



Digitalizace výrobních a logistických procesů ve vybraném podniku

Bakalářská práce

Studijní program:

B6208 Ekonomika a management

Studijní obor:

Podniková ekonomika

Autor práce:

Pavel Tůma

Vedoucí práce:

PhDr. Ing. Lenka Sojková, Ph.D.

Katedra ekonomie





Zadání bakalářské práce

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Pavel Tůma**
Osobní číslo: E16000531
Studijní program: B6208 Ekonomika a management
Studijní obor: B6208R085 – Podniková ekonomika
Zadávací katedra: katedra ekonomie
Vedoucí práce: PhDr. Ing. Lenka Sojková, Ph.D.
Konzultant práce: Ing. Radek Čermák
KION Stříbro c/o Linde Pohony s.r.o. - Výkonný ředitel

Název práce: **Digitalizace výrobních a logistických procesů ve vybraném podniku**

Zásady pro vypracování:

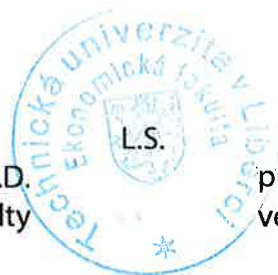
1. Stanovení cílů a formulace výzkumných otázek.
2. Charakteristika základních pojmů.
3. Charakteristika vybraného výrobního podniku.
4. Digitalizace výrobních a logistických procesů ve vybraném výrobním podniku.
5. Formulace závěrů a zhodnocení výzkumných otázek.

Seznam odborné literatury:

- TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. 2017. *Průmysl 4.0, aneb, Nikdo sám nevyhraje*. Průhonice: Professional Publishing. ISBN 978-80-906594-4-5.
- MAŘÍK, Vladimír. 2016. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-440-0.
- CHROMJAKOVÁ, Felicity, David TUČEK a Roman BOBÁK. 2017. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7454-680-8.
- VEBER, Jaromír. 2018. *Digitalizace ekonomiky a společnosti: výhody, rizika, příležitosti*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-554-4.
- MAŘÍK, Vladimír, Wolfgang WAHLSTER, Thomas STRASSER a Petr KADERA. 2017. *Industrial applications of holonic and multi-agent systems*. New York: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-319-64634-3.
- ROGERS, David L. 2016. *The digital transformation playbook: rethink your business for the digital age*. New York: Columbia Business School Pub. ISBN 978-0-231-17544-9.
- PROQUEST. 2018. *Databáze článků ProQuest* [online]. Ann Arbor, MI, USA: ProQuest. [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: <http://knihovna.tul.cz/>

Rozsah práce: min. 30 normostran
Forma zpracování: tištěná / elektronická
Datum zadání práce: 1. října 2018
Datum odevzdání práce: 31. srpna 2020

prof. Ing. Miroslav Žižka, Ph.D.
děkan Ekonomické fakulty



prof. Ing. Jiří Kraft, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 31. října 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

10. května 2020

Pavel Tůma

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval paní PhDr. Ing. Lence Sojkové, Ph.D. za její odbornou pomoc, cenné rady, vstřícné jednání a čas, který mi věnovala při vedení této závěrečné práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Radku Čermákovi, bývalému výkonnému řediteli výrobního závodu KION Stříbro za jeho rady, podporu a spolupráci.

Anotace

Tématem bakalářské práce je digitalizace, jako důležitá součást čtvrté průmyslové revoluce, která je v České republice definována filozofií Průmysl 4.0. V teoretické části jsou vymezeny základní pojmy Průmyslu 4.0, využívané technologické koncepty a jejich aplikace. Dále jsou představeny národní iniciativy podporující čtvrtou průmyslovou revoluci, podpora investic a společenský dopad. V praktické části je charakterizován vybraný podnik s prvky automobilového průmyslu a zmapován současný stav digitalizace výrobních a logistických procesů v tomto podniku. Součástí praktické části je zhodnocení zjištěných skutečností a navržená doporučení, která mohou pomoci dalšímu rozvoji společnosti.

Klíčová slova

Digitalizace, Průmysl 4.0, automatizace, výroba, logistika

Annotation

The aim of this work is the digitalization, as important element of fourth industry revolution, defined in the Czech Republic by philosophy Industry 4.0. In the theoretical part, the basic concepts of Industry 4.0, the used technological concepts and their application, are characterized. Furthermore, the national initiatives promoting the fourth industry revolution, the support of investment and social impact, are described. In the practical part, the selected company with elements of automobile industry is characterized and the current state of digitalization of production and logistics processes in this company is mapped. The practical part includes the evaluation of found facts and the suggested recommendations, that could help the next development of the company.

Key words

Digitization, Industry 4.0, automation, production, logistic

Obsah

Seznam obrázků.....	10
Seznam zkratek.....	11
Úvod	13
1 Cesta k Průmyslu 4.0.....	15
1.1 První průmyslová revoluce.....	15
1.2 Druhá průmyslová revoluce	15
1.3 Třetí průmyslová revoluce.....	16
1.4 Čtvrtá průmyslová revoluce - digitalizace.....	16
2 Průmysl 4.0.....	18
2.1 Vznik pojmu Průmysl 4.0.....	18
2.2 Průmysl 4.0 a jeho technologické koncepty	19
2.2.1 Kyberneticko-fyzikální systémy - CPS.....	20
2.2.2 Internet věcí - IoT	20
2.2.3 Internet služeb - IoS	21
2.2.4 Internet lidí - IoP	22
2.2.5 Internet všeho - IoE.....	22
2.2.6 Big data	22
2.2.7 Cloudy.....	23
2.2.8 Autonomní roboty a coboty	23
2.3 Aplikace filozofie Průmyslu 4.0.....	24
2.3.1 Chytrá výroba	24
2.3.2 Chytré továrny	24
2.3.3 Aplikace v logistice	25
2.3.4 Aplikace v soukromém sektoru	25
2.4 Národní iniciativy podporující Průmysl 4.0	26
2.4.1 Česká republika – Iniciativa průmysl 4.0	27

2.4.2	Německo – Industrie 4.0.....	27
2.4.3	Francie – Industrie du futur	28
2.4.4	USA – Industrial internet consortium.....	29
2.4.5	Čína – Made in China 2025	29
2.5	Investice podporující Průmysl 4.0.....	29
2.6	Dopady čtvrté průmyslové revoluce na společnost.....	30
3	Charakteristika výrobního podniku.....	32
3.1	KION Group AG	32
3.2	KION Stříbro.....	33
3.2.1	Výrobky	34
3.2.2	Výrobní proces	35
4	Digitalizace výrobních a logistických procesů ve společnosti KION Stříbro	37
4.1	Informační systémy využívané v KION Stříbro	38
4.1.1	Řízení lidských zdrojů	38
4.1.2	Technický vývoj a plánování procesů	39
4.1.3	Logistika	39
4.1.4	Plánování výroby	40
4.1.5	Technologie a údržba.....	40
4.1.6	Management	41
4.2	Výrobní procesy	41
4.2.1	Výroba svařovaných dílů.....	41
4.2.2	Finální montáž	43
4.3	Logistické procesy.....	44
4.3.1	Externí logistika.....	44
4.3.2	Interní logistika.....	45
5	Shrnutí a doporučení	47
	Závěr.....	49

Seznam použité literatury	50
---------------------------------	----

Seznam obrázků

Obrázek 1: Jednotlivé průmyslové revoluce	17
Obrázek 2: Procentuelní podíl průmyslové výroby na hrubé přidané hodnotě v zemích EU v roce 2018	27
Obrázek 3: Iniciativy evropských zemí.....	28
Obrázek 4: Portfolio společnosti KION Group AG	33
Obrázek 5: Organizační struktura KION Stříbro	34
Obrázek 6: Vozíky vyráběné v KION Stříbro 1. - BR 116, 2. - BR 1120, 3. – BR 1173 ...	35
Obrázek 7: Lay out KION Stříbro.....	36
Obrázek 8: 5 základních oblastí rozvoje „The KION 2027 Strategy“	37
Obrázek 9: Propojení informačních systémů se systémem SAP R/3.....	38

Seznam zkratek

AGV	Automated Guided Vehicle
ASRS	Automated Storage and Retrieval System
BR	BauReihe
CO	Costumer Option
CPS	Cyber-Physical Systems
EDI	Electronic Data Interchange
EOL	End Of Line
GPS	Global Positioning System
SAP ECTR	SAP Engineering Control Center
SAP ERP	SAP Enterprise Ressource Planning
SAP EWM	SAP Extended Warehouse Management
IoE	Internet of Everything
IoP	Internet of People
IoT	Internet of Things
IoS	Internet of Services
JIS	Just In Sequence
KLT	KleinLadungSträger
KPI	Key Performance Indicator
LGV	Laser Guided Vehicle
M2M	Machine to Machine
M2P	Machine to Person
MES	Manufacturing Execution Systems – Výrobní Informační Systém
MTM	Methods Time Measurement
P2P	Person to Person
RFID	Radio Frequency Identification
SOA	Service Oriented Architecture – Architektura orientovaná na služby

SOP	Start Of Production
UDDI	Universal Description, Discovery and Integration
VDA	Verband der Automobilindustrie
WiFi	Wireless Fidelity

Úvod

Současná snaha o udržení a posílení konkurenceschopnosti a technologického rozvoje na té nejvyšší světové úrovni vedla v nejrozvinutějších ekonomikách světa k započatí čtvrté průmyslové revoluce. Iniciativy reagující na čtvrtou průmyslovou revoluci jsou především novou filozofií a způsobem využívání integrace a propojování různých technologií. Vzhledem k širší dopadu této filozofie je nutné, aby pronikla do myšlení celé společnosti, což by mělo přinést nové výzvy a dnes ještě možná netušené příležitosti. Ignorování této filozofie povede k postupné ztrátě konkurenceschopnosti jednotlivých firem, ale i celých ekonomik. Průmysl 4.0 a digitalizace jako jeho součást jsou pojmy, se kterými je možné se setkávat v profesním i osobním životě přibližně od roku 2011, kdy byly v německém Hannoveru zformulovány první myšlenky čtvrté průmyslové revoluce. Finální podobu konceptu dal dokument představený o 2 roky později pod názvem Industrie 4.0. Společnost se v současné době nachází v období zavádění tohoto konceptu, se kterým je spojen masivní rozvoj digitalizace procesů, komunikačních a výrobních technologií. Tento masivní rozvoj přinese revoluční změny během následující dekády nejen v technologickém rozvoji, ale s ohledem na to, že se jedná o zcela novou filozofii, dojde ke společenským změnám, které budou mít vliv a dopad na celou řadu oblastí jako je technická standardizace, bezpečnost, systém vzdělání, právní rámec, věda a výzkum až po trh práce a sociální systém. Česká republika reagovala v roce 2016 vznikem dokumentu Iniciativa Průmysl 4.0, který byl zpracován Ministerstvem průmyslu a obchodu. Tento dokument vznikl v období, kdy na postu ministra průmyslu a obchodu působil Jan Mládek, který na téma Průmysl 4.0 uvádí *„Zdaleka nejde jen o digitalizaci či internetizaci průmyslové výroby. Byl bych rád, abychom hned od počátku vnímali průmysl 4.0 jako celkovou platformu změn, které do našeho života přinášejí nové technologie umožňující decentralizované řízení a autonomní rozhodování. Základními prvky tohoto procesu jsou propojená výrobní síť, synergické propojení reálného a virtuálního světa a vznik kyberneticko-fyzikálních systémů umožňujících při vysoké diverzifikaci a pestrosti finálních produktů efektivní výrobu.“* Součástí dokumentu je i Akční plán pro implementaci Průmyslu 4.0 v Česku, který dle slov Jana Mládka zahrnuje *„Plány na podporu investic a standardizace, aplikovaného výzkumu, kybernetické bezpečnosti, dopravy a smart cities a především rozvoje lidských zdrojů a dalšího vzdělávání.“* (Mládek, 2016, s.12)

Tato bakalářská práce se zabývá digitalizací v průmyslu a její praktickou aplikací ve společnosti KION Stříbro. Hlavním cílem bakalářské práce je seznámit se čtvrtou průmyslovou revolucí, respektive filozofií Průmysl 4.0, jejíž nedílnou součástí je digitalizace procesů, a na vybraném ekonomickém subjektu uvést příklady aplikace těchto inovací.

Práce je rozdělena na dvě části. První, teoretická část vymezuje filozofii Průmysl 4.0, jejíž nedílnou součástí je právě digitalizace. Jsou zde představeny technologické koncepty, které tvoří základní kostru celé filozofie, a jejich aplikace v různých oblastech. První část pokračuje příklady národních iniciativ podporujících Průmysl 4.0 v Evropě a ve světě, přibližuje pohled na inovaci jako na investici a s tím spojené způsoby financování. Dále poukazuje na možné společenské dopady spojené se zaváděním této filozofie. Všechny teoretické poznatky v první části práce jsou získány na základě studia odborné literatury.

V druhé, praktické části práce jsou představeny procesy nutné pro zajištění výroby a materiálového toku ve společnosti KION Stříbro. Při popisu těchto procesů je kladen důraz na využití prvků digitalizace. V závěru práce jsou shrnuty zjištěné poznatky a případná doporučení pro implementaci inovací Průmysl 4.0.

1 Cesta k Průmyslu 4.0

Tato úvodní kapitola bakalářské práce je věnována hlavním historickým milníkům, které vedly až k současnému stavu, kterým je čtvrtá průmyslová revoluce. Objevy a vynálezy většinou nepřicházejí nenadále a odnikud. Ve většině případů je za každou novou myšlenkou, objevem či vynálezem mnoho hodin poctivé práce a pokusů. V některých případech, zejména v oblasti průmyslu a obchodu, se jedná o přirozený vývoj v důsledku udržení si konkurenceschopnosti a schopnosti dostát všech zákaznických požadavků v dané kvalitě, množství a hlavně včas. Stejnou motivací byla a je pro podniky potřeba se rozvíjet ve způsobu výroby, použitých technologií a procesů.

