

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Automatické kanbanové odvolávkové systémy

Bc. Kateřina Pšenická

Diplomová práce
2018

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Kateřina Pšenicová**
Osobní číslo: **D16344**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Dopravní management, marketing a logistika**
Název tématu: **Automatické kanbanové odvolávkové systémy**
Zadávací katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod


1. Charakteristika odvolávkových systémů
2. Analýza současného stavu odvolávkových systémů v závodě ŠKODA AUTO a.s., Vrchlabí
3. Navrhované řešení na zefektivnění současného stavu
4. Zhodnocení navrhovaného řešení

Závěr


Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucí/ho**
Rozsah pracovní zprávy: **50 - 60 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
dle pokynů vedoucí/ho práce

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Petr Průša, Ph.D.**
Katedra dopravního managementu, marketingu
a logistiky

Datum zadání diplomové práce: **30. října 2017**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2018**


doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.


doc. Ing. Jaroslava Hyršlová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 16. dubna 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 20. 5. 2018

Bc. Kateřina Pšenicová

ANOTACE

Tato diplomová práce se zabývá odvolávkovými systémy, které jsou využívány v závodě Škoda Auto a.s., Vrchlabí. Na úvodní kapitole, popisující systémy pro vychystávání materiálu, navazuje analýza současného stavu odvolávkových systémů v závodě Škoda Auto a.s., Vrchlabí. Další část práce se zaměřuje na různé možnosti optimalizace a zefektivnění současných odvolávkových systémů. Závěrečná kapitola je věnována zhodnocení navrhovaného řešení.

KLÍČOVÁ SLOVA

kanban, odvolávkové systémy, skladování, Škoda Auto a.s., Vrchlabí

TITLE

Automatic kanban reverse systems

ANNOTATION

This master thesis deals with retractable systems, which are used in Škoda Auto Inc., Vrchlabí. The opening chapter, describing the material picking systems, follows the analysis of the current state of retraction systems at Škoda Auto Inc., Vrchlabí. The next part of the thesis focuses on various possibilities of optimization and streamlining of current retraction systems. The final chapter is devoted to the evaluation of the proposed solution.

KEYWORDS

kanban, reversing systems, storage, Škoda Auto Inc., Vrchlabí

OBSAH

| | |
|---|----|
| ÚVOD | 8 |
| 1 CHARAKTERISTIKA SYSTÉMŮ PRO VYCHYSTÁVÁNÍ MATERIÁLU | 9 |
| 1.1 Integrace a úspora činností v řízení výroby | 10 |
| 1.2 Systém Just in Time | 11 |
| 1.3 Techniky na podporu Just in Time | 15 |
| 1.4 Kanban | 16 |
| 1.4.1 Podstata kanbanu | 17 |
| 1.4.2 Druhy kanbanu | 18 |
| 1.5 Kanban karta | 19 |
| 1.5.1 Počet kanban karet v oběhu | 21 |
| 1.5.2 Modely výpočtu kanban karet | 21 |
| 1.5.3 Významné složky výpočtu kanban karet | 23 |
| 1.6 Elektronický kanban | 24 |
| 1.7 SWOT analýza | 26 |
| 1.8 Stanovení vah kritérií – Saatyho metoda | 27 |
| 2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU ODVOLÁVKOVÝCH SYSTÉMŮ V ZÁVODĚ ŠKODA AUTO A.S., VRCHLABÍ | 28 |
| 2.1 Představení společnosti Škoda Auto a.s. | 28 |
| 2.1.1 Představení závodu Škoda Auto a.s., Vrchlabí | 28 |
| 2.1.2 Převodovka DQ 200 | 29 |
| 2.2 Odvolávkové systémy v závodě Škoda Auto a.s., Vrchlabí | 30 |
| 2.2.1 Příjem a skladování materiálu | 31 |
| 2.2.2 Odvolávky materiálu na montážní linku | 34 |
| 2.2.3 Přeprava materiálu na montážní linku | 43 |
| 2.3 SWOT analýza současných odvolávkových systémů | 47 |
| 3 NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ NA ZEFEKTIVNĚNÍ SOUČASNÉHO STAVU | 50 |
| 3.1 Zjednodušení a automatizace neefektivních odvolávkových systémů | 51 |
| 3.2 Automatické odvolávání palet pomocí detekce polohy | 52 |
| 3.2.1 Ultrazvukový senzor | 55 |
| 3.2.2 Laserový senzor | 56 |
| 3.2.3 Rozpoznávání obrazu – kamerový systém | 57 |
| 3.2.4 Optický bezdrátový senzor a mechanický senzor | 57 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.2.5 | Lokalizační senzor | 58 |
| 3.3 | Shrnutí návrhů automatického odvolávání palet pomocí detekce polohy..... | 59 |
| 4 | ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ..... | 62 |
| 4.1 | Porovnání senzorů podle stanovených kritérií | 62 |
| 4.1.1 | Senzory umístěné nad předávacím místem | 63 |
| 4.1.2 | Senzory umístěné na podlaze předávacího místa..... | 64 |
| 4.1.3 | Senzory umístěné na podvozku s paletou | 65 |
| 4.2 | Výběr nejvhodnější varianty senzoru..... | 66 |
| | ZÁVĚR | 70 |
| | POUŽITÁ LITERATURA..... | 71 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 74 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ..... | 75 |
| | SEZNAM ZKRATEK..... | 76 |

ÚVOD

V současném konkurenčním prostředí se společnosti stále více snaží snižovat své náklady na minimum. Nejen v automobilovém průmyslu se proto rozvíjí trend, vedoucí ke snižování zásob na skladě. Uplatňují se metody založené na tažném principu, jejichž cílem je redukovat celkové logistické náklady. Mezi systémy založené na tažném principu se řadí například Kanban, který je podmnožinou systému JIT. Systém kanban našel své uplatnění zejména v automobilovém průmyslu a zavedení systému přispívá ke snížení stavu zásob na skladě. Odvolávkový systém Kanban se v různých podobách používá i ve společnosti Škoda Auto a.s., v závodě Vrchlabí. Systém je však potřeba optimalizovat a přizpůsobovat současnému technickému vývoji.

Cílem této diplomové práce je na základě provedené analýzy současného stavu zefektivnit nebo alespoň zjednodušit interní odvolávkové systémy používané v logistice ve Vrchlabí pro odvolávání materiálu mezi montážní linkou a jednotlivými sklady.

První část práce je zaměřena na teoretické principy logistických technologií, zejména pak systému JIT a Kanban. Tyto metody, založené na tažném principu řízení, podle kterého výroba vychází ze specifických požadavků zákazníka, přispívají k poklesu až eliminaci zásob. JIT a Kanban vycházejí z konceptu štíhlé výroby, kde je například skladování považováno za plýtvání. Dále bude v první části práce představen systém Kanban, jeho druhy a modely výpočtu kanban karet v oběhu.

Ve druhé části práce bude stručně představena společnost Škoda Auto a.s. a její závod ve Vrchlabí. Následně bude zpracována analýza současného stavu odvolávkových systému v závodě Škoda Auto a.s., Vrchlabí. Konec druhé kapitoly bude věnován SWOT analýze, na jejímž základě budou odhaleny silné a slabé stránky odvolávání materiálu mezi montážní linkou a sklady.

Třetí část práce bude vycházet z provedené SWOT analýzy a bude zaměřena na zefektivnění slabých stránek současných odvolávkových systémů. Cílem kapitoly tedy bude zefektivnit nebo přinejmenším zjednodušit interní objednávky materiálu probíhající mezi sklady a montážní linkou.

Závěrečná část bude věnována zhodnocení navrhovaného řešení. Budou provedena vyhodnocení navržených řešení, kde by mělo dojít k redukci času potřebného k odvolávání materiálu na montážní linku.

1 CHARAKTERISTIKA SYSTÉMŮ PRO VYCHYSTÁVÁNÍ MATERIÁLU

Tato kapitola se bude zaměřovat na oblast vybraných logistických technologií, konkrétně na odvolávkové systémy. Logistické technologie chápe Cempírek (2010) jako sled procesů, úkonů a operací uspořádaných do dílčích ustálených procesů. Sixta a Mačát (2010) dodávají, že zákaznicky požadovaná úroveň logistických služeb by měla být zajištěna s minimálními náklady nebo tak, aby bylo dosaženo maximální úrovně poskytovaných služeb. Sixta a Žižka (2009) považují za nejdůležitější logistické technologie:

- systém kanban,
- systém just in time,
- systémy rychlé odezvy – Quick Response,
- systémy efektivní reakce zákazníka – Efficient Consumer Response,
- sdružování a rozdělování zásilek – Hub and Spoke,
- Cross Docking,
- koncentraci skladové sítě,
- kombinovanou přepravu,
- automatickou identifikaci – čárové kódy a RFID,
- počítačové technologie a řízení výroby i oběhu
- komunikační technologie.

Jak ve své publikaci uvádí Lukoszová (2012) uvedené logistické technologie se v rámci řízení dodavatelských řetězců vzájemně prolínají, podmiňují a doplňují, což v uplatnění znamená synergický efekt v podobě získání konkurenční výhody. V další části této práce budou popsány vybrané části logistických technologií používaných ve výrobě, zejména zaměřené na systémy kanban a just in time.

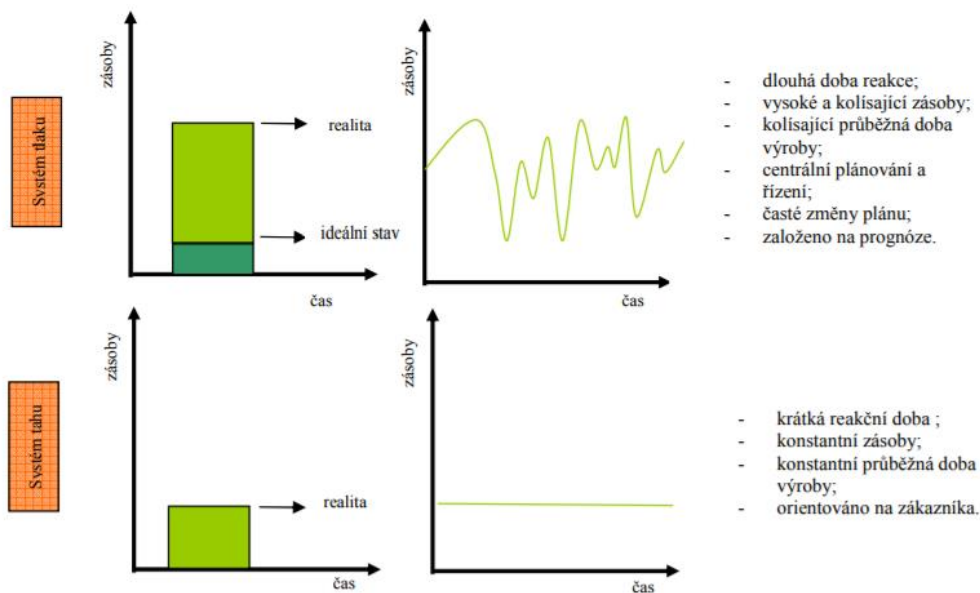
Odvolávkové systémy jsou podle Kováře (2012) v praxi využívány zejména k zajištění plynulosti výroby. Zmiňuje také, že musí být zajištěno včasné navedení požadovaného materiálu v požadovaném množství, čase a kvalitě na montážní linku. Jak Kovář (2012) dále uvádí, odvolávkové systémy zahrnují jak technické prostředky (hardware), tak i programové prostředky (software).

1.1 Integrace a úspora činností v řízení výroby

Keřkovský a Valsa (2012) ve své publikaci uvádějí, že v průběhu uplynulých let byly ve vyspělých zemích postupně vyvinuty ucelené koncepty řízení výroby. Dodávají, že jejich společným znakem je eliminace neefektivních systémů řízení výroby. S tímto názorem se ztotožňují i autoři Tomek a Vávrova (2014), kteří dodávají, že již od konce 19. století existovala snaha o snížení průběžné doby výroby jak odstraněním ztrátových časů, tak uspořádáním výrobních procesů. Zmiňují také, že se začali zavádět významné japonské koncepce, využívající systém tahu a snižování zásob přímými dodávkami do výrobního procesu (just in time).

Úspora činností ve výrobě úzce souvisí s konceptem řízení štíhlé výroby. Publikace Košturiaka a Frolíka (2006) uvádí výhody, které přináší zavedení koncepce štíhlé výroby. Zmiňují, že dochází k eliminaci určitých forem plýtvání, které se v každém výrobním systému vyskytují a kterými jsou: nadvýroba, nadbytečná práce, zbytečný pohyb, zásoby, čekání, opravování, doprava a nevyužité schopnosti pracovníků. Podle Keřkovského a Valsi (2012, s. 88) koncept štíhlé výroby (lean management) „...*spočívá ve výrobě pružně reagující na požadavky zákazníka a poptávku, která je řízena decentralizovaně, prostřednictvím flexibilních pracovních týmů, při malé hloubce výroby (nízkém počtu na sebe navazujících výrobních stupňů)*“. Košturiak s Frolíkem (2006) uvádějí, že oblast přepravy, skladování a manipulace tvoří 15 až 70 % celkových nákladů na výrobek a ze 3 až 5 % se podílí na kvalitě výrobků. Štíhlá výroba se právě tyto oblasti snaží eliminovat a přizpůsobovat výrobky a výrobní požadavky zákazníkům, což podle Košturiaka a Frolíka (2006) vede k významné konkurenční výhodě.

Lean management tedy upouští od push (tlačného) principu řízení výroby a přiklání se k tahovému principu. Rozdíl mezi tažným a tlačným systémem schematicky naznačuje obrázek 1. Tlačné systémy jsou dle Vaněčka (2008) charakteristické výrobou ve velkých dávkách, které vedou ke skladování, za účelem snížení cen nakupovaných surovin a jiných materiálů. Naopak plánovací a řídicí princip pull (tahový), který je typický pro štíhlou výrobu, definuje Kovář (2012) jako proaktivní systém, který je založený na tahu produktu logistickým systémem, vyvolaný poptávkou. Jak uvádí Vaněček (2008) systém je charakteristický tím, že redukuje skladování zásob, neboť se vyrábí malé dávky a materiálový tok je proto plynulejší, výroba musí pružně reagovat na požadavky zákazníků. Metody založené na tažném principu lze dle Sodomka (2006) souhrnně označit jako JIT (just in time – právě včas). Zmiňuje také, že k dílčím metodám založeným na tažném principu patří metoda kanban.



Obrázek 1 System tlaku a system tahu (Štefková, 2009)

1.2 System Just in Time

Mezi moderní logistické technologie využívané ve výrobě řadí Lukoszová (2012) mimo jiné systém JIT, který může být aplikován v zásobovací, výrobní i distribuční části dodavatelského řetězce a dnes je v globálním měřítku typický pro celý automobilový průmysl. Jedná se o metodu založenou na tažném principu a Sodomka (2006, s. 157) ji definuje takto: „JIT představuje tažný princip řízení, podle něhož je výroba produktu iniciována zákazníkem. Všechny potřebné komponenty jsou přítom „právě včas“ taženy podnikovými procesy až k finální kompletaci produktu a předání zákazníkovi.“ Jak uvádí Lukoszová (2012) dodání probíhá v přesně dohodnutých termínech podle potřeby odebírajícího článku a typické jsou:

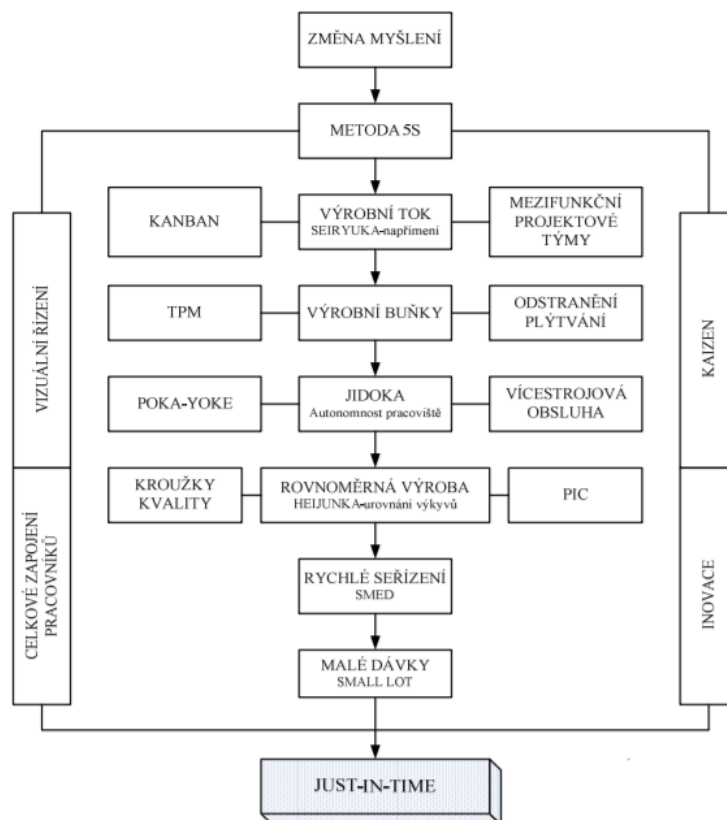
- dodávky v malém množství,
- velmi často (do 24 hodin nebo několikrát denně),
- v okamžiku potřeby na straně poptávky (nedochází k hromadění zásob u odběratele).

Sixta a Mačát (2010, s. 245) logistickou technologii vzniklou počátkem 80. let v Japonsku a USA prezentují jako: „...způsob uspokojování poptávky po určitém materiálu ve výrobě, nebo hotového výrobku v distribučním řetězci v přesně dohodnutých a dodržovaných termínech dodáváním „právě včas“ podle potřeb odebírajících článků.“ Dodávají, že technologii JIT lze chápat jako rozšířenou technologii Kanban, neboť propojuje nákup, výrobu i logistiku.

Vaněček (2008) vidí podobnosti mezi systémy JIT a Kanban, protože oba přispívají ke snížení až eliminaci zásob. Je však potřeba zdůraznit, že JIT není kanban a kanban není JIT. Doplňuje, že systém Kanban je vhodný pro dílnu s návaznými pracovišti, kterými materiál

postupně prochází a systém JIT je především zaměřen na jeden článek (podnik), který odstraněním nedostatků ve výrobě a lepší spoluprací s dodavateli snižuje zásoby a tím i náklady. Oba systémy se podle Vaněčka (2008) mohou prolínat a v praxi k tomu často dochází.

Základ systému JIT tvoří podle Kohoutové (2008) vybudování komplexního systému, s cílem přetvoření celé organizace a dosažení rovnováhy mezi její pružností a výkonností. Kohoutová dodává, že hlavním předpokladem pro úspěšnou implementaci systému JIT je změna v myšlení lidí v celé organizaci, včetně nevýrobních útvarů, čímž dojde k přechodu na novou koncepci eliminující ztráty v celém procesu. Požadované předpoklady pro implementaci JIT znázorňuje obrázek 2.



Obrázek 2 Struktura Just-in-Time (Kohoutová, 2008)

JIT se podle Keřkovského a Valsi (2012) orientuje na eliminaci pěti základních druhů ztrát, které plynou z nadprodukce, čekání, dopravy, udržování zásob a nekvalitní výroby. Podle autorů je k aplikaci JIT v zásadě možno přistupovat trojím způsobem:

- chápání JIT jako firemní filozofie řízení výroby, s cílem průběžného zlepšování a eliminace ztrát cestou akvizice všech pracovníků,

- aplikování JIT v řízení výroby formou souboru technik, jejichž využívání je pro JIT typické,
- implementace plánovacích principů JIT v řízení výroby.

Tyto tři přístupy Keřkovský a Valsa (2012) chápou jako hierarchii na sebe navazujících aplikačních vrstev a aplikace JIT musí vycházet jak z celkové, tak zejména z výrobní strategie společnosti a musí s nimi být v souladu. Vaněček (2008) tuto myšlenku doplňuje tím, že aplikaci systému JIT nelze provádět tak, že by se naráz odstranily všechny zásoby, ale nejprve je třeba odstranit všechny příčiny, které vedly k jejich tvorbě. Zmiňuje také, že hlavní důraz při zavádění metody je kladen na to, aby byl každý výrobek napoprvé vyroben ve 100% kvalitě a nebylo tak třeba výrobní proces opakovat.

Zavedení technologie JIT je podle autorů Sixty a Žižky (2009) mimořádně náročné na projekci a řízení. Dodávají, že při zavádění systému JIT je třeba důkladně zvážit reálné možnosti všech zapojených článků a porovnat je v daných podmínkách s uplatněním jiných možných technologií. Úspěšná implementace JIT je dle Lukoszové (2012) založena na dvou základních principech:

- Hluboká změna ve vztazích mezi dodavatelem a odběratelem, kdy odběratel je dominujícím článkem a dodavatel se mu musí přizpůsobit tak, aby sladil svoji činnost s jeho potřebami, garantoval požadovanou kvalitu dodávky, poskytoval potřebné informace pro plánování a operativní řízení.
- Přepravu je třeba svěřit kvalitnímu dopravci, kdy spolehlivost a přesnost přepravy je důležitější než samotná rychlost.

Úspěšná implementace JIT do procesu výroby přináší dle Sixty a Mačáta (2010) obvykle následující přínosy:

- redukce zásob surovin, zásob ve výrobě i zásob hotových výrobků,
- značné zkrácení doby toku materiálů,
- snížení velikosti potřebných skladových prostorů,
- zlepšení produktivity a větší úroveň řízení mezi různými úseky výroby,
- výrazné zlepšení obrátky zásob,
- zlepšení zákaznického servisu,
- snížení distribučních nákladů a nižší náklady na přepravu,
- zvýšení kvality výrobků od dodavatelů,
- snížení počtu dopravců a dodavatelů.

Mezi hlavní pozitivní efekty používání tohoto systému patří dle Lukoszové (2012) zvýšení produktivity o 20 až 50 %, snížení celkových nákladů ve výrobním procesu až o 30 %, snížení zásob o 50 až 100 %, zkrácení doby potřebné pro manipulaci a přepravu o 50 až 90 % a v neposlední řadě úspora výrobních a skladových ploch o 40 až 80 %.

