

# **ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, o.p.s.**

Studijní program: N6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208T088 Podniková ekonomika a management provozu

## **Elektronizace odvolávek KLT v logistice ŠKODA AUTO a.s.**

**Bc. Milan LEBEDA**

Vedoucí práce: Ing. David Holman, Ph.D.

*Tento list vyjměte a nahrad'te zadáním diplomové práce*

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil(a) autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Mladé Boleslavi dne .....

Děkuji Ing. Davidu Holmanovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, poskytování rad a informačních podkladů. Dále bych chtěl poděkovat všem svým kolegům ze společnosti ŠKODA AUTO a.s., kteří mi byli nápomocni a poskytli odborné podklady pro moji práci.

## Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů .....	6
Úvod.....	7
1 Logistika.....	8
1.1 Čárové kódy .....	12
1.2 Radiofrekvenční identifikace .....	13
1.3 Neuronové sítě.....	17
2 Kanban .....	20
2.1 Princip kanbanu .....	20
2.2 Hodnocení výkonosti kanbanu .....	24
3 Analýza současného stavu .....	27
3.1 Výroba vozů ŠKODA.....	29
3.2 Interní logistika MB II.....	30
3.3 Sklady haly M1 .....	31
3.4 Regálová technika.....	32
3.5 Kanbanové okruhy .....	34
3.6 Současné řešení .....	37
4 Systém ARO .....	44
4.1 Návrh obalu.....	47
4.2 Sklad 12 .....	47
4.3 Regálová technika.....	49
4.4 Neuronová síť.....	51
4.5 Kompletní návrh .....	52
5 Očekávané přínosy .....	55
Závěr .....	57
6 Seznam literatury.....	58
7 Seznam obrázků a tabulek .....	61

## Seznam použitých zkratk a symbolů

AKL	Automatisches Kleinteilelager (automatický sklad malých dílů)
BMA	Bedarfssorientierter Material Abruf (Odvolávka materiálu dle potřeby)
CNN	Convolutional Neural Network
EAN	European Article Numbering (druh čárového kódu)
EDV	Elektronische Datenverarbeitung (elektronické zpracování dat)
FIS	Fertigungsinformations- und –steuerungssystem (systém pro sledování fází zhotovení vozu)
FTS	Fahrerloses Transportsystem (automatický tahač, nebo bezobslužný transportní systém)
GLT	Grossladungsträger (manipulační jednotka – paleta, velký obal)
iTLS	Internes TransportLeitSystem (interní přepravní systém)
JIT	Just In Time
KLT	Kleinladungsträger (manipulační jednotka – přepravka, malý obal)
KNR	KennNummer (unikátní identifikační číslo vozu ve výrobě)
MV	Manipulační vozík (tahač)
OCR	Optical Character Recognition
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
RFID	Radio Frequency Identification
RNN	Recurrent Neural Network
ŠA	ŠKODA AUTO a.s.

## Úvod

Logistika je nepostradatelnou součástí života každého z nás. Nachází se ať už celá nebo částečně v každém systému a odvětví, které existuje. Díky tomu splněn předpoklad dalšího vývoje a uplatnění nových technologií. Odvětví automobilového průmyslu je z pohledu logistiky specifické a vzhledem ke kladeným požadavkům i rychle se rozvíjející.

V současnosti se společnost ŠKODA AUTO a.s. připravuje na příchod nové technologické revoluce, která by měla změnit koncept výroby, tak jak ho známe dnes. V této souvislosti se ve výrobních podnicích začínají zavádět nová opatření a projekty, které pomáhají se více přizpůsobit jak novým trendům, tak i této revoluci. Zaváděním těchto inovací jsou výrobní podniky schopny ještě více pružně reagovat na poptávku a dodávat díly nebo materiál s vyšší frekvencí, při zajištění stejné úrovně kvality.

Cílem této diplomové práce je návrh nového řešení automatického odvolávání materiálu na montážní linku. Návrh bude vztažen na vybraný kanbanový okruh montážní linky na hale M1 v hlavním závodě společnosti ŠKODA AUTO a.s. v Mladé Boleslavi. Od návrhu se očekává inovativní přístup aplikace moderních technologií, které zachovají automatizaci odvolávek a zároveň odstraní potenciální nedostatky současného řešení.

Teoretická část se bude zabývat vymezením a popsáním logistického systému kanban a prvků logistických technologií, na základě, kterých bude definováno nové řešení odvolávání materiálu. Jde především o rešerši zdrojů, která poskytnou základní přehled o výše zmiňovaných technologiích, kterými jsou RFID a neuronové sítě.

Praktická část se bude zabývat analýzou současného stavu odvolávání materiálu interním kanbanem ve ŠKODA AUTO a.s. Následovat bude návrh autorova řešení a vyhodnocení, kde bude současný stav porovnán se stavem navrhovaným.

# 1 Logistika

Logistika je dnes nedílnou součástí již každé firmy, každého procesu, oddělení a tak podobně. Potřebu přepravovat ať už živé nebo neživé objekty zná lidstvo již od dob starověku. Bez logistiky by nebylo možné postavit velká architektonická díla, stejně tak jako by nebylo možné vést války nebo cestovat. Výčet těchto možností by však mohl být mnohem delší, avšak pro účely této práce stačí zmínit pouze krátký výčet. (Řezáč, 2010) Pojem logistika je starého, a ne zcela jasného původu. Jeho dnešní význam se zrodil ve vojenské oblasti a postupně k obecnému pojetí logistiky jako sladování činností. Hypoteticky můžeme navázat též na princip „správného jednání ve správném čase“ vedoucího k zásadní, převratné změně, k synergickému efektu (Pernica, 2005).

V současné době vedle sebe existují dvě oblasti, v nichž je logistika široce uplatňována – vojenská a hospodářská. Vojenská logistika, která je podle definice NATO naukou o plánování, provádění přesunu a technickém zabezpečení sil klade praktický důraz na akvizici zdrojů, tj. na vytvoření a udržování normovaných zásob vojenského materiálu z dodávek výrobců a na operační bázi, tj. na rychlé a hospodárné přemístění materiálu do míst užití. Vojenská logistika vedle toho zahrnuje řadu dalších funkcí spojených se zřizováním, provozováním a rušením zařízení včetně zdravotnických, s dopravou materiálu a osob, s údržbou a opravami, se službami a další. Logistická řešení musí být vždy konfrontována s širšími vojenskými hledisky. Ekonomická hlediska přivádějí dnes i do vojenské logistiky civilní podnikatelské subjekty, a to nejen jako dodavatele, ale také jako poskytovatele logistických služeb. Zároveň se zde zpětně uplatňují principy, metody a technologie, které se osvědčily v hospodářské sféře (Pernica, 2005).

Hospodářská logistika, která vznikla přenesením zkušeností z vojenské logistiky po druhé světové válce, se vyvíjí směrem k systémovému, komplexnímu pojetí, zahrnující do svých sladovacích aktivit všechny činnosti počínaje vývojem výrobků, přes nákup, zásobování a výrobu, až po distribuci výrobků konečným zákazníkům. Zde se zdůrazňuje strategická rovina časově podmíněného umístění zdrojů, jimiž jsou kapacity, zboží, informace a personál, na kterou navazuje procesní rovina, tj. sladování toků v logistických řetězcích vedených od dodavatelů až ke konečným zákazníkům. Logistika se stala významným faktorem konkurenceschopnosti



podniků. Její vývoj v hospodářské sféře prošel několika fázemi. Máme-li správně pochopit jeho příčiny a důsledky, musíme studovat i změny tržního a sociálního prostředí. Toto pochopení je klíčem k rozetnutí již překonaných a neúčinných konceptů logistiky (Pernica, 2005).

Logistické potřeby, které vznikají v souvislosti s umístováním zdrojů, takovým, aby zdroje byly k dispozici na správném místě a ve správném okamžiku, vedou k organizování logistických řetězců. Spouštěčem bývají finální výrobci anebo obchodní organizace. Uspokojování logistických potřeb, resp. fungování logistických řetězců je pak podmíněno spoluúčastí řady subjektů logistiky, jako dodavatelů nezbytných prvků, technologií či služeb, poskytovatelů know-how a dalších (Pernica, 2005).

Autor se nejvíce ztotožňuje s definicí logistiky, tak jak jej definoval Council of Supply Chain Management Professionals<sup>1</sup>, bývalý Council of Logistics Management v roce 2013 (Material Handling and Logistics (MHL News), 2004). Logistika je proces plánování, implementace a řízení procedur účinné a efektivní přepravy a skladování zboží, zahrnující služby a s tím spojené informace z místa vzniku do místa spotřeby za účelem splnění požadavků zákazníka (Vitasek, 2013).

Logistické technologie zajišťují systémově chápaný sled procesů, úkonů a operací, které jsou uspořádány do dílčích procesů. Hlavním cílem je pomocí vhodných metod přístupů a řídicích procedur vybrat a uspořádat jednotlivé operace tak, aby optimálně fungovaly. Jde o to, aby zákaznicky požadovaná úroveň logistických služeb byla zajištěna s nejnižšími náklady nebo aby při stanovené výši nákladů byla dosažena maximální úroveň poskytovaných služeb (Sixta, a další, 2005).

Mezi nejdůležitější logistické technologie dnešní doby, které jsou důležité pro tuto práci, lze zařadit tyto:

- 1) Just In Time.
- 2) Kanban.
- 3) Ekanban.

---

<sup>1</sup> Council of Supply Chain Management Professionals, dříve nazývaný Council of Logistics Management, je globální asociace sdružující profesionály v oblasti Supply Chain Managementu. Byla založena v roce 1963 v USA. (Council of Supply Chain Management Professionals)

Nejnámější logistickou technologií je Just in Time (JIT), která vznikla v 80. letech 20. století v Japonsku a USA. Za zakladatele této metody je považován Taiichi Ohno, z Toyota Motor Company. Tento výrobní systém je založen na principu tahu – tzv. „pull systém“. Princip tahu přikazuje vyrábět až v okamžiku konkrétního požadavku zákazníka, to znamená, že se zpravidla nevyrábí na sklad a neměly by tím pádem vznikat nadbytečné zásoby výrobků.

Cílem konceptu JIT je vyrábět požadované výrobky na správném místě, v požadované kvalitě, množství a čase. Pro potřeby využití tohoto konceptu ve výrobním podniku se mění chápání některých pojmů, které jsou vyobrazeny v následující tabulce.

**Tab. 1 Porovnání tradiční a výrobní terminologie pro koncept JIT**

Prodejní pojetí	Výrobní pojetí
výrobek	Finální výrobek, polotovar, součástka (materiál), komplet
zákazník, kupující	dělník, montážní pracoviště

Z literatury plyne, že koncept JIT není jen pouhou metodou řízení jednoho podniku, ale jedná se o relativně nový filosofický přístup k organizaci, plánování a řízení výrobních organizací, které zajišťují dlouhodobou ekonomickou prosperitu. Ideální cíle pro zavedení JIT se nazývají „Seven zeros“. Patří sem:

- 1) Nulové procento zmetků.
- 2) Nulové časy na přestavění strojů.
- 3) Nulové zásoby.
- 4) Nulové časové ztráty při přepravě a manipulaci.
- 5) Nulové časové ztráty při přestavbě.
- 6) Nulové časy dodávky.
- 7) Výrobní dávka = 1.

Tyto cíle jsou pouze teoretickými hodnotami, a proto je možné se k nim v praxi pouze přiblížit. Avšak co výrobní podniky dělají, je optimalizace těchto činností, to znamená odstranění všech činností, které nepomáhají k tvorbě hodnoty výrobku.

Mezi další velmi důležité předpoklady úspěšného nasazení konceptu JIT patří i motivace zaměstnanců a zajištění kvality. Motivace zaměstnanců sem patří z důvodu pochopení tohoto přístupu především managementem společnosti a následné předání těchto informací lidem do výroby. Přednostní zajištění kvality je nezbytné pro hladké nasazení JIT konceptu, neboť snižování ztrát je základní myšlenkou JIT.

Důležitou součástí řízení materiálových toků v logistice je přesná znalost pohybu pasivních prvků. Z tohoto důvodu musí být pasivní prvky ve stanovených místech logistického řetězce bez problémů identifikovány. Pohyb musí být znám, jak u výrobků, tak u dílů pohybujících se samostatně nebo zabalených ve spotřebitelských obalech, dále i u základní a odvozené manipulační a přepravní jednotky.

Nosičem označení sloužícím k identifikaci může být přímo surovina, polotovar či výrobek. Není-li nosič totožný s pasivním prvkem, musí být k němu fyzicky vázán, tj. používá se obal, visačka, etiketa, magnetická páska, štítek atd. Označením budeme rozumět záznam v kódu (např. v čárovém kódu) nebo nápis nebo grafickou značku.

Identifikací pasivních prvků neboli ověření totožnosti pasivního prvku následujícími způsoby:

- Podle fyzických znaků (např. kamerou podle tvaru nebo barvy),
- podle kódu (např. laserovým snímačem podle čárového kódu), snímače dat (např. snímačem radiofrekvenčního signálu vyslaného štítky, umístěnými na kontejnerech).

Identifikace pasivních prvků v logistickém řetězci se rychle vyvíjí směrem k automatické identifikaci. Pro označování pasivních prvků v logistické praxi má velký význam jak optické rozpoznávání znaků (OCR), tak i radiofrekvenční identifikace (RFID). Výhoda automatické identifikace je:

- 1) Vysoká rychlost snímání,
- 2) minimální chybovost,
- 3) jednoduchost na ovládání ze strany obsluhy.

Automatická identifikace a jí odpovídající označování pasivních prvků usnadňuje:

- 1) Řízení procesů, jimiž pasivní prvky procházejí (např. řízení skladových operací, operací třídění a kompletace, ložních operací, zejména překládky v terminálech a na překladištích ve veřejné dopravě atd.),
- 2) kontrolu stavů, zejména stavů zásob ve skladech při inventarizaci i během průběhu naskladnění nebo vyskladnění,
- 3) sběr informací, například pro vyhledávání a čtení údajů v katalogích, evidence atd.,
- 4) provádění transakčních procesů, například výstupní kontrolu zboží při operacích u pokladních terminálů v prodejnách maloobchodu.

## 1.1 Čárové kódy

Čárové kódy jsou neúčelnějším a stále ještě nejlevnějším způsobem, a proto jsou nejrozšířenější při označování pasivních prvků pro automatickou identifikaci na optickém principu (OCR). Jsou založeny na rozdílných vlastnostech tmavých a světlých ploch při ozáření optickým nebo laserovým paprskem. Je nutné také dodat, že s tímto způsobem identifikace jsou největší zkušenosti.

Typy čárových kódů se liší podle:

- 1) Použité metody kódování při záznamu dat,
- 2) složení záznamu a jeho délky,
- 3) hustoty záznamu,
- 4) způsobu zabezpečení správnosti dat.

Dnes existuje více než 200 různých typů čárových kódů, liší se buď speciálním použitím, nebo použitím pro konkrétní zemi. Mezi světově nejznámější typy patří např. číselný – EAN, UPC nebo číselný se speciálními znaky – CODABAR.

Kód EAN (European Article Numbering) je nejrozšířenějším čárovým kódem, který se v Evropě používá. Tento druh kódu byl zaveden prostřednictvím výrobců potravinářského spotřebního zboží a maloobchody. Základním formátem systému EAN je kód EAN 13 ve struktuře: první 3 číslice označují zemi + další 4 číslice označují firmu + dalších 5 číslic pak vlastní jednotku zboží + poslední číslice je číslice kontrolní. Systém EAN nabízí i další formáty pro kódování zboží např. EAN 8 – pro malé výrobky.