1.1 První průmyslová revoluce

Na počátku 19 století se snaha o zdokonalení a ulehčení práce a zkrácení doby dodávek stala hnací silou, která rozpoutala první průmyslovou revoluci. 8. září 1814 známá parní lokomotiva Rocket George Stephensona zvítězila na trati Liverpool-Manchester rychlostí 32,5 km/h. I když kůň dokáže běžet rychlostí 40 km/h, průměrná rychlost plně naloženého povozu byla pouze kolem 10 km/h. (SIEMENS Česká republika, 2018). Tato skutečnost poukazuje na hlavní myšlenku průmyslové revoluce, protože první průmyslovou revoluci lze chápat jako rychlý ekonomický, technický a sociální rozvoj spojený s procesem takzvané industrializace. (Ottova všeobecná encyklopedie ve dvou svazcích, 2003)

Jak je již uvedeno na začátku kapitoly, na scénu vstupuje pára a parní stroj, který v 1785 představil James WATT. Pára a parní stroj se staly symbolem první průmyslové revoluce. Dřevěné konstrukce strojů začaly být nahrazovány stroji, vzniká nový obor strojírenství, které se stává jedním z velice významných impulzů v právě probíhající industrializaci. S tím spojená rostoucí poptávka po železe dále podněcuje nejen rozvoj těžby železné rudy, ale především hutnictví. Stejný dopad byl patrný i v dopravě, kde koňský povoz nahradila železnice, a plachetnice s veslicemi nahradily velké motorové lodě. (SIEMENS Česká republika, 2018)

1.2 Druhá průmyslová revoluce

Slovem revoluce, které podněcuje zvědavost, zájem a emoce, jsou označovány i milníky ve vývoji průmyslu. Proto i další výraznější změny, ke kterým došlo v průmyslu, začaly být

zpětně nazývány „revolucemi“. To je případ i tzv. 2. průmyslové revoluce, která je spojována s elektrifikací a se vznikem montážních linek. Toto období navazuje v podstatě bezprostředně na období 1. průmyslové revoluce, tzn., že se datuje na konec 19. století. Většinou se spojuje se dvěma daty: s rokem 1879, kdy T. A. Edison vynalezl žárovku, nebo s rokem 1870, kdy společnost Cincinnati instalovala ve svém závodě první montážní linku a začala s dělbou práce, později elektrifikovanou, která přinesla další prudký rozvoj masové výroby. (Cejnarová, 2015). Dalo by se říct, že T. A. Edison vynálezem žárovky doslova rozsvítil svět a tím i továrny a první montážní linky, na kterých se začala rozvíjet hromadná výroba. (SIEMENS Česká republika, 2018)

1.3 Třetí průmyslová revoluce

Třetí průmyslová revoluce bývá nejčastěji spojována s automatizací, elektronikou a rozmachem informačních technologií. Její datování je však ještě spornější než u její předchůdkyně. Stejně jako byl přechod od uhlí a páry k elektřině poměrně spojitý a logický, tak i přechod od mechanismů k automatům byl spíše výsledkem přirozené evoluce než skutečnou revolucí. (Cejnarová, 2015). S automatizací jsou spojené počítače. První programovatelný počítač byl vyroben v roce 1938 německým inženýrem Konradem Zusem pod názvem Z1 až Z3. Počítače byly elektromechanické s kolíčkovou pamětí na 16 čísel. Jeden ze sestavených počítačů se dokonce podařilo prodat Německému úřadu pro letectví, který ho využil na výpočty spojené s aerodynamikou letadel. Bohužel všechny první počítače byly zničeny při spojeneckých náletech na Berlín. (Computer History Museum, 2019)

Skutečně velkým krokem byla v roce 1969 výroba prvního programovatelného logického automatu čili PLC. Jedná se vlastně o malý průmyslový počítač, řídicí jednotku, pro automatizaci procesů v reálném čase. Pro PLC je charakteristické, že program se vykonává v tzv. cyklech, a tím se liší od běžných počítačů. Další rozdíl je v tom, že jeho periferie jsou přímo uzpůsobeny pro napojení na technologické procesy. (SIEMENS Česká republika, 2018)

1.4 Čtvrtá průmyslová revoluce - digitalizace

Jestliže každý z předchozích milníků měl svého charakteristického zástupce, ať už to byla pára v první fázi, elektrifikace v druhé fázi a automatizace ve třetí fázi, tak charakteristickým prvkem pro čtvrtou fázi průmyslové revoluce je internet, internetové

prostředí a s tím spojená digitalizace. Internet vznikl v podstatě v roce 1962, kdy vznikl projekt počítačového výzkumu agentury ARPA, která dostala v souvislosti se studenou válkou v USA zadání, aby vyvinula komunikační síť pro počítače s decentralizovaným řízením. Agentura úkol splnila a roku 1969 uvedla do provozu první experimentální síť ARPANET. Samotný pojem „Internet“ vznikl v roce 1987 a k jeho komercionalizaci došlo v roce 1994. Od konce 90. let pak nastává extrémní nárůst uživatelů internetu, který k dnešnímu dni dosahuje řádu miliard (Cejnarová, 2015). Ať už se jedná o automatizaci výroby, digitální plánování logistiky nebo energeticky úsporné zásobovací infrastruktury, náš současný svět je bohatší o digitální dimenzi, která je součástí toho, co se nyní nazývá 4. průmyslovou revolucí. V budoucnu budou miliardy strojů, systémů a čidel schopny komunikovat mezi sebou navzájem a v reálném čase si vyměňovat informace. V této epoše internetu věcí budou firmy schopny vyrábět mnohem efektivněji, rychleji a pružněji reagovat na potřeby zákazníků. Informační technologie, telekomunikace a výroba se spojují a společně vytvářejí prostředí, ve kterém bude moci součástka spolurozhodovat o vlastní výrobě (SIEMENS Česká republika, 2018). Přehled jednotlivých milníků je patrný na Obrázek 1.



Obrázek 1: Jednotlivé průmyslové revoluce

ZDROJ: Siemens AG, vlastní zpracování

2 Průmysl 4.0

V této části se bakalářská práce věnuje filozofii a okolnostem vzniku Průmyslu 4.0 a s tím spojené digitalizace. Jsou zde představeny základní technologické koncepty a jejich aplikace v reálném prostředí. V další části této kapitoly jsou uvedeny příklady národních iniciativ podporujících čtvrtou průmyslovou revoluci. Poslední část je věnována celospolečenským dopadům a nutným investicím, které zavádění filozofie Průmysl 4.0 přinese.

2.1 Vznik pojmu Průmysl 4.0

Čtvrtá průmyslová revoluce je pojem, který se používá z důvodu kontinuity na předchozí průmyslové revoluce. Je to pojem, který nám dává najevo, že v průmyslu, a nejen v něm, dochází k další převratné změně. Každý, kdo v budoucnu bude chtít zůstat konkurenceschopný, bude muset více či méně ty změny akceptovat a převzít jako standard.

Zatímco předchozí průmyslové revoluce osvobodily lidstvo od živočišné síly, umožnily hromadnou dopravu a přinesly digitální schopnost miliardě lidí, tato průmyslová revoluce je charakterizována řadou nových technologií, které spojují digitální, fyzický a biologický svět (Schwab, 2016).

Vladimír Mařík v úvodu své knihy zmiňuje *„Tři předcházející průmyslové revoluce byly vyvolány rozmachem mechanických výrobních zařízení poháněných párou, zavedením hromadné výroby s využitím elektrické energie či využití elektronických systémů a výpočetní techniky ve výrobě. Ta čtvrtá nepřináší zásadní změny pouze pro oblast průmyslové výroby. Ta sice stojí v jejím centru, přesah 4. průmyslové revoluce je však mnohem širší. Jde o zcela novou filozofii přinášející celospolečenskou změnu a zasahující celou řadu oblastí od průmyslu, přes oblast technické standardizace, bezpečnosti, systému vzdělávání, právního rámce, vědy a výzkumu až po trh práce nebo sociální systém. Fenomémem dneška je propojování internetu věcí, služeb a lidí s ním související nesmírný objem generovaných dat, ať už komunikace stroj-stroj, stroj-člověk nebo člověk-člověk. Nástup nových technologií mění celé hodnotové řetězce, vytváří příležitost pro nové obchodní modely, ale i tlak na flexibilitu moderní průmyslové výroby nebo zvýšené nároky na kybernetickou bezpečnost a interdisciplinární přístup. Iniciativa Průmysl 4.0 není snaha o pouhou digitalizaci průmyslové výroby, je to komplexní systém změn spojený s řadou lidských činností, a to nejen v průmyslové výrobě“* (Mařík, 2016, s. 21)

K vysvětlení proč Průmysl 4.0 uvádí Gustav Tomek „Termín „Průmysl 4.0“ je odvozen od dříve vzniklého německého termínu „Industrie 4.0“. Poprvé se objevil v roce 2011 na veletrhu v Hannoveru. V říjnu 2012 ustavila vláda Spolkové republiky Německo pracovní skupinu průmyslu 4.0. Na základě závěrečné zprávy této týmové práce byla zřízena platforma, která má koordinovat aktivity v oblasti budoucnosti. Proč termín obsahuje 4.0? Jedná se o vyjádření skutečnosti, že ekonomika současnosti může být charakterizována vazbou na čtvrtou průmyslovou revoluci“ (Tomek, 2017, s. 10).

2.2 Průmysl 4.0 a jeho technologické koncepty

Základní filozofií Průmyslu 4.0 je transformace samostatných automatizovaných jednotek na plně integrovaná automatizovaná a průběžně optimalizovaná výrobní prostředí. Tím vznikají nové globální sítě založené na propojení výrobních zařízení do kyberneticko-fyzických systémů – CPS. CPS budou základním stavebním prvkem Smart Factory, tzv. chytré továrny, které budou schopny autonomního předávání informací a vyvolání potřebných akcí jako reakci na momentální podmínky a vzájemné nezávislé kontroly. Senzory, stroje, dílce a IT systémy budou vzájemně propojeny v rámci hodnotového řetězce přesahující hranice jednotlivé firmy. Takto propojené CPS na sebe budou pomocí standardních komunikačních protokolů na bázi internetu vzájemně reagovat a analyzovat data, aby mohly předvídat případné poruchy, či chyby, konfigurovat samy sebe a v reálném čase se přizpůsobovat změněným podmínkám. (Mařík, 2016)

Dále pojem Průmysl 4.0 přináší do prostředí výrobních procesů automatizaci a digitalizaci klíčových technologií, zaměřených na efektivní propojení informačních a komunikačních technologií do jednoho celku při současné optimální integraci výrobních technologií, autonomních výrobních celků, mobilních nástrojů organizace a řízení výroby a decentralizace způsobu řízení výrobních a podpůrných navazujících procesů. Kontinuálně a cílově orientovanou implementací Průmyslu 4.0 narůstá schopnost rychlé a flexibilní reakce na požadavek zákazníka, schopnost realizace širokého spektra výrobních variant ve výrobních procesech a tím se zvyšuje tržní hodnota výrobní společnosti. (Chromjaková, 2017)

Pánové Roblek, Karež a Meško (2015) doplňují, že vše je založeno na nepřetržité komunikaci přes internet umožňující neustálou interakci a výměnu informací nejen mezi lidmi a stroji, ale také mezi stroji samotnými.

Robotická zařízení budou vykonávat některé činnosti, které byly dosud vykonávány lidmi. A to právě díky různým pokročilým technologiím (jako jsou např. strojové vnímání, autokonfigurace nebo autodiagnostiky pomocí propojení strojů a dílů přes internetovou síť). S pomocí různých senzorů, kamer, vysílačů, čteček kódů a CPS budou továrny řízeny téměř samy, doplňuje ve svém článku Petr Korbela (Korbela, 2015). Pro pochopení a zavádění filozofie Průmyslu 4.0 je nezbytně nutné celý koncept založit na základních technologických konceptech. Pro správnou funkci musí být jednotlivé koncepty navzájem propojené, jelikož jednotlivé systémy se navzájem doplňují.

2.2.1 Kyberneticko-fyzikální systémy - CPS

Podle Lee, Bagheri a Kao je CPS definován jako „*Systém, který je definován jako transformační technologie, která spravuje vzájemné propojení mezi fyzickými prostředky a výpočetní technikou*“ (Lee, Bagheri, Kao 2015, s. 18, vlastní překlad). Integrované počítačové systémy řídí a monitorují fyzickou činnost strojního vybavení. Cílem jsou inteligentní stroje adaptující se na vzniklé podněty. Dále autoři vidí velký potenciál v integraci CPS a uvádějí: „*Integrací CPS do současných výrobních a logistických systémů a služeb dojde k transformaci dnešních podniků na podniky industrie 4.0 s velkým ekonomickým potenciálem*“ (Lee, Bagheri, Kao 2015, s. 22, vlastní překlad).

