

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Produkční funkce a současné moderní
technologie ve skladovacích procesech**

(Bakalářská práce)

Přerov 2021

Barbora Dvořáková



**Vysoká škola
logistiky**
o.p.s.

Zadání bakalářské práce

studentka

Barbora Dvořáková

studijní program
obor

Logistika
Dopravní logistika

Vedoucí Katedry bakalářského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v bakalářském studijním programu určuje tuto bakalářskou práci:

Název tématu: **Produkční funkce a současné moderní technologie ve skladovacích procesech**

Cíl práce:

Charakterizovat principy průmyslu 4.0 a teorii produkční funkce, analyzovat zavádění těchto principů ve vybraném podniku, kvantifikovat uplatnění nových technologií a jejich dopad na produkci a počet zaměstnanců.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Bakalářskou práci zpracujte v těchto bodech:

1. Úvod
2. Produkční funkce, průmysl 4.0
3. Technologie použité ve firmě ŠKODA AUTO a.s.
4. Dopady použitých technologií na produkci firmy
5. Závěr

Rozsah práce: 35 – 50 normostran textu

Seznam odborné literatury:

DUCHOŇ, Bedřich. Inženýrská ekonomika. Praha: C. H. Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-763-0

HOLMAN, Robert. Ekonomie. Praha: C.H.Beck, 6. vydání, 2016. ISBN 978-80-7400-278-6

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce:

31. 10. 2020

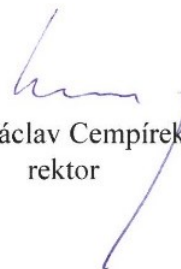
Datum odevzdání bakalářské práce:

6. 5. 2021

Přerov 31. 10. 2020



Ing. et Ing. Iveta Dočkalíková, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
rektor

Čestné prohlášení


Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a že jsem ji vypracovala samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušila autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byla také seznámena s tím, že se na mou bakalářskou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byla poučena o tom, že bakalářská práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované bakalářské práce v její tištěné i elektronické verzi. Tímto prohlášením souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze bakalářské práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 06. 05. 2021



.....
podpis

Poděkování

Tímto děkuji především doc. Ing. Zdeňkovi Říhovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a za poskytnutí cenných námětů.

Anotace

Práce zahrnuje informace o vývoji technologií od průmyslu 1.0 až po průmysl 4.0. Je zde zohledněna produkční funkce přes moderní technologie v rámci firmy ŠKODA AUTO a.s. Zároveň navrhuje optimální využití moderních technologií ve skladovacích procesech včetně využití ploch a potřebě zaměstnanců.

Klíčová slova

průmysl, moderní technologie, AGV, zaměstnanci, produkční funkce

Annotation

Thesis summarizes information about the development of technologies from industry 1.0 to industry 4.0. The production function through modern technologies within the company ŠKODA AUTO a.s. At the same time, it proposes the optimal use of modern technologies in storage processes, including the use of areas and the needs of employees.

Keywords

industry, modern technologies, AGV, employees, production function

Obsah

Úvod.....	9
1 Teorie produkční funkce.....	10
2 Vývoj průmyslu	14
2.1 Průmysl 1.0	14
2.2 Průmysl 2.0	15
2.3 Průmysl 3.0	17
2.4 Průmysl 4.0	18
2.5 Situace průmyslu v České republice	19
3 ŠKODA AUTO a.s.	21
2.6 Použité technologie	22
3.1.1 Automatické vozíky	23
3.1.2 CEIT (FTS).....	25
3.1.3 AKL	26
3.2 Využívané technologie ve ŠKODA AUTO a.s.....	30
3.2.1 Hala M13	30
3.2.2 Poloautomatický sklad U6C	30
3.2.3 Poloautomatický sklad U6A	32
3.2.4 Sklad U6B.....	33
4 Analýza prostředí s využitím technologií Průmyslu 4.0	36
4.1 Zásobování linek technologií AGV	36
4.2 Analýza nákladů na zaměstnance.....	36
4.3 Analýza pohonů systému manipulace	37
4.4 Analýza servisních poplatků	38
4.5 Analýza materiálové manipulace	39
5 Výkaz cash flow	41

6	Zhodnocení technologie AGV.....	47
	Závěr	48
	Seznam zdrojů.....	49
	Seznam grafických objektů.....	53
	Seznam zkratk.....	55

Úvod

Proaktivní postup ekonomických subjektů je jediným možným souborem činností v současném tržním prostředí. Ekonomické subjekty mohou volit z obsáhlého komplexu strategií. Proaktivní strategie oscilují od přiblížení se ke zdrojům či spotřebitelům, přes reklamy, dále přes výzkum a vývoj, až po úspěšnou aplikaci inovativních postupů. Cílem každé ekonomické strategie je minimalizace vstupů a maximalizace výstupů. Vzájemné vztahy mezi vstupy a výstupy popisují mikro a makroekonomické produkční funkce.

Geografická poloha České republiky i současný epidemiologický stav v České republice a ve světě navozují mnoho otázek k zamyšlení a řešení. Bakalářská práce se věnuje popisu teorií produkčních funkcí, vývoji průmyslu s teoretickými východisky, souvisejícími s vývojem moderních technologií. Do rešerše produkčních funkcí jsou zahrnuty problematiky fixních a variabilních nákladů, kapitálu. Zvláštní zřetel je věnován evoluci průmyslové revoluce a moderních technologií, chronologicky řazených dle jednotlivých etap. Popis jednotlivých etap je vztažen na společnost ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav. Společnost ŠKODA AUTO a.s. je největší a nejdůležitější ekonomický subjekt v oblasti zaměstnávání, dovozu a vývozu produktů a technologií. Společnost ŠKODA AUTO a.s., pod křídly mateřské VW Group, aktivně zavádí nejmodernější technologie do výrobního procesu. Bakalářská práce se věnuje i popisu jednotlivých informačních technologií, používaných při výrobě, s důrazem na systémové řešení skladovacích prostor, zavážení výrobních linek. Popsaná systémová řešení jsou: Andon, INEAS-BMA a LOGIS- iTLS. Popis zahrnuje i vzájemné propojení systémových řešení a moderních technologií AGV vozíků a automatických skladů AKL.

Cílem bakalářské práce je provést celkovou literární rešerši s důrazem na vývoj průmyslu od první průmyslové revoluce až po čtvrtou průmyslovou revoluci. Důraz bude kladen na celkové posouzení aktuálního stavu používaných technologií. V praktické části bude provedena základní ekonomická analýza návratnosti investic do použité technologie, dle jednotlivých ekonomicky významných okruhů, v hale M12, společnosti ŠKODA AUTO a.s. v Mladé Boleslavi.

1 Teorie produkční funkce

Jednou ze základních dominant podnikového chování je stav jeho technologie. Ať už se jedná o podnik výrobní nebo podnik poskytující služby, o podnik s výrobou automobilů nebo bot, o podnik malý nebo velký. Podnik může udělat pouze to, co mu technologie dovolí. Technologii chápeme jako zdroj, který společnost může využívat ve svých hospodářských procesech. Technologie nám zároveň vytváří také jistá omezení pro výrobky a služby, které lze získat z přírodních zdrojů. Přechod přírodních zdrojů na ekonomické zdroje je charakterizován jejich cenami. Ekonomické zdroje se tak stávají výrobními faktory, které vstupují do technologického procesu. Různé kombinace vstupů vytváří výstupní produkt. Přechod přírodních zdrojů na ekonomické zdroje je ovlivněn potřebami člověka a možnostmi v ekonomických zdrojích. Technologie se tak stává součástí řetězce: věda -> technologie -> ekonomická využitelnost přírodních zdrojů -> produkce -> spotřeba.

Výrobní faktory neboli vstupy do technologického procesu lze rozdělit do dvou základních kategorií:

- Fixní náklady (FC - z angličtiny *fixed cost*) se během určitého časového intervalu nemění. Délka tohoto časového období závisí na různých podmínkách. Mezi fixní náklady můžeme uvést např. nájem. Jedná se o stálý a neměnný výrobní faktor.
- Variabilní náklady (VC - z angličtiny *variable cost*) jsou charakterizovány měnící se velikostí během určitého časového období. Jedná se např. o počet zaměstnanců, energie, které se mohou snižovat nebo zvyšovat v závislosti na výrobě, poptávce apod.

Rozdělení výrobních faktorů do výše zmíněných dvou kategorií závisí na délce uvažovaného období. Tato délka se může měnit, ale zpravidla pracujeme s dvěma přístupy.

Krátkodobý přístup bývá charakterizován podle délky životnosti neboli podle snadné nebo obtížné obnovy technického vybavení technologického procesu. Tento výrobní faktor bývá po určité časové období fixním výrobním faktorem.

V dlouhodobém přístupu se během určitého časového intervalu mění všechny vstupní výrobní faktory.

V krátkém i dlouhém přístupu se podnik soustřeďuje na různé kombinace vstupů. Z hlediska dlouhodobého se změny projevují zejména v technologickém vybavení. Např.

v automobilovém průmyslu můžeme uvažovat o menším podílu živé práce, menším nebo větším technickém vybavení. Technologické vybavení závisí na kusové, hromadné nebo štihlé produkci. Kusová výroba je charakterizována neopakovatelností výrobního procesu. Většinou se každý výrobek od sebe odlišuje. Je potřeba vysokého stupně kvalifikovaných zaměstnanců a tím rostou náklady na výrobek neboli výstupní faktor. Hromadná výroba je opakem kusové výroby. V tomto procesu převládá výroba menšího počtu výrobků, které jsou vyráběny ve velkém množství. Tato výroba je zavedena např. ve firmě ŠKODA AUTO a.s. Štihlou výrobu vyvinula firma Toyota po 2. světové válce. V tomto procesu se snaží uspokojit v co největší míře požadavky zákazníka, tím, že bude vyrábět jen to, co zákazník požaduje. Řídí se heslem „náš zákazník, náš pán“. Změny v kombinacích výrobních faktorů závisí na charakteristice technologických procesů a na poptávkových změnách, které ovlivňují velikost výstupních produktů.

Produkční funkce je vztah mezi množstvím různých vstupních výrobních faktorů užitých za určitý časový interval a velikostí výstupů, který byl získán za stejný časový interval. Produkční funkci můžeme zobrazit tabulkou, grafem a rovnicí. Produkční funkce nám tak charakterizuje danou technologii v určitém časovém intervalu.

Pro zobrazení produkční funkce použijeme dvoufaktorovou funkci, kde jeden z faktorů je neměnný neboli fixní a druhý faktor je proměnný neboli variabilní. Vzorec pro dvoufaktorové vyjádření poté zní: $W = f(V_1, V_2)$. V_1 obvykle představuje kapitál a V_2 charakterizuje výrobní sílu. V_1 pak představuje parametr fixní a V_2 parametr variabilní. W je velikost vytvořené produkce.

Abychom mohli teorii produkční funkce aplikovat na inovace od průmyslu 1.0 až po průmysl 4.0, je nutné uvažovat o produkční funkci v dlouhém období. V dlouhém období dochází k technologickým změnám. Důležitým faktorem je užití technologie a jejího vlivu na výstup, ale u produkční funkce Q v dlouhém období předpokládáme, že na výstupu se podílejí dva faktory, které můžeme vyjádřit následujícím vztahem:

$$Q = f(K, L) \quad (1.1)$$

K – kapitál, který vyjadřuje míru technologického vybavení

L – práce, která může být vyjádřena množstvím zaměstnanců

Produkční funkce je vyjadřována formou izokvant. Izokvanta je křivka zachycující kombinace vstupů kapitálu (K) a práce (L), přičemž je objem produkce stejný (Obr. 1.1). Jedná se o funkci, která má znázornění konkávní a klesající. Ekonomie dále řeší optimální kombinací vstupů proměnných kapitálu (K) a práce (L), což vychází z rozpočtu firmy,

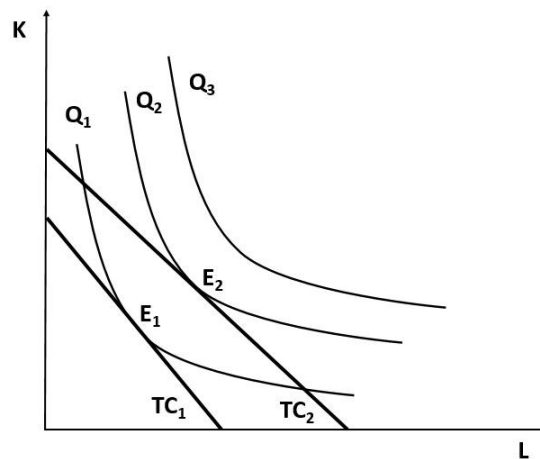
kteře jsou znázorněny izokostami. Izokosta je přímka, která zachycuje kombinace kapitálu a práce, které mohou být pořízeny za celkové náklady (TC). Celkové náklady jsou ovlivněny náklady na kapitál, které jsou dány úrokovou mírou a náklady na práci, tedy mzdami. Funkce TC bude:

$$TC = m \cdot L + i \cdot K \quad (1.2)$$

m – mzdová sazba na jednotku práce

i – úroková sazba

K optimální kombinaci vstupů dochází tam, kde se dotýká izokosta izokvanty. Pokud bude chtít podnik zvýšit produkci, tedy přesunout se na vyšší izokvantu, musí vynaložit vyšší TC, Q_1, Q_2, Q_3 - izokvanta, zvyšování produkce.



Obr. 1.1 Optimální kombinace vstupů kapitálu (K) a práce (L) při zvyšování produkční funkce Q

Zdroj: [26].

