

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra materiálů a technologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Možnosti zavedení prvků konceptu Průmyslu 4.0
v elektrotechnickém průmyslu**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Veronika LUKAVSKÁ**
Osobní číslo: **E18N0020P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Téma práce: **Možnosti zavedení prvků konceptu Průmyslu 4.0
v elektrotechnickém průmyslu**
Zadávající katedra: **Katedra materiálů a technologií**

Zásady pro vypracování

1. Prostudujte současný stav v elektrotechnickém průmyslu ve vazbě na možnosti implementace konceptu Průmysl 4.0.
2. Popište technologie a klíčové prvky konceptu Průmysl 4.0.
3. Vypracujte případovou studii.
4. Zpracujte doporučení pro praxi.



Rozsah diplomové práce: **40 – 60 stran**
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Elektronické informační zdroje (např. IEEE databáze, Scienedirect apod.)
2. MAŘÍK, Vladimír. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jiří Tupa, Ph.D.**
Katedra materiálů a technologií

Datum zadání diplomové práce: **9. října 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **27. května 2021**


Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 9. října 2020

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce se zabývá technologiemi a jejich implementací v rámci Průmyslu 4.0 s následnou aplikací v konkrétním podniku. První část diplomové práce začíná definováním pojmu Průmysl 4.0. Poté následuje rešerše aktuálního stavu iniciativy Průmysl 4.0 ve vybraných státech včetně České republiky. Dále následuje kapitola zaměřující se na implementaci a nástroje pro její realizaci. V praktické části je zpracovávána případová studie, která zahrnuje aktuální stav zavedených prvků v rámci Průmyslu 4.0 a návrh dalších možných prvků pro zavedení. Poslední kapitola obsahuje obecné doporučení pro praxi v zavádění prvků Průmyslu 4.0 v elektrotechnickém podniku.

Klíčová slova

Průmysl 4.0, průmyslová revoluce, IoT, Big Data, cloud computing, simulace, interakce, robotizace, digitalizace, automatizace, 3D tisk, implementace, SWOT analýza

Abstract

The master theses presents the principles of technologies and their implementation within Industry 4.0 and the subsequent application in a specific company. The first part of the thesis begins by defining the term Industry 4.0. This is followed by a recherche of the current state of the Industry 4.0 initiative in selected countries, including the Czech Republic. Then follows a chapter focusing on implementation and tools for its implementation. In the practical part, a case study is prepared, which includes the current state of established elements within Industry 4.0. The last chapter presents a proposal for the introduction of another elements and subsequent recommendations for practice.

Key words

Industry 4.0, industrial revolution, IoT, Big Data, cloud computing, simulation, interaction, robotics, digitization, automation, 3D printing, implementation, SWOT analysis

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 27.5.2021

Bc. Veronika Lukavská

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce doc. Jiřímu Tupovi za jeho cenné rady a trpělivost při vedení této diplomové práce. Zároveň mé poděkování patří i Ing. Andree Benešové za provedení danou problematikou a pomoci při utřídění důležitých poznatků.

Další poděkování patří Ing. Václavu Janochovi, manažeru Smart divize ve společnosti ZAT, a.s., za provedení celým procesem v rámci jeho oddělení a poskytnutí všech informací pro zpracování případové studie.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	11
1 SOUČASNÝ STAV V ELEKTROTECHNICKÉM PRŮMYSLU VE VAZBĚ NA MOŽNOSTI IMPLEMENTACE KONCEPTU PRŮMYSL 4.0	12
1.1 HISTORIE.....	12
1.2 CHARAKTERISTIKA PRŮMYSLU 4.0.....	13
1.2.1 Decentralizace.....	14
1.2.2 Interoperabilita.....	15
1.2.3 Virtualizace.....	15
1.2.4 Odpověď v reálném čase (Real-Time Response).....	15
1.2.5 Modularita.....	16
1.3 SOUČASNÝ STAV.....	16
1.3.1 Současný stav v USA.....	16
1.3.2 Současný stav v Německu.....	18
1.3.3 Současný stav v Číně.....	20
1.3.4 Současný stav v ČR.....	21
1.4 TRENDY NA TRHU PRÁCE V ČR.....	23
1.5 BUDOUCÍ TRENDY.....	23
1.6 KORONAVIROVÁ KRIZE 2020/2021 A PŘÍNOS PRŮMYSLU 4.0.....	25
2 TECHNOLOGIE A KLÍČOVÉ PRVKY KONCEPTU PRŮMYSL 4.0	26
2.1 TECHNOLOGIE.....	26
2.2 KLÍČOVÉ PRVKY.....	26
2.2.1 Kolaborativní roboti.....	26
2.2.2 Rozšířená realita.....	27
2.2.3 Simulační modelování.....	28
2.2.4 Aditivní výroba.....	28
2.2.5 Systémová integrace.....	28
2.2.6 Kybernetická bezpečnost.....	29
2.2.7 IoT.....	30
2.2.8 Cloud.....	30
2.2.9 Big data.....	31
2.2.10 Další podpůrné technologie.....	32
3 MOŽNOSTI IMPLEMENTACE INICIATIVY PRŮMYSLU 4.0	33
3.1 POSTUP IMPLEMENTACE PRŮMYSLU 4.0.....	33
3.2 NÁSTROJE A METODY IMPLEMENTACE.....	35
3.2.1 SWOT analýza.....	35
3.2.2 DMADV.....	36
3.3 VÝHODY IMPLEMENTACE PRVKŮ PRŮMYSLU 4.0.....	36
3.4 VÝZVY IMPLEMENTACE PRVKŮ PRŮMYSLU 4.0.....	37
4 PŘÍPADOVÁ STUDIE	38
4.1 SPOLEČNOST ZAT A.S.....	38
4.2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	40
4.2.1 IoT.....	41
4.2.2 Cloudové uložení.....	43
4.2.3 Připravenost podniku.....	46
4.2.4 SWOT analýza.....	47
4.2.5 Big data.....	47

5	DOPORUČENÍ PRO PRAXI.....	49
6	ZÁVĚR.....	50
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	52

Úvod

Jedním ze současných trendů elektrotechnické výroby je koncept 4. průmyslové revoluce a s tím související robotizace, digitalizace nebo automatizace. Všechny tyto pojmy jsou v tomto kontextu jistě pochopitelné a zainteresovaná společnost se shodne, že se jedná o nový fenomén nazývaný Průmysl 4.0. [1, 2]

Začátkem této průmyslové revoluce je nepochybně vývoj nových technologií a intenzivní pokrok mnoha zemí v oblasti informačních technologií. Tyto nové technologie byly výsledkem výzkumů prováděných v posledních desetiletích. Krize roku 2008 jistě rozvoji také přidala, protože jedním z nejlepších pilířů překonávání krize jsou investice. [1]

Předcházející průmyslové revoluce byly způsobené hlavně vývojem mechanických zařízení, sériovou výrobou či rozvojem elektroniky. Průmyslová revoluce, ve které se nacházíme v této době, je však mnohem širší. Je jisté, že iniciativa Průmyslu 4.0 mění velkou část hospodářství, ale i společnosti. Proto je velmi důležité, aby se ke každým změnám přistupovalo s rozvahou a na základě podložených dat a nikdy nebyla ohrožena společnost jako celek. [3]

Česká republika se historicky a na základě tradice řadí do průmyslových zemí, a proto je potřeba se touto iniciativou zabývat. I pro ČR a podniky, které zde provozují svoji činnost, je otázka zavedení konceptu Průmyslu 4.0 otázkou budoucí konkurenceschopnosti jak v domácím měřítku, tak i globálně. Důležité je si uvědomit, že tento koncept by neměl být snahou pouze o digitalizaci průmyslové výroby, ale mělo by se jednat o komplexní systém ovlivňující celou společnost. [2, 3]

V této diplomové práci je hlavním cílem vytvoření návrhu pro možné zavedení vybraného prvku Průmyslu 4.0 v elektrotechnickém podniku, který by měl smysluplně navazovat na již zavedený systém řízení. Ukázka řešení je provedena v případové studii, která byla realizována ve spolupráci se společností ZAT, a.s. v rámci Smart Divize. Na základě zpracovaného příkladu a rešerše v teoretické části je vytvořeno obecné doporučení pro praxi v případě zájmu o zavádění iniciativy Průmyslu 4.0

Seznam symbolů a zkratek

OEM	Original Equipment Manufacturer
PCAS	President's Council of Advisors on Science and Technology
NNMI	Network for Manufacturing Innovation
IoT	Internet of Things
GPS	Globální družicový polohový systém
TCP / IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
SaaS	Software as a service
IaaS	Infrastructure as a service
PaaS	Platform as a service
LTE.....	Long Term Evolution
USA	United States of America
AI.....	Artificial intelligence
AR.....	Augmented reality
IS/ICT	Information and Communication Technologies
SandRa.....	Safe and Reliable Automation
DSC	Dynamic Stability Control
SLA.....	Service-level agreement
API.....	Application Programming Interface
EU	Evropská unie
SO	Strenghts-Opportunities

1 Současný stav v elektrotechnickém průmyslu ve vazbě na možnosti implementace konceptu Průmysl 4.0

Elektrotechnický průmysl vznikl ve 20. letech minulého století a dnes patří mezi jedno z největších a nejdůležitějších průmyslových odvětví ve světě. Budoucnost elektrotechnického průmyslu jako výrobce technologií pro širokou škálu uplatnění závisí na využití potenciálu velkého růstu některých trhů, kterými jsou mj. infrastruktura pro dodávky energie, energeticky úsporné budovy, dopravní sítě, průmyslová výroba a vývoj inteligentních technologií, které umožní uspokojovat existující a budoucí potřeby společnosti.

K digitalizaci dochází ve všech sektorech elektrotechnického průmyslu. Cílem Průmyslu 4.0 je digitálně propojit všechny úrovně tvorby, od vývoje až po logistiku. Tyto změny se projevují ve velkých i malých firmách a znamenají velké změny v investicích. Iniciativa Průmyslu 4.0 ukazuje směry vývoje a pomáhá nastítnit opatření pro podporu ekonomiky, průmyslu, ale i pro společnost na přijetí těchto změn.

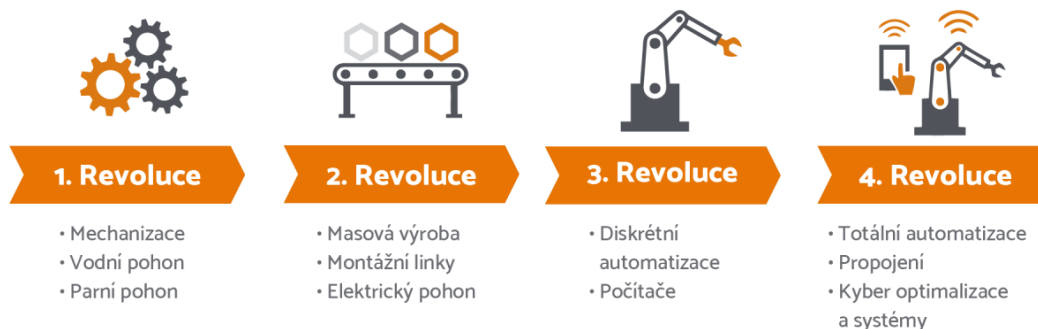
1.1 Historie

Název čtvrtá průmyslová revoluce byl poprvé představen výkonným předsedou Světového ekonomického fóra Klausem Schwabem v článku roku 2015 vydaném časopisem Foreign Affairs. Schwab zahrnuje do této éry technologie, které kombinují hardware, software, ale i biologii. Zároveň očekává, že éra bude znamenat velké pokroky v technologiích, a to převážně v oblasti robotiky, umělé inteligence, nanotechnologií a dalších. [4]

Pokud se podíváme na úplné začátky průmyslových revolucí, tak první průmyslová revoluce datovaná začátkem 18. století byla takto označována hlavně z důvodu vynalezení parního stroje, který kromě dopravy měl za následek i přechod z manufakturních továren na strojní výrobu za pohonu právě parních strojů.

Druhá průmyslová revoluce, známější pod názvem technologická revoluce, je datována na přelom 18. a 19. století. Toto období vyplynulo hlavně z vytváření železniční infrastruktury a telegrafních sítí. To umožnilo rychlejší přesun lidí, ale i myšlenek a elektřiny. Hlavně rostoucí elektrifikace umožnila továrnám vyvinout moderní výrobní linku.

Třetí průmyslovou revolucí je označováno období po skončení obou světových válek. Často je pojmenována jako digitální revoluce. Hlavním důvodem tohoto označení bylo zpomalení industrializace a technologického pokroku ve srovnání s předchozími obdobími. Výroba počítače Z1 vyrobeného kolem roku 1940 byl začátkem digitálního vývoje.



Obrázek 1 Historie Průmyslových revolucí. převzato z [5]

V každé fázi průmyslové revoluce došlo k vývoji mnoha technologií, ale vždy to mělo za následek úbytek pracovních míst v daném segmentu. Čtvrtá průmyslová revoluce není v tomto trendu výjimkou, a proto je potřeba vždy brát zřetel na sociální dopady a snížení pracovních míst v určitém segmentu by mělo jít v rovnováze s vytvořením nových pracovních míst v jiné sféře.

Průmysl 4.0 je často zaměňován s pojmem čtvrté průmyslové revoluce. Vyznačuje se mimo jiné tím, že dochází k ještě větší automatizaci než při třetí průmyslové revoluci, přemostění fyzického a digitálního světa, dále dochází k přechodu od centrálního průmyslového kontrolního systému k systému, kde chytré výrobky definují výrobní kroky, dále využívá uzavřené datové modely a řídicí systémy, a nakonec dochází k personalizaci produktů. [7, 11]

Cílem Průmyslu 4.0 je umožnit autonomní rozhodovací procesy, sledovat aktiva a procesy v reálném čase a umožnit stejně tak síť tvorby hodnot propojené v reálném čase prostřednictvím včasného zapojení zúčastněných stran a vertikální a horizontální integrace.

1.2 Charakteristika Průmyslu 4.0

Charakteristickým rysem Průmyslu 4.0. je, že se jedná o širší pojetí a nejedná se o jednu konkrétní technologii. Průmysl 4.0 zahrnuje různé přeměny v dnešním průmyslovém

prostředí. Mezi technologie, které utváří změny, patří kyberneticko-fyzikální systémy, internet věcí, úložiště a kognitivní výpočetní technologie.