2.2.2 Internet věcí - IoT

Jedním z dalších důležitých pojmů spojovaných s filozofií Průmyslu 4.0 je internet věcí (angl. Internet of Things, zkr. IoT). Pojem internet věcí použil poprvé v roce 1999 britský vědec Kevin Ashton ve své prezentaci pro společnost Procter & Gamble. V prezentaci navrhl společnosti pro sledování kritických dodávek revoluční řešení za použití internetu a nově vzniklé technologie RFID (Ashton, 2010). IoT se vyvinul ze systému M2M (zkr. angl. Machine to Machine). M2M umožňuje bezdrátově i kabelem připojeným zařízením komunikovat s ostatními zařízeními, které mají stejné možnosti. Funguje jako obousměrný přenos dat mezi monitorovacím zařízením a řídicím systémem. To vše bez jakéhokoliv lidského zásahu (3D Communication, 2019). Tento systém se tradičně používá k monitorování různých veličin (např. teplota, stav zásob, aj.), jež se následně ukládají do PC, kde se tyto sebrané hodnoty převádí do smysluplných hodnot. Z tohoto pohledu je možné o internetu věcí hovořit jako o systémech systémů. Jde o to, že tvůrci dat zveřejňují informace, aniž by museli vědět, jaké aplikace nebo jací uživatelé budou tato data zpracovávat. Taková data jsou k dispozici více systémům, tudíž mohou být rozšířena a

revidována v okamžiku, kdy se nové požadavky objeví (CAD.cz, 2019). Společnost IBM uvádí *“internet věcí je koncept propojení jakéhokoli zařízení (v případě, že má vypínač) s dalšími zařízeními za pomoci internetu. IoT je obrovská síť propojených věcí a lidí. Dochází ke shromáždění a sdílení dat o způsobu, jakým jsou zařízení používána a o prostředí kolem nich“* a pokračuje *„Zařízení a objekty s vestavěnými senzory jsou připojeny k platformě Internetu věcí, která shromážděná data integruje, analyzuje a nejcennější informace sdílí s aplikacemi vytvořenými pro řešení konkrétních potřeb“* (IBM, 2017).

2.2.3 Internet služeb - IoS

V porovnání s internetem věcí, který se zabývá propojení hmotných předmětů, jako jsou senzory a stroje, poskytuje Internet služeb abstraktnější funkce. Jedná se o službu na bázi internetu, která zajišťuje vše potřebné pro používání softwarových aplikací, včetně samotného zdrojového softwaru, nástrojů pro jeho vývoj a platform pro jeho spuštění (servery, úložiště atd.). Termín internet služeb vznikl sloučením dvou již známých konceptů Web 2.0 a SOA (Service Oriented Architecture). První z konceptů, Web 2.0, je charakterizován čtyřmi aspekty: interaktivita, sociální sítě, označování a webové služby.

Interaktivita - je charakterizována jako komunikace a dynamická manipulace s daty mezi servery a webovým prohlížečem.

Sociální sítě – vznikají na základě společných zájmů a zpřístupňují různým způsobem informace ze všech sítí.

Označování – jedná se o způsob označování webových obsahů klíčovým slovem, které usnadní vyhledávání informací ostatním uživatelům.

Webové služby – umožňují ostatním programům využívat funkce webových aplikací a zároveň zajišťují, aby byly tyto programy dostupné nejen lidem, ale i strojům (Reis, 2018).

Druhým z konceptů, který byl základem pro internet služeb, je architektura orientovaná na služby – SOA. Jedná se o koncept, jakým jsou navrhovány a budovány sady IT aplikací, tak aby bylo možné na stejném přístupovém kanálu vzájemně používat aplikační komponenty a webové služby. Pro splnění těchto požadavků by služby měly být:

Technologicky neutrální – je nutné využívat standardizované technologie, které jsou dostupné téměř ve všech IT prostředích. Mechanismy vyvolání (protokoly, popisy a mechanismy vyhledání) by měly splňovat všeobecné standardy.

Nezávislé – nesmí vyžadovat žádné zvláštní znalosti ani struktury ze strany klienta nebo služby.

Transparentně uložené – definice a informace o poloze služeb by měly být uloženy na úložištích jako je například UDDI , tak aby byly dostupné různým klientům z různých lokací (Burian, 2012).

2.2.4 Internet lidí - IoP

Z hlediska metodického jsou s Průmyslem 4.0 spojovány hlavně dva předcházející internety, Internet věcí a Internet služeb. Pro zajištění správné komunikace lidí a robotů je nutné mluvit i o Internetu lidí. Jedná se tedy o speciální rozhraní umožňující napojení a mobilní komunikaci mezi roboty a lidmi na bázi přirozené řeči, vizuální a hmatové informace (Ministerstvo průmyslu a obchodu 2017).

2.2.5 Internet všeho - IoE

Jedná se o jeden z posledních trendů v oblasti internetu. Je často zaměňován s pojmem internet věcí, nicméně se jedná o samostatný koncept, který inteligentně spojuje lidi, procesy, data a věci. Internet všeho popisuje svět, kde miliardy objektů mají senzory pro detekci, měření a hodnocení jejich stavu, to vše přes veřejné nebo soukromé sítě pomocí standardních protokolů (Banafa, 2016).

2.2.6 Big data

Dalším stavebním kamenem iniciativy Průmysl 4.0 jsou tak zvaná Big data – velká data, a jejich analýza. Jedná se spíše o abstraktní pojem, kterým je popsán velký objem strukturovaných i nestruturovaných dat, které plynou do společnosti každý den. Za velká data jsou považována data v rozsahu peta bytů a více (>10¹⁵ bytů). Takovýto objem dat přesahuje současné možnosti databázových technologií a je tedy nutné začít rozvíjet a využívat technologie nové, jako jsou například cloudová úložiště. Jedná se o různý druh dat, jako jsou data obrazová a textová data z internetu, obchodní, lékařská a bezpečnostní data, různé signály z měření a senzorů, ale i kombinovaná data, která jsou typická pro systémy autonomního řízení dopravních prostředků a průmyslových aplikací. Praktické aplikace analýzy velkých dat se objevují v průmyslu při optimalizaci výroby, souvisejících služeb, podpůrných činností a distribuce. V oblasti vývoje jsou velká data využívána pro digitální konstrukci a simulaci životního cyklu výrobků. K optimalizaci distribuce a logistiky se využívají skladové senzory a propojení konkrétních dopravních prostředků s

okolím. Pro potřeby snižování výrobních nákladů a nákladů na údržbu jsou data využívána ke sběru informací ohledně spotřeby energií, opotřebením nástrojů, ale i samotných strojů, informace o prostojích všeho druhu apod. Všechny tyto informace z analýzy velkých dat slouží k predikování různých konkrétních situací a na základě těchto informací jsou přijímána operativní i strategická rozhodnutí (Ministerstvo průmyslu a obchodu 2017).

2.2.7 Cloudy

Jak bylo již zmíněno v předchozí kapitole, pro efektivní práci s velkými daty je nutné začít využívat technologie na cloudové platformě. Cloudy jsou datová úložiště, která jsou za pomoci internetu přístupná z jakéhokoliv místa. Ve starém konceptu práce s daty bylo pro společnosti nutné investovat do vlastní infrastruktury, která zajistí sběr a uložení dat, včetně nástrojů potřebných pro práci s nimi a jejich analýzu. Mnoho společností si nemohlo dovolit tak významné investice, které zajišťovaly sofistikovanou práci a využití uložených dat. Díky rozvoji cloud computingu nemusí společnosti již investovat tak významné prostředky na ukládání a práci s daty, dokonce i malé podniky mají stále větší přístup k nástrojům pro použití nestrukturovaných dat. (Rogers, 2016)

2.2.8 Autonomní roboty a coboty

Autonomní roboty jsou dalším evolučním krokem původních průmyslových robotů, které jsou známé již desítky let. Typický průmyslový robot je tak dobrý, jak je programátor, který mu udílí povely. S pokroky v oblasti umělé inteligence a s vývojem pokročilých senzorů se z klasických robotů stávají autonomní roboty učící se více o své práci, jejich programování bude více adaptivní a uživatelsky přívětivější. Takovéto roboty je možné integrovat do cloudových aplikací umožňujících robotům spolupracovat a tím ještě zefektivnit jejich práci (Trade Media International s.r.o., 2020). Coboty posouvají význam autonomních robotů ještě o úroveň výše. Díky integrovaným inteligentním senzorům, které například v případě neočekávaného kontaktu s pracovníkem sníží rychlost cobota, tím i kinetickou energii, tak aby nedošlo ke zranění. Díky takovýmto systémům jsou coboty schopny spolupracovat přímo s člověkem na jednom pracovišti a tím dochází nejen k efektivnější výrobě, ale také k úspoře dodatečných nákladů nutných pro instalaci konvenčních ochranných prvků a drahých dopravníkových systémů na vstupní materiál (KUKA, 2019)

2.3 Aplikace filozofie Průmyslu 4.0

S různými aplikacemi digitalizace je možné se setkat v mnoha odvětvích průmyslu, bankovních a finančních službách, energetice, zemědělství, vzdělání, zdravotnictví, veřejné správě, aj. Ve všech těchto oblastech jsou využívány nejnovější digitální, komunikační a informační technologie charakteristické pro Průmysl 4.0. Lze tedy očekávat, že další rozvoj digitalizace bude pokračovat napříč všemi obory podnikání. Evropská komise v dubnu 2016 zveřejnila zprávu, ve které upozorňuje na skutečnost, že mnoho sektorů ekonomiky již přijalo digitální technologie a procesy, na evropský průmysl napříč odvětvími plné využití příležitostí digitalizace teprve čeká, má-li být konkurenceschopný v celosvětovém měřítku (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2016)

2.3.1 Chytrá výroba

Chytrá výroba, nebo také Smart manufacturing, je jedním z příkladů aplikace filozofie Průmysl 4.0 a s tím spojené digitalizace. Princip chytré výroby je založen na využití počítačem řízených procesů, které umožní rychlou změnu designu výrobku, vysokou variabilitu jednotlivých výrobních operací, flexibilnější řízení zásob a celého odběratelského a dodavatelského řetězce. Hlavním cílem takovéto výroby je zkrácení doby uvedení nového výrobku na trh, zvýšení efektivity a tudíž i konkurenceschopnosti podniku. S ohledem na zkracující se životní cyklus výrobků je chytrá výroba jednou z klíčových aplikací Průmyslu 4.0. Jak uvádí Tom Hennessey ze společnosti iBASEt zabývající se aplikací výrobních informačních systémů (MES) *“chytrá výroba je inteligentní sladění a optimalizace obchodních fyzických a digitálních procesů v továrnách v celém hodnotovém řetězci v reálném čase“*. (Hennessey, 2019)

2.3.2 Chytré továrny

Chytrá výroba je základním kamenem pro tzv. chytré továrny, Smart factory. V chytrých továrnách je koncept chytré výroby rozšířen o autonomní řízení všech výrobních i nevýrobních procesů. Této autonomie je dosaženo vysokou digitalizací, propojením a rozvojem konceptu chytré výroby a IoE (Rouse, 2018). Pro samotnou funkci chytrých továren lze charakterizovat tři nejdůležitější typy propojení jednotlivých prvků procesu:

M2M – propojení stroje se strojem, které umožňuje přímou komunikaci a interakci mezi jednotlivými stroji v procesu. Stroje komunikují mezi sebou, respektive mezi svými řídicími systémy

P2M / M2P – propojení člověka se strojem (stroje s člověkem) zajistí předávání informací jak směrem ze stroje k člověku, tak i zpět do stroje. Komunikace je realizována pomocí ovládacích prvků přímo u stroje, nebo vzdáleně za pomoci například osobního počítače

P2P – propojení člověka s člověkem využitím nejmodernějších komunikačních prostředků jako jsou mobilní telefony, tablety, aj.

Většina komunikace v chytrých továrnách využívá propojení za pomoci bezdrátové komunikace Wi-Fi, která umožňuje rychlejší komunikaci a tím i zvýšení efektivity jednotlivých procesů, tedy i celkové produktivity

2.3.3 Aplikace v logistice

Velmi důležitou oblastí pro zavedení principů Průmyslu 4.0 a s tím spojené digitalizace je oblast logistiky. Žádná chytrá továrna ani výroba nemůže fungovat bez naprostého přehledu o logistických tocích. Logistická podpora výroby a moderní distribuční logistika je v současné době nazývána jako Logistika 4.0 nebo také chytrá logistika. Za hlavní koncepty jsou pak považovány transparentnost informací a decentralizace rozhodování. Vizí chytré logistiky je absolutní online propojení dopravní techniky, plánovacích softwarů, skladovacích systémů a externích informací, jako je například dopravní situace a počasí. V interní logistice se jedná o propojení robotické manipulační techniky se skladovacími systémy, systémy automatické přepravy zboží jako jsou systémy AGV či LGV, to vše řízené výrobními systémy tak, aby byl materiál dopraven ve správný čas na správné místo. Součástí logistických aplikací je i značení materiálu a jeho automatické online sledování za pomoci skenerů či detekčních bran. Za tímto účelem jsou využívány různé technologie, jako jsou například RFID, Barcode a 2D/QR barcode (Kolář, 2016)