Firma může využít nových technologií na úkor práce. Nemusí se vždy jednat o ztrátu pracovní síly a následné nahrazení robotizací. Některá robotizace i tak potřebuje na obsluhu pracovní sílu, která musí být daleko více kvalifikovaná. Využití nové technologie může být z několika důvodů např. při zvýšení produktivity, nahrazení nespolehlivého zaměstnance anebo nedostatek lidských zdrojů. Pro zvýšení produktivity je nutné dosáhnout rostoucích výnosů [27].

Kapitál je vyjádřený v peněžních jednotkách a pracovní sílu lze vyjádřit různě např. odpracovaným časem, počtem pracovníků nebo vyplacenými mzdami. Výstupní výkon poté jde vyjádřit finančními jednotkami nebo fyzickými jednotkami podle povahy cíle.

Produkční funkce je důležitým nástrojem pro analýzu podnikové technologie. Informuje o maximu výstupů. Stanoví průměrný a marginální produkt. Maximální produkt představuje maximální výstup výrobku za určité časové období např. 1 000 000 automobilů za rok 2020. Průměrný produkt je stanoven jako podíl celkového výstupu a příslušného počtu pracovníků. Marginální produkt je přírůstek produkce získaný vstupem dalšího zaměstnance, přičemž ostatní vstupy se nemění [28].

2 Vývoj průmyslu

2.1 Průmysl 1.0

První průmyslová revoluce odstartovala v Anglii v 18. století objevením parní energie (Obr. 2.2). Symbolem průmyslové revoluce se stal především parní stroj, který zdokonalil v 60. letech 18. století James Watt, skotský vynálezce, mechanik, fyzik a matematik. Po Wattovi je v Mezinárodní soustavě jednotek pojmenována jednotka výkonu – watt, ve zkratce W. Po zdokonalení parního stroje došlo k jeho masovému nasazení. Parní stroj byl využíván v hutnictví, dopravě, zemědělství atp. S rozmachem výroby (produkce) bylo nutno vyřešit i dopravu. Někteří autoři počátek první průmyslové revoluce datují přesněji od roku 1784. V tomto roce Edmund Cartwright vynalezl první mechanický tkací stav. Pro Čechy a Moravu znamenala revoluce rozvoj v textilním, potravinářském a sklářském odvětví. Mechanizace kolovratů osminásobně zvýšila objem výroby vlákna za stejný čas [1].

Využití energie z páry v oblasti průmyslové výroby bylo největším převratem zvyšování produktivity lidské práce. Největší rozmach v oblasti průmyslu byl v hutnictví, povrchových i hlubinných dolech, železárnách či textilních továrnách. Manuální síla zaměstnanců byla nahrazena parními motory. Vznikly lepší podmínky pro zavádění různých strojů, které umožňovaly zaměstnávat málo kvalifikované dělníky. Dříve zvládnutí středověkého řemesla vyžadovalo mnohaletou přípravu, nově stačí krátké zaškolení. V roce 1832 vyrobila firma Singer svůj první šlapací šicí stroj. Výrobou a nasazením šlapacího stroje byla usnadněna práce zaměstnance. Byla důležitá také kvalita strojů, na které byly kladeny čím dál vyšší požadavky, a tím se neustále rozvíjel i nový obor - strojírenství. Strojírenství je technický obor, který je postaven na základech fyziky a nauky o materiálech. Strojírenství se zabývá návrhem, výrobou a hlavně údržbou strojů a různých zařízení. Záznamy o strojírenství se nacházejí již v několika starověkých a středověkých kulturách po celém světě. Např. Archimédes položil základy moderní mechaniky popisem mechanické rovnováhy, vysvětlil princip páky. Tento obor má tedy své počátky už ve starověku, ale největší rozvoj byl v průběhu průmyslové revoluce [2]. Používané součástky jsou vyrobeny z kovu, pokrok se projevil i v hutnictví. Hutnictví, též označováno jako metalurgie, je věda zabývající se získáváním a zpracováním kovů a jejich slitin např. výroba železa, oceli, barevných kovů [3]. Vysoké

pece umožňovaly dosažení vyšších teplot a tavba železné rudy byla kvalitnější. Dřevo jako topivo už nestačilo a začalo se používat uhlí a koks. Uhlí je hornina, získaná dolováním z dolů a používaná jako palivo. Od doby průmyslové revoluce je uhlí především důležitou energetickou surovinou [4]. Koks vzniká žiháním černého uhlí, při teplotách nad 1.000°C. Při tomto procesu dochází k odstranění prchavých částic, snížení hmotnosti a současně ke zvýšení výhřevnosti [5]. Poptávka po železné rudě a uhlí vedla k rozvoji těžebního průmyslu. Tyto suroviny musely být dopravovány do továren, a tak došlo k velkému rozvoji i v dopravě. Koně a vozy na objem a rychlost již nestačily. V roce 1814 v uhelných dolech v Killingworthu (Anglie) sestavil svoji první parní lokomotivu George Stephenson. Lokomotiva vážila čtyři tuny a mohla táhnout osm vagónů s nákladem 30 tun uhlí a jela rychlostí 5 až 6 km/h. První železnice na světě pro veřejnou dopravu cestujících byla otevřena roku 1825 mezi Stocktonem a Darlingtonem (Anglie). Následně byla transformována i námořní doprava. První úspěšnou párou poháněnou lodí byl kolesový parník Clermonta amerického vynálezce Roberta Fultona z roku 1807. Tyto vynálezy z hlediska logistiky pomohly s přesunem osob a zboží na velké vzdálenosti mnohem rychleji než tomu bylo doposud.

2.2 Průmysl 2.0

Druhá průmyslová revoluce začala v 19. století objevem elektrické energie a zavedením montážních linek. Elektrina nebyla objevena v jediném okamžiku, ale za dlouhou dobu. Michael Faraday byl anglický chemik a fyzik. V roce 1831 objevil elektromagnetickou indukci, magnetické a elektrické siločáry. Jeho objev byl významný v tom, že doposud se elektrická energie vyráběla pouze chemickou metodou z baterií. Michael Faraday dal teoretický základ pro všechny elektromotory a dynamy. Elektromotor je v elektrotechnice elektrický stroj, který slouží k přeměně el. energie na mechanickou. Dynamo je zastaralý točivý elektrický stroj, který přeměňuje mechanickou energii na stejnosměrný proud. Dynamo bylo prvním známým zdrojem el. energie, který mohl být využit v průmyslu [6]. Z historického hlediska byl významný rok 1879, kdy americký průkopník a vynálezce Thomas Alva Edison vynalezl žárovku. Také Henry Ford byl průkopníkem v tomto směru. Nápad s hromadnou výrobou si přinesl z jatek v Chicagu, kde prasata byla zavěšená na pásových dopravnících a každý zaměstnanec zpracovával pouze určitou část zvířete. Henry Ford tento princip převedl do automobilové výroby (Obr. 2.2) a tím kompletně změnil její proces. V roce 1913 poprvé zavedl pásovou

výrobu včetně jejího zautomatizování. Zatímco dříve jedna stanice kompletovala celý automobil, nyní byly vozy vyráběny po jednotlivých krocích na lince, což bylo výrazně rychlejší a navíc levnější. Výrobní doba jednoho vozu Ford model T (*Tin Lizzie* neboli *Plechová Líza*) se zkrátila z dvanácti hodin na pět hodin (Obr. 2.1). To byl velký úspěch, který byl postupně ještě umocňován, když Fordovi inženýři přišli s návrhem válečkové dráhy. Tento návrh se neustále zdokonaloval a tím byl vyvinut tzv. Fordův nekonečný výrobní pás. Průměrný dělník v běžné americké automobilce dokázal vyrobit za jeden rok zhruba pět automobilů, dělník u Henryho Forda jich za stejnou dobu vyrobil dvacet. Další změnou v průmyslové revoluci bylo zavedení osmihodinových pracovních směn, kde zaměstnancům vzrostla i denní mzda z 2,5 dolarů na 5 dolarů, později dokonce i na 6 dolarů [7]. Zaměstnancům byl přiznán premiový podíl na zisku společnosti. Henry Ford si také uvědomil, že provádění stejných pohybů stále dokola vystavuje zaměstnance úmorné rutině. Přesto věřil, že jejich potřeby naplňuje dobrými platy a prací bez duševního vypětí. Stále více si však uvědomoval, že zvýšení produktivity není pouze o dobrém zisku, ale rovněž o pracovních podmínkách. Proto se část výroby vrátila ke složitějším výrobním procesům, které vykonávalo několik dělníků společně. Montážní linky v automobilovém průmyslu i v dalších oborech jsou dodnes, většinu práce na nich provádí průmysloví roboti anebo lidé, kteří musí povinně rotovat.



Obr. 2.1 Model T Henryho Forda

Zdroj: [8].

2.3 Průmysl 3.0

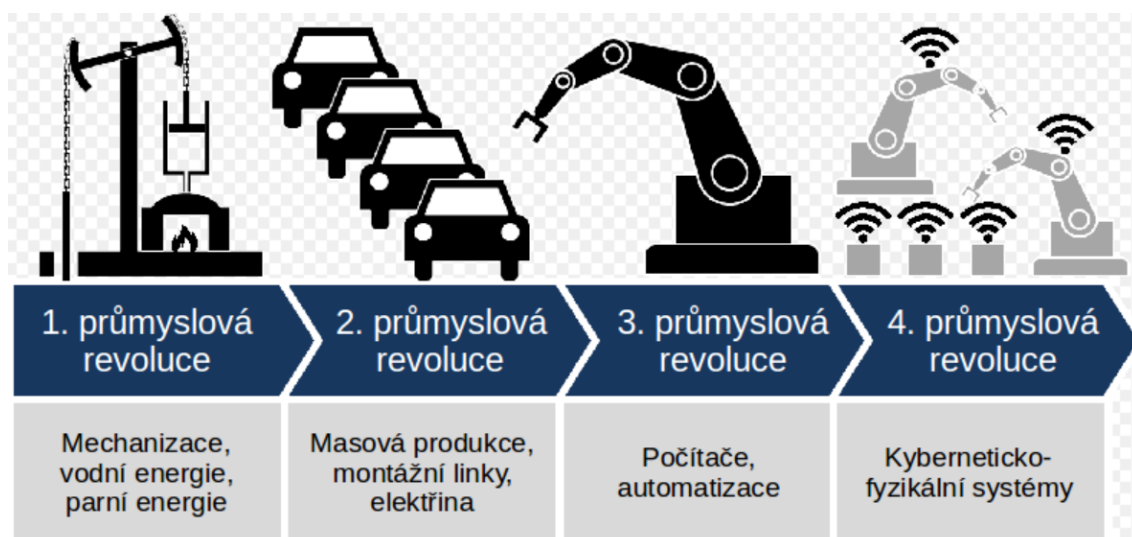
Třetí průmyslová revoluce začala v 70. letech 20. století, byla zavedena částečná automatizace prostřednictvím paměťově programovatelných řídicích prvků a počítačů. Za její počátek se uvádí rok 1969, kdy byl sestrojen první programovatelný logický automat PLC (Programmable Logic Controller). Jednalo se o vynálezce, jejichž tým vedl Richard Morley. Logistický automat PLC byl označen jednoduše 084, neboť byl 84. projektem, jímž se firma zabývala. V roce 1969 založili společnost zabývající se vývojem, výrobou a prodejem programovatelných automatů. Pojmenovali ji Modicon. V tom samém roce byl Modicon 084 úspěšně implementován v provozu [9]. Zahrnuje nasazení informačních systémů, elektronizaci kanbanu v podobě čárových kódů, výrazně efektivnější řízení zásob i přesné kapacitní plánování výroby. Systém kanban je často zaváděn jako součást systému just in time neboli právě včas. Umožňuje jednoduchým způsobem regulovat vazby mezi dvěma pracovišti pomocí kanban karet, aby byly zásoby rozpracovanosti minimální. Čárové kódy jsou prostředkem pro automatizovaný sběr dat. Tyto kódy nám umožňují přečtení dat pomocí čteček či skenerů. Za vynálezce čárového kódu je považován Norman Joseph Woodland. Už ve 40. letech 20. století se spolužákem přemýšlel jak uspokojit šéfa, který chtěl urychlit prodej a zbavit se front u pokladen. Systém využívající tenkou a tlustou čáru je napadl, když přemýšleli o principu Morseovy abecedy. V této abecedě má každý znak a číslice kombinaci krátkých a dlouhých signálů. V roce 1949 si se svým společníkem zažádali o patent. Byl jim schválen až v roce 1952. Technologie v této době ještě nebyla zcela vyspělá, a proto neexistovala technologie na přečtení kódů. Poprvé se čárový kód objevil až v roce 1974 na obalech žvýkaček Wrigley's [10]. Od té doby jsme pokročili o velký kus kupředu k automatizaci celých výrobních procesů (Obr. 2.2). Příkladem v dnešní době můžeme uvést průmyslové roboty, kteří dokáží vykonávat naprogramované sekvence operací bez zásahu člověka. Programování robota provádí programátor, zadávající povely, které robot vykoná. Robot je schopen vnímat své okolí pomocí senzorů. Za prvního robota lze označit výrobek Unimate od firmy Unimation. Robot Unimate byl zprovozněn v roce 1961 na výrobní lince General Motors v New Jersey. Roboty dělíme podle generací. První generace robotů pracuje na základě pevného programu. Druhá generace robotů je osazena senzory a čidly, díky nimž reagují na okolní podmínky [11]. Karel Čapek napsal knihu R.U.R. (Rossumovi univerzální roboti). V knize, vydané roku 1920, bylo poprvé použito slovo robot. Karel Čapek nevěděl,

jak nazvat stroje vypadající jako lidé, bratr Josef Čapek mu poradil slovo robot. Slovo robot je odvozeno od staročeského výrazu robotovat (pracovat na panském) [30].

