

Vysoká škola ekonomická v Praze
Fakulta podnikohospodářská
Studijní obor: Podniková ekonomika a management



Název bakalářské práce:

Připravenost České republiky na Průmysl 4.0

Autor bakalářské práce: Tomáš Kliment

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Pavel Sirůček, Ph.D.

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma
„Připravenost České republiky na Průmysl 4.0“
vypracoval samostatně s využitím literatury a informací,
na něž odkazuji.

V Praze dne 30. dubna 2019

Podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi věnovali svůj čas a energii, aby tato práce mohla být dokončena. Jmenovitě bych chtěl poděkovat vedoucímu celé bakalářské práce prof. Ing. Pavlu Sirůčkovi, Ph.D., a to především za odborné vedení, množství cenných rad a také za velkou ochotu.

Název bakalářské práce:

Připravenost České republiky na Průmysl 4.0

Abstrakt:

Hlavním cílem práce je prozkoumat míru připravenosti České republiky na příchod Průmyslu 4.0. Pozornost je soustředěna zejména na ekonomickou a sociální sféru z pohledu vlády ČR. Práce vychází ze zkoumání již zpracovaných případových studií a výzkumů na jejichž základě je na konci sestaveno pět doporučení pro ČR, které by ji mohly pomoci při implementaci celého konceptu. Zároveň by tyto doporučení mohly pomoci ČR přiblížit se svému kýženému cíli stát se do roku 2030 technologickým lídrem Evropy. Země budoucnosti, jak ji vláda nově nazvala, k tomu má předpoklady. Zatím ale zaostává za světovými lídry, a to především z hlediska průmyslové excelence a hodnotového systému. To, zda nakonec bude schopna dosáhnout svých cílů bude záležet jen a jen na odhodlanosti vlády splnit své závazky a držet se plánu, který slibuje „lepší zítřky“.

Klíčová slova:

Česká republika, Průmysl 4.0, tradiční průmyslová země, technologie Průmyslu 4.0, efektivní rekvalifikace

Title of the Bachelor's Thesis:

Readiness of the Czech Republic for Industry 4.0

Abstract:

The main goal of the thesis is to analyse the level of readiness of the Czech Republic for the incoming fourth industrial revolution. Particular attention is paid to the economic and social area from the perspective of the Czech government. The work is based on the analysis of case studies and researches which have been already conducted. As a result, there are five recommendations for the Czech Republic that could potentially help in the process of implementation. At the same time, these recommendations could possibly help the Czech Republic to move closer to its desired goal of becoming the European technology leader by 2030. The Country For The Future, as the government has recently called it, should be ready. However, it is still lagging behind the world leaders, especially in terms of industrial excellence and the value system. Whether it will eventually be able to achieve its goals will depend on the government's determination to fulfil its commitments and stick with the plan which promises a "better future".

Key words: The Czech Republic, Industry 4.0, traditional industrial country, Industry 4.0 technology, effective retraining

Obsah

Úvod.....	1
1 Historický kontext	4
1.1 Od první ke třetí průmyslové revoluci.....	4
2 Charakteristika Průmyslu 4.0	7
2.1 Hlavní benefity	8
2.2 Největší výzvy	9
2.3 Inteligentní továrna.....	10
3 Technologické předpoklady	11
3.1 Kyberneticko-fyzické systémy (Cyber-physical systems, CPS)	11
3.2 Internet věcí (IoT).....	12
3.3 Aditivní výroba.....	14
3.4 Big data.....	17
3.5 Průmyslová robotika.....	19
3.6 Senzory	22
3.7 Rozšířená (AR) a virtuální (VR) realita	23
3.8 Umělá inteligence	24
3.9 Datová úložiště a cloudové výpočty	26
3.10 Shrnutí a klíčové myšlenky celé kapitoly	27
4 Specifická situace zavádění Průmyslu 4.0 v ČR	29
4.1 Silné průmyslové vztahy České republiky a Německa	29
4.2 Podíl průmyslové výroby na ekonomice státu.....	31
5 Dopady Průmyslu 4.0 na trh práce v ČR.....	33
5.1 Prvky zaměstnání budoucnosti	36
5.2 Úbytek pracovních míst v ČR	36
5.3 Vznik nových pracovních míst v ČR.....	39

5.4	Poznatky a doporučení.....	40
6	Obecná připravenost ČR na Průmysl 4.0	42
6.1	Česká republika jako „tradicionalista“	42
6.2	Celková SWOT analýza připravenosti ČR na Průmysl 4.0	44
6.3	Doporučení pro Českou republiku.....	45
6.3.1	Doporučení č. 1 – substituce a rekvalifikace pracovních míst.....	45
6.3.2	Doporučení č. 2 – zvýšení přidané hodnoty českých podniků	46
6.3.3	Doporučení č. 3 – posílení vztahů s technologickými lídry Průmyslu 4.0.....	47
6.3.4	Doporučení č. 4 – větší investice do infrastruktury, vědy, výzkumu a školství. 48	
6.3.5	Doporučení č. 5 – zvýšení povědomí o Průmyslu 4.0 v českých podnicích	48
7	Nová Inovační strategie ČR 2019-2030	50
	Závěr.....	54
	Seznam citované literatury	56
	Přílohy	61

Úvod

Stroje jsou schopny vzájemné interakce, učí se na základě vlastních chyb, dokáží se sami opravit, dokáží predikovat budoucí stav... vše bez lidské pomoci. Výčet impozantních vlastností novodobých technologií zdaleka nekončí. Nástup tzv. Průmyslu 4.0 do výrobních podniků a do společnosti je v poslední době skloňován ve všech možných pádech. Ačkoliv někteří odmítají spojovat Průmysl 4.0 s revolucí a považují toto označení za pouhý marketingový buzz word, který má sloužit vládě a politikům jako skvělý nástroj na přerozdělování peněz a získávání grantů, ve vyspělých ekonomikách se momentálně děje posun v přístupu k vnímání tradičního pohledu na výrobu. Slovo „revoluce“ by však přeci jen mohlo být lehce přehnané či zavádějící, a to především z pohledu tady a teď. Celý koncept je založen zejména na evoluci automatizované výroby, její digitalizaci a jednotlivých upgradech stávajících procesů.

Definice těchto procesů se různí v jednotlivých zemích. Zjednodušeně a na obecné rovině by se však dalo říci, že jde o propojení virtuálního světa s tím fyzickým skrze velice komplexní a sofistikované technologie, které jsou navzájem propojeny a které umožňují vyrábět podnikům levněji, flexibilněji a efektivněji. Tím, jak se zvyšují požadavky zákazníků na jednotlivé produkty a služby, zvyšuje se také tlak na výrobní podniky uspokojit tuto velice individualizovanou poptávku. Je tedy v jejich nejlepším zájmu využívat benefitů, které s sebou Průmysl 4.0 přináší a tvořit tak díky nim co největší konkurenční výhodu.