Zavedení systému JIT s sebou však kromě zmíněných výhod přináší i určité nevýhody. Mezi negativní důsledky a problémy při zavedení technologie JIT Sodomek (2014) řadí:

- zastavení výrobního procesu, pokud jeden z dodavatelů není schopen plnit svůj denní závazek,
- vysoké zatížení dopravních systémů, zásoby jsou místo ve skladu v dopravních prostředcích na silnici,
- problémy vznikající s dodržením časových plánů při překonávání některých hranic i v silně dopravně zatížených městských aglomeracích, nebezpečí zablokování cesty z vyšší mocí,
- negativní vliv exhalací z výfukových plynů, hluku, nehod dopravních prostředků apod.

Charakteristické rysy JIT podle Keřkovského a Valsi (2012) nejlépe vyplynou z porovnání s tradičními přístupy k řízení výroby, uvedené v následující tabulce:

Tabulka 1 JIT versus klasické přístupy k řízení výroby

| Charakteristiky řízení výroby | Tradiční systémy | JIT systém |
|---------------------------------------|--|---|
| Výrobní program | Široký | Omezený |
| Konstrukce výrobků | Snaha maximálně vyhovět zákazníkovi | Uplatňování standardizace, konstrukce přizpůsobená výrobě |
| Výrobní proces a mezioperační doprava | Job-shop (technologické uspořádání výrobního procesu) | Flow-shop (předmětné uspořádání výrobního procesu) |
| Pracovní síla a pracovní styl | Pracovní síla specializovaná, úzce kvalifikovaná, práce individualizovaná | Šířeji kvalifikovaná a flexibilní pracovní síla, týmová práce a kooperace |
| Plánování výroby | Komplikované výrobní toky, dlouhé seřizovací časy, velké výrobní dávky, dlouhé průběžné doby | Krátké seřizovací časy, malé výrobní dávky, kratší průběžné doby, počítačová podpora zaměřená na sledování průběhu výroby |
| Řízení zásob | Velké mezioperační zásoby, mezioperační sklady | Malé mezioperační zásoby, skladování rozpracovaných výrobků přímo na dílnách |
| Subdodavatelé | Velký počet s konkurenčními vztahy | Limitovaný počet s kooperativními vztahy |
| Výrobní kontrola jakosti | V kritických místech, zaměřená na výrobky | Kontinuální, zaměřená na kritická místa výrobního procesu |
| Údržba výrobního zařízení | Po poruše, prováděná specialisty | Preventivní, prováděná operátory |

Zdroj: Keřkovský a Valsa (2012, s. 84-85)

1.3 Techniky na podporu Just in Time

Úspěšné zavedení systému JIT do praxe znamená podle Lukoszové (2012) vytvořit kvalitní pracovní podmínky, které jsou výchozím krokem k vylepšení programu podniku. Dodává, že mezi tyto podmínky může patřit například zavedení systému 5S, metoda SMED, nulová kontrola kvality a další.

5S – metoda zavedení pořádku na pracovišti

Cílem této metody je podle Lukoszové (2012) zavést na pracovišti pět základních pravidel, začínajících v angličtině na písmeno „S“:

- **Sorting (třídění)** – na pracovišti se ponechají jen věci nutné k výkonu práce, vše ostatní se uklidí. K identifikaci nepotřebných položek slouží označení každé věci červeným štítkem, který se z položky odstraní, pokud se s ní pracuje.
- **Set in order (dej do pořádku)** – zásada slouží k rozložení nástrojů ve sledu pracovních činností tak, aby pracovníci neztráceli čas hledáním položek. Jednotlivým položkám je přiřazeno své místo.
- **Shine (čistota)** – potřeby a materiál je potřeba udržovat v čistotě, stejně jako pořádek na pracovišti. Tento bod je také spojen s údržbou strojů a zařízení.
- **Standardizing (standardizace)** – vylepšené pracoviště podle zásad 5S by zaměstnanci měli chápat jako nový standard a nepovažovat systém za pouhou nárazovou záležitost.
- **Sustaining (udržování)** – cílem posledního kroku je udržovat zavedený pořádek na pracovišti. Vše je potřeba udržovat a monitorovat zlepšené podmínky.

Metoda by podle Burieta (2012) měla být základem v každé štíhlé výrobě. Dále zmiňuje, že tato metoda se dá navíc rozšířit na 6S nebo dokonce 7S. Do šestého kroku Burieta (2012) přidává bezpečnost, kterou chápe jako bezpečnost pracoviště i bezpečnou práci pracovníka. Sedmý krok podle něj zahrnuje ekologii a životní prostředí, na které je v posledních několika letech kladen velký zřetel a v rámci sedmého bodu se zaměřuje především na odpadové hospodářství, ochranu ovzduší, vody a půdy.

SMED – metoda rychlých změn

Pomocí metody SMED (výměna nástrojů od 1 do 9 minuty) dochází podle Šabackého (2007) ke změně přístupu ve výrobě. Dále uvádí, že metodu vyvinul Japonec Shigeo Shingo a sestává z následujících tří kroků:

- **Oddělení interních a externích operací seřizování** – v tomto kroku je nutné rozlišit a oddělit od sebe externí a interní seřizovací operace. Interní operace se provádějí, když stroj stojí a externí za chodu stroje.

- Konverze interního nastavení seřizování na externí – ve druhém kroku je hlavní snahou eliminovat externí operace.
- Zlepšování činností jak interního, tak externího seřizování – poslední krok spočívá v detailním zaměření se na jednotlivé operace, jejich analýzu a následné zlepšování. U externích operací se jedná například o zaměření na procesy přípravy a transportu nástrojů a u interních operací se klade důraz na rychlejší způsoby upevňování nástrojů, zkracování zkušební doby, standardizaci dílů nebo eliminaci činností.

Nulová kontrola kvality

Pokud se ve výrobě využívá přístup JIT tak Lukoszová (2012) uvádí, že se výroba zmetků nepředpokládá a zároveň při použití tohoto principu na skladě nejsou drženy téměř žádné zásoby, které by zmetky mohly nahradit. Doplňuje, že cílem procesu je kontrola ještě dříve, než se zmetky mohou vyrobit a tento systém je tak kombinací čtyř základních prvků:

- kontrola zdrojů tvorby nedostatků,
- 100% kontrola,
- okamžitá zpětná vazba,
- Poka-Yoke.

1.4 Kanban

Při filosofii JIT se podle Lukoszové (2012) používá nejčastěji systém řízení kanban, který bývá často zaměňován se zmíněným systémem JIT, kanban je však pouze jeho součástí. Podle autorů Sixty a Mačáta (2010) se jedná o tahový výrobní systém, který se nejvíce používá v automobilovém průmyslu a dobře se osvědčil pro ty díly, které se používají opakovaně.

Cempírek (2010) uvádí, že kanban je bezzásobová technologie, vyvinutá japonskou firmou Toyota Motors v 50. a 60. letech minulého století a je známá také pod názvem Toyota Production Systems (TPS). Tomek a Vávrová (2014) zmiňují, že složené slovo kanban znamená japonský termín pro štítek nebo kartu (slovo „kan“) a signál (slovo „ban“). Využití principu kanban bylo dle Bilíka (2008) až do roku 1970 zaměřeno pouze na Toyotu a její dodavatele a až od roku 1976 se technologie JIT spolu s metodou kanban rozšířila i do ostatních japonských firem. Doplňuje, že do USA se filozofie začala dostávat až po roce 1980.

Keřkovský a Valsa (2012, s. 86) definují kanban jako „...*flexibilní, na principech JIT vybudovaný samoregulační systém řízení výroby, používaný zejména v Japonsku.*“. Systém kanban se dá podle Lukoszové (2012) chápat nejen jako oznamovací štítek či karta, ale kanbanem může v širším významu být také přepravní krabice nebo identifikační místo na podlaze či regálu.

1.4.1 Podstata kanbanu

Jak již bylo uvedeno systém kanban funguje na principu tahu. Lukoszová (2012) vysvětluje princip jako „tahání“ součástek výrobním procesem podle požadavků na montážní lince, bez zbytečné rozpracovanosti a zbytečných meziskladů. Dodává, že se vyrábí či expeduje jen ten materiál, který je zrovna potřebný neboli materiál iniciovaný výrobou na signál. Pokud tedy požadavek na materiál nevznikne, nedochází k žádné činnosti. Průběh systému kanban objasňuje Tomek a Vávrová (2014, s. 216) takto: „*jestliže spotřebitelské místo (odebírající pracoviště) zaregistruje, že předem stanovená výše zásoby součásti dosahuje řídicí hladiny nebo je dokonce pod ní, hlásí dodavatelskému (vyrábějícímu) pracovišti svoji potřebu tak, že předá kartu kanban. Vyrábějící (dodávající) místo musí zajistit dodání v požadovaném množství a čase. Materiál (součásti) se odesílá i s kartou kanban*“.

Kanban karta podle Bilíka (2008) obsahuje informace o tom co se bude vyrábět, kdy se to bude vyrábět a kolik se toho vyrobí. Zmiňuje také, že materiál má přesně určené obalové transportní jednotky (např. palety, boxy, kontejnery, přepravky apod.) kam lze umístit jen definovaný počet kusů. Dodává, že vznikne-li požadavek v podobě volné kanbanové karty dochází k oběhu karet v kanbanovém okruhu v předem definovaném množství. Sodomka (2006) princip kanbanových okruhů vysvětluje tak, že jednotlivé výrobní linky své aktivity vyvolávají u předcházejícího výrobního stupně prostřednictvím objednávky (tzv. kanban karty), která plní funkci dodacích listů. Nejvýhodnější je systém kanban podle Košturiaka a Gregora (1993) implementovat tam, kde je opakovaná výroba stejných součástek s velkou setrvačností v odbytu. Upozorňují, že není-li tento předpoklad dodržen, je nutné vybavit systém kanban speciálním plánovacím systémem, který určí kapacity regulačních okruhů, jejich toleranční rozsahy apod.

Podle Sixty a Žižky (2009) vychází kanban z těchto principů:

- Fungují zde tzv. samořídící regulační okruhy tvořené dvojicí článků mezi vyrábějícím a odebírajícím místem.
- Uplatňuje se strategie tažného (pull) principu.
- Za kvalitu ručí dodavatel a odběratel musí objednávku vždy převzít.
- Odběratel i dodavatel mají vyvážené kapacity a synchronní činnosti.
- Je zde rovnoměrná spotřeba materiálu bez velkých výkyvů a sortimentních změn.
- Nejsou vytvářeny žádné zásoby na sklad u dodavatele ani u odběratele.

Aplikace systému a zavedení výše uvedených principů vyžaduje dle Lukoszové (2012) vysokou rovnoměrnost odbytu, jednosměrný materiálový tok a synchronizaci jednotlivých

operací. S tímto názorem souhlasí i Košťuriak a Gregor (1993), kteří dodávají, že již při návrhu výrobní dispozice je třeba tvořit skupiny příbuzných výrobků, zajistit pravidelný odběr výrobků, využít principy skupinové technologie a tím dosáhnout vyvážení výrobních kapacit. Hlavní podstatou kanbanu je podle Vítka (2012) dodržování těchto základních pravidel:

- Odebírání dílců z předcházejícího procesu pouze tehdy, když je to potřeba (na základě předpisu příslušné kanban karty).
- Výrobní personál vyrábí pouze množství, které je potřebné k nahrazení odebraného množství – vyrábí na základě toho, co povoluje výrobní kanban karta.
- Pokud na pracovišti chybí kanban karty, nerealizuje se žádná činnost (doprava, výroba).
- Kanban karty se přepravují společně obalovými transportními jednotkami (kromě jejich návratu).
- Personál odpovídá za to, že se zmetky nepošlou do dalšího kroku výrobního procesu.
- Množství kanban karet v oběhu musí být postupně redukován v duchu filozofie JIT, musí se zvyšovat provázanost procesů a postupným snižováním zásob dochází odkrývání problémů a může docházet k jejich eliminaci.

1.4.2 Druhy kanbanu

Bilík (2008) rozděluje kanban podle využití v různých regulačních okruzích a podle funkcí, které plní na transportní kanban, výrobní kanban, expresní kanban a pomocný (jednorázový) kanban.

Transportní kanban

Transportní (někdy též přepravní) kanban Pospíšil (2013) považuje za nejjednodušší formu kanbanového okruhu, který se používá zejména pro transport materiálu, tedy k přemístění z jednoho pracoviště na druhé respektive mezi výstupním zásobníkem dodavatelského pracoviště a mezi vstupním zásobníkem zákaznického pracoviště. Tento druh kanbanu se též podle Bilíka (2008) používá mezi centrálním skladem a zákaznickými pracovišti, např. v supermarketech.

Pro materiálový okruh řízený kanbanem je podle Pospíšila (2013) charakteristické, že materiál je na dodavatelském pracovišti k dispozici neprodleně a není potřeba kanban použít pro řízení výroby na dodavatelském pracovišti. Jako příklad Pospíšil (2013) uvádí centrální sklad jako dodavatelské pracoviště, který jednotlivá zákaznická centra zásobuje materiálem. Za samozřejmost v systému transportního kanbanu je podle Bilíka (2008) považována disponibilita materiálu na dodavatelském pracovišti, v případě nedostatku materiálu by došlo

k přerušení procesu dodávky materiálu, což by mělo za následek zastavení činnosti zákaznického pracoviště.

Výrobní kanban

Kohoutová (2008) udává, že výrobní kanban koluje vždy v rámci výrobní linky. Výrobní kanban vidí Bilík (2008) jako obdobu přepravního kanbanu v tom smyslu, že dává pokyn k pohybu materiálu s tím rozdílem, že u přepravního kanbanu se pokyn týká samotného zahájení výroby na pracovišti. Dále Bilík upozorňuje na to, že výrobní kanban musí brát ohled na kapacitu dodavatelského pracoviště, která je kontrolována používáním kanbanových tabulí, na kterých se prázdné kanbanové karty shromažďují. Poté se následnou vizualizací a fyzickým uspořádáním karet řeší, jaké produkty a v jakém pořadí se budou vyrábět.

Expresní kanban

Použití expresních karet vidí Hrabák (2010) při výskytu abnormalit v materiálovém toku. Jak dále doplňuje, při jejich příchodu na dodavatelské pracoviště se nepoužívá čas jejich příchodu, ale tyto karty mají při zpracování přednost před ostatními. Bilík (2008) rozlišuje expresní karty na výrobní a transportní.

Expresní transportní kanban dává podle Bilíka (2008) signál k bezodkladnému transportu materiálu, což v praxi často znamená plně nevyužitou kapacitu přepravní jednotky a tím dochází k nárůstu přepravních nákladů – časté používání expresních transportních karet má rozhodující vliv na přímý nárůst transportních nákladů.

Oproti tomu expresní výrobní kanban popisuje Hrabák (2010) jako systém, který může dávat signál k okamžité změně výroby na dodavatelském pracovišti a stejně tak jako expresní transportní karty by expresní výrobní karty měly být používány jen výjimečně.

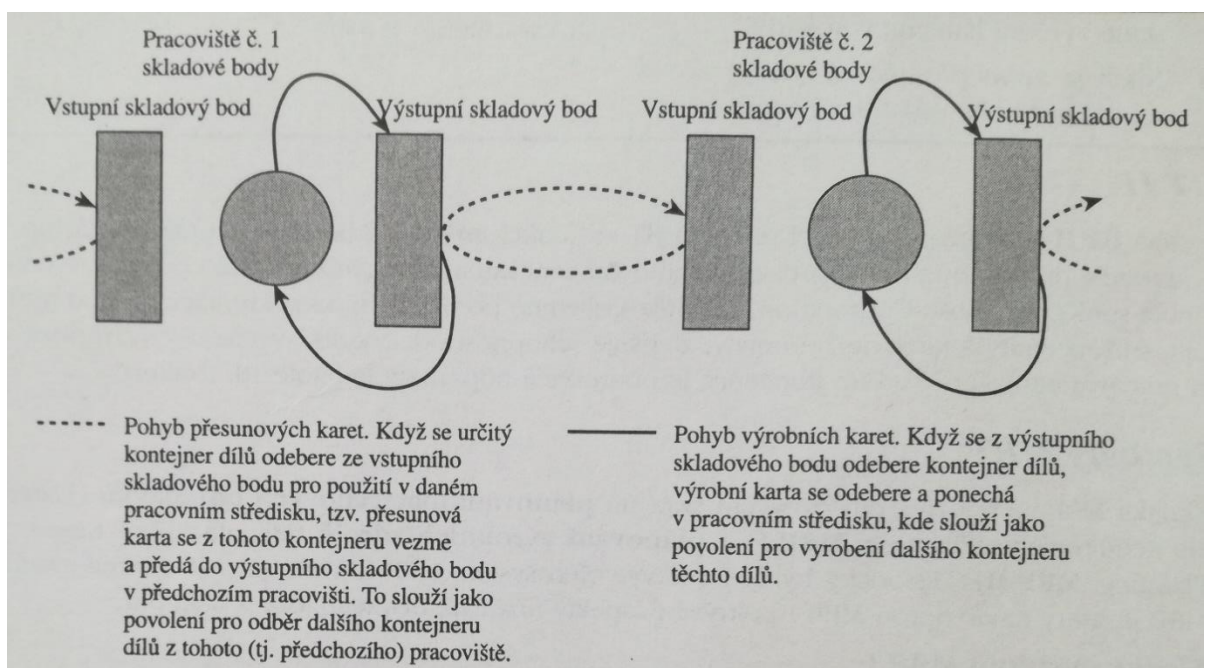
Pomocný (jednorázový) kanban

Pomocí jednorázového kanbanu lze podle Bilíka (2008) řešit výskyt určitých abnormalit ve výrobě nebo nárazové a nepředvídatelné změny. Zmiňuje, že zpracování pomocných kanbanových karet na dodavatelském pracovišti probíhá v tom pořadí, v jakém se na pracoviště dostaly. Jak Bilík dále uvádí, při používání tohoto druhu kanbanu nedochází k dodatečným nákladům na neplánovanou změnu výrobního programu a v praxi je jejich používání často spojeno s plánovanými výpadky výroby nebo přepravy, což s sebou přináší krátkodobé navýšení zásob v materiálovém toku.

1.5 Kanban karta

Kanbanová karta slouží k objednávání dílů ze skladu do výroby a Šimon s Millerem (2010) udávají, že funguje na tom principu, že jsou jednotlivé dílce uskladněny do přepravních

jednotek v přesně definovaném počtu kusů. Systém kanbanových karet, který představuje obrázek 3, lze podle Lamberta, Stocka a Ellrama (2005) použít v jakémkoliv výrobním procesu, který zahrnuje opakující se operace. Autoři popisují dva typy kanbanových karet – pohybové (přesunové) a výrobní. Princip fungování pohybové karty popisují tak, že když pracovník začne používat díly z určitého kontejneru, odebere a pošle do předcházejícího pracovního střediska pohybovou kartu, která je ke kontejneru přiložena. Odeslání pohybové karty je pak pro dodávací středisko signálem k tomu, aby poslalo další kontejner dílů, který má připojenou výrobní kartu a ta je před odesláním kontejneru nahrazena kartou přesunovou. Volná výrobní karta dává následně znamení výrobnímu středisku k výrobě dalšího kontejneru dílů.



Obrázek 3 Systém kanbanových karet (Lambert, Stock a Ellram, 2005)

Efektivní fungování systému kanban zajistí dle autorů Lamberta, Stocka a Ellrama (2005) následující pravidla:

- kontejner může v jednu chvíli disponovat pouze jednou kartou,
- signál pro přesun dílů musí iniciovat středisko, které kontejner v danou chvíli využívá,
- výrobní středisko nesmí začít výrobu nových dílů do té doby, než dostane výrobní kartu,
- nesmí se přesouvat/vyrábět více dílů, než kolik udává kanbanová karta,
- kanbanové karty musí pracovat na principu First-in, first-out (FIFO)
- vyrobené díly se musí uložit na místo, které udává kanbanová karta.

Velkou výhodou při využívání tohoto systému vidí Lambert, Stock a Ellram (2005) v tom, že se ve výrobě dá snadno sledovat stav zásob jednoduše tak, že se zkontroluje počet

karet v oběhu. Zmiňují, že odstraněním určitého počtu karet lze testovat nebo zatěžovat systém, odhalovat úzká místa ve výrobním procesu a následně nalezený problém řešit – tedy celý systém zlepšovat, což je primárním cílem kanbanu.

1.5.1 Počet kanban karet v oběhu

Základem dobře fungujícího kanbanu je podle Šenkýře (2011) správné stanovení počtu kanbanových karet v oběhu. Zdůrazňuje, že množství karet v oběhu nesmí být nedostatečné, protože by mohlo dojít k zastavení výrobní linky, a naopak nadbytek karet by znamenal plýtvání v podobě nadbytečných zásob nebo zabírání místa na pracovišti výroby. Výše počtu kanban karet v oběhu ovlivňují podle Bilíka (2008) následující faktory:

- charakter výroby,
- spotřeba materiálu v časovém úseku (průměrná versus maximální),
- počet dílů prezentovaných jednou kanban kartou,
- minimální počet dílů na jednu kanban 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,
- pojistná zásoba (zakrývá chyby ve výrobě, ztracené kanbanové karty, chyby zaměstnanců apod.).

1.5.2 Modely výpočtu kanban karet

Mičieta (2001) ve své publikaci uvádí několik modelů pro výpočet kanban karet v oběhu. Před samotným výpočtem je podle Mičiety nutné zodpovědět několik otázek - Kolik výrobků se na paletu vejde? Kolik transportních dávek je třeba pro danou četnost transportů? Může se transportovat smíšená dodávka či nikoliv? Modely, které Mičieta popisuje ve většině případů zahrnují následující proměnné:

- průměrnou denní spotřebu,
- průběžnou dobu výroby výrobní dávky,
- pojistnou zásobu,
- množství dílů v přepravce (balící množství).

První model pro výpočet kanban karet v oběhu, který Mičieta (2001) uvádí je model maximálního stavu zásob, kdy stav zásob je přímo pokrytý kanban kartami:

$$PK = \frac{MaxZ}{Q} [ks] \quad (1)$$

PK = počet karet v oběhu

MaxZ = maximální zásoba (včetně pojistné, ks)

Q = množství dílů v přepravce (ks)

Uvedený model je jednoduchý na výpočet vzhledem k faktu, že získání potřebných dat pro výpočet je snadno zjistitelné. Na nevýhodu vzorce poukazuje Schacherl (2009), která v modelu postrádá zahrnutí intervalu dodávek nebo času pro opakované dodání, což je významný faktor, který ovlivňuje výši maximální zásoby i pojistné zásoby. Dodává, že maximální stav zásob lze zjistit sečtením signální hladiny, velikostí výrobní dávky a pojistné zásoby, je to však údaj nepřesný, protože závisí na lidském faktoru (opatrnost při stanovení pojistné zásoby) a počet karet poté může být neúměrně vysoký.

