dává klasickému kanbanovému systému převedeného do elektronické podoby flexibilitu a adaptabilitu na změny, kterou bylo možné doposud využívat pouze v systémech přímého manuálního řízení dodávek. Kombinace elektronického kanbanového systému s přizpůsobivým množstvím karet v oběhu v závislosti na velikosti balící jednotky řeší novým, inteligentním a plně automatickým způsobem systém řízení dodávek v částečně nestabilním prostředí.

V elektronickém kanbanu lze využít ještě další vlastnost, kterou klasický kanban nabízí jen velmi obtížně. Touto vlastností je možnost pozdržet transportní kanbanové karty při jejich vytváření. Logika vytváření kanbanových karet vypadá pak následovně.



Obr. č. 16: Procesy v el. kanbanu - rozšíření o optimalizaci skladových pohybů

Do kmenových dat v kanbanu je přidána hodnota minimálního množství materiálu nutného pro vytvoření kanban karty. Pokud je chybějící množství materiálu v okruhu menší, než tato hodnota, systém nové kanbanové karty nevytváří. Tato vlastnost umožňuje optimalizovat počet pohybů např. v centrálním skladu při vychystávání materiálu pro přepravu podle požadavků kanbanu. Další možnost optimalizace takového okruhu nabízí elektronický

kanban tím, že v případě nerovnoměrného vytížení operátorů ve skladu (např. střídání nočních a denních směn), během vytíženější směny systém negeneruje požadavky, jejichž množství je menší než objednací. Tyto požadavky jsou generovány až v době, kdy jsou operátoři skladu méně vytíženi. Nevýhodou systému je, že může dojít k nárůstu výše zásob v kanbanovém okruhu.

## 6 Simulace kanbanového okruhu

Součástí práce je návrh softwarového nástroje, který umožní srovnání materiálového toku v kanbanových okruzích s různými parametry. Klade si za cíl vytvořit nejen nástroj, který bude porovnávat oběh materiálu v kanbanových okruzích, ale který by byl k dispozici zájemcům pro jeho další použití. Nástroj by měl sloužit nejen pro simulaci v „laboratorních“ podmínkách, ale bude mít rozhraní pro zadání / sběr dat z reálného produktivního prostředí.

Části vytváření nástroje:

- požadavky na simulační nástroj,
- analýza funkcionality simulačního nástroje,
- návrh programovacího jazyka, návrh použité databáze,
- návrh struktury databáze,
- návrh struktury simulačního modulu,
- vývoj simulačního nástroje,
- testování funkcionality nástroje,
- vyhodnocení výsledků testování,
- data pro zadání pro potřeby disertační práce,
- vyhodnocení výsledků simulace.

### 6.1 Návrh nástroje pro simulaci kanbanového okruhu

Požadavky na nástroj vychází z cílů práce – potvrzení resp. vyvrácení hypotéz. Aby bylo možné tyto hypotézy testovat, musí nástroj umožnit zadání podmínek vycházejících z klasického kartového kanbanu a zároveň umožnit zadání specifické pro elektronický kanbanový okruh.

Rozhraní by mělo být jednoduché s možností zadání vstupních podmínek uživatelem a snadné zpracování výsledků. Požadavky na přenositelnost software. SW Nástroj by měl být pokud možno univerzální se snadnou možností instalace.

Oblast zpracovávaných kroků simulačního programu jsem rozdělil na následující oblasti:

#### **Data customizace**

- Definice zákaznických pracovišť / výrobních linek.
- Definice materiálu – výrobní materiál, polotovár, hotový produkt.
- Definice kusovníků.
- Definice kanbanových zásobníků.
- Definice kanbanových okruhů.
- Definice přepravních časů mezi jednotlivými pracovišti.
- Definice potřebných množství v oběhu (kanbanových karet případně množství kusů daného materiálu .

### **Data simulace**

- Požadavky zákaznického pracoviště – rozhraní pro zadání / vytvoření požadavků.
- Naplnění centrálního skladu pro zásobování kanbanových zásobníků.

### **Data běhu**

- Zpracování zákaznických požadavků na výrobu.

### **Data pro reporting**

- Definice datových struktur pro zpracování výsledků
- Sledování úrovně zásob v kanbanových zásobnících – průměrná zásoba, minimální zásoba, doba bez materiálu,....
- Sledování průběhu výroby.
- Sledování vytíženosti manipulační techniky (vysokozdvížené vozíky, dopravníky, vozový park).

### **Optimalizace doby běhu programu.**

- navržení datové struktury a zdrojového kódu s cílem minimalizovat dobu běhu simulace.

Při zpracování nástroje umožňujícího simulaci kanbanového okruhu jsem vycházel z vlastních zkušeností s nástrojem, který používám ve své praxi. Ten doplňuje podnikový informační systém v oblasti řešení kanbanových okruhů.

## **6.2 Popis systému**

Systém pro simulaci kanbanových okruhů jsem navrhl jako nový modul do již existujícího systému Atom, jehož jsem spoluautorem. Systém Atom je postaven na open-source technologiích – operační systém Linux. Otestované funkční distribuce jsou RedHat, Debian a Ubuntu. Data jsou uložena v databázi MySQL. Programovacím jazykem je strukturovaný jazyk Perl. Rozhraní pro komunikaci s klientem je ve formátu xhtml – zobrazení ve většině internetových prohlížečů. Je možné tedy na něj přistupovat z většiny PC bez nutnosti instalace klienta.

Pro potřeby disertační práce je systém dostupný na Internetu z linku na domovských stránkách autora na:

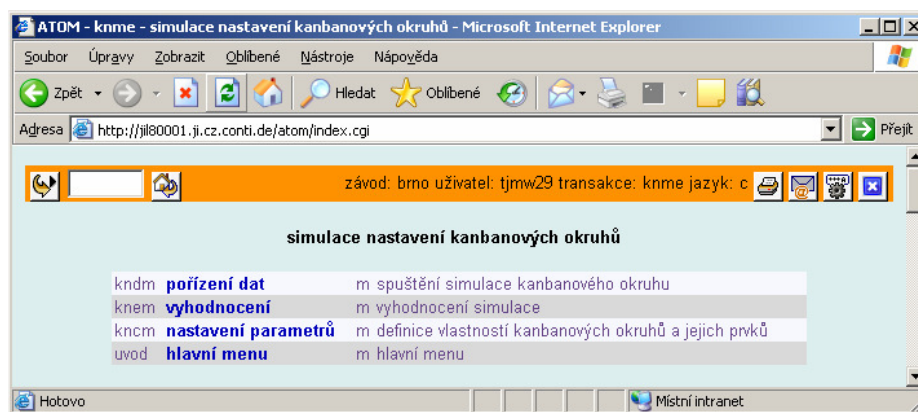
<http://www.bilik.cz/kanban>

Pro přístup uživatele do systému je nutné mít uživatelské přihlašovací jméno a heslo. Pro přístup do menu simulace je vytvořeno univerzální jméno uživatele „kanban“ heslo „kanban1“. Pro pohyb v systému je možné použít navigaci přes menu anebo přes transakce. Znamená to, že každá funkcionality dostupná z menu má svůj kód transakce a tento kód je možné pro rychlejší

přístup zadat rovnou do okna pro spuštění transakce. Oprávnění uživatele je kontrolováno na základě přiřazených oprávnění k transakci. Z tohoto důvodu se například uživatel kanban nedostane na definici a vytvoření nových uživatelských účtů.

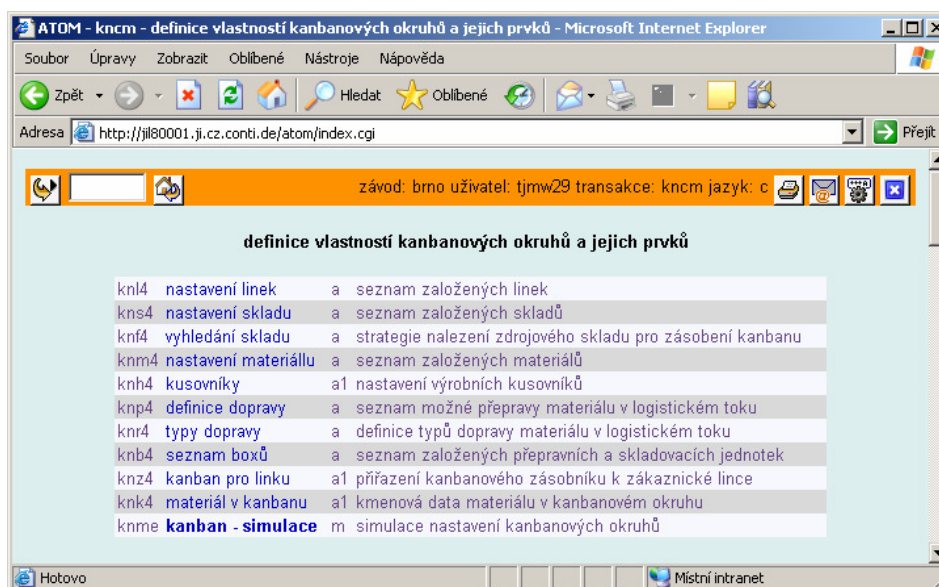
Logika modulu simulace kanbanových okruhů je rozdělena na tři základní části (viz obrázky níže):

- **pořízení dat** (spuštění běhu samotné simulace při nastavených parametrech),
- **vyhodnocení** (vyhodnocení dat běhu simulace),
- **nastavení parametrů** (definice vlastnosti kanbanových okruhů a prvků v kanbanovém okruhu).



Obr. č. 17: Hlavní menu kanban simulace

Vlastnosti kanbanových okruhů a jejich prvků je potřeba zadat před prvním spuštěním simulačního běhu. Nastavit lze parametry pro následující oblasti – viz obr.



Obr. č. 18: Nastavení vlastností a prvků v kanbanovém okruhu

V kanbanovém okruhu se vyskytují prvky a vazby mezi jednotlivými prvky, popsané v následujících databázových tabulkách:

**Line** – definice kmenových dat výrobních linek (pracovišť), rozlišení na zákaznické a dodavatelské linky.

**Matnr** – definice materiálu v materiálovém toku, je zde definice nakupovaného materiálu, polotovaru i hotových výrobků.

**Buffer** – definice kanbanových zásobníků.

**Bfln** – definice zásobovacích okruhů, který kanbanový zásobník zásobuje které zákaznické linky.

**Stock** – nastavení a definice skladů v materiálovém toku.

**Feeder** – definice skladníků a transportů pro přepravu materiálu z jednoho skladu do jiného.

**Feeder\_typ** – definice typů skladníků a transportů pro přepravu materiálu, nastavení jejich přepravních kapacit.

**Feeder\_break** – definice přestávek a jejich opakování pro jednotlivé skladníky a transporty.

**Box** – definice a nastavení jednotlivých druhů boxů používaných při uskladnění a přepravě materiálu.

**Feeder\_typ\_box** – přiřazení druhů boxu k jednotlivým typům skladníků a přepravy.

**Feeder\_stock\_trnsp** – přiřazení skladníků k jednotlivým skladům pro definici převozu materiálu z jednoho skladu na druhý.

**Stock\_src** – definice vztahu nalezení zdrojového skladu pro vyhledání zásoby při zásobení kanbanových zásobníků.

**Stock\_trnsp** – definice cesty materiálového toku pro kanbanový okruh při zásobení kanbanových zásobníků.

**Bomhd** – definice kusovníku, hlavička kusovníku, nastavení vyráběného materiálu.

**Bompo** – definice položek materiálu, jednotlivých dílů vstupujících do hotového výrobku.

**Master** – definice kmenových dat materiálu v kanbanovém okruhu, přiřazení materiálu ke kanbanovému okruhu.

**Prpln** – definice výrobního plánu (požadavků) zákaznických linek.

**Quant** – stav materiálu ve skladu – Je zde možné nastavit počáteční stav materiálu ve skladu.

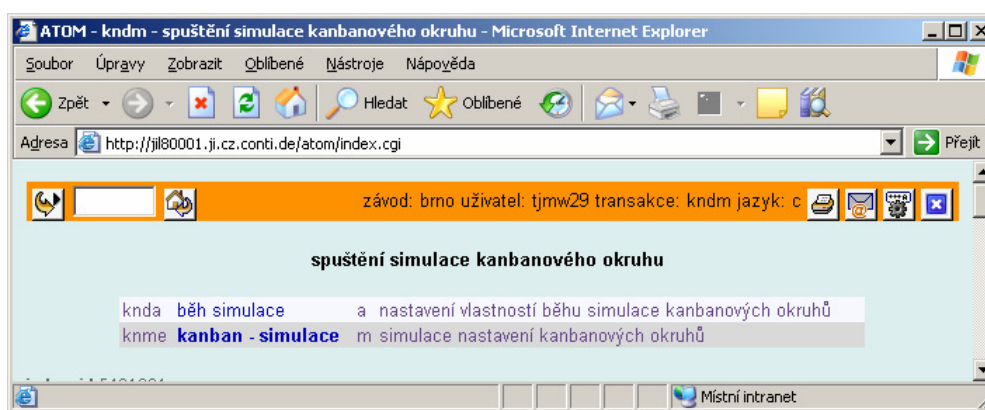
**Income** – v této tabulce je možné definovat přírůstky stavu skladu pro materiál, který není během simulace vyráběn, ale který je dodáván od dodavatele. Při poklesu stavu zásob v tabulce skladových zásob je materiál dle této tabulky na tento sklad dodán. Příjmy materiálu od dodavatele nejsou předmětem simulace kanbanových okruhů.

**Supply\_typ** – typ zásobení kanbanových zásobníků: pro kartový kanban – vyskladnění podle počtu kanban karet, pro elektronický kanban nastavení vyskladnění podle definovaného počtu kusů materiálu v kanbanovém okruhu.

**Customize** – základní nastavení vlastností kanbanového okruhu.

**Kanban\_number** – definice rozsahu kanbanových čísel. Kanbanové číslo je k přepravce s materiálem přiřazeno při žádosti o doplnění kanbanového okruhu.

Po definici vlastností prvků kanbanového okruhu je možné spustit simulační běh. V něm se stanoví délka jednotlivého kroku simulace. Dalším parametrem nastavení je doba běhu simulace. Simulační běh se spouští na pozadí a je možné jej kdykoliv přerušit a znovu spustit. Hodnota průběžných dat je v tabulce běhu simulace: tabulka **Run**.



Obr. č. 19: Spuštění běhu kanbanové simulace

Během simulačního běhu se ukládají průběžné stavy na skladech, kanbanových zásobnících, informace o vytížení skladníků a transportů a informace o výrobě na linkách do tabulek vyhodnocení:

**Loghd** – Tabulka jednotlivých simulačních běhů. Každý simulační běh má přiřazeno své interní jedinečné číslo, je identifikována uživatelem, který ji spustil a je možno přidat komentář, který blíže popisuje vlastnosti běhu simulace.

**Log\_movement** – Informace o jednotlivých pohybech materiálu na skladě a na kanbanových zásobnících, informace o jednotlivých vyskladněních z kanbanu.

**Log\_quant** – Informace o průběžném stavu zásob ve skladech, průběžná velikost zásob na jednotlivých skladech a kanbanových zásobnících.

**Log\_prod** – Informace o průběhu výroby na výrobních linkách, včetně informace pokud linka stála z důvodu nedostatku materiálu.

**Log\_feeder** – Informace o vytíženosti a aktivitách jednotlivých skladníků a přepravců.

### 6.3 *Procedury programu*

Simulační program jsem rozdělil na jednotlivé procedury. Ty odpovídají jednotlivým krokům v materiálovém toku.

#### **Procedury spouštěné jednorázově.**

Jsou používány při spuštění programu simulace pro načtení hodnot do paměti, při spuštění nové simulace nebo pro vyhodnocení ukončené simulace.

#### **Procedury spouštěné periodicky.**

Tyto procedury jsou spuštěny při každém kroku simulace. Jsou seřazeny chronologicky za sebou, tak jak během simulace běží.

Procedura **prepade\_production** – Zjistí z tabulky výrobního plánu, co se má na jednotlivých linkách vyrábět.

Procedura **take\_material\_from\_buffer** – Kontroluje, jestli je v kanbanových zásobnících dostatek materiálu pro pokrytí požadavků zákaznického pracoviště během následujícího časového kroku.

Procedura **clean\_kanban\_stock** – Smaže všechny skladové kvanty z kanbanových zásobníků, z kterých byl odebrán materiál.

Procedura **check\_income** – Zajistí dostatek materiálu na centrálním skladu pro zásobení kanbanových okruhů. Platí pro materiál, který není vyráběn dodavatelským pracovištěm přes kanbanový okruh.

Procedura **check\_production\_requirements** – Zajistí vygenerování požadavků zákaznického pracoviště.

Procedura **count\_kanban** – spočítá, zda je v kanbanovém okruhu dostatek materiálu.

Procedura **move\_stock** – dokončí pohyby pro materiál na cestě.

Procedura **feeder\_break** – Podle tabulky naplánovaných přestávek pošle skladníka na přestávku. Pokud skladník momentálně přepravuje materiál, nechá skladníkem nejprve dokončit tuto činnost. Na přestávku nastupuje skladník až po dokončení činnosti a přestávka se prodlužuje o tu dobu, o kterou později nastoupil k vykonání přestávky.

Procedura **load\_feeder** – Podle požadavků na transport materiálu určí volného skladníka, Podle přepravních možností skladníka a požadovaného materiálu na nakládku mohou nastat tři možnosti. Minimální přepravní kapacita skladníka je větší než množství zboží určené k přepravě a není vykonána žádná činnost. Druhou možností je, že maximální přepravní kapacita skladníka je menší než je množství zboží určené k přepravě. V tomto okamžiku skladník nakládá podle principu FIFO – první požadavky na převoz vyřizuje první, dříve než je dosažena jeho přepravní kapacita. Materiál nad jeho kapacitní možnosti zůstává nepřepraven a čeká, než je k dispozici další skladník.

Procedura **calculate\_time\_for\_transport** - Vypočítá čas potřebný pro nakládku a převoz materiálu. Doba převozu je fixní a je definována pro typ skladníka, doba nakládky je variabilní a závisí na typech a počtu nakládaných beden.



Procedura **finish\_movement** – Zajistí, že pokud vyprší čas potřebný pro převoz materiálu, dokončí přesun materiálu a uvolní skladníka pro pohyb zpět na místo zdrojového skladu.

Procedura **feeder\_is\_back** – Ukončí pohyb skladníka zpět do místa zdrojového skladu a uvolní jej pro přesun dalšího materiálu.

Procedura **log\_feeder** – Zapíše údaje o aktuální činnosti skladníka pro další vyhodnocení.

Procedura **log\_stock** – Zapíše údaje o aktuálním stavu zásob pro jejich vyhodnocení.

Procedura **time\_run** – Posune simulaci o časový krok.

## 6.4 Optimalizace běhu simulace

Při prvním spuštění simulace s daty se ukázala nutnost optimalizovat výkon programu tak, aby bylo možné spustit simulaci pro delší časové období. Pro testování simulačního programu jsem použil notebook firmy HP značka NC8000 P-M 1.6GHz/40/512/15 SXGA, operační systém Debian Lenny. Výchozí hodnotu odhadovaného běhu simulace jsem zvolil 1.000.000 sekund. Tj. něco přes 11 a půl dne. Výchozí krok simulace jsem zvolil 60 sekund, což odpovídá celkem 16.667 cyklům simulace. Na výše uvedeném zařízení trvala simulace s nastavením pro testování hypotézy H1 (viz kapitola 6.5 Testování hypotézy č.1: Model dva dodavatelé) 5 hodin a 10 minut. Uvedené hodnoty ukázaly, že délka trvání simulace je pro získání výsledků v reálném čase příliš dlouhá. Je potřeba nastavit program a databázi tak, aby bylo možné dosáhnout nižších hodnot a mít tak možnost pouštět simulaci častěji s různými parametry. Popř. mít možnost pustit simulaci za delší časové období. Pro tuto optimalizaci jsem nechal program zapisovat dobu běhu jednotlivých procedur. Průměrnou dobu simulace jednoho kroku ukazuje následující tabulka.

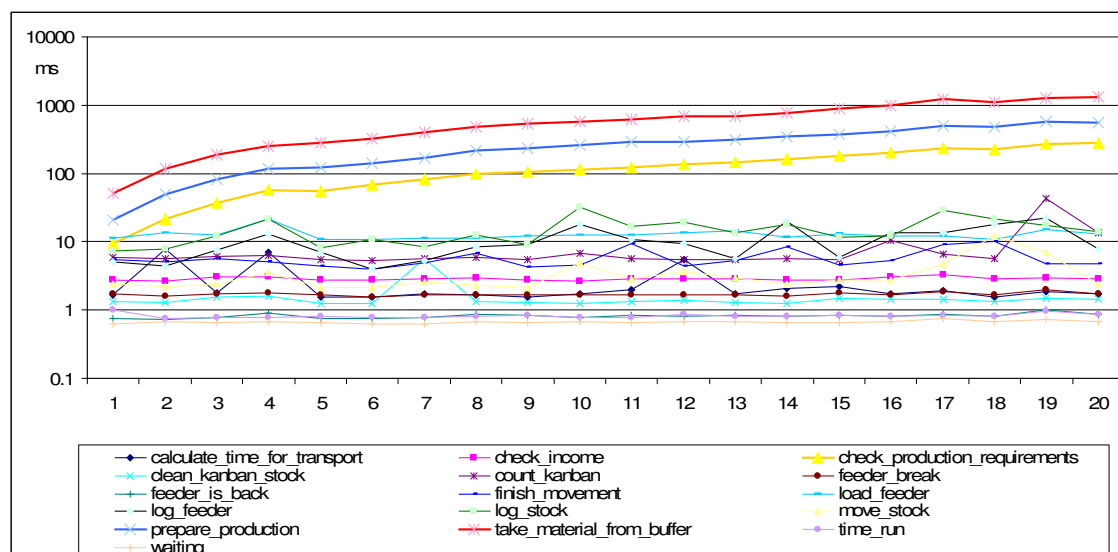
začátek měření (.000)	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450
konec měření (.000)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
<b>doba běhu (ms)</b>	<b>107</b>	<b>203</b>	<b>301</b>	<b>426</b>	<b>418</b>	<b>482</b>	<b>592</b>	<b>713</b>	<b>777</b>	<b>860</b>

začátek měření (.000)	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950
konec měření (.000)	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
<b>doba běhu (ms)</b>	<b>928</b>	<b>983</b>	<b>1011</b>	<b>1136</b>	<b>1244</b>	<b>1404</b>	<b>1718</b>	<b>1590</b>	<b>1890</b>	<b>1844</b>

Tab. č. 5: Průměrná doba běhu jednoho kroku simulace v milisekundách

Výsledek měření po jednotlivých programových procedurách ukazuje následující graf. Mezi procedury byla přidána ještě činnost **waiting**, která ukazuje dobu mezi jednotlivým voláním simulace – čekání na zavolání dalšího kroku. Hodnoty čekání jsou ve srovnání s jinými hodnotami velmi nízké, v průměru pod jednu milisekundu za jeden krok simulace, proto se jí dál nebudu zabývat a v grafu ji uvádím pouze pro zobrazení všech kroků běhu. Na

vodorovné ose je znázorněna doba běhu simulace, rozdělena na dvacet úseků. Každý úsek ukazuje průměrnou dobu běhu programu během simulovaných 50.000 sekund. Na svislé ose je v logaritmickém měřítku zobrazena průměrná doba běhu procedur v milisekundách během měřeného úseku. S narůstající dobou simulace a počtem záznamů v databázi se doba běhu simulace prodlužuje.



Graf č. 10: Doba běhu procedur simulace v čase

V grafu jsou zřetelně vidět dva typy křivek. Jeden typ nevykazuje žádný, popř. zanedbatelný trend s rostoucí dobou simulace, je na době běhu simulace nezávislý. Z nich je nutno se zaměřit na ty procedury, jejichž délka běhu je nejdelší. Mezi tyto procedury patří především `load_feeder`, `log_feeder` a `log_quant`.

Druhým typem křivek jsou ty, které mají s přibývajícím dobou simulace rostoucí charakter. Mezi tyto procedury patří `check_production_requirements`, `prepare_production` a `take_material_from_buffer`. Vyřešení doby délky běhu těchto procedur pomůže urychlit především simulaci v delším časovém období.

Po analýze zdrojového kódu těchto procedur a tabulek, do kterých simulace zapisuje jsem provedl opatření pro zrychlení běhu simulace v následujících oblastech:

- Striktní oddělení pracovních dat od dat historie. Např. pro tabulku výrobního plánu (`prpln`) jsem data nechával v tabulce s příznakem dokončeno. Pro urychlení běhu simulace jsem vytvořil další tabulku, kam jsem vyřízené požadavky výrobního plánu přesouval.
- Změna indexů nad tabulkami, vypnutí indexů během běhu simulace pro tabulky logu, obnovení těchto indexů pro potřeby vyhodnocení až po dokončení simulace.

Výše uvedené úpravy přinesly výrazné zlepšení. Srovnání doby běhu před implementací kroků pro urychlení běhu databáze a po implementaci uvádím

v následující tabulce. Pro zjednodušení uvádím již jen celkovou dobu běhu simulace během 1.000.000 sekund s krokem 60 sekund.