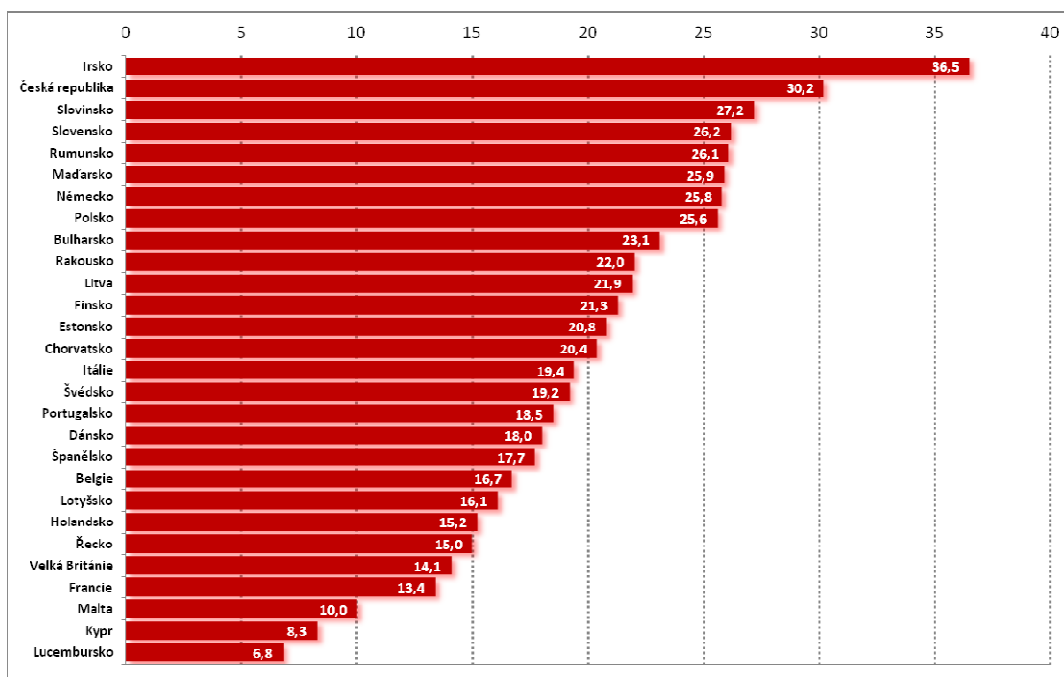
2.3.4 Aplikace v soukromém sektoru

Podobně jako jsou využívány nové technologie v průmyslu, je možné je využít i v soukromém sektoru. Jednou z aplikací jsou tzv. chytré domy, které využívají systematického monitoringu a řízení energetiky domu. Cílem takových aplikací je snížení energetické náročnosti domu a tím snížení nákladů na provoz. Pro zvýšení komfortu bydlení je využívána tzv. chytrá elektroinstalace umožňující ovládání (drátové i

bezdrátové) výkonných prvků (spínače světel, termoregulační hlavice, žaluzie apod.). Stejně technologie se využívají pro ovládání bazénu, sauny nebo automatické závlahy trávníků. Ve velké míře jsou pro ovládání takovýchto systémů využívány prostředky mobilní komunikace, jako jsou mobilní telefony nebo tablety (Šmejkal, 2016). Ladislav Šmejkal uvádí, že domy a budovy jsou zatím chytré jen „*tolik (...), kolik do nich vložil architekt, stavitel, projektant technologického vybavení, projektant elektroinstalace a řídicího systému a především jejich programátor.*“ (Šmejkal 2016, s. 32).

2.4 Národní iniciativy podporující Průmysl 4.0

Když byla v roce 2011 na veletrhu v německém Hannoveru představena první myšlenka filozofie Industrie 4.0, netrvalo dlouho a tento koncept se stal celosvětovým fenoménem. Průmyslová výroba má důležitý podíl na hrubé přidané hodnotě národních ekonomik. Jak je patrné z Obrázek 2, u skoro poloviny unijních zemí je tato hodnota podílu vyšší než 20 %. Z tohoto pohledu je digitalizace a s tím související udržení konkurenceschopnosti jedním z hlavních témat budoucího rozvoje. V průběhu času se k myšlenkám Industrie 4.0 a s tím spojené digitalizace připojily všechny významné světové ekonomiky. V současné době se po vzoru německé iniciativy *Industrie 4.0* hlásí i další evropské země k myšlenkám této filozofie, například Česká republika s dokumentem *Iniciativa průmysl 4.0*, Francie s *Industrie du Futur* a Itálie se svou *Piano Industria 4.0*. Příklady dalších iniciativ zemí Evropské unie jsou uvedeny na Obrázek 3. Ve světě jsou to pak například Spojené státy americké s *Industrial Internet Consortium*, Čína v podobě iniciativy *Made in China 2025* (中国制造2025) a Japonsko se svou *Industrial Value Chain Initiative* (IVIとは).



Obrázek 2: Procentuální podíl průmyslové výroby na hrubé přidané hodnotě v zemích EU v roce 2018

ZDROJ: Eurostat, vlastní zpracování

2.4.1 Česká republika – Iniciativa průmysl 4.0

Průmyslová výroba má v českých zemích dlouholetou tradici již od devatenáctého století. V posledním desetiletí dochází hlavně díky zahraničním investicím ke stabilnímu růstu průmyslové výroby. Hlavní podíl na tomto růstu má automobilový průmysl, strojírenský průmysl a elektrotechnický průmysl (Iniciativa Průmysl 4.0, 2016). V srpnu roku 2016 schválila česká vláda Iniciativu Průmysl 4.0, zpracovanou Ministerstvem průmyslu a obchodu. Cílem iniciativy je dlouhodobé udržení a posílení konkurenceschopnosti v době nástupu čtvrté průmyslové revoluce. Iniciativa dále obsahuje základní informaci o nutnosti neodkladných změn vyvolaných nástupem čtvrté průmyslové revoluce a mapuje opatření na podporu investic, aplikovaného výzkumu a standardizace, zpracovává otázky spojené s kybernetickou bezpečností, logistikou i legislativou (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2016).

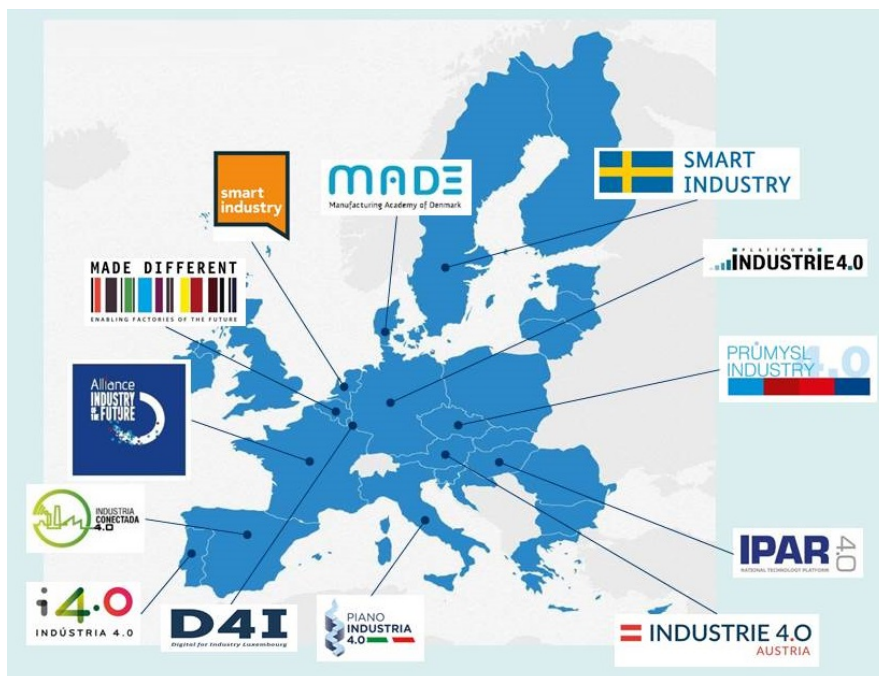
2.4.2 Německo – Industrie 4.0

Jak již bylo uvedeno dříve, bylo to právě v německém Hannoveru, kde došlo k prvnímu představení vizí čtvrté průmyslové revoluce. Spolková vláda o dva roky později, v roce 2013, představila národní platformu Industrie 4.0, která má nově německý průmysl

postavit na moderních základech. Součástí platformy jsou dílčí platformy a strategie, Plattform industrie 4.0, Energiewende a Digitalin strategie 2025, které jsou zaměřené na masivní digitalizaci průmyslu, podporu výroby energie z obnovitelných zdrojů, rozvoj digitální infrastruktury, posílení bezpečnosti dat a podporu vývoje, výzkumu a vzdělání. Do projektu se společně s vládou zapojily i významné německé společnosti, jako jsou například SAP, VW, Siemens, Infineon, Bosch, a další (Podivínský, Ehler, 2016).

2.4.3 Francie – Industrie du futur

Omezené investice do rozvoje průmyslu měly za následek zastaralý strojní park a ztrátu pracovních příležitostí. Francouzské ministerstvo průmyslu a obchodu reagovalo na tuto situaci v roce 2015 iniciativou Industrie du Futur, která se zaměřuje na technologie budoucnosti, jako je aditivní výroba nebo průmyslový internet. Program definuje pět pilířů průmyslu budoucnosti, rozvoj nových technologií pro průmysl budoucnosti, podpora společností směřem k průmyslu budoucnosti, školení zaměstnanců, posílení evropské a mezinárodní spolupráce a propagace průmyslu budoucnosti (Ministère de l'Économie, 2015).



Obrázek 3: Iniciativy evropských zemí

ZDROJ: European Commission, 2016

2.4.4 USA – Industrial internet consortium

Z důvodu zachování konkurenceschopnosti přesunuly významné americké průmyslové společnosti výrobu do Asie a Jižní Ameriky. To mělo za důsledek ztrátu více než 5 milionů pracovních míst. Jako reakce na nastalou situaci vznikla v březnu roku 2014 iniciativa Industrial Internet Consortium založená pěticí amerických firem - AT&T, Cisco, General Electric, IBM a Intel. Iniciativa si dala za úkol propojit komerční, akademickou a vládní sféru za účelem urychlení rozvoje a adaptace technologií průmyslového internetu (The industrial internet consortium, 2019). Prezident Barack Obama inicioval vznik vládního poradního sboru Advance Manufacturing Partnership, ten má za cíl koordinovat vývoj technologií a zajistit v USA dostatek kvalifikovaných pracovních míst, které zvýší konkurenceschopnost. Byly stanoveny tři základní pilíře potřebné pro dosažení cíle, umožnit inovaci, zajistit kvalifikované pracovníky a zlepšit obchodní klima (Advance manufacturing portal, 2019).

2.4.5 Čína – Made in China 2025

Postupná ztráta komparativní výhody v podobě levné pracovní síly a klesající výkon ekonomiky vedla čínskou vládu ke spuštění programu na zvýšení konkurenceschopnosti průmyslu. V červenci 2015 ministerstvo průmyslu a informačních technologií představilo iniciativu Made In China 2025, která je jednou ze tří plánovaných fází projektu (budou následovat '2035 a '2049). Iniciativa si bere za prioritu využití inovací, zapojení informačních technologií do výroby a zvýšení podílu lokálně vyrobených komponentů a materiálů na vyráběných produktech. Jednou z priorit je i zelená výroba, která využívá obnovitelné zdroje energie a dává si za cíl snížení emisí. (State Council of the People's of China, 2015). Program se inspiroval z velké části německou Industrie 4.0 a prioritně se zaměřuje na nové pokročilé technologie, výrobu automatizovaných obráběcích strojů a robotů, letecký průmysl, výrobu železničních dopravních prostředků nebo energetických zařízení (Iniciativa průmysl 4.0, 2016)

2.5 Investice podporující Průmysl 4.0

Investice do projektů spojených s koncepcí Průmysl 4.0 budou pro podniky a společnosti finančně velmi náročné, proto je při investování nutná podpora státu ve formě dotačních programů. Jak uvádí Iniciativa Průmysl 4.0 „*Veřejný sektor má už nyní k dispozici řadu nástrojů, které jsou však využívány rozptýleně, ba přímo nahodile. Zdroje je třeba*

koncentrovat a jejich užití opřít o koncepční dokumenty. Je třeba nejdříve definovat strategickou roli státu, jak chce být angažován, a podle toho pak hledat investiční nástroje“ (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2016, s. 186). Investiční podpora pro technická řešení je v současné době realizována pomocí operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost (OP PIK), který je možné využít pro spolufinancování podnikatelských projektů ve zpracovatelském průmyslu a souvisejících službách. Program se zaměřuje především na zvýšení inovačního výkonu podniků, využití výsledků průmyslového výzkumu a experimentálního vývoje. Pro tento operační program je v období 2014 až 2020 z Evropského fondu pro regionální rozvoj vyčleněno cca 100 mld. Kč (Czechinvest, 2020). Za účelem vytipování vhodných perspektivních oblastí, které by měly být podpořeny z evropských strukturálních a investičních fondů (ESIF), vznikla Národní a výzkumná strategie pro inteligentní specializaci (Národní RIS3 strategie) spravovaná Ministerstvem průmyslu a obchodu. Na základě této strategie kromě již zmiňovaného operačního programu PIK vznikly ještě další operační programy na podporu strategie Průmysl 4.0, např. OP Výzkum, vývoj a vzdělání, OP zaměstnanost a další (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2020)

2.6 Dopady čtvrté průmyslové revoluce na společnost

Skutečnost, že fenomén čtvrté průmyslové revoluce přesahuje rámec průmyslu a průmyslové výroby, dokládají již zmiňované národní strategické iniciativy, reflektující vlivy spojené s touto revolucí. Dokumenty vznikají na úrovni národních vlád, odborných sdružení a soukromých organizací. Předpokládaná širší vlivů čtvrté průmyslové revoluce již dnes vyvolává předpovědi odborníků o dopadech a přínosech tohoto trendu pro společnost a ekonomiku (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2016). Vize čtvrté průmyslové revoluce umocňují obecný trend posunu ke společnosti znalostí, který je posilován informatizací a kybernetizací procesů v oblasti výroby, služeb i fungování státu. Tyto procesy je nutné brát jako příležitost k rozvoji společnosti, nikoliv jako její ohrožení. Nové technologie povedou hlavně k nahrazování stereotypních pracovních činností opakujících se podle stále stejného postupu, který lze naprogramovat, algoritmizovat (Ministerstvo práce a sociálních věcí, 2016). Prof. Mařík uvádí „*Některé profese zaniknou, jiné vzniknou. Například nebudou potřeba rutinní profese jako třeba spojovatelky, operátorky, ale vzroste poptávka po pracovnících zabývajících se ochranou dat a fyzických objektů a s ní souvisejícího systému*

dalších specializací. Samozřejmě, úspěch na pracovním trhu bude podmíněn vyšší kvalifikací“ (Mařík, 2016, s. 14). Předpokládá se, že změna organizace práce s sebou přinese potřebu zlepšit sociální a technické dovednosti pracovníků. Zvýší se požadavek na flexibilitu, variabilitu a individualizaci pracovních procesů a kvalifikace. S tímto jevem budou spojeny nároky na nutnost celoživotního vzdělávání a průběžné doplňování kvalifikace. Technický rozvoj a změny charakteru práce se budou týkat všech profesí (Ministerstvo práce a sociálních věcí, 2016). Celospolečenské uplatnění Průmyslu 4.0 přinese potřebu výuky nových znalostí a dovedností, které musí proniknout do celé populace. To si vyžádá zavedení nových předmětů a studijních oborů. Poznatky potřebné pro výuku se získají z výzkumu, z tohoto důvodu je třeba průběžně realizovat výzkum v oblasti Průmysl 4.0 (Mařík, 2016).