Druhý způsob výpočtu kanban karet v oběhu vycházející z Mičietovi publikace je model dle Toyoty, který je zaměřen především na fyzický vnitropodnikový kanban:

$$PK = \frac{AC*(T\check{c}+Ts)*(1+\alpha)}{Q} [ks] \quad (2)$$

AC = denní spotřeba dílů

Tč = průměrný čas čekání na výrobní dávku v desetinách dne (čas, kdy se karta dostane z výstupního místa na vstup)

Ts = průměrný čas zpracování výrobní dávky v desetinách dne

α = pojistný koeficient

Tento model shledává Schacherl (2009) ve srovnání s předcházejícím vzorcem jako přesnější, vychází z průměrné spotřeby, a to je normativní údaj téměř nezávislý na lidském faktoru.

Dalším modelem, který Mičieta zmiňuje je model společnosti MONDEN, který má obdobný charakter jako model maximální zásoby, avšak je přesnější nahrazením maximální zásoby průměrnou spotřebou:

$$PK = \frac{AC}{Q} [ks] \quad (3)$$

Problémem je v případě tohoto vztahu dle Schacherl (2009) absence údajů o pojistné zásobě a nezohlednění vlivu času při opakovaném dodání, což upravuje přesnější vzorec 4:

$$PK = AC * PC * \alpha [ks] \quad (4)$$

PC = pojistná zásoba

Čtvrtý model, který Mičieta popisuje je model společnosti WILDEMANN, který je náročný na získání informací, neboť se musí kalkulovat ekonomické objednávací množství a pro výpočet uvádí vzorec:

$$PK = \frac{AC * (PPD * Ts * KP + TPZ + T\check{c} + \frac{1}{ID}) * \alpha}{Q} [ks] \quad (5)$$

PPD = počet palet na EOQ

EOQ = optimální objednávací množství, při kterém jsou minimální dopravní i skladovací náklady

KP = kapacita palety

TPZ = čas přípravy a ukončení dodávky

ID = interval dodávky

1.5.3 Významné složky výpočtu kanban karet

Výpočet množství kanbanových karet v oběhu ovlivňují různé složky, některé mají na výsledek větší vliv než ostatní. Jedná se zejména o následující složky: množství, čas znovunaplnění (znovudodání) a pojistná zásoba.

Množství

Určit optimální objednávací množství je možné na základě různých modelů. Nejznámějším modelem, ze kterého lze vycházet je **model ekonomického objednávacího množství (Economic Order Quantity, EOQ)**. Tento model podle Lamberta, Stocka a Ellrama (2005, s. 124) „představuje koncepci, která určuje optimální objednávací množství na základě objednávacích nákladů a nákladů na udržování zásob. Optimální objednávací množství nastává tehdy, když přírůstkové objednávací náklady se rovnají přírůstkovým nákladům na udržování zásob. Optimalizace objednávacího množství, a tím i dodacího množství, není posuzována z hlediska celkových logistických nákladů, ale pouze z hlediska nákladů na objednání a udržování zásob.“ Autoři ve své publikaci uvádějí vzorec pro výpočet EOQ v jednotkách zboží:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * P * D}{C * V}} [ks, kg, \dots] \quad (6)$$

P = objednávací náklady (na 1 objednávku)

D = roční poptávka nebo spotřeba produktu (počet jednotek)

C = roční náklady na udržování zásob (procento z výrobních nákladů nebo hodnoty)

V = průměrné náklady nebo hodnota jednotky zásob

Lambert, Stock a Ellram (2005) uvádějí, že model je v praxi často využíván, ale aby mohl být používán správně musí být splněny následující předpoklady – známá a konstantní poptávka a doba doplnění zásob, cena a přepravní náklady jsou nezávislé na množství, nepřipouští se vyčerpání zásob a žádné zásoby nejsou na cestě.

Čas znovunaplnění (znovudodání)

Schacherl (2009) uvádí model, který využívá společnost Toyota a kde opakované dodání představuje čas mezi objednávkou a dodávkou a výrobním cyklem, který musí zahrnovat – čas, ve který byl uvolněný kanban odeslán do následujícího procesu; čas nutný k zahájení výroby po obdržení kanban karty; čas potřebný k vyrobení nové dávky; čekací doba výroby do dokončení dávky; čas transportu dílů do následujícího procesu.

Pojistná zásoba

Pojistnou zásobu podnik vytváří podle Sixty a Žižky (2009) pro zjemnění dopadů při výkyvech poptávky, spotřeby nebo dodávky a jejím hlavním úkolem je zajistit požadovanou úroveň služeb zákazníkům. Dodávají, že výše pojistné zásoby se zjistí z vypočtené optimální velikosti obrátové zásoby doplněné o dodatečnou zásobu, nazvanou jako pojistná zásoba. Podle autorů je třeba si uvědomit, že pojistná (nebo nárazníková či flukтуаční zásoba) pokryje odchylky jen do určité míry, nikoli s absolutní jistotou.

Horáková a Kubát (1999) se shodují, že odchylky vznikající jak na straně vstupu (příjem dodávky k doplnění zásob) tak na straně výstupu (velikost poptávky), mohou vést ke zvyšování i snižování stavu zásob oproti plánovanému stavu. Pro potřeby stanovení velikosti pojistné zásoby se podle Horákové a Kubáta soustředí pozornost pouze na odchylky zmenšující stav zásob.

Při výpočtu pojistné zásoby pomocí **statistické metody**, kterou Lambert, Stock a Ellram (2005) popisují ve své knize je nutné uvažovat společný vliv dvou faktorů – variability poptávky a variability cyklu doplnění zásob – proměnlivosti může být dosaženo nasbíráním statisticky významného vzorku dat o objemech prodeje a o cyklech doplňování zásob. Poté lze dle autorů přistoupit k výpočtu pojistné zásoby na základě následujícího vzorce:

$$\sigma_c = \sqrt{\bar{R} * (\sigma_S^2) + \bar{S}^2 (\sigma_R^2)} [ks, kg, \dots] \quad (7)$$

σ_c = jednotky pojistné zásoby potřebné pro uspokojení 68 % veškerých pravděpodobností

\bar{R} = průměrný cyklus doplnění zásob

σ_R = směrodatná odchylka cyklu doplnění zásob

\bar{S}^2 = průměrný denní prodej

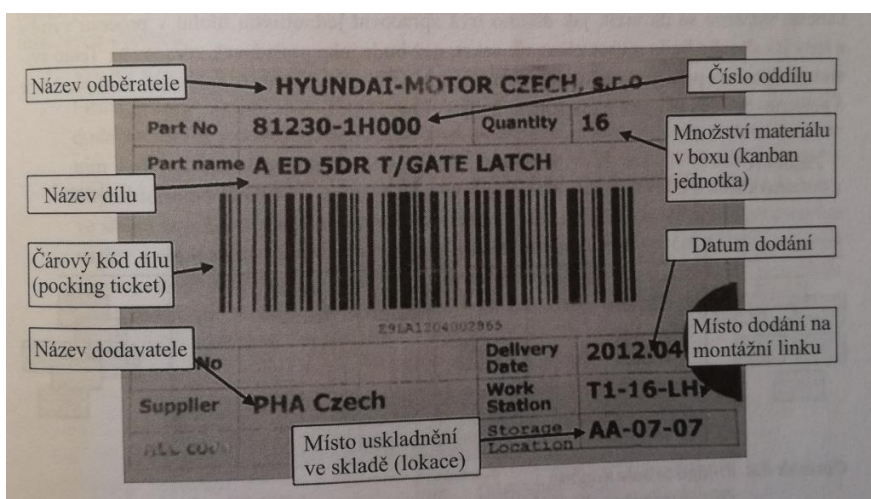
σ_S = směrodatná odchylka denního prodeje

1.6 Elektronický kanban

V současné době digitalizace dochází podle Šimona a Millera (2010) v mnoha případech k řízení systému kanban v elektronické podobě, kdy místo sběru kanbanových karet provádí pracovník logistiky načítání čárových kódů nebo QR kódů. Stejně situaci vidí i Hrabák (2010), který vidí výhodu v tom, že oběh fyzické kanbanové karty je nahrazen obíháním pouze

informace z virtuální elektronické kanbanové karty, přičemž systém neztratil nic ze své jednoduchosti a výrazně získal na rychlosti. Jak uvádí Petrák (2017), pracovníkům výroby odpadá povinnost umísťovat kanbanovou kartu na předem stanovené místo a další výhodou je možnost flexibilní reakce na umístění dílů u montážní linky i ve skladu. Myšlenku ostatních autorů doplňuje Schacherl (2009) tím, že elektronický kanban přináší nové řešení objednávek dílů na základě spotřeby s využitím IT technologií.

Hrabák (2010) upřesňuje fungování celého procesu, který je stejně jako fyzický kanban založen na stanovení množství kanbanových karet, skladu odkud bude materiál vychystáván a místa ve výrobě, které bude doplňováno. Dodává, že princip je stejný, pouze existuje ve virtuálním systému. Elektronická kanbanová karta založená na principu načítání čárového kódu je zobrazena na obrázku 4.



Obrázek 4 Elektronický kanbanový lístek v automobilovém průmyslu (Lukoszová, 2012)

Elektronický kanban s sebou přináší také jisté nevýhody, mezi které Petrák (2017) řadí zejména nutnou vizuální kontrolu stavu potřeby materiálu a skenování jednotlivých čárových kódů pro vytvoření objednávky.

Externí elektronický kanban Schacherl (2009) doporučuje využívat zejména pro hlavní dodavatele, kteří přinášejí nadpoloviční objem nakupovaných dílů (lze vycházet z Paretova pravidla) a tyto díly jsou do podniku v pravidelných intervalech dopravovány. Správné fungování elektronického kanbanu s dodavatelem zajišťuje podle Schacherl (2009) dodržování těchto pravidel:

- díly bude dodavatel dodávat na základě elektronických kanban karet,
- doručení elektronické kanban karty k dodavateli bude probíhat minimálně jednou denně,

- po obdržení elektronické kanban karty připraví dodavatel díly k nejbližší expedici,
- počet dílů musí přesně odpovídat obdržené kanban kartě,
- každá elektronická kanban karta odpovídá balící jednotce (kontejner, paleta, ...),
- při zjištění jakékoli chyby (neobdržení kanban karty ve stanoveném termínu, chybné množství dílů v balení, ...).

Zavedení elektronického kanbanu znamená pro podnik podle Bilíka (2008) eliminaci chyb, které jsou způsobeny lidským faktorem. Vytvořením speciálního softwaru se může e-kanban dle slov Schacherl (2009) přizpůsobit specifickým potřebám podniku. Zmiňuje, že navržený program může disponovat mnoha funkcemi – skenování karet a přenesení informací do databáze, vytváření statistik, vyhledání ztracených karet, hodnocení dodavatelů atd.

1.7 SWOT analýza

SWOT analýza patří podle Petryla (2017) mezi důležité marketingové nástroje a spadá do strategického plánování podniku. Analýza byla dle Grasseové, Dubce a Řeháka (2010) primárně určena pro hodnocení celé organizace, ale postupem času se stala univerzálním hodnotícím nástrojem. Autoři dále uvádějí, že analýza se stala jednou z nejpoužívanějších analytických technik a lze ji využít téměř pro jakoukoliv oblast jako například k hodnocení organizace, produktů, hodnocení pracovníků, projektů, záměrů či opatření.

Hlavní podstatou SWOT analýzy je podle Petryla (2017) komplexní a přehledné zhodnocení vnitřního prostředí pomocí silných a slabých stránek (Strengths a Weaknesses) a vnějšího prostředí za pomoci příležitostí a hrozeb (Opportunities a Threats). Zkratka SWOT je odvozena z uvedených anglických názvů, které označují jednotlivé kvadranty matice. Silné stránky slouží k identifikaci oblastí, v nichž je podnik lepší než konkurence a jedná se zejména o schopnosti, dovednosti, znalosti, zdroje nebo potenciál. Slabé stránky jsou opakem silných stránek a zahrnují například vysoké náklady, fluktuaci zaměstnanců nebo nedostatek marketingových zkušeností. Mezi příležitosti patří technologický vývoj, módní trendy, oborové standardy a další skutečnosti, které mohou společnosti přinést úspěch. Hrozby mohou ohrozit ekonomickou stabilitu podniku nebo odlákat zákazníky a patří sem například aktivity konkurentů, změny zákaznických preferencí, zavádění regulačních opatření a další (Čevelová, 2011). Petryl vidí hlavní přínosy SWOT analýzy v těchto skutečnostech:

- přehlednost,
- stručnost,
- komplexnost,
- formulace marketingové strategie.

1.8 Stanovení vah kritérií – Saatyho metoda

Saatyho metoda se využívá ke stanovení vah zvolených kritérií a lze ji podle Olivkové (2011) rozdělit do dvou kroků, kdy se v prvním kroku zjišťují preferenční vztahy dvojic kritérií. Kritéria jsou zapsána v tabulce v řádcích i ve sloupcích ve stejném pořadí a velikost preference se určuje počtem bodů ze zvolené bodové stupnice, která je dána v tabulce 2.

Tabulka 2 Deskriptory podle Saatyho

| Počet bodů | Deskriptor |
|--------------------|--|
| 1 | Kritéria jsou stejně významná |
| 3 | První kritérium je slabě významnější než druhé |
| 5 | První kritérium je dosti významnější než druhé |
| 7 | První kritérium je prokazatelně významnější než druhé |
| 9 | První kritérium je absolutně významnější než druhé |
| Hodnoty 2, 4, 6, 8 | Lze využít k jemnějšímu rozlišení velikosti preferencí dvojic kritérií |

Zdroj: Olivková (2011)

Doplněním bodů do matice podle uvedené bodové stupnice se získá pravá horní trojúhelníková část matice určující velikost preferencí. Přidělování bodů do horní části matice popisuje Olivková (2011, s. 4) takto: „*Pokud je kritérium uvedené v řádku významnější než kritérium uvedené ve sloupci, zapíše se do příslušného políčka počet bodů, kterým hodnotitel vyjadřuje velikost preference kritéria v řádku vzhledem ke kritériu ve sloupci. Pokud je naopak kritérium ve sloupci významnější než kritérium v řádku, zapíše se do příslušného políčka převrácená hodnota zvoleného počtu bodů.*“ Tato část matice se značí písmenem S a její další prvky (na diagonále a v levé dolní trojúhelníkové části) počítá Olivková (2011) podle vzorců:

$$S_{ii} = 1 \quad \text{pro všechna } i, \quad (8)$$

$$S_{ji} = \frac{1}{S_{ij}} \quad \text{pro všechna } i \text{ a } j. \quad (9)$$

Ve druhém kroku se stanoví hodnoty vah kritérií s využitím geometrických průměrů řádků Saatyho matice a znormováním těchto průměrů získáme normované váhy:

$$v_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (10)$$

v_i = normovaná váha i-tého kritéria,
 G_i = geometrický průměr i-tého kritéria,
 n = počet kritérií.

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU ODVOLÁVKOVÝCH SYSTÉMŮ V ZÁVODĚ ŠKODA AUTO A.S., VRCHLABÍ

V této kapitole bude nejdříve představena společnost Škoda Auto a.s. a její závod ve Vrchlabí. Dále bude zanalyzován současný stav odvolávkových systémů a navazující informační a materiálový tok v závodě ve Vrchlabí. Praktická část se bude dále zabývat vyskladňováním materiálu pomocí používaných odvolávkových systémů, které jsou v závodě ve Vrchlabí využívány. Na konci kapitoly bude provedena SWOT analýza současného stavu.

2.1 Představení společnosti Škoda Auto a.s.

Podle výroční zprávy společnosti Škoda Auto a.s. (2017) patří společnost, jež sídlí v Mladé Boleslavi, mezi nejvýznamnější průmyslové podniky v České republice. Předmět podnikání společnosti udává výroční zpráva zejména v oblasti vývoje, výroby a prodeje automobilů, komponentů, originálních dílů a příslušenství značky ŠKODA a poskytování servisních služeb.

Společnost Škoda Auto a.s. patří mezi jednu z nejstarších automobilek na světě. Byla založena v roce 1895 Václavem Laurinem a Václavem Klementem. V roce 1991 se společnost stala součástí koncernu Volkswagen. (Škoda Auto, 2017)

V současné době automobilka v České republice zaměstnává více než 31 600 osob. Škoda Auto a.s. (2017) má však své zastoupení i na zahraničním trhu a vozy značky Škoda se tak vyrábějí i v Číně, Rusku, Indii, na Slovensku, Ukrajině a v Alžírsku.

2.1.1 Představení závodu Škoda Auto a.s., Vrchlabí

Závod Vrchlabí byl založen v roce 1864 Ignácem Theodorem Peterou a od roku 1946 je závodem automobilky Škoda. Závod v této době vyráběl zejména užitkové a prototypové vozy. Od roku 1991, kdy se společnost stala součástí koncernu Volkswagen, se závod specializoval především na výrobu luxusních a akčních modelů značky Škoda. Úzké zaměření na tento druh vozů ve Vrchlabském závodě přetrval až do roku 2012. V tomto roce začal podnik na přechodnou dobu jako jediný vyrábět model Roomster. Na podzim stejného roku proběhla transformace ze závodu na výrobu automobilů na závod vyrábějící převodové skříně. (Škoda Storyboard, 2016)

2.1.2 Převodovka DQ 200

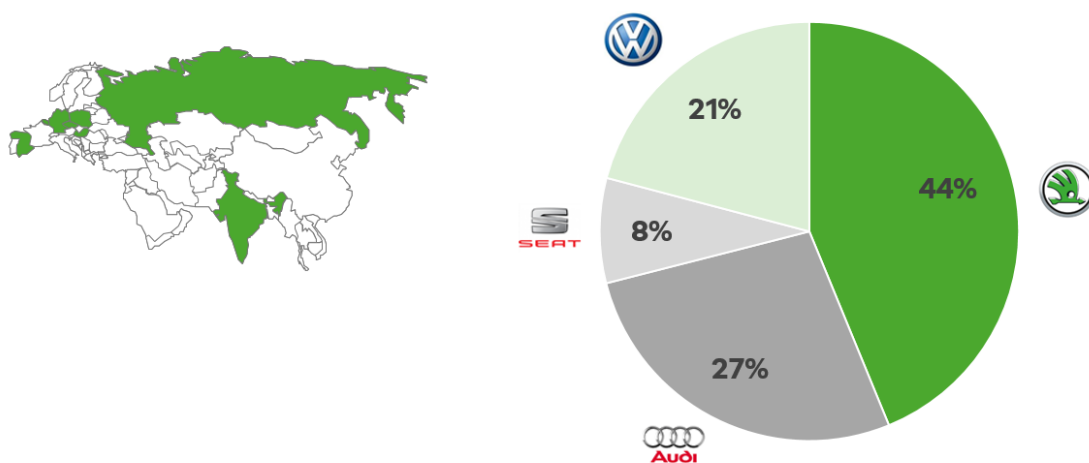
Jak je uvedeno na portále Škoda Auto (2018), automatická dvojspojková převodovka typu DQ 200 je jednou z nejmodernějších automatických převodovek v automobilovém průmyslu a poskytuje komfort řazení v kombinaci s rychlým přeřazováním bez přerušení záběru. Hlavní předností převodovky je podle portálu zejména změna převodového stupně během několika milisekund a špičkový komfort řazení.

Denní výrobní kapacita převodovek se od roku 2012 neustále zvyšovala. Přehled vyrobených převodovek za den od roku 2012 do roku 2016 je následující:

- rok 2012: 500 ks/den,
- rok 2013: 1 000 ks/den,
- rok 2014: 1 500 ks/den,
- rok 2015: 1 500 ks/den,
- rok 2016: 1 700 ks/den,
- rok 2017: 2 000 ks/den,
- rok 2018: 2 200 ks/den.

V lednu roku 2018 byla v závodě ve Vrchlabí vyrobena již dvoumiliontá převodovka DQ 200. Závod dodává převodovku DQ 200 celé řadě odběratelů. Největší podíl převodovek je dodáván pro celou řadu modelů značky Škoda. Síť odběratelů převodovky DQ 200 znázorňuje obrázek 5.

Odběratelé – podíl jednotlivých značek – 2017



Obrázek 5 Odběratelé převodovek DQ 200 ve světě (Škoda Auto a.s., 2017a)

Kompletní převodovka včetně mechatroniky se skládá z 352 kusů dílů, které vstupují do třech základních částí převodovky. Tyto díly je potřeba dopravit ze skladů na montážní linku nebo obrábění.

Zmiňované tři základní části převodovky blíže představuje Dlask (2014) ve své práci takto:

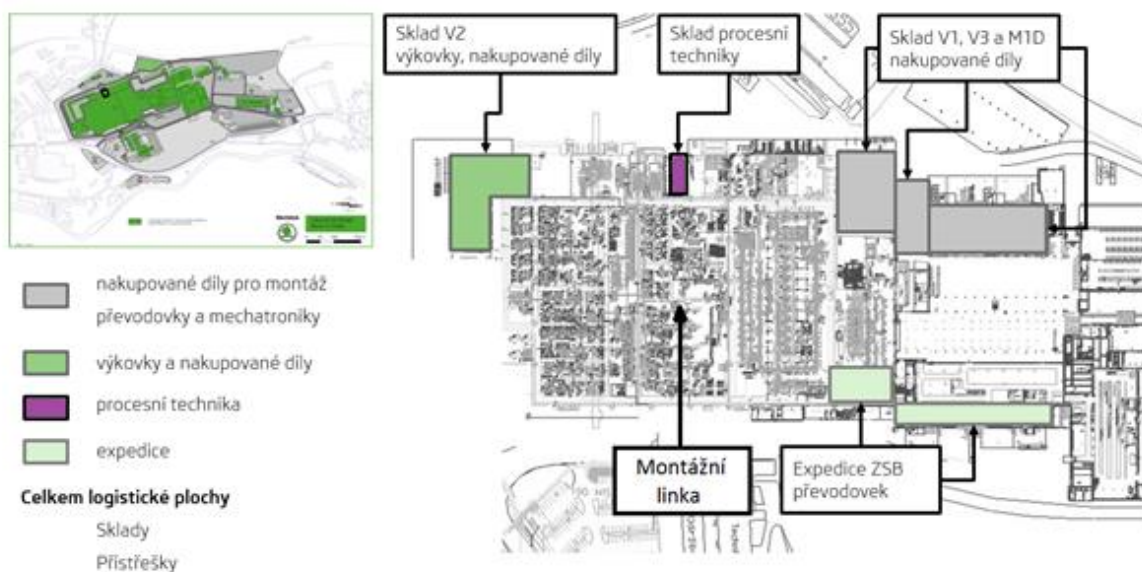
- **ROH surové díly** – opracovávají ve vrchlabském závodě na finální tvar, díly jsou ze skladů dodávané na oblast obrábění,
- **díly nakupované od externích dodavatelů** – dodávány ve finálním stavu, díly jsou ze skladů dodávané k montážním linkám,
- **díly pro mechatroniku** – řídicí centrum celé převodovky, které ovládá celý mechanismus řazení, díly jsou dodávány externími dodavateli, důraz kladen na čistotu, která ovlivňuje činnost celé mechatroniky.