Každý čárový kód je tvořen sekvencí čar a mezer. Optoelektronická zařízení dokáží tyto posloupnosti analyzovat a vytvářet kód srozumitelný pro počítač. Při čtení kódu jsou generovány elektrické impulsy, které odpovídají skladbě tmavých a světlých čar. V případě, že došlo k vyhodnocení impulsů jako vhodná posloupnost čar a mezer, pak je zobrazen na výstupu odpovídající znakový řetězec.

Nosičem informací u kódů jsou čárky i mezery. Přesto, že se kódy jeví laikovi stejné, je mezi nimi rozdíl. Čárky nebo mezery nejsou vždy stejně široké. Začátek a konec kódu je definován sekvencí čar znaku Start a Stop. Před a za každým kód musí být tzv. světlé pásmo. V tomto prostoru se nesmí nacházet žádné grafické nebo textové znaky z důvodu správného přečtení kódu čtečkou. Aby mohl být kód úspěšně přečten, musí mít vhodnou velikost kontrastu. Pokud čárový kód s pozadím bude splývat (jednalo-li by se o podobné odstíny barev), čtečka čárových kódů by tento kód vůbec nepřečetla.



Zdroj: EAN 13 a EAN 8 - nejznámější čárový kód pro zboží v obchodní síti [online]

**Obr. 1 Ukázka kódu EAN-13 (nahore) a EAN-8 (dole)**



Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

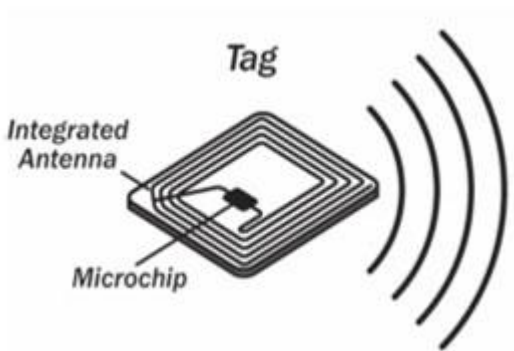
**Obr. 2 Ukázka kódu EAN/CODE 128**

Kódy EAN se používají i pro doplňkové kódování, např. pro datum výroby nebo výrobní číslo. K tomuto účelu se využívá kód EAN/CODE 128 (viz Obr. 2).

## 1.2 Radiofrekvenční identifikace

Radiofrekvenční identifikace (RFID) je bezdotykový automatický identifikační systém sloužící k přenosu a ukládání dat pomocí elektromagnetických vln. Vlastní čip a jeho anténa, která slouží k výměně dat (ale i pro přenos potřebné energie

na čip), jsou základem systému pro ukládání a přenos informací. Může je přečíst a vyhodnotit příslušné čtecí zařízení (reader). Podobně jako u čárových kódů se informace zaznamenávají na nosič dat – transponder, který je připevněn na zboží, balíky nebo jiné sledované předměty. Pomocí čtecího zařízení se informace přenesou a opticky znázorní.



Zdroj: RFID and Inventory Control [online]

#### **Obr. 3 Struktura RFID tagu**

Existují transpondery aktivní a pasivní. Aktivní vysílají samy své údaje, protože jsou vybaveny vlastní baterií, která vydrží cca 5 let. Pracují většinou na frekvencích 868 MHz nebo 2,4GHz, mají akční rádius až 100 m, ale vyžadují poměrně vysoké náklady a jsou použitelné v omezeném rozsahu teplot (kvůli životnosti baterie).



Zdroj: Active RFID vs. Passive RFID: What's the Difference? [online]

#### **Obr. 4 Aktivní transponder**

Pasivní transpondery mají různý akční rádius. Ty, které pracují na frekvenci 868 MHz nebo 2,4 GHz mají rádius podstatně větší, než ty s frekvencí 125kHz a dosahem jen 2 m. Jsou to však velmi robustní průmyslová zařízení, která umožňují odečítat data i přes vodní film na povrchu.



Zdroj: Active RFID vs. Passive RFID: What's the Difference? [online]

**Obr. 5 Pasivní transponder**

**Tab. 2 Porovnání transponderů podle typu, frekvence a dosahu**

Typ transponderu	Frekvence	Dosah	Výhody
Aktivní – Long Range	2,5GHz 868 MHz	až 100 m	zaměřené vyzařování, vysoká dopravní rychlost, antikolizní technika
Pasivní – Long Range	2,5GHz	až 100 m	zaměřené vyzařování, vysoká dopravní rychlost, antikolizní technika
Pasivní – Megahertz	13,56 MHz	až 1 m	pružné stavební formy, nižší cena, antikolizní technika
Pasivní – Kiloherz	125 kHz	až 2 m	osvědčené systémy, robustní průmyslové komponenty, čtení přes vodní film

Zdroj: Sixta, a další, 2005

Transponderem s největší budoucností je „smart label“ odpovídající standardu ISO 15693, s jednotnou provozní frekvencí 13,56 MHz, akčním rádiem do 1 m a integrovanou antikolizní technikou. Ve velkých počtech má tento

„labeltransponder“ přijatelnou cenu. Jeho velikost lze přizpůsobit dané aplikaci a opakovaně jej znovu popisovat. Díky své standardizaci je celosvětově použitelný, a má proto i zajištěnou dobrou budoucnost. Tyto vlastnosti mu zaručují použití v logistice, a to zejména v tom, kde se musí trvale sledovat a prokazovat životnost jednotlivých komponent, jak je tomu právě u potravin (Sixta, a další, 2005). Další jeho výhodou je kombinace lidsky a strojově čitelných informací. Smart Label představuje štítek, kde z jedné strany se nachází lidsky čitelné informace a z druhé strany je umístěna adhezivní vrstva spolu s velmi tenkým RFID tagem, který je zde umístěn spolu s anténou (What is a "smart label"?, 2018).



Zdroj: What is a "smart label"? [online]

#### **Obr. 6 Smart Label**

Existuje tzv. „antikolizní technika“, jak bylo výše uvedeno, umožňuje odečítat současně větší počet transpoderů. Čtecí přístroj transpondery nejprve identifikuje: každý transponder má totiž podle standardu ISO 15693 své individuální a celosvětově unikátní číslo. Pak se ale všechny transpondery „umíčí“ a ve zlomku sekundy se postupně zaznamenají jejich údaje. Například ve velkých samoobsluhách, v okamžiku průjezdu kolem pokladny, čtecí přístroj zjistí všechny údaje o počtu a cenách veškerého zboží uloženého v nákupním vozíku.

Vzhledem k pořizovací ceně transpoderů, je výhodné je použít jen ve vnitropodnikových aplikacích. Nespornou výhodou RFID oproti čárovým kódům je skutečnost, že čtecí zařízení nemusí mít optický kontakt s transpoderem. Transponder může být tedy uložen i uvnitř obalu nebo na výrobku samotném, a tak chráněn před vlivem vlhkosti, teploty, nečistoty a poškození (Sixta, a další, 2005).



Mezi výhody transponderové technologie patří (Sixta, a další, 2005):

- Bezdotyková identifikace bez vizuálního kontaktu se snímačem, funguje i na větší vzdálenosti.
- Necitlivost na okolní prostředí a na nečistoty, neomezená životnost, opakovaná použitelnost transponderu.
- Možnost aktualizovat informace v paměti.
- Funkčnost při teplotách od -35 °C do +100 °C, tzn. dobře uplatnitelné v prostředí podniku, který se nachází ve Střední Evropě.
- Široký výběr nejrůznějších barev a tvarů podle způsobu použití.
- Vysoká rychlost snímání – až 1000 položek současně v okruhu 4 metrů.
- Bezchybná přesnost čtení.
- Možnost rozšíření o přídatné funkce (senzory).

Úspěšné zavedení RFID v podniku nebo v logistickém řetězci závisí nejen na výkonnosti transponderů a na nákladech, nýbrž i na technickém prostředí a na podmínkách nasazení. Technickým prostředím je myšleno zpracování údajů od transponderů. Musí být možné integrovat snímače a jejich datové toky do existujícího softwaru, například do systému správy skladu. Protože roste množství údajů, které se musí zpracovávat, mohou se existující systémy někdy dostat na svou výkonnostní hranici. Rovněž musí být zajištěno rozhraní mezi komponentami systému a vše musí fungovat ke spokojenosti uživatele (Sixta, a další, 2005).

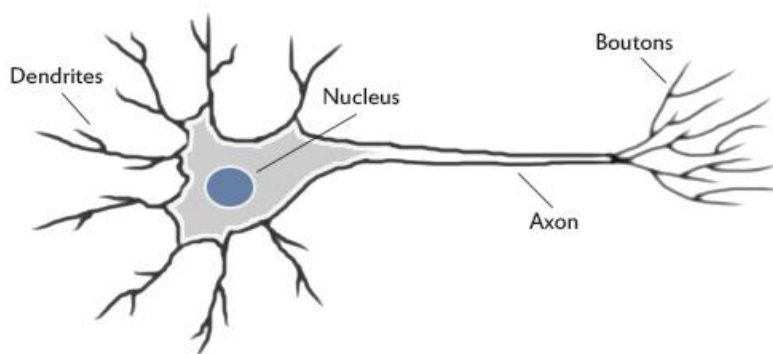
### **1.3 Neuronové sítě**

Neuronová síť je typ matematického modelu, který je tvořen několika umělými neurony. Tento model využívá učení, na základě vstupních (historických) dat si model hledá souvislosti mezi těmito daty a díky tomu dokáže predikovat budoucí data modelu (Špaček, 2017).

Neuronové sítě byly vynalezeny z důvodu naučení stroje řešit problémy z pohledu člověka. Některé situace z reálného světa se totiž nedají popsat matematickou funkcí nebo algoritmem. Tyto situace jsou příliš složité pro popis metodami typickými pro programy nebo stroje. Avšak pro člověka (lidský mozek) jsou tyto

problémy intuitivní a lehce řešitelné. Nejznámějšími příklady takových situací jsou například rozpoznání hlasu nebo identifikace osoby podle obličeje. Klíčem k takovým řešením je aplikace umělých neuronových sítí, jejichž architektura (design) jim umožňuje zpracovávat informace podobným způsobem, jako to lidský mozek umožňuje člověku (Jacobson, 2013).

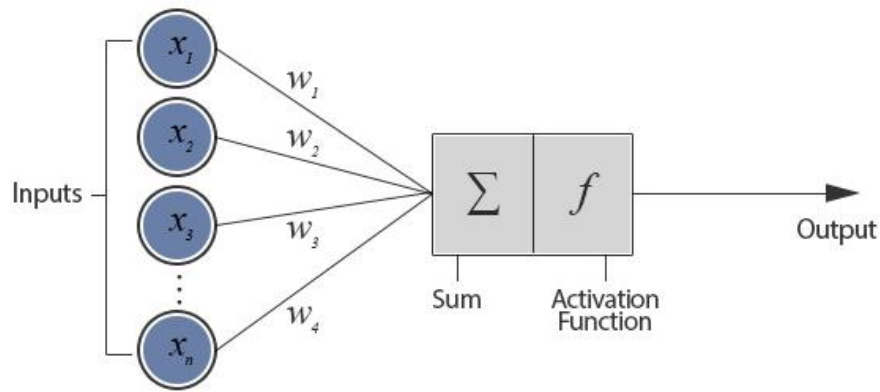
Nejprve je důležité vysvětlit, jak funguje biologický neuron (Obr. 7). Lidský mozek je složen z velmi rozsáhlých vnitřně spojených sítí neuronů, které zpracovávají informace a modelují svět, ve kterém žijeme. Elektrické impulzy prostupují sítí neuronů, což vede k vytvoření výstupů. U člověka se tento výstup může například projevit jako svalová kontrakce nebo pocení. Neuron přijímá vstupní signál prostřednictvím dendritů, poté efektivně sečte všechny signály z dendritů. Pokud je vypočtená hodnota vyšší než určitý limit, neuron vydá elektrický impulz přes axon do svých axonových zakončení (Boutons). Tato zakončení mohou být spojena s tisíci dalšími neurony přes spojení nazývané jako synapse. Pro představu, lidský mozek obsahuje asi 100 miliard neuronů, přičemž každý z nich má asi 1000 synaptických spojení. Díky efektivnímu propojení synapsí může lidský mozek velmi rychle reagovat a vyhodnocovat informace tak, jak to známe (Jacobson, 2013).



Zdroj: The Project spot [online]

#### **Obr. 7 Schéma biologického neuronu**

Schéma na obrázku 8 popisuje umělý neuron, který tvoří základ neuronové sítě. Dá se říci, že umělý neuron je zjednodušenou verzí biologického neuronu. Obvykle je v literatuře označován jako perceptron. Typický perceptron má velké množství vstupů, které mají přiděleny různé váhy (prioritu). Tyto vážené signály jdou společně do aktivační funkce. Aktivační funkce se využívá pro převod vstupů na použitelnou formu výstupu (Jacobson, 2013).



Zdroj: The Project spot [online]

**Obr. 8 Schéma umělého neuronu**

Ve světě Data Science existuje celá řada druhů neuronových sítí. Mezi ty nejznámější patří tyto (Maladkar, 2018):

- 1) Dopředné neuronové sítě (Feedforward Neural Network).
- 2) Radiální funkce (Radial basis function Neural Network).
- 3) Kohonenovy samoorganizační mapy.
- 4) Rekurentní neuronové sítě (RNN).
- 5) Konvoluční neuronové sítě (CNN).
- 6) Modulární neuronové sítě.

Použití těchto druhů sítí se liší a každý typ je vhodný pro jiné použití. Rekurentní neuronové sítě jsou vhodné pro určení předpovědi budoucího stavu zkoumaného systému. Používají se například pro předpověď výskytu monzunových bouřek nebo jiných meteorologických anomálií (International Journal of Atmospheric Sciences, 2013). Konvoluční neuronové sítě disponují průlomovými algoritmy v oblasti počítačového vidění (Deshpande, 2016).

## 2 Kanban

Systém Kanban byl vynalezen jako součást systému Toyota Production System (TPS) v průběhu 50. a 60. let 20. století, společností Toyota Motors. Kanban spočívá v tom, že materiál a díly by se měly dodávat přesně v tom okamžiku, kdy je výrobní proces požaduje (Drahotský, a další, 2003).

Kanban začal být synonymem pro „Plánování poptávky“ (Demand scheduling) nebo Just In Time Manufacturing. Kořeny sahají do dob inovativního Toyota Production System v období mezi pozdními 40. a 50. léty 20. století. Kanban byl vynalezen kvůli ovládnutí a spojení mezi výrobními procesy a nasazení Just In Time Manufacturing. Kanban se stal populárním zejména v 70. letech 20. století, kdy firmy omezovaly plýtvání a snižovaly náklady, za účelem úspěchu na trhu (Kanban Guide).

Název Kanban je vysvětlován podle literatury různými definicemi. Ty, s kterými se autor nejvíce ztotožňuje, jsou uvedeny v následujícím seznamu (Kanban – Logistika, 2016).:

- 1) Podle zakladatele TPS, je japonské slovo kanban složeno ze dvou slov – kan, což znamená vizuální a ban znamená karta. V případě spojení těchto slov vznikne vizuální karta neboli návěštní nebo grafická tabule (Ohno, 1988).
- 2) „Karta nebo jiná forma zprávy, kterou odběratel žádá dodavatele o materiál, výrobek, práci apod.“ (Kanban, 2018).
- 3) „Systém založený na zavedení vztahu „dodavatel-zákazník“ do výrobního procesu. Každý výrobní stupeň nebo pracoviště je zákazníkem, který předává své požadavky na polotovary nebo suroviny předchozímu pracovišti a stejně tak dodavatelem pro pracoviště následující, jehož požadavky plní“.

### 2.1 Princip kanbanu

Systém řízení Kanban je založen na principu Pull. Výroba a montáž je v tomto systému rozdělena do cyklů s vlastní regulací. Klíčovou veličinou je zde velikost zásoby materiálu na jednotlivých místech potřeby. To znamená, že tak jak je materiál odebírán ze zásobníků na jednotlivých místech potřeby, tak je i obstaráván, vyráběn či expedován.