2.4 Průmysl 4.0

Termín „Průmysl 4.0“ je překladem od dříve vzniklého německého termínu „Industrie 4.0“. Termín byl poprvé použit v roce 2011 na veletrhu v Hannoveru“ [31].

V současné době probíhá čtvrtá průmyslová revoluce. Ta se vyznačuje aplikací informačních a komunikačních technologií v průmyslovém prostředí. Označuje se také jako Průmysl 4.0., rovněž je označována pojmy: Moderní a Chytrá. Staví se na vynálezech třetí průmyslové revoluce. Výrobní systémy, které jsou již vybaveny počítačovými technologiemi, jsou doplněny o síťové připojení a internet.

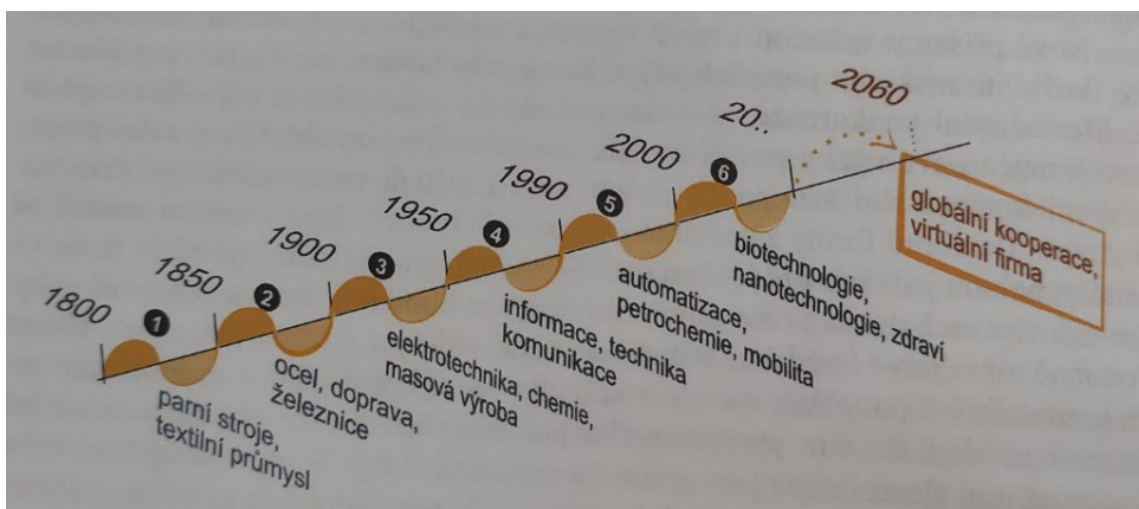


Obr. 2.2 Názorné rozdělení jednotlivých fází průmyslové revoluce, podle úrovně aktuálně využívaných a zdokonalených technických prostředků

Zdroj: [12].

Síťové propojení umožňuje navzájem komunikovat mezi jednotlivými závody a informovat o vlastním stavu. Jedná se o velký krok v automatizaci výroby. Zapojením všech systémů do sítě vede k vytvoření tzv.: kyberneticko-fyzikálních výrobních systémů neboli CPS (*Cyber-Physical Systems*). Vzájemným propojením výrobních uzlů a celků dochází ke vzniku „chytrých továren“. V chytrých továrnách zavedené výrobní systémy, komponenty a obsluha komunikují přes sítě, výroba je téměř autonomní. Vzájemným propojením internetu věcí a internetu služeb, jsou již jen neznatelné hranice

mezi reálným a virtuálním světem. V souvislosti s touto dobou a jednotlivými etapami průmyslové revoluce si můžeme připomenout tzv. Kondratěvy cykly. V ekonomice se jedná o dlouhé kolísání v rozmezí 40–60 let. Spouštěčem těchto dlouhých cyklů jsou průkopnické vynálezy, které jsou startovní inovací umožňující další vývoj (Obr. 2.3). Nikolaj Kondratěv byl sovětský ekonom, který definoval model cyklů kapitalistické ekonomiky, následně označované jako Kondratěvy cykly. Rozdělil cyklus na tři části: růst, stagnace a recese. V současné době se přidává ještě čtvrtá část deprese. S novým vynálezem roste i ekonomika. Růst vynálezu se stabilizuje na určité úrovni a poté dochází ke stagnaci, poptávka neklesá ani nevzrůstá, ale přechází rovnou ke krizi.



Obr. 2.3 Kondratěvy cykly

Zdroj: [31].

2.5 Situace průmyslu v České republice

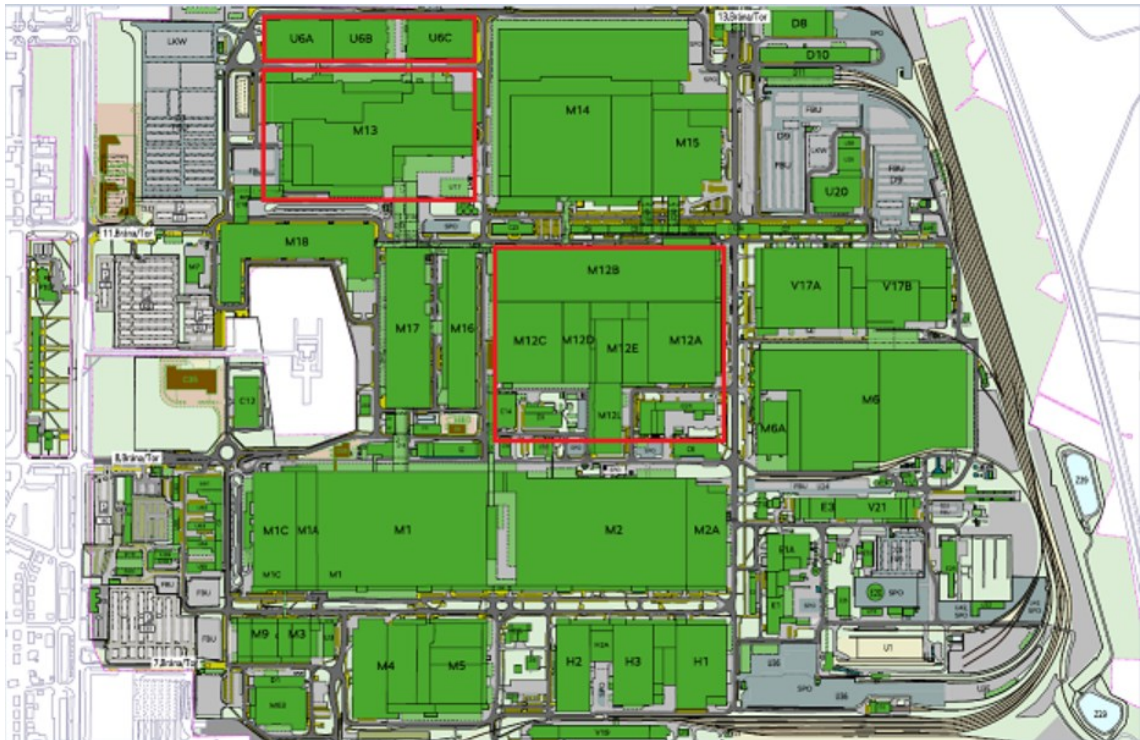
„Vývoj průmyslové výroby v České republice je od roku 2013 doprovázen stabilním růstem, přičemž dynamika se ve vybraných odvětvích v letech 2014 a 2015 zvyšuje“ [29]. Tradičně k růstu průmyslové revoluce přispívají odvětví: výroba motorových vozidel, výroba elektrických zařízení, výroba pryžových a plastových výrobků, výroba počítačů, elektronických nebo optických zařízení a přístrojů. S nárůstem nových zakázek, roste i důraz na flexibilitu výrobce a dodavatele. Růst českého exportu je ovlivněn podílem strojírenského, automobilového, elektrotechnického a elektronického průmyslu. Podíl uvedených odvětví je cca 70 %. Mezi konkurenční výhody patří právě flexibilita, která je výhodou u většiny odvětví českého průmyslu. „Dalším významným faktorem postavení průmyslu v České republice je jeho procentní podíl na celkové ekonomice státu

měřený například přidanou hodnotou v nákladech na výrobní činitele. V porovnání s ostatními evropskými ekonomikami zaujímá český průmysl bezkonkurenčně první místo“ [29].

3 ŠKODA AUTO a.s.

Historie firmy začíná rokem 1894. V tomto roce Václav Klement zjistil nedostatky na svém bicyklu. V rámci reklamačního řízení nebyl spokojen s hrubou odmítavou reakcí dodavatele. Vzájemná nekomunikace jej přiměla k vlastnoruční opravě. V roce 1895 se Václav Klement spojil s cyklistickým mechanikem Václavem Laurinem. Spolupráce začala výrobou jízdních kol. Následně přechodem na výrobu motokol, motocyklů až k jejich prvnímu automobilu v roce 1905. Václav Klement by vyučen knihkupcem a převzal knihkupectví v Mladé Boleslavi. Knihkupecká prodejna se následně změnila v obchod se smíšeným zbožím. V sortimentu byla zastoupena i jízdní kola a jejich náhradní díly. Strojní zámečnick Václav Laurin rád objevoval nové věci. S nadšením tvořil a opravoval parní stroje. Stejně jako Václav Klement se usadil v Mladé Boleslavi.

Zde si následně společně založili továrnu na jízdní kola. Václav Klement byl podnikavý a Václav Laurin přicházel s novými a do posledního detailu promyšlenými nápady [13]. Nástupnická organizace ŠKODA AUTO a.s. patří k největším automobilovým producentům České republiky (dále jen ČR) se sídlem v Mladé Boleslavi. Firma disponuje třemi výrobními závody. První a současně největší výrobní závod je v Mladé Boleslavi, druhý je od roku 1949 umístěn v Kvasinách a třetí je od roku 1954 umístěn ve Vrchlabí. Společnost ŠKODA AUTO a.s. se v roce 1991 stala součástí německého koncernu Volkswagen Group. ŠKODA AUTO a.s. se dlouhodobě drží na prvním místě v žebříčku tržeb podniků v ČR. Rovněž je jedním z největších exportérů a současně je jedním z největších zaměstnavatelů v rámci ČR i Středočeského kraje. Výrobní závody společnosti ŠKODA AUTO a.s. se nachází v ČR, Slovensku, Indii, Rusku, Německu a nově i v Číně [14]. Pozornost a rozpracování jednotlivých technologií v rámci firmy ŠKODA AUTO a.s. bude věnována aplikaci moderních technologií v hale M12, M13, U6A, U6B, U6C (Obr. 3.1).



Obr. 3.1 Mapa firmy ŠKODA AUTO a.s.

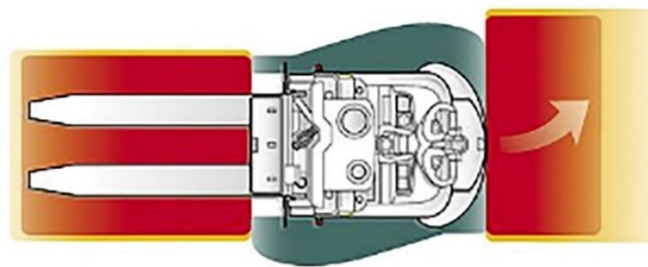
Zdroj: [15].

2.6 Použité technologie

Moderní technologie jsou příležitostí pro aplikaci ve výrobním prostředí. Zavedení nových technologií generuje vyšší finanční zisky, současně snižuje nároky na lidskou pracovní sílu a zvyšuje požadavky na kvalifikaci obsluhy. Zrychlující tempo života s sebou přináší i větší požadavky na rychlejší a modernější technologie. Vedení průmyslových společností akcentuje moderní technologie a zavádí je do výrobního procesu. Společnosti investují do modernějších technologií. Investice přináší rychlejší výrobu a inovace umožní ovládnutí hospodářského trhu. Společnost ŠKODA AUTO DigiLab s.r.o. (dále jen DigiLab), se sídlem v Praze, je dceřinou společností ŠKODA AUTO a.s.. Společnost DigiLab vznikla v roce 2017. Posláním DigiLabu je výzkum, vyhledávání trendů vývoje moderních technologií a analýza procesů zajímavých pro automobilový průmysl [16].

3.1.1 Automatické vozíky

Automatické vozíky AGV (*Automated guided vehicle*) jsou nejpoužívanější technologií v automatizovaném skladu a výrobním procesu. Vozíky AGV jsou řízeny nově vyvinutým softwarem. Pohon vozíků zajišťují bateriemi poháněné elektromotory. Ovládací software je soubor všech počítačových programů provádějící předem definovanou činnost. Software je rozdělován na dva typy: systémový a aplikační. Systémový software zajišťuje soulad chodu počítače s okolím. Aplikačním softwarem definuje uživatel počítače vykonávané funkce, např. umožňuje řízení stroje nebo automatických vozíků [17]. Automatické vozíky jsou vybaveny bezpečnostními senzory, chránícími člověka, stroj i náklad (Obr. 3.2). Automatické vozíky jsou naprogramované pro jízdu po zadaných trasách. Důležitou součástí bezpečnostního systému automatických vozíků jsou senzory k ochraně osob. Senzory disponují výstražným a ochranným polem, které neustále snímají trasu naprogramované jízdy. Pokud do výstražného pole vstoupí osoba, automatický vozík zpomalí. Pokud osoba zůstane stát, automatický vozík začne ihned brzdit, až do úplného zastavení. Současně je odeslán signál, který indikuje zablokování zařízení. U všech automatických vozíků je standardně nainstalován skener osob ve směru jízdy. V závislosti na rychlosti pohybujícího se vozíku jsou upraveny bezpečnostní snímané prostory. Čím rychleji se vozík pohybuje, tím širší je skenování jeho okolí. Širším skenováním okolí se zvětšuje i výstražný a ochranný prostor automatického vozíku.