2.2 Odvolávkové systémy v závodě Škoda Auto a.s., Vrchlabí

Práce se zabývá odvoláváním materiálu mezi sklady logistiky a montážní linkou (interní odvolávky materiálu). Následující oddíl 2.2 bude zachycovat všechny interní procesy od příjmu materiálu ve skladě, po skladování materiálu, způsobu uložení, až k odvolávce komponent na montážní linku, přepravu materiálu na montážní linku a uložení materiálu u montážní linky.

Odvolávání materiálu prošlo od roku 2012, kdy závod ve Vrchlabí začal vyrábět převodovky DQ 200, různými fázemi vývoje a automatizace. Z původního sběru papírových kanban karet se v roce 2014 vyvinulo objednávání materiálu načítáním čárového kódu prostřednictvím PDA terminálu. V roce 2016 proces odvolávkových systémů vylepšilo automatické generování požadavků uvolněním senzoru v regálovém skluzu – KLT odvolávky. Další zlepšení stávajících systémů doplnilo automatické generování požadavků načtením RFID čipu prostřednictvím čtečky ve skladu – GLT odvolávky. Uvedené odvolávkové systémy budou blíže popsány v pododdíle nazvaném odvolávání materiálu na montážní linku.

Vrchlabský závod disponuje třemi sklady pro materiál vstupující a jedním skladem expedičním, což je sklad pro hotové převodovky připravené k expedici. Jednotlivé sklady včetně jejich umístění v závodě jsou uvedeny na obrázku číslo 6. Výměna informací (odvolávek) probíhá mezi montážní linkou a jednotlivými sklady pro vstupující materiál. Požadavek na materiál směřuje z montážní linky do skladů V1, V2, V3 nebo M1D, kde se uskladňují nakupované díly nebo do skladu procesní techniky. V tomto skladu je uchováván zejména olej pro mechatroniku, mazací tuky a těsnící tmel.



Obrázek 6 Logistické plochy v závodě Vrchlabí (Škoda Auto a.s., 2017a)

2.2.1 Příjem a skladování materiálu

Příjem materiálu ve skladu je prvním krokem, kterým se tato část práce bude zabývat. Po vyložení palet z přistaveného kamionu provede pracovník skladu podle dodacího listu kvalitativní a kvantitativní kontrolu. Kontrola je zaměřena pouze na vnější stav palet s materiálem.

Po přijmutí materiálu dochází k zaevidování materiálu do informačního systému podniku. Tento krok je důležitý pro následné odvolávání komponent ze skladu pomocí používaných odvolávkových systémů. Materiál dodávaný do závodu ve Vrchlabí se řídí informačním systémem LOGIS. Po zaevidování materiálu do tohoto systému označí každou paletu pracovník skladu C-závěskou. Závěska obsahuje údaje pro identifikaci materiálu na paletě, zejména se jedná o tyto nejdůležitější informace:

- číslo dílu,
- typ obalového prostředku,
- úložiště dílu,
- údaje z dodacího listu,
- čárový kód (referenční číslo C-závěsky),
- množství kusů materiálu na paletě,
- FIFO datum,
- datum expirace (pouze závěska určená pro procesní materiál).

C-závěska je rozdělena na horní a dolní díl. Horní díl slouží k identifikaci materiálu na montážní lince a spodní díl pro systémový výdej materiálu.

Postupně však dochází k nasazování tzv. GTL závěsky (Global transport label), která je vytištěna již u dodavatele a putuje společně s obalem až k montážní lince. Hlavní výhodou tohoto nového systému označování palet je úspora tisku a především úspora času – odpadá nutnost obaly znovu označovat. Tomuto trendu označování obalů se již přizpůsobili i výrobci obalů tím, že na obalech nechávají vyznačený prostor pro GTL závěsku (etiketu, materiálový lístek). Závěska, která je představena na obrázku 7, obsahuje navíc na rozdíl od klasické C-závěsky 2D kód, který obsahuje informace o místě dodávky a vykládky a skladové úložiště.

| | | |
|---|---|--|
| Od CCS MAW/3 D 67657 KAISERSLAUTERN | Komu AUDI AG, NSU-Str D74172 NECKARSULM | VWAG  |
| Vyrobeno v DE | Závod dodávky/ místo vykládky VWAG 22 / 01E75 | |
| Č.dodavatele 0128749/20 | Místo spotřeby 12345678901234 | Typ obal.prostř. 004314 |
| Č.dodacího listu 123456 | | Množství 1234567 PCE |
| Č.výrobku 1B0 867 212 AH DNX | | |
| License Plate  | Hrubá/čistá hmotnost 56 / 51 KG | Datum dod.listu/datum ukonč.platnosti E 2000-12-24 |
| 1J UN 049977473 123456789 | Stav Generace dílů 01SH010010 | Číslo šarže 12345678 |
| | | Klíč pro (účel) použití S |
| | | Označení výrobku SPIRÁLOVÁ PRUŽINA |

Obrázek 7 GTL závěska (Škoda Auto a.s., 2017a)

Po přijmutí a zaevidování materiálu do informačního systému LOGIS dochází k zaskladnění jednotlivých palet na určené pozice. Dále bude stručně popsáno zaskladnění KLT přepravků, GLT palet a zaskladnění nadrozměrného materiálu, neboť tyto druhy jsou nejčastěji odvolávány montážní linkou z jednotlivých skladů.

Skladování GLT palet

Ucelená balení a materiál v GLT paletách je ve Vrchlabském závodu skladován v regálech i na zemi v bloku. Vnitřní operátor skladu zaskladňuje palety pomocí vysokozdvížného vozíku do příslušných regálů. Přesné umístění palety zjistí na základě údajů z C-závěsky, která má formát A5. Pozice úložiště v regále je automaticky vygenerována skladovým systémem LOGIS. Štítkem jsou označovány nejen jednotlivé palety, ale i každá pozice má vizuální označení pro lepší orientaci ve skladu. Ukládání palet s materiálem ve skladu se řídí tzv. chaotickým systémem – tzn., že ve skladu se na sousední pozice ukládají

nejen palety se stejným materiálem, ale systém může pro dvě totožné palety s materiálem vygenerovat rozdílné úložiště. Skladový systém vybírá pozice pro palety na základě jejich typu a rozměru – standardní GLT paleta odpovídá rozměrům 1 200 x 1 000 x 1 000 mm.

Skladování KLT palet

Díly v plastových KLT přepravkách se skladují v regálech pro KLT palety. Skladová pozice je opět generována skladovým systémem LOGIS. Každá KLT přepravka musí být označena příslušnou závěskou, která je oproti etiketě označující GLT palety menší. Materiálový lístek pro KLT palety se označuje jako Small KLT-Label a má poloviční výšku etikety A5. Etiketa je navržena tak, že přesně padne do upevňovacích přihrádek (kapes na karty) palet KLT.

Skladování procesního materiálu

Procesní materiál, kterým je olej pro převodovku, olej pro mechatroniku a těsnící tmel je skladován podle druhu uvedeného materiálu v prostorech pro procesní materiál (ve skladu jsou například požadavky na maximální teplotu apod.). Olej pro převodovku se skladuje v nádržích a olej pro mechatroniku a těsnící tmel v blocích. Blokované skladování stejně jako uvedená dvě předchozí podléhá systému LOGIS a barely s materiálem se označují závěskou, která obsahuje údaje o skladové pozici barelu. Dle druhu materiálu a předpisu od dodavatele se musí sledovat například i teplotu ve skladu. Umístění barelů s těsnícím tmelem u montážní linky je ukázáno na obrázku 8.



Obrázek 8 Těsnící tmel v barelech (Škoda Auto a.s., 2017a)

2.2.2 Odvolávky materiálu na montážní linku

Odvolávkové systémy ve Vrchlabí prošli od roku 2012 jistým vývojem, který byl naznačen v oddíle 2.2. Pro vyskladnění materiálu ze skladu je nutný prvotní impulz z montážní linky. Odvolávka materiálu na montážní linku je ve Vrchlabí realizována systémem kanban. Systém kanban se v závodě vyskytuje v různých podobách a způsob odvolávek se liší pro jednotlivé druhy dílů.

Celá kompletní převodovka včetně mechatroniky se skládá z 352 dílů, které je třeba dopravit ze skladů k montážní lince nebo na obrábění. Jednotlivé druhy dílu se objednávají prostřednictvím:

- klasických kanbanových karet: 32 čísel dílů,
- elektronického kanbanu (načtení čárového kódu pomocí PDA terminálu): 8 čísel dílů,
- ruční objednávky pomocí výběru ze seznamu dílů: 28 čísel dílů,
- ruční objednávky pomocí dotykových obrazovek: 17 čísel dílů,
- automatické objednávky z regálů (KLT odvolávky): 234 čísel dílů,
- automatické objednávky pomocí RFID (GLT, ucelená balení): 29 čísel dílů,
- automatické objednávky pomocí senzorů množství: 2 čísla dílů.

Celkový součet uvedených čísel dílů však dohromady nedává 352 kusů, protože například existuje více variant jednoho dílu nebo naopak jedno číslo dílu přijde do převodovky víckrát (zejména šrouby, nýty apod.). Aktuálně má závod ve Vrchlabí ve výrobním programu přes 40 variant převodovky, které se liší podle motoru a vozidla.

Odvolávání materiálu klasickými kanban kartami

Nejstarší způsob odvolávek materiálu z roku 2012 je postaven na fyzickém (neboli tištěném) kanban štítku. Celý proces fungování tohoto fyzického kanbanu znamená, že pracovník ve výrobě při odebrání posledního dílu umístí kanbanovou kartu na předem stanovené místo a pracovník logistiky kartu v pravidelných intervalech odebírá a odváží do skladu. V dalším kroku pracovník logistiky připraví materiál na základě údajů získaných z kanbanové karty, na materiál umístí kanbanovou kartu a dopraví jej do výroby. Tento proces se neustále opakuje. Mezi hlavní nevýhody tištěných kanbanových karet patří hlavně nutný sběr karet a to, že systém není flexibilní – např. změna úložiště materiálu znamená výměnu kanban karet. Tištěnou kanban kartu, která je využívána ve Vrchlabí, lze vidět na obrázku 9.

| | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|--|--|
| Název dílu: ZÁSOBNÍK | Poznámka: | BALENÍ: 4147 | |
| Číslo dílu: 0AM 325 587 F | |  | |
| karta č.: 1 z celkem: 8 | ADRESA ZÓNY: Z2 | ADRESA ZÓNY: Z3D | |

Obrázek 9 Tištěná kanban karta (Škoda Auto a.s., 2017a)

Odvolávání materiálu s využitím elektronického kanbanu

Další etapu představovalo od roku 2014 zavedení odvolávkového systému založeného na elektronickém kanbanu. Poté, co dojde potřebný materiál, vytvoří pracovník montážní linky objednávku načtením čárového kódu pomocí PDA mobilního datového terminálu, viz obrázek 10. Pomocí PDA terminálu si pracovník ve výrobě přímo odvolá požadovaný díl ze skladu. Odvolávka se přenesе prostřednictvím bezdrátové sítě do tiskárny ve skladu, která vytiskne vyskladňovací závěsku k požadovanému dílu. Pracovník ve skladu na základě údajů ze závěsky vyskladní požadovaný materiál, který je navezen na danou pozici u montážní linky.

Oproti fyzickému kanbanu představuje e-kanban výhodu pro pracovníky v tom, že již nemusí provádět sběr kanban karet, ale pouze načítají čárové kódy. Vzhledem k tomu, že vše probíhá pře počítač, pracovník výroby již nemusí umisťovat kanbanovou kartu na určené místo. V neposlední řadě přináší e-kanban výhodu v podobě flexibilní reakce na umístění dílů u montážní linky i ve skladu.

Je však třeba počítat s tím, že elektronický kanban není zcela automatickým odvolávkovým systémem a je nadále nutná vizuální kontrola stavu a potřeby materiálu. S tím také souvisí nutnost ručního načítání čárových kódů.

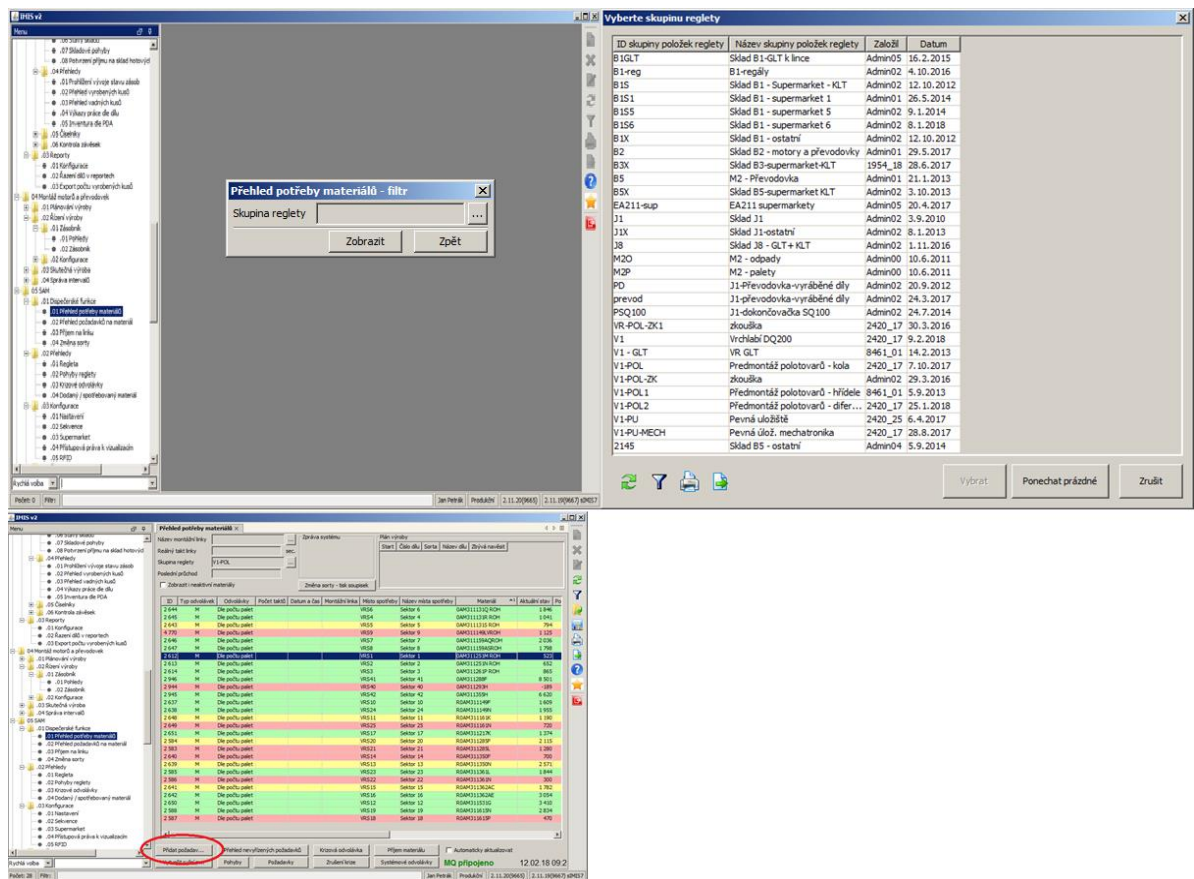


Obrázek 10 Elektronický kanban (Škoda Auto a.s., 2017a)

Ruční odvolávky pomocí výběru ze seznamu dílů

Další využívaný odvolávkový systém ve Vrchlabském závodě pracuje tak, že poté co dojde materiál na paletě, pracovník ve výrobě odveze prázdnou paletu na předávací místo. Následně vytvoří manuální objednávku v systému IMIS na PC – vybere požadovaný díl a místo předání z uvedeného seznamu. Manuální výběr ze seznamu na PC znamená pro pracovníka projít přes několik oken (viz obrázek 11) a najít v seznamu požadovaný komponent, což zabere poměrně dost času.

Nevýhodou takového objednávání materiálu je nutný IMIS PC, na kterém pracovník výroby provede potřebnou objednávku. Celý proces objednávání pomocí systému IMIS, od navezení prázdné palety na předávací místo po nalezení požadovaného dílu v seznamu, zabere pracovníkovi 3-4 minuty. Další nevýhodou tohoto systému je nerovnoměrné vytváření objednávek – nejednou se objednává větší množství materiálu.



Obrázek 11 Ruční objednávky pomocí výběru ze seznamu dílů (Škoda Auto a.s., 2017a)

Ruční odvolávky pomocí dotykových obrazovek

V současné době probíhá zjednodušení objednávání dílů přes PC. Namísto výběru ze seznamu na PC a procházení přes všechna okna z obrázku 11, je instalován dotykový displej, na němž jsou zobrazeny „dlaždice“ a pro objednání stačí pouze stisknout požadovanou dlaždici s potřebným materiálem, viz obrázek 12. Dotykovými dlaždicemi se proces objednávání materiálu zkrátí oproti vybírání ze seznamu cca o 1 minutu. Celý proces takovéto objednávky, přes odvezení palety na určené předávací místo po výběr materiálu pomocí „dlaždic“, tak pracovníkovi zabere 2-3 minuty.

| GLT mechatronik | | | |
|--|--|--|---|
| 0AM 325 493 A VR MECH PIST 06:39 12.02. | 0AM 325 577 D VR MECH CERPADLO 06:22 12.02. | 0AM 325 583 E VR MECH MOTOR 04:27 12.02. | 0AM 325 443 D VR MECH TESNENI 17:41 09.02. |
| 0AM 325 219 C VR MECH KRYT 08:42 12.02. | 0AM 325 587 F VR MECH ZASOBNIK 08:40 12.02. | 0AM 325 471 F VR MECH BLOK VENTILU 06:37 07.02. | 0AM 325 471 E VR MECH BLOK VENTILU 08:52 12.02. |
| 0AM 927 769 E VR MECH JEDNOTKA RIDICI 08:59 12.02. | 0AM 927 769 F VR MECH JEDNOTKA RIDICI 17:13 09.02. | 0AM 927 769 D VR MECH JEDNOTKA RIDICI 00:38 30.01. | 0AM 927 769 K VR MECH LOGIS neaktivní |
| 0AM 325 200 B VR MECH POUZDRO 14:45 09.02. | 0AM 325 091 F VR MECH PIST 06:43 12.02. | | |

Obrázek 12 Ruční objednávky dílů pomocí dotykové obrazovky (Škoda Auto a.s., 2017a)

Jednotlivé díly jsou odvolávány na 45 míst a za směnu je takto dovezeno na místo 75 palet. Objednávka, která pracovníkovi zabere 3-4 minuty tak za celou směnu představuje průměrně 262,5 minut při vybírání ze seznamu a 187,5 minut při objednávce pomocí dotykové obrazovky.

Automatické objednávky pomocí senzorů množství

Odvolávky generované pomocí senzorů množství (viz obrázek 13) Vrchlabský závod využívá pro objednávání procesních materiálů. Konkrétně se jedná o tyto druhy materiálu:

- olej pro mechatroniku,
- mazací tuky, které jsou na několika stanicích montážní linky dávány automaticky, tj. stanice tuk dávkuje automaticky sama,
- těsnící tmel, který je nanášen automatickou stanicí – utěsní spojení skříně spojky a převodovky.



Obrázek 13 Odvolávky materiálu pomocí senzorů množství (Škoda Auto a.s., 2017a)

Materiály a balení objednané tímto systémem jsou různé, proto je senzor složen ze dvou částí. První část senzoru přímo měří hladinu nebo množství materiálu. Je nastaveno

minimum, při jehož dosažení senzor sepne a odešle impuls do druhé části senzoru. Tato první část se liší podle materiálu, kdy například u těsnícího tmelu závod využívá senzor přímo od dodavatele zařízení, aby nemusel instalovat další senzor.

Druhá část senzoru je „odesílací“. Po přijetí impulsu z první části senzoru dojde k automatickému odeslání požadavku na materiál.

Automatické objednávky z regálů (KLT)

Následovala třetí etapa rozvoje odvolávkových systému, která proběhla v březnu 2016. Objedávka je automaticky generována uvolněním SAS senzoru v regálovém skluzu. Regálový skluz s KLT přepravkami a senzorem je představen na obrázku 14.