Průmysl 4.0 tak začíná silně pronikat do procesů výrobních podniků nejen ve světě, ale také v České republice. Ministerstvo průmyslu a obchodu hraje klíčovou roli při implementačním procesu. Klade si za cíl hlavně připravit společnost a průmysl na změny, které s sebou revoluce přinese a zároveň dostat ČR po vzoru například Švýcarska, Dánska či Finska do skupiny technologicky nejvyspělejších zemí v Evropě.

Hlavní motivací pro zvolené téma byl hlavně význam změn, které s sebou Průmysl 4.0 přinese do České republiky. Tyto změny se nebudou týkat pouze integrace nových technologií do výroby, ale budou mít celospolečenský přesah. Kromě dopadů na vysokoškolské vzdělání a kvalifikaci zaměstnanců se dotknou významným způsobem i trhu práce. Z dlouhodobého hlediska zanikne podle odhadů až třetina pracovních míst a bude velkým způsobem záležet na vládě, jak bude schopna ustát změny a řídit politiku zaměstnanosti. Průběh dopadů na ČR bude

také nejspíše odlišný od zbytku zemí EU, a to hlavně kvůli silné závislosti ČR na vývozu a dovozu průmyslové výroby do Německa a velkému podílu průmyslové výroby na celkové ekonomice státu, což se jeví jako velká příležitost a hrozba zároveň.

Hlavním cílem práce je zjistit, do jaké míry je Česká republika připravena čelit výzvám čtvrté průmyslové revoluce. Na základě míry připravenosti poté sestavit seznam doporučení, které pomohou zemi úspěšně implementovat principy Průmyslu 4.0 a naplnit tak vlastní vizi země stát se technologickými lídry Evropy. Téma Průmyslu 4.0 je široké a interdisciplinární, proto se práce zabývá pouze jeho vybranými aspekty. Abstrahuje od témat jako bezpečnost systémů, právní a regulatorní aspekty či sofistikované technické specifikace. Práce se soustředí spíše na ekonomickou a sociální sféru. Na základě vlastního zkoumání případových studií a výzkumů, které již byly na dané téma provedeny, zkoumám připravenost na příchod změn ze strany vlády, průmyslu, trhu práce, vzdělávacího systému a jdu také do mezinárodního srovnání se zeměmi EU 28. K naplnění cíle práce by měly dopomoci tyto výzkumné otázky:

- Jak si Česká republika stojí v oblasti průmyslu, výzkumu, vývoje a inovací ve srovnání s ostatními zeměmi EU?
- Jak se dostat z pozice průmyslové „montovny“ na zemi výzkumu, vývoje a inovací?
- Jakým způsobem by měla reagovat vláda ČR na měnící se strukturu zaměstnanosti spojenou s příchodem Průmyslu 4.0?
- Jaké benefity a ohrožení plynou z obchodních vztahů s technologickými lídry vzhledem k silně otevřené ekonomice ČR?
- Kam a jak investovat veřejné peníze, aby byl přechod co možná nejprofitabilnější?

Úvodní kapitola je zaměřena na historický vývoj průmyslu, jelikož myšlenka Průmyslu 4.0 by dnes nemohla existovat bez předchozích třech revolucí, které významným způsobem ovlivnily chod společnosti. Dále jsou popsány základní charakteristiky celého konceptu, hlavní benefity, největší výzvy a také inteligentní továrna, která se označuje za „srdce“ inteligentní výroby. Navazuje kapitola, ve které jsou zmíněny klíčové technologie Průmyslu 4.0 a to s ohledem na fakt, že je práce určena pro čtenáře s ekonomickým, nikoliv technickým základem. Na konci každé podkapitoly je shrnuta situace dané technologie v České republice a v některých případech porovnána s ostatními zeměmi EU.

Druhá část práce je zaměřena spíše praktičtěji. Nejprve je na základě hledání a zkoumání určena specifická situace ČR. Ta je spojena hlavně s vysokým podílem průmyslu na celkové ekonomice a také silnými obchodními vztahy s Německem. Poté práce zkoumá potenciální

dopady na trh práce a důsledky těchto dopadů na celkové HDP země. V poslední části jsou shrnuty dosavadní poznatky a vytvořena SWOT analýza připravenosti ČR na Průmysl 4.0, od níž je odvozeno pět doporučení, které by mohly ČR pomoci úspěšně implementovat Průmysl 4.0 a přiblížit se tak technologickému prvenství na světových trzích. V poslední kapitole práce zmiňuje pro porovnání nejnovější strategický plán vlády, který navazuje na dokument Iniciativa Průmysl 4.0 a kde jsou konkrétní kroky vlády, které mají pomoci ČR stát se technologickými lídry EU28.

1 Historický kontext

Pojem revoluce znamená podle Slovníku spisovné češtiny „náhlou a velkou změnu v různých oborech činnosti“. (Slovník spisovného jazyka českého, 2011) Průmyslovou revoluci potom můžeme chápat jako náhlé a velké kvalitativní změny v ekonomice, technice a dalších oblastech života, které významným způsobem ovlivňují chod společnosti. Termíny jako digitalizace, big data, autonomní roboti, 3D tiskárny, cloudy, internet věcí, kyberneticko-fyzikální systémy, chytré továrny, chytrá města či telefony a další současné trendy by dnes jen těžko existovaly bez předešlých průmyslových revolucí. Lidská společnost dosud zažila celkem tři takové, a nyní by měla stát na začátku té čtvrté.

Pro lepší pochopení a zasazení Průmyslu 4.0 do historického kontextu jsou do práce ve stručnosti zařazeny i předchozí tři průmyslové revoluce. Všechny na sebe navzájem navazují, jedna bez druhé by nemohly existovat a všechny v průběhu 250 let posunuly civilizační vývoj obrovským způsobem dopředu. Dalším důvodem je snaha ukázat, jak velké dopady nejen na společnost, ale také na trh práce, ekonomiku a celkové zrychlení hospodářského vývoje jednotlivé revoluce měly a že ne vždy s sebou tyto změny přinesly pouze pozitiva.