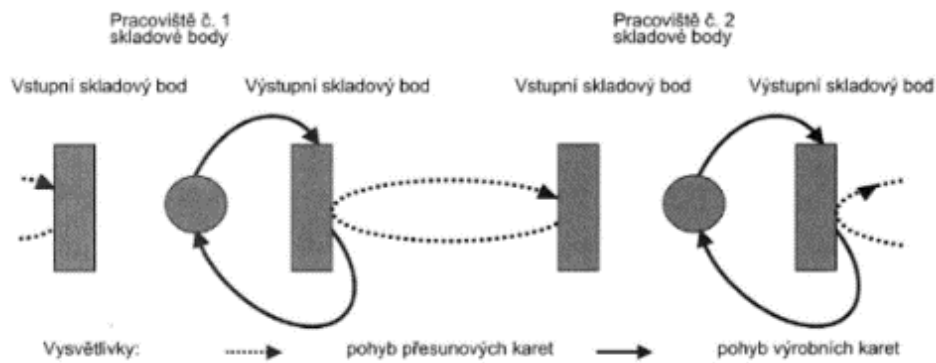
Tento systém se velmi osvědčil pro ty položky dodávek, které se používají opakovaně. Vychází z následujících principů (Sixta, a další, 2005):

- 1) Fungují zde tzv. samořídící regulační okruhy (dodávající a odebírající),
- 2) objednacím množstvím zde je obsah jednoho přepravního prostředku,
- 3) dodavatel (dodávající) zde ručí za kvalitu a odběratel (odebírající) má povinnost objednávku vždy převzít,
- 4) kapacity dodavatele a odběratele jsou vyvážené a jejich činnosti jsou synchronizovány,
- 5) spotřeba materiálu je rovnoměrná,
- 6) dodavatel ani odběratel nevytváří žádné zásoby.

Vhodným použitím této logistické metody je velkosériová výroba, s ustáleným prodejem, kde se nachází jednosměrný tok materiálu a kde nedochází k velkým změnám požadavků na finální výrobu.

Materiálové a informační toky probíhají v následujících krocích (Sixta, a další, 2005).

- 1) Odběratel odešle dodavateli prázdný přepravní obal spolu s jedním kusem výrobní průvodky (1ks kan nebo kanban karty). Kanbanová karta zde plní stejnou funkci jako objednávka v dodavatelském řetězci.
- 2) Dodání prázdného přepravního obalu k dodavateli (pracoviště nebo sklad) je důvodem k zahájení výroby příslušné dávky. Dodavatel může začít plnit prázdný obal, až obdrží kanbanovou kartu.
- 3) Přepravní obal je naplněn právě tehdy, když je celá dávka do něho přesunuta. Obal musí být naplněn správným množstvím materiálu a řádně označen štítkem a odeslán zpět k odběrateli.
- 4) Odběratel je povinen dodanou dávku vždy převzít a zkontrolovat.



Zdroj: Logistika teorie a praxe, Sixta, Mačát, s. 242

**Obr. 9 Systém kanbanových karet**

Mezi výhody systému Kanban oproti alternativním systémům patří:

- 1) Snížení zásob a snížení nákladů, souvisejících s držetím zásob.
- 2) Zdokonalení toku materiálu (One piece flow).
- 3) Předchází nadprodukcí, která je hlavním zdrojem plýtvání.
- 4) Alokuje řízení na operační úrovni.
- 5) Rychlejší a dokonalejší schopnost reakce na změny v poptávce (optimalizuje výrobní kapacitu).
- 6) Minimalizuje riziko neprodejných zásob (zastaralého zboží).

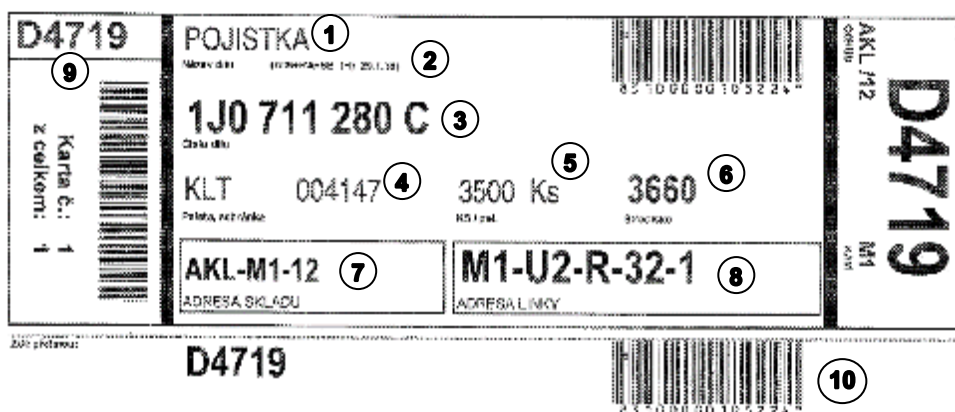
Kanbanová karta má funkci nosiče informací.

Průvodky systému Kanban mají následující vlastnosti (Sixta, a další, 2005):

- 1) Barevná odlišenost (rozlišení, zda jde o výrobní nebo přepravní průvodku),
- 2) vydávány útvarem operativního řízení,
- 3) dispečerský doklad o průběhu výroby,
- 4) obsahují název, číslo a čárový kód materiálu, který reprezentují,
- 5) vyznačeny další vlastnosti materiálu (rozměry, hmotnost, počet ks atd.),
- 6) identifikační číslo průvodky,
- 5) název dodavatele a odběratele.

Na následujícím obrázku (Obr. 10) je zobrazena průvodka kanbanové karty, která se využívá ve společnosti ŠA. Níže je vypsán seznam informací, které společnost využívá pro identifikaci materiálu v rámci Kanbanu (Sixta, a další, 2005):

- 1) Název dílu,
- 2) použití dílu,
- 3) číslo dílu,
- 4) typ přepravního obalu,
- 5) množství kusů dílu v přepravním obalu,
- 6) odpisové středisko,
- 7) (odběratelská) adresa ve skladu,
- 8) (dodací) adresa na montážní lince,
- 9) kanbanové číslo,
- 10) čárový kód skladového systému Ineas.



Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

**Obr. 10 Průvodka kanbanové karty, která se využívá ve společnosti ŠA.**

Metoda řízení toku materiálu Kanban se dělí na několik druhů (Methodenbaustein Kanban, Volkswagen Wolfsburg, 2012):

- 1) **Kartičkový kanban**, který je založen na klasickém pojetí kanbanu. Na jednu kanbanovou kartu připadá jedna objednávka jednoho materiálu.

- 2) **Signální kanban** je nejjednodušší formou samořídícího systému. Materiál je ze skladu odvolán až v okamžiku přijetí signálu, který značí, že materiál byl spotřebován. Tento signál je viditelný pro dodavatelské procesy a je spouštěčem následných dodávek nebo postprodukce. Jako signál slouží barevné značení, praporky nebo světla.
- 3) **Zásobníkový kanban**. V tomto řídicím systému se nachází zásobníky, které jsou přímo přiřazené toku materiálu. Prázdný zásobník signalizuje spotřebu materiálu a následně je požadováno jeho doplnění, to znamená, že vznikají následné dodávky nebo postprodukce. Velikost zásobníků je závislá na době spotřeby a době doplnění materiálu.
- 4) **eKanban**. V tomto případě je signál pro opětovné objednání přenášen elektronicky. Toho je dosaženo buď použitím čteček čárových kódů, spouštěním elektronických automatizovaných mechanismů nebo použitím RFID čipů. Výhody eKanbanu spočívají v rychlém přenosu informací, a to i na velké vzdálenosti, kdy je spotřeba materiálu viditelná prostřednictvím elektronického zpracování dat (EDV).

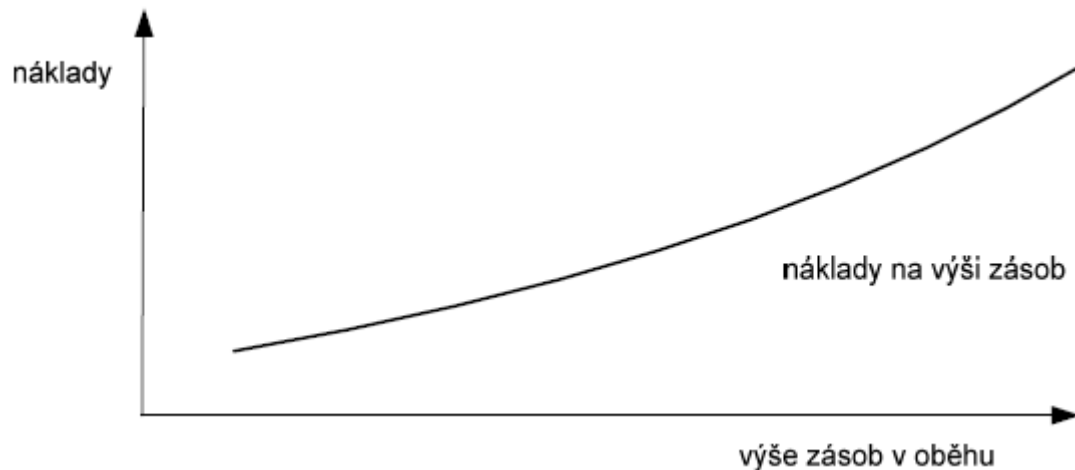
## 2.2 Hodnocení výkonnosti kanbanu

Vzhledem k potřebě porovnání jednotlivých řešení systému řízení Kanban, je nutné si stanovit hodnotící kritéria, podle kterých bude možné konkrétní řešení porovnat, vyhodnotit nebo se podle těchto kritérií i rozhodnout, která varianta bude pro podnik nejvhodnější. Mezi hlavní faktory patří množství zásob v kanbanovém okruhu a spolehlivost dodání materiálu:

### 1) Náklady na zásoby v oběhu

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





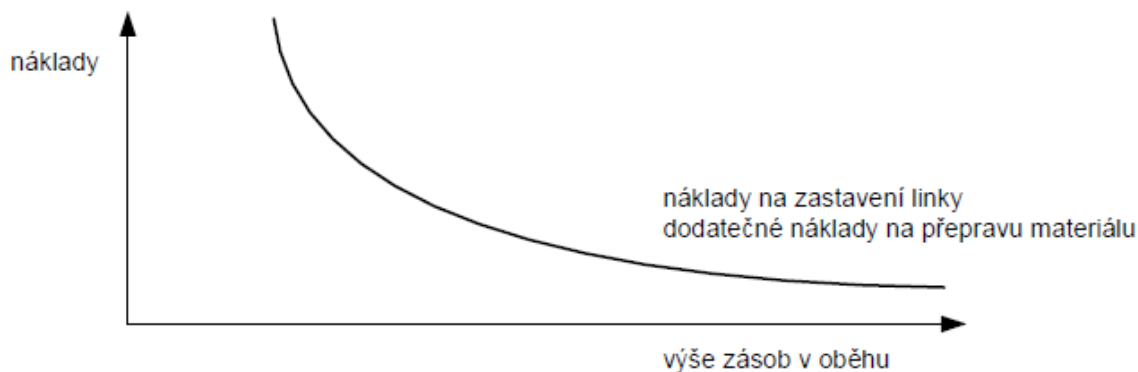
Zdroj: Logistika pro ekonomy, Jirsák, 2012

**Obr. 11 Náklady na zásoby v kanbanovém okruhu**

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

2) Náklady nepřímo úměrné výši zásob

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

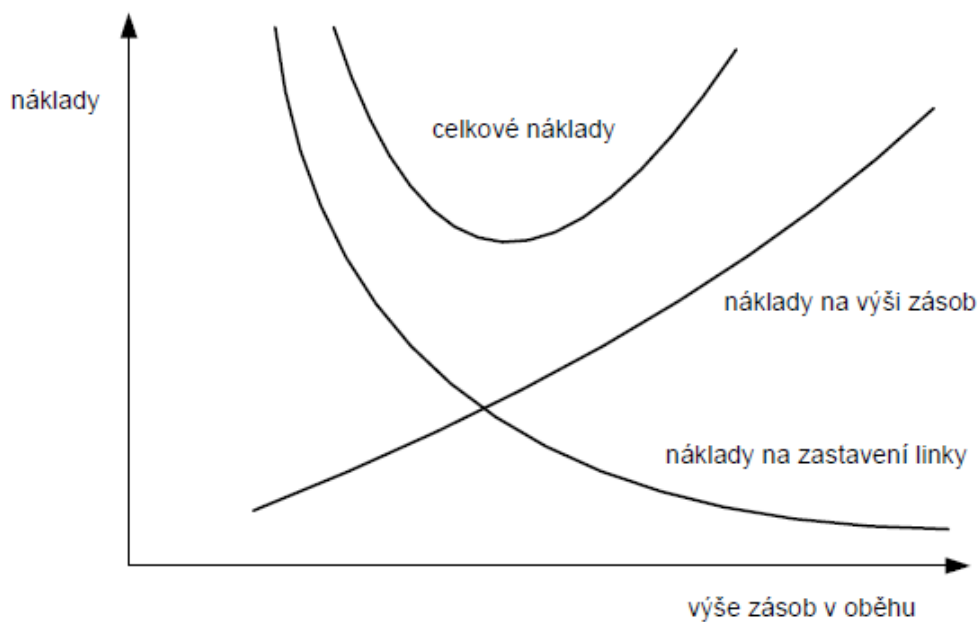


Zdroj: Logistika pro ekonomy, Jirsák, 2012

**Obr. 12 Náklady nepřímo úměrné výši zásob**

### 3) Celkové náklady v závislosti na výši zásob

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



Zdroj: Logistika pro ekonomy, Jirsák, 2012

**Obr. 13 Celkové náklady v závislosti na výši zásob**

### 3 Analýza současného stavu

Společnost ŠKODA AUTO a.s. (dále jen ŠA) je jednou z nejúspěšnějších a nejrychleji se rozvíjejících společností ve svém oboru, zároveň je i největší firmou v České republice. Sídlo ŠA se nachází v Mladé Boleslavi, kde se i vyrábí jak modely vozů ŠKODA, tak i vozy SEAT. Společnost ŠA má měla v roce 2017 31626 zaměstnanců. Toto číslo neustále roste, neboť s růstem poptávky dochází k navyšování výrobních kapacity a najímání nových zaměstnanců (ŠKODA AUTO a.s. Výroční zpráva 2017).

ŠA byla založena v roce 1895 Václavem Laurinem a Václavem Klementem. Společnost se nejdříve zaměřovala na výrobu jízdních kol, od kterých postupně přešla k výrobě vozů. Spolu se změnou typu výroby se měnil i název společnosti, a to většinou ze strategických důvodů. ŠA za svou dobu existence prošla několika důležitými milníky, mezi které patří například spojení se ŠKODA Plzeň. K tomuto spojení došlo v roce 1926, ke spojení s koncernem Volkswagen došlo v roce 1991 (ŠKODA Storyboard).