Největším rozdílem v Průmyslu 4.0 je integrování a spojování těchto technologií. Jeden systém může jednoduše komunikovat s druhým a umožňuje jednoduché začlenění a podporu rozhodování. Pro technologie, které způsobí revoluce v průmyslu, je potřeba zřídit tzv. inteligentní továrny. [3, 6]



Obrázek 2 Vizualizace Inteligentní továrny, převzato z [8]

Definicí inteligentní továrny není pouze digitalizace procesů. Velký důraz je kladen i na efektivní využívání energie, optimalizaci procesů a ochranu životního prostředí. Nejlepší způsob, jak dosáhnout klíčových prvků, je využití simulačních procesů. Ty jsou prováděny pomocí pokročilých softwarových nástrojů, které pomáhají ekonomickému dopadu výrobních společností, protože dokáží předvídat ztráty, chyby a slabá místa provozu. [3, 7]

Fúze technologií je tím prvkem, který odlišuje tuto průmyslovou revoluci. Zároveň šetří čas, umožňuje určitá rozhodnutí a snižuje chybovost a tím umožňuje digitální výrobě rychle a plošně růst. Charakteristické rysy Průmyslu 4.0 jsou decentralizace, interoperabilita, virtualizace, odpověď v reálném čase (real-time response) a modularita [6, 11].

1.2.1 Decentralizace

V kontextu Průmyslu 4.0 lze decentralizaci považovat jako odchod od jednoho velkého administrativního centra na rozptýlení funkcí a pravomocí napříč organizací. Příkladem toho je přechod na software s otevřeným zdrojem, který umožňuje většímu počtu lidí přístup k informacím podporující inovace.

Dále můžeme v Průmyslu 4.0 považovat za decentralizaci skutečnost, že stroje nezávisí na lidském zásahu do práce. Fyzické systémy jsou vybavené senzory, které jsou připojené k síti a schopné provádět automatizovaná rozhodnutí na základě údajů o výkonu.

1.2.2 Interoperabilita

Novější termín týkající se technologických systémů, interoperabilita je definována jako „schopnost systému pracovat nebo používat části zařízení jiného systému [6]. Jednoduchým příkladem je, že každý webový prohlížeč může pracovat s každou webovou stránkou, protože oba používají otevřené standardy, které umožňují přístup všem. Pracují samostatně, ale pro úspěch jsou na sebe navzájem závislé. Pro průmysl je to schopnost fyzických systémů, lidských systémů a počítačových systémů vzájemně komunikovat.

1.2.3 Virtualizace

Virtualizaci si můžeme představit jako vytvoření virtuální instance spíše než fyzické verze. V Open Source se toto popisuje tak, že aplikace vypadají, jako by byly spuštěny na vlastním vyhrazeném počítači, ale jejich operační systém, knihovny a další programy nejsou připojeny k hlavnímu systému.

Stroje, které používají virtualizaci, jsou lépe chráněny před všemi typy škodlivého softwaru a viry, a lze je použít ke kontrole aktualizací, spuštění testů softwaru a testování různých konfigurací před předložením konečného výsledku. Pro příklad můžeme vytvořit virtuální kopii inteligentní továrny pro trénink a testování simulace, aniž by to ovlivnilo chod společnosti.

1.2.4 Odpověď v reálném čase (Real-Time Response)

Novým očekáváním pro moderní společnosti je dostat odpovědi v reálném čase. Hlavním předpokladem pro tyto odpovědi se je to, že technologie pokročily natolik, že senzory jsou schopné okamžitě dodat potřebná data a algoritmy. Tato data a analýzy, které v reálném čase poskytují okamžité výsledky pro rychlejší reakci na problémy, pomáhají dokonce i pro prediktivní údržbu. Některé společnosti již tyto technologie používají k poskytování úplných informací o finančním trhu, jako jsou kotace na akciovém trhu, indexy a ekonomické ukazatele. A toto využití jen potvrzuje, že Průmysl 4.0 se netýká pouze výrobních procesů. [6]

1.2.5 Modularita

Modularita umožňuje okamžitou změnu jakékoli aktivity výrobní linky. Díky připojení a odpojení různých modulů mohou společnosti vyrábět jedinečné produkty v pořadí bez nutnosti rekonfigurace celé montážní linky.

Například pro automobilový průmysl je typické, že rozděluje řady vozidel na moduly, které usnadňují montáž výrobků. I když je rozdělení poněkud specifické, výrobní linka dokáže zpracovat více barev, konfigurací a specifických požadavků zákazníků najednou. [6]

1.3 Současný stav

Každá země má své vlastní studie a analýzy iniciativy Průmysl 4.0. V této podkapitole je zobrazen přístup největších světových velmocí v rámci průmyslu, jako jsou USA a Čína, a zároveň i popis přístupu Spolkové republiky Německa a České republiky. Inovativní přístupy a technologický postup určuje i aktuální politická situace v dané zemi a zároveň i využití dostupných zdrojů v dané zemi.

Podle Rothwella a Zegvelda jsou věda, technologie a průmyslová politika inovačními politikami a vláda by se měla snažit o zlepšování blahobytu svých obyvatel. Zároveň by se neměla zaměřovat pouze na vynálezy, ale také na usnadňování komercializace aplikací. Toto je zároveň považováno i za definici inovace, která není jen o vývoji nových metod nebo technologií. [21]

1.3.1 Současný stav v USA

Výrobní průmysl v USA prožil největší úpadek v 90. letech minulého století. Hlavním důvodem byla úspěšná reforma v Číně, které se tím stala největší světovou výrobní základnou. Americký zpracovatelský průmysl se začal stěhovat do Číny, což vedlo k růstu nezaměstnanosti, prohlubování obchodního deficitu a nadměrného spoléhání na zámořskou OEM, které vyvolalo zpětnou industrializaci ve výrobě. Během úřadu prezidenta Obamy začalo postupně docházet k oživení zpracovatelského průmyslu a k upevňování vedoucích pozic vyspělých výrobních technologií. V současné době se vláda USA snaží uplatňovat agresivní politiku na podporu schopnosti inovovat a vynalézat ve státech a zároveň propagovat značku Made in USA a tím poskytovat vysoce kvalitní a dobře placené pracovní příležitosti pro americké pracovníky. [19]

V roce 2011 představila prezidentská rada poradců pro vědu a technologii zprávu, která se nazývá Zajištění amerického vedení v pokročilé výrobě. Prezident Obama

předvedl program AMP a založil specializovaný výbor v rámci PCAST. Hlavním úkolem AMP je požadovat partnerství mezi vládou, průmyslem a akademickou obcí za účelem identifikace nejnaléhavějších výzev transformačních příležitostí ke zlepšení technologií, procesů a produktů ve všech výrobních odvětvích. Specializovaný výbor AMP seskupil za jeden rok 16 doporučení rozdělených do třech kategorií: Umožnění inovací, Zabezpečení talentovaných pracovníků a Zabezpečení podnikatelského prostředí. Plán zahrnoval legislativní návrhy a výkonná opatření, která se provádí ve všech třech kategoriích. [19]

V rámci kategorie umožnění inovací se jednalo o navrhování národní sítě amerických výrobních inovačních institutů, založení pilotního institutu a zároveň o zvětšování investic do pokročilého výzkumu ve výrobě. Pro zabezpečování talentovaných pracovníků byl vytvořen tzv. Community College to Career fond a založení vojenské pověřovací a licenční skupiny pro připojení veteránů k vysoce kvalifikovaným, pokročilým výrobním úlohám. V kategorii zlepšení podnikatelského prostředí šlo o reformu daňového zákoníku s cílem podpořit investice do domácí výroby, podpora bezpečného a odpovědného rozvoje amerických zdrojů zemního plynu a vyrovnání podmínek pro pracovníky a firmy v USA.

Národní rada pro vědu a technologii byla pověřena, aby vytvořila strategický plán pro vedení federálních programů a činností na podporu pokročilého výrobního výzkumu. Tato vytvořená strategie zahrnuje požadavky stanovené AMP na regionální úrovni. Na žádost prezidenta Obamy byl v roce 2012 zřízen pilotní institut pro inovace výroby spadající pod ministerstvo obrany. V letech 2014 a 2015 byly vytvořeny další instituty s využitím prostředků ministerstva obrany a energetiky. V prosinci roku 2014 přijal Kongres zákon o revitalizaci americké výroby, kterým dostalo ministerstvo obchodu a správy pokyn k vytvoření programu Síť pro inovace ve výrobě, obecně nazývaného NNMI. Tento program je pro koordinaci veřejných a soukromých investic s cílem zlepšit konkurenceschopnost a produktivitu výroby a vytvořit silné sítě institutů pro inovace výroby. [19]

USA je v současné době v rozmachu. V dotazníku amerických společností uvedlo 36 % respondentů, že využívají technologie Průmyslu 4.0. Nejvíce rozšířeným odvětvím je automobilový průmysl, který zahrnuje prvky, jako jsou 3D tisk, 5G, AI, AR, roboty, cloudy a IoT. Na druhém místě v zavádění prvků Průmyslu 4.0 se umístil elektronický průmysl. V automobilovém průmyslu je hybnou silou inovací konkurence. To zapříčinilo, že si výrobci automobilů osvojili inovativní technologie, a to jim přináší efektivnější provoz a tím i konkurenční výhody. [24]

Celosvětový trh Průmyslu 4.0 vedou američtí technologičtí giganti, kteří investovali miliardy dolarů do základních technologií Průmyslu 4.0, výzkumu a vývoje produktů. Transformace ekonomiky, kterou Průmysl 4.0 přináší, znamená, že obchodní procesy, mezi které patří dodávky, výroba, údržba a jiné, budou všechny propojeny prostřednictvím systémů průmyslového IoT. [25]

Konkurence mezi USA a Čínou ve výrobním sektoru je stále tvrdší. USA se řadí mezi druhého největšího výrobce na světě. Roku 2017 dosáhla produkce rekordní úrovně 2,2 bilionu dolarů, a to za použití technologií Průmyslu 4.0, které umožňují změny ve výrobě na poslední chvíli a poskytují schopnost pružně reagovat na její narušení. [25]

Mezi lídry ve využívání technologií v regionu USA patří společnost Tesla. Mezi další společnosti, které tyto technologické inovace využívají, se řadí General Electric a Boeing, ty se ovšem podle IoT Analytics umístily až na druhém místě. Nasazení technologií v Průmyslu 4.0 se liší v závislosti na potřebách odvětví. Například využívání dronů je mnohem častější v těžebním a energetickém průmyslu, oproti tomu automobilový průmysl nejvíce využívá robotiku a 3D tisk. [24]

1.3.2 Současný stav v Německu

Německo můžeme řadit mezi státy se špičkovým průmyslem v odvětví výroby strojů, zařízení a vybavení, a je lídrem v oblasti vestavěných systémů a automatizačního inženýrství. I přesto německý průmysl čelí několika výzvám. Müller, Buliga a Voigt analyzují, jak Průmysl 4.0 spouští změny v obchodních modelech výroby malých a středních podniků a význam těchto podniků při vytváření průmyslové hodnoty pro Německo [20]. Globální konkurence v oblasti strojů a zařízení je navíc tvrdší, a to nejen od USA, které aktivně revitalizuje výrobní odvětví, ale postavení německých výrobců ohrožují i asijské výrobce. Relativní slabosti německého průmyslu jsou software a internetové technologie. Aby si Německo udrželo vedoucí postavení, čelilo výzvám technologické revoluce pomocí vlastní strategie Industrie 4.0. Tato strategie analyzuje, jak průmysl 4.0 spouští změny malých a středních podniků v obchodních modelech výroby. [19, 20]

Ve srovnání s ostatními členskými státy EU vytváří Německo hlavní podíl na tvorbě evropské průmyslové hodnoty. I na mezinárodní úrovni je Německo v dobré kondici, pokud jde o výrobu. Průměrný celosvětový podíl zpracovatelského průmyslu na HDP se v posledním desetiletí vždy pohyboval kolem 17%, což je v porovnání s ostatními

odvětvími velmi vysoký podíl. Německo patří na čtvrtou příčku mezi největší průmyslová odvětví. [27]

Německá akademie inženýrství, Fraunhoferova asociace, Siemens a další akademická a průmyslová sféra zahrnula Industrie 4.0 jako jeden z 10 perspektivních projektů Vzdělávání a výzkumu 2020. Výzkumné a inovační politiky jsou zaměřeny na výhledové projekty, konkrétní cíle budou sledovány po dobu 10-15 let. Projektu Industrie 4.0 byly přiděleny finance až do 200 milionu € v rámci High-Tech Strategy 2020 Action Plan.

Opatření k řešení cílů výhledových projektů byla koordinována mezi dotčenými ministerstvy a útvary německé spolkové vlády. Zúčastněné strany z výzkumu a průmyslu byly zapojeny do plánování a navrhování projektů a konkrétní opatření. Intenzivní spolupráce a konzultace se zúčastněnými stranami jsou také rozhodujícím faktorem úspěchu High-Tech strategie. Následně Německé sdružení strojírenského průmyslu vytvořilo platformu Industrie 4.0. TheTRIE, jedna z největších evropských technickovědeckých asociací, zveřejnila první německý normalizační plán Industrie 4.0.

Referenční architektonický model Industrie 4.0, zkráceně RAMI 4.0, se skládá z trojrozměrného souřadnicového systému, který popisuje všechny zásadní aspekty Industrie 4.0. Tímto způsobem lze složité vzájemné vztahy rozdělit na menší a jednodušší shluky. Německé Ministerstvo hospodářství a Ministerstvo výzkumu vedou vládní sektor Industrie 4.0 se zaměřením na vývoj standardů Industrie 4.0. Nejprve v listopadu 2015 Německo vydalo druhou verzi RAMI 4.0, která se stala nejen německým standardem pro standardizaci, ale také informoval Mezinárodní elektrotechnický výbor, prosazující zavedení standardů digitálních produktů a zdůrazňující důležitost provedení. Zadruhé byl vyvinut normalizační plán Industrie 4.0 verze 2, a současně byla vydána demonstrační mapa implementace Industrie 4.0, která zaznamenává celkem 202 demonstračních projektů orientovaných na Industrie 4.0. [19]

Mnoho velkých Německých korporací vyvíjí přizpůsobené technologie pro digitalizaci ve výrobě, letectví, logistice a výrobě softwaru. V rámci strojírenství dochází ke zdokonalování inteligentnějších strojů. Dobrým příkladem je ADAMOS, kdy díky sdružení know-how a tržní síly získaly strategickou výhodu. Roku 2017 se společnosti DMG Mori, Dürr, Zeiss, Homag, Schenck a další spojily se společností Software AG a vytvořily strategickou alianci pro Průmysl 4.0 a IoT. Nyní nabízejí síťovou výrobní technologii pro řadu průmyslových odvětví. [26]

Pforzheim University v Německu provedla studii, ve které rozdělila Německé podniky do kategorií podle druhu výroby a jejich velikosti a provedla analýzu, která obsahovala data o připravenosti a implementaci Průmyslu 4.0. Z této studie například vyplývá, že malé a střední podniky používají programy podporované počítačem například CAD, počítačově podporované inženýrství, a i cloudový software. Cloudy jim pomáhají k propojení jejich strategie s prací v týmech a vytvářet vizualizace. Oblastí, ve které více vynikají velké podniky, je sběr dat, který většinou probíhá automaticky, a to většinou za pomoci RFID.