činnost	průměr (milisekundy)		změna
	před optimalizací	po optimalizaci	(%)
calculate_time_for_transport	2.514	2.145	85.3%
check_income	2.878	2.794	97.1%
<b>check_production_requirements</b>	<b>130.898</b>	<b>6.273</b>	<b>4.8%</b>
clean_kanban_stock	1.59	1.651	103.8%
count_kanban	8.313	6.445	77.5%
feeder_break	1.704	1.722	101.1%
feeder_is_back	0.824	0.837	101.6%
finish_movement	5.806	5.386	92.8%
<b>load_feeder</b>	<b>12.848</b>	<b>12.114</b>	<b>94.3%</b>
<b>log_feeder</b>	<b>10.499</b>	<b>7.174</b>	<b>68.3%</b>
<b>log_stock</b>	<b>15.171</b>	<b>8.924</b>	<b>58.8%</b>
move_stock	3.538	2.967	83.9%
<b>prepare_production</b>	<b>277.626</b>	<b>8.693</b>	<b>3.1%</b>
<b>take_material_from_buffer</b>	<b>642.422</b>	<b>35.223</b>	<b>5.5%</b>
time_run	0.825	0.841	101.9%
waiting	0.687	0.709	103.2%
<b>celkem</b>	<b>1118.143</b>	<b>103.189</b>	<b>9.2%</b>

Tab. č. 6: Srovnání doby běhu simulace před optimalizací a po optimalizaci

Celková doba běhu simulace pro 1.000.000 sekund se po optimalizaci snížila z 5 hodin a 10 minut na necelých 29 minut, to představuje zkrácení doby běhu na 9,2% původního času.

## 6.5 Testování hypotézy H1: Model dva dodavatelé

Pro testování hypotézy číslo 1: „Nasazením systému kanban do elektronické podoby lze optimalizovat okruhy, v kterých není konstantní velikost přepravní jednotky“ jsem použil vytvořený simulační nástroj. V něm se pokusím nastavit transportní kanbanový okruh, který bude vycházet ze situace, kdy je materiál dodáván od dvou dodavatelů. Od každého je dodáván v jiném typu transportní jednotky, každý typ s jiným počtem kusů. Lokální dodavatel dodává materiál **A** ve vratných přeprávkách v počtu  $d_1$  kusů na přepravku. Zahraniční dodavatel dodává stejný materiál **A** v jednorázových boxech v počtech  $d_2$  kusů v přepravce. Materiál je skladován v centrálním skladu v logistickém centru externí firmy, která dodává materiál podle kanbanových karet do zásobníků u výrobních linek. Kanbanový okruh je vytvořen pro zásobování výrobních linek (zákaznické pracoviště) z centrálního skladu (dodavatelský zásobník). Kanbanový okruh je pro tento model tvořen pouze

transportními kartami Hodnoty pro  $d_1$  a  $d_2$  jsou proměnné, které v průběhu analýzy budou postupně měnit a zjišťovat, jaký vliv mají na celkové množství materiálu v kanbanovém okruhu.

## Matematická analýza

Množství kanban karet v klasickém papírovém oběhu se vypočítá podle transportního množství v přepravce od dodavatele, který dodává menší množství na přepravku, tj.:

$$M = D * L (1 + a) / d_{\min}$$

kde  $d_{\min}$  je výsledek funkce

$$d_{\min} = \min (d_1; d_2)$$

kde funkce  $\min()$  vybírá nižší z obou zadaných hodnot.

Podobně pro použití vyšší z obou hodnot  $d_{\max}$ :

$$d_{\max} = \max (d_1; d_2)$$

kde funkce  $\max()$  vybírá vyšší z obou zadaných hodnot.

Celkové množství materiálu v oběhu se vypočítá jako součet kanban karet s přepravkou s množstvím  $d_{\min}$  a součet kanban karet s přepravkou  $d_{\max}$ :

$$Q_k = \sum(d_{\min}) + \sum(d_{\max})$$

Množství materiálu v oběhu se nachází v intervalu:

$$Q_k = \langle M * d_{\min} ; M * d_{\max} \rangle$$

V elektronickém kanbanu je množství materiálu v oběhu funkcí **elkan**:

$$Q_e = \text{elkan}(Q_{\text{opt}}, d_{\min}, d_{\max})$$

Kde funkce **elkan** nabývá hodnot v závislosti na množství v přepravce od jednoho dodavatele, množství v přepravce od druhého dodavatele –  $d_{\min}$  a  $d_{\max}$  a celkovém definovaném množství v oběhu -  $Q_{\text{opt}}$ . Pokud je množství v oběhu menší, než definované, vygeneruje se do okruhu další kanbanová karta.

Celkové množství materiálu v takovém okruhu je v rozsahu

$$Q_e = \langle Q_{\text{opt}} ; Q_{\text{opt}} + d_{\max} \rangle$$

Rozdíl  $\Delta Q$ :

$$\Delta Q = Q_k - Q_e$$

ukazuje, pro které případy se vyplatí nasazení elektronického kanbanu s konstantním množstvím materiálu v oběhu. Případné záporné hodnoty znamenají, že je výhodnější použití kanbanu s konstantním množstvím kanbanových karet.

Součin průměrné spotřeby dílů, času dodání a bezpečnostního koeficientu  $D * L (1 + a)$  je konstantní jak pro kanbanový okruh s konstantním počtem kanbanových karet, tak pro okruh s konstantním množstvím v oběhu. Pro potřeby simulace budou generovat pro oba okruhy naprosto stejné požadavky.

## Simulace

Pro potvrzení výše uvedeného matematického modelu se pokusím pomocí simulace vytvořit reálné prostředí a v něm simulovat tok materiálu v kanbanovém okruhu. Cílem sledování bude porovnání výše zásob v okruhu pro klasický plastový kanbanový okruh - tvořený konstantním počtem kanban karet v oběhu a elektronický kanbanový okruh - tvořený konstantním množstvím materiálu v oběhu. Pro potřeby simulace nebudou použity expresní, ani žádné jiné jednorázové kanbanové karty.

### Vstupní data simulace

Pro simulaci budu používat následující hodnoty proměnných:

**D – průměrná spotřeba** zákaznického pracoviště. Ta je zadána formou jednotlivých požadavků podle následující tabulky.

pořadí požadavku	délka výroby (v sec.)	počet kusů
1	60	4
2	60	2
3	30	1
4	30	2
5	60	2
6	30	1
7	30	1

Tab. č. 7: Požadavky zákaznického pracoviště

Požadavky dle tabulky představují celkovou spotřebu 14 kusů za 5 minut, Požadavky se cyklicky opakují během celého běhu simulace. Tuto strukturu požadavků zákaznického pracoviště používám i u dalších simulací.

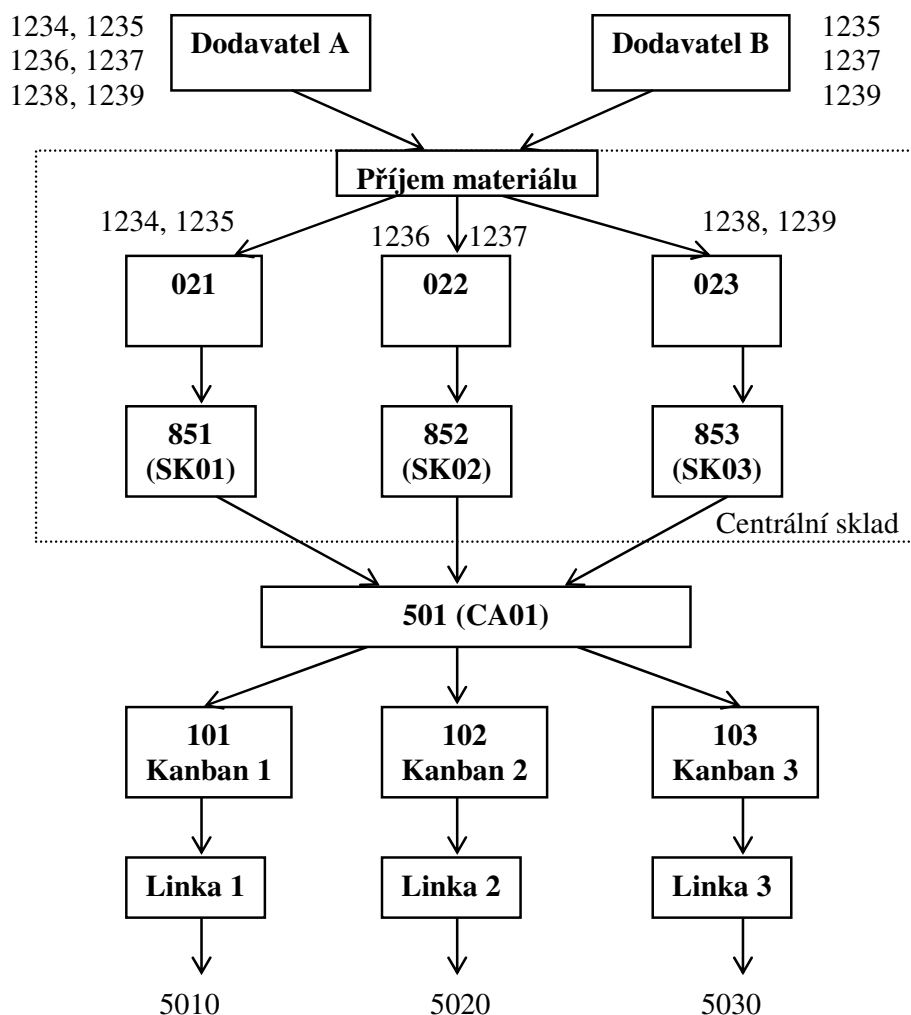
**L – dodací doba**, čas od objednání materiálu (vygenerování kanbanové karty) až po jeho dodání na zákaznické pracoviště. Protože se jedná o simulaci s použitím transportních kanbanů, je dodací doba ovlivněna reakční dobou operátorů ve skladu, kteří materiál vychystávají a manipulační technikou, která materiál z centrálního skladu dodává do kanbanových zásobníků u zákaznických pracovišť.

**d<sub>1</sub> – počet kusů** v přepravce od prvního dodavatele, pro potřeby simulace konstantní výše 100 ks pro všechny dodávky.

**d<sub>2</sub> – počet kusů** v přepravce od druhého dodavatele, pro potřeby simulace se počet kusů v přepravce mění pro jednotlivé části simulace od 50 kusů v přepravce, postupně pro každý následující běh simulace množství navyšuji o 5 ks až na poslední simulační běh, pro který je v přepravce 160 kusů.

Dodávky od obou dodavatelů jsou vždy po 10 přepravkách v jedné dodávce a dodávky dodavatelů se postupně střídají. Při vychystávání materiálu z centrálního skladu je použit princip FIFO.

**Nastavení skladů:** Zobrazení materiálového toku přes jednotlivé sklady od dodavatele až po spotřebu na zákaznickém pracovišti v průběhu simulace zobrazuje následující obrázek.



Obr. č. 20: Schéma materiálového toku simulace pro testování hypotézy H1

Legenda k obrázku: Dodavatel **A** dodává všechny nakupované materiály (čísla materiálu 1234 až 1239), vždy v dodávce je 10 přepravek od každého materiálu. Dodavatel **B** dodává materiály (č. 1235, 1237 a 1239), také vždy 10 přepravek od každého dodávaného materiálu. Množství materiálu v jedné přepravce se však během jednotlivých simulací mění. Materiál od obou dodavatelů je přijat do centrálního skladu na jednotlivé sklady 021, 022 a 023. Je-li požadavek na doplnění kanbanového regálu, dostane skladník příkaz k vyskladnění materiálu z centrálního skladu. Během manipulace je materiál na transportním skladu, který má skladník přiřazen. Skladník SK01 má materiál ve skladu 851, skladník SK02 ve skladu 852 a další dle obrázku výše. Po vychystání z centrálního skladu je materiál transportován pomocí manipulačního

vozíku (vozik CA01, sklad 801) ke kanbanovým regálům: pro kanbanový regál č.1 je to sklad 101, pro další viz obrázek. Zde materiál čeká na spotřebu na zákaznické lince, kde je namontován spolu s dalšími materiály do hotového výrobku (č. 5010, 5020, 5030).

**Nastavení materiálu:** Pro definici vlastností jednotlivých materiálů, s kterými pracuji během simulace, jsem vytvořil tabulku materiálů. Nastavení materiálu je uvedeno v níže uvedené tabulce.

material	popis	váha (g)	nakupovaný díl	hotový výrobek	příjmový sklad	výrobní sklad
1234	nakupovaný díl 1	100	x		21	
1235	nakupovaný díl 2	110	x		21	
1236	nakupovaný díl 3	90	x		21	
1237	nakupovaný díl 4	122	x		21	
1238	nakupovaný díl 5	75	x		21	
1239	nakupovaný díl 6	101	x		21	
5000	výrobek 1	210		x		300
5010	výrobek 2	212		x		300
5020	výrobek 3	176		x		300

Tab. č. 8: Tabulka dílů vstupujících do simulačního běhu

**Nastavení kusovníku:** Tabulka materiálu rozděluje materiály na tři typy: nakupované díly, polotovary a hotové výrobky. Polotovary pro testování této hypotézy použity nebyly. Pro hotové díly a polotovary lze vytvořit kusovník, z čeho se výrobek skládá. Pro testování hypotézy jsem vytvořil tři identické jednoduché kusovníky. Jejich strukturu ukazuje další tabulka. Hlavička kusovníku je pro odlišení uvedena tučným písmem, položky pro každý materiál jsou uvedeny ve sloupci pod hotovým výrobkem.

produkt č.	5010	5020	5030
<b>kusů v kusovníku</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
položka kusovníku	1234	1236	1238
kusů v kusovníku	1	1	1
položky kusovníku	1235	1237	1239
kusů v kusovníku	1	1	1

Tab. č. 9: Tabulka použitých kusovníků

**Nastavení skladníků:** Pro vychystávání materiálu ve skladu je pro každou linku přiřazen operátor. Po vychystání materiálu ze skladu sváží materiál k linkám jeden manipulační vozík, který pracuje společně pro všechny linky. Parametry všech operátorů, kteří pohybují s materiálem, jsou uvedeny v další tabulce.

označení skladníka / přepravy	popis	typ skl. / přep.	operuje ve skladu č.	doba přepravy mater. (min.)	doba vrácení zpět do skladu (min.)	min. počet boxů k přepr.	max. počet boxů k přepr.	max. objem přepr. (m3)
SK01	operátor 1	SK	851	4	2	1	2	
SK02	operátor 2	SK	852	4	2	1	2	
SK03	operátor 3	SK	853	4	2	1	2	
CA01	manip. vozík	CA	801	10	5	3	20	0.96

Tab. č. 10: Seznam operátorů (skladníků a přepravníků) v materiálovém toku

K typu operátora je navázán čas manipulace s jednotlivými typy boxů / přepravek. V této simulaci používám dva typy boxů. Každý materiál z kusovníku je v jiném typu boxu. Pro zjednodušení práce je manipulace s oběma boxy stejná. Doba nakládky obou typů boxu je pro skladníka 1 minuta, pro manipulační vozík půl minuty. Tato doba je připočtena k celkové době nutné pro přepravu materiálu mezi sklady. Dále jsou k typu operátora přiřazeny přestávky. Operátor typu SK má definovanou 15-ti minutovou přestávku po 2 hodinách práce. a po 5,5 hodinách práce má přestávku 25-ti minutovou. Obě dvě přestávky se pravidelně opakují každých 8 hodin. Pokud operátor pracuje v okamžiku, kdy mu začala přestávka, svoji činnost dokončí a teprve potom následuje přestávka. Operátor typu CA má obě přestávky definované podobně, s tím rozdílem, že obě začínají o půl hodiny později.

**Nastavení kanbanových okruhů:** Pro simulaci pro testování hypotézy č. 1. jsou nastaveny tři kanbanové okruhy. Tyto okruhy jsou navzájem stejné, jsou zásobovány dodávkami materiálu ve shodné výši, operují na nich stejní skladníci, zásobují linky se stejnými požadavky. Liší se však v nastavení kanbanových kmenových dat. Okruh číslo 1 je řízen počtem kanban karet v oběhu, okruhy číslo 2 a 3 jsou řízeny počtem kusů materiálu v oběhu, oba okruhy se liší různým počtem kusů materiálu v oběhu. Pro materiál 1236 v okruhu č.2 jsem nastavil minimální počet kusů pro vyskladnění z centrálního skladu. Tento krok je přípravou pro testování hypotézy H2.

číslo kanban okruhu	číslo materiálu	typ okruhu	počet karet v oběhu	kusů materiálu v oběhu	zdrojový sklad	minimální počet kusů pro vyskladnění
1	1234	c	8		021	
1	1235	c	8		021	
2	1236	q		800	021	200
2	1237	q		800	021	
3	1238	q		600	021	
3	1239	q		600	021	

Tab. č. 11: Nastavení kmenových dat kanbanu



Časovou jednotkou pro rozlišení simulace je jedna minuta. V kroku jedné minuty budou vyhodnocovány jednotlivé sledované parametry a simulován pohyb v materiálovém toku, který během této minuty nastal.

### **Výstupní data simulace**

Během simulace budu sledovat následující data, která mi poslouží pro porovnání jednotlivých nastavení kanbanových okruhů:

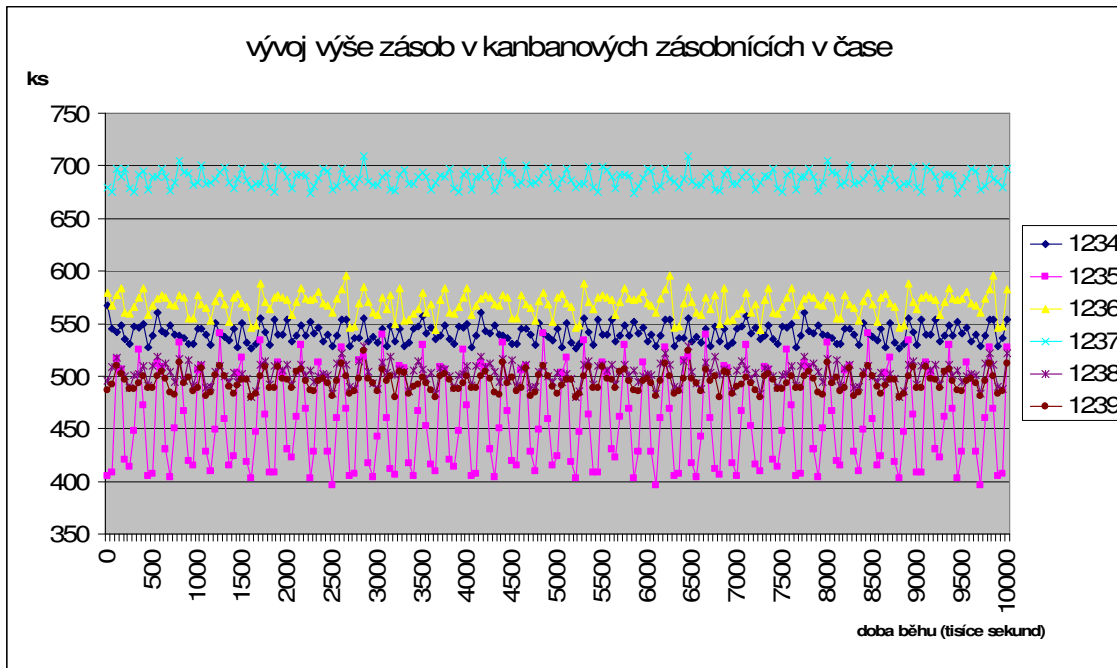
- \* maximální výše zásob v kanbanovém zásobníku,
- \* minimální výše zásob v kanbanovém zásobníku,
- \* průměrná výše zásob v kanbanovém zásobníku,
- \* délka zastavení zákaznické linky.

Délka zastavení zákaznické linky je doba, po kterou zákaznické pracoviště nevyrobělo z důvodu nedostatku materiálu. Čekání na materiál – tedy zastavení zákaznického pracoviště – je doba, kdy nedochází k uspokojení potřeb zákazníka z pohledu požadavku na materiál a tudíž je to spodní hranice, kam až teoreticky snížit zásoby v kanbanovém okruhu. Pokud minimální výše zásob v kanbanovém okruhu dosáhne 0, znamená to, že zákaznická linka je zastavena, okamžitá spotřeba je též nula. Sleduje se celková doba, po kterou zákaznická linka nemohla vyrábět z důvodu chybějícího materiálu. V případě korektně nastavených dat kanbanových okruhů je tato hodnota rovna nule.

### **Přesnost dat simulace**

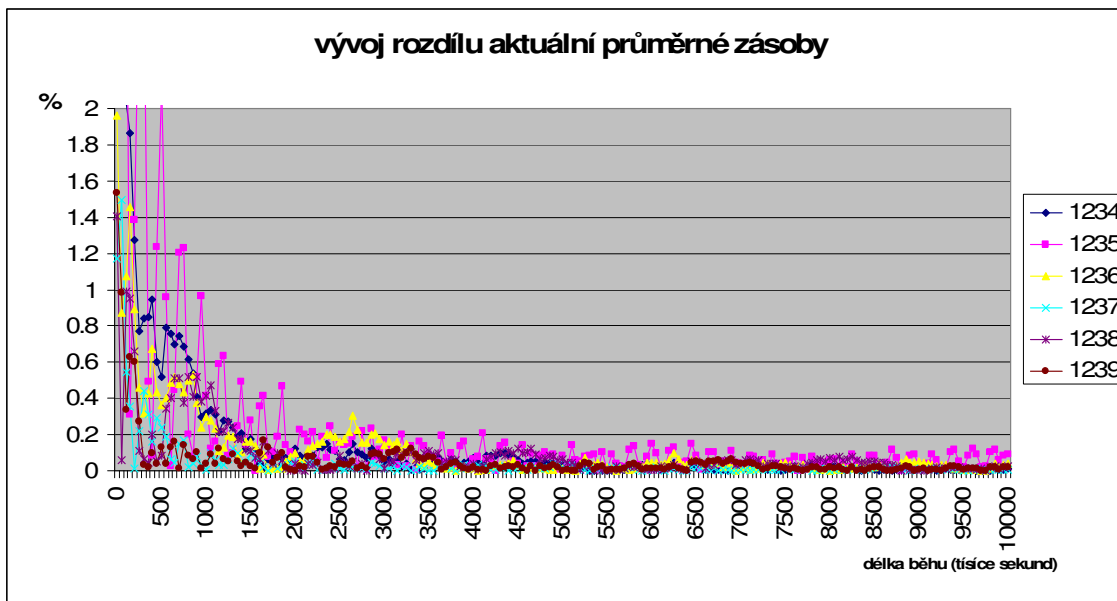
Výstupní data, získávaná během simulace, se podle délky simulace průběžně mění. S narůstající simulovanou dobou získávají data na přesnosti. Hodnoty minimální a maximální zásoby na kanbanovém zásobníku v čase velký vývoj neukazují. Jakmile je okrajová hodnota dosažena, nevykazuje v čase další vývoj. Průměrná výše zásob v kanbanovém zásobníku se v čase mění. Pro zjištění, jak přesná data jsou po ukončení simulace k dispozici, jsem nechal materiálový tok v kanbanovém okruhu simulovat po dobu 10 miliónů sekund. Výši okamžité zásoby v jednotlivých kanbanových zásobnících v závislosti na čase simulace zobrazuje následující graf.

Z grafu je patrné, že zásoba materiálu v kanbanových zásobnících osciluje kolem určité hodnoty. K této hodnotě se přibližuje dlouhodobá průměrná zásoba v kanbanovém zásobníku. Pro účely simulace rozumím pod pojmem *dlouhodobá průměrná zásoba* průměrnou zásobu po ukončení běhu simulace. Pojmem *okamžitá průměrná zásoba* rozumím průměrnou zásobu od začátku simulace do aktuálního okamžiku simulace. V okamžiku ukončení simulace se dlouhodobá průměrná zásoba a okamžitá průměrná zásoba rovnají.



Graf č. 11: Výše zásob v kanbanových zásobnících v závislosti na délce běhu simulace

Absolutní rozdíl mezi dlouhodobou průměrnou zásobou po ukončení simulace a aktuální průměrnou zásobou během simulace jsem pro jednotlivé materiály vynesl do následujícího grafu. Osa vodorovná zobrazuje dobu běhu simulace, osa svislá ukazuje absolutní hodnotu rozdílu dlouhodobé průměrné zásoby a okamžité průměrné zásoby vyjádřenou v procentech.