1.1 Od první ke třetí průmyslové revoluci

Průmyslová revoluce způsobila přechod z tzv. tradiční společnosti (která se mj. vyznačovala zemědělstvím, kde hlavním zdrojem obživy pro jednotlivce byla půda) na tzv. moderní společnost, kde se do centra ekonomického sektoru dostal trh a změnil tak kompletně oblast celé ekonomiky. (Keller, 2007) Dnešní moderní společnost a veškerý technický pokrok jsou tedy produktem právě průmyslových revolucí. Ta první s sebou přinesla několik souběžných objevů. Jedním z nejdůležitějších byl parní stroj, který byl zdokonalen Jamesem Wattem mezi lety 1765 a 1776. Hlavně díky parnímu stroji dokázal člověk poprvé překonat omezení lidské a zvířecí síly a vyrobit obrovské množství užitečné energie. Začaly vznikat nové továrny, železnice, doprava – šlo o největší technologickou proměnu, kterou svět do té doby zažil. (Brynjolfsson & Drlik, 2015, str. 16)

Příchod strojů do výroby měl spoustu pozitivních i negativních důsledků jak na ekonomiku, tak na společnost. K těm pozitivním patřilo zvýšení objemu výroby. V některých odvětvích začala převažovat masivní produkce a stroje tak umožnily skokem zvýšit produktivitu práce. K dalším pozitivům patří například vznik kapitalistické společnosti nebo zrychlující se urbanizace. Mezi negativní důsledky patří zejména zhoršující se pracovní podmínky pro zaměstnance (delší

pracovní doba) a námezdní práce žen a dětí, které pracovali často od 7 let věku. To vše kvůli snaze podnikatelů maximálně využít drahé stroje a zkrátit dobu návratnosti vloženého kapitálu. Poklesl také význam kvalifikované práce, protože dělníci vykonávali hlavně jednoduché a monotónní operace. (Sirůček, 2007, str. 29 - 32)

Na první průmyslovou revoluci volně navazuje druhá průmyslová revoluce, která se datuje na konec 19. a začátek 20. století. Ta se vyznačuje především plošným rozšířením elektrického proudu nejen do výroby a také vznikem montážních linek. (Nestorovic, M., & Radicevic, 2018) Elektrický proud začal postupně měnit vzhled dílen z první průmyslové revoluce, kam se začaly instalovat elektromotory místo parních strojů. Pokračovalo zvyšování produktivity práce, rozšiřoval se počet závodů a pracovníků a zdokonalovaly se vynálezy z první průmyslové revoluce. Všechny tyto faktory měly obrovský dopad na růst průmyslové výroby (viz tab. 1). Světová průmyslová výroba vzrostla v době 2. průmyslové revoluce zhruba pětikrát. To mělo za následek hospodářské krize z nadvýroby, které se až do 2. světové války střídaly ve zhruba 10-ti letých intervalech. (Sirůček, 2007, str. 35, 36, 37)

Tabulka 1 – Index průmyslové výroby ve vybraných zemích v letech 1850–1913

země	Index (1870 = 100)			
	1850	1880	1900	1913
V. Británie	70	125	199	249
Francie	84	124	170	250
Německo	53	137	321	526
Itálie	.	105	153	250
Švédsko	.	100	272	400
Rusko	.	164	573	909
USA	.	168	401	813

Zdroj: Sirůček, 2007

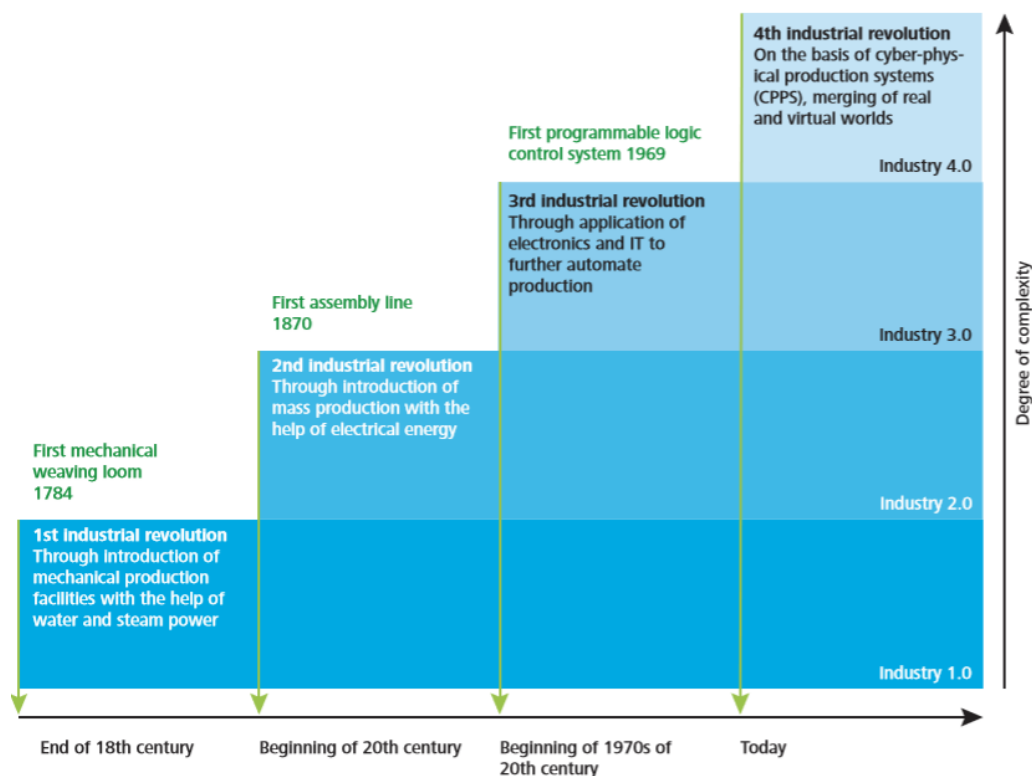
Další metou ve společenském, technickém a ekonomickém rozvoji je třetí průmyslová revoluce, která se datuje zhruba do poloviny 20. a začátku 21. století. Je spojována hlavně s příchodem informačních technologií a rozmachem automatizace a elektroniky ve výrobě. Automatizaci můžeme definovat jako: „*technologii, díky které jsou procesy nebo procedury vykonávány bez lidské pomoci.*“ (Groover, 2011, str. 15) Stroje jsou sice automatizované, ale nikterak spolu nekomunikují, pouze snižují potřebu přítomnosti člověka k provedení nějaké činnosti nebo vytvoření určité práce.

K hlavním milníkům této revoluce patří rozvoj polovodičů, sálových počítačů (60. léta), osobních počítačů (70. a 80. léta) a internetu (90. léta). (Schwab, 2017, str. 11-12)

Moderní společnost tak začala přecházet do tzv. informační společnosti, která je charakteristická dramatickým zvýšením objemu generovaných, přenášených, uchovávaných a využívaných informací v nejrůznějších oblastech společnosti. Revoluce výrazně ovlivnila trh práce, kdy mimořádně poklesl počet manuálně pracujících zaměstnanců v průmyslových podnicích, a naopak výrazně vzrostl počet zaměstnanců v kancelářích. Mimo jiné vznikl také tzv. intelektuální kapitál. (Bonciu, 2017)

Obrázek č. 1 pod odstavcem demonstruje přechod z první průmyslové revoluce až na tu čtvrtou. Všechny na sebe souvisle navazují. Zjednodušeně řečeno, bez parního stroje by nebylo elektřiny, bez elektřiny by nevznikla informační technologie a počítače, bez kterých bychom dnes jen těžko stáli na prahu 4. průmyslové revoluce. V následujících odstavcích proniknu hlouběji do této problematiky. Popíši základní charakteristiky Průmyslu 4.0, včetně toho, jaké s sebou přináší výhody a výzvy, jaké jsou druhy integrace zavádění do továren a jaké jsou technologické předpoklady chytré továrny, která vyrábí na úrovni Průmyslu 4.0.