Celkovým výsledkem této studie lze říci, že německé společnosti mají vysokou úroveň prvků Průmyslu 4.0, například sběr dat a jejich využití v rámci Big Data. Oproti tomu v kategorii Smart services a procesní organizaci mají velké i střední podniky mezery, se kterými by měly dále pracovat. V každém případě je vyhodnoceno, že pro zavádění a využívání dalších prvků Průmyslu 4.0 je vysoký potenciál ve všech společnostech všech velikostí. [28] Rizika jsou značná, ale digitální transformace vyžaduje investice. Pro Německo se zatím investice vyplácí a německé firmy investují do digitalizace a automatizace. [26]

1.3.3 Současný stav v Číně

Od konce 20. století se čínský zpracovatelský průmysl nadále rychle rozvíjí, byla vybudována celá řada nezávislých průmyslových systémů, které tvoří silný impuls pro proces industrializace a modernizace. Ve srovnání s pokročilou úrovní výroby ve světě je však čínský zpracovatelský průmysl velký, ale stále ne silný, se značnými mezerami v nezávislé inovační schopnosti, efektivnosti využívání zdrojů, průmyslové struktuře a úrovni kvality a efektivity informací. Úkoly transformace a modernizace výroby a přeshraničního rozvoje jsou naléhavé a náročné. V současné době Čína na historické křižovatce průmyslových změn v novém kole technologické revoluce zrychluje transformaci ekonomického rozvoje a přetváří model dělby práce pro internacionalizovaný průmysl. Čína pro tuto historickou příležitost stanovila čtyři komplexní strategické požadavky: implementace výrobní strategie, posílení celkového plánování, postupné zavádění, a snaha, aby byla do roku 2045 integrována do přední výrobní síly ve světovém průmyslu. [19]

V roce 2015 představila čínská státní rada svůj první desetiletý národní plán transformace výroby s názvem Made in China 2025. Rozvoj Číny závisí na plné implementaci integrace průmyslových procesů a systémů a robustní vícevrstvé struktuře

rozvoje talentů. Tato přijatá opatření usnadní čínskou transformaci z výrobního giganta se zaměřením na množství na výrobní mocnost s náskokem v kvalitě. [19]

Made in China 2025 se skrz tříkrokovou strategii snaží dosáhnout svého cíle, tj. výrobní mocnosti. Prvním krokem je přechod Číny z velké výrobní země na silnou výrobní zemi do roku 2025. Podle této strategie by do roku 2020 měla proběhnout základní realizace industrializace, která upevní pozici výrobní síly a podstatně zvýší úroveň výrobních informačních technologií. Zvládnutí řady klíčových oblastí základních technologií dále zvýší konkurenční výhodu v několika oblastech a kvalita produktu se tím výrazně zlepší. Rovněž dojde k významnému pokroku v digitalizaci zpracovatelského průmyslu, díky čemuž bude síťově propojenější a inteligentnější. Pro Čínu klíčová průmyslová odvětví zvýší svou jednotkovou průmyslovou hodnotu a výrazně sníží spotřebu materiálu a emise znečišťujících látek. Do roku 2025 by měla být významně zvýšena celková kvalita výrobního sektoru a zvýšena produktivita práce. [19]

Druhým krokem iniciativy Made in China 2025 je, že Čína bude schopna konkurovat rozvinutým výrobním silám do roku 2035. Inovační kapacita se významně zvýší a dojde k zásadním průlomům v klíčových oblastech rozvoje a výrazně se zvýší celková konkurenceschopnost. Předpokládá se, že průmysl bude mít globální vedoucí pozici v inovacích a industrializace bude komplexně realizována.

Třetím krokem je přeměna Číny na přední výrobní sílu do roku 2045. Hlavní oblasti zpracovatelského průmyslu budou mít inovativní vedení a zjevné konkurenční výhody, protože vybudovaly přední světový technologický a průmyslový systém. [19]

1.3.4 Současný stav v ČR

Iniciativa Průmysl 4.0 pro Českou republiku vznikla ve spolupráci Ministerstva průmyslu a obchodu a týmu pana profesora Vladimíra Maříka [2]. Tento dokument z roku 2016 obsahuje podrobný popis stavu průmyslu k roku 2016 a analyzuje budoucí trendy a rizika s návrhem konkrétních kroků. Nástupcem této národní iniciativy se stala Alliance Society 4.0. V září roku 2017 byl českou vládou schválen akční plán Společnosti 4.0, který se zaměřuje na kroky pro přeměnu v digitální společnost. Mezi hlavní body patří mobilita, vzdělávání, bezpečnost, e-správa, průmysl a podnikání [14]. Díky geografické i ekonomické blízkosti s Německem bylo téhož roku podepsáno Memorandum o porozumění pro další spolupráci v rámci Průmyslu 4.0.

Trendy Průmyslu 4.0 se objevují i ve strategických plánech českých univerzit. Západočeská univerzita má Průmysl 4.0 veden jako jeden z hlavních prvků strategie 2016-2020. Aktivním orgánem v této oblasti je například Katedra průmyslového inženýrství a managementu a dále Centrum pro výzkum nových technologií (NTIS).

Projekty, které souvisí s Průmyslem 4.0, jsou podpořeny různými fondy. Tuto podporu na národní úrovni nabízí Technologické agentury České republiky. Dále TRIO a TREND Ministerstva průmyslu a obchodu. Program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost Průmyslu 4.0 a EU Horizont 2020 je pro iniciativu také stejně důležitý [14].

Svaz průmyslu a dopravy České republiky provedl analýzu nazvanou České podniky a Průmysl 4.0, který ukazuje připravenost podniků v rámci Průmyslu 4.0. Tohoto průzkumu se účastnilo 105 podniků z hlavních odvětví českého průmyslu [15, 16]. Tento průzkum se uskutečnil v červenci a srpnu roku 2019.

Ve firemní strategii s Průmyslem 4.0 pracuje 36 % dotazovaných a dalších 38 % s ním ve strategiích nepočítá, ale vědí, že jejich projekty do Průmyslu 4.0 zapadají. Více jak polovina oslovených podniků pracuje s digitální strategií. Tuto strategii ve větším měřítku obstarává vedení společnosti nebo IT oddělení a pouze 6 % dotázaných má pro tuto transformaci vyčleněnou speciální pozici.

Téměř 66 % oslovených podniků se začalo konceptem Průmyslu 4.0 zabývat, protože si myslí, že je to důležité pro jejich budoucí působení na trhu. Z donucení mateřské společnosti se do zavádění tohoto konceptu zapojilo kolem 8 % dotázaných. Polovina podniků zapojených do průzkumu využívá digitální transformace ke zlepšení tržní pozice ve vztahu ke konkurenci a 28 % dotázaných tuto transformaci považuje za důležitou pro zachování pozice na trhu a možné dopady se objeví až s odstupem času.

Za jeden z hlavních důvodů investice do Průmyslu 4.0 považují společnosti zvýšení produktivity a snižování jednotkových nákladů. Z toho vyplývá, že nejvíce se transformují do společnosti prvky v oblasti výroby, administrativy a logistiky. Téměř polovina firem zapojených do průzkumu jsou s dosavadními kroky ohledně zavádění spokojené a mají v plánu další investice zvyšovat. Pouze 2 % oslovených bude své náklady snižovat.

V rámci zavádění konceptů Průmyslu 4.0 podniky vyčleňují více investic pro vzdělávání a rozvoj zaměstnanců v oblasti digitálních technologií. Pro práci s daty jsou ve společnostech nejvíce využívány běžné relační databáze a souborový systém. Pro

kybernetickou bezpečnost využívá 33 % firem centrální bezpečnostní software, který filtruje a likviduje viry a 20 % má komplexní bezpečnostní strategii, která umožňuje kdykoliv začlenit nové digitální technologie. [15]

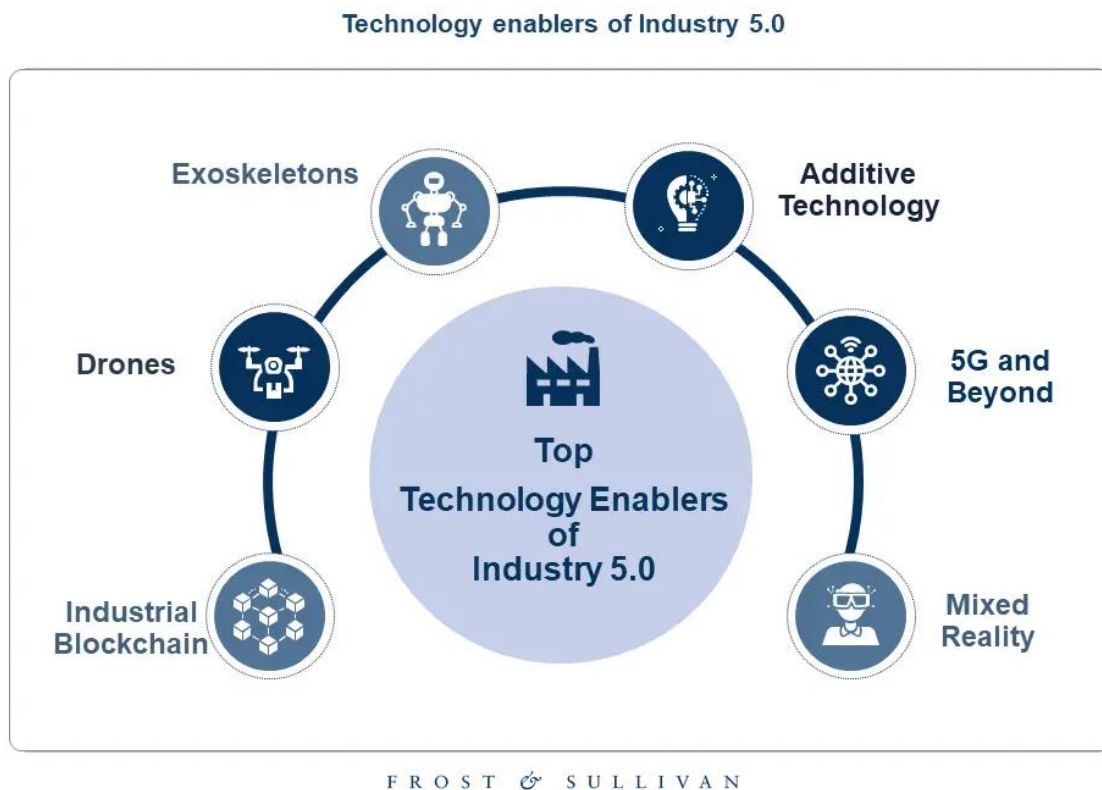
1.4 Trendy na trhu práce v ČR

Konference Svazu průmyslu a dopravy České republiky konané v závěru roku 2020 byla zaměřená na nové trendy v podnikání a jakým způsobem může pomoci digitální transformace a implementace prvků Průmyslu 4.0.

Podkladová analýza této konference byla zaměřená na dopady zavádění prvků Průmyslu 4.0. Z této analýzy vyplývá, že klíčové prvky, jako je automatizace, robotizace a umělá inteligence, jsou důležité pro zvýšení konkurenceschopnosti českých firem na trhu. Ty podniky, které již začaly tyto prvky zavádět nebo do nich investovat, získaly náskok, a proto mohou například svým zaměstnancům zvyšovat mzdy. Kromě zvyšování mezd je z analýzy patrné, že zaměstnanci z firem, mající zavedené tyto klíčové prvky, mají vyšší mzdy než zaměstnanci firem, kde tyto prvky nemají. Dlouhodobé analýzy z Německa, které je našim klíčovým partnerem, a jejich trendy se promítají i v rámci našeho trhu práce, ukazují, že ty podniky, které zavádějí prvky Průmyslu 4.0, nemusejí propouštět své zaměstnance a naopak ty společnosti, které se tomuto trendu nepřizpůsobily, postupně o svoje zaměstnance přicházejí. [16, 17]

1.5 Budoucí trendy

Za nejvíce očekávaný trend lze jistě brát Průmysl 5.0 nebo Společnost 5.0. Tato iniciativa přináší velkou změnu perspektivy, kdy Společnost 5.0 klade velký důraz na lidi jako základ výrobního procesu. Mezi výrobní i marketingovou oblastí panuje shoda, že zaměření Průmyslu 5.0 je Společnost 5.0. Nabízené výrobky a služby by měly být přizpůsobeny tak, aby co nejlépe vyhověly požadavkům zákazníka. Hlavní záměr je, aby probíhající fúze proběhla v souladu s technologickým progresem a lidmi a nové technologie lidem pomáhaly a nenahrazovaly je. S tímto mají nejvíce pomoci roboti a koboti, kteří usnadní nebezpečné a opakující se práce. Zároveň ovšem bude kladen vyšší důraz na vzdělanost pracovníků a jejich vlastní přínos společnosti. [11]



Obrázek 3 Společnost 5.0, převzato z [12]

Tento nový přístup by mohl mít za následek zvýšení výroby a spokojenosti pracovníků i zákazníků. Jedním z velkých rozporů s předchozími přístupy je model zaměřený na lidi. Automatizace procesů, zavádění kobotů a vývoj technologií umožňují lidem rozvíjet nové dovednosti ve výrobním procesu.

V rámci tohoto přístupu se předpokládá dosažení inteligentní společnosti, kdy je potřeba provést změny v tradičním vzdělávání a je potřeba vyvíjet nové nástroje, software, hardware, aby je šlo dobře začlenit do kobotů. Zásadní rozdíl mezi Průmyslem 4.0 a Společností 5.0 je ten, že Průmysl 4.0 využívá robotiku a další technologické prvky jako základ revoluce, zatímco Společnost 5.0 tyto prvky pouze doplňuje nebo pomáhá pracovníkům. Je důležité si uvědomit, že v rámci pokroku v Průmyslu 4.0 se zvýšila efektivita a tím dojde i k vyšší produktivitě pro Společnost 5.0. Zároveň cílením na potřeby a požadavky zákazníka dochází ke snižování nákladů a následného plýtvání, stejně jako i k snižování emisí, což vede ke zlepšování životního prostředí.