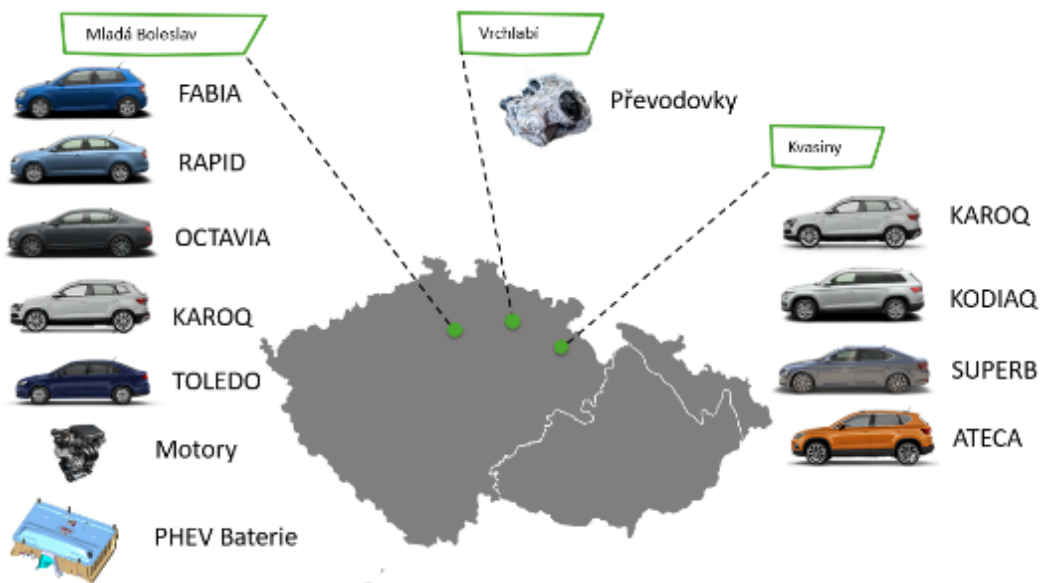
Společnost ŠA vyrábí své vozy a komponenty jak v České republice, tak i po celém světě. Využívá k tomu vlastní výrobní závody i závody koncernové, především značky Volkswagen. Vozy jsou vyráběny na Slovensku, na Ukrajině, v Rusku, v Číně, v Indii, dále pak i v Alžírsku a nově i v Německu (Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.). V roce 2017 bylo dodáno zákazníkům celkem 1 200 535 vozů ŠKODA. Provozní výsledek hospodaření v tomto období dosáhl hodnoty 40,5 miliardy korun českých, což odpovídá meziročnímu zvýšení o 31,2 %.



Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

**Obr. 14 Výrobní místa ŠKODA AUTO a.s. ve světě**

Na obrázku 15 je znázorněn přehled vozů, které ŠA vyrábí v České republice. V domácím závodě, v Mladé Boleslavi se FABIA, RAPID, OCTAVIA, KAROQ a dále pak model značky Seat – TOLEDO. Kromě vozů se zde vyrábí i motory a PHEV baterie pro vozy s elektrickým pohonem. V závodě Vrchlabí se vyrábí převodovky a v závodě Kvasiny KAROQ, KODIAQ, SUPERB a Seat ATECA. Všechny zmíněné modely ŠKODA jsou vyráběny v daných závodech ve všech svých verzích, tzn. jak limuzína, tak i combi. Výjimkou je KODIAQ a KAROQ, které toto rozdělení verzí nemají a dále pak ještě ŠKODA RAPID, ten je vyráběn ve verzi limuzína a Spaceback.

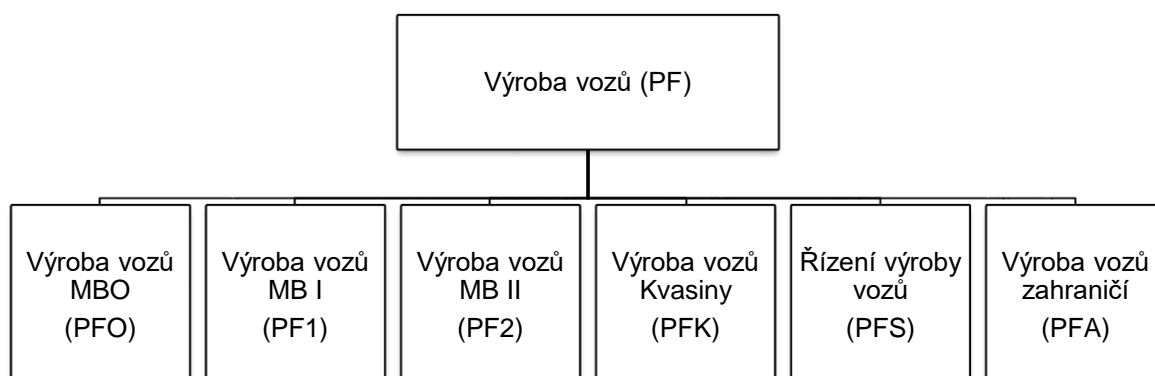


Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

**Obr. 15 Přehled výrobních míst ŠKODA AUTO a.s. v České republice**

### 3.1 Výroba vozů ŠKODA

Výroba vozů patří do oblasti Výroby a logistiky. Tento útvar spravuje, monitoruje, řídí a optimalizuje všechny procesy výroby vozů v lisovnách, svařovnách, lakovnách, montážích a operativní logistice v tuzemských závodech ŠKODA. Rovněž zajišťuje operativní odpovědnost za kvalitu vozů ŠKODA a koncernových vozů, které jsou vyráběny v tuzemských závodech ŠA. V neposlední řadě sem patří i koordinace a podpora výroby vozů ŠKODA ve všech zahraničních závodech. Struktura této oblasti je zobrazena na obrázku 16.



**Obr. 16 Organizační struktura Výroby vozů**

Výroba vozů MBO je oblastí, která zahrnuje lisovny, lakovny, logistiku lakoven a lisoven a vnitrozávodovou dopravu. Lisovna MBO zajišťuje výrobu velkých a středních karosářských výlisků povrchových dílů a lisuje i pevnostní výztuže. Logistika MBO zajišťuje materiálové hospodářství pro provozy lisoven a lakoven.

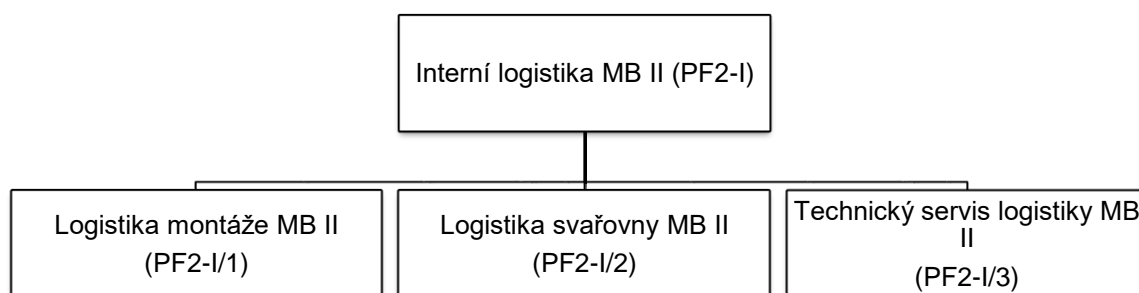
Výroba vozů MB I odpovídá za výrobu modelů vozů OCTAVIA a KAROQ, za dodržení plánu výroby, za kvalitu vozů, za dodržování bezpečnosti práce a ekologie. Výroba vozů MB I zahrnuje útvary svařovna, montáž a logistiky výroby vozů. Svařovna zajišťuje produkci surových karoserií pro vozy OCTAVIA a KAROQ. Montáž je soustředěna na hale M13 a zahrnuje hlavní montážní linku, montáž dveří, kontrolně repasní činnosti, předmontáž agregátu a podvozku, konečná montáž vozu, funkční zkoušky dynamické a statické, vodní test, repase vozu. Logistika výroby vozů zajišťuje efektivní manipulaci s výrobním materiálem v jednotlivých částech závodu, spravuje sklady výrobního materiálu a řídí expedici do pobočných závodů.

Výroba vozů MB II odpovídá za výrobu vozů FABIA, FABIA COMBI, RAPID, RAPID SPACEBACK a SEAT TOLEDO. Další odpovědnost je držena za dodržení plánu výroby, za kvalitu vozů, za dodržování bezpečnosti práce, ekologie. Výroba vozů MB II zahrnuje útvary svařovna, montáž a logistika výroby vozů. Svařovna zajišťuje produkci surových karosérií pro všechny vozy vyráběné na této montážní lince. Montáž je soustředěna na největší hale v Mladoboleslavském závodě, hale M1. Výrobní tok této haly je složen z pracovišť kompletace agregátu, předmontáž dveří, kontrolní a repasní činnost na kontrolních bodech, funkční zkoušky, vodní test a v neposlední řadě i hlavní montážní linka. Interní logistika přijímá materiál na sklad, organizuje dodávky dílů systémem Just In Sequence, zajišťuje expedici, a především zásobuje výrobu materiálem.

### **3.2 Interní logistika MB II**

Logistika montáže MB II a logistika svařovny MB II zajišťují materiálové hospodářství pro výrobu vozu FABIA, RAPID, RAPID SPACEBACK a SEAT TOLEDO na montáži a ve svařovně. Mezi hlavní činnosti těchto útvarů patří příjem materiálu, zásobování výrobních linek, tvorba sekvencí, zásobování JIS, výdej

materiálu na pobočné závody, expedice karoserií.



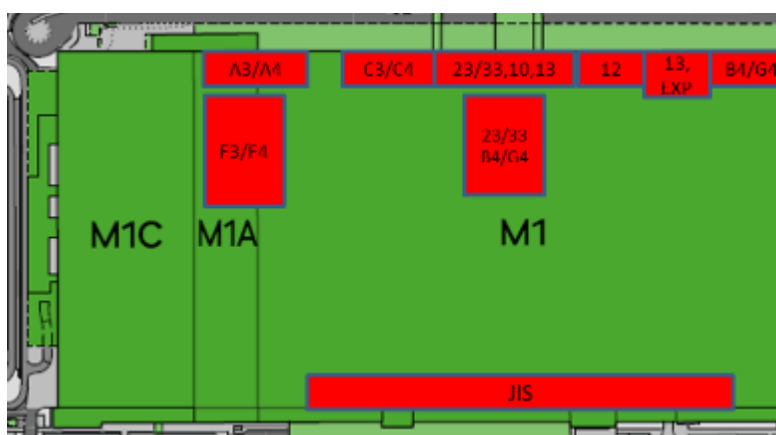
**Obr. 17 Organizační struktura Interní logistiky MB II**

Technický servis logistiky MB II zajišťuje činnosti při náběžích nových projektů a modelů ve svařovně a na montáži, implementuje nové technologie a optimalizuje logistické procesy, dohlíží na provoz a servis automatické manipulační techniky FTS a zajišťuje systémovou podporu materiálového hospodářství.

Ve ŠA se metody kanban používá pro odvolávání materiálu v KLT obalech, který je přepravován ze skladů na hale M1 až přímo na montážní linku. Tato metoda prošla celou řadou změn za dobu, za kterou je na této hale využívána.

### 3.3 Sklady haly M1

Jako každá výrobní hala, tak i hala M1, potažmo interní logistika MB II disponuje sklady přímo na hale. Sklady jsou strategicky rozmístěny tak, aby z nich bylo zavážení materiálu efektivní pro výrobní tok montáže.



Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

**Obr. 18 Layout skladů interní logistiky MB II**

Na obrázku 18 zobrazen layout rozložení skladů interní logistiky MB II. Na tomto obrázku se nachází jak sklady pro GLT, tak pro KLT obaly. Kapacita činí 10 200 GLT a 30 000 KLT obalů. Sklad 12, je jediným KLT skladem na této hale, a proto bude dále použit v této práci jako zdrojový sklad pro rozvoz materiálu. Zajímavostí tohoto skladu je, že jako jediný ze všech zde uvedených, má mezi zaměstnanci společnosti slangový název „stříbrňák“. Toto označení si získal svou konstrukcí, která se skládá z plechů a železných nosníků. Pohyb materiálu v rámci tohoto skladu je zajištěn pracovníky skladu logistiky montáže. Sklad je možné si představit jako několik pater, ve kterých jsou regály s uličkami a podlahou, po kterých se pracovníci pohybují. Pracovníci díly vkládají do KLT na vozících a poté tyto vozíky s díly nakládají do výtahu, který je přepraví do přízemí. Zde jsou KLT naloženy na vozíky rozvozových souprav.

Sklady A3/A4 a 13 jsou ryze GLT sklady, ve skladech C3/C4 se skladují díly, které se přepravují na speciálních vozících, jako jsou například přední a zadní skla. Sklady 10 a 13 jsou sklady s pevnými úložišti, odkud se mimo jiné vozí i CPS díly. Sklady B4/G4 jsou sklady, které disponují supermarketem, odkud se díly zaváží sekvenčně na montážní linku. Ze skladů F3/F4 jsou díly zaváženy rovněž sekvenčně prostřednictvím FTS technologie. JIS oblast na obrázku 18, je označením pro místo příjmu materiálu odvolaného prostřednictvím metody Just In Sequence.

### **3.4 Regálová technika**

Na hale M1 se používají různé druhy regálové techniky. Některé z použitých druhů jsou znázorněny na následujících obrázcích. Na obrázku 19 je zobrazena konstrukce standardního regálu, jehož specifikace je zanesena v Bílé knize vnitropodnikové logistiky. Tato kniha je používá jako zadání při plánování nových závodů koncernu Volkswagen AG (Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.). Na obrázku 20 je zobrazen speciální regál, který se na hale M1 používá mj. na červeném okruhu. Obrázek 21 ukazuje pohled na regál ze strany zásobování, tato strana je důležitá pro logistiku a pro návrh nového řešení, které bude popsáno v kapitole 6.

Regály jsou vybaveny skluzy, skládající se z válečkových drah, které umožňují samovolný pohyb KLT uvnitř regálů. Čelní a zadní strana regálu je označena



na lištách popisky, které značí druh materiálu a dráhu, ve které jsou KLT umístěny. Obvykle tím hlavním identifikátorem pro obě strany bývá číslo dílu, popisky obsahují i další informace. Ty se mohou už lišit, protože pro výrobu jsou relevantní jiné informace než pro logistiku. Logistika má na zadní straně na štítcích vyznačeno kanbanové číslo, metodu odvolávání (např. BMA, pokud je použito automatické odvolávky přes BMA) a počet kusů materiálu v KLT.



Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

**Obr. 19 Konstrukce standardního regálu**



Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

**Obr. 20 Konstrukce speciálního regálu**



Zdroj: Lean Magazin 4.0 [online]

**Obr. 21** Pohled na regál ze strany zásobování, zadní strana (ilustrativní obrázek)

### 3.5 Kanbanové okruhy

Výrobní tok na hale M1 je rozdělen do tří celků:

- hlavní montážní linka
- předmontáž dveří
- montážní linka agregátů

V každém z těchto celků je různá spotřeba materiálů, která není vždy totožná pro jeden nebo více celků. Proto byly založeny rozvozové okruhy pro tyto díly. Na hale M1 se nachází několik typů okruhů, které jsou rozděleny podle typu použitých logistických systémů, jakými je JIS, Kanban nebo sekvence rozvážené bezobslužnými tahači FTS. V následující tabulce 4 je uveden seznam všech kanbanových okruhů pro tuto halu. Názvy okruhů jsou pojmenovány podle základních barev, z důvodu jednoduché identifikace. Barva je jednodušším identifikátorem než značka, symbol nebo konkrétní název. Pakliže je bráno v potaz, že na montážní lince mohou pracovat i cizinci, je tato identifikace snáze pochopitelná a zapamatovatelná i pro ně.