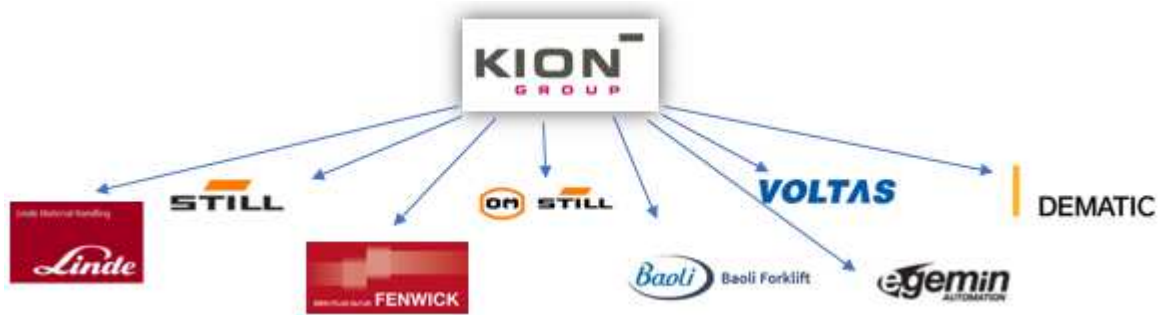
3 Charakteristika výrobního podniku

Pro zpracování této bakalářské práce byla vybrána společnost KION Stříbro, specializující se na výrobu manipulační techniky. V této kapitole jsou v širších souvislostech uvedeny základní informace o vybraném podniku. Je zde popsána historie společnosti, vlastnická struktura, výrobky, organizační struktura a samotný výrobní proces.

3.1 KION Group AG

Společnost KION Stříbro je součástí nadnárodní společnosti KION Group AG se sídlem v Německé spolkové republice. Společnost KION Group AG je od vzniku spojena s firmou Linde AG, jejíž historie se začala psát v roce 1904, kdy pánové Hugo Gülden, George von Krauss a Carl von Linde společnost založili pod názvem Gülden-Motoren-Gesellschaft. Společnost se v té době zaměřovala na výrobu diesellových motorů. V roce 1929 došlo k převzetí firmy společností Lindes's Eismaschinen AG, která v roce 1955 představila první transportní vůz s hydrostatickým pohonem, patentovaným společností Linde. O čtyři roky později, v roce 1960, společnost představila na výstavě v Hannoveru první vysokozdvihný vozík s hydrostatickou převodovkou pod touto značkou. V průběhu následujících let společnost představila další typy vozíků pod značkou Linde. Za zmínku stojí první elektrický vozík představený v roce 1971, zahájení výroby reach trucks v roce 1989 a představení autonomních průmyslových vozíků L-Matic a P-Matic v roce 2015.

Z obchodního hlediska společnost Linde již pod názvem Linde AG rozšiřovala své portfolio nákupem společností působících ve stejném segmentu podnikání. Do rodiny společnosti patří mimo jiné společnosti Still, OM a Fenwick. V roce 2006 se společnost rozhodla spojit všechny své značky pod jednu společnost, čímž došlo ke vzniku společnosti KION Group AG. Společnost KION dále rozšiřuje portfolio svých společností, jak je patrné na Obrázek 4. V současné době je společnost se ziskem 400 mil. € (KION Group AG, 2019) největším světovým výrobcem nabízejícím „Material Handling Solution“ a druhým největším výrobcem manipulační techniky.



Obrázek 4: Portfolio společnosti KION Group AG

ZDROJ: KION Stříbro, vlastní zpracování

3.2 KION Stříbro

Závod KION Stříbro je odštěpným závodem společnosti Linde Pohony s.r.o. z Českého Krumlova, která je součástí skupiny KION Group AG. Výrobní závod je situován v průmyslové zóně Panattoni D5 v Ostrově u Stříbra. Jedná se již o třetí závod společnosti KION Group AG v České republice. Těmi prvními jsou společnosti LINDE Pohony s.r.o. zabývající se výrobou pohonných os pro manipulační vozíky a joint venture společnost JULI Motorenwerk s.r.o., kterou společnost KION Group AG vlastní se společností JUNGHEINRICH Beteiligungs-GmbH.

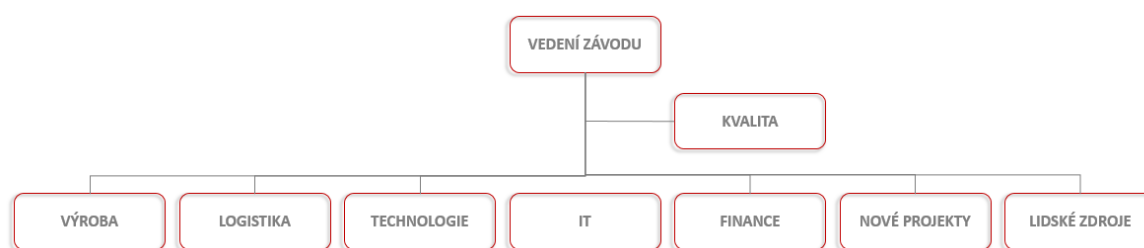
Rozhodnutí o výstavbě nového závodu a přesunutí části výroby do České republiky přijala společnost KION Group v roce 2014. Jedním z impulzů pro novou investici byl průměrný meziroční nárůst objednávek o 9,3 %, který nebylo možné z technických a kapacitních důvodů pokrýt v původní výrobní lokaci. Dalším důvodem byla nutnost optimalizace výrobních a logistických procesů s cílem snížení výrobních nákladů. Již ve fázi přípravy celého projektu bylo rozhodnuto o konceptu s maximálním využitím digitalizace procesů. KION Stříbro je první továrnou v celé skupině KION Group, využívající prvky Průmyslu 4.0. Investice do infrastruktury a vybavení spojeného s digitalizací dosáhly celkové výše 123 miliónů korun, to je přibližně třetina z 380 miliónů investovaných do veškerého technologického vybavení nové továrny. V rámci snížení celkových investičních nákladů na projekt bylo rozhodnuto o částečném využití technologie z původní lokace (KION Stříbro, 2017).

Historie závodu se začala psát v listopadu roku 2014, kdy byl za účasti top managementu a zástupců vlády položen základní kámen nově vznikající továrny. V lednu roku 2016 byla

zahájena výroba prvního typu vozíků BR 1120, v srpnu téhož roku vozíků BR 116 a v červnu 2019 měl SOP poslední z vyráběných typů, a to BR 1173.

Z právního hlediska má společnost KION Stříbro jako odštěpný závod stejné IČO jako mateřská společnost v Českém Krumlově, z pohledu účetnictví se jedná o samostatnou jednotku, která tvoří vlastní náklady a zisk.

V současné době ve společnosti pracuje 210 zaměstnanců, z toho je 145 direct pracovníků přímo ve výrobě a 65 indirect pracovníků, jako THP podpora. Součástí THP je 10 pracovníků z centrálních funkcí. Organizační struktura podniku je rozdělena dle jednotlivých procesů, jak ukazuje Obrázek 5.



Obrázek 5: Organizační struktura KION Stříbro

ZDROJ: KION Stříbro, vlastní zpracování

3.2.1 Výrobky

Stříbrský závod je závodem vyrábějícím vozíky značek Linde a Fenwick. V současné době se zde vyrábějí dva druhy reach truck (nebo také Retruck) vysokozdvížných vozíků BR 1120 s objemem 5500 vozíků/rok a BR 116 s vyráběným množstvím 500 vozíků/rok. V obou případech se jedná o elektrické vysokozdvížné vozíky schopné manipulovat v úzkých prostorech mezi regály, a to až do výšky 15 m. Nosnost vozíků je u těchto typů až 2,5 t. Dále se ve Stříbře vyrábí a montují ručně vedené elektrické vozíky BR 1173, a to v objemu 8000 vozíků/rok. Jedná se o elektrické manipulační vozíky, které jsou schopny manipulovat do výšky až 8 m a jejich nosnost je až 2 t. Jednotlivé stavební řady viz Obrázek 6.



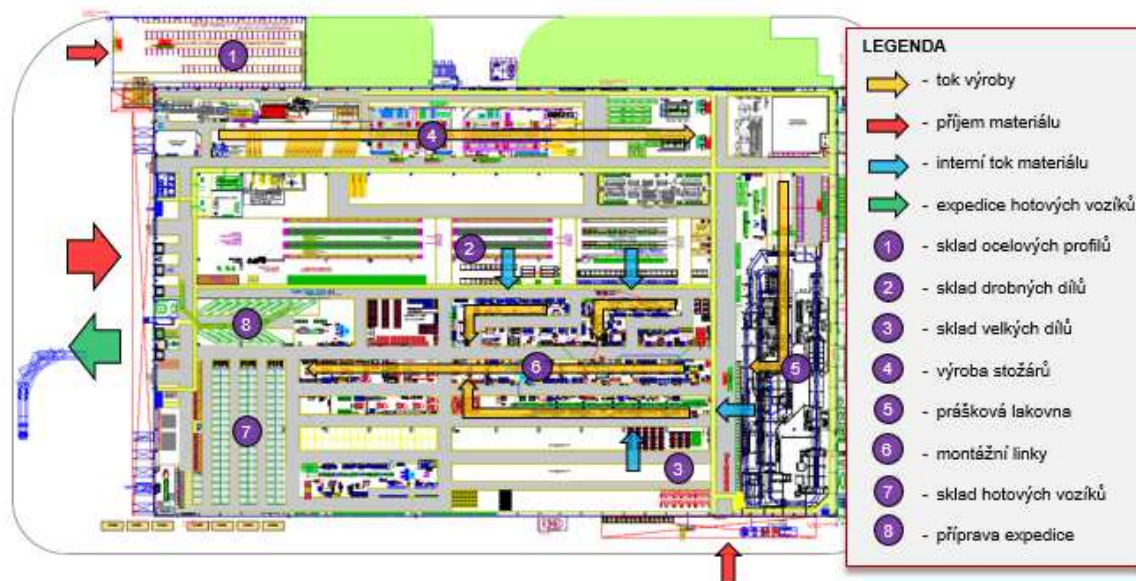
Obrázek 6: Vozíky vyráběné v KION Stříbro 1. - BR 116, 2. - BR 1120, 3. – BR 1173

ZDROJ: Linde material handling Česká republika, vlastní zpracování

V duchu filozofie společnosti KION, která nabízí výrobu vozíků dle přání zákazníka, jsou všechny tři stavební řady vozíků vyráběny v nepřeberném množství variant. Variabilita vyráběných vozíků je v řádu tisíců na jednotlivou stavební řadu. Velkou konkurenční výhodou skupiny KION je nabídka tak zvaných CO variant. CO (podle anglického Customer Option) nabízí zákazníkům úpravu vozíku dle jeho specifických požadavků i za cenu, že se bude jednat o jeden vyrobený kus.

3.2.2 Výrobní proces

Výroba v KION Stříbro je u všech třech modelových řad procesně rozdělena na dvě části. První částí je výroba stožáru včetně povrchové úpravy a v druhé části dochází ke kompletaci vozíků na montážních linkách. Součástí montážní linky je i finální kontrola v podobě EOL testu. Jak je patrné z Obrázek 7, je celá výroba vozíků koncipována do tvaru “U“ tak, aby byl zaručen plynulý tok materiálu se zaměřením na minimalizaci zbytečné mezioperační manipulace. V části výroby stožáru je třísměnný režim, a v části montáže pouze režim dvousměnný. Společnost využívá služby externího logistického poskytovatele (URBAN Transporte GmbH, vlastněná KION Group), který zajišťuje transport, příjem materiálu, jeho skladování a distribuci na jednotlivá pracoviště. Součástí externí služby je také expedice hotových výrobků, které jsou ze stříbrského závodu expedovány do celého světa.