Vizí Společnosti 5.0 je společnost, kde jsou začleňována například inteligentní průmyslová odvětví, autonomní automobily nebo chytrá města. Kromě většího důrazu na životní prostředí je kladen důraz i na minimalizaci všech negativních problémů v ekonomické sféře a managementu. Kromě opatření proti změně klimatu je snaha

minimalizovat všechny negativní problémy v podnikatelské sféře a systémech řízení. Obecným očekáváním je udržitelnější svět, kde otázky environmentálních, sociálních a ekonomických dopadů spolu souvisejí a jsou navzájem řešeny. [11]

1.6 Koronavirová krize 2020/2021 a přínos Průmyslu 4.0

Flexibilita, rychlost dodávek na trh, digitalizace, aditivní výroba a jiné se díky loňskému roku staly součástí mnoha firem. Mnoho firem, univerzit i jednotlivců využilo postupy a technologie Průmyslu 4.0 a za pomoci pokročilého softwaru vznikly funkční modely ochranných štítů za pomoci 3D tisku. Spolupráce firem a univerzit přinesla mnoho zajímavých možností výroby ochranných pomůcek, mezi které řadíme i respirační polomasku CIIRC RP95-3D. Tato maska vznikla během jednoho týdne a dále pak pokračovala její výroba ve všech sedmi 3D tiskárnách v zemi. Na spolupráci s touto maskou se podílela i Fakulta elektrotechnická Západočeské univerzity. [34]

Tato krize ukázala, že investování do technologií je přínosem. Mnoho strojů je dnes schopno nahradit manuální výrobu. Podniky, které investice do digitalizace a robotizace provedly ještě před krizí, dokáží lépe zvládat její dopady. Výzkumy ukazují, že další investice provedly hlavně velké firmy, které tyto investice považují jako důležité pro odolnost vůči budoucím krizím. Investice velkých firem se zaměřují na simulace a modelování, a to nejen technologických zařízení, ale i procesů. Dále se zaměřují na analýzy dat pro efektivnější optimalizaci lidských, materiálních a energetických zdrojů. Menší a střední podniky se spíše zaměřují na zlepšování kvality produkce. [35]

2 Technologie a klíčové prvky konceptu Průmysl 4.0

2.1 Technologie

Čtvrtou průmyslovou revolucí můžeme považovat za aktuálně poslední krok lidstva, který byl podporován technologickým pokrokem. Tento pokrok je založen hlavně na digitalizaci nebo automatizaci společností hlavně za pomoci IoT. IoT je také spárován s kyber-fyzickými systémy. Tyto systémy jsou autonomním druhem systémů se schopností přijímat vlastní rozhodnutí s využitím strojového učení. Jak bylo definováno v kapitole 1.2.4, dochází ke shromažďování dat v reálném čase, která jsou analyzována a uložena do cloudu. [7, 11]

2.2 Klíčové prvky

Průmysl 4.0 je definován použitím prvků, jako jsou IoT, Big Data a analýza dat, rozšířená realita, kybernetická bezpečnost, kolaborativní roboti, aditivní výroba, cloudová uložení, simulace a integrace.



Obrázek 4 Klíčové prvky Průmyslu 4.0, převzato z [13]

2.2.1 Kolaborativní roboti

Kolaborativní roboti pracují s lidmi v průmyslovém odvětví a efektivně vytváří velké množství procesů. Tento typ robotů je propracovanější než jejich předchůdci a pomáhají dosáhnout snížení nákladů i prostoru výstavbou bezpečnostních cel, které jejich předchůdce držely izolované od lidí. V souvislosti s výzkumem kolaborativních robotů neboli kobotů byla také zkoumána možnost zaoblené končetiny, kdy by se dalo vyhnout nebezpečným úderům, které by mohly pracovníky ohrozit. Tento typ kobotů využívá

vysoce kvalitní snímače síly, a to jim umožňuje vstát pouze s určitou silou a vyhnout se překážkám. [7,9]



Obrázek 5 Ukázka Kolaborativního robota, převzato z [9]

2.2.2 Rozšířená realita

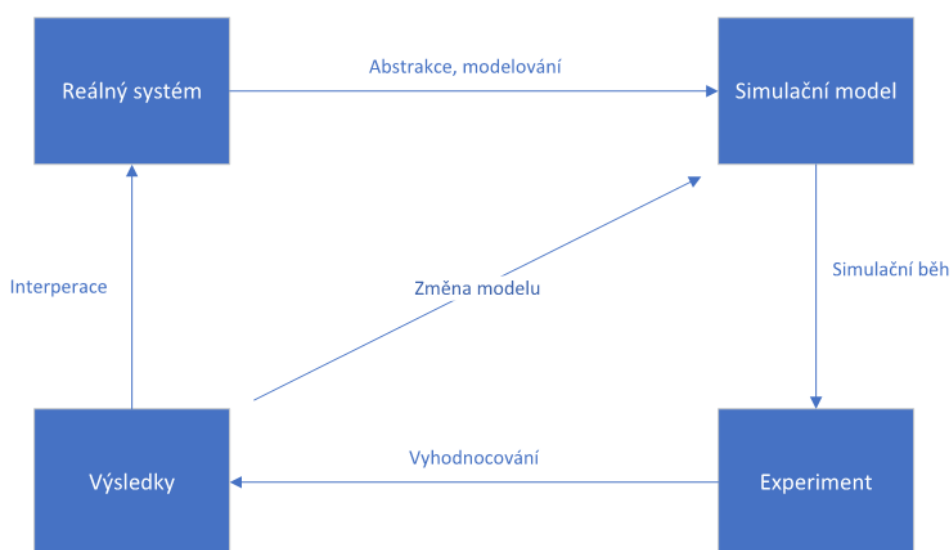
Rozšířená realita se vyznačuje začleňováním prvků virtuální reality pomocí digitálního obsahu jako standardního prvku naší všední reality v reálném čase. Hlavní myšlenka je přidání digitální informace k běžným objektům. Na obr. 6 můžeme vidět použití rozšířené reality v řízení procesů. Přidání digitální informace je dosaženo pomocí digitálního systému, který obsahuje kameru, GPS, 3D měřítka a algoritmus, který vytváří spojení s realitou. Tyto nástroje pomáhají zvyšovat lidský výkon pomocí poskytování potřebných informací ke splnění konkrétního kroku. Všechny sebrané informace musí být umístěné na jednom dohledatelném místě. Pomocí této reality snižujeme množství chyb a zkracujeme čas potřebný na jejich odstranění. [7]



Obrázek 6 Rozšířená realita v řízení procesů, převzato z [10]

2.2.3 Simulační modelování

Pro snižování nákladů je velmi výhodné používání simulačního modelování. Toto je metoda, která umožňuje provádět některé experimenty k ověření návrhů, procesů nebo systémů za využití imaginárních nebo i reálných modelů. Simulační modelování pomáhá k pochopení komplexních systémů a pomocí toho umožňuje kontrolu všech kroků a změn před jejich skutečnou implementací. Modelování může pomoci i ke zvyšování kvality a ke snižování časové prodlevy, které by mohly zpozdit výrobu.



Obrázek 7 Princip simulačního modelování

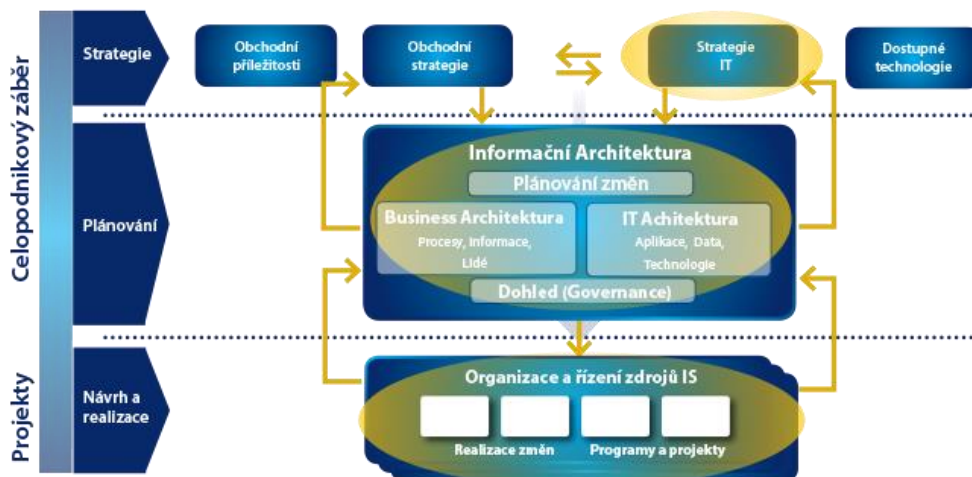
2.2.4 Aditivní výroba

Průmysl 4.0 navazuje na trendy posledních 30 let výroby, kdy docházelo k přechodu z funkčního přístupu na přístup procesní. V procesním řízení se klade velký důraz na požadavky zákazníka a díky konceptu Průmyslu 4.0 jde získat konečný a osobní výsledek efektivnější cestou. Aditivní výroba představuje efektivnější přizpůsobení bez potřeby dalších nákladů nebo nových nástrojů, maximální využití materiálu a podporu snižování odpadu. V rámci aditivní výroby dochází k využití 3D tisku. Toto velmi pomáhá pro vizualizaci jak pro operátory, tak pro zákazníky. [3, 7]

2.2.5 Systémová integrace

Systémová integrace se rozděluje na horizontální a vertikální integraci. Horizontální integrace je základem blízké spolupráce na vysoké úrovni mezi několika společnostmi a souvisí s celistvostí mezi společnostmi. Tento druh integrace využívá informační systémy ke zlepšení životního cyklu výrobku za předpokladu vytvoření hodnot a propojeného

ekosystému. Vertikální integrace je naopak systém výroby sítě. Tato integrace souvisí s integrálností v rámci podnikání a je základem pro výměnu informací a spolupráci mezi různými úrovněmi hierarchie společnosti, jako je plánování podnikání, programování výroby nebo řízení. [7]



Obrázek 8 Příklad vertikální systémová integrace, převzato z [18]

2.2.6 Kybernetická bezpečnost

Kybernetická bezpečnost je prvkem Průmyslu 4.0, který poskytuje ochranu uložených informací, ať už na jednotlivých zařízeních, nebo v síti a zároveň je za tuto ochranu zodpovědný. Systém kybernetické bezpečnosti chrání informace před hrozbami typu kybernetických útoků a zároveň také před fyzickými hrozbami. Počítačovými hrozbami mohou být například trojský kůň nebo malware. Tyto hrozby mohou pocházet z USB nebo spamových mailů. Riziko útoků roste s připojováním vícero zařízení. Bohužel zatím neexistuje systém, který by stoprocentně pokryl všechny hrozby a je potřeba ochranné systémy překrývat mezi sebou, například používat i fyzické ochrany typu trezoru. Na druhou stranu fyzické hrozby mohou být spojeny s použitím síly některých velmocí k proniknutí na místa úložišť. Tímto způsobem fungují také šifrované, spouštěcí, archivované, a přepisující viry. Proto je kybernetická bezpečnost zaměřená na tři klíčové body, kterými jsou důvěrnost, integrita a dostupnost dat. [7]

Nejdůležitější věcí v Průmyslu 4.0 je poskytování dobrých a bezpečnostních postupů továrnám. Tyto postupy jsou popsány v ISO 27001 a průmyslová odvětví popsána v tomto dokumentu mají zásadní význam, protože v rámci propojení IoT se mohou stát zranitelnými. IoT musí být postaveno na základě zabezpečené komunikace v každém bodě všech procesů a mělo by zaručovat schopnost systémů vzájemně a efektivně spolupracovat

k zabezpečení mezi jednotlivými zařízeními, jakožto základními prvky hodnotového řetězce nabídky. [23]

Průmyslem 4.0 vyžadovaná vysoká konektivita zavedla do světa otevřenější a snadněji přístupnější systémy, které zvýšily možnost nových kybernetických útoků. V dnešní době je v průmyslovém řídicím systému běžné vidět, že připojení je založeno na TCP/IP a Ethernetu, nebo dokonce na použití standardizovaných bezdrátových systémů. [7]

2.2.7 IoT

Prvek internet věcí, dále IoT, lze definovat jako připojení věcí anebo objektů k síti. Zapojením senzorů a akčních členů umožnilo v Průmyslu 4.0 sběr dat v reálném čase v souvislosti s výrobním procesem produktu a chováním průmyslového prostředí. Tomuto se budeme blíže věnovat v podkapitole 2.1.9 v rámci popisu Big Data. V rámci IoT se získává mnoho informací, a proto je potřeba využít za pomoci cloudového výpočetního systému uložení do Cloudu. IoT je široce využíváno např. v dopravě, zdravotnictví nebo v rámci veřejných služeb. [23]

Tato síť umožňuje výměnu informací mezi zařízeními. V případě přesahu fyzických hranic se zaměřením na virtuální a digitální pojetí věcí, mluvíme o interakci. Objekt nesoucí senzory zvyšuje uživatelský zážitek, jelikož uživatel může využívat komunikaci ve fyzické, ale i digitální podobě. Digitalizované informace lze využít pro různé účely, např. k úpravě výrobních schémat s využitím fyzických vjemů a s využitím dat získaných z umístěných senzorů.

2.2.8 Cloud

Některé společnosti charakterizovaly cloud computing pro malé a střední podniky jako společný fond zdrojů s rychlou pružností a měrnou obsluhou, samoobsluhou na vyžádání a širokým přístupem k síti. [7] Hlavní výhodou implementace Cloud computingu je snížení přímých i nepřímých nákladů. Mezi další výhody se uvádí eliminace IT infrastruktury v organizaci a dynamická optimalizace zdrojů, kterou uživatelé obvykle využívají. Díky těmto zdrojům je možnost se připojovat a přistupovat do těchto cloudových řešení odkudkoliv na světě.

V rámci cloud computingu je možné využití několika služeb, které mají své vlastní charakteristiky. Software typu služby SaaS se zaměřuje na to, aby byl software v cloudu vybaven možností nabízet své služby ze stejného serveru všem klientům s jakýmkoliv druhem softwaru, programu nebo licence dané společnosti.