Graf č. 12: Vývoj rozdílu okamžité průměrné zásoby a dlouhodobé průměrné zásoby

Pro potřeby práce a podle technických možností hardware, na kterých simulace běhá, jsem zvolil, že přesnost simulace pod jedno procento bude pro

potřeby práce dostačující. Tuto podmínku podle grafu splní doba běhu simulace 1.000.000 sekund – tj. více než 11 dnů. Následující tabulka zobrazuje hodnoty z grafu vývoje rozdílu okamžité průměrné a dlouhodobé průměrné zásoby pro dobu běhu simulace od 500.000 sekund do 1.500.000 sekund.

tisíc sek.	materiál					
	1234	1235	1236	1237	1238	1239
500	0,52%	<b>2,13%</b>	0,36%	0,24%	0,08%	0,13%
550	0,79%	0,96%	0,40%	0,19%	0,34%	0,04%
600	0,76%	0,03%	0,48%	0,06%	0,40%	0,13%
650	0,70%	0,45%	0,52%	0,04%	0,51%	0,16%
700	0,75%	1,21%	0,48%	0,15%	0,51%	0,01%
750	0,68%	<b>1,23%</b>	0,43%	0,17%	0,38%	0,14%
800	0,62%	0,20%	0,50%	0,02%	0,52%	0,09%
850	0,54%	0,08%	0,53%	0,04%	0,41%	0,06%
900	0,41%	0,52%	0,37%	0,08%	0,52%	0,11%
950	0,30%	0,86%	0,24%	0,03%	0,38%	0,01%
1000	<b>0,32%</b>	<b>0,42%</b>	<b>0,29%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,42%</b>	<b>0,04%</b>
1050	<b>0,34%</b>	0,12%	0,28%	0,09%	<b>0,47%</b>	0,09%
1100	0,31%	0,16%	0,24%	0,06%	0,33%	0,04%
1150	0,21%	0,59%	0,11%	0,03%	0,22%	<b>0,12%</b>
1200	0,28%	<b>0,64%</b>	0,13%	0,03%	0,22%	0,07%
1250	0,27%	0,09%	0,19%	0,07%	0,27%	0,05%
1300	0,24%	0,09%	0,19%	<b>0,12%</b>	0,24%	0,09%
1350	0,19%	0,24%	0,07%	0,10%	0,18%	0,05%
1400	0,21%	0,49%	0,10%	0,05%	0,18%	0,02%
1450	0,12%	0,14%	0,16%	0,04%	0,12%	0,04%
1500	0,18%	0,28%	0,16%	0,09%	0,11%	0,03%

Tab. č. 12: Rozdíl okamžité a dlouhodobé průměrné zásoby během simulace

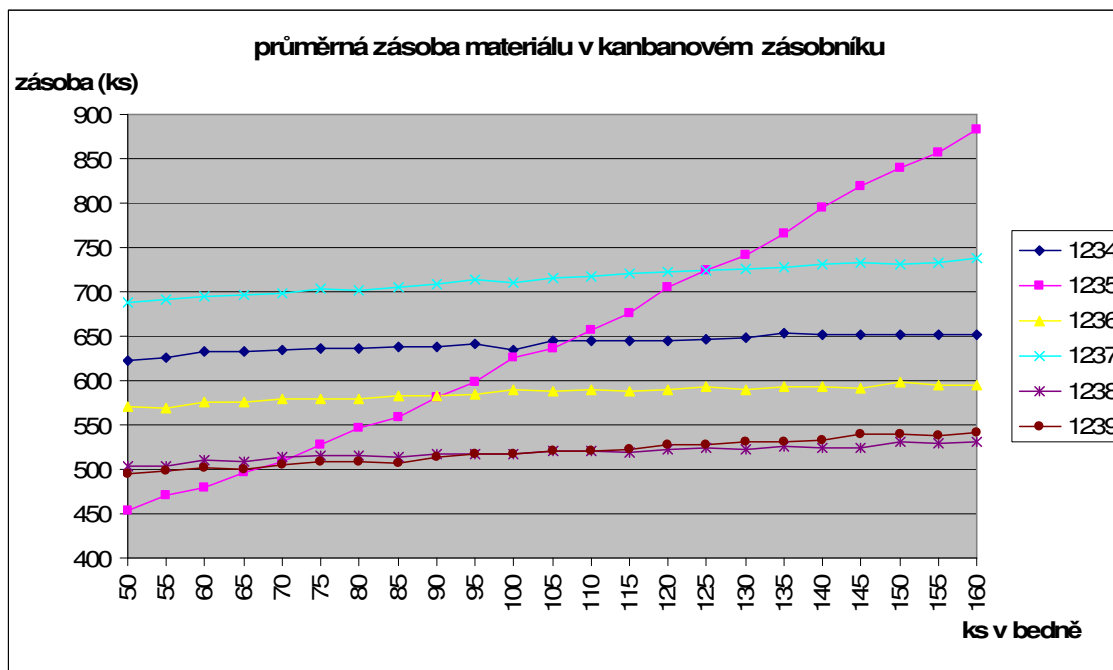
Z tabulky vyplývá, že pokud simulace poběží alespoň pro 1.000.000 sekund, a pokud beru výsledky simulace po 10 milionech sekund jako konečné, bude výsledek simulace s přesností do 1%.

## Výsledky simulace

Materiálový tok v kanbanovém okruhu jsem nechal simulovat postupně pro různé množství materiálu v přepravce od druhého dodavatele. Sledovaná data po každém běhu simulace jsem pro jednotlivé vyhodnocované parametry ukládal do tabulky. Následující graf zobrazuje průměrnou výši zásob materiálu v kanbanovém zásobníku pro jednotlivé simulace. Vodorovná osa znázorňuje měnící se počet kusů v jedné přepravce od dodavatele B.

Materiál **1234** je dodáván pouze od jednoho dodavatele s konstantním množstvím v přepravce a jeho dodávky z centrálního skladu do kanbanového zásobníku jsou řízeny počtem kanban karet v oběhu. Nepatrný nárůst průměrných zásob lze vysvětlit úbytkem počtu pohybů skladníků, je-li dodáno větší množství materiálu v jedné přepravce pro ostatní materiály a tudíž rychlejším dodáním materiálu do kanbanového zásobníku.

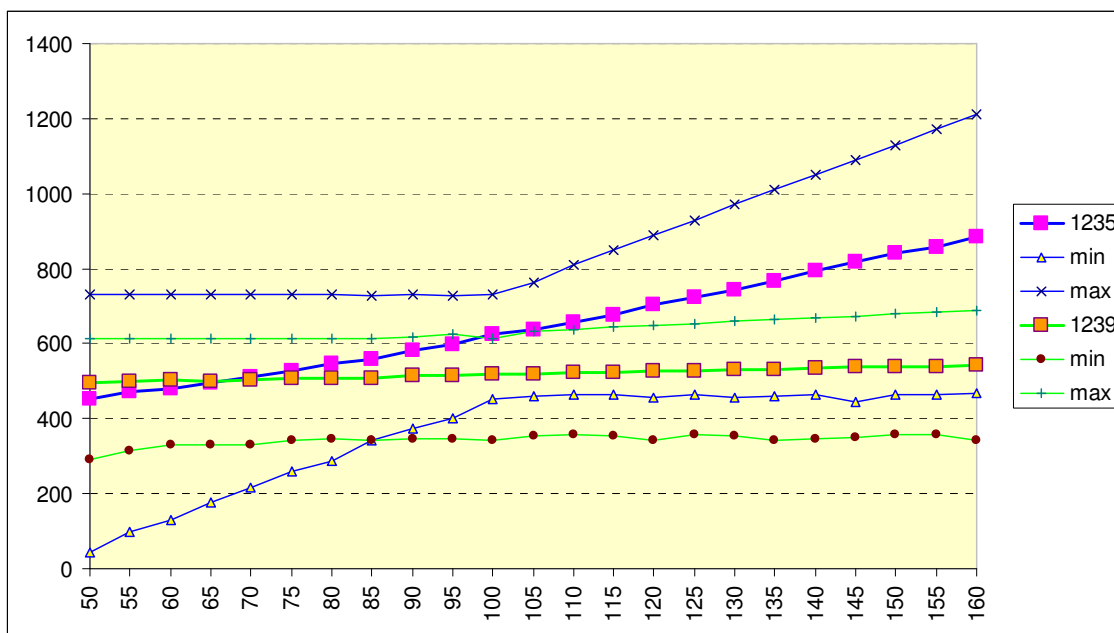
Dodávky materiálu **1235** z centrálního skladu do kanbanového zásobníku jsou také řízeny počtem kanban karet v oběhu. Na rozdíl od materiálu 1234 je dodáván i od druhého dodavatele a to s různým počtem kusů v přepravce. Pro dodávky od druhého dodavatele s 50 kusy materiálu v přepravce výrazně klesá minimální množství, které v kanbanovém regálu zůstalo. Pro dodávky s méně než 50 kusy v přepravce již došlo k zastavení zákaznické linky z důvodu nedostatku materiálu v zásobníku. Na tento materiál se zaměřím v dalším srovnání.



Graf č. 13: Průměrný počet kusů materiálu v kanbanovém zásobníku

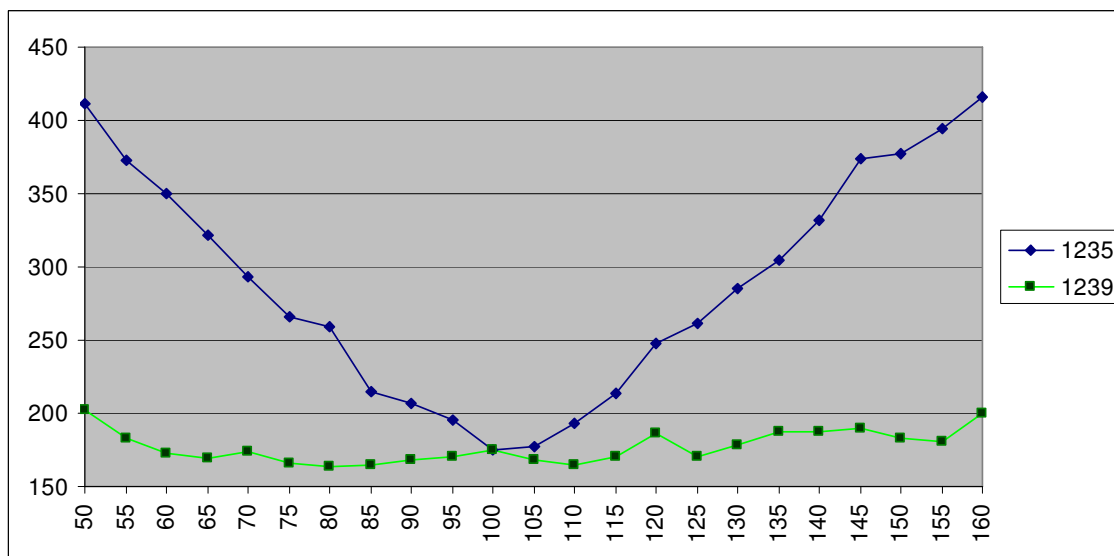
Dodávky dalších materiálů jsou pro zásobování kanbanů řešeny pomocí množství materiálu v oběhu. Pro materiály **1236** a **1237** je to množství 800 kusů v oběhu, pro materiály **1238** a **1239** je to množství 600 kusů. Pro materiál **1236** je nastavena minimální požadavek ve výši 200 kusů pro zahájení vydávání transportních kanbanových karet. Materiály 1236 a 1238 jsou dodávány pouze od jednoho dodavatele. Materiály 1237, 1239 jsou dodávány od dvou dodavatelů, od každého s jiným množstvím v přepravce.

Materiál 1235 porovnávám v dalším vyhodnocení s materiálem 1239. Do porovnání v dalším grafu vstupuje průměrná zásoba, minimální a maximální zásoba v kanbanovém zásobníku obou materiálů. Při srovnání průměrné zásoby obou materiálů je nutné vzít ohled i na minimální zásobu, které bylo během simulace dosaženo. Průměrná zásoba v kanbanovém zásobníku má spolu s minimální hodnotou zásob větší vypovídací hodnotu o tom, jak správně nastavit výši zásob v kanbanovém okruhu.



Graf č. 14: Průměrný, minimální a maximální počet kusů v kanbanovém okruhu

Minimální zásoba zobrazuje, zda-li byla správně zvolena výše zásob v kanbanovém okruhu. Vysoká hodnota pro minimální zásobu znamená, že byl zvolený příliš vysoký počet kanban karet nebo množství materiálu v oběhu. Pro správně nastavený kanbanový okruh se tato hodnota blíží nule. Rozdíl mezi průměrnou zásobou a minimální zásobou pro materiály 1235 a 1239 zobrazuje následující graf.



Graf č. 15: Rozdíl mezi průměrným a minimálním počtem kusů v kanbanovém okruhu

Na křivky tohoto grafu nemá vliv nastavení výše zásob v kanbanovém okruhu. Z tvaru křivky lze vyčíst, jaká minimální musí být průměrná zásoba

v daném okruhu, aby bylo zákaznické pracoviště plynule zásobováno materiálem.

## **6.6 Testování hypotézy H1: Model neúplná přepravka**

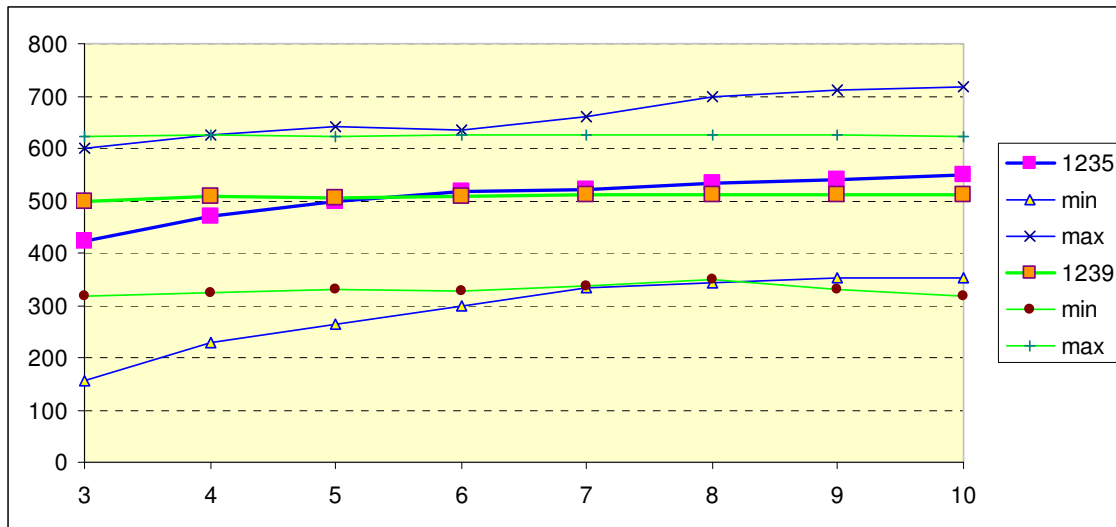
V druhém příkladě testování hypotézy H1 budu počítat a simulovat případ, kdy množství v přepravce je neúplné. Důvodem je buď neúplná poslední přepravka z výrobní dávky popř. od dodavatele, nebo kvalitativní třídící akce, při nichž dojde k ponížení množství v přepravce.

### **Simulace**

Podmínky simulace pro testování hypotézy zůstávají stejné jako v předchozí simulaci (definice výrobních pracovišť, definice struktury skladů, definice skladových operátorů, definice materiálů a kusovníků materiálů). Výjimku tvoří dodávky materiálu. Během této simulace je materiál dodáván pouze od jednoho dodavatele, stále ve stejném počtu kusů (100 ks v jedné přepravce). Poslední přepravka z každé dodávky obsahuje méně kusů. Důvodem může být například kvalitativní akce během příjmu zboží. Pro případ simulace je to vždy 10 kusů v poslední přepravce. Během simulace budu postupně testovat různé počty přepravek s menším množstvím při příjmu. Postupně to bude 10 přepravek po 100 kusech následované jednou přepravkou s 10 kusy, během další simulace jen 9 přepravek s plným množstvím následované jednou přepravkou s 10 kusy. Poslední simulací to budou jen 3 přepravky po 100 kusech následované jednou přepravkou s 10 kusy. Dodávky v této struktuře se budou opakovat po celou délku simulace.

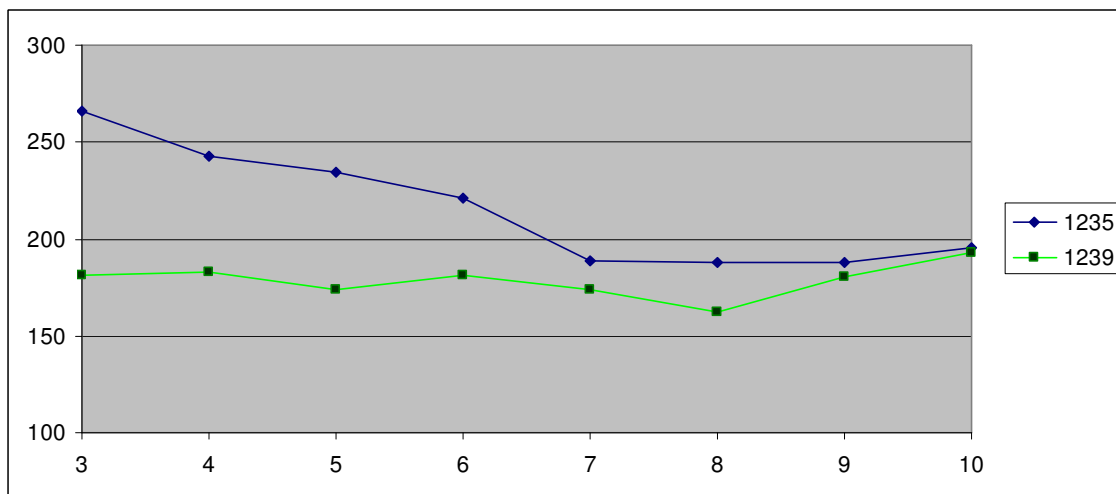
### **Výsledky simulace**

Kanbanová data všech materiálů vystupující v simulaci jsou stejná jako v předchozí simulaci. Pro zjednodušení uvádím výsledky pouze těch materiálů, které jsou pro simulaci rozhodující. Podobně, jako v předchozí simulaci, jsou to materiály 1235 a 1239. Kanbanový okruh pro materiál 1235 je řízen počtem kanban karet v oběhu. Materiál 1239 je řízen počtem kusů materiálu v oběhu. Průměrnou, minimální a maximální výši zásob zobrazuje následující graf.



Graf č. 16: Průměrný, minimální a maximální počet kusů v kanbanovém okruhu

Rozdíl průměrné a minimální zásoby u obou materiálů zobrazuje následující graf.



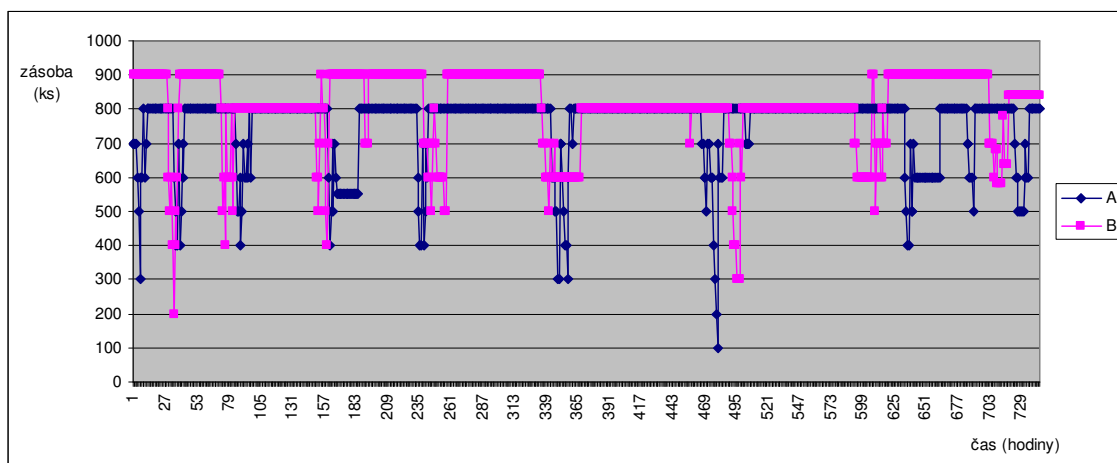
Graf č. 17: Rozdíl mezi průměrným a minimálním počtem kusů

Z grafu je zřejmé, že pro materiál řízený počtem kanbanových karet v oběhu je nutné nastavit pro abnormality v podobě dodávek neúplných přepravek vyšší zásoby v oběhu než pro okruh řízený počtem kusů materiálu v oběhu.

Z pohledu hypotézy H1 to znamená, že při výskytu neplynulosti v materiálovém toku je nutné udržovat vyšší počet kanban karet v oběhu. Přechodem na elektronický kanban řízený počtem kusů v oběhu lze optimalizovat výši zásob v oběhu.

## 6.7 Testování hypotézy H2: snížení skladových pohybů

Při testování hypotézy H2 jsem vycházel z údajů, které jsem získal během kvalitativní analýzy. V závodě, kde již používají funkcionalitu pro možnost pozdržení vytvoření kanbanových karet před jejich vydáním, jsem sbíral data o velikosti zásoby v kanbanovém bufferu. Nejprve jsem testoval kanbanový okruh před definicí minimálního počtu k vyskladnění. To znamená, že každý požadavek na vytvoření nové kanbanové karty byl okamžitě zpracován. Simulační nástroj jsem nechal dotazovat podnikový informační systém každou hodinu na výši zásob v kanbanovém zásobníku. V následujícím grafu je to křivka A. Na vodorovné ose je čas v hodinách od začátku testování, na svislé ose výše zásob v kanbanovém zásobníku. V testovaném kanbanovém okruhu je při prvním odběru materiálu z kanbanové přepravky přeúčtována celá zásoba v přepravce z kanbanového zásobníku na výrobní sklad linky. Materiál A má definováno v kanbanovém okruhu 8 karet, je dodáván do centrálního skladu v počtu 100 kusů v jedné přepravce. Za sledované období bylo vytvořeno celkem 161 kanbanových karet – požadavků na operátora skladu k vychystání materiálu.



Graf č. 18: Aktuální výše zásob v kanbanovém bufferu

V dalším kroku jsem testoval kanbanový okruh, v kterém je definován minimální počet kusů, které spouští mechanismus pro vytvoření nových kanbanových karet. Tento minimální počet vygeneruje kanbanovou kartu, teprve tehdy, je-li chybějící zásoba v okruhu větší, než parametr minimálního počtu kusů pro zahájení vyskladnění. Pro testování jsem navýšil počet kanban karet v okruhu z 8 na 9 karet. Důvodem bylo, aby z důvodu pozdějšího vytvoření kanbanové karty nedošlo k vyčerpání obsahu kanbanového zásobníku. Jako minimální množství pro vygenerování kanban karty jsem nastavil 200 kusů. To odpovídá, že vždy dojde k vytvoření minimálně 2 kanbanových karet. Data o tomto okruhu jsem sbíral podobně jako v předchozím případě celý měsíc s krokem jedné hodiny. V grafu je výše zásob v závislosti na čase zobrazena



křivkou **B**. Bylo vygenerováno celkem 148 kanbanových karet. Pokud operátor skladu korektně vychystával materiál vždy pro celou vytištěnou dávku karet současně, snížil by se počet jeho pohybů na polovinu – tj. o 74 pohybů.

Z pohledu hypotézy H2 v takovém okruhu skutečně došlo ke snížení počtu pohybů skladových operátorů. Toto zjištění potvrzuje hypotézu H2.. Došlo však k nárůstu průměrné zásoby v takovém okruhu. Pro první testované období byla průměrná výše zásob v kanbanovém zásobníku 752 kusů. Pro druhé období došlo k navýšení průměrné zásoby na 807 kusů. Pro rozhodnutí, zda je vhodné toto řešení aplikovat do praxe, je nutné srovnat, jestli úspora na pohybech ve skladu je vyšší než náklady spojené s nárůstem zásob ve skladu. Pokud je úspora skladových operací vyšší, vyplatí se řešení s minimálním počtem kusů pro vytvoření kanbanové karty aplikovat.

### **6.8 Testování hypotézy H3: Výrobně - transportní okruh**

Pro testování hypotézy H3 jsem vycházel z nastavení simulačního nástroje pro ověřování hypotézy H1. Rozdíl je nastavení pro dodávky materiálu od dodavatele. V této simulaci budu sledovat a pomocí kanbanového okruhu řídit dodávky materiálu od dodavatele. Nově jsem v simulaci rozšířil portfolio vyráběných materiálů na zákaznických pracovištích, tak aby simulovaná situace více odpovídala skutečným podmínkám v průmyslovém podniku. Pro dodávky materiálu od dodavatele jsem přidal do okruhu 2 přepravce, kteří dodávají materiál od dodavatelů do centrálního skladu. Pro oba přepravce je nastavena doba transportu 4 hodiny a 1 hodina nutná na cestu přepravce zpět k dodavateli. Pro přepravce jsem nastavil omezující podmínku, že nemůže být zahájen transport dříve, než je dosaženo minimální objemové kapacity přepravce. Tu jsem stanovil na 2m<sup>3</sup>. To znamená, že přepravce čeká na nakládku tak dlouho, dokud není připravena k transportu jeho minimální objemová kapacita. Pro zjednodušení simulace neřeším výrobní kapacity dodavatelského pracoviště, ale pro oba dodavatele je nastaven čas dvou hodin od přijetí požadavku po dokončení jeho výroby. Protože je tento princip výroby platný pro všechny materiály v simulaci, nemá vychystání materiálu vliv na případné rozdíly v simulaci okruhů.

Materiálový tok jsem rozšířil o další kanbanové okruhy. Nastavení kmenových dat kanbanu ukazuje následující tabulka. Ve srovnání s tabulkou ze simulace hypotézy H1 je zde uveden sloupec „spojený kanbanový okruh č.“, který definuje, že před vydáním kanbanové karty je kontrolována výše zásob i v tomto kanbanovém okruhu.