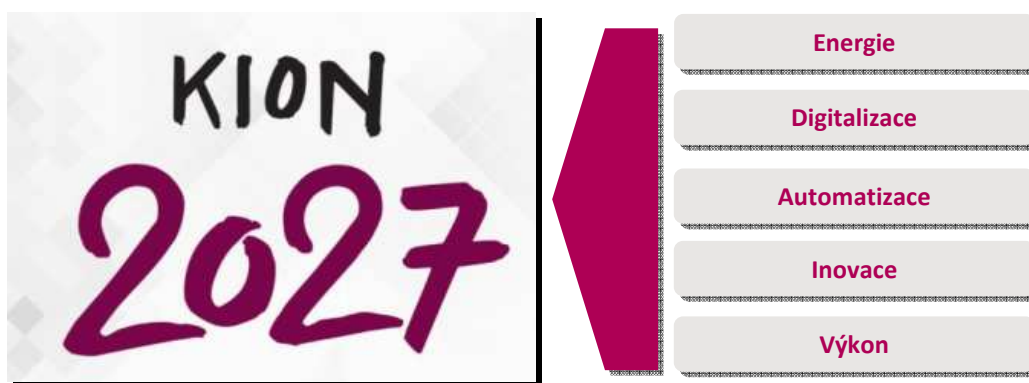


Obrázek 7: Lay out KION Stříbro

ZDROJ: KION Stříbro, vlastní zpracování

4 Digitalizace výrobních a logistických procesů ve společnosti KION Stříbro

Tato část bakalářské práce je zaměřena na popis využívání prvků digitalizace ve společnosti KION Stříbro. Jsou zde popsány jednotlivé procesy, které vedou od objednání finálního výrobku zákazníkem, plánování výroby, materiálových toků, samotné výroby až po expedici k zákazníkovi. Digitalizace interních procesů je ve společnosti KION vnímána jako velmi důležitý prvek rozvoje interních procesů společnosti. Důkazem je zařazení digitalizace mezi pět oblastí, které si společnost stanovila jako základní oblasti pro strategický rozvoj ve své strategii „The KION 2027 Strategy“. Další oblasti strategie jsou zobrazeny na Obrázek 8. K oblasti digitalizace společnost uvádí *„Jsme odborníky, pokud jde o digitalizaci. Vytváříme inovativní, digitálně propojená řešení od samostatného softwaru až po plně automatizované sklady, to vše ke zvýšení efektivity intralogistiky našich zákazníků. Systematicky digitalizujeme naše interní procesy a využíváme pokročilé metody vývoje, jako je agilní vývoj.* (KION Group, 2019, vlastní překlad). Proces digitalizace je na centrální úrovni zajištěn dceřinou společností KION Group IT, které je zodpovědná za implementaci na lokální úrovni, tedy i v závodě KION Stříbro.

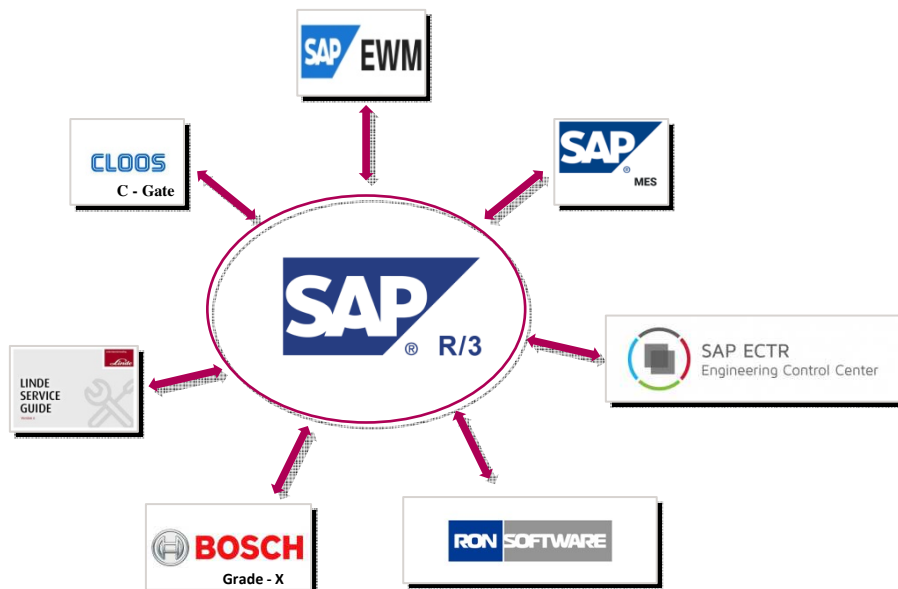


Obrázek 8: 5 základních oblastí rozvoje „The KION 2027 Strategy“

ZDROJ: KION Group AG, vlastní zpracování

4.1 Informační systémy využívané v KION Stříbro

V rámci celého koncernu KION Group AG, tedy i v KION Stříbro, je jako základní ERP informační systém využíván systém od německé společnosti SAP, a to konkrétně SAP R/3. Tato základní platforma, která spravuje veškerá data potřebná pro bezproblémový chod společnosti, je doplňována dalšími podpůrnými systémy. Celý systém pracuje s takzvanými kmenovými daty, obsahujícími základní informace o materiálech, dodavatelích, zákaznících, pracovních postupech, cenách, mzdových nákladech a v neposlední řadě i o zaměstnancích. Všechna data jsou vzájemně sdílena a jednotlivé systémy jsou propojeny se základním ERP systémem. Na Obrázek 9 je popsáno propojení jednotlivých systémů.



Obrázek 9: Propojení informačních systémů se systémem SAP R/3

ZDROJ: KION Stříbro, vlastní zpracování

Všechna systémová data jsou uložena na serverech ve Frankfurtu nad Mohanem, stejně tak jako cloudové úložiště. Lokální servery slouží pouze pro instalaci systémů a aplikací. Komunikace mezi centrálním serverem a lokací probíhá na chráněném internetovém připojení.

4.1.1 Řízení lidských zdrojů

V oblasti řízení lidských zdrojů je mimo hlavního systému SAP využíván podpůrný systém od společnosti RON Software, který zajišťuje správu docházky, reguluje přístupy, ale také je využíván zaměstnanci pro objednávání závodního stravování a nákup v bistru.

Komunikace zaměstnance se systémem je prováděna za pomoci identifikačního média (bezkontaktní karta nebo přívěšek). Každý zaměstnanec je při nástupu do společnosti vybaven tímto identifikačním médiem, které v sobě nese jedinečný identifikační kód. Všechna sebraná data jsou automaticky digitálně posílána do SAP, ve kterém dojde k jejich analýze a zpracování dle požadavků společnosti.

4.1.2 Technický vývoj a plánování procesů

Díky využití digitálních technologií je technický vývoj pro všechny závody vyrábějící techniku Linde centrální, se sídlem v německém Asschafenburgu. V rámci technického vývoje jsou mimo jiné využívány 3D CAD technologie a technologie rapid prototyping. Každá konstrukční změna, která je na výrobku provedena, musí být schválena i výrobním závodem. Proces schvalování jednotlivých změn je prováděn digitálně a pomocí systémů SAP a systému na evidenci výkresové dokumentace SAP ECTR. Pro prezentaci změn jsou využívány 3D modely, které slouží také k plánování montážních procesů přímo ve výrobním závodě. Z důvodu úspory finančních prostředků je u složitějších výrobních celků pro simulaci nového výrobního procesu využívána virtuální realita. Na základě prezentovaných změn je nutné naplánovat i procesy potřebné pro samotnou výrobu. Tento proces plánování se provádí za pomoci systému TiCon, ve kterém jsou zpracovány jednotlivé pracovní kroky včetně MTM analýz a balancování pracovišť. Po odsouhlasení navrhované změny jsou v systému TiCom vytvořeny elektronické pracovní návody, které se zobrazují pracovníkům na montážní lince.

4.1.3 Logistika

Vysoké náklady, které je nutné vynaložit na manipulaci s materiálem, mají za následek, že logistické procesy jsou z pohledu digitalizace jednou z nejprogresivněji se rozvíjející oblastí, stejně je tomu tak i ve společnosti KION Stříbro. K řízení odběratelsko-dodavatelského řetězce je využíván jako základní systém SAP R/3, který je doplněn externím modulem SAP EWM, řídicím kompletní systém skladového hospodářství. Logika řídicích procesů je definována na základě nastavených kmenových dat obsahujících mimo jiné i informace o dodavateli, balícím předpisu, dodacích termínech, fakturačních podmínkách a minimálním skladovaném množství.

4.1.4 Plánování výroby

Výrobní procesy jsou ve společnosti KION Stříbro řízeny výhradně za pomoci systému SAP MES. Princip plánování je sekvenční, formou tahu, to znamená, že výroba vozíku je naplánována až ve chvíli, kdy je vozík nakonfigurován a objednan zákazníkem. Základem pro plánování výroby je konfigurace vozíku zákazníkem. Tato konfigurace probíhá elektronicky v digitálním katalogu, kde si zákazník společně s dealerem za pomoci tak zvaných prodejních kódů vyspecifikuje požadovaný vozík. V případě požadavku na nestandardní CO vozík je tato konfigurace zpracována společně s oddělením technického vývoje, které navrhne a společně s výrobním závodem odsouhlasí technické řešení CO vozíku. Z důvodu zajištění všech potřebných zdrojů nutných pro výrobu vozíku je možné měnit jeho specifikaci nejpozději dva týdny před jeho samotnou výrobou. Všechny konfigurace jsou následně digitálně převedeny na technické kódy, respektive sekvenční číslo potřebné pro plánování všech podpůrných a výrobních procesů. Z takto vygenerovaných sekvenčních čísel systém MES vytvoří výrobní plán, který je v digitální podobě přenesen na jednotlivá pracoviště. Základní informací je přehled plánovaných sekvencí a jejich pořadí, v jakém budou zpracovány. Výrobní plán je v průběhu celé výroby online aktualizován pro každé pracoviště a systém udržuje informaci, na jakém pracovišti se výrobní sekvence právě nachází a jaký bude následující krok.

4.1.5 Technologie a údržba

Systém SAP MES se používá jako řídicí systém pro jednotlivá technologická zařízení používaná při výrobě, jako jsou obráběcí centra, svařovací roboti, lakovací linka, řízené šroubováky a v neposlední řadě EOL testovací zařízení. Informace jsou předávány pomocí digitálních protokolů obsahujících informace o technologickém postupu, programu a nástrojích, které mají být v daném kroku použity. Za pomoci SAP MES jsou na dotykových displejích, umístěných na montážních pracovištích zobrazovány pracovní postupy a návodky, zpracované v systému TiCon. Systém dále předává na jednotlivá pracoviště informace o materiálu potřebném pro danou montáž. Řídicím členem je sekvenční číslo na základě, kterého jsou generovány relevantní informace. Jednotlivá zařízení využívají své vlastní systémy, které v rámci centrálního řízení předávají zpětnou vazbu o svých stavech. Využívány jsou různé systémy, jako jsou například SIEMENS S7, CLOOS C_Gate, BOSCH Grade-X, FANUC, Atlas Copco Toolsnet a další. V rámci plánování, řízení a evidence údržby společnost KION využívá SW Profylax. V tomto

systemu je vedena evidence všech zařízení, nářadí, přípravků a technologií zajišťujících chod budovy. Na základě kmenových dat a dat o provedených opravách na jednotlivých zařízeních je generován plán preventivní a prediktivní údržby, včetně zákonných požadavků, který je elektronicky předáván pracovníkům údržby na mobilní zařízení (tablet). Zařízení jsou identifikována na základě RFID, respektive 2D kódů.

4.1.6 Management

Sběr a analýza dat potřebných pro rozhodování managementu jsou v KION Stříbro prováděny několika na sobě nezávislými systémy. Všechna sebraná data jsou uložena na lokálním serveru, ze kterého jsou v různých časových intervalech vyhodnocována a prezentována na jednotlivých poradách a úrovních v podobě různých reportů. Obsah a úroveň jednotlivých reportů jsou založeny na stanovených interních i globálních klíčových ukazatelích, na tak zvaných KPI – Key Performance Indicator (EBIT, obrat zásob, OEE, OLE, technické prostoje atd.). Informace potřebné pro operativní řízení jsou zpracovávány systémem SAP MES, který poskytuje online informace o aktuálním stavu výroby, její rozpracovanosti a technických problémech. Informace o jednotlivých technologiích v rámci výroby jsou zpracovávány na jiných online platformách, které jsou uvedeny v předchozí kapitole. Většina operativních informací je prezentována v reálném čase přímo ve výrobě za použití ANDON tabulí. Informace strategického charakteru nutné pro dlouhodobá rozhodnutí jsou zpracovávány v systému SAP R/3. Jedná se především o ekonomická data (např. obrat, EBIT, stav zásob, prodej atd.), která jsou prezentována na měsíční bázi.

4.2 Výrobní procesy

Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.2.3, je výrobní proces ve společnosti KION Stříbro rozdělen na dvě hlavní části. Celý proces začíná v části výroby svařovaných dílů, zdvihacích stožárů, kde za pomoci třískových technologií, procesu svařování a následné povrchové úpravy, v podobě práškové technologie, vznikají komponenty budoucího vozíku. Ve druhé části výroby dochází ke kompletaci a testování vozíku na montážní lince.