Velkou výhodou tohoto typu je jednoduchost správy v závislosti na údržbě a aktualizacích. Dalším typem je služba IaaS, kde je nabízena infrastruktura, díky které mohou klienti využívat servery a šířky pásem, a tím mohou vyvíjet výkonné úlohy, které využívají spoustu hardwaru, vysokou rychlost připojení a zároveň i velké úložiště dat.

Služba PaaS nabízí kombinaci předchozích dvou služeb. Klienti nemusí mít nainstalovaný žádný software, veškerá infrastruktura je spravována poskytovatelem. Díky této službě mohou uživatelé vytvářet aplikace bez nutnosti budování infrastruktury a údržby serveru. Dále je možnost si tuto službu přizpůsobit požadavkům klienta, kdy mohou volně přidávat i ubírat zdroje nebo měnit úrovně.

2.2.9 Big data

Prvkem Big data označujeme velké množství dat strukturovaných jako nestrukturovaná data, která je obtížné zpracovat, analyzovat a zpracovávat vzhledem ke složitosti správy těchto druhů dat, rychlosti, s jakou tyto databáze rostou, a více zdrojů, které jej vyrábějí. [7] Pro Big data je důležité využití těchto dat, nikoliv jejich množství. Tato data mohou při správném využití a analýze pomoci při využití ekonomických rozhodnutí.

Pro analýzy se využívají všechna data generována technologiemi jako senzory zabudované v zařízení, sociální sítě, stroje, call centra atd. Je potřeba, aby Big data byla kombinována se strukturovanou databází, a to pro zvýšení efektivity. Důležitou částí je generování referenčních bodů k informacím a tvoření názorů, díky kterým se mohou vyhodnocovat marketingové kampaně, a to usnadňuje pochopení mínění koncových zákazníků. Dobře organizovaná data mají pro společnost význam, jelikož mohou vyhledat problémy a jejich řešení dříve, než se mohou tyto samotné problémy vyskytnout. Zároveň tato data ukazují i trendy, které pomáhají k přípravě a zvýhodnění na trhu a ke konkurenceschopnosti. Kvalita dat je velkým problémem, kterému Big data čelí, kvůli tzv. čtyřem dimenzím: množství, rychlosti, různorodosti a hodnotě. [23]



Obrázek 9 Big dat, převzato z [23]

2.2.10 Další podpůrné technologie

Podpůrným prvkem Průmyslu 4.0 jsou 5G sítě, které zahrnují softwarově definovanou strukturu, která umožňuje dynamické programování a poskytuje samostatné vrstvy pro různé aplikace. O těchto sítích je potřeba v tomto kontextu hovořit, jelikož jsou hlavním prvkem pro pokrok IoT. Síť 5G dovoluji větší mobilitu a podporují růst bezpočtu zařízení připojených do sítě. Tato síť je téměř 100krát rychlejší a má lepší kapacitu pro podporu aplikací v reálném čase než 4G LTE. V případě, že nejsou používány 5G sítě, je potřeba pro velké projekty IoT kombinace pevné a bezdrátové sítě. Při použití 5G sítě je spolehlivost 99 % a zároveň tyto sítě mají nižší spotřebu energie. [7, 22]

V případě používání prvků Průmyslu 4.0 jako jsou aditivní výroba, 3D tisk, technologie senzorů, umělá inteligence a robotika bude potřeba sítě 5G využívat, jelikož budou velkou pomocí a je velmi pravděpodobné, že s následujícími trendy budou přibývat i další technologie. Průmysl 4.0 potřebuje technologii komunikační sítě, která uspokojí odvětví v průběhu času, heterogenity a bezpečnosti ochrany průmyslových odvětví. [7]

Používání 5G sítí ve výrobě umožní automatizovat end-to-end operace. Díky využití mnoha senzorů, robotů a autonomní logistice mohou výrobci dosáhnout výrazného zvýšení produktivity, protože tyto prvky jsou schopné dálkově komunikovat a pracovat v reálném čase při využití 5G sítě. Tyto sítě jsou platformou umožňující růst a transformaci v mnoha průmyslových odvětvích a zároveň přispívají k sociálnímu a ekonomickému rozvoji. [7]

Tato technologie hraje klíčovou roli v integraci nových technologií. 5G lze považovat za další prvek Průmyslu 4.0, který bude zodpovědný za rychlé, pružné a bezpečné propojení. V brzké budoucnosti bude 5G nepostradatelným ve všech výrobních společnostech, které mají v úmyslu přejít na inteligentní průmysl.

3 Možnosti implementace iniciativy Průmyslu 4.0

Důležitým aspektem pro zavádění Průmyslu 4.0 je převážně samotná ochota pro implementaci. Podle studie z roku 2019 citované v kapitole 1.3.4. se zaváděním Průmyslu 4.0 již české firmy zabývají. Většinou se jedná o implementaci prvků jako je IoT, cloudy nebo kybernetická bezpečnost. Podniky tyto prvky zavádějí hlavně z důvodu zvýšení efektivity a konkurenceschopnosti na trhu práce. Největším problémem pro zavádění prvků Průmyslu 4.0 se stávají nekvalifikovaní pracovníci.

3.1 Postup Implementace Průmyslu 4.0

Podle americké společnosti zabývající se výzkumem a poradenstvím v oblasti IS/ICT Gartner existuje pět fází vyspělosti dodavatelského řetězce. Jedná se o fáze reagování, předvídání, integrování, spolupráce a organizování. Zralost po připojení Průmyslu 4.0 závisí na již zmíněných fázích integrace a spolupráce. Úspěšné organizace musí mít efektivní spolupráci mezi lidmi, technologiemi a procesy. Průmysl 4.0 umožňuje organizacím zvládat složitost způsobenou požadavky personalizace produktů, ale také rychlejší reakci na změny v jejich dodavatelském řetězci. Toto patří mezi zásadní výhodu, která slouží ke zvýšení konkurenceschopnosti společnosti.

Pro implementaci iniciativy Průmyslu 4.0 je vhodné se držet několika kroků [30]:

1. Pochopení své výchozí pozice

Než společnost přejde k připojení k iniciativě Průmysl 4.0, musí pochopit svoji výchozí pozici. To znamená zkontrolovat současný stav společnosti a určit si oblast, kde může zlepšit svou vyspělost. Tato kontrola vytvoří základ pro úspěšné přijetí v celé organizaci a usnadní implementaci.

2. Zaměření na technologie Průmyslu 3.0

Osvojení principů 3. průmyslové revoluce je dobrým začátkem pro přijetí dalších technologií. Většina společností nemá možnost Průmysl 4.0 implementovat, protože nemají zavedené ani základní prvky Průmyslu 3.0, kde dochází k automatizaci procesů pomocí logických procesorů a informačních technologií. Tyto procesy fungují převážně bez lidského zásahu, ale je za nimi stále lidský aspekt.

Příkladem cesty Průmyslu 3.0 je CNC stroj. I když je do značné míry automatizovaný, stále potřebuje zásahy obsluhy přímo ve výrobě. V průmyslu 4.0 by stejný CNC stroj mohl

sledovat stanovené programovací parametry, ale také použít zjištěná data pro zefektivnění výrobních procesů. Pokud by výrobní proces nebyl zvládnutý se starým CNC strojem, implementace nové cesty by šla velmi obtížně. [31]

3. Vytvoření strategie

Vytvoření strategie patří mezi kritickou součást procesu. Jakmile dojde k definování úrovně cílové zralosti, je nezbytné stanovit podrobný plán implementace, který pomůže k dosažení cílů. To slouží k několika základním účelům, jako je řešení potencionálních překážek, které mohou nastat, ale také usnadnění podpory přijetí a orientaci v možných vzniklých podmínkách mezi zaměstnanci.

4. Začít v malém

Jelikož jsou některé výzvy mnohem složitější než jiné, je nejlepší postupovat postupně. Je dobré si definovat jednotlivé kroky, jeden krok si vybrat, vyřešit ho a poté ho prezentovat celému úseku v organizaci. Pak po úspěšném přijetí pokračovat v dalším definovaném cíli. Tento přístup je vhodný pro dlouhodobý úspěch a poskytnutí silných základů potřebných pro implementaci a trvalé zavedení iniciativy.

5. Vytvoření přátelského prostředí

Pokud není organizace připravená na iniciativu a její zavádění, nepřijme ji. Je proto žádoucí vytvořit výrobní ekosystém, ve kterém komunikují fyzické a digitální prvky podnikání. Tímto se vytvoří prostředí vhodné pro Průmysl 4.0. Dalším bonusem vytvoření tohoto ekosystému je to, že odhalí trhliny v organizaci, které mohou vyžadovat pozornost a změny v procesech.

6. Zaměření na optimalizaci procesů

Konečným cílem Průmyslu 4.0 je zefektivnění a zlepšení stávajících procesů. S ohledem na to je vhodné se zaměřit na optimalizaci procesů. Může to ovšem znamenat větší investice do vzdělávání, podpory automatizace a výzkumu. Při zkoumání procesů ve společnosti se mohou objevit chyby, které mohou opět znamenat vyšší počáteční náklady, ale je to jediný způsob, jak se dostat k autonomním procesům.

3.2 Nástroje a metody implementace

3.2.1 SWOT analýza

SWOT analýza je kompilací silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb. Používá se pro zhodnocení vnitřních faktorů, které ovlivňují úspěšnost organizace anebo konkrétní záměr společnosti. Hlavním cílem SWOT analýzy je pomoci organizaci rozvíjet plné povědomí o všech faktorech, které se podílejí na přijímání obchodních rozhodnutí. SWOT analýza se používá při provedení jakékoliv akce ve společnosti, ať už se jedná o zkoumání nové iniciativy, nebo přepracování interních záležitostí. Využitím tohoto nástroje může dojít k objevení nových doporučení a strategií se zaměřením na silné stránky a příležitosti a k překonání slabin a hrozeb. Proto je vhodným nástrojem pro zavedení iniciativy Průmyslu 4.0. [32, 33]

SWOT analýza se zaměřuje na čtyři základní zkratky, což umožňuje společnosti identifikovat aspekty ovlivňující strategii nebo iniciativu. Znalost těchto pozitivních a negativních prvků může pomoci efektivněji sdělit, které části plánu je třeba zpracovat. Při navrhování SWOT analýzy se vytvoří tabulka rozdělená do čtyř sloupců, aby se pro srovnání uvedl každý důležitý prvek vedle sebe. Silné a slabé stránky se obvykle neshodují s uvedenými příležitostmi a hrozbami doslovně, i když by měly korelovat, protože jsou nakonec svázány dohromady.



Obrázek 10 SWOT analýza, převzato z [32]

Po vytvoření rámce SWOT a vyplněním SWOT analýzy dojde na základě výsledků k doporučením a strategiím. [33]

3.2.2 DMADV

DMADV řadíme mezi cyklus postupného zlepšování. Je možné ho použít pro jakékoliv zlepšování, a proto je vhodný i pro implementace. Tento cyklus je optimalizovaný PDCA cyklus. DMADV má stejný princip jako DMAIC, jen s tím rozdílem, že ho lze použít na ještě nezavedené procesy.

Fáze DMADV jsou [36]:

- D (definování) - definování cílů, popis předmětu a cíle zlepšení
- M (měření) - měření počátečních podmínek
- A (analýza) – analyzování zjištěných příčin nedostatků a skutečností
- D (design) – návrh nového procesu
- V (ověření) – proces splňuje anebo překračuje požadavky

3.3 Výhody implementace prvků Průmyslu 4.0

Inteligentní výroba a inteligentní továrny přinášejí optimalizace a rostoucí schopnost samooptimalizace výroby. Optimalizace hrají hlavní roli v udržování efektivního udržování špičkového vybavení tím, že jsou správné zdroje na správném místě ve správný čas. Schopnost neustále a důsledně využívat svou výrobní kapacitu je lepší, než zásadní změny nebo přechod na jiný systém.

Připojení inteligentních továren a průmyslového IoT znamená, že se dodavatelský řetězec zkrátí do bodu, kdy podnik musí zůstat agilní vůči poptávce zákazníků. Komunikace mezi zákazníkem a výrobcem probíhá přímo, čímž se sníží spotřeba a komunikace mezi jednotlivými interními odděleními nebo externími poskytovateli. Inteligentní výroba poskytuje snadnou regulaci produkce v závislosti na poptávce. [29]

Implementace inteligentní výroby může mít velké počáteční náklady, ale pokud jsou správně nastavené, mohou mít pozitivní dopad na zisk podniku. Implementace automatizace, integrace systémů, správy dat a umělé inteligence mohou hrát hlavní roli v ziskovosti podnikání. Pro dosažení nižších provozních nákladů je zásadní využití všech zdrojů, rychlejší výroba a menší plýtvání materiálem.

Technologie postupují exponenciálně a mají stále větší dopad na každodenní život. Při investici do technologií je možné vytvořit příležitosti pro spotřebitele i výrobce a zároveň i

najít nové formy a způsoby podnikání. Technologie jsou základním pilířem pro inovování výroby a výrobních postupů. Díky využití technologií Průmyslu 4.0 se zvyšuje konkurenceschopnost a snižují se náklady spojené s plýtváním a chybovostí při výrobě.

3.4 Výzvy implementace prvků Průmyslu 4.0

Jednou z největších výzev při implementaci prvků Průmyslu 4.0 je kybernetická bezpečnost. Při propojení a digitalizaci systémů k IoT je připojeno vícero zařízení, a to přináší větší riziko, a proto je potřeba zvýšit kybernetickou bezpečnost. V rámci implementace je potřeba myslet na zavedení robustního bezpečnostního systému na ochranu proti hackerům a úniku citlivých dat společnosti. I v rámci kybernetické bezpečnosti by měly být všechny zásady, procesy a postupy standardizovány, aby nedocházelo k narušení hlavních bodů v systémech. [29]

Řízení změn je důležitým aspektem každé společnosti. V rámci Průmyslu 4.0 dochází ke změně způsobu toho, jak se věci dělají, spojuje fyzické a digitální dohromady. Tyto změny odhalují potřebu měnit strategii pro podporu zaměstnanců. Postavení zaměstnanců do centra změn umožňuje využití lidského faktoru pro implementaci Průmyslu 4.0. I v případě zavádění těchto změn je přínosem, pokud se najdou zaměstnanci, kteří jsou otevření změnám a pomáhají kladně propagovat tyto změny a zároveň pomáhají ostatním kolegům přizpůsobit se novým technologiím. Zároveň je důležité komunikovat změny jako změny pro zlepšení podmínek pracovníků. Nemělo by se stávat, že by pracovníci měli pocit nahrazení strojem.