Obr. 3.2 Pásma vozíků: červená barva – výstražné pásmo, oranžová barva – ochranné pásmo, šedá barva – boční skenery

Zdroj: [18].

Automatické vozíky snímají rovněž i okolní objekty pomocí bočních laserových skenerů. Snímáním okolí napomáhají bezproblémovému průjezdu zatáček. Boční laserové senzory snímají naprogramovanou trasu vozíku. V případě identifikace objektu zasahujícího do jízdní dráhy, software zastaví automatický vozík. Společnost ŠKODA AUTO a.s. disponuje automatickými vozíky výrobců: Still, Jungheinrich, Ceit. V hale M12, kompletace svařených dílů modelů Škoda Octavia A8 a Škoda Enyaq, jsou používány automatické vozíky EKS 215a. Automatické vozíky EKS215a jsou charakteristické maximálním nákladem 1.500 kg a zdvihem 3.500 – 6.000 mm (Obr. 3.3). Vozíky jsou využívány na zakládání palet do výrobních věží. Princip technologie spočívá v přichystání plných palet s materiálem do vychystávacího regálu. Příklad: výrobní věž detekuje prázdnou paletu. Senzor věže odesílá do centrálního systému LOGIS informaci. Systém LOGIS generuje požadavek pro automatický vozík. Vozík po předem definované dráze přijede k vychystávacímu regálu. Z regálu odebere předem připravenou plnou paletu. Paletu automaticky doručí do základny výrobní věže, současně z horní pozice věže odebere prázdnou paletu. Prázdná paleta je automatickým vozíkem přesunuta do vychystávacího regálu. Z regálu je obsluhou s vysokozdvíhým vozíkem vyměněna za plně naloženou paletu [19].



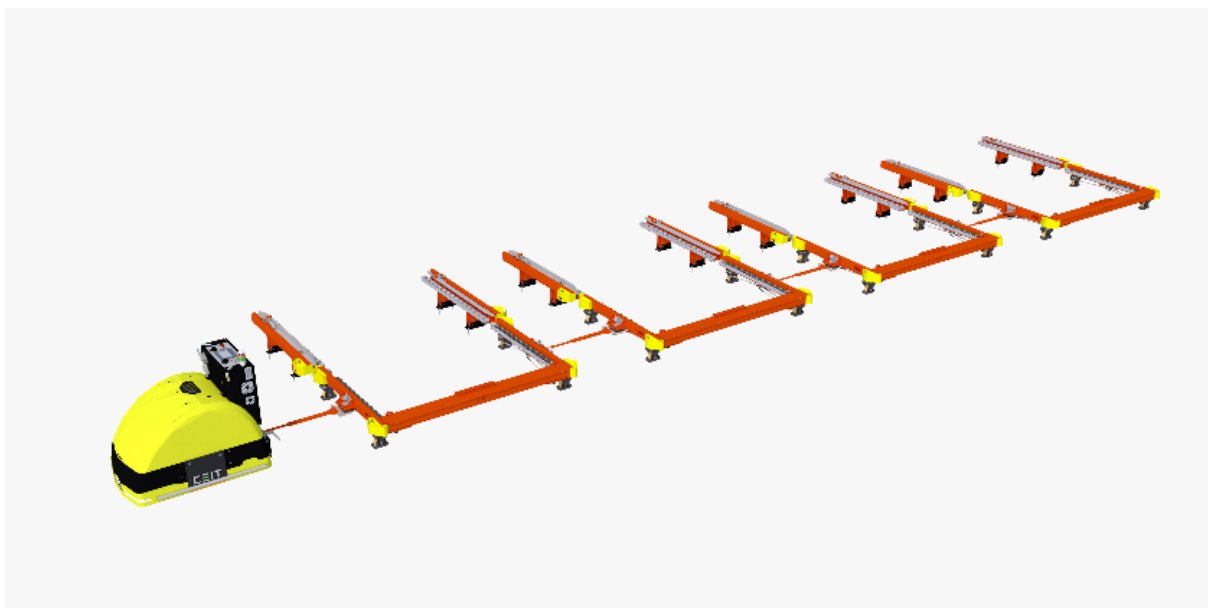
Obr. 3.3 Automatický vertikální vychystávací zařízení EKS 215a

Zdroj: [19].

Modernizace a automatizace pod označením Průmysl 4.0 je postupně aplikována do všech průmyslových odvětví. S modernizací vzrůstá i význam automatických vozíků v továrnách a skladech nové generace. Výhodou automatických vozíků je zrychlení výrobního procesu, snížení počtu zaměstnanců, zvýšení bezpečnosti, rychlá instalace a jednoduchá rozšiřitelnost. Automatické vozíky zvládnou mnoho činností: manipulace s paletami, naložení a vyložení nákladu (polotovary i hotové výrobky), přeprava nákladu a skladování. Automatické vozíky nemají jednoznačně vymezené pracovní zařazení [20].

3.1.2 CEIT (FTS)

Firma CEIT je akciová společnost se sídlem v Žilině (SK). Společnost CEIT se zaměřuje na technické, procesní a produktové inovace. Inovace jsou zaměřeny především na automobilový, strojírenský, elektrotechnický a spotřební průmysl. Inovativní řešení je výsledkem vlastního výzkumu a vývoje. Aplikované inovace umožňují podnikům technický náskok před konkurencí a pružně reagovat na změny trendů v odvětví. Hlavním předmětem podnikání firmy CEIT je komplexní automatizace interní logistiky, optimalizace a zefektivňování výrobních a logistických procesů. Důmyslné propojování fyzických průmyslových systémů a inteligentních kybernetických procesů staví společnost CEIT lídrem aplikace Průmyslu 4.0. Jednou z nejznámějších inovací od firmy CEIT jsou inteligentní mobilní roboti, známí také jako FTS (*Fahrerloses Transport System*) neboli bezobslužný transportní systém. Roboty FTS (Obr. 3.4) disponuje i firma ŠKODA AUTO a.s. Roboti FTS se starají o spolehlivou efektivní a bezpečnou automatickou logistiku v rámci výrobních hal. V rámci výrobního procesu dodávají materiál na výrobní linky a přepravují produkty z výrobních linek do skladu [21].



Obr. 3.4 Dodávka vozíků tahačem s automatickými C-rámy

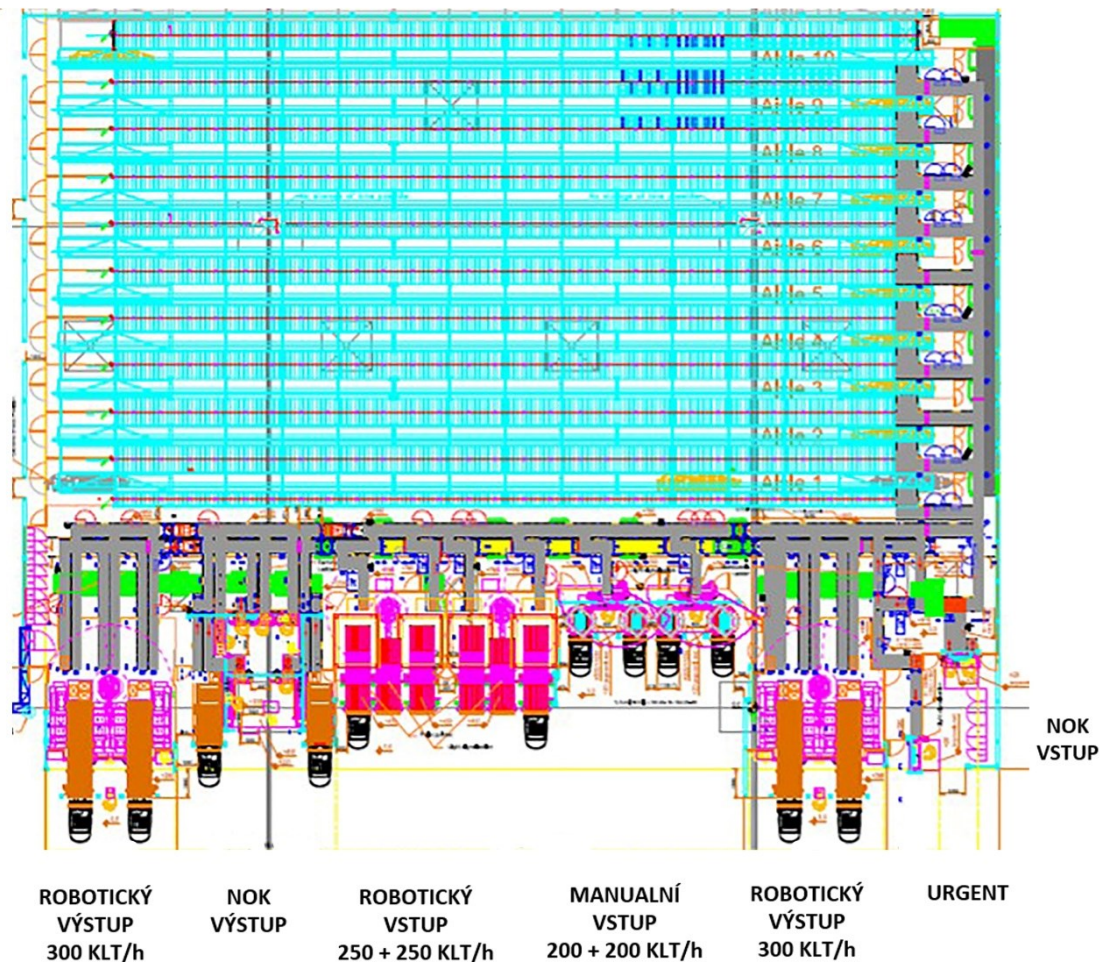
Zdroj: [21].

Tahače FTS zavedla firma ŠKODA AUTO již v roce 2011. V současné době je do výroby implementováno více než 130 kusů, ve všech výrobních závodech. Vozíky FTS se vyznačují inteligentním řízením, propojením s výrobou, ale také dobrou orientací v návaznosti na synchronizaci reálného a virtuálního světa. Do roku 2017 se vozíky pohybovaly po předem nadefinovaných cestách vyznačených magnetickou páskou. Od roku 2018 se vozíky pohybují pomocí skenování prostředí, s využitím odrazných pásek, jízdní trasy jsou definované v softwarovém prostředí. Řídicí systém importuje půdorys místa nasazení vozíku s následnou synchronizací s virtuálním podkladem. Navigace i řízení se přesouvají do virtuálního světa. Efektivní řízení logistiky zásobování vyžaduje okamžité reakce na výrobní poptávku. Propojenost vozíků FTS s jednotlivými pracovišti umožňuje přizpůsobení se aktuální výrobní situaci. Systém rychlé reakce umožňuje plynulé zvyšování produktivity práce. Vozíky FTS jsou vybaveny magnetickou nebo laserovou navigací a současně maximální nosností 6 tun. Implementované navigace umožňují automatické vyhýbání se překážkám [22].

3.1.3 AKL

Automatický sklad menších dílů neboli AKL (*Automatisches Kleinteilelager*). První sklad AKL byl postaven v roce 2017 ve výrobním závodě v Kvasinách s kapacitou

45.000 KLT boxů (*Kleinladungsträger*). Sklad AKL umožňuje efektivnější manipulaci s menšími díly, které jsou uloženy v KLT. Boxy KLT, využívané ve ŠKODA AUTO a.s., jsou stohovatelné modré plastové přepravky. Do KLT se ukládají menší díly např. šrouby, matice apod. Pomocí skladů AKL došlo k flexibilitě procesů, snížení zásob u montážních linek, zlepšení ergonomie a bezpečnosti na pracovištích. Sklad AKL je produktem Průmyslu 4.0. Jedinečnost tohoto skladu AKL spočívá v automatizaci. Příjem zboží je plně zautomatizován pomocí robotů a kamer. Automatický výdej ze skladů AKL probíhá rovněž pomocí robotů, v kombinaci s AGV (*Automated guided vehicle*) vozíky [23]. Druhý AKL sklad byl otevřen roku 2018 v Mladé Boleslavi s kapacitou 71.640 KLT (Obr. 3.5). Sklad AKL je vybaven čtrnáctimetrovým regálovým systémem. Proces naskladnění a vyskladnění obsluhují čtyři roboti, dva se starají o naskladnění a dva o vyskladnění KLT [24].



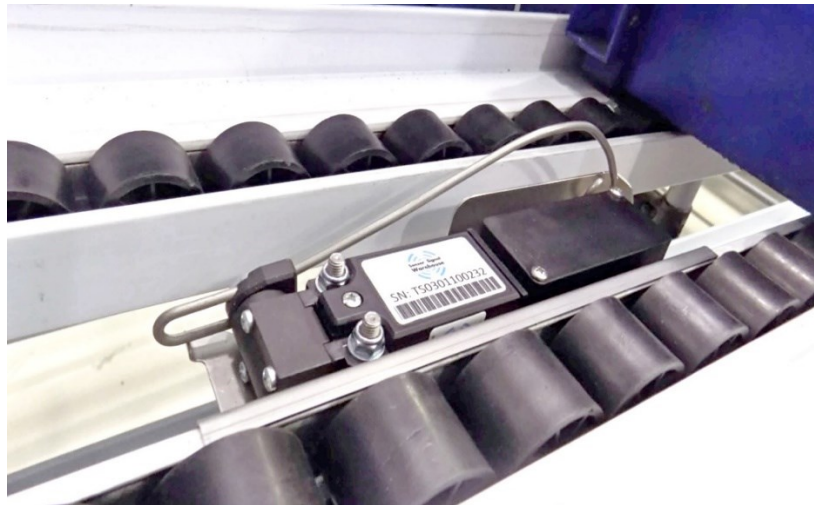
Obr. 3.5 Proces automatického skladu v Mladé Boleslavi

Zdroj: [32].