číslo kanban zásobníku	číslo materiál	typ okruhu	počet karet v oběhu	spojený kanbanový okruh č.	zdrojový sklad
1	1234	c	8		021
1	1235	c	8		021

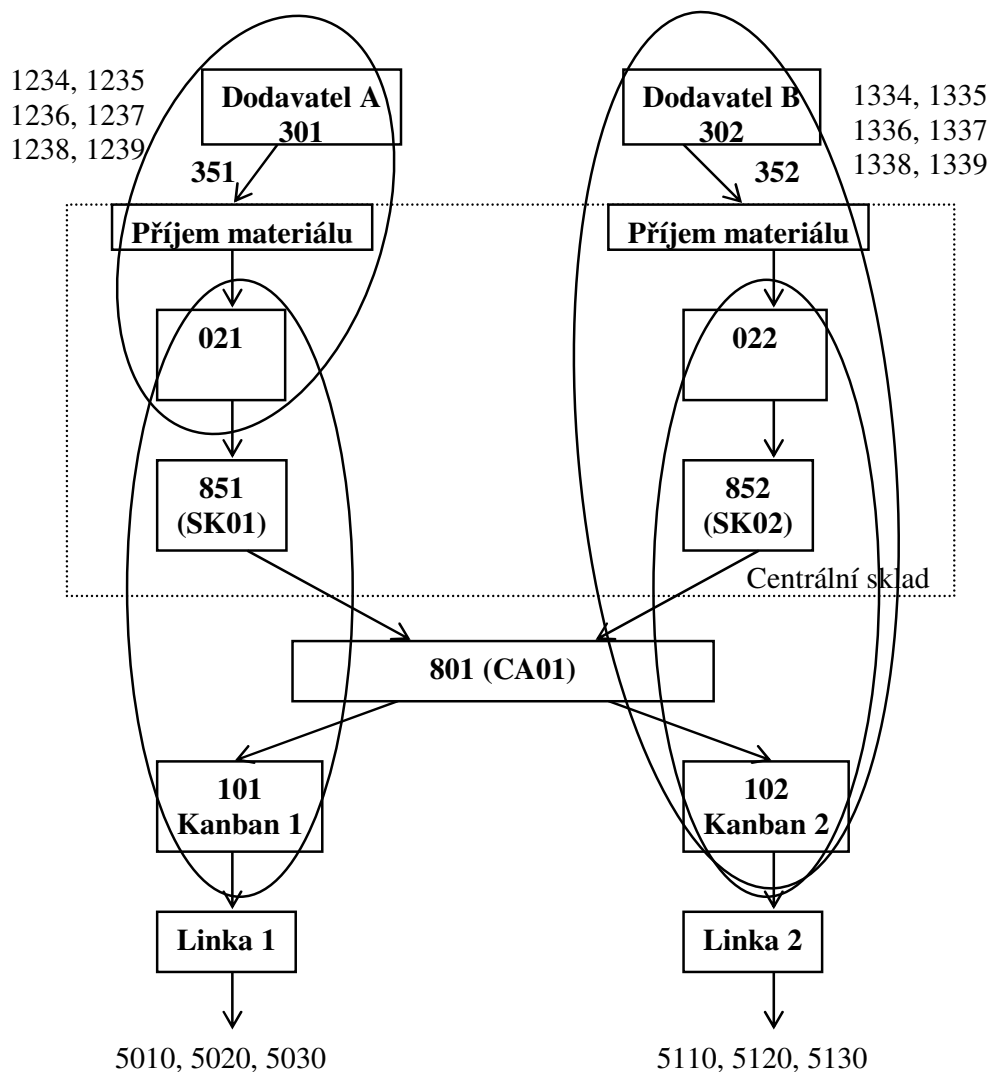
1	1236	c	8		021
1	1237	c	8		021
1	1238	c	8		021
1	1239	c	8		021
2	1334	c	8		022
2	1335	c	8		022
2	1336	c	8		022
2	1337	c	8		022
2	1338	c	8		022
2	1339	c	8		022
3	1234	c	12		301
3	1235	c	12		301
3	1236	c	12		301
3	1237	c	12		301
3	1238	c	12		301
3	1239	c	12		301
4	1334	c	16	2	302
4	1335	c	16	2	302
4	1336	c	16	2	302
4	1337	c	16	2	302
4	1338	c	16	2	302
4	1339	c	16	2	302

Tab. č. 13: Nastavení kmenových dat kanbanu pro testování H3

Materiálový tok v průběhu simulace popisuje následující obrázek. Materiálový tok od dodavatele (dodavatelského pracoviště) **A** je řízen pomocí dvou kanbanových okruhů. Od dodavatele (sklad 301) je odvolán pomocí výrobního kanbanu, naložen k transportu (sklad 351) a uskladněn v centrálním skladu (021). Každý materiál v tomto okruhu je řízen 12 kanbanovými kartami. Z centrálního skladu je odvoláván pomocí transportních kanbanových karet. Materiálový tok z centrálního skladu k zákaznickému pracovišti je stejný jako v simulaci při testování hypotézy H1.

Materiálový tok od dodavatele **B** je stejný jako materiálový tok od dodavatele **A**, jen s tou výjimkou, že při vytvoření výrobní kanbanové karty u dodavatele systém kontroluje zásobu nejen v kanbanovém okruhu mezi dodavatelem a centrálním skladem, ale bere v úvahu i výši zásob v následném kanbanovém okruhu, který zásobuje zákaznické pracoviště. V kmenových datech kanbanu je zadán celkový počet kanban karet společný pro oba tyto okruhy.

Cílem simulace bylo porovnání výše zásob – průměrné a minimální v obou případech materiálového toku.



Obr. č. 21: Nastavení simulačního okruhu pro testování H3

## Výsledek simulace

Výsledek simulace je ovlivněn délkou přepravy mezi dodavatelským pracovištěm a centrálním skladem. Protože doba přepravy je 4 hodiny a další hodina na cestu přepravce zpět k dodavateli, je výsledek po 11 simulovaných dnech nepřesný. Pro získání přesnějších výsledků jsem nechal celou simulaci běžet celkem 5 000 000 sekund. To je něco přes 57 simulovaných dnů. S tímto nastavením jsem se dostal s přesností pod 1%, podobně jako při běhu simulace při testování hypotézy H1.

Pro porovnání obou materiálových toků jsem porovnával rozdíl průměrné a minimální zásoby materiálu od obou dodavatelů. Pro první materiálový tok, řízený odděleným transportním a výrobním kanbanovým okruhem, to byla zásoba materiálu ve skladech 101, 801, 851 a 021. Pro druhý materiálový tok, se

společným výrobně-transportním kanbanovým okruhem to byla zásoba ve skladech 102, 801, 852 a 022. Výsledky ukazuje následující tabulka.

Dodavatel A	Dodavatel B	rozdíl A	rozdíl B
1234	1334	682,08	589,19
1235	1335	712,77	536,88
1236	1336	677,78	544,76
1237	1337	681,90	590,02
1238	1338	691,12	581,81
1239	1339	700,67	566,16

*Tab. č. 14: Porovnání rozdílů průměrné a minimální zásoby*

Výsledek simulace ukazuje, že spojení transportního a výrobního okruhu v elektronickém kanbanu přispělo k rychlejšímu předání informace o potřebě zákaznického pracoviště na dodavatelské. Tento okruh dokáže rychleji reagovat na vzniklé požadavky zákazníka a nedovolí výkyvy ve výši zásob, tak jako materiálový tok, který je řízen dvěma oddělenými okruhy. Tím je možné pro jeho řízení nastavit nižší počet kanbanových karet v oběhu. Uvedený výsledek potvrzuje hypotézu H3.

## 7 Implementace elektronického kanbanu

Následující kapitola obsahuje doporučení, jak postupovat při implementaci elektronického kanbanu do podnikového informačního systému. Navrhované kroky se opírají o výsledky při studiu literatury, o výsledky a poznatky při zpracování diplomové práce v podniku Barum Continental v letech 1997 a 1998, o výsledky kvantitativní a především kvalitativní analýzy provedené během zpracování disertační práce a o mé vlastní praktické zkušenosti získané během desetileté praxe s různými systémy pro řízení materiálového toku pomocí principů kanban, především v závodech firmy Continental Teves.

### 7.1 Podpora managementu, rozhodnutí pro implementaci

Implementaci každého nového systému do praxe předchází rozhodnutí takový systém implementovat. Důvody proč implementovat principy systému kanban do materiálového toku mohou mít různý původ. Může jím být například požadavek zákazníka, výsledek interního či externího auditu, zkušenosti z jiných provozů, doporučení expertního konzultanta apod. Implementace takového projektu je vždy spojena s investicí. V případě implementace elektronického kanbanu je to investice do

- \* **Software** – v podobě funkcionality pořizovaného informačního systému, do licencí opravňující používání informačního systému.

- \* **Hardware** – čtečky čárového kódu, terminály pro práci koncových uživatelů a kanbanových administrátorů, posílení výkonu serveru s informačním systémem, popř. nákup nového serveru.

- \* **Zaškolení uživatelů.**

- \* **Vytvoření uživatelské dokumentace.**

Jednotný postoj managementu podniku k podpoře investice do elektronického kanbanu přispěje k jednoduššímu a spolehlivějšímu nasazení řešení do materiálového toku.

### 7.2 Výběr vhodného SW

Výběr vhodného informačního systému je základem pro správné fungování elektronického kanbanu. Při výběru informačního systému, který bude řídit materiálový tok pomocí elektronického kanbanu vstupují do rozhodovacího procesu následující faktory:

- \* Používá již firma podnikový informační systém? Ve většině případů bude odpověď na tuto otázku „ano“ – důvodem je jednak masové nasazení podnikových informačních systémů a taktéž skutečnost, že pokud firma se rozhoduje pro použití elektronického kanbanu, má podnikovým informačním

systémem řízeny již jiné logistické části řetězce. Pokud je součástí PIS i řešení kanbanového systému, pak firma pravděpodobně využije tuto část PIS.

\* Pokud není součástí PIS kanban, pak je šance buď toto řešení naprogramovat interně, případně obstarat jiný IS a vytvořit rozhraní mezi PIS a systémem elektronického kanbanem.

\* Pokud nemá firma PIS, hledá na trhu informačních systému komplexní řešení pro realizaci svých požadavků.

### **7.3 Sběr dat**

Sběr dat potřebných pro nasazení kanbanu. Pro potřeby kanbanu je nutno zajistit informace, které ovlivňují kanbanový okruh, především pak informace nutné pro stanovení optimální úrovně množství materiálu v kanbanovém okruhu. Kvalita provedení sběru dat má zásadní vliv na budoucí korektní běh kanbanového systému. Korektně provedený sběr dat minimalizuje problémy, které mohou nastat v souvislosti se špatně nastavenými daty pro kanbanový okruh. Přesnost sběru dat pro elektronický kanban je o to důležitější, že zásoba v elektronickém kanbanovém systému je zpravidla nižší než v systému využívajícího plastových karet.

Následující data ovlivňují výši zásob v oběhu:

Reakční doba jednotlivých pracovišť.

Průměrná výše šrotu jednotlivých materiálů.

Požadavky zákaznického pracoviště, průměrné a maximální.

### **7.4 Návrh kanbanového systému**

Před samotným návrhem kanbanového systému je nutné provést detailní a přesné zmapování veškerých materiálových toků a procesů, které budou do budoucího kanbanového systému zasahovat. Při zpracování návrhu je nutné zohlednit zejména :

#### **Rozmístění dodavatelských a zákaznických pracovišť**

Samotné rozmístění jednotlivých pracovišť má zásadní vliv na návrh celého kanbanového systému. Vzdálenosti mezi jednotlivými pracovišti ovlivňují přepravní časy mezi jednotlivými pracovišti a tím i množství materiálu v oběhu, potřebného k zajištění plynulého chodu budoucího kanbanového okruhu. Rozmístění pracovišť je taktéž důležité pro plánování IT infrastruktury, přístupových bodů scannerů a pracovišť obsluhy elektronického kanbanu.

#### **Způsoby, jakými bude v kanbanovém okruhu manipulován materiál mezi jednotlivými pracovišti**

Různé způsoby přepravy materiálu v budoucím kanbanovém systému představují taktéž zásadní proměnnou veličinu při plánování kanbanových okruhů. V závislosti na použitém typu manipulace materiálu se mění důležité

parametry jako například reakční doba na generovaný signál, optimální, případně maximální či minimální povolené přepravní množství v manipulační jednotce. Transportní cesty přepravních jednotek ovlivňují také podstatným způsobem rozmístění kanbanových zásobníků (bufferů). Každé takovéto místo v kanbanovém systému znamená taktéž místo budoucího sběru dat o pohybu materiálu v kanbanovém okruhu a je nutné ho zohlednit při plánování obslužných pracovišť.

### **Plánované množství kusů materiálu v balících jednotkách a velikost těchto jednotek**

Tato informace je nutná především pro správnou volbu druhu a nastavení velikosti kanbanových zásobníků a jednotlivých segmentů v zásobníku. Obecně platí, že v dodavatelském řetězci se vyskytuje určité množství různých typů balících jednotek. Pro omezení variability těchto jednotek je využíváno průmyslových standardů, které definují základní velikosti vzájemně kombinovatelných balících jednotek. Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, množství kusů v balící jednotce materiálu je také jedním ze základních parametrů použitých při výpočtu množství kanbanových karet v okruhu.

### **Do návrhu kanbanového systému je nutné zahrnout také následující kroky**

- Stanovení postupů v případě problémů se systémem, návrh záložního řešení, postupů a zodpovědnosti pro případ výpadků informačního systému.
- Vytvoření dokumentace procesů a systému.
- Definování požadavků materiálu potřebného pro vybudování, spuštění a běh IT infrastruktury: síťová připojení, tiskárny, scannery, atd....
- Definování zobrazované informace na kanbanové kartě.
- Definice layoutu kanbanové karty.
- Návrh expresních a jednorázových kanbanových karet, způsobu jejich odlišení od normálních kanbanových karet a postup předávání informace o existenci expresní kanbanové karty zodpovědným pracovníkům.
- Vytvoření detailního časového plánu jednotlivých kroků implementace kanbanového systému.
- Stanovení vhodného načasování implementace kanbanového systému.

## **7.5 Výpočet optimálního množství materiálu v kanbanovém okruhu**

Existuje mnoho postupů pro stanovení optimálního množství materiálu, které se má nacházet v kanbanovém okruhu. Pojem „optimální množství“ je však relativní. Jeho definice závisí na typu výroby, kde bude kanbanový systém aplikován, na prioritách firmy, na komplexnosti procesů ovládaných

kanbanovým systémem, na interních závislostech jednotlivých pracovišť, na výši přepravních nákladů, atd. Výčet možných kombinací kritérií a priorit při stanovení optimální množství by byl pravděpodobně nekonečný, pro účel mé práce jsem zvolil následující definici:

**Optimální množství materiálu v kanbanovém okruhu je minimální možné množství, při kterém je zajištěn plynulý chod systému s minimálními náklady na přepravu a ohrožení výpadku systému z důvodu nedostatku materiálu je minimální.**

Tato definice vychází z principů lean manufacturing a total quality management. Tyto principy vyžadují eliminaci veškerých zásob v procesu, které nevytváří přidanou hodnotu na koncovém výrobku. Dle těchto principů by však bylo ideální stanovit jako optimální množství materiálu v oběhu absolutně minimální možné množství, které by se ve většině případů rovnalo jednomu kusu. Zajištění chodu kanbanového okruhu v takovémto případě by však bylo organizačně velmi náročné a finančně nákladné. Výpadky v chodu systému z důvodu nedostatku materiálu v okruh také způsobují přímo dodatečné náklady na řešení vzniklých abnormalit. Z těchto důvodů je možné považovat zajištění plynulého chodu systému a minimalizaci rizika zastavení systému z důvodu nedostatku materiálu jako přidanou hodnotu pro celý proces a jako takové je zahrnout do výpočtu optimálního množství.

Výpočet optimálního množství má pak následující parametry :

- \* spotřeba materiálu zákaznickým pracovištěm v čase  $D$  (ks / h),
- \* maximální přípustná doba potřebná na dodavatelském pracovišti pro zajištění potřebného materiálu od vygenerování signálu zákaznickým pracovištěm  $L_1$  (h),
- \* maximální přípustná transportní doba mezi dodavatelským pracovištěm a kanbanovým zásobníkem zákaznického pracoviště  $L_2$  (h),
- \* maximální přípustná doba trvání dodání materiálu z kanbanového zásobníku u zákaznického stanoviště na místo spotřeby  $L_3$  (h),
- \* bezpečnostní rezerva v systému vyjádřená procentuálním navýšením zásob  $a$  (%).

Výpočet optimálního množství  $Q_{opt}$  v kanbanovém okruhu je pak stanoven vzorcem :

$$Q_{opt} = D * (L_1 + L_2 + L_3) * (1+a)$$

V praxi je však při výpočtu optimálního množství dále nutné zohlednit dva následující aspekty. Množství v balící jednotce daného materiálu, tak aby bylo zohledněno minimální možné manipulovatelné množství. Eliminovat možnost definovat výpočtem pouze jednu kanbanovou kartu. Toto by teoreticky mohlo nastat v případě velkého množství materiálu v nejmenší možné manipulovatelné jednotce a krátkém procesním času okruhu. Pokud balící



množství nejmenší manipulovatelné jednotky označíme **M**, vzorec pro výpočet reálného optimálního množství **RQ<sub>opt</sub>** je pak vyjádřen následovně:

$$\mathbf{RQ_{opt} = (Roundup((Q_{opt} / M),0) + 1) * M}$$

## **7.6 Testování**

Vhodné je vytvoření testovacího prostředí a na několika materiálech s různými parametry vyzkoušet, zda-li je navržený systém aplikovatelný v běžné praxi. Během testování se snáze odhalí chyby, jejichž výskyt by mohl mít ve skutečném systému rozsáhlý dopad na funkcionalitu systému. Může se jednat o syntaktické chyby programátorů systému (především v případě SW vytvářeného na míru dle specifických požadavků firmy), o chyby komunikace s rozhraním informačního programu – komunikace se čtečkou čárových kódů, komunikace s tiskárnou čárových kódů a další chyby. V průběhu testování by měli mít možnost se k navrhovanému systému vyjádřit zástupci jednotlivých skupin pracovníků, kteří se systémem budou v budoucnu pracovat.

Testovací prostředí lze taktéž využít pro potřeby školení uživatelů kanbanového systému.

## **7.7 Trénink, prezentace**

Budoucí koncoví uživatelé elektronického kanbanu – ve firmách se jejich posty mohou nazývat různě: koordinátoři materiálového toku, logističtí operátoři apod. – jsou hlavní cílovou skupinou pro trénink a zaškolení do navrhovaného řešení. Jejich případná neznalost po spuštění celého systému může mít vážné následky pro běh firmy.

Druhou, méně početnou skupinou pro zaškolení, jsou administrátoři kanbanových okruhů. Z jejich práce – správné nastavení kanbanových okruhů - se potom bude odvíjet materiálový tok kanbanovým okruhem.

Při seznamování zaměstnanců firmy s kanbanovým řešením je důležité seznámit se systémem i ostatní uživatele. Ti mohou ke své práci potřebovat a využívat dat, které jim může kanbanový systém poskytnout, např. informace o stavu materiálu v kanbanovém okruhu. Pracovníky logistiky bude zajímat struktura skladů materiálu, jak poznají, který materiál je v kanbanovém zásobníku a jaký materiál je na cestě do kanbanového zásobníku. Pro pracovníky kvality to budou data o pohybech problémových dodávek materiálu a problémových výrobních dávkách. Pro pracovníky controllingu především informace o možném způsobu kontroly vyskladněného materiálu na zákaznická pracoviště.

## **7.8 Implementace kanban řešení**

Pokud byly splněny všechny předcházející kroky, nastává fáze pro spuštění systému kanban ve výrobním prostředí. Spuštění systému obnáší několik kroků, především je to nastavení kanbanových okruhů v systému, správné načasování, naplnění systému skutečnými údaji a zajištění dostatečné podpory pro spuštění systému. Pokud to charakter materiálového toku umožňuje, je vhodné plánovat postupné nasazování kanbanového systému do praxe. To znamená spouštění kanbanového systému po předem definovaných úsecích materiálového toku. Výhodou takové implementace je jednak možnost otestování funkčnosti kanbanového systému pouze na jeho části bez možného ohrožení celého materiálového toku, dále možnost prověření jednotlivých spouštěcích mechanismů kanbanových signálů. Na již implementovaných částech skutečného provozu lze pak vhodně provést prezentaci a zaškolení pro zaměstnance z úseků, kde se kanban teprve bude zavádět.

### **Nastavení kmenových dat kanbanu**

Jedná se o vytvoření kanbanových okruhů v systému, správné nastavení jeho parametrů např. definice kanbanových okruhů, jejich správné pojmenování a přiřazení procesům, přiřazení výstupů pro předávání signálů kanbanových impulsů, přiřazení materiálů do okruhu, počet kusů v oběhu a další parametry odvislé od charakteru systému a charakteru materiálového toku. Pokud je potřeba, je nutné pro materiál od dodavatelů zajistit jeho přebalení do standardních přepravek použitých v interním materiálovém toku.

### **Načasování spuštění**

Správné načasování spuštění je důležitým faktorem pro úspěšnou implementaci systému. Je potřeba najít vhodné časové okno pro přechod z jednoho systému v materiálovém toku na druhý, tak aby bylo dostatek času jednak pro zadání všech důležitých inventurních dat do systému, tak aby byl dostatek prostoru v případě neúspěchu pro návrat k předchozímu systému.

S datem spuštění nového systému je nutné seznámit všechny uživatele. V okamžiku spuštění přestávají platit pravidla, která doposud platila v materiálovém toku a začínají platit pravidla nového kanbanu.

### **Inventura materiálu**

Pokud nezavádíme systém na „zelené louce“ a kanbanový okruh teprve budeme plnit materiálem, není potřeba inventuru provádět. Pokud ale již nějaký materiál je v logistickém toku, je nutné jej před spuštěním zadat do systému na pozici, v které se aktuálně nachází. Pro materiál, který je v bufferu to představuje vygenerování kanbanové karty a přiřazení potřebných informací k této kartě. Především pak číslo materiálu a počet kusů a podle charakteru kanbanového okruhu i další informace.

## **Odborná podpora**

Odborná podpora pro všechny úrovně uživatelů v kanbanovém okruhu musí být při spuštění systému být schopna reagovat na vzniklé požadavky, problémy či jakékoliv nejasnosti v kanbanovém okruhu. Pro koncové uživatele kanbanu jsou podporou administrátoři kanbanového okruhu. Pro administrátory kanbanu pak jsou to odborní poradci firmy, která je dodavatelem kanbanového řešení, popř. odborně vyškolení pracovníci zajišťující podporu informačního systému podniku.

## **7.9 Průběžná optimalizace kanbanového okruhu**

Snižování zásob v materiálovém toku má vliv na hospodaření podniku. Implementací kanbanu do materiálového toku není práce se systémem kanban hotova, ale je spíš uprostřed celého procesu. Neustálé zdokonalování je součástí japonské filosofie JIT a jedním z klíčů k prosazení podniku v globálním ekonomickém prostředí a boje s konkurencí. Pravidelnými audity kanbanu, zpracování požadavků a problémů z kanbanu a analýzami informací, které systém kanban poskytuje, se celý proces dále zdokonaluje.

Následující oblasti by měly být předmětem zájmu pro optimalizaci kanbanového okruhu:

- analýza důvodů vedoucím k použití jednorázových karet.

- analýza důvodu vedoucím k použití expresních karet.

- inventura kanbanových okruhů, srovnání systémového a fyzického stavu.

- vyhledání ztracených kanbanových karet, doplnění o ztracené karty.

- analýza výše zásob v kanbanovém okruhu (analýza, zda není v okruhu příliš málo nebo příliš moc karet)

- reakce na změny v požadavcích zákaznického pracoviště, doplnění o nový materiál, vyřazení nepoužívaného materiálu.

- Podněty od uživatelů kanbanu, nápady na zdokonalení kanbanového okruhu, reakce na dotazy a připomínky.

Všechny výše uvedené body je potřebné zpracovávat podle charakteru materiálového okruhu. Např. doplnění o karty pro nový materiál provádět při změně vyráběného sortimentu a inventuru v kanbanových okruzích např. podle inventury celého materiálového toku.

## **7.10 Reporting nad daty z kanbanového okruhu**

Výsledky reportů mohou částečně sloužit pro optimalizaci kanbanu, dále poskytují informace o charakteru kanbanového okruhu, o procesech v něm. Nedílnou součástí dat z kanbanu je reporting pro účely zpětné vystopovatelnosti. Druhy reportů nad daty z kanbanu lze rozdělit, podle skupin uživatelů, kterým mají sloužit:

### **Reporty pro koncové uživatele kanbanu**

Do této oblasti patří reporty sloužící k nalezení statusu materiálu, kde se nachází, seznam materiálu, který je na cestě do kanbanového zásobníku, seznam materiálu v kanbanovém zásobníku.