Implementace Průmyslu 4.0 si vyžaduje zvýšené náklady. Tyto vysoké náklady mohou podniku krátkodobě poškodit výroční zprávy, ale v dlouhodobém horizontu mají multiplikační efekt. Při správném zavedení prvků dojde ke snížení celkových nákladů a ke zvýšení agility vůči trhu a spokojenosti zákazníků. [29]

4 Případová studie

Cílem této případové studie je vytvoření analýzy současného stavu podniku, kdy jsou popsány již zavedené prvky Průmyslu 4.0. Na tuto analýzu navazuje SWOT analýza zobrazující připravenost podniku pro další zavádění prvků konceptu Průmyslu 4.0 a doporučený postup pro zavedení dalšího prvku, kterým jsou Big data. Pro vypracování případové studie byla oslovena společnost ZAT a.s.

4.1 Společnost ZAT a.s.

Společnost ZAT a.s. se řadí mezi komplexní dodavatele automatizace, včetně všech návazností na technologie a ostatní systém.

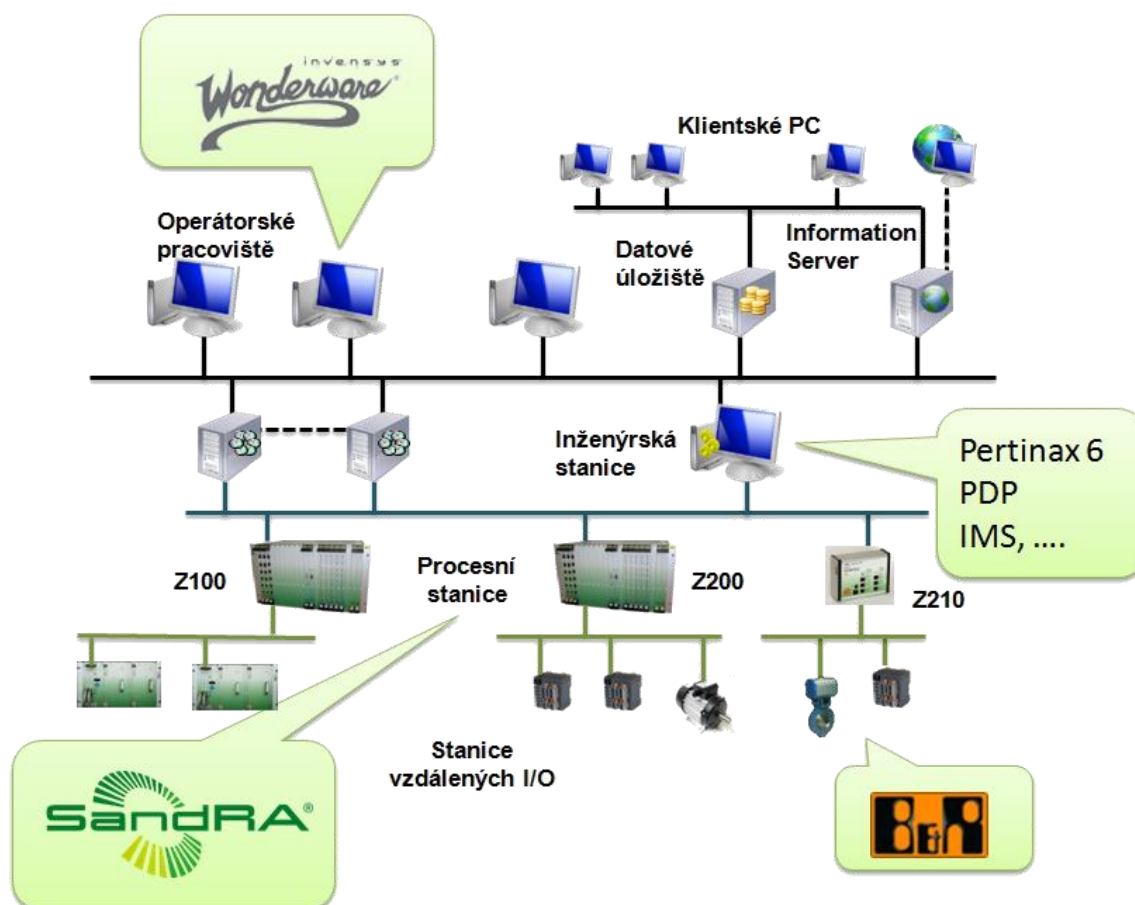
Společnost byla založena r. 1962 a k 1. 1. 2021 má 349 zaměstnanců. V České republice má dvě pobočky, a to v Plzni a Příbrami. Příbramská pobočka se zaměřuje na vývoj, výrobu a montáž. Vývojová, zkušební a administrativní část se nachází na pobočce v Plzni.



Obrázek 11 Organizační struktura, převzato z [37]

Dodávky společnosti jsou technologické informační systémy, řídicí systémy, polní instrumentace, kabeláž a komunikace. Specialisté společnosti ZAT analyzují potřeby zákazníků a navrhují své celé systémy, a to nejen hardware, ale i software. Společnost dodává vlastní řídicí systém SandRa. Systém SandRa je řídicí systém DCS navržen pro náročná průmyslová odvětví, jako je například energetika.

Mezi základní vlastnosti řídicího systému SandRa je veliký důraz na výběr jednotlivých prvků a zároveň na tvorbu architektury systému. Je možné systém realizovat redundantně, a to převážně pro náročnější aplikace. Systém umožňuje integraci jiných výrobců na všech úrovních struktury, a proto je možné přizpůsobení podle požadavků zákazníka. Z inženýrské stanice, na kterou jsou instalovány potřebné nástroje, se provádí správa, projektování i konfigurace celého řídicího systému. Tento systém má dlouhou provozní dobu z důvodu garance dlouhodobé dostupnosti náhradních dílů.



Obrázek 12 Architektura řídicího systému SandRa, převzato z [37]

Prostřednictvím stanic vzdálených vstupů/výstupů je možno realizovat připojení vstupních signálů ze snímačů řízené technologie a výstupních ovládacích signálů.

Propojení stanic je řešeno přes protokoly typu fieldbus, a díky tomu je možné připojit do tohoto systému vzdálené stanice, podporované standardizovanými komunikačními protokoly. Zadávání povelů, nastavování parametrů procesu, řízení technologie pomocí definovaných sekvencí a vizualizace dat je umožněna operátorskou úrovní SCADA/HMI. Server I/O zajišťuje přenos dat mezi řídicími stanicemi a operátorskou úrovní. Komunikační síť podporující jednotlivé prvky je klíčovou součástí tohoto systému. Data jednotlivých operátorských stanic poskytuje server s úrovní přímého řízení I/O. Na operátorských stanicích dochází ke zpracování dat, řídicí úlohy a jednotlivé technologické obrazovky. Veškeré operace s daty probíhají na tzv. Industrial Application Server.

Inženýrská stanice slouží pro správu celé aplikace řídicího systému a jsou na ni instalovány všechny potřebné nástroje pro programování, projektování a konfiguraci všech prvků. Tato stanice využívá projektovou databázi Pertinax a Pertinax 6. Součástí je také nástroj pro správu inteligentních snímačů a simulátor komunikace v síti Perner. SandRa navrhuje i speciální aplikace pro energetiku. [37]

4.2 Analýza současného stavu

V této předkládané diplomové práci se zabývám oddělením Smart Divize vedené Ing. Václavem Janouchem. Pod tuto divizi patří doprava, plynárenství, průmyslové systémy a servis, dále se budují obory zaměřené na inteligentní systémy. Hlavním cílem této divize je uspokojit požadavky zákazníků a uživatelů dodávkou spolehlivých a moderních řídicích systémů v tradičních oborech společnosti, ale i rozvíjet inteligentní systémy založené na myšlenkách Průmyslu 4.0.

V oblasti dopravy dochází k rozvoji kompetencí pro realizaci zakázek a obchodních příležitostí. Dále dochází k rozvoji stávajících produktů dispečerské řídicí techniky a dálkové diagnostiky při uplatňování nových technologických trendů. Pro dispečerskou techniku se využívá na procesní úrovni PLC SAIA a na vizualizační úrovni používají produkty společnosti Wondwerware a systém Reliance firmy Geovap. Tato technika je využívána na 400 km tratí a 80 stanicích v České republice. Pro dálkovou diagnostiku se na procesní úrovni používá vlastní PLC SandRa Z210 a na vizualizační úrovni se využívají produkty firmy Geovap - SCADA systém Reliance. Tato technika je využívána pro 600 zařízení na 900 km tratí a 200 stanicích v České republice.



Obrázek 13 SandRA Z210, převzato z [37]

V oddělení Průmyslových systémů dochází k rozvoji kompetencí pro realizaci zakázek v oboru průmyslové automatizace a nových technologií inteligentních systémů. V řešení pro povrchové doly je řízení technologie Airweep systému pulzních trysek Myrten. Tato technologie řeší uvolňování netekoucích sypkých materiálů v zásobnících. Systém pulzních trysek je vlastně systém řízeného pulzního dávkování tlakového vzduchu. Činností pulzních trysek dochází ke snížení stěnového tření mezi uloženým sypkým materiálem a vnitřním kontaktním povrchem stěny zásobníku. Systém pulzních trysek je vhodný pro použití pro klasické ocelové, betonové nebo plastové zásobníky.

V oddělení plynárenství dochází k rozvoji kompetencí pro realizaci zakázek v tomto oboru. U stávajících produktů usilují o rozvoj telemetrických systémů a podzemních zásobníků. V oblasti telemetrie mají aktuálně realizováno 150 stanic v různých společnostech. Přibližně 20 stanic u jedné společnosti je již modernizováno na systém Z210.

Oddělení servisu firmy se snaží o neustálý rozvoj kompetencí pro zajišťování servisu a instalace dodávek pro všechny obory. V rámci tohoto oddělení dochází k poskytování dlouhodobého servisu dodávek a v některých případech i dodávek jiných zhotovitelů. Servisy se zajišťují pro všechny ostatní oddělení.

4.2.1 IoT

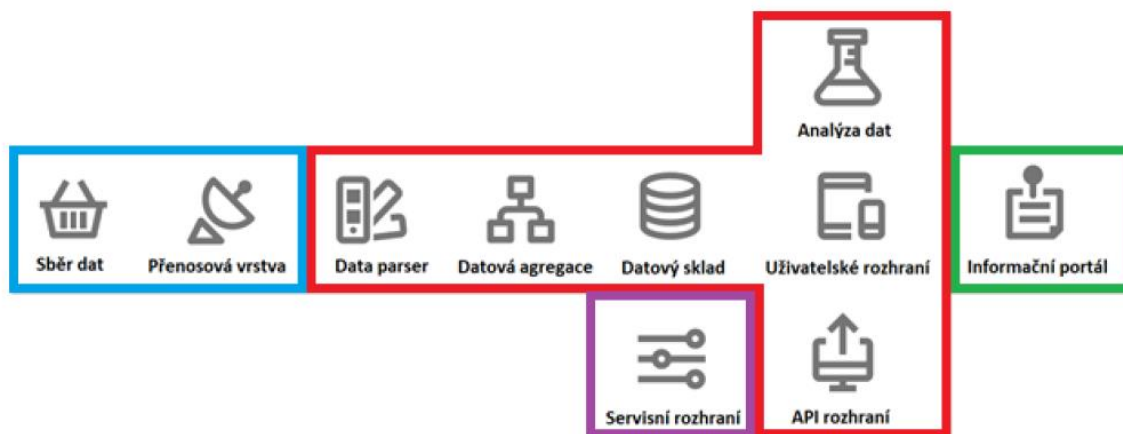
Roku 2018 došlo k uvedení nové platformy SimONet, která zajišťuje bezdrátový sběr dat a zpracování dat pomocí sítí IoT. Tato nová platforma tak doplňuje platformu SandRA a rozšiřuje dodávky ZAT o technologie Průmyslu 4.0. Mezi strategické cíle společnosti patří rozvoj softwarových služeb spojených se zpracováním velkého množství dat a jejich prezentace na informačních platformách. Základním cílem projektu IoT je vybudování

univerzálního technického řešení pro všechny oblasti pilotních projektů, získání reference pomoci pilotních projektů v monitoringu energií, zdraví aj.

System nabízí sběr dat technologiemi vhodnými pro danou lokalitu, případně jejich kombinaci. Tato platforma umožňuje komplexní správu hodnot a monitoring dané lokality nebo objektu. System hledá souvislosti mezi hodnotami, detekuje případné ztráty a přechází havarijním stavům. Po analýze dat může zvyšovat efektivitu plánování údržby, což vede k finančním úsporám.

Ekosystém Simonet se skládá ze tří základních částí:

- Simonet Portal - Webová komunikační platforma
- Simonet Collection - Sběr dat z technologických procesů
- Simonet Visualization - Vizualizace a analýza informací, servisní rozhraní



Obrázek 14 Ekosystém SimONet

Simonet portal je moderní webová informační platforma, jejíž cílem je nezahlnení zákazníků velkým množstvím psaného textu, ale vytváří vizuálně zajímavý, plnohodnotný obsah.

Simonet collection zajišťuje sběr dat z technologických procesů a zařízení v místech, kde není možné využít standardní komunikační sítě, nebo je jejich využití neefektivní. Produkt umožňuje komplexní monitoring elektrických i neelektrických veličin. Technické řešení je založeno na IoT, kdy u bateriově napájených nízkoenergetických senzorů dochází ke sběru dat. Data jsou následně ukládána do databáze.

Simonet Visualization zajišťuje zpracování jednotného vizuálu pro backend gateway IQRF a slouží pro monitoring a správu. Součástí je příjem vstupů ze zařízení, transformace dat, agregace dat, uložení informací, vizualizace informací, definice mezních hodnot a jejich přiřazení na notifikace, nastavení uživatelů a jejich přístupových práv, evidence informací z místa instalace, evidence zařízení, evidence tarifů providerů, detailní servis a sumární servisní informace a navigace na detail v backend provideru.

4.2.2 Cloudové uložení

Při výběru cloudového úložiště byla provedena analýza dostupných cloudových uložení. Tato analýza je shrnuta v rámci této podkapitoly ze získaných dokumentů společnosti.

Z dostupných poskytovatelů byly porovnávány čtyři společnosti a jejich produkty. Jednalo se o Google Cloud Storage, Amazon S3 Simple Storage, IBM Object Cloud Storage a Microsoft Azure Blob Storage. Základní myšlenka správného a bezpečného fungování byla u všech společností stejná. Data si zákazník uloží, jsou šifrovaná a rozdělená do menších částí a ty jsou uloženy na různých discích. Tímto krokem je zajištěno, že nedojde ke ztrátě dat při selhání disku a dochází k automatickému obnovení dat při objevení chyby.