Všechny sklady ve ŠKODA AUTO a.s. jsou vzájemně propojeny systémem tzv. odvolávek. Termín odvolávka představuje systémem nebo pracovníkem linky/skladu generovaný požadavek na doplnění materiálu / součástek / náhradních dílů. Na AKL sklad jsou napojeny dva odvolávací systémy Andon a INEAS-BMA. Odvolávkový systém INEAS-BMA (*Bedarfssorientierter MaterialAbruf*, dále zkráceně BMA) zajišťuje požadavek materiálu konečné montáže - dle potřeby. Systém lze použít pouze u dílů s jedním místem spotřeby u montážní linky. Pokud se jedná o více míst spotřeby je k tomu určen systém Andon. Více generovaných požadavků na dodržení časů odvolávek a dodávek vedlo k stále přesnějším informacím v systému. V současné době jsou na systém BMA napojeny i jiné systémy. Napojeným systémem je MABES, který poskytuje přehled o zásobách disponentům. Disponenti hlídají dostatečnou zásobu pro výrobu aut. Ke zkvalitnění přehledu o zásobách přispěl i komplexní systém LOGIS – iTLS (*Logistisches Informations System – internes Transport-Leit-System*), dále jen iTLS). Systém LOGIS obsahuje přesné aktuální údaje o stavu zásob pro výrobní linky.

Pro systémem LOGIS – iTLS zaměstnanec musí vytvořit požadavek cestou Andon a následně potvrdit dodávku materiálu osobním mobilním terminálem zn. Zebra a Motorola. Na každém zařízení je instalována aplikace Andon, umožňující shromažďování požadavků z výrobních linek. Potvrzováním dodávky je definováno ukončení operace – materiál je již vyskladněný u montážní linky a současně odečten z celkových zásob systému LOGIS – iTLS. Nasazení systému LOGIS-iTLS vedlo ke zrychlení, zjednodušení a komplexnosti logistických procesů. Systém pracuje bezdrátově, v bezlicenčním pásmu 2.4 GHz. Jednotlivé moduly komunikují přes tzv. koncentrátory (přenašeč signálů modulů do hlavního systému). Koncentrátory, se síťovým polem 10 m, jsou pravidelně rozmístěny po celém výrobním prostoru. Systém BMA je napojen výlučně na montážní linku a počet aut, vyrobených za předem stanovený čas. Vyrobené vozidlo opustí výrobní úsek s předem definovaným a odečteným materiálem ze systému BMA. Systém Andon (japonské označení papírových lampionů *アンドン, あんどん, 行灯*) je logistický systém, který zajišťuje zásobování výroby. Andon pracuje formou sdružování informací o potřebách výrobní linky. Montážní linky disponují regálovým systémem s ukládáním KLT boxů. Podle potřeb si dělník montážní linky plynule odebírá díly. V rámci Andonu jsou dva moduly SSW (Obr. 3.6) a AWB. Modul SSW je bezdrátový zatěžovaný senzor v regálech u výrobní linky. Aktivní, KLT boxem zatížený senzor informuje systém Andon o tzv. úplném stavu. Pokud si dělník odebere KLT, deaktivuje (odtíží) senzor SSW. Senzor automaticky generuje požadavek na doplnění, pro systém Andon tzv. odvolávku.

Automaticky vytvořená odvolávka je systémem předána do centrálního AKL skladu. Senzory SSW disponují i provozy haly M13, výroba modelů Škoda Octavia a Škoda Enyaq.



Obr. 3.6 SSW senzor umístěný na válečkovém skluzu v regálu

Zdroj: [32].

Hala M12 používá i druhý modul AWB (Obr. 3.7). Volně závěsný senzor AWB je umísťován na výrobní linky, k navážení velkých GLT (*Großladungsträger*) palet, nebo potřeb robotických věží. Senzor AWB manuálně ovládá dělník svařovací linky. Při odběru paletovaného materiálu pod kritickou mez dělník aktivuje senzor. Senzor AWB generuje požadavek na doplnění, pro systém Andon tzv. odvolávku. Manuálně vytvořený požadavek (odvolávka) je systémem předán do meziskladu.



Obr. 3.7 AWB senzor

Zdroj: [32].

3.2 Využívané technologie ve ŠKODA AUTO a.s.

3.2.1 Hala M13

Hala M13 je výrobní prostor s nejnovějšími aplikovanými technologiemi řazenými do Průmyslu 4.0. Typickým příkladem jsou užití odvolávací technologie Andon a BMA při dodávkách materiálu. V rámci zkvalitňování logistického procesu dopravy materiálu, pomocí palet KLT a GLT, jsou aplikovány další moderní technologie např. propojení montážní haly M13 a poloautomatického skladu palet GLT ve skladu U6C pomocí automatického dopravníku.

3.2.2 Poloautomatický sklad U6C

Označení poloautomatický sklad vychází z manipulace palet GLT s materiálem, je realizována pomocí poloautomatických vozíků zn. STILL. Poloautomatický sklad U6C je opticky rozdělen na přízemí a patro pomocí regálové techniky. Zde uskladněný výrobní materiál je vychystáván a dopravován na halu M13 pomocí *just in sequence*. Zaměstnanci skladu vychystávají požadovaný materiál do sekvenčních vozíků. Naplněné sekvenční vozíky jsou umísťovány do definovaných pozic automatického dopravníku. Dopravník automaticky přemístí materiál do haly M13. Operátoři logistiky haly M13 pomocí tahačů LTX 50 rozvezou sekvenční vozíky s materiálem na určená místa spotřeby. Tahače STILL LTX 50 s maximální nosností až 5.000 kg a rychlostí až 14 km/h zabezpečují rozvoz materiálu v nejkratším čase. Vozíky zn. STILL se pohybují částečně automaticky. Automatický pohyb po skladu je realizován pomocí polohových a polohovacích senzorů. Sensory vozíků umožňují automatický pohyb po definovaných trasách a současně i automatické navádění ke správné pozici GLT palety. Po celou dobu jízdy odpovědnost za bezpečnost osob a nákladů nese řidič vozíku. Zautomatizované funkce vozíků usnadňují práci řidiči. Snížené nároky na pozornost řidiče při hledání pozic a pohybu po trasách zvyšují produktivitu práce a bezpečnost práce. Poloautomatické vozíky jsou vybaveny asistenčním systémem *iGo pilot navigation*. Asistenční systém umožňuje rychlý pohyb i v úzkých skladových uličkách. Asistenční systém je napojený na tzv. smart skladové technologie, propojující veškeré procesy do jednoho komplexního celku. Systémem předem definované skladové místo, řidiči usnadňuje vychystávání materiálu. Když řidič přijme další zakázku na materiál, vozík automaticky najde skladové místo materiálu. Dalším modulem pro správné fungování poloautomatických vozíků je

technologie RFID. Systém RFID (*Radio Frequency Identification*) je identifikace materiálu / zboží pomocí radiových frekvencí, již od roku 1983. Systém RFID navazuje a částečně i nahrazuje původní, stále funkční systém čárových kódů z roku 1974. Technologie užitá ve ŠKODA AUTO a.s. je založena na nalepování RFID transpondérů (elektronický čip ve formě samolepky). Aktivní transpondéry s normovanou velikostí 8 x 23 cm jsou umístěny po celém skladu U6C. Systém rozmístění orientačních transpondérů usnadňuje pohyb poloautomatickým vozíkům po skladu. Aktivní transpondéry vysílají radiové signály, po jejichž přijetí a zpracování řídicí systém vozíků určuje vlastní polohu.

Další aktivně využívanou technologií je systém čárových kódů. Čárové kódy, jednotlivých dílů / materiálů se standardizovaně umísťují na stojinu regálu, ve výši 500 mm nad podlahou. Optická čtečka vozíku, umístěná ve stejné výši, čárové kódy průběžně načítá. Z údajů dodaných ze systému RFID a čárových kódů dílů / materiálů přesně nachází výchozí pozici pro manipulaci s paletami. Společnost ŠKODA AUTO a.s. aktivně využívá modulárních regálových vozíků zn. STILL, model MX-X, splňující nejvyšší požadavky pro funkčnost a flexibilitu pohybu v úzkých regálových uličkách. Model MX-X (Obr. 3.8) disponuje maximálním: zdvihem až 18 m, nosností až 1.5 tuny a rychlostí až 14 km/h [25].



Obr. 3.8 Modulární regálový vozík zn. STILL, model MX-X

Zdroj: [25].

3.2.3 Poloautomatický sklad U6A

Označení poloautomatický sklad vychází z manipulace palet GLT s materiálem, je realizována pomocí poloautomatických vozíků zn. STILL. Poloautomatický sklad U6A je opticky rozčleněn regálovou technikou. Parametry skladu jsou shodné se skladem U6C. Rozdíl mezi sklady je ve využívané technologii vyskladňování. Sklad U6C vyskladňuje pomocí systému *just in sequence*. Poloautomatický sklad U6A vyskladňuje celé GLT palety pouze pomocí metody FIFO (*first in first out*). Koncepce FIFO vychází z dodržovaného předpokladu striktního vyskladňování nejstarších zásob – neboli první dovnitř první ven.

3.2.4 Sklad U6B

Skład U6B je opticky rozdělen na dvě části. První část je plně automatický sklad AKL. Druhá část je rozšíření regálového poloautomatického skladu U6A. Palety GLT ze skladů U6A a U6B jsou dopravovány pomocí automatického dopravníku na halu M13. V hale M13, za využití párovací technologie od firmy PROMUS s.r.o. je GLT paleta umístěna na podvozek – tzv. spárována. Spárovaná GLT paleta je zaměstnancem manipulována na příslušné místo výroby. Pro zajištění ergonomie pracoviště zaměstnanců společnost ŠKODA AUTO a.s. disponuje i tzv. depárovací technologií od firmy AS Elektrik s.r.o. Depárovací technologie umožňuje automatické vyzvednutí prázdné GLT palety z podvozku, přiděleného po příjezdu do haly M13. Spárované komplety (prázdná GLT paleta a podvozek) jsou zaměstnancem vloženy do depárovací technologie. Depárovací technologie automaticky oddělí podvozek a paletu. Podvozek je automaticky přepraven do zásobníku dopravníku, pro budoucí uložení nové plné GLT palety. V okamžiku naplněnosti zásobníku jsou podvozky tzv. stohovány. Stohování podvozků je v současné době automatické. Obsluha stohovací technologie od firmy Lipraco s.r.o. prázdné podvozky deponuje do základny funkčního prototypu stohovacího stroje. Po umístění prázdného podvozku do základny, je systém obsluhou vyzván, k vyzvednutí podvozku. Čtyři prázdné podvozky jsou vyzvednuty a umístěny do regálového držáku podvozků. Po naplnění regálového držáku podvozků je regál automatikou vytlačen mimo základnu stohovacího stroje. Stohované podvozky v regálech jsou soustředěny na centrální uložení podvozků.

Prázdné GLT palety jsou z depárovací technologie automaticky dopravovány do venkovního skladu. Po dopravení GLT palety do skladu jsou GLT palety zaměstnanci vyčištěny a složeny do transportní (skladové) velikosti pro optimální a úsporné uložení před dalším použitím (Obr. 3.9).



Obr. 3.9 Palety GLT

Zdroj: [32].

Návrat vyprázdněných GLT k subdodavatelům je řešen pomocí kamionové vytěžovací dopravy. Standardizovaný kamion s ložným prostorem: 13.600 x 2.480 x 3.000 mm převeze 42 ks plných GLT palet materiálu (1.800 x 1.200 x 1.000 mm). Po složení GLT palety (1.800 x 1.200 x 200 mm) je možno do ložné plochy kamionu naložit 210 ks GLT palet. Vytěžovací kamionová doprava a možnost složit GLT do úsporné transportní velikosti umožňují efektivně využívat kapacity dopravy. Celková úspora dopravou složených GLT palet jsou 4 kamiony na každých 210 palet. Celkový počet GLT dopravovaných do ŠKODA AUTO a.s. za jeden rok je 107.650 kusů. Celková úspora je 512 jízd kamionů. Snížení počtu transportních jízd znamená i čtyřnásobné snížení požadavků na lidskou práci, prodloužení životnosti komunikací, snížení dopravního hluku, prachu a ostatních složek životního prostředí. Velmi sledovanou položkou je tzv. uhlíková stopa. Snížením potřeby dopravy dochází i k výraznému snížení exhalací. Snížením exhalací dochází i k přímému pozitivnímu ovlivnění uhlíkové stopy. Palety GLT jsou přepravovány nákladními vozidly s maximální nosností 24 tun. Hmotnost jedné prázdné, složené GLT je 55 kg. Maximální možná ložní plocha vozidla činí 210 ks prázdných GLT palet. Celková hmotnost GLT palet, při plném obsazení, činí 11.550 kg. Jedna z průměrných vytěžovacích tras, ze ŠKODA AUTO a.s. do Volkswagen Slovakia, představuje vzdálenost 374 km. Za období jednoho roku bude uspořeno celkem 512 jízd nákladních vozidel. Celková úspora představuje 180.884,48 kg/CO₂ a současně i finanční úsporou na pohonných hmotách ve výši 846.000 Kč/ročně [37].

Celkové emise na přepravu (dle hmotnosti nákladu a přepravní vzdálenosti):			
Celkem WtT + TtW	kgCO₂e	353,29	i
Celkem Well-to-Tank	kgCO ₂ eWTT	50,02	i
Celkem Tank-to-Wheel	kgCO ₂ eTTW	303,27	i

Celkové emise na přepravu dle původu (dle hmotnosti nákladu a přepravní vzdálenosti):			
Emise na přepravu 1 t nákladu na danou vzdálenost:			
Emise na přepravu daného nákladu na vzdálenost 1 km:			
Emise na přepravu 1 t nákladu na vzdálenost 1 km:			

EXPORT pro MS Excel	EXPORT v HTML
---------------------	---------------

Finanční hodnota emisí CO₂ na přepravu:			
Celkem WtT + TtW	353,29 kgCO₂e	63,59 €	i

Obr. 3.10 Výpočet CO₂

Zdroj: [32].