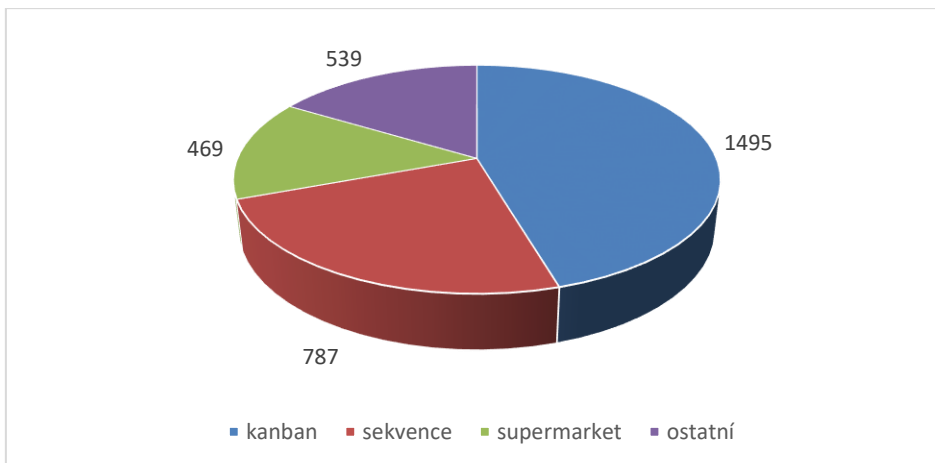
Z tabulky 3 je patrné, že okruhy jsou přibližně stejně velké na počet regálové techniky (sloupec celkem). To ale nemusí být jednoznačný identifikátor, neboť jsou zde umístěny regály různých rozměrů, s různou kapacitou KLT, které mají různou kapacitu dílů. Dále se na těchto okruzích vyskytují díly jak z pevných, tak i z volných úložišť, stejně tak jako díly vychystávané ze skladu nebo ze supermarketů. Počet regálů, ve kterých jsou díly odvolávané kanbanem se nachází ve sloupci kanban.

**Tab. 3 Počet regálů na kanbanových okruzích**

název okruhu	počet regálů		počet dílů	
	celkem	kanban	kanban	CPS
zelený	45	31	319	10
červený	45	35	136	0
černý	43	32	314	19
žlutý	45	34	265	14
růžový	39	21	323	6
modrý	23	12	138	0

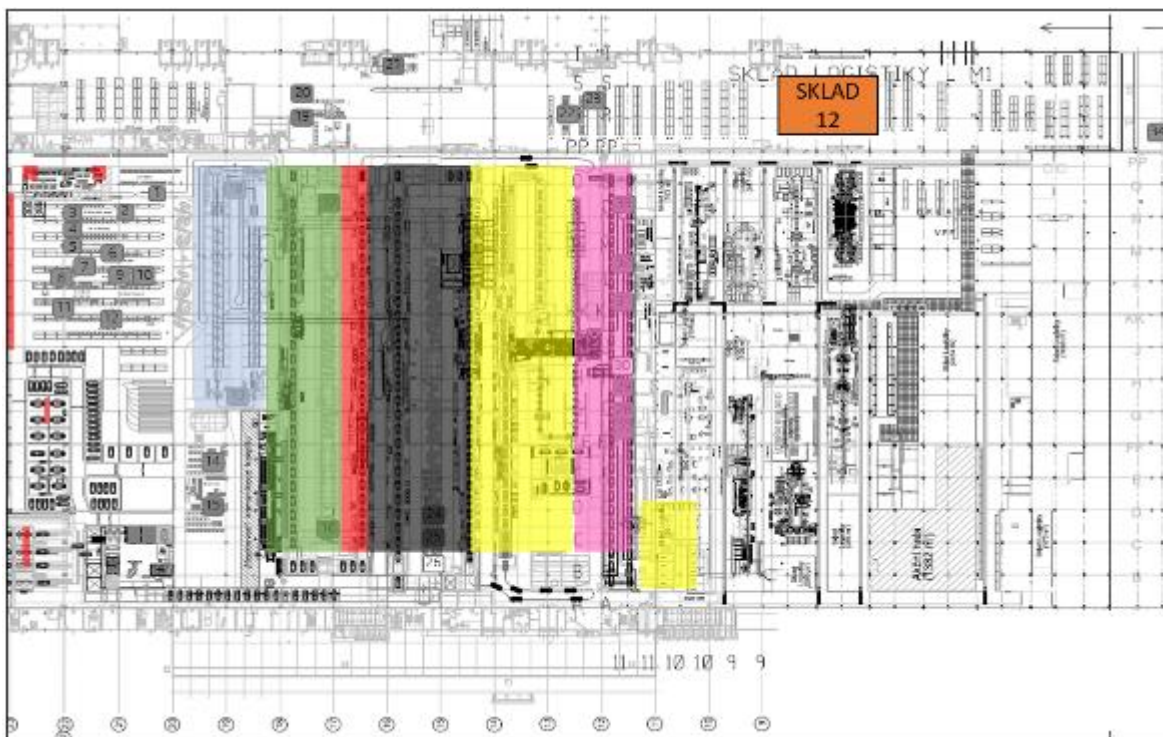
Autor z vlastní zkušenosti může tvrdit, že na červeném okruhu je spousta menších regálů cca pro 2 - 3 díly. To má za následek, že tento okruh vypadá podle počtu regálů jako největší, ale přitom je tím nejmenším podle počtu dílů. Dále je možné si povšimnout, že dílů CPS je pouze 49 ks z celkového počtu 1495 ks. Přesto by bylo vhodné tyto díly uvažovat v novém řešení, tak aby mohlo pokrývat celý kanban.

Celkem je na hale M1 přepravováno 3290 dílů (materiálu). Z toho kanbanem se odvolává téměř polovina, celkem 1495 dílů. Dále je 787 dílů odvoláváno prostřednictvím sekvence (JIS nebo supermarket), 469 pouze přes supermarket a 539 připadá na další způsoby, mezi které patří zavážení materiálu na speciálních vozících, zavážení vysokozdvizným vozíkem buď na paletě, nebo na speciálním přípravku, případně přepravováno prostřednictvím FTS. Dále je z grafu na obrázku 22 vidět, jak velká část dílů byla až donedávna odvolávána analogově. Zároveň je vidět, že by optimalizace odvolávání tak velkého podílu dílů této haly mohla velmi ovlivnit celý systém haly.



**Obr. 22 Díly haly M1 srovnané podle metody odvolávání**

Na obrázku 23 jsou barevně vyznačeny kanbanové okruhy podle jejich reálného rozložení v rámci haly M1. Rovněž je na tomto obrázku vyznačen sklad, ze kterého je materiál rozvážen do jednotlivých okruhů. Společným skladem je sklad 12.



**Obr. 23 Layout haly M1, s vyznačenými kanbanovými okruhy**

Přeprava materiálu na každém z kanbanových okruhů je zajišťována 1 soupravou vyznačenou na obrázku 24, která se skládá z tahače a dvou vozíků. Na prvním vozíku jsou naloženy plné KLT a na druhý vozík se nakládají prázdné KLT. Vpředu na tahači je umístěna schránka na kanbanové karty, do které řidič této soupravy

ukládá nasbírané karty ze svého okruhu, ve skladu podle nich nakládá nový materiál.



Zdroj: Direct industry [online], Wanzl.com [online]

**Obr. 24 Montážní vozík (tahač) Still R06 06 s dvěma vozíky užívaný v logistice montáže ŠA**

### 3.6 Současné řešení

ŠA aktivně využívala celou řadu let klasický kanban, kde se si využívalo kanbanových karet. Tato situace je znázorněna na obrázku 25. Materiál byl manuálně odvoláván pracovníkem výroby, který při spotřebování posledního (posledních) zbývajících KLT od konkrétního materiálu odejmul z přepravního obalu KLT kanbanovou kartu. Kartu následně umístil do skluzu regálu a tím odvolal materiál. Úkolem pracovníka logistiky je tyto karty ze skluzů sbírat a na základě odvolávek přivést materiál zpět na konkrétní místo na montážní lince, které je označováno jako místo potřeby.



Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

**Obr. 25 Schéma metody kanban**

V tabulce 4 je uveden přehled kritérií, podle kterých je materiál odvolávaný kanbanem členěn. Jde jak o obrátkovost, tak o umístění materiálu nebo o použití na místech potřeby. Pomaloobrátkové díly mohou být odvolávány jen několikrát za 24 hodin, rychloobrátkové díly mohou být odvolávány několikrát během jedné hodiny. Poslední kategorií v obrátkovosti jsou díly CPS, které jsou označovány jako velmi rychloobrátkové, zde jsou díly doplňovány nárazově, vždy když jede souprava okolo místa potřeby, bez ohledu na požadavek přes kanbanovou kartu. Patří sem zejména kritické díly, u kterých by v případě včasného nedodání mohlo dojít k zastavení montážní linky. Některé díly jsou vychystávány v supermarketech, jiné se vychystávají přímo ze skladu. Použití spotřeby autor rozdělil a dvě hlavní kategorie, jedinečným místem je takové místo potřeby, které se pro konkrétní materiál (díl) nachází na lince pouze jednou. Duplicitní místo je takové místo potřeby, které se pro konkrétní materiál (díl) nachází na lince více než jednou. Například z technologického hlediska jsou šrouby na více montážních pracovištích. A proto je toto právě tím duplicitním. Toto řešení umělo odvolávat v podstatě materiál podle všech kritérií uvedených v tabulce 4.

**Tab. 4 Přehled druhů materiálu, který je odvoláván kanbanem**

<b>obrátkovost</b>	<b>umístění materiálu</b>	<b>použití v místech potřeby</b>
pomaloobrátkové	supermarket	jedinečné místo
rychloobrátkové	sklad	duplicitní místo
vysoce rychloobrátkové (CPS)		

Vzhledem ke zvyšujícím se požadavkům na výrobu a s ohledem na zavádění nových automatizovaných systémů přišel i požadavek do výroby vozů na hale M1. Záměrem bylo vytvořit systém pro automatické řízení odvolávek KLT dílů kvůli budoucímu nasazení automatizovaného skladu AKL. Na obrázku 31 je zobrazen AKL sklad, který je nyní v provozu v závodě ŠA v Kvasinách.



Zdroj: Logistika.iHNed.cz [online]

***Obr. 25 Automatický sklad AKL v závodě Kvasiny***

V pozadí je regálová technika s kapacitou 47 000 KLT obalů pro menší díly. Celý projekt zahrnuje 12 regálových zakladačů a 4 robotická ramena. Automatizovaný proces začíná už od příjmu materiálu. Materiál je navezen vysokozdvizným vozíkem na dopravník. Z dopravníku si robot přebírá jednotlivé KLT sám pomocí ramene se senzory a kamerou, díky které dokáže rozpoznat mozaiku poskládaných KLT na paletě. Rameno následně přesune KLT na dopravník, po němž jsou přepravovány k automatickým regálovým zakladačům. KLT jsou zakládány podle obrátkovosti dílů a během pracovního klidu jsou navíc přeskupovány do výhodnějších pozic. Využívá se zde princip takzvaného chaotického skladování, takže KLT s jedním typem dílů jsou v jednu chvíli k dispozici na více místech. To je důležité kvůli zajištění bezpečnosti – pokud některý ze zakladačů vypadne, materiál je stále dostupný pomocí dalších. „Zálohují“ se i robotické manipulátory – pokud by vypadly, k dispozici jsou i vstupy uzpůsobené pro manuální práci. Také vyskladnění probíhá automaticky. Zakladač KLT vysune a přeloží na dopravník, po kterém KLT směřuje k výstupu, který zajišťují další dvě robotická ramena. Přepravky přeloží na plošinu, která je automaticky přesune do přistaveného vozíku. Ten už musí obsluha vysunout z celého zařízení ručně a připojit k manipulačnímu vozíku, který je řízen manuálně a který tento materiál rozveze na místo potřeby (Hospodářské noviny, 2017).

V Mladé Boleslavi se plánuje nasadit podobný automatizovaný systém jako je ten v Kvasinách, s tím rozdílem, že tento má mít vyšší kapacitu (Hospodářské noviny, 2017). Aby bylo možné reagovat na tento projekt, je třeba nasadit i automatizovaný systém pro řízení odvolávek. Proto se ŠA rozhodla modernizovat stávající kanban. Elektronizací nebo automatizací této metody by společnost dosáhla stavu, od kterého by bylo možné používat autonomní a automatizované systémy řízení. Tím by bylo zajištěno nejen přizpůsobení na projekt AKL, ale i na další budoucí výzvy jako je například Industry 4.0.

Odpovědí bylo nasazení systému BMA, který byl původně vyvinut v mateřské společnosti Volkswagen AG, v Německu. Jak napovídá obrázek 26, název BMA pochází z němčiny, a to ze slov Bedarfsorientierter Materialabruf, což v překladu znamená „odvolávka materiálu podle místa potřeby“. Tento systém je založen na matematické nerovnici, podle které je materiál automaticky odvoláván. Dále tento systém čerpá informace z dalších výrobních systémů jako je například CarRFID nebo FIS.



## **Bedarfsorientierter MaterialAbruf**

Zdroj: Interní materiály Volkswagen AG

### ***Obr. 26 Logo systému BMA***

Dva výše zmíněné systémy slouží k identifikaci vozu ve výrobním toku. V systému FIS (systém pro sledování fází zhotovení vozu) je uložen seznam bodů, na kterých jsou díly montovány do vozů. Jedinečnost každého vozu je odlišena prostřednictvím identifikátoru KNR (unikátní identifikační číslo vozu ve výrobě). Tak jak vůz prochází výrobní linkou, tak systém CarRFID získává informace ze systému FIS. Mezi tyto informace patří kompletní popis vozu z evidenčního bodu M100. Do tohoto popisu patří třináctimístný KNR, VIN, sekvenční číslo, sorty pro plničky EU, PA a pro seřízení geometrie GO, modelový klíč a sekvenční číslo zápisu (Musil, 2016).

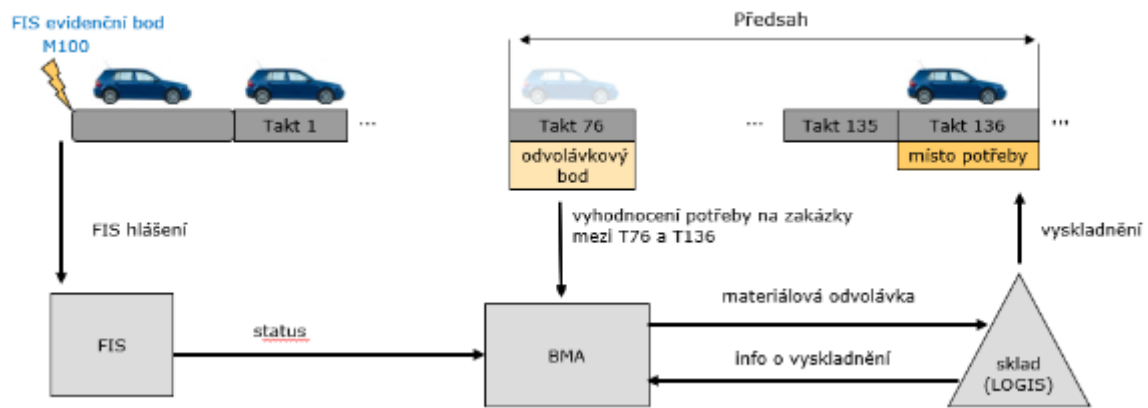


System BMA tyto informace zohledňuje při svých výpočtech, avšak důležitým ukazatelem je pro něho i následující vzorec (1).

$$\text{stav} + \text{objednáno} < \text{potřeba} + \text{rezerva} \quad (1)$$

Pojmem „Stav“ je v nerovnici myšlen aktuální stav (počet) dílů na místě potřeby, pod pojmem objednáno se skrývá počet dílů, který je aktuálně odvolán. Tento počet se může lišit podle použitého KLT obalu a také podle velikosti dílu. Na levé straně veličina „Potřeba“ vyjadřuje počet dílů, který se jednou denně nahrává z kusovníku. „Potřeba“ představuje množství dílů potřebných na pokrytí zakázek nacházejících se právě mezi místem potřeby a odvolávkovým bodem. Množství materiálu v procesu (tj. jeho jistotu) lze navýšit pomocí hodnoty „Rezerva“. Dále je možné právě prostřednictvím této hodnoty regulovat rychlost generování odvolávek. Při výdeji materiálu ze skladu na místo potřeby je odvolávka vykryta a množství kusů v „Objednáno“ přejde do „Stavu“ (skokově se navýší Stav). V případě, že je splněna nerovnost, tedy že levá strana nerovnice je menší než pravá, dochází k vytvoření automatické odvolávky, která skokově navýší hodnotu „Objednáno“.