### **Reporty pro administrátory kanbanu**

Tyto reporty by měli sloužit k poskytnutí informací umožňující optimalizaci kanbanových okruhů. Do těchto reportů patří seznamy, které obsahují informace o době, jak dlouho se materiál nachází v kanbanovém zásobníku, výše zásob v kanbanovém okruhu, průměrná doba spotřeby zásoby z kanbanového okruhu, průměrná a maximální doba dodání materiálu do kanbanového okruhu, kanbanové karty, které nebylo možno vyskladnit, protože pro ně není ve skladu zásoba a další.

### **Reporty pro podporu řízení výroby**

Tyto reporty jsou provázané s další funkcionalitou podnikového informačního systému. Slouží k poskytnutí informací pro plánování nové výroby – jsou pro tento materiál nadefinovány kanbanové okruhy,....

### **Reporty pro ostatní oddělení**

Mezi ostatní reporty patří především reporty pro logistiku – kolik materiálu bylo na linku vyskladněno, dále pro controlling – vyskladňuje se podle kusovníků, pro kvalitu – data pro zpětnou vystopovatelnost v návaznosti na příjem materiálu.

## 8 Shrnutí a závěry, přínos pro teorii a praxi

Přestože je řešení materiálového toku kanbanovým systémem v praxi aplikováno již více než půl století, jeho přínos pro materiálový tok je velmi významný i dnes a jeho základy se využívají v mnoha moderních společnostech. Pro své vlastnosti a schopnosti řízení materiálového toku patří zavádění kanbanového systému k velmi často doporučovaným opatřením při optimalizaci materiálových toků a nákladů s nimi spojenými. Po nástupu zavádění a rozšiřování podnikových informačních systémů do materiálového toku dochází nyní také ke stále častějšímu zavádění elektronické podoby systému kanban.

Při analýze teoretických poznatků jsem narazil na skutečnost, že přestože je systém kanban v podnicích již po mnoho let, neexistuje na českém trhu literatura, kde by byl detailně popsán a rozčleněn. Většinou je jeho popis součástí obsáhlejších publikací o logistice, případně materiálovém hospodářství. Důvodem je pravděpodobně i fakt, že samotná filosofie kanbanu se může zdát poměrně jednoduchá a je spíše otázkou praxe, jak tento systém aplikovat do reálného života. Při takovéto aplikaci kanbanového systému dochází k drobným rozdílům logistického systému v závislosti na charakteru materiálového toku. Cílem této disertační práce je pomoci těm, kteří se pro implementaci elektronického kanbanu do materiálového toku rozhodnou.

Systém kanban v jeho elektronické podobě přináší podnikům, které jej implementovaly, další přidanou hodnotu ve srovnání s klasickým papírovým či plastovým kanbanem. Důležité pro dosažení očekávané funkcionality a přínosu kanbanového systému je především správné definování a nastavení všech jeho základních parametrů, jeho hladká a detailně plánovaná implementace, dodržování definovaných postupů a procesů a jeho zdárné začlenění do podnikového informačního systému.

### Výhody a nevýhody elektronického kanbanu

Lidé dělají chyby, v elektronickém kanbanu je možnost omezit vznik chyb a případné lidské chyby odhalit rychleji a s nižšími náklady než u kanbanu klasického, kartového. Výhody elektronického kanbanu proti klasickému kartovému kanbanu lze shrnout do těchto bodů :

- **Snížení stavu zásob** – zvýšení rychlosti materiálového toku a předávaných informací v kanbanovém okruhu se zvyšuje celková propustnost systému. To dovoluje definovat nižší optimální zásobu materiálu v elektronickém kanbanovém okruhu oproti klasickému kartovému.

- **Eliminace manuálních chyb** - Díky možnosti použití čárových kódů a RF technologií je sníženo riziko vzniku chyb způsobených nepřesným manuálním zadáváním informací na minimum.

- **Vyšší odolnost systému proti abnormalitám způsobených lidským faktorem (eliminace lidského faktoru)** - Systém znemožňuje manipulaci s definovaným optimálním množstvím materiálu v systému či jiné manuální úpravy procesů a postupů bez patřičných oprávnění. Předzásobením jednotlivých pracovišť není možné bez toho, aniž by byla změněna kmenová data v elektronickém kanbanu. Systém operátorovi nepovolí vytištění většího počtu kanbanových karet, než jaké je povoleno v kmenových datech a tím znemožňuje navýšení zásob v okruhu.

- **Ztráta kanbanové karty** – Zjistit, že došlo ke ztrátě plastové kanbanové karty je v klasickém kanbanu poměrně náročné. V elektronickém kanbanu odpovídá kanbanové kartě záznam v informačním systému. Tento záznam postupně nabývá statusy podle toho, jak je s ním v materiálovém toku nakládáno. Pokud dojde k chybě v materiálovém toku (opomenutá skenování), je taková ztráta odhalena při kontrole konzistence dat v systému. V tomto případě systém upozorní na odeslanou kanbanovou kartu s chybějícím potvrzením přijetí pracovištěm, které kartu mělo obdržet. Podle nastaveného opatření může systém automaticky vygenerovat nový požadavek.

- **Optimalizace počtu karet** – Změna množství kanbanových karet v oběhu se provádí prostou změnou kmenových dat. Umožňuje tak reagovat flexibilněji na změny v objemech materiálů manipulovaných kanbanovým okruhem a minimalizovat tak dodatečné vícenáklady spojené s takovými změnami.

- **Centralizace dat** - při sběru dat v elektronickém kanbanu jsou jednotliví klienti napojeni přímo na server, na kterém probíhá samotné zpracování dat. Před potvrzením každého úkonu jsou data o pohybu v kanbanovém okruhu přenesena na server, na kterém aplikace elektronického kanbanu běží. Jsou-li data centrálním serverem přijata, dostane klient zprávu o potvrzení transakce. Tím dojde k okamžitému přenosu informace o změně skutečnosti. Jakýkoliv další uživatel informačního systému má tedy okamžitý přehled o změnách v materiálovém toku.

- **Přístup k historickým datům** - Detailní a rychle dostupná historie dat sloužící k zajištění zpětné vystopovatelnosti při zjišťování původu materiálu. Centrálně uložená historická data slouží také pro průběžné analýzy správné funkčnosti systému, optimálního nastavení kmenových dat, průměrných, maximálních a minimálních zásob v oběhu a jiných skutečností, které napomáhají odpovědným administrátorům kanbanového systému průběžně aktualizovat a optimalizovat kmenová data a nastavení kanbanových procesů.

Elektronická podoba kanbanu má ale i své nevýhody:

- **Výpadky informačního systému** - Při výpadku informačního systému jej nelze použít, především pak při výpadcích během směn které nejsou pokryté standardní podporou pracovníků IT oddělení ( například o nočních a víkendových směnách).

- **Vyšší náklady při uvedení do provozu** - Vyšší počáteční pořizovací náklady na hardware, softwarové úpravy a náklady spojené se zaškolením zaměstnanců.

- **Možnosti vizualizace** – s eliminováním plastových kanbanových karet se v určitých momentech procesu snižuje transparentnost vizualizace, kterou použití plastových karet nabízí.

Porovnáním výhod a nevýhod elektronického kanbanového systému oproti klasickému kartovému systému přináší závěr, že elektronická verze dává podstatně více možností kontroly nad funkcí systému. Umožňuje podstatně vyšší úroveň flexibility procesů a pružnosti reakce na změnu podmínek v materiálovém toku. Elektronická verze kanbanového systému pomáhá minimalizovat slabá místa kanbanového systému v jeho původní, manuální podobě. Elektronický kanban, vhodně implementovaný do materiálového toku, nabízí moderní a sofistikované řešení optimalizace materiálových toků založené na původních principech kanbanového okruhu.

## **8.1 Stanovisko k potvrzení či vyvrácení hypotéz**

Na začátku práce jsem si stanovil následující hypotézy:

H1) Nasazením systému kanban do elektronické podoby lze optimalizovat okruhy, ve kterých není konstantní velikost přepravní jednotky.

H2) Implementací elektronického kanbanu do transportního kanbanového okruhu lze optimalizovat počet skladových pohybů nutných k zásobení zákaznického pracoviště.

H3) V materiálovém toku, kde je použit jak výrobní, tak transportní kanban, lze implementací kanbanu do elektronické podoby tyto dva kanbanové okruhy překlenout jedním okruhem. Transportní okruh při tom zůstává jako podmnožina nového „výrobně-transportního“ okruhu.

H4) Problémy sociologické jsou při realizaci kanbanu označovány jako nejzávažnější, implementací elektronického kanbanu je možné tyto problémy významně eliminovat.

H5) Implementace kanbanu do elektronické podoby přispívá k optimalizaci materiálového toku a tím i ke zlepšení ekonomických výsledků.

Hypotézy byly testovány pomocí kvalitativní a kvantitativní analýzy a pomocí simulačního softwarového nástroje.

Testováno pomocí	H1	H2	H3	H4	H5
Kvantitativní analýza				<b>x</b>	<b>x</b>
Kvalitativní analýza		<b>x</b>		<b>x</b>	
Simulační nástroj	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>		

Tab. č. 15: Použité nástroje pro testování jednotlivých hypotéz

Na základě výsledku kvantitativní a kvalitativní analýzy a na základě výsledků při použití simulačního nástroje můžu k jednotlivým vysloveným hypotézám zaujmout tato stanoviska:

**Hypotéza H1.** Pomocí simulačního nástroje jsem zjišťoval, zda je možno hypotézu H1 potvrdit nebo vyvrátit. Potvrdilo se, že výši zásob v okruhu, v kterém není konstantní velikost přepravní jednotky, lze pomocí nástrojů, které elektronický kanban nabízí, eliminovat. Ve dvou případech simulace prokázala, že průměrná výše zásob v elektronickém kanbanovém okruhu řízeného pomocí celkové výše zásob v oběhu je nižší než v kanbanovém okruhu řízeného počtem kanban karet v oběhu. Optimalizace takového okruhu v elektronickém kanbanu je větší pro ty okruhy, kde je větší rozdíl kusů v jednotlivých přepravkách. Hypotéza H1 je touto simulací **potvrzena**.

**Hypotéza H2.** Ověření, popř. vyvrácení platnosti hypotézy H2 mělo přinést zkoumání dat získané během kvalitativní analýzy a zpracované pomocí jedné z funkcí simulačního nástroje. Data získaná během kvalitativní analýzy a zpracovaná pomocí simulačního nástroje potvrdila, že počet skladových pohybů v transportním okruhu nutných pro zásobení zákaznického pracoviště lze optimalizovat. Je však nutná úprava počtu kanban karet v kanbanovém okruhu, tak aby byla bylo zajištěno plynulé zásobování zákaznického pracoviště. Hypotéza H2 je **potvrzena**.

**Hypotéza H3.** Hypotézu H3 jsem testoval pomocí simulačního nástroje. Výsledky simulace potvrdily, že vytvořením výrobně-transportního okruhu v elektronickém kanbanu lze snížit průměrnou zásobu materiálu v kanbanovém okruhu ve srovnání s klasickým kanbanovým okruhem řízeným počtem kanban karet v oběhu. Hypotéza byla **potvrzena**.

**Hypotéza H4.** Potvrzení nebo vyvrácení této hypotézy bylo součástí kvantitativního výzkumu i kvalitativního výzkumu. Oba dva výzkumy potvrdily, že lidský faktor je nejslabším prvkem kanbanového řetězce. Nasazením elektronického kanbanu lze použít kontrolní mechanismy, které tyto chyby eliminují. Hypotéza byla **potvrzena**.



**Hypotéza H5.** Jako u hypotézy H4, hledal jsem odpověď na tuto hypotézu pomocí kvantitativní analýzy. Výsledky kvantitativní analýzy tuto hypotézu **potvrdily**.

### **Přínos práce pro teorii**

- \* Porovnání klasického a elektronického kanban systému.
- \* Matematické porovnání modelů klasického a elektronického kanbanu
- \* Simulace specifických podmínek v elektronickém kanbanu, doporučení, kdy je vhodné tento systém implementovat a za jakých podmínek.
- \* Potvrzení / vyvrácení hypotéz práce.
- \* Vytvoření SW nástroje pro simulaci kanbanových okruhů, možnosti jeho dalšího použití a rozvoje.

### **Přínos pro praxi:**

- \* Popis systému obecného postupu implementace elektronického kanbanu do materiálového a informačního toku v podniku.
- \* Doporučení pro závod Continental Jičín pro další vývoj a optimalizaci elektronického kanbanu, návrh funkčního systému pro nasazení bezdrátových čteček do materiálového toku.
- \* Možnost použití simulačního nástroje pro modelování plánovaných kanbanových okruhů, popř. změn v těchto okruzích.

### **Podněty pro další výzkum:**

- \* Simulace nad optimalizací transportů při převozu materiálu. Tento požadavek vychází z environmentální politiky firmy. Simulace s cílem získání vyhodnocení podle nákladů na přepravu, podle vytíženosti přepravních jednotek, s možností aplikace transportních systémů typu milkrun.
- \* Další rozšíření funkcionality simulačního nástroje pro porovnání výše zásob v oběhu při různém nastavení výrobních kanbanových karet s ohledem na dobu přestavby na dodavatelském pracovišti.
- \* Další vývoj rozhraní pro sběr a zpracování skutečných dat z podnikového informačního systému. Mezi tato data patří informace o skutečných časech reakce dodavatelského pracoviště na předaný signál, skutečná doba manipulace a přesunu balící jednotky apod.
- \* Ověření doporučeného postupu pro implementaci elektronického kanbanu do materiálového toku a jeho doplnění o poznatky, se kterými se autor během své praxe nesetkal a tudíž v doporučení chybí.

## Slovníček pojmů

**Administrátor kanbanu** - správce kanbanu, pracovník navrhující a udržující kanbanový systém

**Buffer** - zásobník materiálu u zákaznického pracoviště, slouží k zajištění okamžitého dodání materiálu na zákaznické pracoviště.

**Dodavatelské pracoviště** - místo zajišťující dodávky materiálu - jedná se buď o výrobní pracoviště anebo jenom o sklad, pro případ práce se může jednat i o dodavatelskou firmu.

**Elektronický kanban** – je softwarová aplikace umožňující řízení materiálového toku dle principů systému kanban, využívající dat a IT infrastruktury podnikového informačního.

**FIFO princip** – první materiál vstupující do systému zároveň ze systému jako první vystupuje.

**Kanban-impuls** - signál pro dodavatelské pracoviště dodat materiál zákaznickému pracovišti.

**Kanban-karta** - médium předávající informace mezi dodavatelským a zákaznickým pracovištěm.

**Uživatel kanbanu** – dělník, resp. skladník zpracovávající kanbanové požadavky ve formě kanbanových karet nebo kanbanových impulsů.

**Zákaznické pracoviště** – příjemce materiálu, odběratelské místo, kde dochází ke spotřebě dodávaného materiálu.

**Zpětná vystopovatelnost** - zajištění vazby mezi dodávaným materiálem a hotovým produktem - databáze údajů jaký materiál od kterých dodavatelů z kterého čísla příjmu byl kdy a na které výrobní lince a s jakými parametry vyroben a kdy byl expedován kterému zákazníkovi.

## **Přehled zkratek**

**AFT** – Automated Flow Technology.

**FIFO** – First In First Out.

**JIT** – Just In Time.

**MES** - Manufacturing Execution System.

**MRP** – Material Requirements Planning.

**RTS (z ang. response time of supplier working station)** - reakční doba dodavatelského pracoviště.

**PCT (z ang. predictable customer time)** - čas na jak dlouho lze předpovídat požadavky zákaznického pracoviště se jistotou blížíící se 100%.

**PIS** – Podnikový informační systém.

**SF (z ang. safety time)** - rezervní čas.

**TPM** – Total prod. maintenance.

**TPS (z ang. Toyota production system)** - výrobní systém Toyota.

**TT (z ang. transport time)** - transportní čas.

## Literatura

- [1] Lu, David J., Kanban – Just in Time at Toyota (Toyota no genba kanri: kanban hoshiki no tadashii susumetkata), Tokyo, Japan Management Association, 1985, ISBN 0-915299-48-8.
- [2] Annan Krishnamurthy, Rajan Suri, Mary Vernon. Re – Examining the Performance of MRP and Kanban Material Kontrol Strategie for Multi – Produkt Flexible Manufacturing systeme. In. *The International Journal of Flexible Manufacturing Systeme 16, 2004*. Kluwer Academic Publisher, 2004 ss. 123 – 150, ISSN 0920-6299
- [3] Gershwin, S.B.: Kanban- An Integrated JIT System, The Free Press, New York, 1996
- [4] Mašín , I., Vytlačil, M., Cesty k vyšší produktivitě, Institut průmyslového inženýrství, Liberec, 1996.
- [5] Vytlačil, M., Mašín , I., Staněk, M., Podnik světové třídy, Institut průmyslového inženýrství, Liberec, 1997, ISBN 80-85943-35-9.
- [6] Schulte, CH., Logistika, Praha, Victoria Publishing Praha, 1994, ISBN 80-85605-87-2.
- [7] Lambert, D. M., Stock J. R., Ellram L. M.: Logistika. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-221-1.
- [8] Drahotský, L., Řezníček, B.: Logistika – procesy a jejich řízení. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-7226-521-0
- [9] Logistika – měsíčník Hospodářských novin. 1999 – 2006. Praha: Economia, a. s. ISBN 1211-0957
- [10] Business Center, [online]. Dostupné na www: <http://business.center.cz/business/pojmy/pojem.asp?id=970>
- [11] Economic Wizard. <http://www.ewizard.cz/slovník/logistika-strategie-racionalizace-k.html>
- [12] Gregor M., Košturiak J.: Podnik v roce 2001-revoluce v podnikové struktuře, Grada Praha 2001, ISBN 80-7169-003-1
- [13] Bilík, T.: Projekt Barumban. [Diplomová práce]. Zlín 1998. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta managementu a ekonomiky se sídlem ve Zlíně
- [14] Nomura, J., Takakuwa, S.,: Module-based modeling of flow-type multistage manufacturing systeme adopting dual-card kanban system. Nagoya University, Japan. 2004.
- [15] POLÁŠKOVÁ, M. Význam metod průmyslového inženýrství pro restrukturalizaci konkurenceschopných. Disertační práce. Zlín: Univerzita

- Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta managementu a ekonomiky ve Zlíně. 2007. bez ISBN
- [16] Pavlica, K a kol. Sociální výzkum, podnik a management. Praha: Ekopress 2000. ISBN 80-86119-25-4
- [17] Kvantitativní výzkum, [online]. [cit. 2.3.2008]. Publikováno 2007. Dostupné na www: <<http://cs.wikipedia.org/wiki>>
- [18] Sixta, J., Mačát, V. Logistika - teorie a praxe. První vydání. Brno“ CP Books, a.s. 2005. ISBN 80-251-0573-3
- [19] Wikipedia Kanban, [online]. [cit. 1.5.2008]. Dostupné na www: <<http://en.wikipedia.org/wiki/kanban>>
- [20] When does it make sense to move to an e-kanban system? [online]. Dostupné na www: <<http://www.industryweek.com/ReadArticle.aspx?ArticleID=11009>>
- [21] Gross, John M., Kenneth, McInnis R., Kanban Made Simple Demystifying and Applying Toyota’s Legendary Manufacturing Process, New York, American Management Association, 2003, ISBN 0-8144-0763-3.
- [22] Systémy Logistiky. Měsíčník 2003 – 2006. Praha: Atoz Marketing Services spol s r.o.

## CV s přehledem publikací

**Jméno:** Tomáš Bilík  
**Adresa:** L.Janáčka 968, 50601 Jičín  
**E-mail:** tomas@bilik.cz  
**Narozen:** 11 srpna 1975, Uherské Hradiště  
**Rodinný stav:** ženatý

### Vzdělání

**Gymnázium Uherské Hradiště** **1989 - 1993**  
Maturita: čeština, angličtina, matematika, fyzika 1993  
**Fakulta Managementu a Ekonomika Zlín při VUT Brno** **1993 - 1998**  
Bc., práce na téma personální management, firma Baťa 1996  
Ing., Práce na téma BarumBan (aplikace kanbanu v Barumu) 1998

### Zaměstnání

**Continental Teves Czech Republic s.r.o.** **1998 -dosud**  
Informační logistika (podpora logistických procesů v IS) 1998 - 2004  
Informační technologie 2004 – dosud

### Publikační činnost

- 1) Bilík, Tomáš. 2003. „Elektronická podoba metody kanban“. *Management, economic and business in new Europe*. Brno, 25.4.2003, ISBN 80-214-2382-X.
- 2) Bilík, Tomáš. 2003. "Kanban reguluje toky výrobního materiálu". *Systémy Logistiky*. Praha. Duben 2003.
- 3) Bilík, Tomáš. 2002. „Kanban – nástroj pro řízení materiálového toku“. *Mezinárodní logistická konference EASTLOG 2002* - Praha, 31.10.2002.
- 4) Bilík, Tomáš. Vávra, Petr. Leksa, Jiří. „Kontinuální zlepšování na výrobních linkách". *10 národní fórum o produktivitě*. Liberec, 21.10.2005.
- 5) Bilík, Tomáš. Thorovský Milan. „Kanban – cesta k optimalizaci skladových zásob". *Logistika v automobilovém průmyslu 2008*" Praha, 30.09.2008.

## Seznam příloh

- Příloha A – Průvodní dopis kvantitativního výzkumu
- Příloha B – Dotazník kvantitativního výzkumu
- Příloha C – Seznam organizací začleněných do kvantitativního výzkumu
- Příloha D – Seznam organizací začleněných do kvalitativního výzkumu
- Příloha E – Doporučení dalšího vývoje elektronického kanbanu pro závod Continental JC.
- Příloha F – Srovnání rozdílných IS s řešením kanbanu
- Příloha G – Zdrojový kód simulačního modulu kanban

## **Příloha A: Průvodní dopis kvantitativního výzkumu**

Dobrý den,

obracím se na Vás s prosbou o vyplnění přiloženého dotazníku. Jsem studentem doktorandského studijního programu na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně a v současné době provádím kvantitativní výzkum v rámci mé disertační práce z cílem zmapovat využití metod průmyslového inženýrství v podnicích gumárenského a plastikářského průmyslu na území ČR.

Výsledky z dotazníku, jehož vyplnění Vám zabere necelých 10 min, budou zahrnuty do výzkumu na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně, Ústavu průmyslového inženýrství. Získané informace budou uváděny zcela anonymně. Pokud budete mít o výsledky výzkumu zájem, vyjádřete své přání v dotazníku. Po zpracování Vám budou informace zaslány emailem. Prosím o zaslání vyplněného dotazníku buď na email, nebo poštou - kontakty viz. níže.

Pokud budete mít jakýkoliv dotaz, nejasnost či připomínku, neváhejte se na mě obrátit.

Děkuji Vám za Vaši ochotu vyplnit přiložený dotazník a vypomocet tím k získání informací k mé závěrečné práci.

S pozdravem a přáním příjemného dne

Ing. Tomáš Bilík

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta managementu a ekonomiky

Mostní 5139

760 01 Zlín

Tel.: 602 325 206

email: [tomas@bilik.cz](mailto:tomas@bilik.cz)

adresa pro korespondenci:

L. Janáčka 968

50601 Jičín



## Příloha B: Dotazník kvantitativního výzkumu

### Dotazník

Využití systému kanban v podnicích  
gumárenského a plastikářského průmyslu v ČR.

Správnou odpověď uveďte prosím křížkem, popř. uveďte text do vyznačeného textového pole.

#### 1) Počet zaměstnanců Vaší firmy

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1-49 zaměstnanců    | <input type="checkbox"/> 500-999 zaměstnanců     |
| <input type="checkbox"/> 50-99 zaměstnanců   | <input type="checkbox"/> 1000-1499 zaměstnanců   |
| <input type="checkbox"/> 100-249 zaměstnanců | <input type="checkbox"/> 1500-1999 zaměstnanců   |
| <input type="checkbox"/> 250-499 zaměstnanců | <input type="checkbox"/> 2000 a více zaměstnanců |

#### 2) Právní forma podnikání

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> akciová společnost            | <input type="checkbox"/> veřejná obchodní společnost |
| <input type="checkbox"/> společnost s ručením omezeným | <input type="checkbox"/> družstvo                    |
| <input type="checkbox"/> jiná (uveďte):                | <input type="text"/>                                 |

#### 3) Největší část Vaší produkce směřuje do:

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> automobilový průmysl  | <input type="checkbox"/> plastikářský průmysl     |
| <input type="checkbox"/> potravinářský průmysl | <input type="checkbox"/> elektrotechnický průmysl |
| <input type="checkbox"/> gumárenský průmysl    | <input type="checkbox"/> zemědělství              |
| <input type="checkbox"/> jiná (uveďte):        | <input type="text"/>                              |

#### 4) Používáte ve svém materiálovém toku systém kanban – tahový systém řízení a plánování výroby?:

- ano                       ne, ale plánujeme                       ne

Pokud je Vaše odpověď na otázku č.4 „ne“, jděte na část „doplňující informace k dotazníku“ dotazníku.