Obrázek 1 – Definice Průmyslu 4.0



Zdroj: Deloitte, 2015, str. 3

2 Charakteristika Průmyslu 4.0

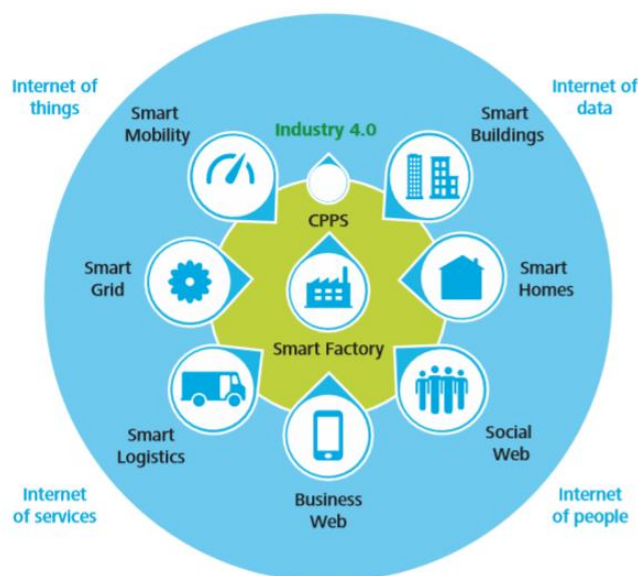
Termín Průmysl 4.0 byl poprvé představen na Hannoverském veletrhu v r. 2011 německou vládou a o dva roky později byla oficiálně spuštěna německá národní platforma Industrie 4.0. Dle této iniciativy nyní vstupujeme do v pořadí 4. průmyslové revoluce, která rychle mění naši ekonomiku i způsob života. Na rozdíl od předchozích revolucí se nejedná pouze o změny v oblasti výroby, tedy zjednodušeně řečeno o pouhou digitalizaci výroby, ale o celospolečenskou změnu, která zasáhne celou řadu odvětví od průmyslu, systému vzdělávání, práva, vědy a výzkumu až po trh práce a sociální systém. (Mařík, 2016, str. 21-22)

Klaus Schwab ve své knize *The Fourth Industrial Revolution* popisuje Průmysl 4.0 jako „svět, ve kterém fyzické a virtuální výrobní systémy globálně a pružně spolupracují navzájem. To umožňuje absolutní customizaci produktů a vytváří nové operační modely.“ (Schwab, 2017, str. 12) Jiná lehce zjednodušená a zkrácená definice vychází z dokumentu Ministerstva průmyslu a obchodu zvaného Iniciativa Průmysl 4.0 jako „spojení virtuálního kybernetického světa se světem fyzické reality“. (MPO, 2016, str. III) Ač se definice slovně lehce liší, hlavní myšlenka zůstává stejná – jde o propojení virtuálního světa s tím fyzickým, ať už při komunikaci stroj-stroj, člověk-stroj nebo člověk-člověk.

Jedná se o nový stupeň vývoje v organizaci a řízení celého hodnotového řetězce ve zpracovatelském průmyslu, kdy tradiční metody výroby procházejí transformací. V dnešní době většině výrobních procesů pomáhá moderní informační technologie IT. Nejnovější moderní trendy jdou však daleko za běžnou automatizaci výroby, která je od roku 1970 poháněna rozvojem právě IT a elektroniky. (Deloitte, 2015, str. 3-4)

Obrázek 2 demonstruje prostředí Průmyslu 4.0 kolem tzv. „chytré továrny“. Do popředí se dostává digitalizace výroby, která je poháněna kyberneticko-fyzikálními systémy v prostředí Internetu věcí (IoT). Do výrobního procesu se dostávají důležité informace z dat chytrých budov, domovů a telefonů, logistických procesů webu a sociálních sítí, dopravy, inteligentních sítí a dalších objektů, které generují velké množství dat. Jádrem průmyslu 4.0 je potom chytrá továrna, která na základě těchto dat sesbíraných z vnějšku i vnitřku podniku nevyrábí výrobky masově, nýbrž *personalisovaně*. (Magruk, 2016, str. 277)

Obrázek 2 – Prostředí průmyslu 4.0



Zdroj: Deloitte, 2015, str. 4

Toto propojení umožňuje mj. chytrou komunikaci mezi stroji ve výrobním podniku, nástup inteligentních robotů (kteří dokáží díky senzorům posbírat informace o výrobních procesech a upravit je v reálném čase podle momentální situace) řízení produktů a strojů přes internet díky čipům, které na ně jsou nainstalovány nebo vznik chytrých skladů, které samy informují o stavu zásob. (Petrjánoš, 2019)

Do výroby se dostávají nové technologie jako kyberneticko-fyzikální systémy, internet věcí, 3D tisk, big data, průmyslová robotika, senzory, rozšířená a virtuální realita, umělá inteligence, cloud computing a spousta dalších technologií, které jsou základními stavebními kameny celého konceptu. (Petrjánoš, 2019)

2.1 Hlavní benefity

Využití této dynamicky programovatelné výrobní technologie v kombinaci se zvýšenou flexibilitou výrobních strojů jako takových vede k řadě benefitů při výrobě samotné výrobě. Těmi nejdůležitějšími jsou:

- návrat výroby blíže ke spotřebiteli a větší customizace produktů;
- dynamičtější a efektivnější alokace zdrojů a využití kapacit;
- snížení času přechodu linky z jednoho produktu na druhý;

- snížení složitosti prototypování a výroby s menším počtem omezení;
- mizení monotónních a fyzicky náročných profesí.