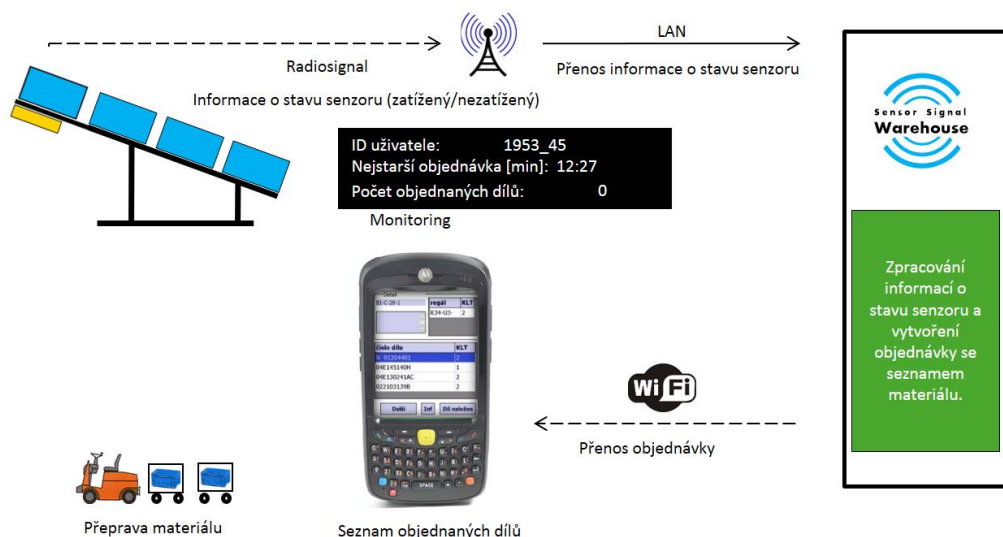
Obrázek 14 Regálový skluz se senzorem (Škoda Auto a.s., 2017a)

KLT přepravky přistavené u montážní linky jsou v regálovém skluzu umístěné za sebou – v jednom regálovém skluzu jsou vždy KLT přepravky s díly stejného materiálu. První pozice je určena pro montážní linku a zadní pozice jsou zásobovací. Celý proces začíná tím, že pracovník ve výrobě odebere KLT přepravku s díly, čímž dojde k uvolnění SAS senzoru, který je umístěn v regálovém skluzu. Senzor radiosignálem vysílá informaci o tom, jestli je zatížený

nebo nezatížený. Informace o stavu senzoru je přenesena sítí LAN do snímače signálu, který zpracuje informace o stavu senzoru. V případě, že je senzor nezatížený – na místě není KLT přepravka – vytvoří objednávku se seznamem materiálu. Objednávka je WiFi sítí přenesena do PDA terminálu a pracovník skladu na základě podkladů z PDA zařízení vychystá seznam objednaných dílů. Materiál je následně přepraven na dané místo u montážní linky. Datová výměna od SAS senzoru až po PDA tedy probíhá následovně:

- SAS senzor ⇔ RFC bridge = radio frequency, 433 Mhz;
- RFC bridge ⇔ SSW (řídící systém, IMIS) = LAN (přes protokol PPOE);
- SSW ⇔ PDA = WiFi, 5 GHz.

Celý popsaný systém odvolávek KLT přepravek je graficky znázorněn na schematickém obrázku 15.



Obrázek 15 Proces automatického KLT objednávání dílů (Škoda Auto a.s., 2017a)

Vzhledem k tomu, že se pomocí automatických KLT objednávek vychystává nejvíce čísel dílů, je potřeba zajistit dostatečný počet senzorů a dalších nezbytných zařízení (viz obrázek 16), které jsou uvedeny v následujícím výčtu:

- SAS senzory: 300 ks,
- RFC bridge: 15 ks,
- PDA: 2 ks (pro ovládání),

Systémem se takto odvolá 234 čísel dílů, což představuje 600 000 kusů dílů za den na 78 předávacích míst (předávací místa představují regálové skluzy u montážní linky).



Obrázek 16 SAS senzor, RFC bridge a PDA (Škoda Auto a.s., 2017a)

Velkou výhodou tohoto automatického odvolávkového systému je, že odvolávky vznikají průběžně, takže se najednou neobjednává větší množství materiálu. Zcela odpadá nutnost obsluhy při objednávání dílů. Pracovníci montážní linky již nemusí skenovat čárové kódy nebo generovat objednávky přes PC. Tento systém odvolávání materiálu pro KLT přepravky je jednotný na celé montážní lince.

Automatické objednávky pomocí RFID (GLT, ucelená balení)

Zatím poslední etapa rozvoje odvolávkových systému v závodě ve Vrchlabí nastala v srpnu 2017, kdy byly zavedeny automatické odvolávky GLT palet a ucelených balení.

Při průjezdu vozíku s prázdnými paletami, které obsahují RFID čip, zachytí RFID čtečka instalovaná na zdi montážní haly informaci o potřebě materiálu. RFID čtečka odešle informaci sítí LAN do řídicího systému IMIS. Ze systému je informace přenesena do PDA terminálu a pracovník skladu vychystá potřebný materiál, který je dopraven na montážní linku. Proces automatické objednávky pomocí RFID čipu je ilustrován na obrázku 17.



Obrázek 17 Proces automatického objednávání GLT palet (Škoda Auto a.s., 2017a)

Materiál navezený bezpilotním AGV vozíkem, který za sebou táhne rámy na nichž je nasunuta GLT paleta s podvozkiem, musí být pracovníkem montážní linky přesunut do

vyznačeného prostoru. GLT palety se u montážní linky skladují na zemi a od každého dílu je montážní linky vždy pouze jedna paleta. Z větší části je objednávka dovážena pomocí automatického robota, který paletu s podvozkem na příslušné místo u montážní linky postaví sám.

Datová výměna od průjezdu vozíku s prázdnými paletami až po finální navedení palet s materiálem na montážní linku tedy probíhá následovně:

- RFID čtečka ⇔ SSW (řídící systém, IMIS) = LAN
- PDA ⇔ SSW = WiFi, 5 GHz.

RFID čtečka a RFID čip jsou detailně ukázány na obrázku 18. V hale Vrchlabského závodu se nachází jedna RFID čtečka a celkem 80 kusů RFID čipů, které jsou instalovány na paletách.



Obrázek 18 RFID čtečka a RFID čip (Škoda Auto a.s., 2017a)

System generuje odvolávky průběžně podle potřeby. Nedochází tak k zahlcení skladu odvolávkami generovanými najednou. Vzhledem k tomu, že se jedná o automatický odvolávkový systém není potřeba, aby operátoři montážní linky ručně přes systém IMIS objednávali potřebné díly. System odvolávání pro GLT palety je jednotný pro celou montážní linku.

2.2.3 Přeprava materiálu na montážní linku

Vychystaný materiál je na základě jedné z mnoha zmíněných odvolávek přepraven ze skladu na určené místo u montážní linky zvolenou manipulační technikou. Závod ve Vrchlabí využívá k přepravě materiálu tahač s vozíky obsluhovaný operátorem logistiky a dva druhy automatických vozíků - bezpilotní autonomní vozík AGV a plně automatický manipulační vozík.

Tahač s vozíky obsluhovaný operátorem logistiky

Tahač s obsluhou (obrázek 19) k montážní lince dopravuje zejména díly v KLT přepravkách. Obsluha soupravy na základě odvolávky vychystá ze skladu potřebné díly v KLT přepravkách, které označí příslušnými štítky a zaváže materiál na určené pozice. U montážní linky obsluha vozíku umístí KLT přepravku na určené místo – do příslušného regálového skluzu – a odebere prázdné přepravky. Pracovník projíždí montážní linkou po stanovené trase a zásobuje místa spotřeby. Pracovník materiál ze skladu vychystává a následně zaváže na určené místo u montážní linky na základě informací získaných z PDA terminálu.

Dále jsou tímto tahačem dopravovány na montážní linku všechny ostatní díly, jejichž odvolávka je realizována prostřednictvím systému, které nejsou zcela automatizovány – objednávky vytvořené systémem klasických kanban karet, elektronickým kanbanem, ruční objednávky pomocí dotykových obrazovek a ruční objednávky pomocí výběru na PC ze seznamu dílů.

Nevýhoda uvedeného systému obsluhy montážní linky tkví v tom, že přeprava není automatizována a obsluha vozíku musí ručně přepravky vychystávat i ukládat na stanovené místo v regálovém skluzu.



Obrázek 19 Tahač s vozíky obsluhovaný operátorem logistiky (Škoda Auto a.s., 2017a)

Autonomní vozík AGV (vozík bez obsluhy)

Automatický AGV vozík (znázorněn na obrázku 20) na montážní linku dováží obzvláště GLT palety nebo ucelená balení. Těchto žlutých vozíků jezdí po Vrchlabské hale celkem pět a orientují se podle magnetických pruhů, které mohou být nalepeny na podlaze nebo zality v betonu. Senzory nainstalované na vozíku AGV zabraňují vzniku kolize tím, že hlídají okolí trasy do vzdálenosti dvou metrů. Vyskytne-li se v této vzdálenosti od vozíku jakákoliv překážka, souprava je schopna zastavit téměř na místě. Kolizním situacím se navíc předchází zvukovou výstrahou – v případě AGV ve Vrchlabí se jedná o přehrávání hudby, kterou na sebe vozík upozorňuje během jízdy.

Vozík funguje téměř bezobslužně – táhne za sebou rámy, na které obsluha ve skladě a poté na dané operaci u montážní linky nasune GLT paletu s podvozkem (vymění prázdné vozíky za plné). Po připojení rámu s paletami za vozík potvrdí zaměstnanec daného pracoviště odjezd soupravy stisknutím tlačítka na vozíku a AGV již stanovenou trasu absolvuje bez jakékoliv obsluhy. Vozík naváží z velké části materiál vygenerovaný automatickým RFID objednávkovým systémem.

Poté, co dojde na určené místo u montážní linky, dojde k automatickému odpojení podvozků s plnými GLT paletami a AGV automaticky odjede na nabíjecí místo, kde čeká na zapojení podvozků s prázdnou GLT paletou. U montážní linky funguje v případě GLT palet zpravidla tzv. dvoupaletový systém, je zde tedy jedna paleta, ze které operátor výroby odebírá a druhá paleta jako zásoba.



Obrázek 20 Bezpilotní vozík AGV (Škoda Auto a.s., 2017a)

Automatický robot

Automatického manipulačního robota (obrázek 21) závod ve Vrchlabí využívá k přepravě materiálu v oblasti obrábění. Červený robot začal ve Vrchlabském závodu navážet materiál v lednu 2017. Stroj, na první pohled podobný obyčejnému vysokozdvížnému vozíku, se po hale pohybuje zcela samostatně.

Tento automatický transportní systém dováží na montážní linku materiál ze skladu V2 a při současné výrobě 2 200 kusů převodovek za den robot doveze tisíce kusů dílů:

- počet dovezených čísel dílů: 28 kusů,
- počet předávacích míst: 42,
- počet dílů za den: 48 400 kusů.

Robot naváží na předávací místa veškeré díly objednané pomocí ručního výběru ze seznamu dílů pro oblast obrábění. Manipulační stroj má nastaveno jaký materiál veze, kde ho má vyzvednout a kam ho má předat. Díky RFID čipům na vozících dostane PC signál, jaký materiál pracovníkům montážní linky dochází. Skladníkům je vyslána informace jaký materiál nachystat a robot dostane informaci, kde díly převzít. Prázdnou paletu robot automaticky odveze zpět do skladu, aniž by pracovníci museli stisknout třeba jen tlačítko. Zásah operátorů je vyžadován pouze pokud jsou palety přichystané špatně nebo stroji dojdou baterie. Informace k manipulačnímu vozíku:

- typ: Linde L10AC,
- orientace: pomocí laseru a odrazek,

- nastavení trasy: pomocí PDA terminálu,
- bezpečnost: SICK senzory vpředu, vzadu a na bocích,
- maximální rychlost přepravy: 1,5 m/s,
- délka trasy za den: 60 kilometrů,
- nosnost: 1 tuna.



Obrázek 21 Automatický manipulační robot (Škoda Auto a.s., 2017a)

Toto automatické vozidlo již na podlaze nepotřebuje žádné dráhy jako tomu bylo u AGV vozíku, ale laserem na střeše se po hale sám rozhlíží. Trasu má přednastavenou pomocí PDA terminálu a jezdí po ní na centimetry přesně. Trasu však lze libovolně změnit, aniž by se v hale muselo cokoli upravovat. Další tři čidla umístěná vpředu, vzadu a na bocích skenují okolí, aby robot nenarazil do překážky. V závodu se vozidlo orientuje podle 130 odrazek. Laser musí vidět minimálně na tři odrazky.

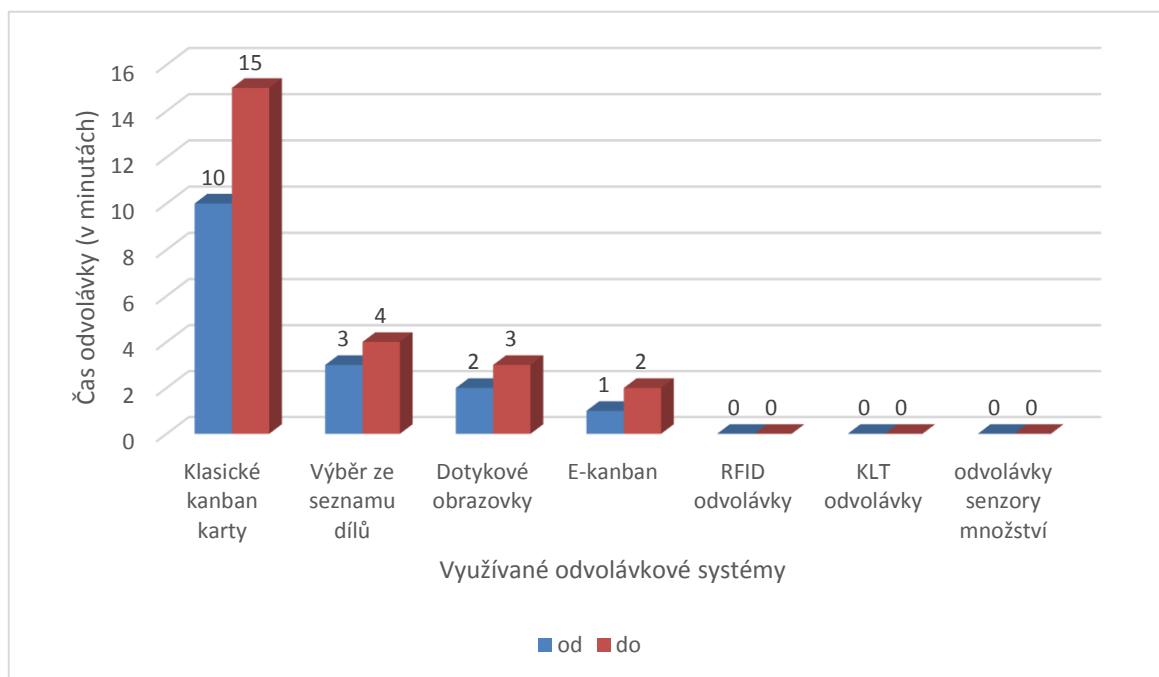
Manipulační robot ze skladu V2 naváží potřebné palety na 45 předávacích míst u montážní linky. GLT palety, které na stanovené místo dodá, ukládá do vyznačeného prostoru na zemi. Prázdné palety u linky automaticky odveze zpět do skladu.

Celý koloběh interního toku materiálu má své klady i zápory, které budou zmíněny v následující kapitole.

2.3 SWOT analýza současných odvolávkových systémů

Prostřednictvím popsaných odvolávkových systémů jsou odvolávány jednotlivé díly montážní linkou ze skladu. Vzhledem k tomu, že některé ze zmíněných systémů jsou v závodě využívány od roku 2012, kdy došlo k transformaci ze závodu na výrobu automobilů na závod vyrábějící převodové skříně, jsou některé odvolávky dílů již zastaralé. Od roku 2012 se také zvýšil počet vyrobených převodovek za den z 500 kusů na současných 2200 kusů. Rozšíření výroby znamená zvýšení počtu odvolaných dílů za den a neboť jsou některé systémy již příliš složité, bude na současné odvolávkové systémy vypracována SWOT analýza, která identifikuje silné a slabé stránky odvolávkových systémů a jejich příležitosti a hrozby.

Nejdříve je potřeba pro jednotlivé používané odvolávkové systémy uvést dobu trvání informačního toku (odvolávky z ML do skladu). V následujícím grafu jsou znázorněny veškeré využívané odvolávkové systémy v závodě ve Vrchlabí a čas potřebný k odvolávce dílů z montážní linky do skladu.



Obrázek 22 Čas potřebný k odvolávce dílů z ML do skladu (autor)

Potřebný čas k odvolání dílů z montážní linky do skladu je u ručních objednávek pomocí výběru ze seznamu dílů počítán od navezení prázdné palety na předávací místo po nalezení požadovaného dílu v seznamu. Stejně tak je tomu i u odvolávek pomocí dotykových obrazovek. U klasického kanbanu se čas počítá od vhození kanban karty do sběrného koše kanban karet. Časové rozpětí je u tohoto systému tak velké, protože kanban karta putuje do skladu přes několik předávacích míst. Je tomu tak proto, že pracovník logistiky má na starost

sběr kanban karet z určitých předávacích míst a cesta kanban karty tak vede přes několik těchto úseků. U e-kanbanu, který není zcela automatickým odvolávkovým systémem, je potřeba vizuální kontrola stavu dílů a poté co díly docházejí, pracovník ve výrobě načte pomocí PDA terminálu čárový kód. Zbývající odvolávkové systémy (RFID odvolávky, KLT odvolávky a odvolávky senzory množství) jsou automatizované a odvolávka dílů z montážní linky do skladu nezabere žádný čas.

Vzhledem k tomu, že závod ve Vrchlabí patří v koncernu Volkswagen k těm menším, není technicky možné, aby byli veškeré odvolávkové systémy zcela automatizovány. Z tohoto důvodu bude snaha provést alespoň zjednodušení při odvolávání materiálu z montážní linky, například jak tomu je u objednávání přes PC, kdy je ruční objednávání ze seznamu dílů zjednodušeno ruční objednávkou pomocí dotykových obrazovek nebo klasický sběr kanban karet je zjednodušen e-kanbanem.

Vypracovaná SWOT analýza, která identifikuje silné a slabé stránky odvolávkových systému vrchlabského závodu a jejich příležitosti a hrozby je zachycena v tabulce 3.

Tabulka 3 SWOT analýza současných odvolávkových systémů závodu ve Vrchlabí

| Silné stránky | Slabé stránky |
|--|---|
| Zkušenosti a znalosti pracovníků Jednoduchost automatických odvolávkových systémů | Zdlouhavé neautomatizované odvolávky <ul style="list-style-type: none"> • Klasický kanban • Výběr ze seznamu dílů |
| Příležitosti | Hrozby |
| Rostoucí množství odvolávaných dílů | Zastavení montážní linky kvůli dodání špatného počtu dílů Nedodržení termínů dodávek pro zákazníka |

Zdroj: autor

Z provedené SWOT analýzy vyplývá, že zefektivnění se bude týkat pouze odvolávkových systémů, které nejsou zcela automatizovány a informační tok (odvolávka) zabere nejvíce času. Hlavním důvodem tohoto rozhodnutí je fakt, že automatické odvolávkové systémy (konkrétně automatické objednávky z regálů – KLT odvolávky, automatické objednávky pomocí RFID a automatické objednávky pomocí senzorů množství) již není potřeba dále zefektivňovat. Ve třetí kapitole se tedy budou zefektivňovat nebo zjednodušovat dva druhy odvolávkových systémů, které nejsou zcela automatizovány:

- odvolávky pomocí klasických kanbanových karet: 32 čísel dílů,
- ruční odvolávky pomocí výběru ze seznamu dílů: 28 čísel dílů.

Návrhová část se bude týkat odvolávek pomocí klasických kanban karet a ručních odvolávek pomocí výběru ze seznamu dílů proto, že ze všech používaných řešení jsou tato nejnáročnější na čas, a právě proto je zde prostor pro zlepšení.

Elektronický kanban, který není zcela automatickým odvolávkovým systémem, nebude do návrhu pro zlepšení zahrnut z toho důvodu, že odvolávání probíhá zcela elektronicky a oproti výše uvedeným systémům není příliš náročný na čas. Stejně tak se návrhové řešení nebude týkat výběru pomocí dlaždic, neboť systém je již zjednodušením výběru ze seznamu dílů a v porovnání s tímto systémem šetří pracovníkům více než jednu minutu času při objednání.

V současné konkurenční době rozhoduje čas. V interní logistice lze včasnou odvolávkou a zejména včasným dodáním materiálu na určené místo uspořit velkou plochu a hlavně práci. Automatické odvolávkové systémy tyto předpoklady zcela naplňují, protože k objednávání materiálu dochází zcela automaticky, bez zásahu lidského faktoru.

3 NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ NA ZEFEKTIVNĚNÍ SOUČASNÉHO STAVU

Třetí kapitola se bude zabývat návrhem efektivnějších odvolávkových systémů. Slabé stránky systému (zcela neautomatizované odvolávky), budou automatizovány, čímž dojde k eliminaci hrozeb, které byly identifikovány ve SWOT analýze. K zamezení vzniku chyb dojde automatizací odvolávkového procesu tím, že objednávku již nebude vytvářet ručně pracovník montážní linky, ale odvolávka proběhne automaticky. V této části diplomové práce budou navržena taková řešení, která budou pro závod ve Vrchlabí nejvíce technologicky i ekonomicky přijatelná.

Z provedené analýzy vyplynulo, že slabou stránkou využívaných odvolávkových systémů jsou zcela neautomatizované procesy. Návrhy na zefektivnění se konkrétně budou týkat těchto odvolávkových systémů:

- ruční objednávky pomocí výběru ze seznamu dílů: 28 čísel dílů,
- odvolávky pomocí klasických kanbanových karet: 32 čísel dílů.

Zbývajících dvou neautomatizovaných odvolávkových systémů se návrh týkat nebude, neboť ruční odvolávky pomocí dotykových obrazovek jsou zjednodušením systému odvolávek pomocí výběru ze seznamu dílů. Toto zjednodušení bylo zavedeno v roce 2017 a oproti výběru ze seznamu dílů přináší úsporu času pro pracovníky cca 1 minuty. Zjednodušení pomocí výběru z dlaždic má navíc oproti sofistikovanějším automatickým systémům tu výhodu, že ho lze do užívání zavést téměř okamžitě. Stejně tak je tomu i u odvolávek pomocí elektronického kanbanu, který je jednodušší formou odvolávek pomocí klasických kanbanových karet. Navrhované řešení se tak e-kanbanu týkat nebude, protože odvolávání probíhá zcela elektronicky a oproti systémům, kterých se návrh týkat bude, není e-kanban příliš náročný na čas.