4 Analýza prostředí s využitím technologií Průmyslu 4.0

Technologie AGV je popsána v kapitole 3.1.1, včetně nasazení do jednotlivých hal a provozů ve ŠKODA AUTO a.s. Analýza aktuálního stavu se vztahuje k nákladům na modernizaci výrobních prostor, skladovacích ploch a kapacit, snížení počtu zaměstnanců a využití moderní techniky ve výrobním prostředí společnosti ŠKODA AUTO a.s. v Mladé Boleslavi.

4.1 Zásobování linek technologií AGV

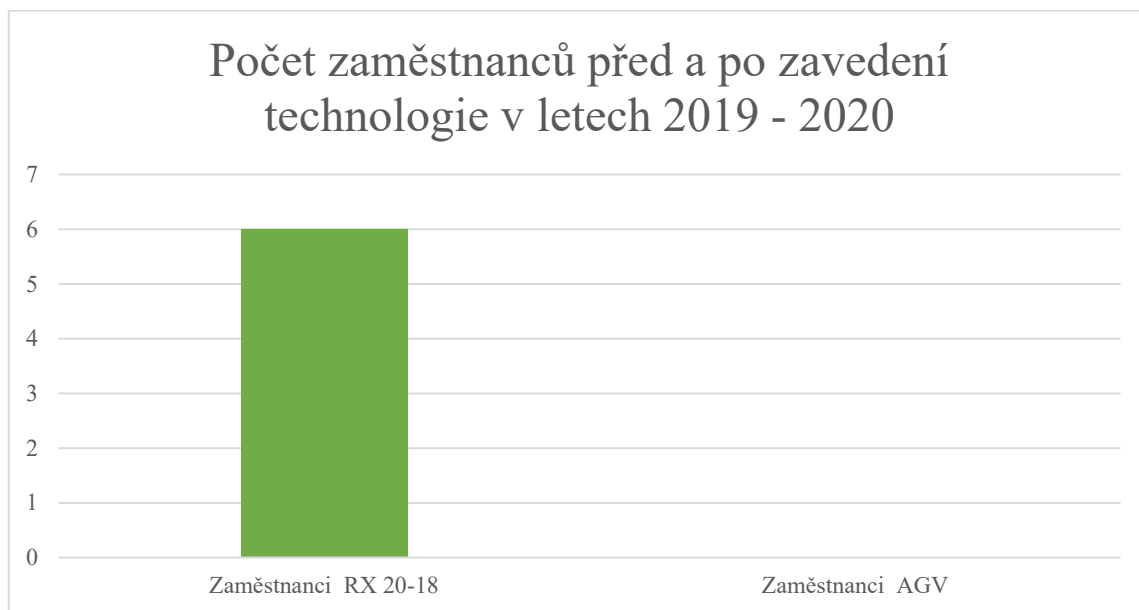
Svařovna je situována do výrobních prostor s interním označením: Hala M12. Prostor svařovny je rozčleněn do čtyř výrobních celků, podle výrobních linek. První celek – platforma, druhý celek – panelové díly, třetí celek – rámy a čtvrtý celek – finální linka. Třísměnný provoz je realizován na všech linkách, všech výrobních celků. Celková produkce je až 1.050 vozů denně. Výrobní linky v hale M12 – obsluhuje 290 zaměstnanců logistiky. Povinnostmi pracovníků logistiky je zajistit plynulou dodávku materiálů, pro bezvadný chod výrobních linek. Celková vstupní investice do pořízení nové technologie AGV (3 ks vozíků) činila v roce 2019 rovných 15.000.000 Kč. Dodaná technologie AGV obsahuje: dopravní systém AGV, komplexní softwarové vybavení komunikace systému AGV s výrobní linkou, propojení systému AGV s odvolávacím systémem Andon, předávací paletové regály a stojan nabíječky.

4.2 Analýza nákladů na zaměstnance

V letech 2018–2019 společnost ŠKODA AUTO a.s. zaměstnávala v hale M12, produkce modulu Škoda Octavia, na technologii STILL RX20-18 celkem 209 zaměstnanců. V období 2020 do současnosti je zaměstnáno v hale M12 celkem 290 zaměstnanců. Navýšení o 87 zaměstnanců je podmíněné nástupem nového modelu Škoda Enyaq. Nasazením nové technologie AGV na původní lince byl snížen počet zaměstnanců nutných pro bezproblémový chod třísměnného skladu o 2 zaměstnance na směnu. Celkem bylo uspořeno 6 pracovních pozic (Graf 4.1). Celkové průměrné náklady na jednu pracovní pozici činí v současné době 1.200.000 Kč ročně. Celkový roční náklad

na pracovní pozici obsahuje: pracovní oděvy, ochranné pomůcky, povinná školení a následná přezkoušení, daně a plat zaměstnance.

Snížením počtu nutných pracovních pozic, ve třísměnném provozu, bylo ušporeno 6 zaměstnanců. Celková úspora nákladů na pracovní pozice na jeden rok činí 7.200.000 Kč. Celkové úspory za dva roky provozu činí 14.400.000 Kč. Plná návratnost ceny nového systému AGV, počítaná snížením počtu zaměstnanců, je za 25 měsíců od instalace, při konstantních cenách vstupů.



Graf 4.1 Úspora zaměstnanců nasazením technologie AGV

Zdroj: [33]

4.3 Analýza pohonů systému manipulace

Původní transportní technologie, v období 1978-1998, byla realizována pomocí vysoko zdvižných vozíků na naftový pohon. V rámci snahy přechodu na zelenou energii a zlepšení zaměstnaneckého a životního prostředí společnost ŠKODA AUTO a.s. přešla na využívání elektrických vozíků. V období 2018-2020 bylo používáno celkem 80 ks elektrických vozíků STILL RX 20-18. Pro pohon byly používány lithium-iontové baterie s kapacitou 575 Ah. Kapacita jedné baterie umožnila provoz vozíku podobu 8 hodin. V průběhu jedné směny (7.5 h) musela být měněna za druhou baterii. Docházelo k průběžnému rovnoměrnému zatěžování dvou baterií na jednom vozíku. Technologie vozíků AGV od firmy Jungheinrich disponuje nejmodernější lithio-iontovou baterií s kapacitou 360 Ah, s průměrnou výdrží 8 hodin, rovněž jedna pracovní směna. Výhoda

baterií vozíků AGV je nízká hmotnost, nižší kapacita, vyšší účinnost a průběžné automatické dobíjení. V okamžiku nenasazení vozíku do přepravy materiálu pro výrobu, vozík AGV zajíždí do dobíjecí stanice. U původní technologie STILL bylo nutné manuální dobíjení a fyzická výměna baterií. ŠKODA AUTO a.s. disponuje vlastní elektrárnou. Provozem elektrárny jsou eliminovány náklady na cenu elektrické energie. Současně nejsou v provozech ŠKODA AUTO a.s. umístěny celkové ani dílčí měřiče energie, umožňující porovnat efektivitu práce vozíků.

4.4 Analýza servisních poplatků

Měsíční servisní poplatky na STILL RX 20-18 činily 246.000 Kč na jeden vozík. Cena zahrnovala pronájem, základní servis – závady vzniklé dodavatelem.

V září 2020 byla nasazena nová technologie AGV. Do skladu M12 byly nasazeny 2 vozíky AGV. Zakoupeny jsou však 3 vozíky AGV, neboť v březnu 2021 byla výrobní linka rozšířená o zavážení dalšího výrobního celku modelu Škoda Enyaq. Dostavbou byl plně vytížen vozový park AGV vozíků, bez nutnosti dalších investic do rozšíření technologie AGV. Měsíční servisní náklady na jeden vozík AGV činí 256.000 Kč. Cena zahrnuje tzv. full závady (závady vzniklé výrobou vozíku: nedostatečná kapacita baterie, nefunkční volant), nikoliv závady vzniklé provozem. Základní záruční doba na dodanou technologii AGV je dva roky. Závady vzniklé neodbornou manipulací (ulomené zpětné zrcátko, nabourání karoserie atp.) a běžné opotřebení (např. sjeté pneu), jsou hrazeny vždy nad rámec ročních servisních nákladů. Náklady jsou vždy hrazeny z prostředků střediska č. 3412 na účet dodavatele zajišťujícího servis vozíků AGV.

Přechodem z technologie STILL RX20-18 na technologii AGV, byl snížen počet vozíků o 3 kusy. Základní měsíční servisní poplatky se zvedly o 10.000 Kč na jeden vozík AGV. Současně provedeným šetřením byla zjištěna úspora na provozních opravách ve výši 108.800 Kč, v porovnání se stejným obdobím systému RX 20-18, za prvního půl roku používání. Úspora plyne ze systému automaticky řízených vozíků, s využitím ochranných pásem vozíků AGV. Průměrná měsíční úspora nasazením technologií činí 18.133 Kč. Průměrná roční úspora nasazením technologie AGV při úspoře na provozních nákladech činí 217.596 Kč.

Celková roční úspora nasazením technologie AGV s uvolněním 6 pracovních pozic činí 7.200.000 Kč. Roční úspora novými vozíky činí 217.596 Kč. Kumulativní roční úspora

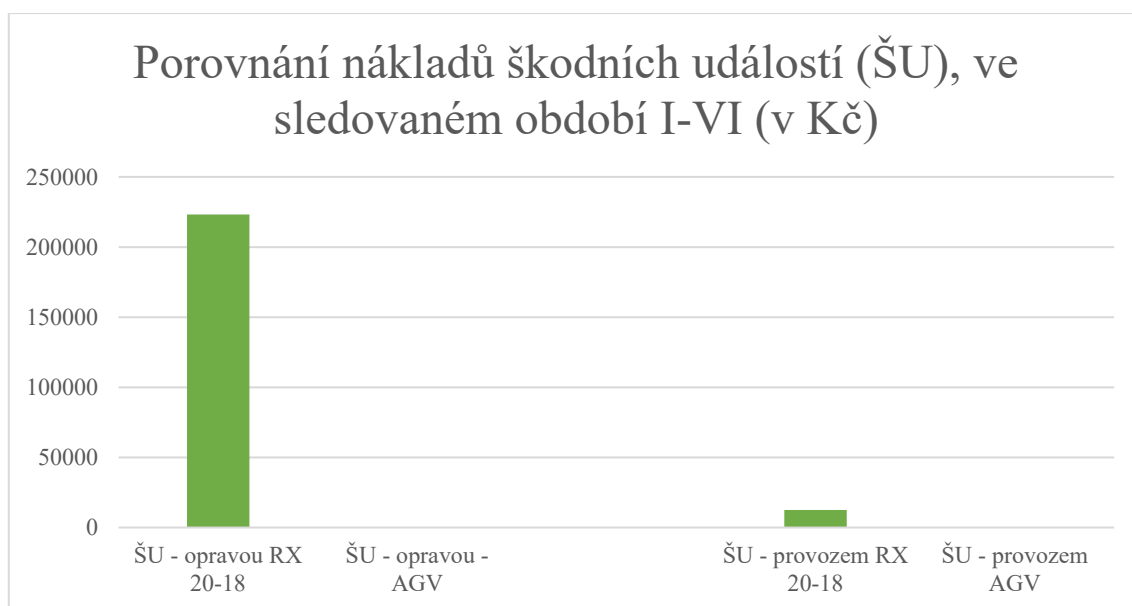
(úspora zaměstnanců s nasazením nových technologií) činí 7.417.596 Kč. Průměrná měsíční úspora činí 618.133 Kč. Návratnost technologie činí pouhých 24,3 měsíce.

4.5 Analýza materiálové manipulace

Nedílnou součástí materiálové manipulace jsou i provozní havárie a nehody. V období 2018-2019 se v hale M12 stalo celkem 51 škodních událostí. Celkem 51x byl poškozen elektrický vozík STILL RX20-18 nevhodnou jízdou (náráz do regálů, srážky vozíků). Celková škoda, za dva roky, činí 893.000 Kč. Průměrná měsíční škoda činí 37.208 Kč. Celkem 15x byl poškozený přepravovaný skladový materiál (pád palet z regálu – při vyskladňování nebo stohování). Celková škoda, za dva roky, činí 50.000 Kč. Průměrná měsíční škoda činí 2.083 Kč. A ve dvou případech bylo evidováno i poškození lidského zdraví, nevhodnou a neopatrnou jízdou. Úhrnná doba léčení 12 měsíců s následky.

V období od listopadu 2020 do dubna 2021 (kontinuální využívání v délce 6 měsíců), doba provozu technologie AGV, není evidován žádný pracovní úraz, žádné poškození přepravovaného materiálu a ani poškození vozíků nevhodnou jízdou.

Kumulativní měsíční škoda na technologii elektrických vozíků činila: 39.291 Kč. Kumulativní měsíční škoda na technologii AGV činí 0 Kč. Za sledované období byla uspořena částka 235.746 Kč (Graf 4.2).



Graf 4.2 Porovnání škodních událostí u technologie RX 20-18 a technologie AGV

Zdroj: [33].

Tab. 4.1 Úspory nasazením technologie AGV (v Kč)

	Technologie RX 20-18 náklady první půl rok používání (Kč)	Technologie AGV Náklady první půl rok používání (Kč)
Pořízení technologie	Pouze pronájem	15.000.000
Zaměstnanci	3.600.000	0
Fixní servisní náklady	4.428.000 (leasing)	4.608.000
Škodní události – opravy	223.248	0
Škodní události – provozem	12.498	0
Celkové náklady	8.276.248	4.608.000
Úspory	-	3.668.248

Zdroj: [33].