**5) Používáte interní kanban**

- ano  ne, ale plánujeme  ne

**6) Používáte externí kanban při komunikaci s Vašimi dodavateli?**

- ano  ne, ale plánujeme  ne

**7) Používáte externí kanban při komunikaci s Vašimi zákazníky?**

- ano  ne, ale plánujeme  ne

**8) Používáte transportní kanban?**

- ano  ne, ale plánujeme  ne

**9) Používáte výrobní kanban?**

- ano  ne, ale plánujeme  ne

**10) Používáte elektronický kanban?** (Za elektronický kanban lze označit takový kanbanový okruh, kdy nějaká část v kanbanovém okruhu je přenášena prostřednictvím podnikového informačního systému.)

- ano, používáme výhradně elektronický kanban  
 ano, ale vedle elektronického kanbanu používáme i kartičkový kanban  
 ne, elektronický kanban nepoužíváme, ale jeho nasazení plánujeme  
 ne

**11) Pokud používáte elektronický kanban, který z výroků nejlépe popisuje Vaše řešení:**

- kanban je součástí externě nakoupeného informačního systému  
 řešení kanban bylo do informačního systému doprogramováno na zakázku  
 používáme vlastní řešení pro řízení materiálového toku kanbanem  
 kanban v informačním systému nepoužíváme

- máme jiné řešení  
(uveďte):

12) Pokud používáte kartový kanban, jaká jsou podle Vás slabá místa tohoto řešení? Jednotlivá čísla značí míru významnosti: 1 = není slabým místem až 5 = jedná se o skutečně slabé místo řešení.

	1	2	3	4	5
Ztráta kanbanové karty.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kvalita materiálu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chybně nadefinované počty kanban karet v kanbanových okruzích	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Obsluha kanbanu, jejich chyby, neporozumění signálům z kanbanu,....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nedostatečná kapacita dodavatelského pracoviště.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jiná slabá místa (prosím uveďte jaká): <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%; margin-top: 5px;"></div>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kartový kanban nepoužíváme. <input type="checkbox"/>					

13) Pokud používáte elektronický kanban, jaká jsou podle Vás slabá místa tohoto řešení. Jednotlivá čísla značí míru významnosti: 1 = není slabým místem až 5 = jedná se o skutečně slabé místo řešení.

	1	2	3	4	5
Chybně nadefinované počty kanban karet v kanbanových okruzích.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plánované výpadky informačního systému (pravidelná údržba systému, off-line zálohy, apod.).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Neplánované výpadky informačního systému (poruchy HW, poruchy spojení s informačním systémem, apod.).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Obsluhující personál – koncoví uživatelé systému, operátoři logistiky.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Správci systému, administrátoři kanbanových okruhů.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nedostatečná kapacita dodavatelského pracoviště	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Jiná slabá místa (prosím uveďte jaká): <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektronický kanban nepoužíváme. <input type="checkbox"/>					

**14) Pokud používáte elektronický kanban, máte řešení pro případ výpadku informačního systému? Zatrhňte možnost, která nejlépe popisuje Vaši situaci. Je možné zatrhnout více odpovědí:**

- V případě výpadku informačního systému přejdeme plynule na záložní řešení.
- V případě výpadku informačního systému přejdeme s problémy na záložní řešení (výpadky výroby, potřeba dodatečných lidských zdrojů,...).
- Záložní řešení nemáme, ale kdybychom jej měli, v případě nutnosti bychom jej použili.
- Záložní řešení nemáme, je pro nás příliš nákladné.
- Záložní řešení nepotřebujeme, v případě výpadku informačního systému se zastaví i další části materiálového toku.
- Záložní řešení nemáme, protože jej nepotřebujeme, s výpadky informačního systému problémy nemáme.

**15) Může podle Vás přechod kanbanu z kartové formy do elektronické podoby snížit zásoby v materiálovém toku?**

- Ano, mám s tím vlastní zkušenost.
- Myslím se, že ano, ale vlastní zkušenost nemám.
- Nevím.
- Myslím si, že ne, ale vlastní zkušenost nemám.
- Ne, mám s tím vlastní zkušenost.

**16) Může podle Vás přechod kanbanu z kartové formy do elektronické podoby snížit počet manuálních chyb, kterých se dopustí obsluha kanbanových okruhů?**

- Ano, mám s tím vlastní zkušenost.
- Myslím se, že ano, ale vlastní zkušenost nemám.
- Nevím.
- Myslím si, že ne, ale vlastní zkušenost nemám.
- Ne, mám s tím vlastní zkušenost.

**i) Souhlasíte s rozhovorem o Vašich zkušenostech, které se systémem kanban máte?** Rozhovor by trval cca půl hodiny. Byl by realizován při osobní návštěvě, popř. telefonicky.

ano

jméno:

kontakt:

ne

===== Doplňující informace k dotazníku =====

Následující informace jsou nepovinné a slouží pro zajištění zpětné vazby pro respondenta, popř. k dalšímu kontaktu do budoucnosti.

**ii) Mám zájem o výsledky z tohoto průzkumu:**

ano

ne

Pokud „ano“ uveďte Váš e-mail, na který Vám výsledky průzkumu zašlu:

e-mail:

**iii) Chci, aby mnou uvedené informace zůstaly anonymní**

ano

ne

Pokud „ne“, můžete uvést název společnosti:

název společnosti:

**Děkuji velmi za Váš čas a ochotu zúčastnit se tohoto výzkumu.**

Ing. T. Bilík

## **Příloha C: Seznam organizací začleněných do kvantitativního výzkumu.**

Faurecia Interior Systems Bohemia s.r.o.  
GDX Automotive  
Renol CZ, s.r.o.  
Alcan Packaging Skřivany, s.r.o.  
AZ Plastik, s.r.o.  
Lithoplast, s.r.o.  
CZ Plast, s.r.o.  
Plastkov MR, a.s.  
Hebra, s.r.o.  
SP Plast, s.r.o.  
Iberofon CZ, a.s.  
IMG Bohemia, s.r.o.  
K.D.O. servis, s.r.o.  
Kablo Elektro, a.s.  
Alfa Plastik, a.s.  
Mosev plast, s.r.o.  
Produkt Systems, s.r.o.  
PWO Unitools CZ, a.s.  
Schwartz Technické Plasty ČR, s.r.o.  
Kordárna, a.s.  
C.M.B., s.r.o.  
Zlín Precision, s.r.o.  
Adis Tachov, zpracování plastů, s.r.o.  
Grafiteam spol. s r.o.  
K & S, s.r.o.  
Royal Plast, s.r.o.  
TIÚ-Plast, a.s.  
Volf & Co, s.r.o.  
Trcz, s.r.o.  
Peguform Composites, s.r.o.  
Mitas, a.s.

## **Příloha D: Seznam organizací začleněných do kvalitativního výzkumu.**

Faurecia Interior Systems Bohemia s.r.o.  
Peguform Composites, s.r.o.  
Siemens Automobilové systémy s.r.o.  
C.S.Cargo s.r.o.  
Continental Teves Czech Republic s.r.o.  
Continental Teves Mexicana

## **Příloha E: Doporučení dalšího vývoje elektronického kanbanu v závodě Continental Teves JC.**

Tato příloha vychází jako původní zadání práce pro doktorské studium, jejím cílem je nasazení systému, který minimalizuje rizika spojená s materiálovým tokem přes kanbanové okruhy, optimalizuje použití systému a navrhne řešení pro další vývoj systému s ohledem na aktuální požadavky na systém. Vychází z analýzy SWOT jičínského závodu firmy Continental Teves, reaguje na výsledky analýzy SWOT a dává doporučení především v těchto oblastech:

- Možnost nasazení RF čteček do kanbanových okruhů. Cílem je snížení počtu pohybů operátorů při skenování údajů z kanbanových karet. Ty se v současnosti skenují na fixním pracovišti společném pro několik kanbanových regálů. Druhým cílem nasazení čteček je eliminace rizika spojeného s nepřesným nebo chybějícím skenováním údajů pro zpětnou vystopovatelnost. Data v tabulce zpětné vystopovatelnosti jsou časově posunutá oproti skutečné spotřebě na lince. Časový údaj pro zpětnou vystopovatelnost je ve skutečnosti čas vyskladnění přípravářem materiálu na linku. Bedna s materiálem zde ale čeká, než je spotřebována předchozí přepravka. To zvyšuje rozsah postižených výrobků při reklamaci dílů od dodavatele. Tento posun může být i více než jednu hodinu, což v mnoha případech znamená více než 100 vyrobených posilovačů => při reklamaci to může snížit počet stahovaných aut od zákazníků i více než o 100 kusů. V případě chybějícího skenování je riziko podstatně vyšší.

- Automatická systémová kontrola materiálu vyskladňovaného z kanbanového zásobníku na linku proti kusovníku aktuálně vyráběného produktu na dané lince. Cílem je minimalizace možnosti záměny podobných dílů, především pak u kanbanových zásobníků sdílených mezi více výrobními linkami.

- Snížení skladových pohybů definicí minimálního počtu kanbanových karet nutných pro zahájení procesu vyskladnění materiálu z centrálního skladu.

- Doporučení možného snížení počtu kanbanových karet na základě minimálního množství balících jednotek v okruhu (podle dat z tabulky historie karet). Výstupem je report určený pro administrátory kanbanových okruhů.

- Reakce na změny v tabulce přebalování, při změně množství není možné pružně reagovat. Cílem řešení je eliminace chybně vyskladněného množství v případě změny množství v přepravce.

- Vytvoření reportu „přeskočených“ kanbanových karet. Každá takováto karta má za následek nedodržení principu FIFO a je nutné eliminovat veškeré příčiny jejich vzniku.

- Zdokonalení náhradního systému pro případ výpadku IS SAP. Jak již bylo zmíněno v části o nevýhodách elektronického kanbanového systému, výpadky systému jsou jedním z nejvážnějších rizik běhu celého systému a proto



je nutné věnovat zajištění funkčnosti systému při výpadku PIS zvláštní pozornost.

- Skenování balících jednotek odebíraných z linky – buď prázdných popř. s odebraným množstvím při zaskladnění zpět do kanbanového zásobníku (zpřesnění pro záznamy zpětné vystopovatelnosti).

- Historie změn v kmenových datech kanbanu, včetně uživatelského ID. Jakákoliv změna v kmenových datech kanbanu je v současnosti bez možnosti dohledání kdo, kdy a proč změnu provedl. Cílem je evidence a kontrola změn prováděných na kmenových datech, s evidencí uživatele, který změnu provedl, kdy ji provedl a textovou poznámkou, proč ke změně došlo.

- Ošetření systému proti chybám uživatelů a administrátorů kanbanu – neúmyslné, ale i záměrné. Používáním a analýzou historických údajů o provedených změnách kmenových dat materiálů v kanbanovém okruhu a následnou reakci systému na takovéto změny lze využít pro získávání nových informací o vlastnostech definovaného kanbanového okruhu. Tyto nové vědomosti a poznatky získané přímo z dat praktického běhu systému lze pak dále využít k pokročilejší optimalizaci nastavení procesů a kmenových dat.

- Nahrazení jednorázové tištěné kanbanové karty. V současnosti se při vytvoření požadavku na doplnění kanbanového okruhu vytiskne kanbanová karta. Ta, mimo jiných informací, obsahuje v podobě čárového kódu číslo kanbanové karty, která materiál jednoznačně identifikuje v následujícím materiálovém toku. Cílem tohoto kroku je eliminovat nutnost existence této jednorázové papírové kanbanové karty, a místo ní jako identifikaci materiálu v systému využít již existující standardní označení balící jednotky materiálu přímo od dodavatele. Tím dojde k úspoře nákladů souvisejících s náklady na tisk kanbanových karet a k eliminaci dalšího místa možného vzniku chyby způsobené lidským faktorem (chybně umístěná kanbanová karta, ztracená kanbanová karta apod.)

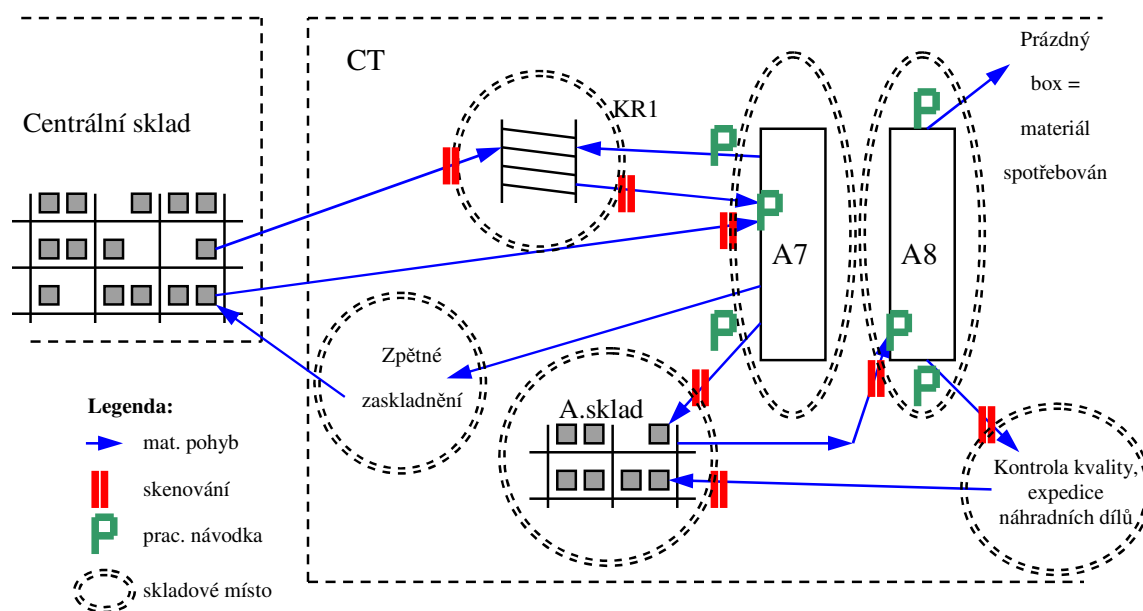
Navrhované úpravy systému jsou spojeny s realizací několika kroků. Tyto kroky jsou blíže rozepsány v následující části.

### **Krok A: Implementace projektu „Elektronické pracovní návodky“ a jeho rozšíření o sběr dat pro zpětnou vystopovatelnost.**

V roce 2009 plánuje firma vývoj systému, který by umožnil sběr informací pro MES (Manufacturing Execution Systems) používaný ve výrobě k jejímu řízení. Ten by měl na každém pracovišti s manuální obsluhou k dispozici terminál, který by sbíral informace o průběhu výroby a zároveň pro danou obsluhu zobrazoval informace o pracovních postupech podle vyráběného typu. Cílem implementace systému elektronických pracovních návodků je poskytnutí informace v reálném čase o aktuálním průběhu výroby všem zainteresovaným složkám organizace.

Doporučení autora práce je rozšíření systému elektronických pracovních návodků o funkcionalitu zadávání informací nutných pro zpětnou vystopovatelnost. Data pro vystopovatelnost by se zadávala přímo v místě skutečné spotřeby materiálu a to v okamžiku spotřeby materiálu. V současnosti je tato informace dostupná pouze v okamžiku vyskladnění materiálu z kanbanového zásobníku. Skutečná spotřeba materiálu však probíhá na lince později, někdy až v řádu desítek minut. Data pro zpětnou vystopovatelnost se pro boosterové linky nyní zadávají na 5 místech, kde se účtují kanbanové pohyby. Budoucí systém počítá se zadáváním dat na 360 místech, tedy všude, kde jsou pracoviště boosterových linek s manuální obsluhou a kde bude implementován terminál pro pracovní návodky. Návrh systému budoucího stavu popisuje následující obrázek.

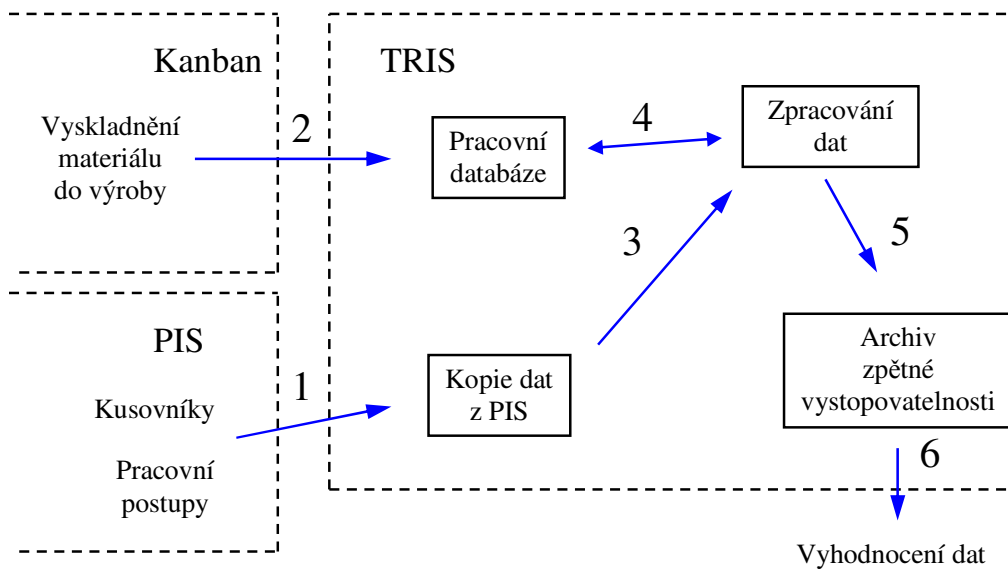
### Provázání systému kanbanu s el. pracovními návodkami



Obr. č. 22: Návrh spojení systému kanbanu s el. pracovními návodkami

Očekávaný postup při zadávání dat je dle obrázku následující: Materiál je vyskladněn z centrálního skladu (dodavatelského pracoviště) do kanbanového zásobníku u zákaznické linky. V případě požadavku na zákaznické lince na tento materiál, je přepravka s materiálem přeskladněna na tuto linku. Při přeskladnění je v systému kanban naskenováno číslo kanbanové karty. V navrhovaném systému je po naskenování číslo karty spolu s číslem materiálem předáno systému pro sběr dat pro zpětnou vystopovatelnost na terminál pracovní návodky. Pracovní název systému je TRIS (TRacebility Information System). Navrhovaný informační tok v systému TRIS ukazuje následující obrázek.

## Návrh systému pro zpětnou vystopovatelnost



Obr. č. 23: Navrhovaný informační tok v systému pro zpětnou vystopovatelnost

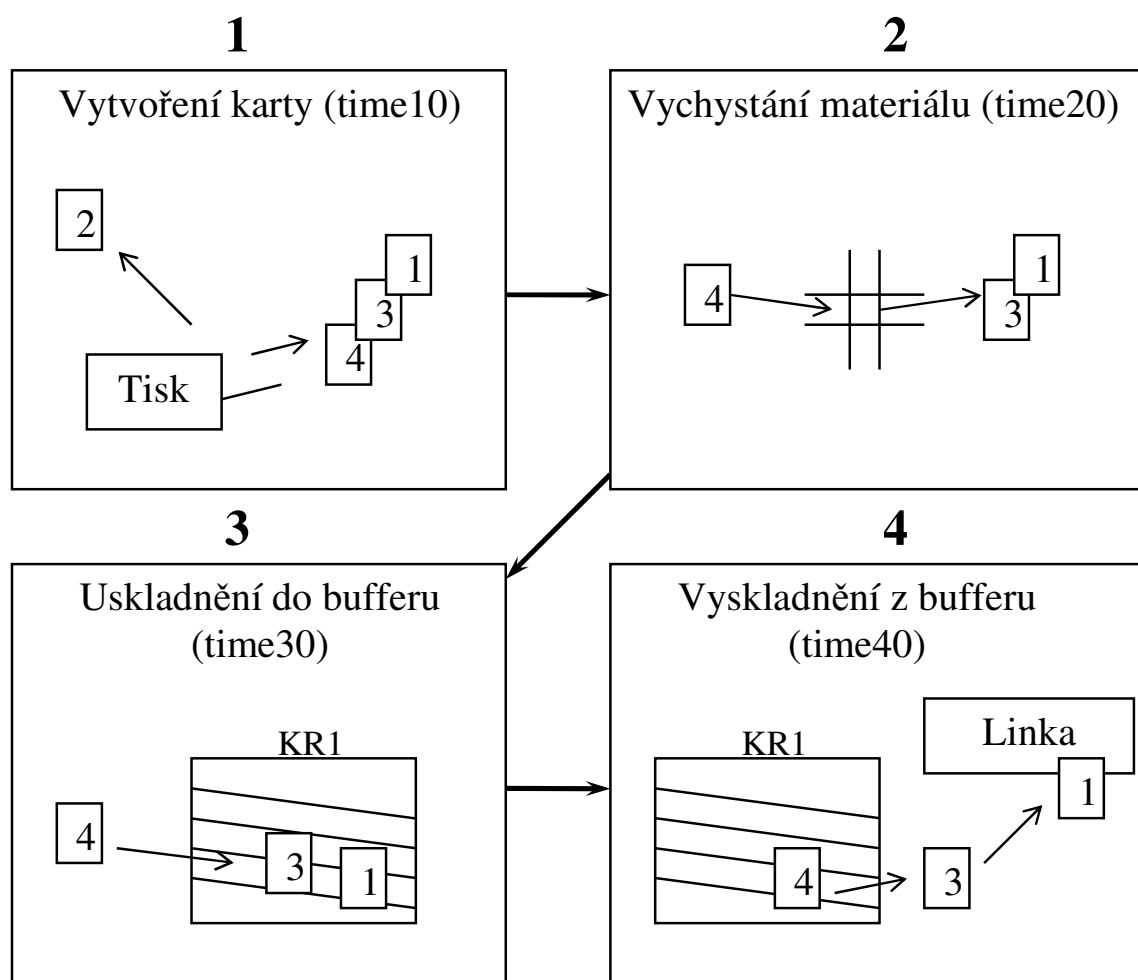
Data nutná pro běh TRIS jsou z podnikového informačního systému kopírována do databáze TRIS (viz krok 1 v předchozím obrázku). Jedná se o kusovníky materiálu a pracovní postupy pro jednotlivá pracoviště na výrobní lince. Z těchto dat je použita vazba mezi vyráběným materiálem a pracovištěm. V případě požadavku na materiál na lince je materiál přeskladněn z kanbanového zásobníku do výroby (krok 2). Při tomto přeskladnění předává systém kanban údaje o čísle kanbanové karty a čísle materiálu systému TRIS. TRIS je ukládá do pracovní databáze. Pracovní databáze je seznam požadavků, které má obsluha stanice přidělit vyráběnému sortimentu v čase. Systém podle údajů z kusovníků a pracovních postupů (krok 3) vybere jen ty kanbanové karty, které byly uloženy do pracovní databáze a odpovídají vyráběnému číslu materiálu (krok 4). Ty nabídne obsluze pracovní stanice k přiřazení do výroby. Pokud je operátor na stanici označí, ukládají se informace o přiřazených kanbanových kartách do archivu zpětné vystopovatelnosti (krok 5). Při ukládání do databáze je jednotlivým údajům přiřazena reference na původ materiálu. Pro nakupované díly je to číslo materiálu, pro interně vyráběné díly reference na číslo účtování výroby a datum účtování.

### **Krok B: Systém KEWS – Kanban Early Warning System.**

**Report 1: Report pro přehled „přeskočených“ kanbanových karet (dodržování principu FIFO u kanbanových karet).**

Při vychystávání požadavků na doplnění kanbanových zásobníků dle kanbanových transportních karet z centrálního skladu dochází ke ztrátám karet.

Nemusí jít jenom o ztrátu, ale například o opomenutí karty, o její založení, zničení a pod. Chybějící karta snižuje množství materiálu v oběhu v kanbanovém okruhu a může vézt až k zastavení zákaznické linky z důvodu nedostatku materiálu v kanbanovém zásobníku. V lepším případě, pokud se taková chyba opakuje a není včas odstraněna, se naučí administrátoři kanbanových okruhů na ni reagovat tím, že navýší množství kanbanových karet v oběhu. Po odhalení chybějících karet nedojde k ponížení počtu kanban karet a výsledkem je vyšší množství materiálu v oběhu. Z tohoto důvodu je nutné zjistit chybějící karty co nejdříve a na vzniklou ztrátu reagovat. Následující obrázek blíže popisuje výchozí situaci pro dohledání ztráty kanbanové karty.



Obr. č. 24: Sběr dat pro report přeskočených karet

Následující text blíže popisuje situaci zobrazenou v obrázku. Nejprve dojde k vytvoření nového požadavku na vychystání materiálu v podobě kanbanové karty (krok 1). Na obrázku je zobrazen tisk 4 kanbanových karet – čísla 1,2,3,4. Karta č. 2 je omylem založena a materiál podle ní není vychystán.

kanban	matnr	quantity	Time10	time20	time30	time40
1	1234	250	10	1000	2000	3000
2	1234	250	20	NULL	NULL	NULL
3	1234	250	30	1030	2030	3030
4	1234	250	40	1040	2040	3040
5	1234	250	50	1050	2050	NULL
6	1234	250	60	1060	2060	3060
7	1235	250	10	1000	2000	3000

*Tab. č. 16: Příklad vstupních dat pro report přeskočených kanbanových karet*

Výstupem reportu je tabulka zobrazující problematické karty.

matnr	kanban	skip
1234	2	3
1234	5	1

*Tab. č. 17: Příklad výstupu reportu přeskočených karet*

## **Příloha F: Srovnání rozdílných IS s řešením kanbanu**

Součástí této přílohy je analýza různých řešení elektronického kanbanu v informačních systémech. Při analýze informačních systémů s implementovaným modulem pro kanban jsem upustil od původního záměru srovnání různých IS na trhu s ERP. Důvodem je skutečnost, že většina podnikových IS charakteru ERP nemá v sobě implementovány prvky pokročilých metod plánování a rozvrhování výroby a problematikou kanbanu se zabývá jen okrajově (forma tisku karet jako průvodek materiálového toku). Samotný problém řešení elektronického kanbanu ve vazbě na podrobné operativní sledování výroby má charakter patřící spíše do kategorie MES (Manufacturing Execution Systems) specifických pro jednotlivá podniková řešení. Z těchto důvodů se práce věnuje 4 různým řešením elektronického kanbanu implementovaných v různých závodech firmy Continental.