Obrázek 27 popisuje princip funkce systému BMA v podmínkách ŠA. Jak již bylo zmíněno, jak karoserie projíždí výrobou, tak je zaznamenávána informace na evidenčních bodech. Zde je uveden právě bod M100, protože označuje vstup karoserie na montážní linku. Ze systému FIS je toto hlášení přeneseno do BMA. Dále je nutné vysvětlit pojem Předsah. Předsah je doba nutná k zajištění materiálu ze skladu na linku (např. 60 min). Podle obrázku 27 zde dochází k odvolání materiálu z Taktu 136 v okamžiku, kdy se vůz nachází na Taktu 76. Jakmile BMA ten požadavek obdrží, dosadí aktuální hodnoty veličin stav, potřeba a rezerva do rovnice a pokud dojde ke splnění nerovnosti, dojde k vygenerování automatické odvolávky. System BMA dále předá odvolávku systému LOGIS a v okamžiku, kdy dojde k vyskladnění materiálu, LOGIS pošle informaci o vyskladnění zpět do BMA. BMA poté skokově navýší stav materiálu, jak již bylo popsáno.



Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

**Obr. 27 Schéma systému BMA v podmínkách ŠA**

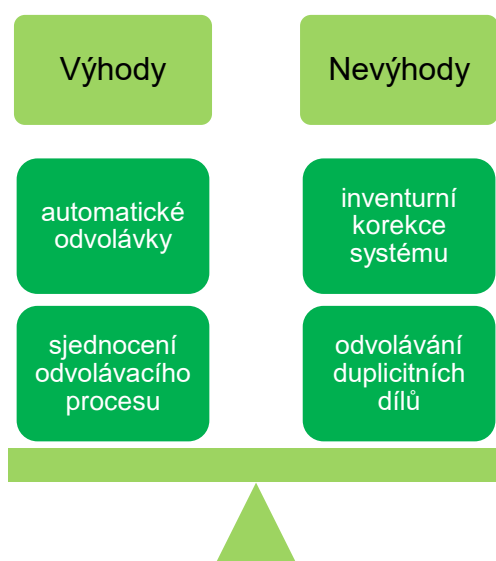
Obrázek 28 shrnuje nevýhody kanbanu před zavedením systému BMA. Jedná se období, kdy se používaly fyzické kanbanové karty. Nevýhody jsou rozděleny do třech hlavních kategorií. Manuální odvolávání materiálu není udržitelné v souvislosti s nasazením nových automatizovaných technologií, jako například AKL. Dalšími nevýhodami dřívějšího stavu, byla nastavená metodika odvolávání podle aktuálního stavu zásob na místě potřeby, bez možnosti predikce budoucí spotřeby.



**Obr. 28 Souhrn nevýhod kanbanu před zavedením BMA**

Na obrázku 29 je uveden výčet výhod a nevýhod systému BMA. Mezi výhody patří automatické odvolávky, které se sice generují na základě informací ze systémů FIS a CarRFID, ale na druhou stranu systém vyžaduje neustálý dohled alespoň 1

pracovníka na směnu, který provádí pravidelné inventurní korekce systému. Další uvedenou výhodou je sjednocení odvolávacího procesu pro použití s AKL. Na opačné straně se nachází díly, které BMA neumí odvolávat, jako jsou například duplicitní díly. Systém každý díl vidí pouze jednou a nedokáže jednomu dílu přiřadit více míst potřeby. Podobně neumí BMA odvolávat díly, které jsou dodávány v jiném než kusovém množství. Například různé lepicí fólie a lepicí štítky jsou dodávány v rolích. V takovéto situaci se zvažují alternativní elektronické metody odvolávání materiálu.



**Obr. 29** Souhrn výhod a nevýhod systému BMA

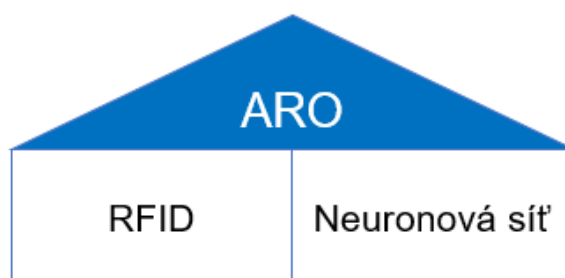
## 4 Systém ARO

Aplikace systému ARO je odpovědí na současné nedostatky systémů řídicích automatické odvolávky materiálu. Tento systém sjednocuje odvolávání různých druhů materiálu. Řešení vychází ze současného řešení, přihlíží k použití kanbanových karet a vzhlíží k novým trendům odvětví a novým výzvám jak výroby, logistiky, tak i vývoje trhu. Název ARO vznikl jako zkratka pro Automatické RFID odvolávky.



*Obr. 30 Logo systému ARO*

Cílem je navrhnout takové řešení, které bude optimalizovat stávající stav při zachování automatických odvolávek. Toto řešení bude sledovat a řídit materiálový tok, a podle něho bude automaticky odvolávat materiál, v případě závady rozvozové soupravy, nebo zastavení linky či změně výrobního toku se systém automaticky ihned přizpůsobí dané konkrétní situaci. Systém bude fungovat automatizovaně a díky tomu nebude nutný neustálý dohled systémových pracovníků. Tím dojde k úspoře pracovních míst



*Obr. 31 Schéma použitých technologií pro nové řešení*

Autor navrhované řešení rozděluje do dvou rovin (viz Obr. 31), na hardwarovou a softwarovou. Hardwarová rovina je postavena na technologii RFID, která bude generovat data na základě toho, jak bude materiál přepravován ze skladu do místa potřeby, až po jeho spotřebování. Technologie RFID pošle všechny tyto informace

jak do podnikového informačního systému, kterým může být například SAP, tak i neuronové síti. Tím se dostáváme ke druhé rovině, a tou je ta softwarová, která automaticky odvolává materiál, dohlíží na materiálový tok, a především pružně reaguje na změny ve výrobním toku nebo na náhlé výpadky či na poruchy soupravy a prostoje montážní linky. Tento druh technologie je postaven na učícím se algoritmu, který na základě historických dat tvoří model řízení odvolávek. Nasbíraná data z RFID vyhodnotí a vytvoří odvolávku. Neuronová síť se neustále učí a sama zdokonaluje, díky své rozsáhlosti dokáže chápat souvislosti a stavy, které člověk vidět nemusí. Zároveň tento druh sítí tvoří velmi komplikované matematické a statistické výpočty, které nejsou navenek vidět, ale ve výsledku je dosaženo významného zlepšení procesů. Na základě toho se občas objevují hypotézy, které říkají, že neuronové sítě dokáží zabránit chybovým stavům před okamžikem, kdy by mohly nastat. Mnohé zdroje zde hovoří o predikci budoucího vývoje dané události nebo procesu.

Nové řešení je aplikovatelné jak na stávající stav výrobních systémů, tak i na ten budoucí. Systém SAP byl v předchozím odstavci zmíněn ve vztahu k vizi společnosti ŠA, a tou je propojení oblasti Výroby a logistiky s dalšími oblastmi společnosti, které již na tomto systému „jedou“. Firma tento systém již několik let používá v jiných oblastech, jako jsou například Finance, Prodej a marketing nebo Řízení lidských zdrojů. Autor se domnívá, že spojením výroby s ostatními oblastmi společnosti by došlo k vytvoření synergického efektu. Ten by přinesl jednodušší a rychlejší mezi systémovou komunikaci a jednodušší předávání informací napříč všemi IT systémy. Výhodou by bylo, že by firma nemusela využívat celou řadu rozhraní ke komunikaci mezi systémy, ale jednalo by se o jeden velký systém. Databázová aplikace SAP je neustále se vyvíjející systém, který má obrovskou uživatelskou i programátorskou základnu po celém světě. Díky zajištění budoucího vývoje je zajištěna i udržitelnost, podpora a kompatibilita jednotlivých modulů této aplikace s novějšími verzemi. Další výhodou je zde úspora za investici do tohoto systému, protože ho firma již využívá, musela by investovat jen do některých modulů, nikoliv do celé platformy.

Vzhledem k tomu, že je nové řešení odvislé od typu použitého informačního systému, je možné ho nasadit jak dnes, tak i v budoucnosti. Abychom ho mohli nasadit, je nutné, aby současný kanban prošel řadou úprav a vylepšení. Mezi tyto

úpravy patří úprava obalů, dovybavení skladů a regálové techniky technologií RFID a dále pak samotná instalace a zprovoznění neuronové sítě v IT prostředí ŠKODA. Na straně druhé není třeba upravovat přepravní soupravy (tahač s vozíky). Dokonce je teoreticky možné použít jakoukoliv přepravní soupravu, třeba i stávající bezobslužný systém FTS. Použití FTS by však bylo nutné odděleně zanalyzovat. Vzhledem k tomu, že dnes rozvoz materiálu odvolaný prostřednictvím kanbanu zajišťují pracovníci logistiky montáže, bude autor i dále s touto variantou ve svém návrhu počítat.



**Obr. 32** Layout haly M1, s vyznačenými kanbanovými okruhy

Vzhledem ke vzdálenosti mezi kanbanovým okruhem a skladem 12 zvolil autor růžový okruh. Tento okruh se dle layoutu haly (Obr. 32) nachází nejbliž sklada a zároveň je tento okruh celistvý, tzn., že místa potřeby nejsou rozmístěna po celé hale. Okruh je vhodný i svou velikostí pro pilotní provoz. Vzhledem k tomu, že je tento okruh největší a zároveň ostatní okruhy mají podobný počet dílů, budou výsledky tohoto okruhu uplatnitelné i na ty zbývající. Dalším hlediskem je infrastruktura kabeláže, která je na tomto okruhu rovněž instalována pro jiné logistické systémy, které jsou napojeny na servery. V neposlední řadě je tato část montážní linky zasíťována technologií CarRFID, která by se v budoucnu mohla

k tomuto řešení připojit a tím zpřesnit údaje o karosériích, které by byly předávány neuronové síti.

#### 4.1 Návrh obalu

Obaly KLT zůstanou zachovány ve formě, v jaké se dnes využívají. Kvůli nutnosti sledovat jednotlivé KLT s materiálem je nutné, aby bylo možné tento obal identifikovat pomocí RFID technologie. K tomu slouží smart-label, který bude na KLT nalepen. Smart-label z vnější strany obsahuje informace čitelné pro lidi a z vnitřní strany obsahuje RFID tag čitelný pro RFID čtečky. Štítek ponese podobné informace, tak jako je dnes nese BMA závěska, která je vyobrazena na obrázku 33.



Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

**Obr. 33 BMA závěska (přední strana)**

#### 4.2 Sklad 12

Brána do skladu bude dovybavena stacionární RFID čtečkou, jejíž vizualizaci je možné vidět na obrázku 34. Při průjezdu naložené soupravy bránou, se ihned načtou všechny štítky od naložených KLT obalů s materiálem. V systému dojde k záznamu informace, že materiál opustil sklad a nachází se v transportu na linku.



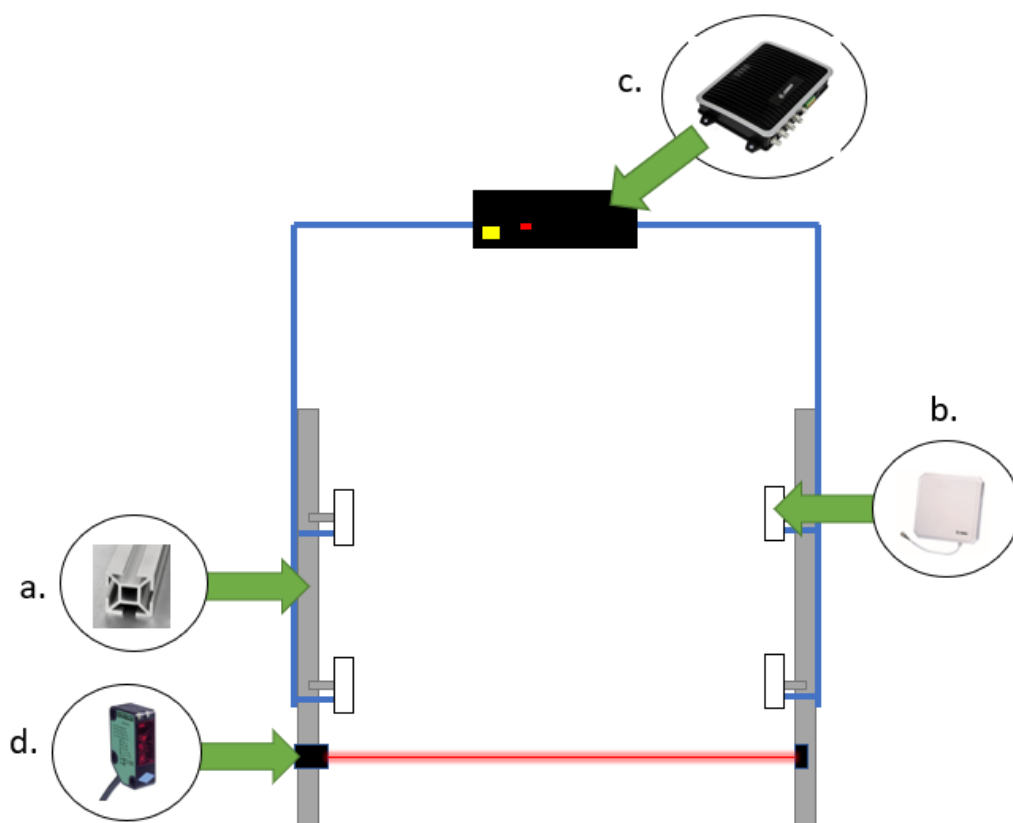
Zdroj: JaP Jacina [online]

**Obr. 34 Vizualizace stacionární RFID čtečky u vjezdu do skladu (ilustrativní obrázek)**

Na tomtéž obrázku je možné vidět orientační obrazovku pro pracovníky skladu, na které se zobrazují odvolávky. Odvolávky jsou řazeny neuronovou sítí podle času vytvoření odvolávky, a jsou přeřazeny v případě prioritního odvolání materiálu. Pracovníci skladu díky tomuto přehledu vidí, pro které odvolávky mají vychystat materiál.

Na obrázku 35 se nachází konkrétní vizualizace RFID stacionární čtečky (brány). Konstrukce (bod a.) by byla zhotovena z hliníkových profilů. Tato brána by nesla 4 ks RFID antény (bod b.), z toho dvě na každé straně a v různé výšce. Důvodem je horizontální a vertikální pokrytí signálu celé soupravy. Antény jsou s fixní čtečkou (bod c.) spojeny kabelem, čtečka načtené informace posílá do databáze systému SAP. V neposlední řadě je brána vybavena optickou závorou, aby bylo možné určit směr jízdy soupravy (jízda do/ze skladu). To je důležité proto, aby nedošlo k duplicitnímu odeslání jedné odvolávky. Zabránilo by se tak řešení problémů při různých nouzových situacích, kdy by souprava byla nucena přes bránu projet vícekrát.





**Obr. 35 Vizualizace stacionární RFID čtečky**

Toto dovybavení pomůže pracovníkům skladu k jednodušší orientaci ve vychystávání odvolávek. Dále dojde ke zpřehlednění vychystaných a čekajících požadavků na materiál. Díky tomuto řešení bude materiál sledován automaticky a k placení za odvolávku dojde až v okamžiku dodání materiálu na místo potřeby na montážní lince. Z tohoto důvodu nebudou muset pracovníci skladu tyto odvolávky ručně platit přes počítač ve skladu, jako tomu bylo do doby před zavedením systému BMA. Ke zjednodušení pracovních úkonů dochází i u řidičů souprav, kteří po příjezdu do skladu jen zapojí vozíky s vychystaným materiálem a na místě potřeby jej vyloží a naloží prázdné obaly.