(Mamad, 2018, str. 261)

To vše v konečném důsledku povede ke snížení nepřesností zásob a nákladů práce, a také k rychlejším, jednodušším a rozmanitějším výrobním procesům, což zvýší *produktivitu práce* v podniku. Jako další důsledek může být uvedeno snižování negativních lidských vlivů a zvyšování udržitelného rozvoje firem, a to hlavně díky větší transparentnosti logistických procesů. (Mamad, 2018, str. 261)

2.2 Největší výzvy

Mnoho autorů tvrdí, že zavedení Průmyslu 4.0 do výroby s sebou přinese řadu výzev, a to hlavně na poli vědy, technologie, ekonomiky, politiky a společnosti jako takové. Zde uvádím několik nejzásadnějších:

- vytváření nových business modelů, jejich definice a strategie;
- analýza velkých dat – společnosti se musí naučit pracovat a těžit z velkých objemů dat, které budou hrát klíčovou roli v rozhodovacích procesech;
- vzniknou nové požadavky na kvalifikaci pracovníků (např. na sběr, zpracování a vizualizace výrobních dat);
- chybějící motivace malých podniků na zavedení Průmyslu 4.0 vzhledem k implementačním bariérám;
- hackerské útoky a zneužití dat.

(Mamad, 2018, str. 261)

Toto je pouze strohý výčet výzev, kterým budou podniky a společnost v příštích několika letech čelit. Zkušenosti z minulosti ukazují, že technologie nikdy nefungují přesně tak, jak se původně předpokládalo. Vždy existují nežádoucí účinky, ať již pozitivní či negativní a některé záměry se nepodaří skutečně realizovat. Nezamýšleným důsledkem tak může být například změna chování spotřebitelů související s 3D tiskem, který usnadňuje výrobu natolik, že začínáme vyrábět ve větší míře a o to méně lpíme na svém zboží. Proto pak můžeme mít větší tendenci zboží vyhazovat a vytvářet více odpadu. Je třeba umět situaci zvážit a vyvarovat se takových potenciálních nezamýšlených důsledků a zároveň zajistit, aby tyto technologie přinášely prospěch všem. (European parliament, 2016, str. 7)

2.3 Inteligentní továrna

Inteligentní továrnu pak popisuje Mařík pomocí následujících charakteristik:

- optimalizace výrobních procesů v rámci celého hodnotového řetězce;
- vzájemně propojené a automatizované výrobní linky;
- fyzické prototypy nahrazeny virtuálními, včetně výrobních procesů;
- flexibilní individualizovaná výroba jak malých, tak velkých dávek;
- roboty, stroje a výrobky vzájemně komunikují, autonomně se rozhodují v reálném čase;
- stroje se sami konfigurují a optimalizují v návaznosti na produkt, se kterým pracují;
- logistické procesy se automaticky přizpůsobují výrobě (ať už v místě výroby, dopravy nebo samotné distribuce produktu).

Cílovým stavem této chytré továrny je situace, kdy dojde k propojení jednotlivých subsystémů podniku (softwaru, hardwaru, logistiky atd.) do jednotného dodavatelského řetězce (ekosystému). (Mařík, 2016, str. 26, 68)

V České republice existuje například inteligentní továrna Siemens Elektromotory v Mohelnici. Tato továrna sbírá data od návrhu samotného produktu až po expedici. Na základě těchto sesbíraných dat a s přispěním nejnovějších technologií Průmyslu 4.0 je tak schopna uspokojit poptávku až 65 tisíci variantami produktu. V reálném čase je vyhodnocována efektivita výroby a management tak dostává okamžité informace o jejím stavu a je tak schopen redukovat ztrátové časy nebo najít „úzká hrdla“, čímž celkově zefektivňuje výrobní proces. Mezi další nadčasové vlastnosti továrny patří např. simulace materiálových toků, která zefektivňuje logistiku nebo více jak čtyři tisíce instruktážních videí, které edukují zaměstnance v rámci zkvalitnění a zrychlení jejich „pracovní výuky“. Principy Průmyslu 4.0 jsou zde uplatňovány v takovém rozsahu, že se do Mohelnice jezdí dívat návštěvy z celého světa, aby načerpali inspiraci a know-how. (Siemens, 2019)

3 Technologické předpoklady

Průmysl 4.0 s sebou přináší celou řadu nových technologií. Zmiňuji je v této kapitole a potažmo celé práci především proto, že jsou základními stavebními kameny Průmyslu 4.0 a bez nich by tato revoluce jednoduše nebyla možná.

Je potřeba zmínit, že jednotlivé technologie jsou popsány s ohledem na to, že zaměření této školy je ekonomické, nikoliv na technické. To znamená, že nejsou zmíněny zbytečné detaily, spíše je jednoduše a na konkrétních příkladech vysvětlena podstata Průmyslu 4.0, která je jednoduše zasazena do celého konceptu. Ke každé technologii je také uvedeno praktické využití, ať už ve výrobním podniku nebo ve společnosti obecně jelikož, jak již bylo zmíněno, tato revoluce není pouze revolucí průmyslovou, nýbrž celospolečenskou, a chystá se dotknout každého z nás i v každodenním životě.

Na konci každého technologického předpokladu je popsána specifická situace této technologie v ČR. U některých je uvedeno, jak si ČR stojí v porovnání s evropskou konkurencí v EU28. Tam, kde tato data k dispozici nebyla, je popsáno alespoň to, jak si daná technologie stojí v tuzemsku a jakou zde má např. infrastrukturu či vyhlídky do budoucna. Sem je také zahrnut vývoj dané technologie ve světovém měřítku. Většina těchto technologií se šíří exponenciálním tempem, ať už se jedná o množství zařízení, velikost globálního trhu dané technologie nebo jednoduše využití dané technologie firmami. Tyto výsledky poukazují na fakt, že jakkoliv se o Průmyslu 4.0 může mluvit jako o velké mediální bublině, tyto technologie jsou dnes tady, využívá je stále více firem a postupem času se s největší pravděpodobností stanou naprosto běžnou součástí výrobního procesu, respektive společnosti. Proto by i podniky měly vhodně reagovat na rychle se měnící trendy ve výrobě.

3.1 Kyberneticko-fyzické systémy (Cyber-physical systems, CPS)

Jedná se o technické systémy, které spojují síťově propojené počítače a roboty s reálným světem. Podle STOA (Science and Technology Options Assessment Panel) jsou kyberneticko-fyzické systémy „*robotické systémy propojené s Internetem věcí (IoT) a technickými systémy síťových počítačů, robotů a umělé inteligence, které interagují a vyměňují si informace s reálným světem.*“ (European Parliament, 2016, str. 3)

Výrobní zařízení jsou tak napojena na kyberneticko-fyzické systémy (dále jen CPS) což jsou základní stavební prvky chytrých továren. Ty jsou schopny vyměňovat si informace, vyvolat potřebné akce na momentální situaci a podmínky (např. změna poptávky po zboží) nebo se

vzájemně kontrolovat. Stroje tak díky tomu mezi sebou nepřetržitě sdílejí informace o současných úrovních zásob, problémech, chybách, změnách objednávek nebo změnách v poptávce. Procesy jsou koordinované s cílem co nejvíce zoptimalizovat kapacitní využití a kvalitu v rozvoji, produkci, marketingu a nákupu. (Deloitte, 2015, str. 4)