Proč je v jedné firmě celosvětově tolik různých řešení kanbanu v IS? Odpověď na tuto otázku je nutno hledat v historickém vývoji firmy. Pro zjednodušení jsem jednotlivé řešení nazval řešeními A, B, C a D.

### **Řešení A**

Toto řešení je historicky první. Vzniklo v roce 1998 a jedná se o zákaznický modul vytvořený jako součást standardního podnikového IS. Využívá funkcionality IS, pro potřeby kanbanového systému definuje své vlastní datové tabulky nutné pro vytvoření kanbanového okruhu a pro správu dat jednotlivých položek materiálového kanbanového okruhu. Tam, kde funkcionality IS nestačí definuje své vlastní funkce pro reportování dat.

Nevýhody:

- \* Aktualizace PIS na novou verzi – Tento modul je vytvořený jako lokální nadstavba nad původním PIS, řešící funkcionality elektronického kanbanového systému pouze pro jeden závod. Jako taková není tato nadstavba a její funkcionality zohledněná při standardních globálních aktualizacích PIS. Toto znamená, že při každé takovéto aktualizaci PIS je nutno kontrolovat a upravovat funkcionality tohoto řešení elektronického kanbanového systému.

- \* Znalost SW řešení je vázána na dodavatelskou firmu. Přejít k jinému servisnímu subjektu s sebou nese dodatečné náklady pro transfer know-how.

- \* Dodavatel PIS negarantuje funkcionality lokálního řešení kanbanu.

- \* Chybí rozhraní pro možnost nasazení bezdrátových technologií na straně klienta. Vývoj takového rozhraní byl spojen s nutností další investice do tohoto nestandardního a korporátní správou PIS nepodporovaného řešení.

## Řešení B

Reakcí na problémy při aktualizaci PIS je řešení elektronického kanbanu, které bylo implementováno v nově vznikajícím závodě na zelené louce v roce 2003. Návrhem řešení je systém, který pro definici kanbanových okruhů používá pouze standardní funkcionalitu podnikového PIS. Nedefinuje žádné vlastní tabulky, využívá standardních tabulek a základních funkcí, nemá však svůj vlastní nástroj na vytváření reportů.

Nevýhody:

\* Záměrem použití tohoto řešení bylo využití pouze funkcí vlastního PIS. To bohužel vedlo k násilnému přizpůsobování původně zamýšlené funkcionality elektronického kanbanového systému tak, aby bylo možné tuto funkcionalitu pokrýt standardním PIS.

V řešení A je definován počet kanbanových karet v oběhu parametrem v kmenových datech materiálu pro kanbanový okruh a tento údaj je uložen v nově definované tabulce. Záměrem řešení B bylo eliminovat jakoukoliv nově definovanou funkcionalitu včetně vytváření nových tabulek, proto je v řešení B chápán počet kanbanových karet v okruhu jako součet skladových potřeb, skladových příkazů a obsazených skladových pozic v kanbanovém regálu u zákaznického pracoviště. Při odběru materiálu zákaznickým pracovištěm z kanbanového zásobníku je vygenerována skladová potřeba, která doplní odebraný materiál. Pokud je ale materiál odebrán z kanbanového zásobníku jinou než povolenou cestou – např. při inventuře nebo při manuálním odběru, není tento materiál automaticky doplněn a je nutný zásah správce kanbanu. Tato skutečnost činí řešení B velmi náchylným na možnost neplánovaného snížení množství materiálu v oběhu. Při takovémto snížení pak dochází k opožděnému dodání materiálu na zákaznické pracoviště, v horším případě pak k zastavení zákaznického pracoviště z důvodu nedostatku výrobního materiálu.

## Řešení C

Dodavatel PIS oznámil spuštění modulu s vlastním řešením elektronického kanbanu. To je v současnosti zkoumáno a bude implementováno do materiálového toku nově vznikajícího závodu. Protože dodavatel potřebuje řešením elektronického kanbanu pokrýt rozdílné požadavky svých zákazníků, je jeho řešení poměrně obsáhlé s možností implementace do rozdílných materiálových toků. Pro nastavení specifických podmínek zákazníka používá PIS tzv. customizační tabulky. Jejich nastavení vyžaduje hlubokou znalost systému a je velmi citlivé na změny. Toto nastavení se provádí při implementaci a při případných změnách funkčnosti systému. Při normálním běhu systému není potřeba do těchto nastavení zasahovat.

Nevýhody:

Řešení dodavatele PIS nemá v současné době vyřešenu funkcionalitu pokrývající zpětnou vystopovatelnost. Tato funkcionalita je však jedním ze základních požadavků kvalitativních norem a TQM (Total Quality Management)

## Řešení D

Poslední analyzované řešení je poněkud odlišné od předcházejících modulů. Jedná se o náhradní systém pro použití v případě výpadku podnikového IS. Toto řešení je implementováno lokálně, což ho činí dostupnějším v případě výpadku PIS, a lze ho využít taktéž při ztrátě konektivity s centrálním server PIS. Jeho realizace spadá historicky do období po zavedení řešení A, jako požadavek na funkcionalitu při výpadcích PIS.

Výpadek IS může být plánovaný, popř. neplánovaný. Podle toho se řídí přenos dat potřebných pro běh záložního řešení elektronického kanbanu. V případě plánovaného výpadku dojde nejprve k odpojení uživatelů od primárního PIS, poté se přenesou data potřebná pro běh záložního systému z primárního systému (např. obraz skladu, uživatelé, oprávnění, atd.). Po překopírování dat je spuštěn záložní systém. Po provedení potřebných udržovacích prací na primárním PIS jsou data ze záložního systému přenesena zpět do hlavního PIS.

Neplánované výpadky primárního PIS nelze načasovat. Proto jsou data do záložního systému kopírována periodicky, tak aby byl záložní systém průběžně připravován k použití. Vzhledem k časovému odstupu jednotlivých aktualizací záložního systému nelze zaručit, že při neplánovaném výpadku PIS budou veškerá data primárního PIS zaznamenána i v záložním systému.

řešení kritérium	Řešení A	Řešení B	Řešení C	Řešení D
Přechod k jinému dodavateli IS	4	2	1	3
Oblast nasazení				Náhradní řešení
Problémy při upgrade IS	4	2	1	3
Odolnost systému vůči lidským chybám	1	4	1	2
Zpětná vystopovatelnost	1	2	4	2
Reakce na změny ve funkcionalitě	4	4	1	2
Možnost optimalizace velikostí kanbanových okruhů	1	3	2	2
Míra dosažení požadované funkcionality	1	3	1	1



Spolupráce s bezdrátovými zařízeními	5	1	1	5
Složitost implementace a customizace systému	4	2	4	2
Složitost obsluhy administrátorem kanbanu	1	4	3	2
Složitost obsluhy koncové aplikace	1	2	1	1
Existence dokumentace	1	4	1	1
Možnost vyskladnit více materiálu než je definováno správcem kanbanového okruhu	1	4	1	3
Vliv externích faktorů na možnost snížení počtu KK v oběhu	1	4	1	1
<b>Průměrné ohodnocení</b>	<b>2,14</b>	<b>2,93</b>	<b>1,64</b>	<b>2,14</b>

*Tab. č. 18: Srovnání jednotlivých řešení kanbanových systémů*

Legenda: Ohodnocení jednotlivých položek: **1** – vyhovující až **5** – nevhovující

Z výše uvedeného porovnání je patrné, že při zohlednění uváděných kritérií se jako nejméně problematické v současné době jeví řešení C).

## Příloha G: Zdrojový kód simulačního modulu kanban

Součástí disertační práce bylo vytvoření simulačního nástroje pro testování některých definovaných hypotéz. Simulační nástroj je součástí programu Atom, jehož jsem spoluautorem. Z důvodu rozsahu délky kódu programu pro komunikaci s uživatelem uvádím v příloze pouze modul pro simulování kanbanových okruhů.

```
package functions::kanban::simulation;
require "functions/atom/get_last_ins_id.pl";
use 5.00500;
use Carp;
use Data::Dumper;
use Time::HiRes qw(gettimeofday tv_interval);
use functions::atom::MySQL;

use vars qw($VERSION @ISA @EXPORT @EXPORT_OK %EXPORT_TAGS);

$VERSION = '0.001';

my %valid_options=(
    dbh=>1,
    pwd=>1,
    index_lang=>1,
    ernam=>1,
    user_id=>1,
    database=>1,
    tbl_prefix=>1,
    time_step=>1,
    supply_typ=>1,
    debug=>1
);

my %tables=(
    customize=>"customize",
    matnr=>"matnr",
    supply_typ=>"supply_typ",
    stock=>"stock",
    stock_src=>"stock_src",
    stock_trnsp=>"stock_trnsp",
    line=>"line",
    box=>"box",
    feeder_typ=>"feeder_typ",
    feeder_typ_box=>"feeder_typ_box",
    feeder=>"feeder",
    feeder_stock_trnsp=>"feeder_stock_trnsp",
    feeder_break=>"feeder_break",
    buffer=>"buffer",
    bfline=>"bfline",
    quant=>"quant",
    master=>"master",
    circle=>"circle",
    bomhd=>"bomhd",
    bompo=>"bompo",
    deliv=>"deliv",
    reqhd=>"reqhd",
```

```

reqpo=>"reqpo",
prpln=>"prpln",
kanban_number=>"kanban_number",
run=>"run",
loghd=>"loghd",
logpo=>"logpo",
log_time=>"log_time",
log_prod=>"log_prod",
log_prpln=>"log_prpln",
log_feeder=>"log_feeder",
log_feeder_load=>"log_feeder_load",
log_quant=>"log_quant",
log_buffer=>"log_buffer", # zasoba na kanbanech
log_movement=>"log_movement",
report_skip=>"report_skip"
);

# seznam aktivnich linek pro beh simulace
my @active_lines;

# pocitadlo casu, v sekundach
my $time;

# vyroba behem jednoho kroku
my %step_production;

# prirazeni typu skladu pro zasobovani linky
my %stock_for_line;

# prirazeni buferu k typu skladu
my %buffer_for_stock;

# kanbanova kmenova data
my %kanban_master;

# pocet zaznamu v tabulce pro vyrobu, pokud je podkroceno,
# vygeneruje se dalsi plan, bud podle kanbanu nebo tabulky planovani
my $rec_to_fill_prpln = 10;

# pocet materialu ve skladu, pokud je podkroceno,
# doplni sklad podle tabulky dodavek - pro nakupovany material
my $rec_to_fill_stock = 10;

sub new {
  my $class=shift;
  my $k;
  for $k (keys %{{ @_ }}) {
    croak "Invalid argument to functions::kanban::Kanban->new: '$k'"
        unless exists($valid_options{$k});
  }
  my $self={
    debug=>3, # =0 neni debug, 1-pouze cas, 2-
cinnosti, 3-vcetne dotazu, 4-vcetne casu
    index_lang=>"c", # c, e, d, s
    database=>"kanban", # vychozi databaze
    tbl_prefix=>"", # prefix tabulek
    time_step=>60, # casovy krok ve vterinach, vychozi
hodnota 1 minuta
    supply_typ=>'c', # cards - vyskladnovani dle karet, q -
vyskladnovani dle mnozstvi v okruhu

```

```

        @_                                # vsechny zadane parametry, prepisi to
predchozi
    };
    bless $self, $class;
    $self->init_time(1);
    return $self;
}

sub load_cache {
    # naplneni promenych do cache - pri startu a pri prepisu tabulek
    kmenovych dat
    my $self=shift;
    $self->fill_active_lines();
    $self->fill_stock_for_line();
    $self->fill_kanban_master();
}

sub drop_tables {
    # vymaz tabulek
    my $self=shift;
    foreach my $key ( keys (%tables) ) {
        system qq[echo "drop table if exists $self->{tbl_prefix}$key" | mysql
-u apache -p$self->{pwd} $self->{database}];
    }
}

sub init_tables {
    # vytvoreni novych tabulek
    my $self=shift;
    my $counter=0;
    foreach my $key ( keys (%tables) ) {
        system qq[cat mysql/kanban/create_th_$key.sql | sed
's/tbl_prefix_/$self->{tbl_prefix}/g' | mysql -u apache -p$self->{pwd}
$self->{database}];
        $counter++;
    }
    system qq[cat mysql/kanban/create_triggers.sql | sed
's/tbl_prefix_/$self->{tbl_prefix}/g' | mysql -u root -p $self-
>{database}];
    print qq[nacteno $counter tabulek\n];
    $self->load_cache();
}

sub run_job {
    # cinnosti behem jednoho kroku simulace
    my $self=shift;
    $self->log_time("time_run");

    $self->prepare_production();
    $self->log_time("prepare_production");

    $self->take_material_from_buffer();
    $self->log_time("take_material_from_buffer");

    $self->clean_kanban_stock();
    $self->log_time("clean_kanban_stock");

    $self->check_income();
    $self->log_time("check_income");

    $self->check_production_requirements();
}

```

```

$self->log_time("check_production_requirements");
$self->count_kanban();
$self->log_time("count_kanban");

$self->move_stock();
$self->log_time("move_stock");

$self->feeder_break();
$self->log_time("feeder_break");

$self->load_feeder();
$self->log_time("load_feeder");

$self->calculate_time_for_transport();
$self->log_time("calculate_time_for_transport");

$self->finish_movement();
$self->log_time("finish_movement");

$self->log_stock(); # zapise zasobu z kanbanovych zasobniku
$self->log_time("log_stock");

$self->log_feeder();
$self->log_time("log_feeder");

$self->feeder_is_back();
$self->log_time("feeder_is_back");
}

sub get_time_end {
    # vrat parametry pro beh na pozadi
    my $self = shift;
    my $id = shift;
    my $query = qq[SELECT time, time_end
                    FROM $self->{tbl_prefix}run
                    WHERE id = ?
                ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute($id) or $code = 4;
    my $ref = $sth->fetchrow_hashref();
    $sth->finish();
    return ($ref->{time_end})
}

sub init_time {
    # zjistí aktualni cas
    my $self = shift;
    my $id = shift;
    my $query = qq[SELECT time
                    FROM $self->{tbl_prefix}run
                    WHERE id = ?
                ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute($id) or $code = 4;
    my $ref = $sth->fetchrow_hashref();
    $time = $ref->{time};
    $sth->finish();
}

sub time_run {
    my $self = shift;

```

```

my $id = shift;
my $time_new = shift;
if ($time_new eq "n") {
    $time = 0;
} else {
    $time+=$self->{time_step};
}
$query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}run
            SET time = ?
            WHERE id = ?
            ];
my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
$sth->execute($time, $id) or $code = 4;
$sth->finish();
$self->{dbh}->commit;
print "cas: $time\n";
$self->log(4,"time_run",$time);
}

sub check_income {
    # simulace prijmu nakupovanych dilu na sklad
    # pokud neni dostatek materialu na sklade, doplni sklad
    my $self=shift;
    my $query = qq[SELECT matnr, inco_stck, (SELECT COUNT(*) FROM quant q
            WHERE m.matnr=q.matnr
            AND m.inco_stck=q.stock_id
            AND isnull(trgt_stck)=1)
            AS records
            FROM matnr m
            WHERE activ = 'y'
            AND inco_stck > 0
            ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute() or $code = 4;
    while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
        next if $ref->{records} >= $rec_to_fill_stock;
        $self->create_income($ref->{matnr}, $ref->{inco_stck});
    }
    $sth->finish();
    $self->{dbh}->commit;
    return
}

sub create_income {
    # zkopiruje planovane prijmy na prijmovy sklad
    my $self=shift;
    my $matnr=shift;
    my $inco_stck=shift;
    my $query = qq[SELECT quantity, inco_rep, box_id
            FROM $self->{tbl_prefix}deliv
            WHERE matnr = '$matnr'
            AND activ = 'y'
            ORDER BY rank
            ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[INSERT INTO $self->{tbl_prefix}quant(stock_id, matnr,
quantity, box_id, free)
            VALUES(?, ?, ?, ?, 'y')
            ];
    my $sth_ins=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute() or $code = 4;
}

```

```

while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
    foreach my $i (1..$ref->{inco_rep}) {
        $sth->execute($inco_stck, $matnr, $ref->{quantity}, $ref->{box_id}) or $code = 4;
    }
}
$sth_ins->finish();
$sth->finish();
$self->{dbh}->commit;
return
}

sub check_production_requirements {
    # zjistí počet pozadavku na výrobu z tabulky planu
    # pokud není dostatek, zajistí nové pozadavky
    my $self=shift;
    my $dotaz = qq[SELECT count(*) AS counter, MAX(rank) AS rank_max
        FROM $self->{tbl_prefix}prpln
        WHERE line_id = ?
        AND (active = 'y' OR active = 'r')
    ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($dotaz);
    for my $k (@active_lines) {
        $sth->execute($k) or $code = 4;
        my $ref = $sth->fetchrow_hashref();
        next if $ref->{counter} >= $rec_to_fill_prpln;
        $self->create_production_requirements($k, $ref->{rank_max});
    }
    $sth->finish();
    $self->{dbh}->commit;
    return
}

sub create_production_requirements {
    # zapíše nové pozadavky do tabulky výrobního planu (bude kanban nebo
    # pevný výrobní plan)
    my $self=shift;
    my $line=shift;
    my $rank_max=shift; # zaradi na konec planu
    my $dotaz = qq[SELECT id, prtype
        FROM $self->{tbl_prefix}reqhd
        WHERE line_id = '$line'
    ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($dotaz);
    $sth->execute() or $code = 4;
    my $ref = $sth->fetchrow_hashref();
    if ($ref->{prtype} eq "c") {
        $self->copy_production_requirements($line, $rank_max, $ref->{id})
    } elsif ($ref->{prtype} eq "r") {
        $self->copy2_production_requirements($line)
    }
    $sth->finish();
    $self->{dbh}->commit;
    return
}

sub copy_production_requirements {
    # zkopíruje pozadavky zakaznika 1:1 do výrobního planu)
    my $self=shift;
    my $line=shift;
    my $rank_max=shift;
}

```

```

my $req_id=shift;
$self->log_prpln();
my $query = qq[SELECT matnr, quantity, prtime
                FROM $self->{tbl_prefix}reqpo
                WHERE hd_id = '$req_id'
                ORDER BY rank
                ];
my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
$query = qq[INSERT INTO $self->{tbl_prefix}prpln(line_id, matnr, rank,
quantity, pr_time)
            VALUES(?, ?, ?, ?, ?)
            ];
my $sth_ins=$self->{dbh}->prepare($query);
$sth->execute() or $code = 4;
while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
    $rank_max++;
    $sth_ins->execute($line, $ref->{matnr}, $rank_max, $ref->{quantity},
$ref->{prtime}) or $code = 4;
}
$sth_ins->finish();
$sth->finish();
$self->{dbh}->commit;
return
}

sub prepare_production {
    # zjistí z tabulky výrobního planu, co se má kde vyrábět
    my $self=shift;
    undef %step_production;
    my $dotaz = qq[SELECT id, matnr, quantity, pr_time, ifnull(real_time,0)
AS real_time, active
                FROM $self->{tbl_prefix}prpln
                WHERE line_id = ?
                AND (active = 'y' OR active = 'r')
                ORDER BY rank
                LIMIT 1 ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($dotaz);
    $dotaz = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}prpln
                SET active = IF(active='r','r2',?), real_time =
IFNULL(real_time,0) + ?
                WHERE id = ?
                ];
    my $sth_upd=$self->{dbh}->prepare($dotaz);
    my $ref;
    my $time_temp; # jak dlouho je potřeba na výrobu
    my $rows;
    for my $k (@active_lines) {
        $time_temp = 0;
        while ($time_temp < $self->{time_step}) {
            $sth->execute($k) or $code = 4;
            $rows = $sth->rows();
            last if $rows == 0;
            $ref = $sth->fetchrow_hashref();
            #
            if ($ref->{active} eq "y") {
                $sth_upd->execute("x", $self->minimum($ref->{pr_time} - $ref-
>{real_time}, $self->{time_step} - $time_temp), $ref->{id});
                $step_production{$k}{$ref->{matnr}}{pr_time} += $self-
>minimum($ref->{pr_time} - $ref->{real_time}, $self->{time_step} -
$time_temp); # doba výroby
                $time_temp += $ref->{pr_time} - $ref->{real_time};
                # pouze ty, které nemají rozpracovanou výrobu
            }
        }
    }
}

```



```

        $step_production{$k}{$ref->{matnr}}{quantity} += $ref->{quantity}
if $ref->{active} eq "y";
    my %q;
    $q{$ref->{id}} = $ref->{quantity};
    push @{$step_production{$k}{$ref->{matnr}}{prpln}}, \%q;
    }
}
$sth_upd->finish();
$sth->finish();
$self->{dbh}->commit;
return
}

sub take_material_from_buffer {
    # zjisti, jestli je na kanbanu dostatek materialu
    my $self=shift;
    my $query = qq[SELECT p.matnr, quantity*? as quantity
        FROM $self->{tbl_prefix}bomhd h
        LEFT JOIN $self->{tbl_prefix}bompo p
            ON h.id=p.bom_id
        WHERE h.matnr = ?
            AND h.activ='y'
            AND p.activ = 'y'];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[SELECT id, quantity
        FROM $self->{tbl_prefix}quant q
        WHERE stock_id = ?
            AND matnr = ?
        ORDER BY id];
    my $sth_quant_read=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}quant
        SET quantity = ?
        WHERE id = ? ];
    my $sth_quant_update=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}prpln
        SET active=?
        WHERE line_id=? AND matnr=? AND active='x'];
    my $sth_prpln_update=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}prpln
        SET active = IF(pr_time=real_time, 'n', 'r')
        WHERE (active = 'a' OR active = 'r2')];
    my $sth_prpln_finish=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}prpln
        SET active = 'y', real_time = '0'
        WHERE line_id=? AND matnr=? AND active='x'
    ];
    my $sth_prpln_return=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[INSERT INTO $self->{tbl_prefix}log_prod
        (circle_id, buffer_id, line_id, matnr, time, pr_time,
stop_time) VALUES (?, ?, ?, ?, ?, ?, ?)];
    my $sth_log_prod=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[INSERT INTO $self->{tbl_prefix}log_quant
        (stock_id, time, matnr, rawmat, quantity, stockq)
        VALUES
        (?, ?, ?, ?, ?, (SELECT SUM(quantity) FROM $self-
>{tbl_prefix}quant WHERE stock_id = ? AND matnr = ?))
    ];
    my $sth_log_quant=$self->{dbh}->prepare($query);
    my $stock_found; # hledani zasoby: 0 - vychozi hodnota,
                    # 1 - nalezen zdroj, ale nevi se,
jestli je material

```

```

                                # 2 - nalezeno dostatecne mnozstvi,
    my $bom_exists; # existuje pro vyrabeny material kusovnik - 0 vychozi
hodnota, neni,
                                # 1 - kusovnik nalezen
    my $scan_produce; # lze vyrabet, neni prekazka pro vyrobu 0 - vyroba, 1
- nelze vyrabet
    my $quantity_req; # pomocna pro vypocet potreby materialu v kusech
    my $stop_time; # jak dlouho linka stala
    foreach my $line (keys %step_production) {
        foreach my $matnr (keys %{$step_production->{$line}}) {
            $sth->execute($step_production->{$line}{$matnr}{quantity}, $matnr)
or $code = 4;
            $bom_exists = 0;
            $scan_produce = 0;
            while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
                $bom_exists = 1; # kusovnik existuje
                $stock_found = 0;
                $quantity_req = $ref->{quantity} + 0;
                foreach my $stock (@{$stock_for_line{$line}}) {
                    if ($kanban_master{$buffer_for_stock{$stock}}{$ref-
>{matnr}}) {
                        $stock_found = 1;
                        $sth_quant_read->execute($stock, $ref->{matnr}) or $code = 4;
                        while (my $ref_quant = $sth_quant_read-
>fetchrow_hashref()) {
                            $sth_quant_update->execute($self->maximum($ref_quant-
>{quantity} - $quantity_req, 0), $ref_quant->{id}) or $code = 4;
                            $sth_log_quant->execute($stock, $time, $matnr, $ref-
>{matnr},
                                $self->minimum($ref_quant-
>{quantity}, $quantity_req), $stock, $ref->{matnr})
                                if $self->minimum($ref_quant-
>{quantity}, $quantity_req) > 0;
                                    if ($ref_quant->{quantity} >= $quantity_req) { #
pokud je dostatek materialu pro pokryti vseh potreb, potvrd
                                        $stock_found = 2;
                                        goto stock_found;
                                    } else { # na danem quantu neni dostatek materialu,
ponizuji mnozstvi pro dalsi quant
                                        $quantity_req -= $ref_quant->{quantity};
                                    }
                                }
                            }
                        }
                    }
                }
            }
            stock_found:
            if ($stock_found == 2) {
material $ref->{matnr} \n";
            } elsif ($stock_found == 1) {
                $step_production{$line}{$matnr}{no_stock} = 1;
                $scan_produce = 1;
$matnr, material $ref->{matnr} \n";
            } elsif ($stock_found == 0) {
                $step_production{$line}{$matnr}{no_kanban} = 1;
                $scan_produce = 1;
$matnr, material $ref->{matnr} \n";
            }
        }
    }
    if ($bom_exists == 0) {
        $step_production{$line}{$matnr}{no_bom} = 1;
        $scan_produce = 1;
    }
}