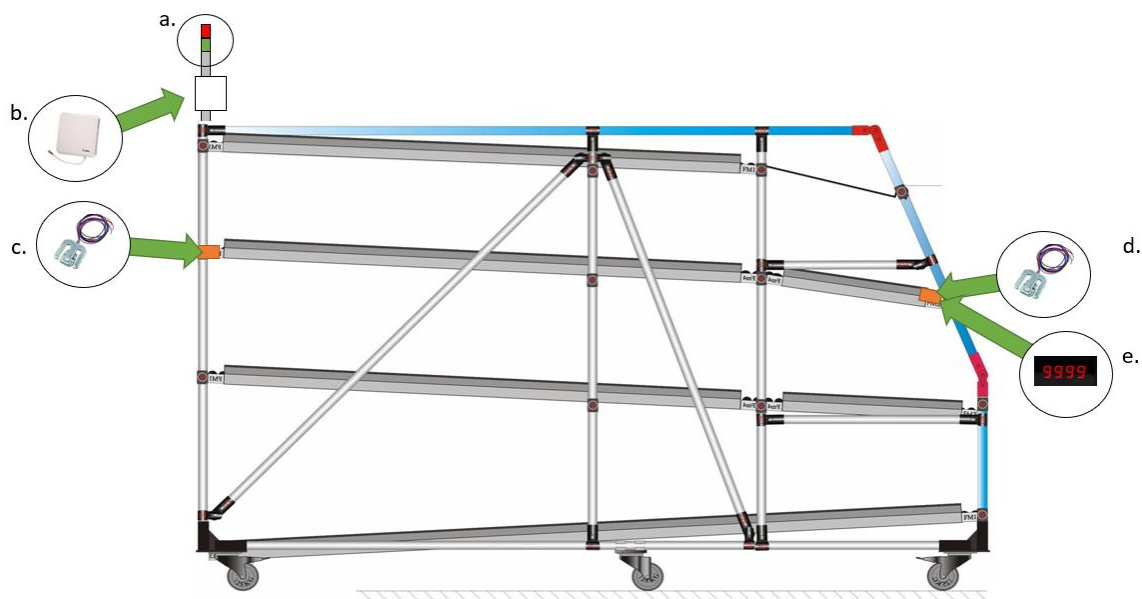
### **4.3 Regálová technika**

Regálová technika bude upravena dle vizualizace na obrázku 36. Jedná se o dovybavení regálu 1 ks semaforu, 1 ks RFID anténou a dále na každý skluz 2 ks hmotnostních čidel a 1 ks počítadla. Současné technické řešení umožňuje připojit až 8 regálů (antén) k jedné fixní čtečce, to znamená, že pro celý růžový okruh

bude využito 5 ks takových čteček. Detailní popis použité techniky je popsán v tabulce 6, v kapitole 7.

Z levé části regálu pracovníci logistiky dodávají materiál, z pravé části je materiál odebírán pracovníky výroby. Každý regál bude vybaven signalizačním zařízením ve formě semaforu (bod a.), kde zelená barva signalizuje stav OK a červená barva NOK. Při vložení KLT do skluzu dojde k načtení a následné identifikaci materiálu prostřednictvím antény (bod b.) a zároveň hmotnostní čidlo (bod c.) zváží KLT s materiálem. Informace jsou z antény přeneseny do fixní čtečky, která tyto údaje předá neuronové síti. Síť vyhodnotí, zda je KLT dodáno na správné místo potřeby a zda je KLT s materiálem plné. Pokud jsou tyto podmínky splněny, rozsvítí se zelené světlo na semaforu a dojde k zaplacení za materiál. Neuronová síť dále vypočítá, kolik kusů KLT je ve skluzu a přenesení tento údaj do počítačového systému, který je umístěn na druhé straně skluzu. Počítačový systém (bod e.) odpočítává počet zbývajících KLT podle toho, jak je materiál spotřebováván. Hmotnostní čidlo (bod d.) je rovněž umístěno na stejné straně jako počítačový systém, z důvodu zjištění stavu zbývajících materiálu v posledním KLT. Pokud se ve skluzu nachází poslední KLT, které není zcela plné, neuronová síť vygeneruje odvolávku. Systém je nastavitelný z hlediska definování parametrů, kdy má být materiál odvolán. Lze nastavit počet a stav zaplnění KLT, při kterém bude materiál odvolán na linku.

Díky těmto čidlům pracovníci výroby nebudou muset odvolávat materiál a tím pádem se budou moci plně spolehnout na logistiku montáže. Pracovníci logistiky nebudou muset sbírat kanbanové karty a zároveň budou upozorňováni systémem v případě chybného dodání materiálu. Toto řešení přináší zjednodušení práce pro pracovníky výroby a logistiky. Nasazení této technologie nezasáhne do způsobu provádění současných pracovních úkonů, a díky tomu by mohlo dojít ke kladnému přijetí pracovníky. Vzhledem k tomu by mohlo dojít rovněž ke zrychlení „rozběhnutí“ pilotní fáze projektu a případnému rozšíření do dalších kanbanových okruhů.



**Obr. 36 Vizualizace regálu na místě potřeby**

#### **4.4 Neuronová síť**

Díky aplikaci RFID technologie dojde k digitalizaci materiálového toku a tím pádem k tvorbě velkého množství dat v reálném čase, které je nutné ihned zpracovat. K tomuto účelu bude sloužit rekurentní neuronová síť. Tato síť bude spuštěna na serveru, který je dostupný pouze v rámci interní výrobní sítě. Neuronová síť bude sledovat tok materiálu, bude sledovat čidla, provádět výpočty a na základě těchto výpočtů odvolávat materiál. Mezi jednu z hlavních výhod této technologie patří aplikace „učících se“ algoritmů, díky kterým si síť vytvoří svůj „model chování“ a tím se přizpůsobí různým podmínkám, které mohou nastat. Díky učení se síť neustále zdokonaluje, tím pádem může sama rozhodovat o řízení odvolávek. Neuronová síť pomůže i v orientaci vychystávání odvolaného materiálu ve skladu. Vzhledem k tomu, že síť zná vzdálenost jednotlivých regálů na kanbanovém okruhu od skladu 12, dokáže řadit odvolávky za sebe tak, aby došlo k vychystání těch odvolávek, které mají nejvyšší prioritu.

Díky použití této technologie dojde k naplnění požadavků společnosti ŠA o automatizaci odvolávkového procesu, tím pádem odpadne manuální proces použití kanbanových karet. Zároveň tato technologie umožní vytvořit přesnou predikci spotřeby materiálu na základě historických a reálných dat. Přidanou hodnotou bude i automatizované rozhodnutí o tom, zda je nutné předpovídat

budoucí spotřebu. Při udělení vyšší úrovně autonomie se neuronová síť sama rozhodne, zda tvořit predikce anebo odvolávat tak efektivně, že predikce nebude potřeba, respektive bude součástí inteligentní (efektivního) řízení odvolávek.

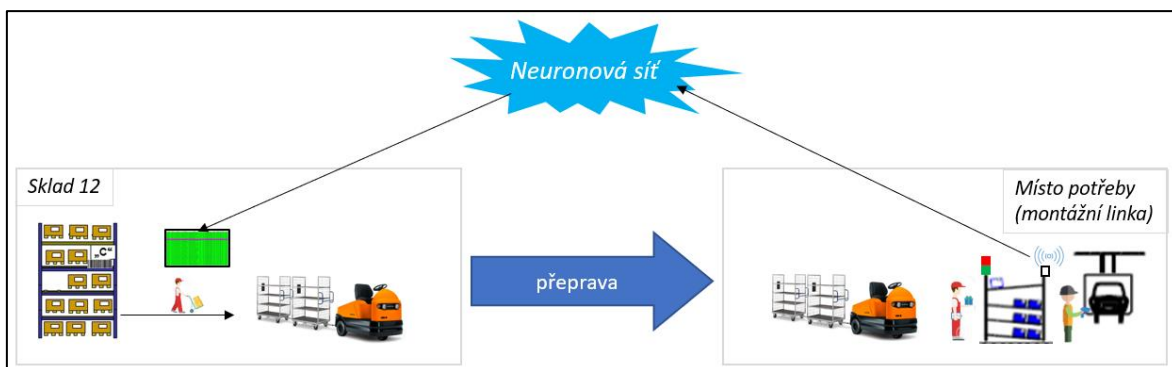
Další výhodou neuronové sítě je rozšiřitelnost na další kanbanové okruhy nebo i na další logistické systémy při zachování stejného IT vybavení a stejné rychlosti reakce. Jako další možné návrhy na doplnění tohoto systému spatřuje autor ve spojení s dalšími výrobními systémy. Příkladem je, že by neuronová síť měla možnost vidět celý výrobní tok karoserie vozu. Pokud by například došlo ke zpoždění v lakovně, věděla by síť na základě předchozích zkušeností, kdy vstoupí karoserie na montážní linku a podle toho by byla schopna si připravit odvolávky na různá místa potřeby napříč celou montážní linkou i několik týdnů dopředu.

Neuronová síť by byla schopná i reportingu v reálném čase, a tak by manažeři měli neustálý a aktuální přehled o odvolaném materiálu, materiálu čekajícím na místě potřeby na montáž do vozů atd.

#### **4.5 Kompletní návrh**

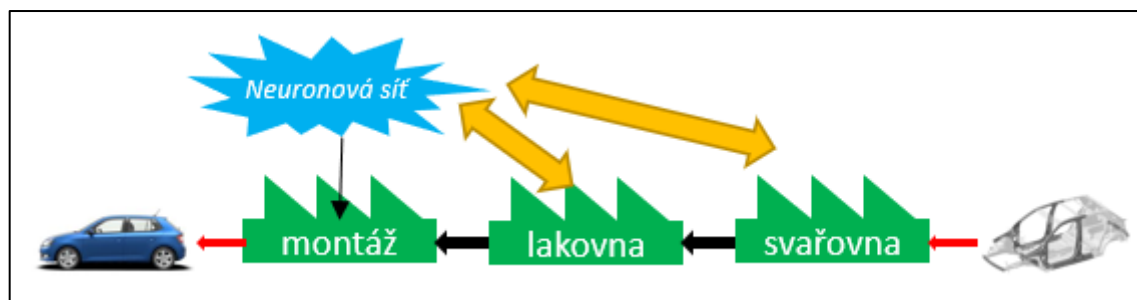
V této kapitole bude prostřednictvím syntézy zobrazeny navrhované prvky v rámci jednoho ucelého systému. Je důležité, aby navrhované řešení fungovalo jako systém, protože potom výsledný efekt celého řešení je větší než součet dílčích efektů.

Na následujícím obrázku je zobrazen celý systém ARO. Celý proces začíná na místě potřeby, kde pracovník výroby spotřebuje materiál. Automaticky je vytvořena odvolávka přes RFID, anténou je tato informace předána neuronové síti. Neuronová síť na základě svých znalostí a informací pošle odvolávku do skladu. Ve skladu pracovníci připraví požadovaný materiál do vozíků pro rozvoz. Souprava s vozíky ten materiál přepraví na montážní linku, kde dojde k potvrzení dodání odvolaného materiálu.



**Obr. 37 Vizualizace systému ARO**

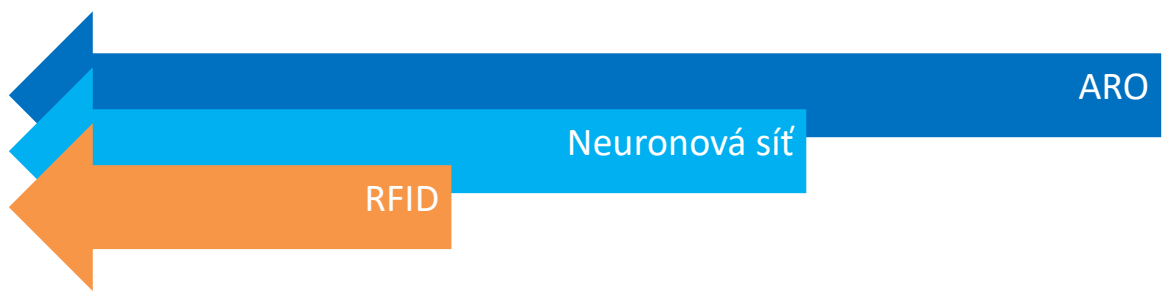
Na následujícím obrázku je uvedeno schéma, které upozorňuje na komunikaci mezi výrobními halami od okamžiku vzniku karoserie ve svařovně až do okamžiku sjetí hotového vozu z montážní linky. Neuronová síť je navržena pro řízení kanbanu v rámci jednoho kanbanového okruhu na jedné montážní lince. Ona ale sleduje informace z celého výrobního toku, díky jiným výrobním systémům. Potenciál by mohlo být i rozšíření do dalších hal.



**Obr. 38 Vizualizace komunikace mezi halami**

Pokud by byla implementována pouze technologie RFID, tak by vznikl dokonalý systém pro odvolávání materiál. Ale pokud by se implementovalo i použití neuronové sítě, pak by celý nový systém vytvořil synergii. Tímto by byl zajištěn vyšší stupeň automatizace odvolávek a materiálového toku. Nasazením systému ARO by se ŠA více přiblížila vizi Industry 4.0 a tím by ukázala, že je opravdovým průkopníkem v realizaci inovací.

Důležité je si uvědomit návaznost použitých technologií. Obrázek 39 poukazuje mimojiné na nadřazenost aplikovaných technologií. Sběr dat zajišťuje RFID, tomu je nadřazen řídicí systém – neuronová síť a celé toto spojení tvoří systém ARO.



**Obr. 39** Vizualizace systému ARO

## 5 Očekávané přínosy

Na základě eliminace nedostatků zjištěných v analýze aktuálního stavu lze aplikaci systému ARO realizovat následující přínosy:

- 1) **Univerzálnost použití.** Systém by mohl být aplikovatelný pro více kanbanových okruhů a poté i pro více budov, ve kterých je materiál odvoláván kanbanem. V případě rozšíření na více okruhů nebo budov by došlo pouze k fyzickému navýšení RFID prvků. Neuronová síť by měla disponovat dostatečně velkou výpočetní kapacitou, která by pokryla více výrobních agregátů.
- 2) **Sjednocení systémů.** V případě nasazení a rozšíření tohoto systému i na další okruhy nebo budovy by došlo ke sjednocení systému pro odvolávání. Byl by zaveden jeden komplexní systém, který by autonomně odvolával materiál napříč celou svou oblastí nasazení.
- 3) **Použití pro všechny druhy dílů.** Tento přínos by mohl být výhodný při zavádění nových dílů, které jsou dodávány v jiné – např. speciální role nebo držáky. Systém by v rámci učení se mohl přizpůsobit na odvolávání materiálu v různých obalech.
- 4) **Flexibilita.** Rovněž díky učení by byl systém schopný rychlé reakce na změny. V praxi mezi tyto změny je možné jmenovat zrychlení nebo zpomalení výroby (taktu linky), přetaktování linky, změna místa potřeby materiálu atd.
- 5) **Přehlednost.** Systém ARO by byl vhodným nástrojem pro reporting a monitoring. Sledování by bylo možné od okamžiku vychystání odvolávky až po jeho dodání na montážní linku. Díky tomuto přehledu by bylo jednodušší zjištění stavu materiálu v regálech na lince v okamžiku provádění inventury celé haly nebo závodu. Dále by bylo možné z výstupů systému tvořit detailnější rozbor spotřeby materiálu atd.
- 6) **Zjednodušení práce.** Tento přínos je významný pro zaměstnance ŠA, kteří by s ním každý den pracovali. Práce by byla jednodušší, protože by veškeré problémy a celá organizace byla zajištěna systémem a pracovníci by tak mohli vykonávat další důležité činnosti.