Graf 4.3 Celkové porování nákladů

Zdroj: [33].

5 Výkaz cash flow

Výkaz *cash flow* představuje tok peněžních prostředků (Obr. 5.1), příjmy a výdaje za určité období v peněžních jednotkách. Mezi příjmy jsou řazeny reálné peníze, které podniku přitekly. Do výdajů jsou řazeny reálné peníze, které podnik opustily. Za prostředky *cash flow* jsou považovány nejen peněžní prostředky, ale také peněžní ekvivalenty, např. cenné papíry, krátkodobé pohledávky se splatností do 3 měsíců. Peněžní ekvivalenty představují krátkodobý finanční majetek – prostředky směnitelné za předem stanovenou částku. Peněžní ekvivalenty, akcie a dluhopisy tvoří hlavní část aktiv. U podniku je *cash flow* důležitým podnětem pro zjištění prosperování podniku tvořícího zisk. Výkaz *cash flow* dělíme na: provozní, investiční a finanční činnost. Provozní činnosti představují všechny peněžní prostředky, vyplývající z hlavní činnosti podniku. Investiční činnosti představují pořízení nebo prodej hmotného a nehmotného majetku, a dále např. poskytování dlouhodobých půjček a přijímání jejich splátek. Finanční činnosti představují finanční toky, ovlivňující cenu za jednotku, např.: přijaté půjčky nebo úvěry ovlivňující navýšení kapitálu dané firmy a výplaty zaměstnanců [35]. U technologie AGV je zohledněno investiční *cash flow*, využívající investičních výdajů např. nákupy technologií. Podnik investuje v rámci rozvoje do technologií Průmyslu 4.0. Výkaz peněžních prostředků je sestavován přímou a nepřímou metodou. Přímá metoda je založena na čistých peněžních prostředcích: příjmy a výdaje firmy. Nepřímá metoda je založena na hospodářském výsledku.

Cash flow	
Počáteční stav peněžních prostředků	Výdaje
Příjmy	Konečný stav peněžních prostředků

Obr. 5.1 Výkaz cash flow

Zdroj: [33].

Při výpočtu *cash flow* je nutné diskontovat, tzn. přepočítat na současnou hodnotu. Diskontní sazba je dána Českou národní bankou a představuje výnosovou míru. Výnosovou mírou jsou diskontovány budoucí peněžní prostředky na současnou hodnotu, tzn. úrokovou sazbou. Přepočet představuje požadovaný výnos investice. Na základě *cash flow* dochází k výpočtu SHCF (současné hodnoty cash flow). Metoda SHCF počítá s budoucími finančními prostředky a informuje o výši přínosu investice za definovanou dobu životnosti (technologie AGV). Pokud by došlo k záporné hodnotě SHCF, zamýšlená investice je ztrátová.

$$SHCF = \frac{CF_1}{(1+k)^1} + \frac{CF_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+k)^n} = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} \quad (5.1)$$

SHCF – současná hodnota cash flow (p.j.)

CF_t – hodnota cash flow v daném roce (p.j./období)

k – diskontní sazba (%)

t – rok

n – očekávaná životnost investice (roky)

Následně dochází k výpočtu čisté současné hodnoty: „Čistá současná hodnota investice je dána rozdílem mezi současnou hodnotou cash flow a investičními náklady“ [34].

$$\check{C}SHI = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - IN \quad (5.2)$$

ČSHI – čistá současná hodnota investice (p.j.)

CF – hodnota *cash flow* (p.j.)

k – diskontní sazba (%)

t – rok

IN – náklady (p.j.)

n – očekávaná životnost investice (roky)

ŠKODA AUTO a.s. v roce 2019 provedla přechod na technologii AGV. Technologie AGV je daňově odpočitatelná, neboť překročila částku 80.000 Kč. Nejnižší částka, daňově odpočitatelná, je ve výši 80.000 Kč. Po překročení částky může investor technologii odepisovat v daňovém přiznání po předem stanovenou dobu, dle daňové skupiny. Daňový odpis tvoří část vstupní ceny, kterou investor (ŠKODA AUTO a.s.) může uplatnit jako daňově uznatelnou položku za jeden rok. Odpisové skupiny hmotného majetku jsou rozděleny do 6 skupin (Tab. 5.1). Technologie AGV je zařazena do odpisové skupiny 2 s daňovým odpisem 5 let [36].

Tab. 5.1 Odpisové skupiny hmotného majetku

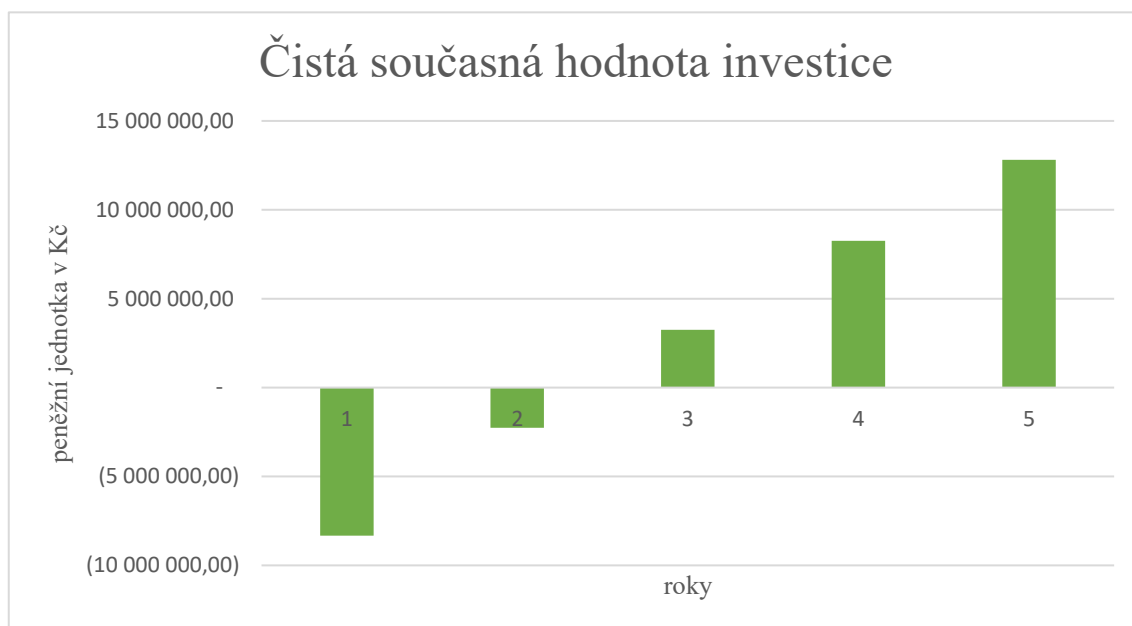
Odpisová skupina	Hmotný majetek	Doba odepisování v letech
1	počítače, administrativní potřeby, nářadí	3
2	pracovní technologie, automobily, nábytek	5
3	výtahy, klimatizace	10
4	osvětlení budov, budovy ze dřeva a plastů	20
5	výrobní budovy, dálnice, silnice, mosty	30
6	školy, kulturní památky	50

Zdroj: [33].

Tab. 5.2 Čistá hodnota investice (v Kč)

k	5,00%				
Rok	1	2	3	4	5
Úspora	7 336 496	7 336 496,00	7 336 496,00	7 336 496,00	7 336 496,00
IN	- 15 000 000				
SHFC	6 987 139,05	6 654 418,14	6 337 541,09	6 035 753,42	5 748 336,59
ČSHI	- 8 012 860,95	- 1 358 442,81	4 979 098,27	11 014 851,69	16 763 188,28

Zdroj: [33].



Graf 5.1 Čistá současná hodnota investice

Zdroj: [33].

Kladný výsledek čisté současné hodnoty investice představuje výnos investic po pořízení technologií Průmyslu 4.0 (Tab. 5.2). Dochází k navýšení peněžních prostředků firmy. Záporný výsledek čisté současné hodnoty investice představuje investici do technologií Průmyslu 4.0., která je ztrátová. Návratnost investice jsou pouhé dva roky. Obecné vyjádření základního pravidla investice zní: čím kratší je doba návratnosti do technologie, tím je investice výhodnější. Kratší doba návratnosti, než je doba životnosti technologie, představuje základní pilíř úspěšné investice. Doba návratnosti je charakterizována postupným načítáním ročních částek současné hodnoty *cash flow*. Doba návratnosti představuje období od zahájení projektu až do nulové současné hodnoty.

Analýza citlivosti

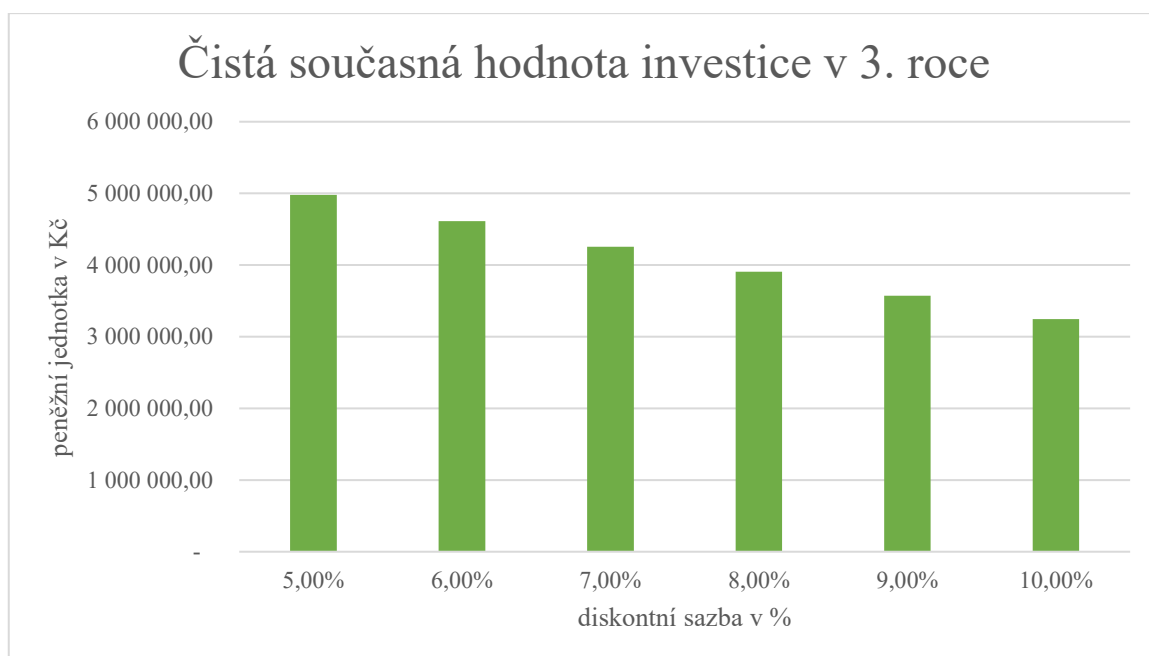
Analýzu citlivosti lze provést pro každý model výpočtu. Do výpočtu analýzy citlivosti je nutno zadat všechny povinné proměnné. Účelem citlivostní analýzy je zjistit výraznost ovlivnění výsledku vstupními daty. Pro výpočet u technologie AGV byla vstupní data pozměněna diskontní sazbou. Výpočet představuje změnu čisté současné hodnoty investice. Výchozí hodnota představuje 3letá čistá současná hodnota, jelikož očekávaná doba návratnosti dané investice je 2 roky (Tab. 5.3). Výpočtová tabulka představuje

výpočtové změny, ovlivněné vstupními daty. V případě nepatrných změn, jsou výsledné hodnoty odolné vůči vstupním změnám. Z pohledu investora, je takový případ příznivým a očekávaným výsledkem. V případě výrazných změn, jsou výsledné hodnoty velmi citlivé. Vyšší ovlivněná citlivost představuje vyšší rizikovost finanční operace.

Tab. 5.3 Analýza citlivosti

k	5,00%	6,00%	7,00%	8,00%	9,00%	10,00%
ČSHI v 3. roce	4 979 098,27	4 610 541,48	4 253 284,16	3 906 861,74	3 570 833,19	3 244 779,68

Zdroj: [33].



Graf 5.2 Analýza citlivosti

Zdroj: [33].

6 Zhodnocení technologie AGV

Každá nová technologie má silné, ale i slabé stránky oproti původní technologii. Silné stránky poukazují na optimalizaci celého procesu, naopak slabé stránky poukazují na možná úskalí spojená s moderní technologií. Při konečném rozhodování o investici jsou tyto silné a slabé stránky prioritou pro rozhodnutí o realizaci, nebo zamítnutí technologie. Nasazením nové technologie AGV došlo k automatizaci celého procesu a tím i k úspoře personálu. Náklady na personál patří k největší položce firmy. Proto je v dnešní době čím dál modernější vyměnit zaměstnance za automatickou technologii. Technologie navíc neuspořila pouze personál, ale došlo i k úspoře při manipulaci. Tím, že je technologie vybavena několika skenery, snímajícími celou dobu prostor okolo vozíku, došlo k eliminaci poškození přepravovaného materiálu, ale i ochraně před poškozením samotné technologie. Oproti původní technologii RX 20-18, která byla obsluhována lidmi, nemůže dojít k záměně palety s materiálem. Vozík dostane automatickou odvolávku na danou paletu s materiálem, která je označena QR kódem. Technologie navíc disponuje baterií, která vydrží mnohem déle než u předchozí technologie. Další výhodou je automatické dobíjení. Díky softwaru, kterým disponuje automatický vozík je umožněn dohled nad technologií, zda nedošlo k poruše. Mezi slabé stránky můžeme naopak zahrnout výpadek systému. Jelikož se jedná o moderní technologii, propojenou na systémy, tak při výpadku se zastaví i automatické zavážení robotických linek. Pro tyto problémy jsou ve firmě vytvořeny tzv. nouzové strategie. Ve strategiích je detailně popsán postup při výpadku systému, aby nedošlo k ohrožení výrobní produkce. U těchto technologií je nouzovou strategií tzv. stará technologie – robotické linky začnou obsluhovat vozíky RX 20-18 s personálem. Nouzové strategie jsou pravidelně testovány, aby docházelo k bezproblémové obslužnosti, neboť se nová technologie osvědčila z hlediska úspor, výnosů, ale i efektivnosti celého procesu. Díky této optimalizaci je v budoucnu naplánováno aplikování tohoto řešení pro více výrobních úseků na hale M12. Např. výrobní úsek platformy pro model Enyaq (1 AGV) a výrobní úsek finální linky modelu Enyaq (3 AGV). Po vzoru haly M12 bude docházet k optimalizaci dalších výrobních hal.