4.2.2.1 Google Cloud Storage

Bloky dat, které se ukládají na cloud, se nazývají buckety, jejichž velikost není omezena, nicméně počet bucketů na jeden Google účet je omezen. Zapisování nebo čtení do/z není nijak limitováno. Buckety lze ukládat regionálně, multi-regionálně nebo duálně. V EU je možno ukládat duálně, a to v kombinaci Holandsko a Finsko. Oproti tomu multi-regionálně je možno ukládat do USA, Asie nebo EU bez Londýna. Regionální uložení v EU jsou ve Finsku, Belgii, Frankfurtu, Holandsku a Londýně. Dostupnost je upravená pomocí SLA a dosahuje 99,90 % u regionálních uložení a u multi-regionálních uložení je to 99,95 %. Konzistentní API je přístupná v řádech milisekund.

Všechna datová centra jsou vlastněná a spravovaná pouze Googlem, a to poskytuje největší zabezpečení. Google Cloud zajišťuje možnost šifrování ze strany klienta i ze strany serveru. Automaticky je nastavené šifrování ze strany serveru podle AES 256-bit klíče. U serverového šifrování je možné si vybrat z klíčů poskytnutých Googlem, používat vlastní klíče, které Google bude spravovat, nebo si uživatel může klíče spravovat sám. Data jsou tedy šifrovaná, když jsou v pohybu i uložena na serveru. Při přenosu po internetu

podporuje Google SSL i TLS. S ohledem na GDPR získal Google také certifikáty ISO 27001, ISO 27017, ISO 27018, PCI DSS 3.2, CSA STAR level 2 a Multi-Tier Cloud Security Singapore Standard 584 – Tier III.

4.2.2.2 Amazon S3

Bloky dat se u společnosti Amazon názvem neliší od společnosti Google a také se nazývají buckety. Jejich velikost není omezena, ale počet bucketů je omezen na 100 pro jeden účet. Zapisování a čtení do/z není limitováno. Buckety lze ukládat regionálně a jsou uloženy ve třech zónách jednoho regionu. Toto rozdělení je takové, aby jakýkoliv problém v jedné lokalitě neohrozil funkčnost. Regiony jsou v Evropě v Paříži, Londýně, Irsku, Frankfurtu a Stockholmu. Cena služby se liší dle vybraného regionu daného bucketu. Dostupnost je dle SLA 99,9 % a přístup je v řádu milisekund.

Společnost v rámci své služby nabízí možnost šifrování ze strany serveru i strany klienta. Výchozí šifrování ze strany serveru je podle AES 256-bit klíče. U serverového šifrování nabízí služba výběr klíčů z výběru Amazonu nebo použití vlastních klíčů, které bude poskytovatel spravovat díky podslužbě KMS nebo si je může uživatel spravovat sám. Pro přenos dat je zajištěna ochrana SSL nebo TLS. Pro další zabezpečení je možné využít spolupráci Amazonu s dalšími bezpečnostními aplikacemi jako jsou například Dadoop, Spark nebo Tez. Certifikáty získané pro splnění standardů GDPR jsou v mnoha věcech shodné se společností Google. Navíc se prezentují s ISO 9001 a CSA STAR level 1.

4.2.2.3 IBM Cloud Object Storage

I u této společnosti nazýváme bloky dat buckety. Jejich velikost není omezena, nicméně omezen je počet bucketů pro jeden účet, a to na 100. Zapisování a čtení do/z není limitováno. Tato služba nabízí skladování dat ve trojici regionů, v jednom regionu anebo v konkrétním datacentru. Trojici regionů pro Evropu je možné využít pouze jednu, a to Amsterdam, Frankfurt a Milán. Skladování dat v rámci regionu je možné v Londýně nebo Frankfurtu a skladování v konkrétním datacentru je možné využít v Amsterdamu nebo Oslu. Dostupnost v rámci SLA je 99,95 %, latence pro trojici regionů je v řádech sekund a ostatní v řádech milisekund.

V rámci bezpečnosti této služby je možné využít poskytované šifrování ze strany serveru i strany klienta. AES 256-bit klíče jsou výchozí šifrování ze strany serveru. I u této služby je možné využít šifrování klíčů IBM, používat vlastní klíče s podporou podslužby

KP anebo je možné i vlastní spravování šifrování. Certifikace v rámci splnění GDPR jsou téměř shodná jako u služeb zmíněných výše. Navíc se prezentuje s ISO 31000:2009.

4.2.2.4 Microsoft Azure Blob Storage

Společnost Microsoft nevyužívá terminologii již zmíněných společností, ale vytváří si svou vlastní. Názvem pro bloky dat jsou bloby a lze je ukládat do containers. Blobů a containerů může být v rámci služby neomezeně. Microsoft má největší data síť z analyzovaných cloudů. Je možné využít regionální umístění nebo geografické umístění, které sdružuje většinou dva regiony. Pro Evropu jsou dostupná tato regionální a geografická umístění:

- Německo – Frankfurt, Mugdeburg
- Francie – Paříž, Marseille
- Spojené království – Cardiff, Londýn
- Evropa – Irsko, Holandsko

Microsoft Blob podporuje šifrování ze strany serveru i klienta. Výchozí šifrování je ze strany serveru podle AES 256-bit klíče. U serverového šifrování je možné si vybrat z klíčů poskytnutých společností nebo si je může klient spravovat sám. Při přenosu dat podporuje služba HTTP i HTTPS s TLS nebo šifrování ze strany klienta. Služba nabízí spuštění nastavbového bezpečnostního varovného systému, který upozorňuje na změny běhu blobů. Certifikace s ohledem na GDPR se shoduje s již zmíněnými službami. Navíc mají ISO 20000-1:2011, ISO 22901:2012, CSA STAR Certifikace Gold.

4.2.2.5 Srovnání analyzovaných úložišť

Tabulka 1: Srovnání podle certifikátu GDPR

	Google	AWS	IBM	Microsoft
ISO certifikáty	3	4	6	6
ISO 20000-1:2011 (Korektní fungování firmy.)	-	-	-	ano
ISO 9001:2015 (Management kvality.)	-	ano	ano	ano
ISO 27001:2013 (Vyhledávání a zhodnocování bezpečnostních rizik.)	ano	ano	ano	ano
ISO 27017:2015 (Kontrola bezpečnosti informací na cloudu.)	ano	ano	ano	ano
ISO 27018:2014 (Ochrana osobních dat na cloudu.)	ano	ano	ano	ano
ISO 22301:2012 (Stabilita dané firmy a kontinuita její existence.)	-	-	ano	ano
ISO 31000:2009 (Monitoring risku a rizik.)	-	-	ano	-
PCI DSS	ano	ano	ano	ano
MTCS SS 584	Tier III	Tier III	-	Tier III
Šifrování (server-side)	ano	ano	ano	ano
Šifrování (client-side)	ano	ano	ano	ano

Tabulka 2: Srovnání podle data center a SLA

	Google	AWS	IBM	Microsoft
Dostupnost (SLA)	99,90%	99,90%	99,95%	99,90%
Regionální úložiště EU	5	5	2	8
Spojené Království	Londýn	Londýn	Londýn	Londýn a Cardiff
Belgie	Belgie	x	x	x
Finsko	Finsko	x	x	x
Francie	Francie	Paříž	x	Paříž a Marseille
Holandsko	Holandsko	x	x	Holandsko
Irsko	x	Irsko	x	Irsko
Německo	x	Frankfurt	Frankfurt	Frankfurt a Magdeburg
Švédsko	x	Stockholm	x	x

Data využitá pro tuto analýzu vycházela ze studií a statistických dat společnosti Eurostat. Na základě provedené analýzy společnost ZAT rozhodla vybrat cloudové řešení od společnosti Google. Jeden z hlavních důvodů tohoto výběru byla možnost úložiště pro firmy zdarma.

4.2.3 Přípravenost podniku

V Průmyslu 4.0 vidí podnik výhody v konkurenceschopnosti a rozšíření na trhu práce, a proto analyzuje poptávku na trhu a investuje do zavádění konceptu Průmysl 4.0. Od zavádění nových technologií lze očekávat zvětšení portfolia novými zákazníky a nižší tendenci změny dodavatele u stávajících zákazníků. Jako jedna z hrozeb může být možná krize, ale podnik i toto vnímá jako výzvu, jelikož ze statistik vychází, že podniky, které investují do technologií Průmyslu 4.0, mají stabilnější pozici pro zvládání případných nepříznivých událostí na trhu.

4.2.4 SWOT analýza

Silné stránky	Slabé stránky
Kvalitní výrobky Vlastní Know-how Firemní kultura Individuální přístup k zákazníkům	Nízké povědomí o produktu Malá prezentace na web. stránkách Náročná fáze implementace
Příležitosti	Hrozby
Získání konkurenční výhody Růst poptávky po produktu Dostupnost veřejných zakázek Společenské povědomí o Průmyslu 4.0 Růst odvětví	Aktuální krize a nejistota na trhu Dodavatelsko-odběrové vztahy Změna legislativy

SWOT analýza vznikla na základě pozorování a interview v daném podniku a byla vytvořená za účelem analýzy připravenosti podniku pro zavádění prvků konceptu Průmyslu 4.0. Analýza byla vyhodnocena na základě SO strategie, kdy má firma mnoho silných stránek a příležitostí, a proto by se na ně měla zaměřit. Vedení divize se chce vydat cestou zavádění prvků Průmyslu 4.0 a data získaná v rámci technologie IoT chce dále využívat, a proto byl vytvořen návrh pro implementaci Big Data. Tento návrh je uveden v bodu 4.2.5.

4.2.5 Big data

Společnost ZAT a.s. nevytváří sériovou výrobu. Každý produkt je vždy přizpůsoben požadavku zákazníka. Z toho důvodu není možné ve výrobě zavádět automatizovanou výrobu. S ohledem na dosavadní zavedené prvky Průmyslu 4.0 je vhodné zařadit prvek Big Data. IoT techniky mají na uložení velké množství dat, se kterým je možné dál pracovat a analyzovat.

Při implementaci Big data je vhodné se řídit následujícími kroky [38]:

Sběr dat – při shromažďování a kompilaci dat je potřeba se podívat na bezprostřední zdroje dat a okamžité potřeby

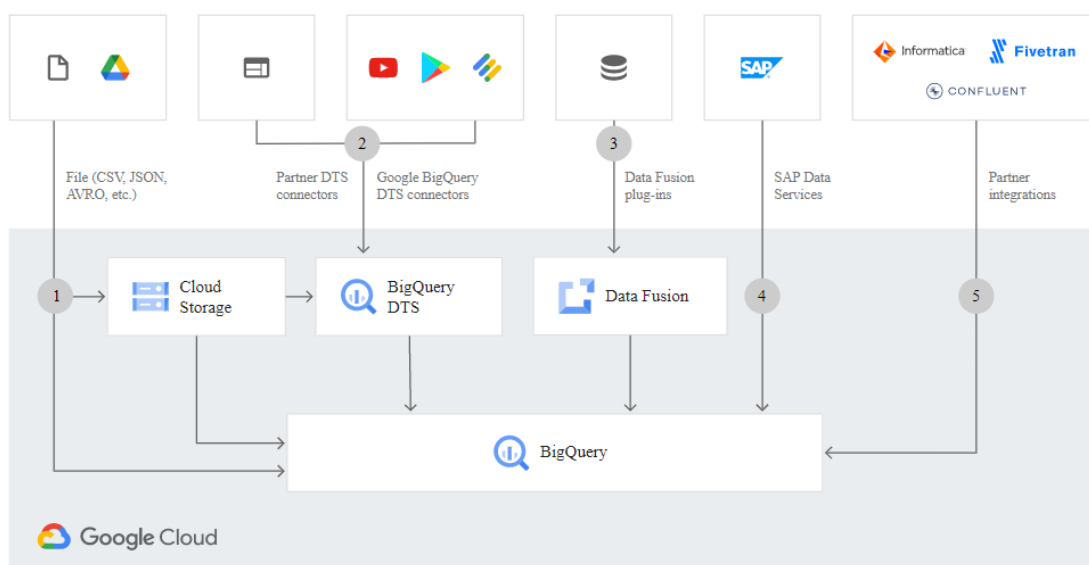
Ověření dat – data používaná ke zpracování by měla být úplná a konzistentní. Pro tuto část je potřeba mít silné projektové řízení ve společnosti pro zajištění přesnosti dat.

Analýza dat – před prozkoumáním dat je potřeba definovat konečný cíl.

Nalezení vhodného propojení – pro správnost a relevantnost výsledků je často potřeba propojit více zdrojů dat. Pro nalezení vhodného propojení je potřeba vytvořit systémový proces a porozumění interním zdrojům dat.

Pro analýzu Big data je potřeba mít posbíraná data a ta data mít uložená na úložišti. K uložení je potřeba použít specializované relační databáze, které umožňují s těmito daty dále pracovat. K analýzám je potřeba zajistit velké množství různých přístupů, platform a nástrojů. Takový typ technologie je AWS Direct Connect, která umožňuje odesílání dat ze serverů uložených u lokálního poskytovatele do velkých datových center Amazonu, kde lze big data zpracovávat v rozumném čase. V rámci této platformy je možné využít například Amazon EMR, Amazon Redshift nebo Amazon Kinesis, které jsou na zpracování Big data zaměřené.

I společnost vybraná firmou pro cloudové úložiště Google má produkt v rámci svého úložiště. Tento produkt se nazývá BigQuery. Tento produkt by měl ulehčit analýzu dat z více zdrojů. Nahrané datové soubory z místních zdrojů, Google disku nebo cloudových úložišť mají maximální flexibilitu v přenosu dat v rámci datového skladu. Ukázka je zobrazená na obr. 15.



Obrázek 15 BigQuery, převzato z [39]

V případě této společnosti je vhodné využít právě produkt od společnosti Google. Hlavní důvodem je kompatibilita. V případě uvažování změny cloudového úložiště od jiné externí společnosti je vhodné přesunout i Big data pod produkty dané společnosti.