Se zapojením CPS nejen do továren, ale také do společnosti, je spojena celá řada nadějných vyhlídek. Jde například o zvýšení účinnosti a udržitelnosti mnoha našich stávajících činností a vytvoření nových trhů. Mohou to být automatizované automobily, které zefektivňují provoz, snižují znečištění a umožňují řidičům během cesty pracovat nebo odpočívat. Hromadná customizace výrobků, která citlivě reaguje na přání spotřebitelů a díky které se omezuje odpad vznikající při výrobě. Dále to mohou být systémy pro přivolání pomoci a nástroje, které usnadňují péči o nemocné nebo zdravotně postižené osoby, jimž umožňují žít samostatnější život a hrát aktivnější úlohu ve společnosti. (European Parliament, 2016, str. 7)

3.2 Internet věcí (IoT)

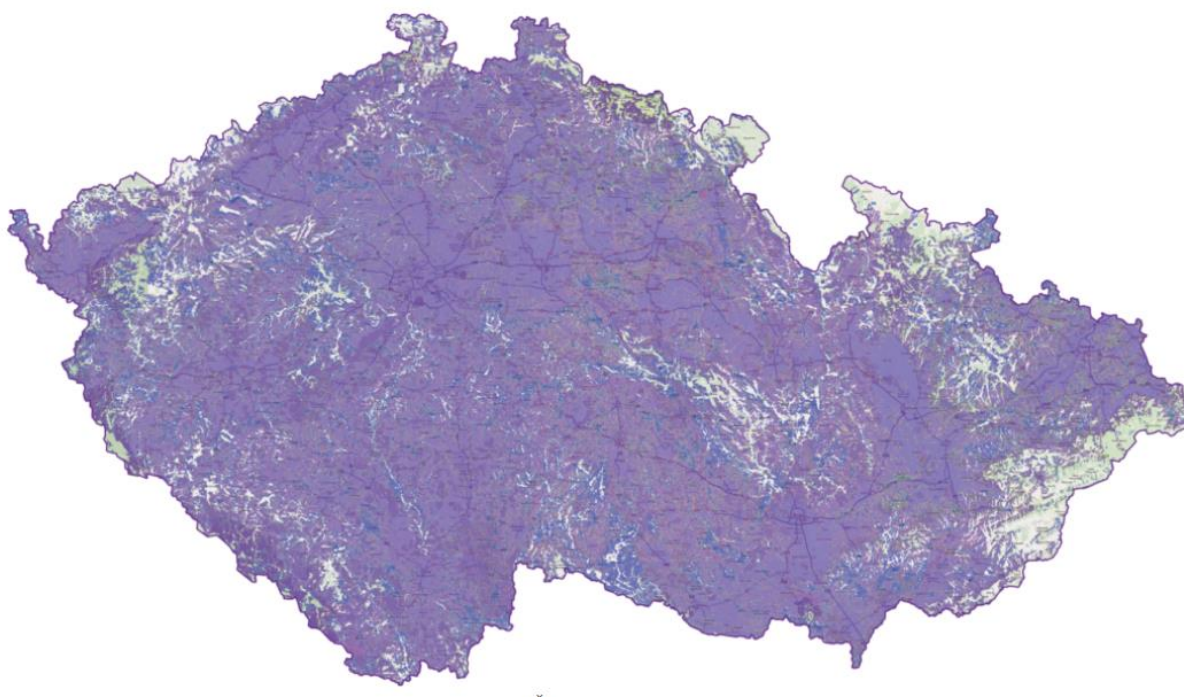
IoT je zjednodušeně síť přístrojů, kde je každý jeden napojen na internet se svojí unikátní IP adresou. Každý má unikátní software, kam jsou ukládána a následně analyzována všechna data, a díky kterému je přístroj schopen vyměňovat si data s ostatními přístroji. Ve výrobním podniku v konceptu IoT jsou všechny prvky autonomní (stroje, vozíky, pásy, roboti, výrobky i lidé), tzn. nepřetržitě spolu komunikují, vyjednávají, vyměňují si informace a spolupracují. Aby byly schopny této interakce, jsou ve virtuálním prostředí reprezentovány softwarovými moduly, které jednájí za ně. Tyto moduly společně řeší úlohy, koordinují činnost a rozhodují s využitím služeb, které si navzájem poskytují. (Mařík, 2016, str. 43)

Tyto navzájem komunikující objekty nemusí být pouze stroje a digitální zařízení. Jedná se i o běžné objekty nebo zvířata a lidi, kterým může být přiřazena IP adresa a které mají jedinečné identifikátory přenášející data po síti bez nutnosti interakce člověk-člověk nebo člověk-počítač. Může to být např. osoba se zavedeným srdečním monitorem, automobil s vestavěnými čidly v pneumatikách, který upozorní řidiče vždy, když má pneumatika nízký tlak vzduchu nebo aplikace, která umožňuje zákazníkům účastnit se dobrovolného šetření energie jejich domácích spotřebičů v době špičkové poptávky nebo namáhání sítě. (Garlík, 2019)

Situace IoT v ČR a v zahraničí

V České republice začali vznikat před pár lety první operátoři přímo pro IoT. Do té doby se přístroje připojovaly k internetu přes Wifi nebo mobilní síť GSM. Jedním z dominujících operátorů poskytujících síť přímo pro IoT v ČR je Vodafone. Vodafone byl první, kterému se podařilo v roce 2017 dosáhnout 100 % pokrytí v tuzemsku a při současném nastavení je firma schopna propojit až dvě miliardy zařízení. Důvodem pokrytí signálem pro IoT je hlavně fakt, že se chytré přístroje mohou připojit odkudkoliv. Jako příklad pro praktické využití může být uvedena firma, která půjčuje TV pro kongresy. Dokud leží TV na skladě, je napojena na Wifi. Poté, co je přemístěna ze skladu, ztrácí signál a může se napojit právě na IoT síť. Majitel tak dostane okamžitě informace o tom, v jakém stavu se TV nachází, zda stojí, leží, padá apod. (Vítek, 2017)

Obrázek 3 - Mapa pokrytí IoT sítí v ČR (SimpleCell Networks a.s.)