```

```

        if ($can_produce == 0) { # mam vse potrebne pro vyrobu
            $stop_time = 0;
            $sth_prpln_update->execute('a', $line, $matnr);
            $self->{dbh}->commit;
        } else { # nelze vyrabet, linka stoji, zapis do logu zastaveni
linky
            $stop_time = $step_production{$line}{$matnr}{pr_time};
            $self->{dbh}->rollback;
            $sth_prpln_return->execute($line, $matnr);
            $self->{dbh}->commit;
        }
        $sth_prpln_finish->execute();
        $sth_log_prod->execute(1,1,$line, $matnr, $time,
$step_production{$line}{$matnr}{pr_time}, $stop_time);
        $self->{dbh}->commit;
    }
}
$sth_log_quant->finish();
$sth_log_prod->finish();
$sth_quant_read->finish();
$sth_quant_update->finish();
$sth_prpln_update->finish();
$sth_prpln_finish->finish();
$sth->finish();
}

sub log_feeder {
    # log cinnosti skladniku v jednotlivych krocich
    my $self=shift;
    my $query = qq[SELECT f.id, f.feeder_typ_id, free, break,
        (SELECT count(*)
         FROM quant q
         WHERE q.feeder_id=f.id) as boxes
    FROM $self->{tbl_prefix}feeder f
    WHERE f.activ='y'];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[INSERT INTO $self->{tbl_prefix}log_feeder
        (feeder_id, feeder_typ_id, time, log_time, free, break,
boxes)
        VALUES
        (?, ?, ?, ?, ?, ?, ?)
    ];
    my $sth_log_feeder=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute() or $code = 4;
    while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
        $sth_log_feeder->execute($ref->{id}, $ref->{feeder_typ_id}, $time,
$self->{time_step},
            $ref->{free}, $ref->{break}, $ref->{boxes}) or
$code = 4;
    }
    $sth_log_feeder->finish();
    $sth->finish();
    $self->{dbh}->commit;
}

sub log_stock {
    my $self=shift;
    my $query = qq[SELECT m.matnr, m.buffer_id, b.stock_id,
        (SELECT sum(quantity)
         FROM quant q
         WHERE b.stock_id=q.stock_id

```

```

        AND b.id=m.buffer_id
        AND m.matnr=q.matnr) as stock,
    (SELECT count(*)
     FROM quant q
     WHERE b.stock_id=q.stock_id
           AND b.id=m.buffer_id
           AND m.matnr=q.matnr) as cards
    FROM master m, buffer b
    WHERE m.buffer_id=b.id];
my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
$query = qq[INSERT INTO $self->{tbl_prefix}log_buffer
            (stock_id, time, matnr, quantity, cards)
            VALUES
            (?, ?, ?, ?, ?)
            ];
my $sth_log_stock=$self->{dbh}->prepare($query);
$sth->execute() or $code = 4;
while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
    $sth_log_stock->execute($ref->{stock_id}, $time, $ref->{matnr}, $ref->{stock}, $ref->{cards}) or $code = 4;
}
$sth_log_stock->finish();
$sth->finish();
$self->{dbh}->commit;
}

sub feeder_is_back {
    # pokud cas na dopravu skladnika zpet vyprsel, uvolni skladnika
    my $self=shift;
    my $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}feeder f
        SET stock_id=NULL,
            free='y',
            back_start=NULL,
            back_last=NULL
        WHERE back_start+back_last < '$time'
            AND f.free='b'
            AND f.activ='y'
        ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute() or $code = 4;
    $self->{dbh}->commit;
}

sub finish_movement {
    # pokud cas na prepravu materialu vyprsel, uvolni kvant a skladnika
    # podle zpet do mista nakladky
    my $self=shift;
    my $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}quant
        SET feeder_id=NULL, free='y', movet = NULL, lastt = NULL
        WHERE movet+IFNULL(lastt,0) < ?
        ];
    my $sth_release_quant=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}feeder f
        SET stock_id=NULL,
            free='b',
            back_start='$time',
            back_last=(SELECT feeder_back_t FROM $self->{tbl_prefix}feeder_typ t WHERE t.id=f.feeder_typ_id)
        WHERE q.feeder_id =f.id) = 0
        AND f.free='n'
    ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute() or $code = 4;
    $self->{dbh}->commit;
}

```

```

                AND f.activ='y'
            ];
my $sth_release_feeder=$self->{dbh}->prepare($query);
$sth_release_quant->execute($time) or $code = 4;
$sth_release_feeder->execute() or $code = 4;
$self->{dbh}->commit;
$sth_release_feeder->finish();
$sth_release_quant->finish();
}

sub calculate_time_for_transport {
    # spocita, jak dlouho bude transport trvat
    my $self=shift;
    my $query = qq[SELECT f.id, f.feeder_typ_id,
                    feeder_fix_t +
                    (SELECT SUM(box_var_t) FROM $self->{tbl_prefix}quant q
                     LEFT JOIN $self->{tbl_prefix}box b ON q.box_id=b.id
                     LEFT JOIN $self->{tbl_prefix}feeder_typ_box ftb ON
ftb.box_id=b.id
                    WHERE q.feeder_id=f.id
                        AND ftb.feeder_typ_id=f.feeder_typ_id
                    ) as sumt
FROM $self->{tbl_prefix}feeder f
LEFT JOIN $self->{tbl_prefix}feeder_typ ft
ON f.feeder_typ_id=ft.id
WHERE f.activ='y'
AND f.free = 'a'
                ];
my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
$query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}feeder
            SET free=?
            WHERE id=?
                ];
my $sth_write_to_feeder=$self->{dbh}->prepare($query);
$query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}quant
            SET movet=?,
                lastt=?
            WHERE feeder_id=?
                ];
my $sth_write_to_quant=$self->{dbh}->prepare($query);
$sth->execute() or $code = 4;
while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
    $sth_write_to_feeder->execute("n", $ref->{id}) or $code = 4;
    $sth_write_to_quant->execute($time, $ref->{sumt}, $ref->{id}) or
$code = 4;
}
$self->{dbh}->commit;
$sth_write_to_quant->finish();
$sth_write_to_feeder->finish();
$sth->finish();
}

sub feeder_break {
    # posli skladniky na prestavku a zpet
    my $self=shift;
    # zjistí vsechny, co maji mit prestavku a jsou aktivni
    my $query = qq[SELECT f.id as f_id, b.id as b_id, b.break_start,
b.break_last, b.break_repeat
                    FROM $self->{tbl_prefix}feeder f
                    LEFT JOIN $self->{tbl_prefix}feeder_break b
                    ON f.id=b.feeder_id

```

```

        WHERE f.activ = 'y'
              AND $time - (TRUNCATE($time/b.break_repeat, 0) *
b.break_repeat) >= b.break_start
              AND ($time - TRUNCATE($time/b.break_repeat, 0) *
b.break_repeat) < b.break_start+b.break_last
    ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute() or $code = 4;
    # prodlouzi prestavku o dobu kroku
    $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}feeder
                SET break_last = IFNULL(break_last,0) + ?
                WHERE id=?
    ];
    my $sth_write_break=$self->{dbh}->prepare($query);
    # tem, co jsou aktivni a dokončili práci začne prestavka
    $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}feeder
                SET break = 'y', break_start = ?
                WHERE break='n'
                  AND break_last > 0
                  AND free = 'y'
                  AND activ = 'y'
    ];
    my $sth_start_break=$self->{dbh}->prepare($query);
    # tem, co vyprsel cas na prestavku, ukonci prestavku
    $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}feeder
                SET break = 'n', break_start = NULL, break_last = NULL
                WHERE break='y'
                  AND break_start + break_last < ?
                  AND activ = 'y'
    ];
    my $sth_end_break=$self->{dbh}->prepare($query);
    while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
    $sth_write_break->execute($self->{time_step}, $ref->{f_id}) or $code = 4;
    }
    $sth_start_break->execute($time) or $code = 4;
    $sth_end_break->execute($time) or $code = 4;

    $sth_start_break->finish();
    $sth_end_break->finish();
    $sth_write_break->finish();
    $sth->finish();
}

sub load_feeder {
    # naloz material pro prepravu mezi sklady
    my $self=shift;
    my $query = qq[SELECT q.id, q.stock_id, q.quantity*m.weight_g +
b.weight_g as weight,
                  b.code, b.volume
                  FROM $self->{tbl_prefix}quant q
                  LEFT JOIN $self->{tbl_prefix}matnr m USING(matnr)
                  LEFT JOIN $self->{tbl_prefix}box b ON b.id=q.box_id
                  WHERE ISNULL(q.movet) = 1
                    AND q.free = 'n'
                    AND ISNULL(q.feeder_id) = 1
    ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    # najdi volneho feedera
    $query = qq[SELECT f.id, t.multi,
                  t.box_min, t.box_max,

```

```

        t.volume_min*1000 as volume_min, t.volume_max*1000 as
volume_max,
        t.weight_min*1000 as wight_min, t.weight_max*1000 as
wight_max
        FROM $self->{tbl_prefix}feeder f
        JOIN $self->{tbl_prefix}feeder_stock_trnsp s ON
f.id=s.feeder_id
        JOIN $self->{tbl_prefix}feeder_typ t ON
f.feeder_typ_id=t.id
        WHERE s.stock_id=?
            AND f.free = 'y'
            AND f.activ = 'y'
            AND f.break = 'n'
            AND s.activ = 'y'
        LIMIT 1;
    ];
    my $sth_feeder_find=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[SELECT q.id, q.stock_id, q.quantity*m.weight_g + b.weight_g
as weight,
                b.code, b.volume
        FROM $self->{tbl_prefix}quant q
        LEFT JOIN $self->{tbl_prefix}matnr m USING(matnr)
        LEFT JOIN $self->{tbl_prefix}box b ON b.id=q.box_id
        WHERE ISNULL(q.movet) = 1
            AND q.free = 'n'
            AND ISNULL(q.feeder_id) = 1
            AND q.stock_id = ?
    ];
    my $sth_find_work_for_feeder=$self->{dbh}->prepare($query);
    # do kvantu zapisi, ze jej veze feeder c.
    $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}quant
        SET feeder_id=?
        WHERE id=?
    ];
    my $sth_write_feeder_to_quant=$self->{dbh}->prepare($query);
    # a zaroven tohoto feedera oznacim, ze je obsazeny
    $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}feeder
        SET free=?,
            stock_id=?
        WHERE id=?
    ];
    my $sth_write_quant_to_feeder=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[INSERT INTO $self->{tbl_prefix}log_feeder_load
        (feeder_id, time, boxes, weight, volume)
        VALUES
        (?, ?, ?, ?, ?)
    ];
    my $sth_log_feeder_load=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute() or $code = 4;
    my $changed_rows=0; # pokud nejaky zaznam zapisi, pustim rekurzivne
report az do te doby, pokud je co prirazovat
    $self->{dbh}->commit;
    while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
        $sth_feeder_find->execute($ref->{stock_id}) or $code = 4;
        my $ref_feeder_find = $sth_feeder_find->fetchrow_hashref();
    $ref_find_work_for_feeder->{id} \n";
        if ($ref_feeder_find->{id}) {
            $sth_find_work_for_feeder->execute($ref->{stock_id}) or $code = 4;
            my $i = 0; # kontrola zauctovani: 0 - neprobehl zadny cyklus
                # 1 - nebyla naplnena kapacita feedera
                # 2 - feeder je v toleranci

```

```

# 3 - feeder je prelozen, nalozi se pouze cast
my $box; # pocet boxu
my $volume;
my $weight;
while (my $ref_find_work_for_feeder = $sth_find_work_for_feeder-
>fetchrow_hashref()) {
    # testuju, zda dalsi bedna neprekroci stanovene limity
    if (
        ($ref_feeder_find->{box_max} and $ref_feeder_find-
>{box_max} < $box + 1)
        or
        ($ref_feeder_find->{volume_max} and $ref_feeder_find-
>{volume_max} < $volume + $ref_find_work_for_feeder->{volume})
        or
        ($ref_feeder_find->{weight_max} and $ref_feeder_find-
>{weight_max} < $weight + $ref_find_work_for_feeder->{weight})
    ) {
        $ref_feeder_find->{box_max}, $volume - $ref_feeder_find->{volume_max},
        $weight - $ref_feeder_find->{weight_max}): vic neuvezu\n];
        # skladnik je prelozen, pokud probehne cyklu aspon
jednou,
        # abych vyloucil moznost, ze je skladnik prelozen hned
prvni bednou
        $i = 3 if $i != 0;
        last
    }
    # pocitam boxy
    $box++;
    $volume += $ref_find_work_for_feeder->{volume};
    $weight += $ref_find_work_for_feeder->{weight};
    $sth_write_feeder_to_quant->execute($ref_feeder_find->{id},
$ref_find_work_for_feeder->{id}) or $code = 4;
    # pokud byla splnena minimalni kapacita skladnika
    if ($ref_feeder_find->{box_min} <= $box
        and
        $ref_feeder_find->{volume_min} <= $volume
        and
        $ref_feeder_find->{weight_min} <= $weight
    ) {
        $i = 2;
    } else {
        $i = 1;
    }
}
if ($i > 1) {
    $changed_rows++;
    $sth_write_quant_to_feeder->execute("a", $ref->{stock_id},
$ref_feeder_find->{id}) or $code = 4;
    $sth_log_feeder_load->execute($ref_feeder_find->{id}, $time,
$box, $weight/1000, $volume) or $code = 4;
    $self->{dbh}->commit;
    $self->log(2,"load_feeder","nalozen skladnik c.
$ref_feeder_find->{id}, boxu: $box, vaha: $weight/1000, objem: $volume");
    last;
} elsif ($i == 1) {
    $self->log(2,"load_feeder","nejedem, neni dostatek materialu
pro skladnika c.
        $ref_feeder_find->{id}, boxu: $box, vaha:
$weight/1000, objem: $volume");
    $self->{dbh}->rollback;
}
}

```



```

    }
}
if ($changed_rows > 0) {
    $self->load_feeder();
}
$self->{dbh}->commit;
$sth_find_work_for_feeder->finish();
$sth_write_quant_to_feeder->finish();
$sth_write_feeder_to_quant->finish();
$sth_feeder_find->finish();
$sth_log_feeder_load->finish();
$sth->finish();
}

sub move_stock {
    # presun material, simulace skladnika ci prepravce
    my $self=shift;
    my $query = qq[SELECT q.id, q.stock_id, s.next_stck, q.trgt_stck,
q.matnr, q.quantity, q.kanban, q.box_id, q.feeder_id
FROM $self->{tbl_prefix}quant q
LEFT JOIN $self->{tbl_prefix}stock_trnsp s ON
s.trgt_stck=q.trgt_stck
AND q.stock_id=s.src_stck
WHERE q.stock_id <> q.trgt_stck
AND q.free = 'y'];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    my $query = qq[INSERT INTO $self->{tbl_prefix}quant(stock_id, matnr,
quantity, kanban, box_id, trgt_stck, bornt)
VALUES(?, ?, ?, ?, ?, ?, ?)];
    my $sth_insert_quant=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[INSERT INTO $self->{tbl_prefix}log_movement(src_stck,
trgt_stck, src_quant, trgt_quant, time,
matnr, quantity, kanban, box_id, feeder_id)
VALUES(?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?)];
    my $sth_log = $self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[DELETE FROM $self->{tbl_prefix}quant
WHERE id = ?];
    my $sth_delete_quant=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[SELECT LAST_INSERT_ID() AS last_id];
    my $sth_last_id = $self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute() or $code = 4;
    while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
        $ref->{kanban} = $self->get_new_kanban_number(1) if !$ref->{kanban};
        $sth_insert_quant->execute($ref->{next_stck}, $ref->{matnr}, $ref-
>{quantity}, $ref->{kanban}, $ref->{box_id}, $ref->{trgt_stck}, $time) or
$code = 4;
        $sth_last_id->execute() or $code = 4;
        my $ref_last_id = $sth_last_id->fetchrow_hashref();
        $sth_log->execute($ref->{stock_id}, $ref->{next_stck}, $ref->{id},
$ref_last_id->{last_id},
            $time, $ref->{matnr}, $ref->{quantity}, $ref-
>{kanban}, $ref->{box_id}, $ref->{feeder_id}) or $code = 4;
        $sth_delete_quant->execute($ref->{id}) or $code = 4;
    }
    $self->{dbh}->commit;
    $sth_last_id->finish();
    $sth_log->finish();
    $sth_insert_quant->finish();
    $sth_delete_quant->finish();
    $sth->finish();
}

```

```

sub clean_kanban_stock {
    # smaz kvantu vsechny zaosby, ktere byly kompletne odebrany
    my $self=shift;
    my $query = qq[DELETE FROM $self->{tbl_prefix}quant
                    WHERE quantity = 0
                    ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute() or $code = 4;
    $sth->finish();
    $self->{dbh}->commit;
}

sub count_kanban {
    my $self=shift;
    my $query = qq[SELECT stock_id, matnr, cards, quantity, s.src_stck,
trigger_c, trigger_q,
                    if(if(m.supply_typ='n', b.supply_typ, m.supply_typ) =
'n', '$self->{supply_typ}',
                    if(m.supply_typ='n', b.supply_typ, m.supply_typ)) AS
supply_typ,
                    (SELECT count(q.id)
                     FROM $self->{tbl_prefix}quant q
                     WHERE (q.stock_id=b.stock_id OR q.trgt_stck =
b.stock_id) AND m.matnr=q.matnr) AS cards_is,
                    (SELECT sum(q.quantity)
                     FROM $self->{tbl_prefix}quant q
                     WHERE (q.stock_id=b.stock_id OR q.trgt_stck =
b.stock_id) AND m.matnr=q.matnr) AS quantity_is
FROM $self->{tbl_prefix}master m
JOIN $self->{tbl_prefix}buffer b ON b.id=m.buffer_id
LEFT JOIN $self->{tbl_prefix}stock_src s ON
s.trgt_stck=b.stock_id
WHERE m.activ='y' and b.activ = 'y' and s.activ='y';
                    ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute() or $code = 4;
    while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
        $ref->{quantity_is} += 0;

        $self->create_transport_kanban($ref->{stock_id}, $ref->{src_stck},
$ref->{matnr}, $ref->{supply_typ},
        $ref->{cards} - $ref->{cards_is}, $ref->{quantity} -
$ref->{quantity_is},
        $ref->{trigger_c}, $ref->{trigger_q});
    }
    $self->{dbh}->commit;
    $sth->finish();
}

sub create_transport_kanban {
    # vytvori skladovy prikaz
    my $self=shift;
    my $trgt_stck=shift;
    my $src_stck=shift;
    my $matnr=shift;
    my $supply_typ=shift;
    my $cards=shift;
    my $quantity=shift;
    my $trigger_c=shift;
    my $trigger_q=shift;
}

```

```

return if $supply_typ ne "c" and $supply_typ ne "q";
return if $supply_typ eq "c" and $cards <= 0;
return if $supply_typ eq "q" and $quantity <= 0;
return if $supply_typ eq "c" and $trigger_c > $cards;
return if $supply_typ eq "q" and $trigger_q > $quantity;
my $query = qq[SELECT id, kanban, quantity FROM $self->{tbl_prefix}quant
WHERE stock_id = ?
AND matnr = ?
AND ISNULL(trgt_stck) = '1'
LIMIT 1
];
my $sth_sel=$self->{dbh}->prepare($query);
my $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}quant
SET bornt = '$time', trgt_stck = ?, kanban = ?
WHERE id = ?
];
my $sth_upd=$self->{dbh}->prepare($query);
my $i=0;
while (1==1) {
    $sth_sel->execute($src_stck, $matnr) or $code = 4;
    my $ref_sel = $sth_sel->fetchrow_hashref();
    $ref_sel->{kanban} = $self->get_new_kanban_number(1) if !$ref_sel->{kanban};
    if ($ref_sel->{id}) {
        $sth_upd->execute($trgt_stck, $ref_sel->{kanban}, $ref_sel->{id})
or $code = 4;
    } else {
        # write_to_log
        last
    }
    $i++ if $supply_typ eq "c";
    $i+= $ref_sel->{quantity} if $supply_typ eq "q";
    last if $i>=$cards and $supply_typ eq "c";
    last if $i>=$quantity and $supply_typ eq "q";
}
$self->{dbh}->commit;
$sth_upd->finish();
$sth_sel->finish();
return
}

sub get_new_kanban_number {
    # vygeneruje nove kanbanove cislo
    my $self=shift;
    my $id=shift;
    my $query = qq[UPDATE $self->{tbl_prefix}kanban_number
SET current_nr=current_nr+1
WHERE id = ?
];
    my $sth_upd=$self->{dbh}->prepare($query);
    $query = qq[SELECT current_nr
FROM $self->{tbl_prefix}kanban_number
WHERE id = ?
];
    my $sth_sel=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth_upd->execute($id) or $code = 4;
    $sth_sel->execute($id) or $code = 4;
    my $ref_sel = $sth_sel->fetchrow_hashref();
    $sth_upd->finish();
    $sth_sel->finish();
    return $ref_sel->{current_nr};
}

```

```

}

sub fill_stock_for_line {
    # priradi typy skladu k linkam
    my $self=shift;
    my $query = qq[SELECT stock_id, line_id, b.id AS buffer_id
                    FROM $self->{tbl_prefix}buffer b
                    JOIN $self->{tbl_prefix}bflines l ON b.id=l.buffer_id
                    WHERE b.activ='y'
                          AND l.activ = 'y';
                    ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute() or $code = 4;
    undef %stock_for_line;
    while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
        push @{$stock_for_line{$ref->{line_id}}}, $ref->{stock_id};
        $buffer_for_stock{$ref->{stock_id}} = $ref->{buffer_id};
    }
    $sth->finish();
}

sub fill_active_lines {
    # nacteni aktivnich linek vstupuji do simulace
    my $self=shift;
    my $query = qq[SELECT id
                    FROM $self->{tbl_prefix}line l
                    WHERE l.activ='y'
                    ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute() or $code = 4;
    undef @active_lines;
    while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
        push @active_lines, $ref->{id};
    }
    $sth->finish();
}

sub fill_kanban_master {
    # priradi typy skladu k linkam
    my $self=shift;
    my $query = qq[SELECT buffer_id, matnr, cards, quantity
                    FROM $self->{tbl_prefix}master m
                    WHERE m.activ='y'
                    ];
    my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
    $sth->execute() or $code = 4;
    undef %kanban_master;
    while (my $ref = $sth->fetchrow_hashref()) {
        $kanban_master{$ref->{buffer_id}}{$ref->{matnr}}{cards} = $ref->{cards};
        $kanban_master{$ref->{buffer_id}}{$ref->{matnr}}{quantity} = $ref->{quantity};
    }
    $sth->finish();
}

sub log {
    # pokud je nastaveno, zapise do tabulky logu udalosti
    my $self=shift;
    my $log_debug=shift;
    return if $log_debug > $self->{debug};
}

```

```

my $log_area=shift;
my $log_text=shift;
my $query = qq[INSERT INTO $self->{tbl_prefix}logpo
                (loghd_id, time, log_debug, log_area, log_text) VALUES
                ('1',?,?,?,?)
                ];
my $sth_logpo_ins=$self->{dbh}->prepare($query);
$sth_logpo_ins->execute($time, $log_debug, $log_area, $log_text) or
$code = 4;
$sth_logpo_ins->finish();
return
}

sub log_time {
# logovanidoby behu funkci
my $self=shift;
my $function=shift;
my $t1=[gettimeofday];
if ($t0 > 0) {
my $dt = sprintf "%0.6f",tv_interval $t0, $t1;
my $query = qq[INSERT INTO $self->{tbl_prefix}log_time
                (loghd_id, time, log_debug, log_activity, log_time)
                VALUES ('1',?,?,?,?)
                ];
my $sth_log_time_ins=$self->{dbh}->prepare($query);
$sth_log_time_ins->execute($time, $log_debug, $function, $dt);
$sth_log_time_ins->finish();
}
$t0=$t1;
return
}

sub log_prpln {
# zapis do tabulky log, pri vymazu spusten trigger log_prpln, ktery do
# tabulky zapise
my $self=shift;
my $query = qq[DELETE FROM $self->{tbl_prefix}prpln
                WHERE active='n'];
my $sth=$self->{dbh}->prepare($query);
$sth->execute() or $code = 4;
$sth->finish();
$self->{dbh}->commit;
}

1;

```