4.2.1 Výroba svařovaných dílů

Část výroby, která je zaměřena na výrobu svařovaných dílů, je rozdělena na samostatná pracoviště, které nejsou svázány v jednom taktu, není zde použit princip one piece flow. Důvodem takového uspořádání je využití různých druhů technologických procesů a

vysoká variabilita svařovaných dílů, která způsobuje rozdílnou časovou náročnost na výrobu jednotlivých variant. Tyto rozdíly se pohybují v řádu několika desítek procent. Oblast výroby svařovaných dílů je rozdělena na pracoviště přípravy materiálu, sváření a povrchové úpravy. Jedná se převážně o automatizované systémy, jako jsou válečkové dopravníky, nářezové centrum, obráběcí centra, svařovací roboti, prášková lakovací linka nebo vozíky typu AGV. Součástí výrobního procesu jsou také sklady, které jsou umístěny mezi jednotlivá pracoviště a slouží k zajištění plynulosti výroby. Pro plánování a řízení výroby je využíván systém SAP MES, který kooperuje s řídicími systémy jednotlivých technologií. Na pracovištích, kde je nutná lidská práce, jsou pro komunikaci s pracovníky využívány interaktivní dotykové obrazovky, na kterých se pracovníkům zobrazují informace potřebné pro výrobu. Velice důležitým prvkem v procesu řízení výroby je využití technologie 2D kódu. 2D kódu se využívá pro identifikaci ocelových polotovarů během celé výroby svařovaných dílů. Tímto kódem jsou hned při vstupu do procesu, za pomoci laserové technologie, označeny všechny ocelové profily vstupující do výroby. V identifikačním kódu je číslo sekvence vyráběného vozíku a typ použitého profilu. Pohyb materiálu je online monitorován v průběhu celého procesu za pomoci sítě čtecích zařízení 2D kódů (automatické kamery, ruční scannery). Tyto čtečky jsou umístěny na dopravnících a před každým pracovištěm.

Samotná výroba stožáru je z technologických důvodů zahájena 48 hodin před začátkem kompletace vozíku na hlavní lince finální montáže, respektive 48 hodin před zahájením montáže na prvním taktu této linky. Proces začíná v oblasti přípravy materiálu, která je z velké části plně automatizována, obsluha zde má za úkol pouze vložení profilů na dopravník a odebrání obrobeneho profilu na konci linky. Ocelový profil je nejprve upraven na požadovanou délku, zbaven nečistot v tryskacím zařízení a obroben. Všechny využívané technologie (válečkový dopravník, pila, tryskací zařízení, obráběcí centrum, AGV vozíky) jsou autonomní zařízení s vlastním řídicím systémem, ve kterém jsou nadefinovány pracovní kroky a s nimi spojené parametry (rozměr, tvar, program atd.). To, jaký pracovní krok a kdy má být zahájen, určuje systém MES, který na základě identifikace materiálu určí technologický postup a tuto informaci předá řídicímu systému zařízení, které zahájí výrobu. V případě, že se jedná o pracoviště s obsluhou, jsou informace zobrazeny v podobě jednotlivých pracovních kroků na interaktivní dotykové obrazovce umístěné na pracovišti. Po dokončení pracovní operace dojde k potvrzení správnosti a uvolnění polotovaru na další pracoviště. Na konci oblasti jsou polotovary

umístěny do sekvenčních vozíků a připraveny na robotické svařování. V oblasti svařování není podíl automatizace tak velký, jako tomu bylo v předchozí oblasti, ale je zde více využívána lidská práce. Logika řízení je stejná, pracovník dle pokynů na dotykové obrazovce založí polotovary do svařovacích přípravků a potvrzením spustí proces robotického svařování. Před zahájením sváření dojde k automatickému ověření založeného materiálu a volbě svařovacího programu. Svařená sestava stožáru je po kontrole a kalibraci umístěna v sekvenční paletě do skladu před lakovací linkou. Poslední oblastí před montážní linkou je linka na povrchovou úpravu. Pracovník podle pokynů na dotykové obrazovce zavěsí svařenou sestavu na vstupu do linky a provede identifikaci skenováním 2D kódu na profilech. Stejně jako svařovací robot i lakovací linka nastaví parametry a program pro daný stožár. Po dokončení procesu lakování jsou stožáry svěřeny na AGV vozíky, které je dopraví přímo na montážní linku. Z pohledu plánování musí systém MES plánovat výrobu v souladu s montážní linkou, protože nalakované stožáry vstupují do montážní linky stožáru, která je navržena jako průběžná.

4.2.2 Finální montáž

Na rozdíl od výroby svařovaných dílů je finální montáž navržena formou montážní linky s principem výroby one piece flow. Počet pracovišť je navržen a balancován tak, aby i s ohledem na vysokou variabilitu vyráběných vozíků byl objem práce na jednotlivých pracovištích stejný. Objem práce na jednotlivých pracovištích je stanoven celkovou pracností na vyráběný vozík a požadovaným časem taktu. Návrh celého procesu je vytvořen virtuálně za pomoci systému TiCon využívajícího metodiku MTM. Finální montáž je rozdělena na hlavní linku, na které jsou kompletovány přímo vozíky, dvě podpůrné linky pro kompletaci podvozku a zdvihacího stožáru a na pracoviště předmontáží pro kompletaci podskupin, jako jsou například řídicí pulty, sedačky, boční posuvy vidlí a další. Montážní proces je navržen tak, aby se výroba na podpůrných linkách a předmontážích začlenila plynule do hlavní montážní linky a aby nedocházelo ke zbytečnému plýtvání v podobě prostojů nebo nadvýroby. Finální montáž je stejně jako výroba svařovaných dílů plánována a řízena systémem SAP MES. V této části výroby se jedná převážně o manuální procesy s vysokým podílem lidské práce, proto jsou zde jako hlavní komunikační prostředky řídicího systému využívány interaktivní dotykové obrazovky, které jsou umístěné na každém pracovišti. Všechny dokumenty potřebné pro výrobu jsou v digitální podobě. Před zahájením práce musí pracovník provést svou identifikaci a přihlásit se za pomoci čipové karty na svém pracovišti. Systém provede

kontrolu, zda je pracovník na pracoviště zaškolen, a zda zde může provádět montáž. Pro zahájení montáže na vstupních pracovištích pracovník naskenuje základní vstupní materiál (kabina, podvozek, svařený stožár), systém MES ověří, zda se jedná o správný materiál pro plánovanou sekvenci a na obrazovce zobrazí postupně kroky, které je nutné na pracovišti vykonat. Pracovník zahájí montáž podle zobrazovaných informací. Na obrazovce se kromě popisu operace zobrazuje i počet a číslo dílu použitého materiálu, jaké má pracovník používat nářadí nebo jakou kontrolu má provést. Po dokončení všech pracovních kroků je pracovník vyzván ke kontrole a potvrzení kompletnosti montáže, tím systém uvolní sekvenci pro následné pracoviště. Stejně je tomu na všech pracovištích montážní linky. Na některých pracovištích je nutné využít řízené nářadí v podobě inteligentních šroubováků, které jsou schopny kontrolovat průběh šroubování. Stejně jako je tomu v případě svařovacích robotů nebo obráběcího centra, jsou i parametry řízených šroubováků určeny systémem MES na základě technické specifikace vyráběné sekvence. V podobné logice je před koncem linky prováděné programování vozíku za pomoci systému Grade-X, který online komunikuje se systémem MES. Posledním krokem na montážní lince je konečná kontrola, EOL test. Na pracovišti konečné kontroly, testovací věži, jsou zkoušeny všechny důležité parametry a systémy vozíku (celková váha, brzdy, rychlosti zdvihu a klesání, maximální zdvih atd.) Proces v testovací věži je plně pod kontrolou systému věže a MES, pracovník je zde pouze jako obsluha vyrobeného vozíku. Vozík je kabelem propojen s věží, která dle konfigurace vozíku z MES postupně testuje všechny parametry. Po úspěšném dokončení všech testů obdrží vozík potřebné certifikáty a je uvolněn k expedici. Ve stejnou chvíli jsou na server uloženy všechny informace o parametrech vozíku, jeho výrobě a hodnotách naměřených na konečné kontrole. Tyto informace slouží v budoucnu pracovníkům zákaznického centra a servisnímu oddělení.

4.3 Logistické procesy

Logistické procesy jsou rozděleny na dvě úlohy. Tou první je externí logistika, která má za úkol zajistit materiál a zároveň expedovat hotové výrobky, druhou úlohou je interní logistika, jejímž úkolem je plynulé zásobování výroby.

4.3.1 Externí logistika

Pro komunikaci s externími dodavateli jsou využívány EDI zprávy obsahující standardně strukturovaná data dle standardu VDA 4902. Tyto tak zvané odvolávky jsou generovány automaticky systémem SAP EWM na základě požadavků stanovených výrobním plánem.

Pro objednání materiálu jsou definována ještě další pravidla, jako je minimální množství a optimální zásoba v rozsahu maximálně dvou dnů výroby. Systém rozlišuje čtyři druhy materiálu, kanbanový, sekvenční, CO materiál a ocelové profily. Ke každému typu materiálu jsou definovány manipulační jednotky, podle kterých s nimi systém operuje. Nezbytnou podmínkou je standardní označení materiálu VDA štítkem, který slouží pro identifikaci materiálu. Doprava všech druhů materiálů do závodu je zajištěna standardní kamionovou dopravou, u některých materiálů je požadováno online GPS sledování, které informuje systém o poloze materiálu. Tento specifický požadavek je u sekvenčního materiálu (např. elektrické pohony a kabiny), kde díky minimální zásobě hrozí zastavení výroby z důvodu včasného nedodání materiálu. Po příjezdu do závodu je materiál vyložen a složen na plochu příjmu. Na příjmu dochází ke skenování materiálu a uskladnění do skladovacích pozic (paletové regály, konzolové regály, ASRS regál, volná skladovací plocha). Každý druh materiálu má jasně definované zóny pro uskladnění. V rámci skladovacích zón využívá systém dynamických skladovacích míst, to znamená, že místa nejsou fixně určena pro jeden materiál, ale jsou využívány optimálně s ohledem na další použití ve výrobě. Informace o pozici, na kterou má být materiál uskladněn, předá systém obsluze vysokozdvizného vozíku přímo na monitor v kabině vozíku.

Expedice hotových vozíků je ze závodu ve Stříbře do celého světa. Jelikož se jedná o jeden z mnoha produktů, které skupina KION nabízí, je tento proces řízen centrálně z distribučního centra v Asschafenburgu. V rámci expedice mohou být na jeden kamion naloženy produkty z více závodů. Po odhlášení vozíku z posledního výrobního pracoviště systém automaticky uvolní vozík pro expedici. Centrální systém vygeneruje nakládkový plán, podle kterého jsou vozíky naloženy do kamionů, nebo kontejnerů v případě, že se jedná se o zámořskou dopravu.

4.3.2 Interní logistika

Všechny úkoly interní logistiky jsou řízeny požadavky výroby, respektive výrobním plánem. Tyto požadavky, objednávky, jsou zpracovávány systémem MES, který je generuje automaticky podle vyráběných sekvencí, nebo jsou vytvářeny ručně, skenováním identifikačního štítku na obalu požadovaného materiálu pracovníky přímo na pracovištích. Způsob objednání materiálu na linku je definován druhem materiálu a způsobem uskladnění přímo u linky. Kanbanový materiál má fixně definované pozice ve spádových regálech přímo u linky. Je zde využíván princip dvou beden (KLT boxů), kdy jsou v regále

umístěny dva KLT boxy a při zpracování jednoho z boxů pracovník objedná nový box. Je využíván systém elektronického kanbanu, všechny potřebné informace nejsou předávány za pomoci fyzické karty, ale elektronicky pomocí virtuální kanbanové karty. Ostatní druhy materiálu jsou objednávány automaticky systémem přímo na pracoviště a danou sekvenci, z tohoto pohledu se jedná o JIS materiál. Doprava všech druhů materiálů je na pozici v lince zajištěna různou manipulační technikou. Největší část materiálu je transportována za pomoci elektrických tahačů, vláček (milk run). Každý z vláček má definovanou trasu a zastávky, tak aby bylo zajištěné plynulé zásobování linky. První zastávkou je tak zvaná pikovací zóna, kde pracovníci skladu na základě informací ze systému (objednávka vytvořená pracovníkem ve výrobě nebo systémem) vychystají materiál do vozíků pro vláček. Informace o místě vykládky na jednotlivých pracovištích se obsluze vláčku zobrazuje na obrazovce. Po vyložení pracovník potvrdí splnění úlohy skenováním pozice na lince a bedny s materiálem. Pro objemnější materiály je celý proces stejný, je využívána pouze jiná manipulační technika (vysokozdvížené vozíky).

5 Shrnutí a doporučení

V bakalářské práci byla popsána současná úroveň digitalizace výrobních a logistických procesů ve společnosti KION Stříbro. Informace byly získány na základě osobního pozorování a studia interních dokumentů a procesů. Vyhodnocení přínosu digitalizace procesů je provedeno na základě interních dokumentů společnosti, hodnotících ekonomické výsledky projektu výstavby nového závodu v Ostrově u Stříbra. Základem dokumentů jsou hodnoty klíčových procesních indikátorů v původní a nové lokaci. Doporučení, která mohou pomoci dalšímu rozvoji společnosti, jsou navržena na základě praktických zkušeností a dlouholetého působení ve společnosti KION Stříbro.

Po vyhodnocení všech zjištěných informací lze konstatovat, že digitalizace výrobních a logistických procesů přinesla zásadní snížení celkových výrobních nákladů. Díky zvýšení efektivity jednotlivých procesů bylo možné při přesunu výroby snížit personální náklady redukcí přímého personálu o 22 % z původních 185 na současných 145 pracovníků. Úspora plynoucí z této redukce je ještě znásobena nižšími mzdovými náklady v České republice, které jsou oproti původní lokaci v Německu téměř poloviční. Dalším pozitivním dopadem zvýšení efektivity procesů bylo navýšení kapacity linky o 2 vyrobené vozíky za směnu, na stávajících 12. Z pohledu logistických nákladů došlo díky digitalizaci logistických procesů ke zvýšení obrátkovosti skladovaného materiálu a tím i ke snížení hodnoty zásob o 30 % na současných 260 milionů korun. Současně došlo ke snížení velikosti skladovacích ploch a k jejímu efektivnímu využívání za pomoci systému dynamického skladování a JIS dodávek. Za nepřímý finanční přínos lze označit zvýšení prestiže v podobě zkrácení termínu dodání objednaného vozíku. V současné době je průměrná doba dodání vozíků zákazníkovi 12 kalendářních týdnů od závazné objednávky. To je o 10 kalendářních týdnů méně, než tomu bylo před zavedením nových výrobních procesů. V neposlední řadě je nutné uvést i snížení výskytu reklamací, které je spojeno s vyšší robustností výrobních procesů. Po vyhodnocení všech klíčových procesních indikátorů je možné konstatovat, že návratnost investice je v tomto případě v období do 3 let. To lze z ekonomického pohledu hodnotit jako velice pozitivní skutečnost (KION Stříbro, 2017).