Závěr

Cílem této práce bylo popsat teorii produkční funkce, vývoj průmyslu s teoretickými východisky, související s vývojem moderních technologií. V úvodu práce je popsána produkční funkce a problematika fixních a variabilních nákladů kapitálu. V další části je popsána evoluce průmyslu a moderních technologií a chronologické řazení od Průmyslu 1.0 po Průmysl 4.0. Celá bakalářská práce je vztažena na společnost ŠKODA AUTO a.s. se sídlem v Mladé Boleslavi. Velký důraz je kladen na moderní technologie nasazené ve firmě ŠKODA AUTO a.s. vztažené na haly M12, M13, U6A, U6B a U6C. U jednotlivých technologií je popsána provázanost s logistickými systémy, hlídajícími včasné navážení materiálu k výrobním linkám a dostatečné zásoby na jednotlivých skladech. Největší část bakalářské práce je věnována nejmodernější technologii AGV vozíků v hale M12. Nasazením technologií došlo k optimalizaci logistického procesu, úspoře zaměstnanců a eliminaci škodných událostí při manipulaci s materiálem. Popis technologií je následován i výpočtem *cash flow*. Finanční toky poukazují na návratnost investice v jednotlivých letech. Poslední kapitola je věnována zhodnocení celého projektu a možnému nasazení této technologie na více úsecích v rámci výrobní haly M12.

Pozitivním dopadem bakalářské práce je potvrzení oprávněnosti nasazení nové technologie AGV a optimalizace procesů po vzoru technologií Průmyslu 4.0 ve ŠKODA AUTO a.s.

Provedená analýza vstupů, ve smyslu teorie produkční funkce, potvrdila očekávaný předpoklad: při nasazení nových technologií lze zachovat produkci v původní výši i přes snížení počtu zaměstnanců.

Seznam zdrojů

- [1] Průmyslová revoluce. Technickytydenik.cz: Od 1. průmyslové revoluce ke 4. [online]. 4. 5. 2015 [cit.2021-1-15]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html.
- [2] Strojírenství. Wikipedia.org: Strojírenství [online]. 16. 2. 2021 [cit.2021-1-15]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Stroj%C3%ADrenstv%C3%AD>.
- [3] Metalurgie. Wikipedia.org. Metalurgie [online]. 17. 6. 2020 [cit.2021-1-15]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Metalurgie>.
- [4] Uhlí. Wikipedia.org. Uhlí [online]. 20. 3. 2021 [cit.2021-1-15]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%AD>.
- [5] Koks. Wikipedia.org. Koks [online]. 20. 9. 2020 [cit.2021-1-15]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Koks>.
- [6] Michael Faraday. Wikipedia.org. Michael Faraday [online]. 24. 10. 2020 [cit.2021-1-16]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday.
- [7] Henry Ford. Automa.cz. Henry Ford a pásová výroba automobilů [online]. 4.2014 [cit.2021-1-16]. Dostupné z: https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/52613.pdf.
- [8] Ford T. Idnes.cz. Ford model T [online]. 16. 11. 2005 [cit.2021-1-17]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/historie/nejvetsi-automobil-minuleho-stoleti-plechova-liza.A051116_111232_auto_ojetiny_fdv.
- [9] Modicon 084. Automa.cz. Vznik prvního programovatelného automatu Modicon O84 [online]. 2. 2. 2015 [cit.2021-1-17]. Dostupné z: https://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/historie-soucasnost-a-budoucnost-programovatelnych-automatu-modicon-2015_02_53424_7835/
- [10] Čárový kód. Wikipedia.org. Čárový kód [online]. 31. 1. 2021 [cit.2021-1-17]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8C%C3%A1rov%C3%BD_k%C3%B3d.
- [11] Způsoby programování a učení. Wikipedia.org. Způsoby programování a učení [online]. 14. 3. 2021 [cit.2021-1-23]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Robot#Způsoby_programování_a_učení](https://cs.wikipedia.org/wiki/Robot#Zp%C5%99osoby_programov%C3%A1n%C3%AD_a_u%C4%8Cen%C3%AD).

- [12] Průmysl 4.0. Wikipedia.org. Průmysl 4.0. [online]. 29. 8. 2020 [cit.2021-1-23]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pr%C5%AFmysl_4.0.
- [13] Laurin a Klement. Skoda-auto.cz. Historie Laurina a Klementa [online]. Bez uvedení data publikování [cit.2021-1-30]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/o-spolecnosti/historie-laurin-klement>.
- [14] ŠKODA AUTO. Wikipedia.org. ŠKODA AUTO a.s. [online]. 2. 4. 2021 [cit. 2021-2-6]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0koda_Auto.
- [15] Intranet – ŠKODA AUTO a.s. – mapa závodu [online]. Bez uvedení data publikování [cit.2021-2-6]. Dostupné z: <https://eportal.skoda.vwg/b2eportal/group/b2eportal/home-page>.
- [16] Moderní technologie. Ihned.cz. Moderní technologie - Digilab. [online]. 7. 4. 2020 [cit.2021-2-6]. Dostupné z: <https://archiv.ihned.cz/c1-66554950-moderni-technologie-jsou-prilezitosti-pro-novy-byznys-mysli-si-jarmila-placha-sefka-skoda-auto-digilabu>.
- [17] Vestavěný systém. Wikipedia.org. Vestavěný systém [online]. 8. 1. 2020 [cit. 2021-2-13]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vestav%C4%9Bn%C3%BD_syst%C3%A9m.
- [18] AGV. Jungheinrich.cz AGV vozíky od firmy Jungheinrich [online]. Bez uvedení data publikování [cit.2021-2-14]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky>.
- [19] Automatické vozíky. Jungheinrich.cz. Automatické vozíky [online]. Bez uvedení data publikování [cit.2021-2-14]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky>.
- [20] Automatické vozíky. Dreamland-robots.cz. AGV [online]. Bez uvedení data publikování [cit.2021-2-20]. Dostupné z: <https://dreamland-robots.cz/automated-guided-vehicle/>.
- [21] Přeprava materiálu. Ceitgroup.eu. Přeprava materiálu – CEIT Bez uvedení data publikování [cit.2021-2-20]. Dostupné z: <https://ceitgroup.eu/cz/reseni/inteligentni-logistika/preprava-materialu>.
- [22] CEIT. Vseoprmyslu.cz. Bezobslužné automatické roboty CEIT inovují interní logistiku ve ŠKODA AUTO a.s. 9. 12. 2020 [cit.2021-2-28]. Dostupné z:

<https://www.vseoprmyslu.cz/robotizace/mobilni-roboty-agv/bezobslužne-automaticke-roboty-ceit-inovuji-interni-logistiku-ve-skoda-auto.html>.

[23] AKL. Skoda-storyboard.com. ŠKODA AUTO otvírá automatický sklad menších dílů v závodě Kvasiny 25. 7. 2017 [cit.2021-2-28]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-zpravy-archiv/skoda-auto-otevira-automaticky-sklad-mensich-dilu-v-zavode-kvasiny/>.

[24] AKL. Skoda-storyboard.com. ŠKODA AUTO ve svém hlavním výrobním závodě otvírá automatický sklad – AKL 13.11.2018 [cit.2021-3-6]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-zpravy-archiv/skoda-auto-ve-svem-hlavnim-vyrobnim-zavode-v-mlade-boleslavi-otevira-automaticky-sklad-mensich-dilu/>.

[25] MX-X. Still.cz. Stohovací vozík pro vychystávání MX-X. Bez uvedení data publikování [cit.2021-3-14]. Dostupné z: <https://www.still.cz/voziky/nove-voziky/stohovaci-voziky-pro-vychystavani/mx-x.html>.

[26] Výukové materiály – prezentace doc. Ing. Zdeňka Říhy, Ph.D.

[27] Výukové materiály.

[28] DUCHOŇ, Bedřich, 2007. Inženýrská ekonomika, Nakladatelství C. H. Beck, Praha.287 pp. ISBN: 978-80-7179-763-0.

[29] MAŘÍK, Vladimír a kol.2016. Průmysl 4.0: Výzva pro Českou republiku, Nakladatelství Management Press, Praha, 262 pp. ISBN: 978-80-7261-440-0.

[30] ČAPEK, Karel, 2004. R.U.R. Nakladatelství Graphic design, 98 pp. ISBN 978-80-7483-005-1.

[31] TOMEK Gustav a VÁVROVÁ Věra. 2017. Průmysl 4.0 aneb nikdo sám nevyhraje, Nakladatelství Professional Publishing s.r.o., Praha, 200 pp. ISBN: 978-80-906594-4-5.

[32] Dokumenty ŠKODA AUTO a.s.

[33] Vlastní.

[34] doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.

[35] Cash flow. Wikipedia.org. Cash flow [online]. 20. 3. 2021 [cit.2021-4-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Cash_flow.

[36] Odpisové skupiny. Euro.cz. Odpisové skupiny hmotného majetku [online]. 5. 1. 2021 [cit.2021-4-18]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/byznys/odpis-odpisove-skupiny-hmotneho-majetku-auto-tabulka-kalkulacka-1458462>.

[37] CO₂. Kalogemis.upce.cz. Celkové emise na přepravu prázdných GLT palet [online]. Bez uvedení data publikování [cit.2021-4-19]. Dostupné z: <https://kalogemis.upce.cz/silnicni.php>

Seznam grafických objektů

Seznam grafů

Graf 4.1 Úspora zaměstnanců nasazením technologie AGV	37
Graf 4.2 Porovnání škodných událostí u technologie RX 20-18 a technologie AGV	39
Graf 4.3 Celkové porovnání nákladů	40
Graf 5.1 Čistá současná hodnota investice	45
Graf 5.2 Analýza citlivosti	46

Seznam obrázků

Obr. 1.1 Optimální kombinace vstupů kapitálu (K) a práce (L) při zvyšování produkcí funkce Q.....	12
Obr. 2.1 Model T Henryho Forda	16
Obr. 2.2 Náorné rozdělení jednotlivých fází průmyslové revoluce, podle úrovně aktuálně využívaných a zdokonalených technických prostředků	18
Obr. 2.3 Kondratěvovy cykly	19
Obr. 3.1 Mapa firmy ŠKODA AUTO a.s.	22
Obr. 3.2 Pásma vozíků: červená barva – výstražné pásmo, oranžová barva – ochranné pásmo, šedá barva – boční skenery	23
Obr. 3.3 Automatický vertikální vychystávací zařízení EKS 215a	24
Obr. 3.4 Dodávka vozíků tahačem s automatickými C-rámy	26
Obr. 3.5 Proces automatického skladu v Mladé Boleslavi	27
Obr. 3.6 SSW senzor umístěný na válečkovém skluzu v regálu	29
Obr. 3.7 AWB senzor	29
Obr. 3.8 Modulární regálový vozík zn. STILL, model MX-X	32
Obr. 3.9 Palety GLT	33
Obr. 3.10 Výpočet CO ₂	35
Obr. 5.1 Výkaz cash flow	42

Seznam tabulek

Tab. 4.1 Úspory nasazením technologie AGV (v Kč)	40
Tab. 5.1 Odpisové skupiny hmotného majetku	44

Tab. 5.2 Čistá hodnota investice (v Kč).....	44
Tab. 5.3 Analýza citlivosti.....	46

Seznam zkratek

AGV	Automatické vozíky (Automated guided vehicle)
AKL	Automatický sklad (Automatisches Kleinteilelager)
AWB	Senzor zavěšen nad výrobní linkou
BMA	(Bedarfssorientierter MaterialAbruf)
CPS	Kyberneticko-fyzikální výrobní systémy (Cyber-Physical Systems)
ČR	Česká republika
FC	Fixní náklady (Fixed cost)
FTS	Inteligentní mobilní roboti (Fahrerloses Transport System)
GLT	(Großladungsträger)
iTLS	(Logistisches Informations System – internes Transport-Leit-System)
KLT	(Kleinladungsträger)
PLC	Programovatelný logický automat (Programmable Logic Controller)
R.U.R.	(Rossumovi univerzální roboti)
SSW	Senzor umístěný na válečkovém skluzu v regálu
VC	Variabilní náklady (Variable cost)

Autorka BP	Barbora Dvořáková
Název BP	Produkční funkce a současné moderní technologie ve skladovacích procesech
Studijní obor	DOL
Rok obhajoby BP	2021
Počet stran	39
Počet příloh	0
Vedoucí BP	doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.
Anotace	Práce zahrnuje informace o vývoji technologií od průmyslu 1.0 až po průmysl 4.0. Je zde zohledněna produkční funkce přes moderní technologie v rámci firmy ŠKODA AUTO a.s. Zároveň navrhuje optimální využití moderních technologií ve skladovacích procesech včetně využití ploch a potřebě zaměstnanců.
Klíčová slova	průmysl, moderní technologie, AGV, zaměstnanci, produkční funkce
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	