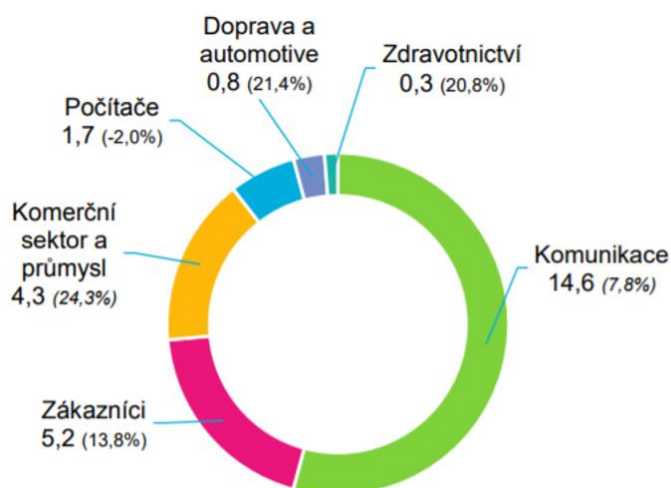
Zdroj: IoT portal, 2018

Dalším velkým hráčem v poskytování IoT sítí v ČR je společnost SimpleCell ve spolupráci s T-Mobile, poskytující technologii Sigfox. Ta je již nyní schopna pokrýt více než 95 % populace a je připravena poskytovat síť IoT pro zdravotní sektor, sektor služeb, Průmysl 4.0, inteligentní budovy, automobilový průmysl, spotřební elektroniku, chytrá města a další. Již více než 100 pilotních a komerčních projektů bylo odstartováno v České republice využívajících právě Sigfox technologii. Třetím nejsilnějším hráčem je společnost CRA (České Radiokomunikace). (Czech Invest, 2018)

Počátky IoT sahají již do 90. let. V poslední době se však celosvětově masivně zvýšil počet senzorů a jiných prostředků, které dokáží spojit fyzický a virtuální svět a pracovat na principech IoT. Jsou to miliardy takovýchto zařízení po celém světě. Do roku 2020 se očekává, že bude s internetem připojeno okolo 50 miliard zařízení, a v následujících několika letech poté množství poroste na více než trilion. (Schwab, str. 22, str. 128) Např. pouze v automobilovém průmyslu bylo již v roce 2015 8 % všech automobilů (84 milionů) napojeno na internet. Toto číslo bude růst až k 22 % (290 milionů aut) do roku 2020. (Deckler, 2015)

Statista, online poskytovatel statistik a průzkumů trhu, odhaduje růst celosvětově připojených zařízení k internetu z již nainstalovaného základu 15,4 miliard zařízení v roce 2015 až na 75,44 miliard v roce 2025. (Lousis, 2016) Oblasti, kde je nejvíce připojených zařízení k IoT (v miliardách, r. 2017) jsou komunikace a zákazníci (viz graf 1).

Graf 1 - Oblasti, kde je nejvíce připojených zařízení k internetu věcí (v miliardách, v roce 2017) a jejich odhadovaný průměrný roční přírůstek v letech 2013-2020 (v %)



Zdroj: Hrtúsová, Novák, 2018, str. 2

3.3 Aditivní výroba

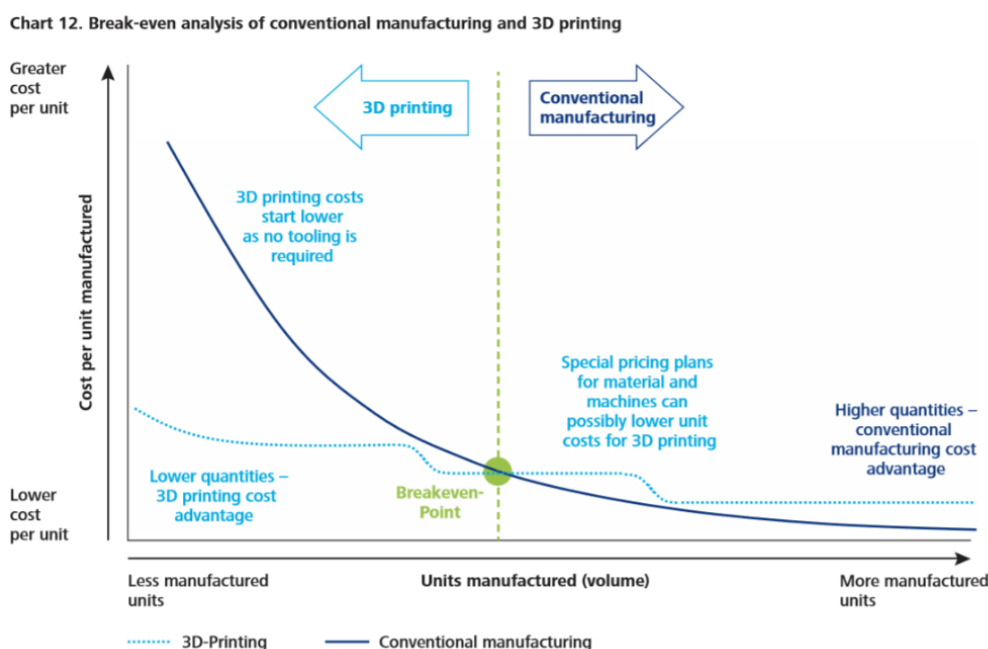
Aditivní výroba, nebo jinými slovy 3D tisk, je podle definice Ministerstva průmyslu a obchodu: „technologie spojování materiálu dle 3D digitálních dat, nejčastěji vrstvu po vrstvě. Dokáže tak vyrábět tvarově složité výrobky, které mohou kombinovat více funkcí nebo nahrazovat celé sestavy jediným dílem“. (MPO, 2016, str. 42)

Technologie pracuje s 3D vstupními digitálními daty, které dokáží zjednodušit prototypovou výrobu a vyrábět produkty customizovaně. Díky schopnosti číst tato data dokáží počítače simulovat výrobní proces a optimalizovat ho ve vztahu výrobní čas – materiál – výrobek. To

vše vede k redukci nákladů na vývoj, zkrácení technologické přípravy a zrychlení uvedení výrobku na trh. Další z výhod 3D tisku je fakt, že se stroj (hardware a software) nemusí před každou výrobou nového a tvarově různorodého výrobku zdlouhavě předělávat. Je tak možné splnit specifické potřeby každého zákazníka (typu náhrady lidského těla, ortézy apod.). (MPO, 2016, str. 42, 57, 58)

Díky všem výše zmíněným výhodám se značně snižují náklady na vyrobenou jednotku již při malém množství vyrobených kusů. Zatímco tradiční způsob výroby počítá se zvyšujícími se úspory z rozsahu, kdy se náklady na jednotku snižují s počtem vyrobených kusů, 3D tisk začíná být atraktivní již při menších množstvích, jak naznačuje graf 3 níže. (Deloitte, 2015, str. 17, 18)