V rámci projektu bylo z důvodu snížení investičních nákladů na technologické vybavení rozhodnuto o částečném využití zastaralých technologií z původní lokace. Využití těchto technologií přináší problémy v podobě snížené kompatibility s nejnovějšími prvky

digitalizace, a tím snižuje celkovou efektivitu v části výroby, kde jsou tyto technologie využívány. **Z tohoto pohledu bylo vedení společnosti doporučeno při realizaci budoucích projektů zvážit možnost využití pouze nových technologií kompatibilních s nejnovějšími trendy digitalizace. Tuto možnost je doporučeno zvážit i za cenu vyšších investičních nákladů, a s tím spojeným negativním vlivem na návratnost investice.** Implementace digitálních procesů byla zajištěna centrálně společností KION Group IT, která je zodpovědná i za následnou podporu jednotlivých lokací. V průběhu implementace byla patrná výhoda centrálního plánování a standardizace nově vznikajících procesů. Bohužel se tento model ukázal jako částečně nefunkční při následné podpoře a nutnosti flexibilně řešit vzniklé operativní problémy. Řešení některých problémů je zdouhavé a neefektivní. To je způsobeno nepřítomností pracovníků v lokaci. **S ohledem na tuto skutečnost bylo společnosti doporučeno zvýšit kompetence lokálního týmu tak, aby bylo možné zajistit lokální podporu. Toto je možné provést decentralizací a přesunutím části týmu KION Group IT do KION Stříbro, čímž není nutné navyšování personálních nákladů.**

Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala digitalizací ve výrobním podniku. Cílem práce bylo seznámení se základy čtvrté průmyslové revoluce, iniciativou Průmysl 4.0, která je spojována právě s digitalizací, a u vybraného ekonomického subjektu se seznámit s úrovní digitalizace výrobních a logistických procesů a zhodnotit její přínos.

V úvodní části práce byly zpracovány teoretické poznatky ohledně čtvrté průmyslové revoluce, technologických konceptů a jejich aplikace. Dále byly zmíněny iniciativy národních vlád a celospolečenské dopady čtvrté průmyslové revoluce. Na základě těchto teoretických poznatků byla v další části práce popsána úroveň využití digitalizace ve výrobním podniku KION Stříbro.

Společnost KION Stříbro jako součást skupiny KION Group má v oblasti svého rozvoje a budoucího směřování jasně stanovenou strategii KION 2027 a zavádění myšlenek čtvrté průmyslové revoluce se věnuje systematicky. Hlavními očekávanými přínosy je zvyšování produktivity, efektivity a konkurenceschopnosti. Jak je patrné na příkladu společnosti KION Stříbro je tento přístup správný i přes poměrně vysoké investice a vyšší nároky na kvalifikaci personálu a s tím spojené vyšší náklady na školení a trénink.

Obecně lze konstatovat, že digitalizace procesů přináší jejich zrychlení, flexibilitu, vyšší produktivitu práce, a tím zvýšení efektivity a následné snižování nákladů. Zavádění digitalizace s sebou přináší úsporu i v podobě eliminace chyb způsobených lidským faktorem, čímž dochází ke zvýšení kvality finálního produktu. Významným vedlejším pozitivním efektem je dopad na životní prostředí. Zvyšování celkové efektivity je spojené se snižováním emisí, odpadů, maximální možnou recyklací a využíváním obnovitelných zdrojů energie. Změna organizace práce způsobená digitalizací a zaváděním prvků Průmyslu 4.0 s sebou přináší i méně pozitivní dopady, například na trh práce, kde lze předpokládat úbytek některých již nepotřebných profesí. Oproti tomu lze jako velmi pozitivní dopad hodnotit investice do výzkumu, vývoje a vzdělání, které umožní rekvalifikaci a celoživotní rozvoj. Při zavádění digitalizace je důležité zvažovat vynaložené zdroje oproti předpokládanému přínosu pro společnost a nepodléhat tlakům na hromadné zavádění, které může být v konečném důsledku neefektivní.

Seznam použité literatury

Citace

3D COMMUNICATION. 2019. Co je to vlastně Internet věcí a M2M?. *3D Communication* [online]. Praha: 3D Communication [cit. 2019-09-19]. Dostupné z: <https://www.3d-com.cz/internet-veci/>

ADVANCE MANUFACTURING PORTAL. 2019. Highlighting Manufacturing USA. *Advanced Manufacturing National Program Office* [online]. Gaithersburg: Advanced Manufacturing National Program Office [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://www.manufacturing.gov/>

ASHTON, Kevin. 2010. That “Internet of Things” Thing. *RFID Journal* [online]. Alpharetta: RFID Journal [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf>

BANAFA, Ahmed. 2016. The Internet of Everything. *BBVA Open Mind* [online]. Bilbao: BBVA Open Mind [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.bbvaopenmind.com/en/technology/digital-world/the-internet-of-everything-ioe/>

BURIAN, Pavel. 2012. *Webové a agentové technologie*. Praha: Grada. s 112-114. ISBN 9788024743769.

CAD.CZ. 2019. Rozdíl mezi M2M a IoT. *CAD.CZ* [online]. Brno: CCB [cit. 2019-09-19] Dostupné z: <https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/6972-rozdil-mezi-m2m-a-iot.html>

CEJNAROVÁ, Andrea. 2015. Od 1. průmyslové revoluce ke 4. *Technický Týdeník* [online]. Praha: Business Media CZ, 4.6.2015 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html

COMPUTER HISTORY MUSEUM. 2019. Konrad Zuse. *Computer History Museum* [online]. Mountain View: Computer History Museum [cit. 2019-03-19]

Dostupné z: <https://www.computerhistory.org/fellowawards/hall/konrad-zuse/>

CZECHINVEST. 2020. Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost. *Czechinvest* [online]. Praha: Agentura pro podporu podnikání a investic CzechInvest [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://www.czechinvest.org/cz/Sluzby-pro-male-a-stredni-podnikatele/Chcete-dotace/OP-PIK>

HENNESSEY, Tom. 2019. MES is an Essential Part of Smart Manufacturing. *Ibaset* [online]. Foothill Ranch: Ibaset Companies [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://www.ibaset.com/blog/mes-is-an-essential-part-of-smart-manufacturing/>

CHROMJAKOVÁ, Felicita, David TUČEK a Roman BOBÁK. 2017. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7454-680-8.

IBM. 2017. What is the Internet of Things?. *IBM* [online]. New York: IBM [cit. 2019-09-19]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/>

KION GROUP AG. 2019. *KION Group* [online]. Frankfurt: KION Group [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.kiongroup.com/en/main/homepage>

KION STŘÍBRO. 2017. Project overview – BR 1120 Stribro. *KION Stríbro* [interní dokument]. Ostrov u Stríbra: KION Stríbro [cit. 2020-05-01].

KOLÁŘ, Vojtěch. 2016. Bez chytré logistiky je Průmysl 4.0 jen prázdný pojem. *Logistika.iHNED.cz* [online]. Praha: ECONOMIA, 17.6.2016 [cit. 2020-01-20]. ISSN 1213-7693. Dostupné z: <https://logistika.ihned.cz/c1-65335360-bez-chytre-logistiky-je-prumysl-4-0-jen-prazdny-pojem>

KORBEL, Petr. 2015. Průmyslová revoluce 4.0: Za 10 let se továrny budou řídit samy a produktivita vzroste o třetinu. *iHNED.cz* [online]. Praha: ECONOMIA, 17.5.2015 [cit. 2019-03-19]. ISSN 1213-7693. Dostupné z: <http://byznys.ihned.cz/c1-64009970-prumyslova-revoluce-4-0-za-10-let-se-tovarny-budou-ridit-samy-a-produktivita-vzroste-o-tretinu>

KUKA AG. 2019. Cobots in the industry. *Kuka* [online]. Augsburg: KUKA AG [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/vyroba-v-budoucnosti/pr%C5%AFmysl-4,-d,-0/industrie-4-0-cobots-in-industry>

LEE Jay, Behrad BAGERI, Hung-An KAO. 2015. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters* [online]. 3, s18–23 [cit. 2019-09-19], DOI: 10.1016/j.mfglet.2014.12.001, ISSN 2213-8463 Dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/269709304_A_Cyber-Physical_Systems_architecture_for_Industry_4.0-based_manufacturing_systems

LINDE MATERIAL HANDLING ČESKÁ REPUBLIKA. 2019. *Linde-mh* [online]. Praha: Linde Material Handling Česká republika [cit. 2019-09-19]. Dostupné z: <https://www.linde-mh.cz>

MAŘÍK, Vladimír. 2016. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-440-0.

MINISTRÉ DE L'ÉCONOMIE. 2015. *Industrie du Futur: transformer le modèle industriel par le numérique*. [online]. Paris: Ministré de l'économie [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://www.economie.gouv.fr/lancement-seconde-phase-nouvelle-france-industrielle>

MINISTERSTO PRÁCE A SOCIÁLNÍCH VĚCÍ. 2016 *Iniciativa Práce 4.0*. [online]. Praha: Ministerstvo práce a sociálních věcí [cit.2019-10-20]. Dostupné z: <https://www.mpsv.cz/web/cz/prace-4.0>

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. 2016, *Iniciativa průmysl 4.0*. [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu [cit.2019-09-19]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/prumysl-ctyri/>

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. 2020. *RIS3 strategie*. [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/ris3-strategie/>

MLÁDEK, Jan. 2016. Čeká nás velká změna v myšlení lidí. *Trade news* [online]. 5(1): s12. Praha: Antecom [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: https://antecom.cz/upload/tradenews/Trade_News_2016_02.pdf

Ottova všeobecná encyklopedie ve dvou svazcích. 2003. Praha: Ottovo nakladatelství v divizi Cesty, 2003, s271. ISBN 80-7181-947-6.

PODIVÍNSKÝ, Tomáš Jan a Tomáš EHLER. 2016. Německý fenomén Industrie 4.0. *Czechtrade* [online]. Praha: Agentura CzechTrade, 22.2.2016 [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://www.czechtrade.cz/media/czechtrade-media/monitoring/nemecky-fenomen-industrie-4-0>

REIS, Jacqueline Zonichenn a Rodrigo Franco GONÇALVES, 2018. The Role of Internet of Services (IoS) on Industry 4.0 Through the Service Oriented Architecture (SOA). In:

Advances in Production Management Systems. Smart Manufacturing for Industry 4.0 [online]. Cham: Springer International Publishing, 2018-08-25 [cit. 2020-05-10]. IFIP Advances in Information and Communication Technology. DOI: 10.1007/978-3-319-99707-0_3. ISBN 978-3-319-99706-3. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-99707-0_3

ROBLEK, Vasja, Maja MEŠKO a Alojz KRAPEŽ, 2016. A Complex View of Industry 4.0. In: *SAGE Open* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2018-08-25 [cit. 2020-05-10]. IFIP Advances in Information and Communication Technology. DOI: 10.1177/2158244016653987. ISBN 978-3-319-99706-3. ISSN 2158-2440. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2158244016653987> ROGERS, David L. 2016. *The digital transformation playbook: rethink your business for the digital age*. New York: Columbia Business School Pub. ISBN 978-0-231-17544-9.

ROUSE, Margaret. 2018. Smart factory. *Techtarget.com* [online]. Newton: TechTrade [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://searcherp.techtarget.com/definition/smart-factory>

SIEMENS ČESKÁ REPUBLIKA. 2018. Průmysl 4.0. *Siemens* [online]. Praha: Siemens [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.siemens.cz/prumysl40/prumyslove-revoluce#>

SCHWAB, Klaus. 2016. *The fourth industrial revolution*. New York: Crown Business. ISBN 978-1-5247-5886-8.

ŠMEJKAL, Ladislav. 2016. Chytré domy, jejich technika a řízení. *Automa – časopis pro automatizační techniku* [online]. 22(12): 32-33 [cit. 2020-01-20]. ISSN 1210-9592. Dostupné z: <https://automa.cz/cz/casopis-clanky/chytre-domy-jejich-technika-a-rizeni-2016-12-0-9261/>

STATE COUNCIL OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA. 2015. [online]. Beijing: State Council of the People's Republic of China [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <http://english.www.gov.cn/statecouncil>

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. 2017. *Průmysl 4.0, aneb, Nikdo sám nevyhraje*. Průhonice: Professional Publishing. ISBN 978-80-906594-4-5.

TRADE MEDIA INTERNATIONAL. 2020. 5+1 tipů pro průmyslovou robotizaci v roce 2020. *Technický Týdeník* [online]. Praha: Business Media CZ, 9.1.2020 [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/5-1-tipu-pro-prumyslovou-robotizaci-v-roce-2020-49163.html>

Bibliografie

MAŘÍK, Vladimír, Wolfgang WAHLSTER, Thomas STRASSER a Petr KADERA, ed., 2017. *Industrial applications of holonic and multi-agent systems*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-319-64634-3.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. 1. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.

VEBER, Jaromír, 2018. *Digitalizace ekonomiky a společnosti: výhody, rizika, příležitosti*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-554-4.