5 Doporučení pro praxi

Při zavádění prvků Průmyslu 4.0 do elektrotechnického průmyslu je třeba brát zřetel na to, v jakém typu podniku se nacházíme, a zda se jedná o výrobní anebo vývojový podnik. Pro různé typy podniků se hodí jiné typy technologií. V rámci výrobních podniků je možné implementovat tzv. chytrou továrnu, kdy je možné implementovat všechny technologie Průmyslu 4.0. Oproti tomu u vývojových podniků není potřeba využívat všech technologií, ale je vhodné myslet na možné zakomponování těchto prvků pro následné využití pro Společnost 4.0.

V případě, že se podnik rozhodne implementovat prvky Průmyslu 4.0, je vhodné si jako první krok definovat cíle a co od případné změny očekává. Pro analýzu podniku je možné využít SWOT analýzu, kdy se zmapují slabé a silné stránky, příležitosti a hrozby. Díky této analýze dokáže společnost definovat i svou připravenost pro přijetí technologií Průmyslu 4.0.

Při implementaci jakékoliv změny je potřeba popsat aktuální stav podniku. Například ve výrobním podniku se bude jednat o zmapování výrobního procesu. V rámci zmapování procesu se mohou objevit i další skutečnosti, které by pomohly zefektivnit výrobní proces a jejich vyřešením se můžou technologie Průmyslu 4.0 lépe zakomponovat, anebo jejich zavedení případné problémy vyřeší. K analýze procesu a implementaci prvků je vhodné zakomponovat digitalizaci vnitřních procesů. Zároveň se díky digitalizaci a implementaci mohou objevit nedostatky v rámci Průmyslu 3.0, kdy by nedostatečná připravenost přestup na Průmysl 4.0 znemožnila.

Pro snadnější orientaci a návrh je vhodnější začít menšími projekty. V rámci menších projektů se zjistí efektivnost i návratnost investice a zároveň tento krok může vést i k pozitivnějšímu přijetí změn od zaměstnanců. Zároveň není nutné vynaložit tak vysoké náklady hned do začátku.

Velmi důležitým parametrem při zavádění konceptu Průmyslu 4.0 je komunikace se zaměstnanci a vhodný přístup představování změn. Hlavní myšlenkou implementace těchto prvků by měla být pomoc při náročných a životu nebezpečných úkonech, nikoliv jako něco, co zaměstnance nahradí.

6 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit současný stav Průmyslu 4.0 v elektrotechnickém podniku, jaké technologie se pro zavádění Průmyslu 4.0 používají a možnosti implementace. Pro praktický příklad zmapování současného stavu byla oslovena společnost ZAT a.s.

V první kapitole je definován elektrotechnický průmyslu a jeho návaznost na Průmysl 4.0. Nachází se zde popis Průmyslu 4.0 a jeho charakteristika. Dále pokračuje popis současného stavu Průmyslu 4.0, kdy byly vybrány největší světové mocnosti v průmyslu, a to USA, Číny a Německa. Dále navazuje popis současného stavu v České republice spojený s trendy na trhu práce. Dle analýzy Svazu průmyslu a dopravy České republiky pracuje ve firemní strategii 36 % dotazovaných podniků s Průmyslem 4.0 a dalších 38 % s ním ve strategiích nepočítá, ale vědí, že jejich projekty do Průmyslu 4.0 zapadají. Hlavním důvodem zavádění těchto prvků je zvýšení produktivity a snižování jednotkových nákladů. Obecně se ukazuje, že technologický pokrok není jediný z prvků ovlivňující rozvoj Průmyslu 4.0, ale velmi závisí i na aktuální politické situaci v dané zemi – to je výrazné zejména u Číny. Poslední body této kapitoly jsou věnovány Společnosti 5.0 jako budoucímu trendu Průmyslu 4.0 a krátkému zhodnocení důsledku koronavirové krize na zavádění technologií Průmyslu 4.0.

Druhá kapitola popisuje jednotlivé prvky Průmyslu 4.0 jako jsou IoT, Big Data a analýza dat, rozšířená realita, kybernetická bezpečnost, kolaborativní roboti, aditivní výroba, cloudová uložení, simulace a integrace. Pro elektrotechnický průmysl jsou tyto technologické prvky atraktivní, kdy velký potenciál je v aditivní výrobě, kolaborativních robotech a rozšířené realitě. Toto jsou prvky, které mohou zvyšovat efektivitu práce a snižovat plýtvání a při správném zavedení mohou vést k postupné transformaci na tzv. chytrou továrnu.

Třetí kapitola je věnovaná implementaci prvků Průmyslu 4.0. V rámci této kapitoly je popsán postup implementace a jaké nástroje a metody jsou vhodné při implementaci využít. Jako vhodným nástrojem byla popsána SWOT analýza a DMADV cyklus. Dále navazují výhody a výzvy spojené se zavedením Průmyslu 4.0 do podniku. Pro úspěšnou implementaci je potřeba, aby organizace měla efektivní spolupráci mezi lidmi, technologiemi a procesy.

Další část diplomové práce je věnována praktické části, kde je vytvořena případová studie a obecné doporučení pro praxi. Případová studie ve svém úvodu popisuje daný podnik a následuje popis současného stavu. V rámci popisu současného stavu jsou popisovány dva již zavedené prvky Průmyslu 4.0, a to IoT a cloudové úložiště. Dále je vytvořena SWOT analýza připravenosti podniku na zavádění dalších prvků. S ohledem na již zavedené prvky je vytvořen návrh dalšího prvku a tím jsou Big data.

V obecném doporučení pro praxi je shrnutí, jak by měl podnik postupovat v případě, že chce do svého podniku implementovat prvky Průmyslu 4.0. Toto doporučení je vztaženo na elektrotechnické podniky, nicméně lze jej využít u kteréhokoliv výrobního i nevýrobního podniku. Jsou zde shrnuty kroky, kterými je vhodné se při implementaci řídit, aby se zabránilo zbytečným ztrátám. Zároveň je zde kladen důraz na komunikaci se zaměstnanci při zavádění nových technologií.

Čtvrtá průmyslová revoluce má vysoký potenciál ke změně struktury ekonomiky. Výrobní systémy Průmyslu 4.0 mohou být složitější, nicméně možnosti využití jsou široké. Mezi tyto oblasti patří specializovaná průmyslová řešení zaměřená na porozumění potřebám zákazníka a zvýšená konkurenceschopnost a flexibilita. V rámci výrobních procesů bude docházet k maximálnímu využití softwarové infrastruktury, což bude mít za následek efektivnější plánování, lepší prediktivní algoritmy a zlepšení kvality výroby. Například vysoký potenciál má technologie 3D tisku, kdy může v některých případech zcela vytěsnit konvenční výrobu.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] G. POPKOVA, Elana, Yulia V. RAGULINA a Aleksei V. BOGOVIZ, ed. *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21 st Century*. 1. Switzerland: Springer, 2019. ISBN 978-3-319-94309-1.
- [2] Průmysl 4.0 má v Česku své místo. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Praha: Odbor 31300, 2016 [cit. 2020-10-22].
Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713>
- [3] MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.
- [4] *The Fourth Industrial Revolution* [online]. USA: Foreign Affairs, 2015 [cit. 2020-10-22].
Dostupné z: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>
- [5] Lean Industry. *Lean Industry* [online]. [cit. 2020-12-04].
Dostupné z: <https://www.leanindustry.cz/prumysl-4-0/>
- [6] *Stefanini group* [online]. [cit. 2020-12-04].
Dostupné z: <https://stefanini.com/en/trends/news/industry-4-a-complete-guide>
- [7] HAMILTON ORTIZ, Jesús, William GUTIERREZ MARROQUIN a Leonardo ZAMBRANO CIFUENTES. *Industry 4.0: Current Status and Future Trends*. HAMILTON ORTIZ, Jesús, ed. *Industry 4.0 - Current Status and Future Trends* [online]. IntechOpen, 2020, 2020-3-25 [cit. 2020-12-05]. ISBN 978-1-83880-093-2.
Dostupné z: [doi:10.5772/intechopen.90396](https://doi.org/10.5772/intechopen.90396)
- [8] *Industry 4.0: Autonomous, Customizable, Flexible Manufacturing*. *Gigamon* [online]. 2017 [cit. 2020-12-05].
Dostupné z: <https://blog.gigamon.com/2017/05/31/industry-4-0-autonomous-customizable-flexible-manufacturing/>

[9] IRB 14 000 YUMI. *ABB* [online]. 2017 [cit. 2020-12-05]. Dostupné z:

<https://new.abb.com/products/robotics/cs/prumyslove-roboty/yumi>

[10] Rozšířená realita v řízení procesů. *Vše o průmyslu* [online]. 2017 [cit. 2020-12-05].

Dostupné z:

<https://www.vseoprmyslu.cz/digitalizace/virtualni-rozsirena-realita/rozsirena-realita-v-rizeni-procesu.html>

[11] Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0. *I-scoop* [online].

[cit. 2020-12-06].

Dostupné z:

<https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/?fbclid=IwAR1mT5kZ26eekvZqSgOlxmu3NB6vNuecPpPhLmpYwZXF6AAcjka4-kNFs0>

[12] Industry 5.0—Bringing Empowered Humans Back to the Shop Floor. *Frost & Sullivan* [online]. 2019 [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/industry-5-0-bringing-empowered-humans-back-to-the-shop-floor/>

[13] MORTE EXPLORES THE POSSIBILITIES OF INDUSTRY 4.0. *Morte* [online]. 2018 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://www.talleresmorte.com/morte-explores-the-possibilities-of-industry-4-0/?lang=en>

[14] Industry 4.0 in the Czech Republic. *Czechinvest* [online]. 2018 [cit. 2020-12-13].

Dostupné z: https://www.czechinvest.org/getattachment/27479be7-854a-4720-8258-e9143cc2d22c/Industry-4-0-in-the-Czech-Republic?fbclid=IwAR3E8ABhJaqiMv7uQBFOCx1QvKYFoSzcQMm5WbewxdRqrg_llq-Ohv2QQgA

[15] Výsledky průzkumu SP ČR o zavádění Průmyslu 4.0 ve firmách. *Svaz průmyslu a dopravy České republiky* [online]. 2019 [cit. 2020-12-13]. Dostupné z:

<https://www.spcr.cz/pro-media/tiskove-zpravy/13071-firmy-se-zavadenim-prvku-prumyslu-4-0-zabyvaji-pruzkum-sp-cr>

[16] Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. *Svaz průmyslu a dopravy České republiky* [online]. 2015 [cit. 2020-12-13].

Dostupné z:

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf?fbclid=IwAR0a20tpGaqARmHOJinBuzsZN2cyv2sPHrCF6DArb4HW8BEVCLE005mCk>

[17] Trendy na trhu práce: Průmysl 4.0 zvýší produktivitu i mzdy. *Svaz průmyslu a dopravy české republiky* [online]. 2020 [cit. 2020-12-13]. Dostupné z: <https://www.spcr.cz/projekty/probihajici-projekty/14170-trendy-na-trhu-prace-prumysl-4-0-zvysi-produktivitu-i-mzdy>

[18] Systémová integrace. Yoursystem [online]. [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.ys.cz/o-spolecnosti/kompetence/systemova-integrace/>

[19] Industrial revitalization via industry 4.0 – A comparative policy analysis among China, Germany and the USA. ScienceDirect [online]. 2019 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589791819300039>

[20] Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. ScienceDirect [online]. 2018 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162517312039?via%3Dihub>

[21] R. Rothwell, W. Zegveld: *Industrial Innovation and Public Policy: Preparing for the 1980s and the 1990s* Pinter Publishers, London (1981)

[22] 5G síť. Český telekomunikační úřad [online]. Praha [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/5g>

[23] Big Data & Advanced Analytics [online]. TCG digital [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://www.tcgdigital.com/big-data-advanced-analytics/>

[24] North America Leads Industry 4.0, Extensive Adoption Remains Low. Rtinsights.com [online]. USA, 2020, May 13 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.rtinsights.com/industry-40-analytics-report/>

[25] The U.S. and China Invest Heavily in Industry 4.0 Technologies to be the World's Largest Manufacturer. Cosion [online]. WASHINGTON, 2018, Jan 29 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.prnewswire.com/news-releases/the-us-and-china-invest-heavily-in-industry-40-technologies-to-be-the-worlds-largest-manufacturer-300589461.html>

[26] BARTODZIEJ, Christoph Jan. *The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017. BestMasters. ISBN 978-3-658-16501-7.

[27] Industry 4.0: companies join forces. Deutschland.de [online]. 2018 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.deutschland.de/en/topic/business/industry-40-german-companies-are-bundling-their-know-how>

[28] D. Bittighofer, M. Dust, A. Irslinger, M. Liebich and L. Martin, "State of Industry 4.0 Across German Companies," *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 2018, pp. 1-8, doi: 10.1109/ICE.2018.8436246.

[29] THE ADVANTAGES & CHALLENGES: IMPLEMENTING INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES. TXM Lean Solutions [online]. 2020 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://txm.com/the-advantages-challenges-implementing-industry-4-0-technologie>

[30] HOW TO EFFECTIVELY IMPLEMENT INDUSTRY 4.0 IN YOUR ORGANIZATION. Optessa [online]. 2019, February 5 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.optessa.com/how-to-effectively-implement-industry-4-0-in-your-organization/>

[31] What is the difference between Industry 3.0 and Industry 4.0? UpKeep [online]. 2019, May 03 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.onupkeep.com/answers/preventive-maintenance/industry-3-0-vs-industry-4-0>

[32] SWOT analýza. Management Mania [online]. 30.09.2020 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z:

<https://managementmania.com/cs/swot-analyza>

[33] SWOT Analysis: What It Is and When to Use It. Business New Daily [online]. 2019, Jun 23 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.businessnewsdaily.com/4245-swot-analysis.html>

[34] Virus a přínos Průmyslu 4.0 [online]. 2020, , 1 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://archiv.ihned.cz/c1-66761940-virus-a-prinos-prumyslu-4-0>

[35] Covid jako digitální urychlovač. Fabriky budou víc investovat do robotů [online]. 2020, 24. listopadu, , 1 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/robotizace-automatizace.A201124_151805_ekonomika_fih

[36] Six Sigma: DMADV Methodology [online]. Villanova University, April 10, 2020 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.villanovau.com/resources/six-sigma/six-sigma-methodology-dmadv/>

[37] ZAT [online]. [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.zat.cz/cz/home.htm>

[38] Making Big Data Manageable: Four Steps to Implementation. The Northridge group [online]. [cit. 2021-5-7].

Dostupné z: <https://www.northridgegroup.com/blog/making-big-data-manageable-four-steps-implementation/>

[39] BigQuery. Google [online]. [cit. 2021-5-21].

Dostupné z: <https://cloud.google.com/bigquery#section-7>