Odvolávání dílů pomocí klasických kanban karet a pomocí výběru ze seznamu dílů, kterých se bude navrhované řešení týkat, jsou ze všech zmiňovaných odvolávkových systémů pro vrchlabský závod nejméně efektivní. Odvolávky dílů pracovníkům montážní linky zaberou nejvíce času. Konkrétně výběr ze seznamu dílů, kde se odvolávka všech 28 čísel dílů týká oblasti obrábění, zabere pracovníkovi montážní linky 3-4 minuty. Protože se všechna čísla dílů týkají oblasti obrábění, bude možné celý systém automatizovat jedním navrhovaným řešením.

Odvolávky vytvořené klasickými kanban kartami se týkají různých částí výroby, a proto bude složitější je kompletně celé najednou automatizovat. Samotná odvolávka nezatíží pouze pracovníka montážní linky, který pouze vhodí kanban kartu do sběrného koše, ale také pracovníka logistiky. Pracovník logistiky má na starosti vždy určitý úsek montážní linky a cesta kanban karty vede přes obstarávané úseky až do skladu. V součtu tedy odvolávka klasickou kanban kartou zabere dohromady pracovníkům 10-15 minut.

3.1 Zjednodušení a automatizace neefektivních odvolávkových systémů

Prvním krokem před zavedením navrhovaného automatizovaného odvolávkového systému je stávající dva nejméně efektivní systémy zjednodušit. Odvolávky vytvořené výběrem ze seznamu dílů lze zjednodušit zavedeným systémem pomocí dotykové obrazovky. Hlavním důvodem, proč je před samotným návrhem na automatizaci procesu uváděno zavedení tohoto stávajícího zjednodušení, je ten, že již fungující systém dotykových obrazovek lze do praxe zavést téměř okamžitě bez velkých finančních nákladů a technických zásahů.

Zjednodušení kromě uvedených výhod přináší poměrně velkou úsporu času. Materiál odvolávaný pomocí výběru ze seznamu dílů se dováží na 45 předávacích míst a za směnu je takto dovezeno na místo 75 palet. Objednávka, která pracovníkovi zabere 3-4 minuty tak za celou směnu představuje průměrně 262,5 minut při vybírání ze seznamu dílů. Zavedením navrhovaného zjednodušení systému se proces objednávání materiálu zkrátí cca o jednu minutu. Výběr dílů přes dotykovou obrazovku tedy operátorovi zabere 2-3 minuty, což za celou směnu průměrně představuje 187,5 minuty. Uspořený čas pracovníků za směnu by tedy průměrně činil 75 minut.

Odvolávky vytvořené pomocí výběru ze seznamu dílů přes PC lze ve druhém kroku kompletně automatizovat (automatizaci lze uplatnit na všechna čísla dílů). Systémem je odvoláváno celkem 28 čísel dílů, které automatický robot dováží na oblast obrábění. Právě tyto odvolávky tedy představují ideální prostor ke zlepšení systému, neboť všech 28 čísel dílů se týká stejné oblasti, konkrétně oblasti obrábění. Navíc dodávka na předávací místo probíhá taktéž pro všechny díly jednotně pomocí červeného manipulačního robota. Kompletně celý tento odvolávkový systém je tedy možné automatizovat jedním navrhovaným řešením. Konkrétně se jedná o automatické odvolávání palet pomocí detekce polohy. Toto navrhované řešení, které může mít několik variant v závislosti na použitém druhu senzoru, bude dále popsáno v následujícím oddíle.

Oproti tomu odvolávkový systém realizovaný klasickými kanban kartami nelze automatizovat kompletně jedním navrhovaným řešením pro všechna odvolávaná čísla dílů. Pomocí kanban karet je odvoláván jednak materiál k montážní lince a jednak procesní materiál (olej pro převodovku, olej pro mechatroniku a těsnící tmel). Klasickými kanban kartami se na montážní stanice odvolává celkem 8 čísel dílů procesního materiálu.

Procesní materiál odvolávaný pomocí klasických kanban karet lze snadno nahradit automatickým odvoláváním pomocí senzorů množství, které bylo představeno v pododdíle 2.3.3 odvolávky materiálu na montážní linku. Montážní stanice, kde se procesní materiál spotřebovává by bylo potřeba vybavit senzorem množství. Tento automatický odvolávkový systém byl již v závodě otestován a úspěšně nasazen pro odvolávky oleje pro mechatroniku.

Zbývajících 24 čísel dílů odvolávaných tištěnými kanban kartami se týká oblasti mechatroniky. V této oblasti slouží kanban karta zároveň jako označení materiálu, který se přebaluje (tzn. KLT přepravky by pracovníci museli označit i v případě, že by byl proces automatizovaný). Z tohoto důvodu je odvolávání materiálu pomocí tištěných kanban karet pro oblast mechatroniky vyhovující a není potřeba v této oblasti v současné době provádět jakékoliv změny (důležitější je zaměřit se na odvolávky vytvořené pomocí ručního výběru ze seznamu dílů). Budoucí potenciál pro automatizaci v oblasti mechatroniky může být například pomocí RFID brány a trvalého označení KLT přepravek.

Přesto, že se může na první pohled zdát odvolávka pomocí kanban karet oproti ručním odvolávkám pomocí výběru ze seznamu dílů pomalá, není tomu tak. Do cca patnácti minut má pracovník logistiky karty sebrané a jde vychystávat materiál. Do dalších patnácti minut je pak schopen díly dodat. U linky je standardně přistavená zásoba na minimálně 1,5 hodiny, takže nedochází k žádným časovým prodlevám. To vše je vztaženo k montážní lince mechatroniky, která je relativně malá.

Využívání kanban karet pro montážní linku mechatroniky je tedy vyhovující, neboť linka v oblasti mechatroniky není příliš velká a je zde proto málo sběrných míst.

3.2 Automatické odvolávání palet pomocí detekce polohy

Návrhem na zvýšení efektivity ručních odvolávek pomocí výběru ze seznamu dílů je odvolávání na základě detekce prázdné palety. Existují různé varianty senzorů, které se používají v automatizovaných procesech ke snímání polohy.

Podle použitého druhu senzoru má každá paleta buď přesně danou polohu anebo lze paletu dopravit na jakékoli předávací místo (pro plné i prázdné palety), které obsluhuje manipulační robot. Palety je potřeba dodávat na předávací místa z toho důvodu, že manipulační

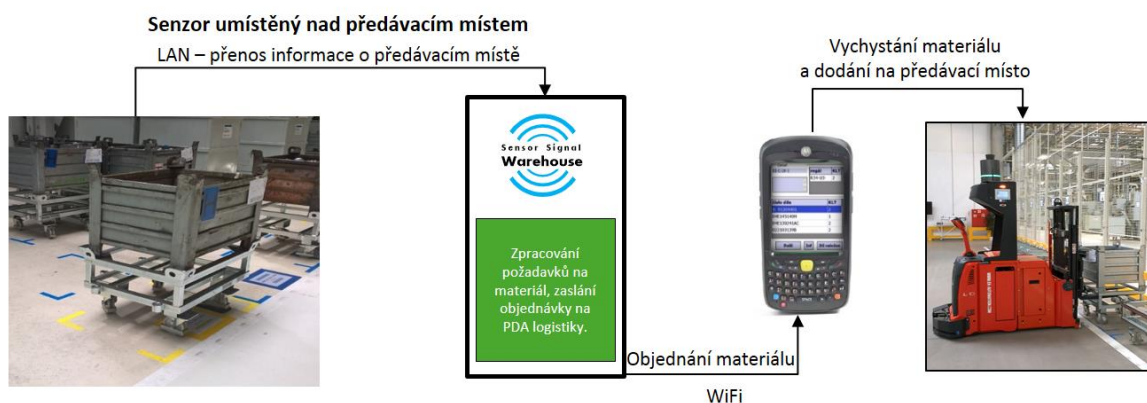
robot, který palety pro oblast obrábění naváží, má nastaveno, kde prázdnou paletu vyzvednout a neobsluhuje jednotlivá stanoviště u montážní linky.

- Pevně stanovené předávací místo pro prázdné palety, nad kterým bude umístěn zvolený senzor (ultrazvukový, laserový nebo kamera).
- Pevně stanovené předávací místo pro prázdné palety, kde bude senzor pevně upevněn na podlaze (optický bezdrátový senzor a mechanický senzor).
- Každý podvozek palety vybavený senzorem – palety nemusí mít přesně určené předávací místo, lze je přepravit i na místo pro plné palety (lokalizační).

Proces odvolávky pomocí detekce prázdné palety se tedy mírně liší pro senzory pevně umístěné nad předávacím místem, pro senzory umístěné na podlaze a pro senzory umístěné na každém podvozku palety.

Princip odvolávky s využitím senzoru umístěného nad předávacím místem

Pracovník výroby převezze podvozek s prázdnou paletou na předávací místo pro prázdné palety. Každá prázdná paleta má svoji přesně danou polohu, vyznačenou na podlaze haly. Senzor umístěný nad předávacím místem automaticky rozpozná přítomnost prázdné palety. Senzor s informací o své poloze automaticky vyšle síti LAN informaci do systému IMIS. IMIS systém přenese WiFi síti objednávku do PDA terminálu ve skladu a pracovník logistiky vychystá požadovaný materiál, který je přepraven zpět na předávací místo pro plné palety u montážní linky. Cílem navrhovaného řešení je vytvoření automatické odvolávky dílů bez zásahu pracovníka výroby. Proces odvolávky dílů s využitím senzorů umístěných nad předávacím místem je znázorněn na obrázku 23.

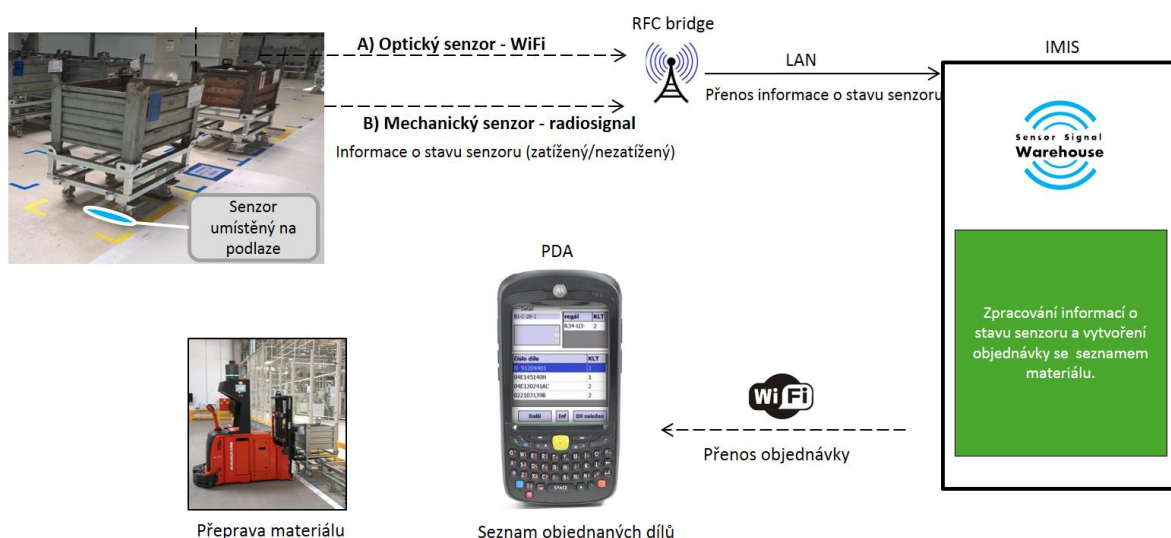


Obrázek 23 Proces odvolávek s využitím senzorů umístěných nad předávacím místem (Škoda Auto a.s., 2017a; upraveno autorem)

Princip odvolávky s využitím senzoru umístěného na podlaze předávacího místa

Optické a mechanické senzory, které je potřeba umístit na podlahu předávacího místa, fungují na podobném principu, ale s drobným rozdílem. Optický senzor komunikuje s bridgem prostřednictvím WiFi sítě a mechanický senzor pomocí radiosignálu.

Umístěním podvozku s prázdnou paletou na předávací místo se mechanický senzor na podlaze sepne a vytvoří se objednávka. Senzory fungují na stejném principu jako v současnosti využívané automatické KLT odvolávky popsané v pododdíle 2.2.2. Obsazením předávacího místa dojde k sepnutí senzoru umístěného na předávacím místě. Senzor radiosignálem vysílá informaci, zda je zatížený či nikoliv. Tato informace je přenášena do snímače signálu (RFC bridge). V případě, že je senzor zatížený – na předávacím místě je umístěna prázdná paleta – vytvoří bridge objednávku v řídicím systému IMIS prostřednictvím sítě LAN. Objednávka je z IMIS systému WiFi sítí přenesena do PDA terminálu ve skladu. Schematicky je princip odvolávky s využitím senzorů připevněných na podlaze znázorněn na obrázku 24.



Obrázek 24 Proces odvolávek s využitím senzorů umístěných na podlaze předávacího místa (Škoda Auto a.s., 2017a; upraveno autorem)

Princip odvolávky s využitím senzoru připevněného na podvozku palety

Pracovník převezde podvozek s prázdnou paletou na jakékoli předávací místo obsluhované manipulačním robotem. Každý podvozek palety je vybaven senzorem, který vysílá do bridge senzorů umístěných v hale závodu radiosignál a pomocí softwaru, který vyhodnocuje čas příjmu signálu ze senzoru, je určena pozice palety s přesností 20-30 centimetrů. Princip fungování je tedy obdobný jako na obrázku 24 pro mechanický senzor. RFC bridge je však oproti zmíněnému systému potřeba vybavit lokalizačním modulem.

Datová výměna a možné varianty senzorů

Odvolávání palet pomocí detekce polohy tedy může fungovat na různých principech podle umístění senzoru a taktéž datová výměna probíhá na odlišných principech – bezdrátové spojení, radiofrekvenční vysílání nebo pevné připojení senzorů prostřednictvím sítě LAN. Datová výměna probíhá následovně:

- senzor snímající pozici (nebo vysílající informaci o své poloze) ⇔ RFC bridge = připojení k pevné síti LAN, radiofrekvenční vysílání nebo bezdrátové WiFi spojení (v závislosti na použitém druhu senzoru);
- RFC bridge ⇔ SSW (řídící systém, IMIS) = LAN (přes protokol PPOE);
- SSW ⇔ PDA = WiFi, 5 GHz.

Mezi senzory, které dokáží snímat polohu palety a jsou tak vhodné k zavedení automatizace odvolávkového systému pomocí detekce prázdné palety, patří tyto snímače:

- ultrazvukový senzor (umístěn nad prázdnou paletou),
- laserový senzor (umístěn nad prázdnou paletou),
- mechanický senzor (montáž na podlaze),
- optický bezdrátový senzor (montáž na podlaze),
- kamera – rozpoznávání obrazu (umístěn nad plochou s paletami),
- lokalizační senzor (umístěn na podvozku),

V následujícím pododdíle budou tyto varianty odvolávání materiálu představeny, omezující podmínky zavedení senzorů do provozu, princip fungování, možnosti senzorů a cenové srovnání za HW a SW část.

3.2.1 Ultrazvukový senzor

Ultrazvukový senzor je potřeba umístit nad předávací místo. Horní zavěšení senzoru vyžaduje montážní úpravy a je potřeba počítat s tím, že změna pozice předávacího místa bude spojena s dalšími montážními úpravami. Sensory detekují libovolný materiál na vzdálenost až téměř desítek metrů a rozliší objekty již od rozměrů 30 x 30 cm. Ultrazvukový senzor vyžaduje stálé napájení a pevné připojení k síti LAN. Výhody a nevýhody ultrazvukového senzoru jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 4 Výhody a nevýhody ultrazvukového senzoru

| Ultrazvukový senzor | |
|---|--|
| Výhody | Nevýhody |
| <ul style="list-style-type: none"> • zdravotně nezávadný • možnost měřit vzdálenost (eliminace ostatních předmětů mimo požadované palety) • není potřeba řešit optickou odrazivost objektu • nepřekáží na podlaze | <ul style="list-style-type: none"> • vyžaduje prostředí bez silného průvanu (7 km/h) • horní montáž • stálé napájení – silová kabeláž • datová kabeláž (nelze sloučit se silovou kabeláží) • změna pozice palety vyžaduje montážní úpravy • časově náročnější implementace do systému IMIS |

Zdroj: T-Mobile (2017), autor

3.2.2 Laserový senzor

Laserové snímače nabízí vysokou přesnost detekce polohy. Laser rozlišuje objekty již od rozměrů 10 x 10 mm. Horní zavěšení laserového snímače znamená náročnější změnu pozice předávacího místa, neboť by bylo potřeba provést montážní úpravy. Laserový senzor by bylo potřeba umístit nad každé předávací místo zvlášť, což je spojeno s vyššími náklady do systému. Senzor vyžaduje stálé napájení a připojení k pevné síti LAN. Výhody a nevýhody laserového senzoru jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 5 Výhody a nevýhody laserového senzoru

| Laserový senzor | |
|---|---|
| Výhody | Nevýhody |
| <ul style="list-style-type: none"> • analogový i digitální výstup • analogový výstup umožňuje měřit vzdálenost (eliminace ostatních předmětů mimo požadované palety) • nevyžaduje bezprůvanové prostředí • nepřekáží na podlaze | <ul style="list-style-type: none"> • horní montáž • stálé napájení – silová kabeláž • datová kabeláž (nelze sloučit se silovou kabeláží) • zdravotní rizika (Laser třídy 2) • změna pozice palety vyžaduje montážní úpravy • časově náročnější implementace do systému IMIS |

Zdroj: T-Mobile (2017), autor

3.2.3 Rozpoznávání obrazu – kamerový systém

Kamerový systém, stejně jako dva výše uvedené vyžaduje horní zavěšení nad předávací místo. Kameru však není potřeba umísťovat nad každé předávací místo, neboť kamera zvládne sledovat více předávacích pozic najednou. Kamerový systém je však nejvíce nákladný na pořízení a nelze jej snadno uživatelsky měnit. Kamerový systém rozlišuje objekty již od rozměrů 10 x 10 cm. Vyžaduje však stálé napájení a připojení k pevné síti LAN. Využívání kamerového systému je podmíněno používáním softwaru pro rozpoznávání obrazu. Výhody a nevýhody kamerového systému jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 6 Výhody a nevýhody kamerového systému

| Kamerový systém | |
|--|--|
| Výhody | Nevýhody |
| <ul style="list-style-type: none">• zdravotně nezávadný• možnost sledovat více pozic palet jednou kamerou• nepřekáží na podlaze• změnu pozice palety v zorném poli kamery lze řešit pouze konfigurací | <ul style="list-style-type: none">• horní montáž• stálé napájení – silová kabeláž• datová kabeláž (nelze sloučit se silovou kabeláží)• velký datový přenos• změna pozice palety mimo zorné pole kamery vyžaduje montážní úpravy• časově náročnější implementace do systému IMIS |

Zdroj: T-Mobile (2017), autor

3.2.4 Optický bezdrátový senzor a mechanický senzor

Tyto navrhované varianty senzorů jsou modifikací současně využívaných SAS senzorů pro automatické KLT odvolávky. Vzhledem k instalaci senzorů přímo na podlahu předávacího místa jsou oba druhy senzorů náchylné na poškození. Instalace na podlaze navíc znamená překážku při úklidu a riziko pro pracovníky, kteří by o senzor mohli zakopnout.

Optický senzor se s nainstalovanými bridge senzory spojí prostřednictvím bezdrátové WiFi sítě. Senzor je napájen z baterie a vyžaduje propojení s RFC koncentrátorem (bridgem) a oproti mechanickému senzoru je méně spolehlivý. Mechanický senzor se při umístění palety na předávací místo sepne a vytvoří objednávku. Na rozdíl od optického senzoru je s bridgem propojen pomocí radiosignálu. Výhody a nevýhody těchto dvou variant jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 7 Výhody a nevýhody optického a mechanického senzoru

| Optický bezdrátový senzor a mechanický senzor | |
|--|--|
| Výhody | Nevýhody |
| <ul style="list-style-type: none"> • modifikace současných SAS senzorů • využití současných RFC koncentrátorů • nevyžaduje horní montáž • nevyžaduje přívod silové a datové kabeláže • jednoduchá implementace do systému IMIS • relativně jednoduchá změna pozice | <ul style="list-style-type: none"> • montáž na podlahu včetně ochranného krytu • potenciální riziko úrazu • potenciální riziko poškození senzoru • riziko vybití baterie (u optického senzoru) |

Zdroj: T-Mobile (2017), autor

3.2.5 Lokalizační senzor

Dosud uváděné senzory musely být pevně instalovány nad předávacím místem nebo na podlaze předávacího místa. Umístění lokalizačního senzoru probíhá přímo na každý podvozek palety. Pracovník díky souřadnicovému systému shodnému s GPS může paletu přepravit na libovolné předávací místo. Lokalizační senzor vysílá informaci o své poloze bezdrátovou sítí WiFi, je však vyžadován RFC bridge s lokalizačním modulem. Výhody a nevýhody lokalizačního senzoru jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 8 Výhody a nevýhody lokalizačního senzoru

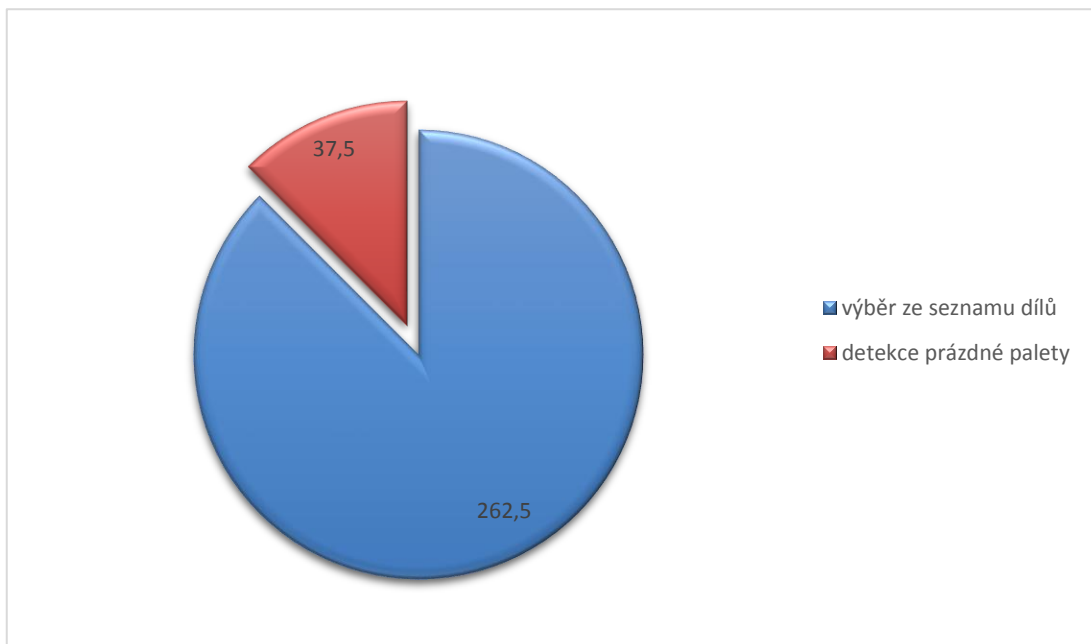
| Lokalizační senzor | |
|--|---|
| Výhody | Nevýhody |
| <ul style="list-style-type: none"> • nevyžaduje horní montáž • nevyžaduje přívod silové a datové kabeláže • změna pozice palety se provádí pouze konfigurací • možnost sledovat palety na pozicích pro plné palety • možnost sledovat manipulační trasu palety včetně časových údajů • možnost rozšířit o GPS ve venkovním prostředí | <ul style="list-style-type: none"> • nutnost montáže na všechny podvozky palet • vyžaduje HW rozšíření RFC bridgů |

Zdroj: T-Mobile (2017), autor

3.3 Shrnutí návrhů automatického odvolávání palet pomocí detekce polohy

Všechny navrhované varianty senzorů uspoří při vytváření odvolávky nové palety stejný čas. Jak již bylo uvedeno v úvodu této kapitoly, odvolávka proběhne automaticky po předání palety na předávací místo. Jednotlivé varianty senzorů se liší jednak umístěním (horní zavěšení, montáž na podlahu, montáž na podvozky palet), ale také spolehlivostí, náklady na pořízení a implementaci do systému IMIS a dalšími vlastnostmi, na základě kterých budou v poslední kapitole zhodnoceny.