- 7) **Řešení nouzových strategií.** Vzhledem k autonomii systému ARO by došlo k optimalizaci v rychlosti přechodu na nouzovou strategii. Systém by dokázal výpadky předvídat a díky tomu plánovat nasazení nouzové strategie s předstihem, aby nedošlo k přerušení výroby a aby byla zajištěna plynulost dodávek materiálu na linku.
- 8) **Jednoduché řízení.** Tento přínos spočívá rovněž v rozhodování neuronové sítě. Ta by se sama rozhodovala zda se má řídit sledováním spotřeby materiálu v KLT, predikcí budoucí spotřeby anebo kombinací těchto dvou přístupů.



## **Závěr**

Cílem této diplomové práce je návrh nového řešení automatického odvolávání materiálu na montážní linku. Návrh je vztažen na vybraný kanbanový okruh montážní linky na hale M1 ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. v Mladé Boleslavi.

Analýza současného stavu umožnila identifikace nedostatků současného řešení odvolávání materiálu v KLT obalech. Autor během psaní této diplomové práci působil jako praktikant na oddělení Technického servisu logistiky MB II, kde získal potřebné znalosti a zkušenosti, které mu pomohly k vytvoření nového komplexního řešení pro automatické odvolávání materiálu na montážní linku. Vzhledem k rozsahu navrženého řešení byl systém pojmenován Automatické RFID odvolávky – ARO. ARO obsahuje dvě nové technologie RFID a neuronové sítě. RFID zajišťuje identifikaci materiálu a automatizace celého systému je založena na aplikaci neuronových sítí. Návrh systému ARO popisuje jak se má změnit organizace skladu, regálová technika, obaly, ale i popisuje funkci neuronové sítě.

Navrhovaný systém zajistí automatické odvolávání materiálu, sledování materiálového toku a sledování dalších výrobních systémů. Mezi očekávané přínosy navrženého systému patří univerzálnost použití, sjednocení systémů, flexibilita, přehlednost, zjednodušení práce a jednoduchost řízení. Díky tomu dojde k plynulejšímu toku materiálu a informací napříč celou oblastí výroby.

## 6 Seznam literatury

Active RFID vs. Passive RFID: What's the Difference? [online]. Birmingham: RFIDinsider, 2016 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://blog.atlasrfidstore.com/active-rfid-vs-passive-rfid>

Artificial Neural Network Model in Prediction of Meteorological Parameters during Premonsoon Thunderstorms. *International Journal of Atmospheric Sciences* [online]. 2013 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/ijas/2013/525383/>

Council of Logistics Management to become Council of Supply Chain Management Professionals: Material Handling and Logistics [online]. USA: MHL News, 2004 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <http://www.mhlnews.com/global-supply-chain/council-logistics-management-become-council-supply-chain-management-professional>

DESHPANDE, Adit. A Beginner's Guide To Understanding Convolutional Neural Networks. *Adit Deshpande: CS Undergrad at UCLA ('19)* [online]. 2016, 20.7.2016 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://adeshpande3.github.io/A-Beginner%27s-Guide-To-Understanding-Convolutional-Neural-Networks/>

DRAHOTSKÝ, Ivo a Bohumil ŘEZNÍČEK. *Logistika – procesy a jejich řízení*. Brno: Computer Press, 2003. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 8072265210.

EAN 13 a EAN 8 - nejznámější čárový kód pro zboží v obchodní síti [online]. Praha: KODYS, spol. s r.o., 2018 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://www.kodys.cz/technologie/carovy-kod/ean-13-ean-8>

GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 9788070809525.

JACOBSON, Lee. Introduction to Artificial Neural Networks - Part 1. *The Project spot* [online]. 2013, 5.12.2013 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.theprojectspot.com/tutorial-post/introduction-to-artificial-neural-networks-part-1/7>

JIRSÁK, Petr. *Logistika pro ekonomy. : Vstupní logistika*. 1. vydání. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2012. ISBN 978-80-7357-958-6.

Kanban Guide: Demand Scheduling for Lean Manufacturing. Add Value Consulting Inc. [online]. Gujarat, India, 13 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: [www.avci-lean.com](http://www.avci-lean.com)

Kanban – Logistika. Studentske.cz: Vše co student potřebuje vědět [online]. 2016 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://logistika-cz.studentske.cz/2008/10/kanban.html>

Kanban [online]. Businesscenter.cz, 2018 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://business.center.cz/business/pojmy/p970-kanban.aspx>

MALADKAR, Kishan. 6 Types of Artificial Neural Networks Currently Being Used in Machine Learning. *Analytics India Magazine* [online]. Bengaluru: Analytics India Magazine, 2018, 15.1.2018 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://analyticsindiamag.com/6-types-of-artificial-neural-networks-currently-being-used-in-todays-technology/>

Methodenbaustein Kanban. Volkswagen Wolfsburg, 2012. Dostupné také z: [http://mweb.vw.vwgf/docs/doc/de/MBS\\_019\\_DE\\_Konzern\\_Kanban.pdf](http://mweb.vw.vwgf/docs/doc/de/MBS_019_DE_Konzern_Kanban.pdf)

MUSIL, Michael. *Elektronická kontrolní karta vozu, Kvasiny*. Liberec, 2016. Bakalářská práce. Ekonomická fakulta, TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI. Vedoucí práce Ing. David Kubát.

Od ověřeného kola k okřídlenému šípku. ŠKODA Storyboard [online]. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, 2016 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/spolecnost/dedictvi/od-ovenceneho-kola-k-okridlenemu-sipu/>

ŌNO, Taiichi. *Toyota production system: beyond large-scale production*. Cambridge, Mass.: Productivity Press, c1988. ISBN 0-915299-14-3.

Order picking trolley KT4. In: *Wanzl.com* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: [https://www.wanzl.com/en\\_DE/products/order-picking-trolleys/order-picking-trolley-kt4/](https://www.wanzl.com/en_DE/products/order-picking-trolleys/order-picking-trolley-kt4/)

PERNICA, Petr. *LOGISTIKA pro 21. století*. Praha: Radix, spol. s r.o., 2005. ISBN 80-86031-59-4.

RFID and Inventory Control [online]. Dublin: ADC Barcode Auto ID Solutions, 2017 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://adbarcode.com/2017/11/22/rfid-and-inventory-control/>

ŘEZÁČ, Jaromír. *Logistika*. Praha: Bankovní institut vysoká škola, 2010. ISBN 978-80-7265-056-9.

Shipping to Amazon Fba Warehouse. In: *Alibaba.com* [online]. 2018 [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: [https://www.alibaba.com/product-detail/Shipping-to-Amazon-Fba-Warehouse\\_60428834853.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Shipping-to-Amazon-Fba-Warehouse_60428834853.html)

SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005. Business books (CP Books). ISBN 9788025105733.

STANGER, Karl. Supermarkt. In: *Lean Magazin 4.0* [online]. Marktheidenfeld, Německo: Döppler.Team [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://www.leanmagazin.de/111-artikel/lean-werkzeuge/192-supermarkt.html>

Still R 06 Technical Data. In: *Direct industry* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://pdf.directindustry.com/pdf/still/r06/14182-134523.html>

ŠKODA AUTO a.s. In: *JaP Jacina* [online]. Mnichovo Hradiště [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.jap-jacina.cz/reference/detail/1163?title=skoda-auto-a-s>

ŠKODA AUTO a.s. Výroční zpráva 2017 [online]. Mladá Boleslav, 2018, 2017(1) [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://cdn.skoda-storyboard.com/2018/03/skoda-annual-report-2017.c5a29f2a9b556d42158ef72031b710f3.pdf>

Škodovka otevřela v Kvasinách automatický sklad. Roboti zastanou lidské svaly, teď ale zkouší nahradit prsty. *Logistika.iHNed.cz* [online]. Kvasiny: Hospodářské noviny, 2017, 27.7.2017 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://logistika.ihned.cz/c1-65828170-skodovka-otevrela-v-kvasinach-automaticky-sklad-roboti-zastanou-lidske-svaly-ted-ale-zkousi-nahradit-ruce>

ŠPAČEK, Ondřej. *Umělé neuronové sítě v řízení systémů*. Zlín, 2017. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. Vedoucí práce Zuzana Komínková Oplatková.

VITASEK, Kate. About us. Council of Supply Chain Management Professionals [online]. 2013 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: [http://cscmp.org/CSCMP/Join/About\\_Us/CSCMP/Join/About\\_Us.aspx?hkey=e15eb27f-d327-4ef3-89f9-2ade73e34a55](http://cscmp.org/CSCMP/Join/About_Us/CSCMP/Join/About_Us.aspx?hkey=e15eb27f-d327-4ef3-89f9-2ade73e34a55)

What is a "smart label"? [online]. Sofia: RFID Bulgaria, 2015 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://www.rfid.bg/en/what-is-a-smart-label>

## 7 Seznam obrázků a tabulek

### Seznam obrázků

Obr. 1 Ukázka kódu EAN-13 (nahore) a EAN-8 (dole) .....	13
Obr. 2 Ukázka kódu EAN/CODE 128 .....	13
Obr. 3 Struktura RFID tagu.....	14
Obr. 4 Aktivní transponder .....	14
Obr. 5 Pasivní transponder.....	15
Obr. 6 Smart Label .....	16
Obr. 7 Schéma biologického neuronu .....	18
Obr. 8 Schéma umělého neuronu .....	19
Obr. 9 Systém kanbanových karet .....	22
Obr. 10 Průvodka kanbanové karty, která se využívá ve společnosti ŠA.....	23
Obr. 11 Náklady na zásoby v kanbanovém okruhu .....	25
Obr. 12 Náklady nepřímo úměrné výši zásob.....	26
Obr. 13 Celkové náklady v závislosti na výši zásob .....	26
Obr. 14 Výrobní místa ŠKODA AUTO a.s. ve světě.....	28
Obr. 15 Přehled výrobních míst ŠKODA AUTO a.s. v České republice .....	29
Obr. 16 Organizační struktura Výroby vozů.....	29
Obr. 17 Organizační struktura Interní logistiky MB II .....	31
Obr. 18 Layout skladů interní logistiky MB II .....	31
Obr. 19 Konstrukce standardního regálu.....	33
Obr. 20 Konstrukce speciálního regálu .....	33
Obr. 21 Pohled na regál ze strany zásobování, zadní strana (ilustrativní obrázek)	
34	
Obr. 22 Díly haly M1 srovnané podle metody odvolávání .....	36
Obr. 23 Layout haly M1, s vyznačenými kanbanovými okruhy .....	36

Obr. 24 Montážní vozík (tahač) Still R06 06 s dvěma vozíky užívaný v logistice montáže ŠA.....	37
Obr. 25 Schéma metody kanban.....	37
Obr. 25 Automatický sklad AKL v závodě Kvasiny .....	39
Obr. 26 Logo systému BMA .....	40
Obr. 27 Schéma systému BMA v podmínkách ŠA .....	42
Obr. 28 Souhrn nevýhod kanbanu před zavedením BMA .....	42
Obr. 29 Souhrn výhod a nevýhod systému BMA.....	43
Obr. 30 Logo systému ARO .....	44
Obr. 31 Schéma použitých technologií pro nové řešení .....	44
Obr. 32 Layout haly M1, s vyznačenými kanbanovými okruhy.....	46
Obr. 33 BMA závěska (přední strana).....	47
Obr. 34 Vizualizace stacionární RFID čtečky u vjezdu do skladu (ilustrativní obrázek) .....	48
Obr. 35 Vizualizace stacionární RFID čtečky .....	49
Obr. 36 Vizualizace regálu na místě potřeby.....	51
Obr. 37 Vizualizace systému ARO .....	53
Obr. 38 Vizualizace komunikace mezi halami .....	53
Obr. 39 Vizualizace systému ARO .....	54

## **Seznam tabulek**

Tab. 1 Porovnání tradiční a výrobní terminologie pro koncept JIT .....	10
Tab. 2 Porovnání transponderů podle typu, frekvence a dosahu .....	15
Tab. 3 Počet regálů na kanbanových okruzích.....	35
Tab. 4 Přehled druhů materiálu, který je odvoláván kanbanem.....	38

## ANOTAČNÍ ZÁZNAM

<b>AUTOR</b>	Bc. Milan Lebeda		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	6208T088 Podniková ekonomika a management provozu		
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Elektronizace odvolávek KLT v logistice ŠKODA AUTO a.s.		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Ing. David Holman, Ph.D.		
<b>KATEDRA</b>	KLRK - Katedra logistiky a řízení kvality	<b>ROK ODEVZDÁNÍ</b>	2018
<b>POČET STRAN</b>	62		
<b>POČET OBRÁZKŮ</b>	39		
<b>POČET TABULEK</b>	4		
<b>POČET PŘÍLOH</b>	0		
<b>STRUČNÝ POPIS</b>	<p>Cílem této diplomové je návrh nového řešení automatického odvolávání materiálu na montážní linku. Návrh je vztažen na vybraný kanbanový okruh montážní linky na hale M1 v hlavním závodě společnosti ŠKODA AUTO a.s. v Mladé Boleslavi.</p> <p>Po provedení analýzy současného stavu byla provedena identifikace nedostatků stávajícího řešení. Na základě těchto nedostatků a požadavků výroby byl vytvořen nový návrh pro řízení automatických odvolávek,</p> <p>Navrhované řešení je rozděleno do dvou rovin, na hardwarovou a softwarovou. Hardwarová rovina je postavena na technologii RFID, která bude generovat data na základě toho, jak bude materiál přepravován ze skladu na montážní linku. Technologie RFID pošle všechny tyto informace do podnikového informačního systému. Neuronová síť automaticky odvolává materiál, dohlíží na materiálový tok, a především pružně reaguje na změny ve výrobním toku.</p>		
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Kanban, ekanban, RFID, odvolávka, KLT, ŠKODA AUTO a.s., logistika, neuronové síť		
<b>PRÁCE OBSAHUJE UTAJENÉ ČÁSTI: Ne</b>			

## ANNOTATION

<b>AUTHOR</b>	<b>Bc. Milan Lebeda</b>		
<b>FIELD</b>	<b>6208T088 Production Management and Global Business</b>		
<b>THESIS TITLE</b>	<b>Electronisation of KLT call-offs in SKODA AUTO logistics</b>		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Ing. David Holman, Ph.D.</b>		
<b>DEPARTMENT</b>	<b>KLRK - Department of Logistics and Quality Management</b>	<b>YEAR</b>	<b>2018</b>
<b>NUMBER OF PAGES</b>	<b>62</b>		
<b>NUMBER OF PICTURES</b>	<b>39</b>		
<b>NUMBER OF TABLES</b>	<b>4</b>		
<b>NUMBER OF APPENDICES</b>	<b>0</b>		
<b>SUMMARY</b>	<p>The aim of the thesis is a proposal to the new solution for automatic call-offs of material to assembly line. The proposal is applied to particular kanban delivery track of assembly line in the building M1 in main production plant of SKODA AUTO a.s. in Mlada Boleslav.</p> <p>After analysing the current situation, several problem points of the current solution were identified. The new propopsal for control of automatic call-offs was made based on findings and requests from the production.</p> <p>Proposed solution is divided into two levels, hardware and software one. Hardware level is based on implementation of RFID technology. This technology will generate data based on material flow from the ware house to the assembly line. All these data will be sent to the company information system. Neural network stands beyond the software level. This network will automatically call-off material, monitor material flow and flexibly respond to changes in the production flow.</p>		
<b>KEY WORDS</b>	<b>Kanban, ekanban, RFID, call off, KLT, logistics, ŠKODA AUTO a.s., neural networks</b>		
<b>THESIS INCLUDES UNDISCLOSED PARTS: No</b>			