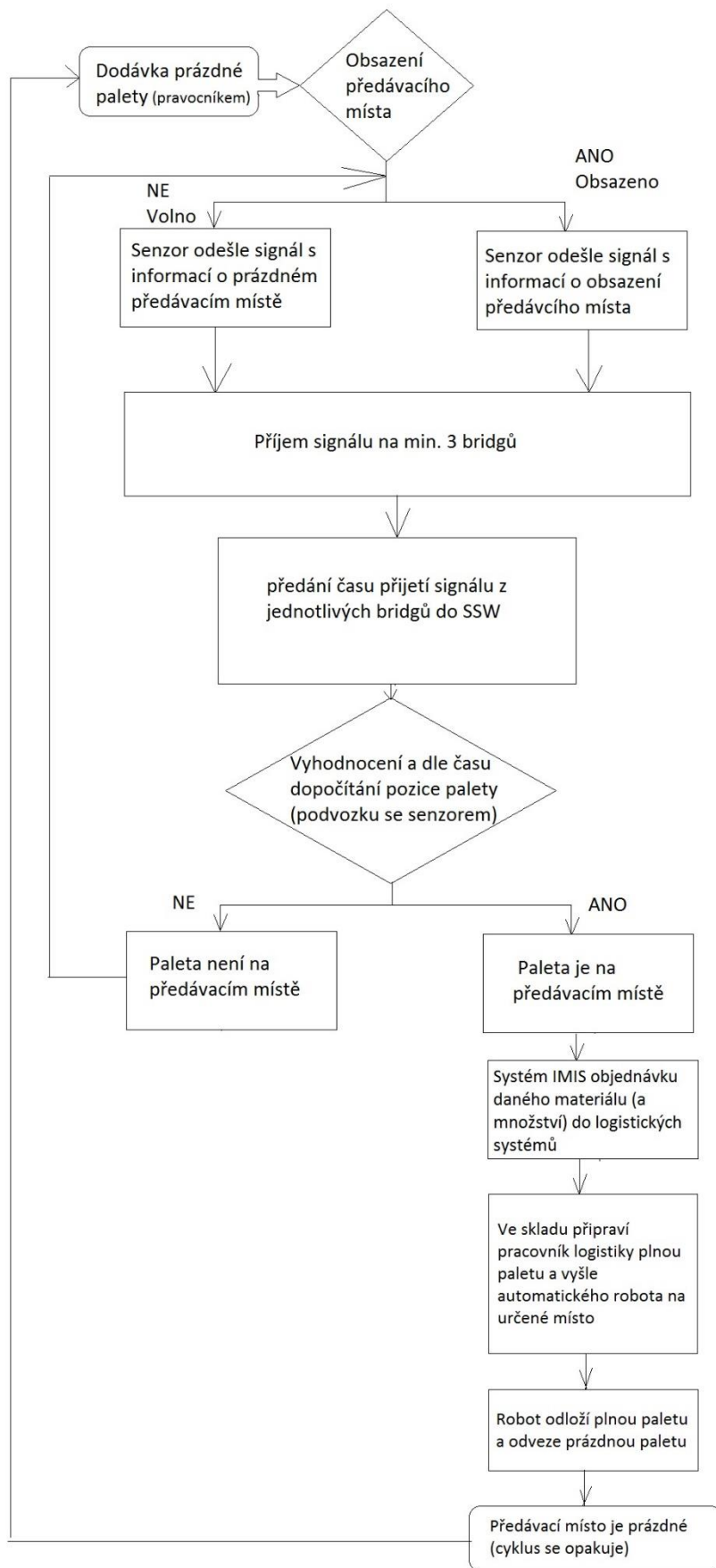
Dopravení palety na předávací místo zabere pracovníkovi průměrně půl minuty. Odvolávkami vytvořenými výběrem ze seznamu dílů, kterých se navrhovaná automatizace týká, je v současné době na předávací místa dopraveno 75 palet. Čas potřebný k navezení jedné palety na místo je tedy průměrně půl minuty, což za celou směnu představuje 37,5 minuty.



Obrázek 25 Potřebný čas k vytvoření odvolávky za směnu v minutách (autor)

Na grafu je znázorněn čas potřebný za jednu směnu k vytvoření odvolávky výběrem ze seznamu dílů a čas k vytvoření odvolávky pomocí detekce prázdné palety. Uspořený čas pracovníků za jednu směnu je tedy průměrně 225 minut.

Schematicky je celý proces automatické odvolávky pomocí detekce prázdné palety představen pomocí vývojového diagramu, který je zachycen na obrázku 26.



Obrázek 26 Vývojový diagram (autor)

Navrhovaný systém přináší kromě úspory času a práce pracovníkům, kteří materiál objednávají i jiné výhody. Další přínosy navrhovaných variant odvolávkového systému pomocí detekce prázdné palety jsou pro závod ve Vrchlabí následující:

- rovnoměrný vznik odvolávek,
- materiál není potřeba objednávat přes PC,
- jednotný systém odvolávání materiálu pro KLT a GLT na celé montážní lince i obrábění.

Zhodnocení navrhovaných variant senzorů bude provedeno v závěrečné kapitole. Toto srovnání nebude vycházet pouze z cenového hlediska, protože závod má mnoho omezujících faktorů, které musí senzory splňovat. Na základě stanovených kritérií bude vybrána nejoptimálnější varianta senzoru.

4 ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ

Pro optimalizaci procesu ručních odvolávek pomocí výběru ze seznamu dílů bylo navrženo řešení automatizovat celý proces automatickými odvolávkami pomocí detekce prázdné palety. V návrhové části bylo představeno šest variant senzorů, které by bylo možné využít. Tyto navržené varianty budou v závěrečné kapitole mezi sebou porovnány.

Varianty budou hodnoceny na základě cenového hlediska a také podle toho, zda vyhovují omezujícím kritériím, stanoveným vrchlabským závodem. Varianta, která bude nejlépe splňovat stanovená kritéria bude doporučena k realizaci jako nejvhodnější.

4.1 Porovnání senzorů podle stanovených kritérií

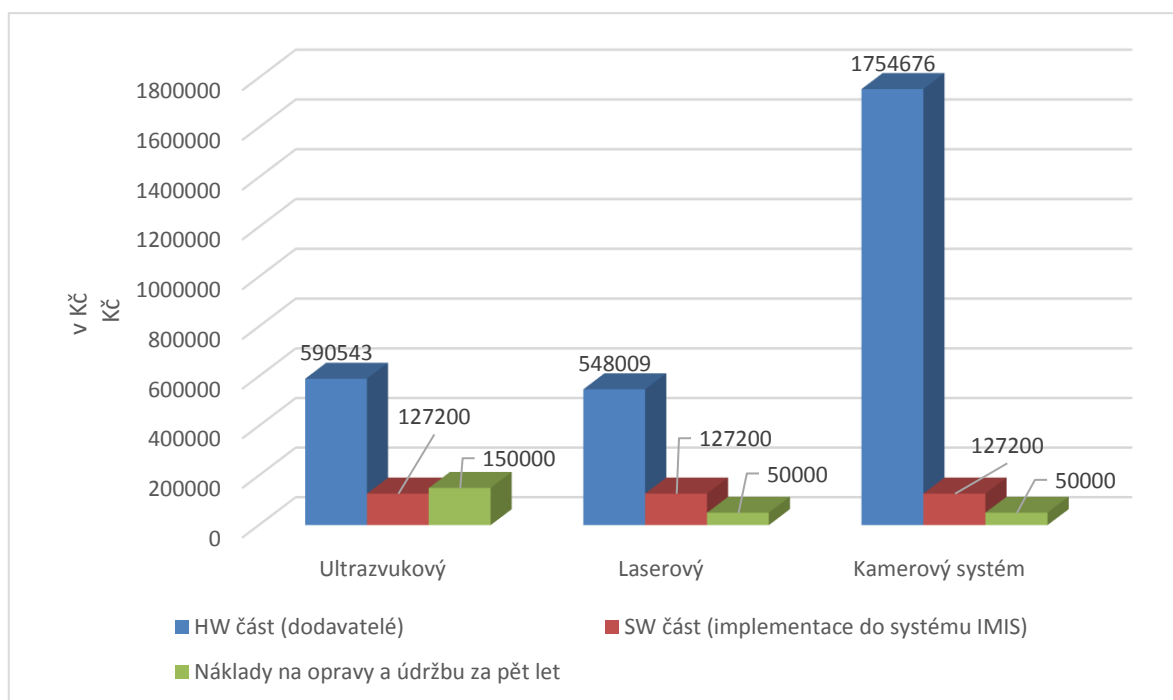
Navrhované senzory musí co nejlépe splňovat kritéria stanovená vrchlabským závodem. Hodnotit senzory pouze na základě pořizovací ceny není možné, neboť v závodě je mnoho omezujících faktorů. Největší problém v závodě představují zásahy do podlahy, které jsou pro závod technicky a cenově velmi náročné. Senzory také nesmí překážet při údržbě nebo úklidu a zároveň musí umožňovat jednoduché změny předávacího místa. Zvolený senzor dále musí v rámci společnosti Škoda Auto umožňovat jednoduché spuštění i v jiných provozech a závodech. Na základě těchto omezujících faktorů, byla stanovena kritéria, podle kterých se jednotlivé varianty senzorů budou hodnotit:

- pořizovací náklady senzorů (HW část),
- náklady za implementaci do systému (SW část),
- náklady na údržbu a opravy na 5 let,
- rizika a spolehlivost senzoru,
- zásahy do haly (podlaha, podhledy),
- uživatelská přizpůsobivost (snadná změna předávacího místa).

Nejprve budou senzory rozděleny do tří základních kategorií podle způsobu instalace – senzory umístěné na podlaze předávacího místa, nad předávacím místem nebo na podvozku s paletou. V následujícím pododdíle budou senzory zhodnoceny a bude určeno, zda stanoveným požadavkům vyhovují.

4.1.1 Senzory umístěné nad předávacím místem

Podle stanovených kritérií je jasné, že uvedené varianty senzorů s sebou nesou náklady spojené s nákupem senzorů od dodavatelů (HW část), náklady spojené s implementací do současného řídicího systému IMIS (SW část), které zahrnují i náklady na zprovoznění senzorů a náklady na údržbu a opravy. V následujícím grafu jsou senzory instalované do podhledů cenově porovnány.



Obrázek 27 Cenové srovnání senzorů umístěných nad předávacím místem (T-Mobile, 2017)

Cenové srovnání provedla společnost T-Mobile, která spravuje řídicí systém IMIS. Pro cenovou analýzu zvolil T-Mobile možnost nákupu senzorů od dodavatelů. V grafu je tedy možné vidět porovnání prvních tří stanovených kvantitativních kritérií uvedených v oddíle 4.1. Senzory umístěné nad předávací místo jsou cenově nenáročné na opravy a údržbu, protože je pracovníci nemohou díky jejich umístění nijak poškodit a tyto náklady se tedy vztahují zejména k běžné údržbě (čištění senzorů apod.).

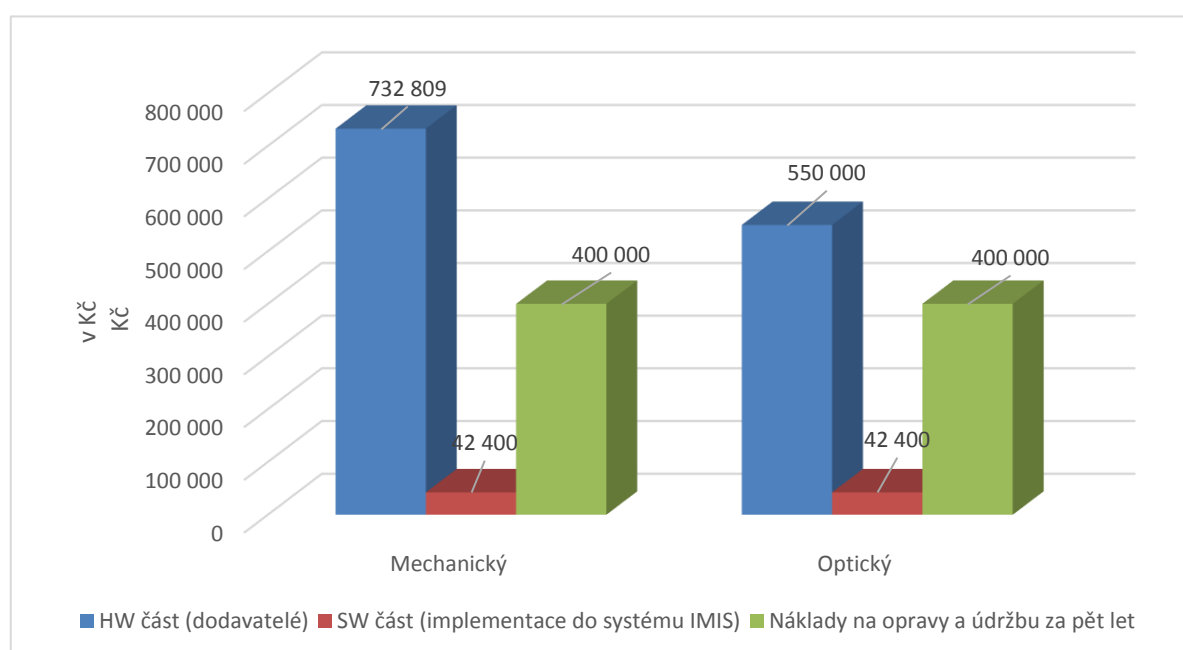
Dále je potřeba senzory zhodnotit podle zbývajících kvalitativních kritérií. Ultrazvukový, laserový i kamerový systém vyžadují horní zavěšení což je spojeno se zásahy do podhledů a navíc je složitá i změna předávacího místa (uživatelská přizpůsobivost).

Ultrazvukový a laserový senzor jsou cenově srovnatelné varianty. Ultrazvukový senzor je však více náchylný na změny v prostředí a vyžaduje tedy vyšší náklady na opravy a údržbu. Laserový senzor je spolehlivý, ale zde riziko laserového záření.

Nejvíce nákladný je kamerový systém, který ani z hlediska spolehlivosti není pro závod neoptimálním řešením, protože může místo prázdné palety na předávacím místě zachytit pouze stíny a vygenerovat odvolávku. Kamera musí být pro správnou funkčnost pravidelně zbavována nečistot a je potřeba provádět pravidelné čištění optiky, což je vzhledem k hornímu zavěšení kamery složité.

4.1.2 Senzory umístěné na podlaze předávacího místa

Senzory instalované na podlahu předávacího místa jsou spojeny se stejnými druhy nákladů jako varianty z pododdílu 4.1.1. Jedná se o dva druhy senzorů – mechanické a optické bezdrátové. Cenové srovnání je představeno na obrázku 28.



Obrázek 28 Cenové srovnání senzorů instalovaných na podlaze předávacího místa (T-Mobile, 2017)

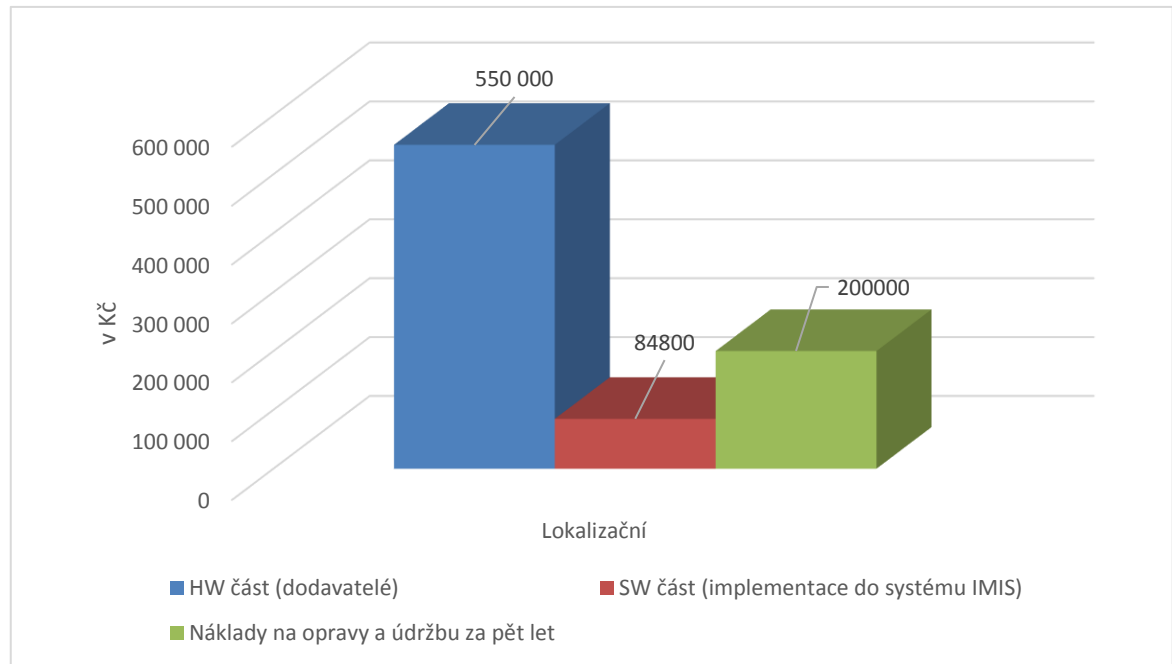
Z cenového srovnání je zřejmé, že senzory instalované na podlahu jsou spojeny s vyššími náklady na opravy a údržbu, než tomu bylo u senzorů umístěných nad předávací místo. Hlavním důvodem nárůstu těchto nákladů je skutečnost, že senzory jsou kvůli svému umístění náchylné na poškození.

Mechanický i optický bezdrátový senzor se instalují na zem, což vyžaduje zásah do podlahy a není snadné jednoduše předávací místo změnit. Uživatelská přizpůsobivost těchto dvou typů senzorů tedy není pro závod neoptimálnější.

Senzory představují pro pracovníky závodu riziko kvůli svému umístění. Dále je instalace na podlahu nevýhodná kvůli usazování nečistot na senzorech a senzory přináší komplikaci i při úklidu.

4.1.3 Senzory umístěné na podvozku s paletou

Lokalizační nebo též polohový senzor se umísťuje na podvozek pro palety a v následujícím obrázku 29 je zhodnocen z hlediska nákladů za dodání hardwarové části senzorů, implementace do současných řídicích systémů včetně zapojení senzorů a nákladů na opravy a údržbu na dobu pěti let.



Obrázek 29 Cenové srovnání senzorů umístěných na podvozku s paletou (T-Mobile, 2017)

Pořizovací náklady lokalizačního senzoru, zahrnující hardwarovou i softwarovou část, jsou srovnatelné s ostatními druhy senzorů (kromě kamerového systému). Oproti tomu náklady na opravy a údržbu na pět let jsou podstatně vyšší než u senzorů umístěvaných nad předávací místo, ale přesto o polovinu nižší než u senzorů instalovaných na podlahu. Vzhledem k tomu, že jsou senzory tyto senzory umísťovány na podvozky, nejsou tolik náchylné na poškození, jak tomu bylo u podlahových senzorů.

Hlavní výhodou tohoto typu senzoru je skutečnost, že není potřeba provádět jakékoliv zásahy do podhledů či podlahy, které jsou pro vrchlabský závod velkou překážkou. Další velkou výhodou oproti ostatním senzorům je snadná změna předávacího místa, protože není potřeba provádět žádné montážní úpravy pro změnu pozice senzoru.

Nevýhodou je možnost zastínění senzoru paletou, kdy senzor nebude schopen vyslat signál k odvolávce nových dílů a vybití baterie senzoru.

4.2 Výběr nejvhodnější varianty senzoru

K výběru nejvhodnější varianty byla zvolena metoda vícekritériálního hodnocení variant, konkrétně metoda bodovací. Metoda byla zvolena z toho důvodu, že ji lze uplatnit jak pro hodnocení kvantitativních, tak kvalitativních kritérií. Aby bylo možné zvolit nejvíce přínosnou variantu byla stanovena nejdůležitější kritéria a váhy těchto kritérií.

Výběr nejvhodnější varianty pouze na základě kvantitativních kritérií, kterými v tomto případě jsou náklady za pořízení senzorů, náklady za implementaci do systému IMIS a náklady na opravy a údržbu, by nezohlednil ostatní kvalitativní přínosy daných variant.

Pro stanovená kritéria bylo nejdříve nutné stanovit váhy kritérií. Zvolena byla Saatyho metoda párového srovnávání, která přináší nejpřesnější výsledky. Důležitost jednotlivých kritérií je znázorněna v následující tabulce pomocí Saatyho deskriptorů (viz oddíl 1.8). Nejprve je potřeba stanovit tabulku preferencí. Důležitost jednotlivých kritérií byla stanovena kompetentními zástupci vrchlabského závodu během společné schůze a preference jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9 Párové porovnání hodnotících kritérií

| Kritérium | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----|-----|-----|-----|---|
| Pořizovací náklady (HW a SW včetně zapojení) (1) | 1 | 1 | 5 | 5 | 7 |
| Náklady na opravy a údržbu (2) | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 |
| Rizika a spolehlivost senzoru (3) | 1/5 | 1/5 | 1 | 5 | 3 |
| Zásahy do haly (4) | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1 | 5 |
| Uživatelská přizpůsobivost (5) | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1/5 | 1 |

Zdroj: autor

Z tabulky je zřejmé, že pořizovací náklady, které zahrnují potřebný hardware, implementaci do řídicího systému IMIS a zapojení, jsou pro vrchlabský závod stejně důležité jako náklady na opravy a údržbu senzorů, dosti významnější než rizika a spolehlivost senzorů a zásahy do haly závodu a prokazatelně významnější než uživatelská přizpůsobivost. Náklady na opravy a údržbu jsou pro závod dosti významnější než rizika a spolehlivost senzorů, zásahy do haly a uživatelská přizpůsobivost. Předposlední porovnání je mezi riziky a spolehlivostí senzorů, zásahy do haly a uživatelskou přizpůsobivostí, kde rizika a spolehlivost senzorů jsou dosti významnější než zásahy do haly a slabě významnější než uživatelská přizpůsobivost. Poslední porovnání je mezi zásahy do haly a uživatelskou přizpůsobivostí, kde jsou podle

ohodnocení zásahy do haly dosti významnější. Hodnoty na diagonále byly vypočítány podle vztahu (8) a hodnoty pod diagonálou podle vztahu (9), které byly definovány v oddíle 1.8.

Dále bylo potřeba vypočítat geometrické průměry (G_i) pro každý řádek, na základě kterých jsou získány normované váhy (v_i) získané pomocí vztahu (10). Z normovaných vah bylo na závěr stanoveno výsledné pořadí jednotlivých kritérií (viz tabulka 10).

Tabulka 10 Stanovení důležitosti (vah) jednotlivých kritérií

| Kritérium | G_i | v_i | Pořadí |
|--|-------|-------|--------|
| Pořizovací náklady (HW a SW včetně zapojení) | 2,809 | 0,393 | 1 |
| Náklady na opravy a údržbu | 2,627 | 0,367 | 2 |
| Rizika a spolehlivost senzoru | 0,903 | 0,126 | 3 |
| Zásahy do haly | 0,525 | 0,073 | 4 |
| Uživatelská přizpůsobivost | 0,286 | 0,040 | 5 |
| Suma | 7,150 | 1,000 | - |

Zdroj: autor

Jednotlivé návrhy poté byly ohodnoceny bodovací metodou. Jelikož byla stanovená kritéria kvantitativního i kvalitativního typu, byla vytvořena bodovací stupnice, pomocí které budou kritéria převedena na stejného jmenovatele (body). Tímto krokem bude zajištěna porovnatelnost důsledků jednotlivých variant. Deskriptor zvolené bodové stupnice je znázorněn v následující tabulce 11.

Tabulka 11 Bodovací stupnice

| Kritéria | Body 0–100 |
|---|---|
| Pořizovací náklady (HW, SW včetně zapojení) | 100 minus 1 bod za každých 10 tis. Kč při pořízení |
| Náklady na opravy a údržbu | 100 minus 1 bod za každých 10 tis. Kč na pět let |
| Zásahy do haly (podlaha, podhledy) | 0 bodů – zásahy do podlah nebo konstrukcí (překáží údržbě) 50 bodů – zásahy ano (nepřekáží údržbě) 100 bodů – bez zásahů |
| Rizika, spolehlivost senzorů | Srovnání rizikovosti dle dodavatele, od nejlepšího (100 bodů) po nejhoršího (0 bodů) |
| Uživatelská přizpůsobivost (změna pozice) | 0 bodů – pozici nelze měnit 50 bodů – pozici lze měnit, vyžaduje montážní zásahy 100 bodů – pozici lze měnit bez zásahů |

Zdroj: autor

Jednotlivé návrhy byly následně podle zvoleného deskriptoru bodově ohodnoceny. Systém hodnocení byl následující, k dispozici byla zvolená bodová stupnice 0 – 100 bodů. Přidělené body byly následně vynásobeny vahou zvolených kritérií. Návrh s nejvyšším bodovým ohodnocením bude považován za nejvíce vyhovující a bude doporučen k realizaci.

Tabulka 12 Výběr nejvhodnější varianty senzoru

| Metoda vícekritériálního hodnocení variant – bodovací metoda | | | | | | | |
|---|------------------------------------|--------------|----------|--------|---------|------------|----------|
| | Navrhované varianty senzorů | | | | | | |
| Kritérium | V_i | Ultrazvukový | Laserový | Kamera | Optický | Mechanický | Polohový |
| Pořizovací náklady | 0,393 | 28 | 32 | 0 | 41 | 24 | 37 |
| Náklady na opravy a údržbu | 0,367 | 85 | 95 | 95 | 60 | 60 | 80 |
| Rizika a spolehlivost senzoru | 0,126 | 50 | 25 | 75 | 0 | 25 | 75 |
| Zásahy do haly | 0,073 | 50 | 50 | 50 | 0 | 0 | 100 |
| Uživatelská přizpůsobivost | 0,040 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 100 |
| V_i *body | | 54,149 | 55,062 | 49,965 | 40,133 | 36,602 | 64,651 |
| Pořadí | | 3 | 2 | 4 | 5 | 6 | 1 |

Zdroj: autor

Z výsledků hodnocení variant lze doporučit k realizaci polohový senzor, který nejlépe splňuje stanovené omezující podmínky a zároveň je pro vrchlabský závod cenově dostupný. Při hodnocení výsledků rozhodl zejména fakt, že senzor zcela vyhovuje omezujícím faktorům.

Časová úspora nákladů, kterou by navrhovaná varianta lokalizačního senzoru měla přinést, je vyčíslena v tabulce číslo 13. Úspora času pro pracovníky výroby byla uvedena v oddíle 3.3 a za jednu směnu činila průměrně 225 minut.

Tabulka 13 Vyčíslení časových úspor pracovníků výroby

| | Časová úspora (minuty) | Hodnota v Kč |
|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Pracovníci výroby první směna | 225 | 600 |
| Pracovníci výroby druhá směna | 225 | 600 |
| Celkem za den | 450 | 1 200 |
| Celkem za měsíc (průměrně 21 dní) | - | 25 200 |
| Celkem za rok | - | 302 400 |

Zdroj: ISPV (2018), autor

Na základě hodnot z tabulky 13 lze dopočítat rentabilitu investice (ROI) pro zvolenou variantu lokalizačního senzoru. Výnosnost investice, kterou ve své publikaci uvádí Frýdlová (2014), se počítá podle následujícího vzorce:

$$ROI = \frac{\text{roční úspora}}{\text{vstupní investice}} * 100 [\%] \quad (11)$$

Rentabilita investice při zvolení lokalizačního senzoru je vypočtena následovně:

- Roční úspora = 302 400 – 40 000 = 262 400 Kč
- Investice = 550 000 + 84 800 = 634 800 Kč
- $ROI = \frac{262\,400}{634\,800} * 100 = 41,3 \%$

Roční úspora je vypočítána jako uspořené náklady za rok, od kterých byly odečteny náklady na opravy a údržbu, které byly v pododdíle 4.1.3 vyjádřeny za pět let, proto byla tato hodnota upravena na náklady za rok.

Doba návratnosti investice neboli doba, za kterou se investice splatí z peněžních příjmů, které investice přinese je vyjádřena podle Frýdlové (2014) následujícím vzorcem:

$$DN = \frac{\text{vstupní investice}}{\text{úspora ročních nákladů}} [\text{roky}] \quad (12)$$

$$DN = \frac{634\,800}{302\,400} = 2,1 \text{ let}$$

Z výpočtů vyplývá, že zavedením lokalizačního senzoru dojde ke značným finančním úsporám. Zavedení navrhovaného řešení uspoří zejména čas pracovníkům výroby a povede k dalším výhodám jako je vznik rovnoměrných odvolávek, snížení chybovosti objednávaným špatného druhu dílů zaviněného lidským faktorem a automatický vznik odvolávek umístěním palety na předávací místo.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo provést analýzu současného stavu odvolávkových systémů používaných v logistice ve Vrchlabí pro odvolávání materiálu mezi montážní linkou a jednotlivými sklady a následně navrhnout takové řešení, které povede k zefektivnění vybraných odvolávkových systémů nebo alespoň zjednodušení těchto systémů. Jednotlivé kapitoly diplomové práce byly vytvořeny tak, aby vedly k úspěšnému naplnění stanoveného cíle.

První kapitola poskytuje teoretický pohled na logistické technologie, zejména se zaměřením na systémy JIT a Kanban. Závěr první kapitoly je věnován SWOT analýze a Saatyho metodě, které byly následně prakticky aplikovány v navazujících kapitolách.

Druhá kapitola se zabývá principy fungování současných odvolávkových systémů ve vrchlabském závodě. Z provedené analýzy vyplynula slabá místa určitých odvolávkových procesů. Konkrétně se jednalo o odvolávky vytvořené pomocí klasických kanban karet a pomocí výběru ze seznamu dílů prostřednictvím rozhraní na počítači.

V reakci na výsledky vyplývající z druhé kapitoly, byly ve třetí části učiněny návrhy na odvolávkové systémy představující slabá místa procesu. Pro odvolávky vytvořené na montážní lince pomocí klasických kanban karet bylo navrženo zefektivnit systém objednávek procesního materiálu automatickým odvoláváním pomocí senzorů množství. Tento automatický odvolávkový systém byl již v závodě otestován a úspěšně nasazen pro odvolávky oleje pro mechatroniku.

Slabou stránkou procesu jsou zejména objednávky vytvořené pomocí výběru ze seznamu dílů přes PC, které byly identifikovány ve druhé kapitole a představují ideální prostor pro zlepšení, neboť se celý proces těchto odvolávek týká oblasti obrábění, kde je využíván automatický manipulační robot. Pro tento odvolávkový systém byla navržena automatizace odvolávání palet pomocí detekce polohy. Tento návrh se skládá z několika variant podle použitého druhu senzoru. Sensory, jejich výhody a nevýhody, byly ve třetí části představeny.

Ve čtvrté kapitole byly navrhované varianty senzorů zhodnoceny podle stanovených kritérií, která jsou pro vrchlabský podnik zásadní. Na základě těchto kritérií byl vybrán senzor, který nejlépe vyhovuje všem požadavkům závodu.

Zvolené navrhované řešení celý proces odvolávek dílů zefektivní a zjednoduší, což přinese časovou úsporu pracovníkům výroby.

POUŽITÁ LITERATURA

BILÍK, Tomáš, 2008. *Řízení materiálového toku pomocí elektronické podoby metody kanban*. Zlín. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

BURIETA, Ján, 2012. *Svět produktivity: 5S, 6S nebo dokonce 7S*. [online]. [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/5s-6s-nebo-dokonce-7s.htm/>

CEMPÍREK, Václav, 2010. *Logistická centra*. Pardubice: Institut Jana Pernera. ISBN 978-80-86530-70-3.

ČEVELOVÁ, Magdalena, 2011. *SWOT analýza: jak a hlavně proč ji sestavit*. [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.cevelova.cz/proc-swot-analyza/>

DLASK, Zdeněk, 2014. *Vliv struktury obalů na náklady inbound logistiky ŠKODA AUTO a.s.* Mladá Boleslav. Diplomová práce. Škoda Auto vysoká škola, o.p.s.

FRÝDLOVÁ, Jana, 2014. *Vyhodnocení ekonomické efektivnosti investice ve vybraném zemědělském podniku*. České Budějovice. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

GRASSEOVÁ, Monika, Radek DUBEC a David ŘEHÁK, 2010. *Analýza v rukou manažera: 33 nejpoužívanějších metod strategického řízení*. Vyd. 1. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-2621-9.

HORÁKOVÁ, Helena a Jiří KUBÁT, 1999. *Řízení zásob: logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. přepracované vydání. Praha: Profess Consulting. ISBN 80-85235-55-2.

HRABÁK, Kamil, 2010. *Metody řízení výroby se softwarovou podporou*. Praha. Diplomová práce. Bankovní institut vysoká škola Praha.

ISPV, 2017. *Aktuální výsledky šetření*. [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://www.ispv.cz/cz/Vysledky-setreni/Aktualni.aspx>

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA, 2012. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck. ISBN 978-80-7179-319-9.

KOHOUTOVÁ, Anna, 2008. *Využití vybraných logistických metod ve výrobním podniku*. České Budějovice. Diplomová práce. Jihočeská Univerzita.

KOŠTURIÁK, Ján a Milan GREGOR, 1993. *Podnik v roce 2001. Revoluce v podnikové kultuře*. Praha: Grada. ISBN 80-7169-003-1.

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK, 2006. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing. ISBN 80-86851-38-9.

KOVÁŘ, Martin, 2012. *Systémy ANDON RF a INEAS BMA pro odvolávání materiálu na montážní linku ve Škoda Auto a.s.* Mladá Boleslav. Bakalářská práce. Škoda Auto a.s. Vysoká škola.

LAMBERT, Douglas, James STOCK a Lisa ELLRAM, 2005. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. Praha: Computer Press. ISBN 80-251-0504-0.

LUKOSZOVÁ, Xenie, 2012. *Logistické technologie v dodavatelském řetězci*. Praha: Ekopress. ISBN 978-80-86929-89-7.

MIČIETA, Branislav et al., 2001. *Kanban – ste na ťahu!* Žilina: Slovenské centrum produktivity. ISBN 80-968324-2-5.

OLIVKOVÁ, Ivana, 2011. *Aplikace metod vícekritériálního rozhodování při hodnocení kvality veřejné dopravy*. [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: http://pnerscontacts.upce.cz/23_2011/Olivkova.pdf

PETRÁK, Jan, 2017. *Interní zdroj o digitalizaci a automatizaci odvolávek a přepravě materiálu*. Vrchlabí: Logistika DQ200.

Petrák, Jan, 2018. *Interní materiál společnosti Škoda Auto a.s., Vrchlabí*. Vrchlabí: Logistika DQ200.

PETRTYL, Jan, 2017. *SWOT analýza*. [online]. [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: <https://www.marketingmind.cz/swot-analyza/>

POSPÍŠIL, Aleš, 2013. *Nové metody zásobování výroby*. České Budějovice. Bakalářská práce. Jihočeská Univerzita.

ŠABACKÝ, Pavel, 2007. *Projekt zavedení metody SMED u konfekčního stroje RCM ve společnosti Mitas, a.s.* Zlín. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

SCHACHERL, Lucie, 2009. *Řízení zásob v dodavatelsko-odběratelském řetězci*. Pardubice. Dizertační práce. Univerzita Pardubice.

ŠENKÝŘ, Pavel, 2011. *Využití simulačních metod pro podporu procesního řízení v systémech integrovaného managementu*. Brno. Disertační práce. Mendelova Univerzita.

- ŠIMON, Michal a Antonín MILLER, 2010. *Kanban – výroba tahem*. . [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://m.systemonline.cz/rizeni-vyroby/kanban-vyroba-tahem.htm>
- SIXTA, Josef a Miroslav ŽIŽKA, 2009. *Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů*. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-2563-2.
- SIXTA, Josef a Václav MAČÁT, 2005. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books. ISBN 80-251-0573-3.
- ŠKODA AUTO A.S., 2017. *Škoda výroční zpráva 2017*. [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://az749841.vo.msecnd.net/sitesencom/alv1/62658879-518c-4a3c-b45f-9e6330820bd0/skoda-annual-report-2017.c5a29f2a9b556d42158ef72031b710f3.pdf>
- ŠKODA AUTO A.S., 2017a. *Interní dokument Škoda Auto a.s.: Logistika DQ200*. Vrchlabí: Škoda Auto a.s.
- ŠKODA AUTO, 2018. *Škoda Auto vyrobila dvoumiliontou dvojspojkovou převodovku*. [online]. [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.cz/novinky/novinky-detail/2018-01-30-dva-mil-dsg-ve-vrchlabi>
- ŠKODA STORYBOARD, 2016. *Škoda Vrchlabí: technologicky vyspělý závod slaví 70. narozeniny*. [online]. [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-zpravy/skoda-vrchlabi-technologicky-vyspely-zavod-slavi-70-narozeniny/>
- SODOMKA, Petr, 2006. *Informační systémy v podnikové praxi*. Brno: Computer Press. ISBN 80-251-1200-4.
- ŠTEFKOVÁ, Iveta, 2009. *Aplikace logistických technologií Just-in-Time a Just-in-Sequence ve společnosti Robert Bosch spol. s r.o.* České Budějovice. Bakalářská práce. Jihočeská Univerzita.
- T-MOBILE, 2017. *Interní dokument společnosti T-mobile: navážení GLT palet*. Praha: T-Mobile a.s.
- TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4486-5.
- VANĚČEK, Drahoš, 2008. *Logistika, 3. přepracované vydání*. České Budějovice: Jihočeská Univerzita. ISBN: 978-80-7394-085-0.
- VÍTEK, Václav, 2012. *Svět produktivity: Kanban*. [online]. [cit. 2018-01-29]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kanban.htm>

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tabulka 1 JIT versus klasické přístupy k řízení výroby..... | 14 |
| Tabulka 2 Deskriptory podle Saatyho | 27 |
| Tabulka 3 SWOT analýza současných odvolávkových systémů závodu ve Vrchlabí..... | 48 |
| Tabulka 4 Výhody a nevýhody ultrazvukového senzoru | 56 |
| Tabulka 5 Výhody a nevýhody laserového senzoru..... | 56 |
| Tabulka 6 Výhody a nevýhody kamerového systému..... | 57 |
| Tabulka 7 Výhody a nevýhody optického a mechanického senzoru | 58 |
| Tabulka 8 Výhody a nevýhody lokalizačního senzoru..... | 58 |
| Tabulka 9 Párové porovnání hodnotících kritérií..... | 66 |
| Tabulka 10 Stanovení důležitosti (vah) jednotlivých kritérií | 67 |
| Tabulka 11 Bodovací stupnice | 67 |
| Tabulka 12 Výběr nejvhodnější varianty senzoru | 68 |
| Tabulka 13 Vyčíslení časových úspor pracovníků výroby..... | 68 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obrázek 1 Systém tlaku a systém tahu | 11 |
| Obrázek 2 Struktura Just-in-Time | 12 |
| Obrázek 3 Systém kanbanových karet | 20 |
| Obrázek 4 Elektronický kanbanový lístek v automobilovém průmyslu | 25 |
| Obrázek 5 Odběratelé převodovek DQ 200 ve světě | 29 |
| Obrázek 6 Logistické plochy v závodě Vrchlabí | 31 |
| Obrázek 7 GTL závěska | 32 |
| Obrázek 8 Těsnící tmel v barelech | 33 |
| Obrázek 9 Tištěná kanban karta | 35 |
| Obrázek 10 Elektronický kanban | 36 |
| Obrázek 11 Ruční objednávky pomocí výběru ze seznamu dílů | 37 |
| Obrázek 12 Ruční objednávky dílů pomocí dotykové obrazovky | 38 |
| Obrázek 13 Odvolávky materiálu pomocí senzorů množství..... | 38 |
| Obrázek 14 Regálový skluz se senzorem | 39 |
| Obrázek 15 Proces automatického KLT objednávání dílů..... | 40 |
| Obrázek 16 SAS senzor, RFC bridge a PDA | 41 |
| Obrázek 17 Proces automatického objednávání GLT palet | 41 |
| Obrázek 18 RFID čtečka a RFID čip | 42 |
| Obrázek 19 Tahač s vozíky obsluhovaný operátorem logistiky..... | 44 |
| Obrázek 20 Bezpilotní vozík AGV | 45 |
| Obrázek 21 Automatický manipulační robot | 46 |
| Obrázek 22 Čas potřebný k odvolávce dílů z ML do skladu | 47 |
| Obrázek 23 Proces odvolávek s využitím senzorů umístěných nad předávacím místem | 53 |
| Obrázek 24 Proces odvolávek s využitím senzorů umístěných na podlaze předávacího místa | 54 |
| Obrázek 25 Potřebný čas k vytvoření odvolávky za směnu v minutách..... | 59 |
| Obrázek 26 Vývojový diagram | 60 |
| Obrázek 27 Cenové srovnání senzorů umístěných nad předávacím místem | 63 |
| Obrázek 28 Cenové srovnání senzorů instalovaných na podlaze předávacího místa | 64 |
| Obrázek 29 Cenové srovnání senzorů umístěných na podvozku s paletou..... | 65 |

SEZNAM ZKRATEK

| | |
|-------------|---|
| AGV vozík | Přepravní vozík bez řidiče |
| DQ200 | Interní typové označení automatické převodovky |
| e-Kanban | Elektronická obdoba systému Kanban |
| FIFO | First In First Out Metoda příjmu a výdeje materiálu |
| GLT | Velký samostatně manipulovatelný obal |
| GTL závěska | Global transport label Závěska pro označení obalů |
| IMIS | Modulový systém pro automatické odvolávání materiálu řízené spotřebou |
| JIT | Just in Time |
| Kanban | Systém dodávek dílů |
| KLT | Malá plastová přepravka |
| LAN | Local Area Network Lokální (místní) síť |
| LOGIS | Logistický systém pro příjem, skladování a výdej materiálu |
| ML | Montážní linka |
| PDA | Personal Digital Assistant Mobilní datový terminál pro sběr a přenos dat |
| RFC bridge | Přijímač a vysílač signálu |
| RFID | Radio Frequency Identification Identifikace na rádiové frekvenci |
| SAS senzor | Switch Autonomous Sensor Autonomní senzor |
| SMED | Single Minute Exchange of Dies Metoda rychlých změn |
| SSW | Řídící systém IMIS |
| TPS | Toyota Production System Výrobní systém společnosti Toyota |
| WiFi | Wireless Fidelity Komunikační standard pro bezdrátový přenos dat |