Obrázek 4 – Analýza konvenční výroby a 3D tisku



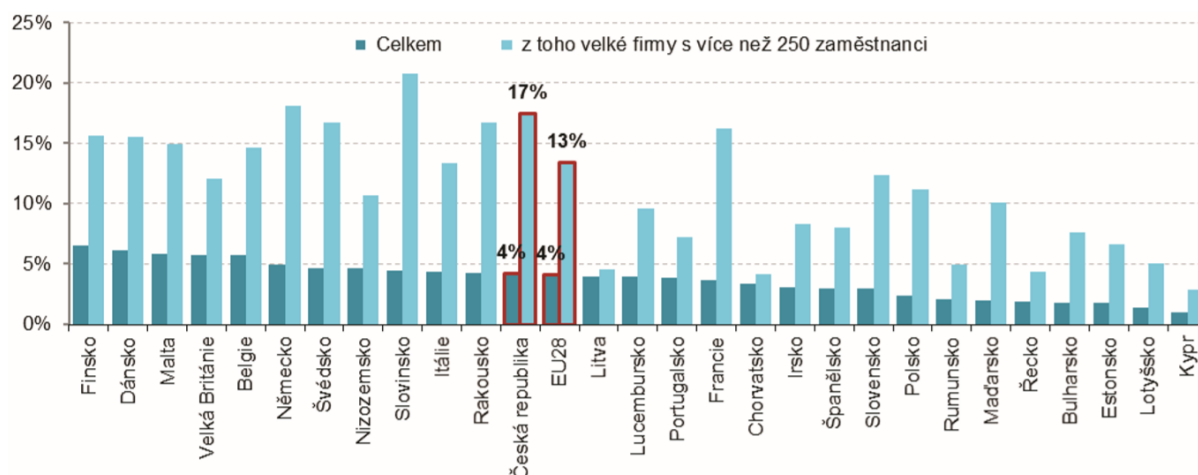
Zdroj: Deloitte, 2015, str. 18

Se zvyšujícím se množstvím vyráběných jednotek se po čase však stejně dostane do bodu, kdy jsou náklady na jednotku výroby tradičního způsobu menší a vyplatí se tak vyrábět produkty opět masově (viz obr. 4, zeleně vyznačený bod). Mezi několik nevýhod tak patří například vyšší náklady na masovou produkci. Další z nevýhod může být omezené rozpětí materiálů, se kterými tiskárny dokáží pracovat (především plasty, kovy a keramika) nebo omezení ve velikosti komponentů, které jsou tisknuty (Deloitte, 2015, str. 17, 18)

Situace 3D tisku v ČR a v zahraničí

V České republice se 3D tisk také dostal významným způsobem do průmyslové výroby. Nejedná se pouze o konstrukční oddělení (výroba prototypů a zkušebních modelů), ale také o výrobu samotnou. V roce 2017 využívala 3D tisk 4 % firem v České republice, z toho většina byly větší firmy s více než 250 zaměstnanci. Nejvíce se tisklo v oblasti výzkumu a vývoje, zpracovatelském průmyslu, v odvětví výroby počítačů a optických přístrojů a v automobilovém průmyslu. Drtivá většina firem v ČR využívala 3D tisk pro vlastní potřeby firmy. 3D tisk za účelem dalšího prodeje není zatím v ČR nijak více rozšířen. V porovnání s Evropskou unií Česká republika využívala tuto technologii průměrně. Nejlépe si v mezinárodním srovnání EU28 stálo Finsko, Dánsko, Malta, Velká Británie a Belgie (viz graf 2). (Český statistický úřad, 2018)

Graf 2 - Firmy v zemích EU využívající 3D tisk v roce 2017



Zdroj: Český statistický úřad, 2018

Podle Jana Homoly, vice-prezidenta oborového sdružení Klastř aditivní výroby, mají české firmy v zahraničí velice dobré jméno. Je to například firma Prusa, která je ve světě vnímána jako dostupná a zároveň velice kvalitní nebo firma 3D tisk Fillamentum, jedna z nejrenomovanějších firem v tomto oboru vůbec, vyrábějící struny. ČR má obecně velký potenciál pro růst v 3D oblasti. Ten vychází hlavně z průmyslové tradice země a stavu současných moderních technologií v ČR. (Weikert, 2018) České malé a střední firmy navíc mohou získat investiční dotaci až 1 miliardu korun z programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost a uvažuje se také o vytvoření prvního pracoviště, kde by si firmy mohly 3D tisk otestovat. (Stuchlík, 2018)

Velikost globálního trhu 3D tisku roste rok od roku o několik miliard dolarů a tempo se stále zvyšuje. Zatímco v roce 2013 činila velikost trhu něco okolo 4,4 miliard dolarů, v roce 2018 to bylo již 12 miliard. Odhaduje se, že do roku 2021 velikost globálního trhu dosáhne až 21 miliard amerických dolarů. (Statista, 2019) Nejvíce tiskáren využívají firmy z leteckého a obranného průmyslu, celkem zabírají třetinu celého trhu. Následuje medicína s 30 %. Nejrychleji roste trh v Číně, Japonsku a Jižní Koreji. (Stuchlík, 2018)

3.4 Big data

Podle společnosti Oracle, jedné z největších a nejvýdělečnějších společností poskytujících služby v oblasti velkých dat (Statista, 2018), se jedná o obrovské, komplexní soubory dat, které pochází zejména z nových datových zdrojů. Big data jsou shromažďována všude, od systémů a senzorů až po mobilní zařízení. Jsou tak objemná, že tradiční softwary určené k analýze dat mají problémy je zpracovat. Tyto masivní objemy však hrají důležitou roli v optimalizaci podnikových procesů a byznysu obecně. Dokáží získat úplnější odpovědi, protože mají více informací, což vede k naprosto odlišnému přístupu při rozhodování a řešení problémů. (Oracle, 2019)

Z hlediska IoT a Průmyslu 4.0 je klíčovým cílem analýza Big dat prakticky všude v podniku. Jde o převod velkých objemů těchto dat do informací, které z hlediska procesů a výroby dávají smysl a mohou tak být sdíleny s lidmi a stroji s cílem vyrábět rychleji, efektivněji a levněji. (Petrjánoš, 2019)

Hrají například klíčovou roli při vývoji produktů. Společnosti Procter&Gamble nebo Netflix díky nim dokáží předpovídat poptávku při vypouštění nových produktů. Staví na tzv. prediktivních modelech pro nové produkty, které sbírají data o produktech z minulosti a současnosti (ze sociálních sítí, marketingových výzkumů, focus groups apod.) a dokáží podle nich odhadnout úspěch jejich nabídky. Využití Big dat pro podnik je opravdu rozsáhlé. Jako jeden z dalších případů může být uvedena například předpověď mechanického poškození či poruchy stroje na základě dat sesbíraných v minulosti (jako záznamy v protokolu, chybových hlášeníh apod.). Dále se dají využít v oblasti řízení spokojenosti zákazníků (dodávání personalizovaných nabídek), optimalizaci vlastní výroby nebo rozhodování o budoucích finančních investicích podniku. (Oracle, 2019)

Současným problémem při analýze velkých dat jsou především nedostatky ve vědeckém pokroku a omezené personální kapacity příslušných odborníků. Přitom nároky na tyto kapacity

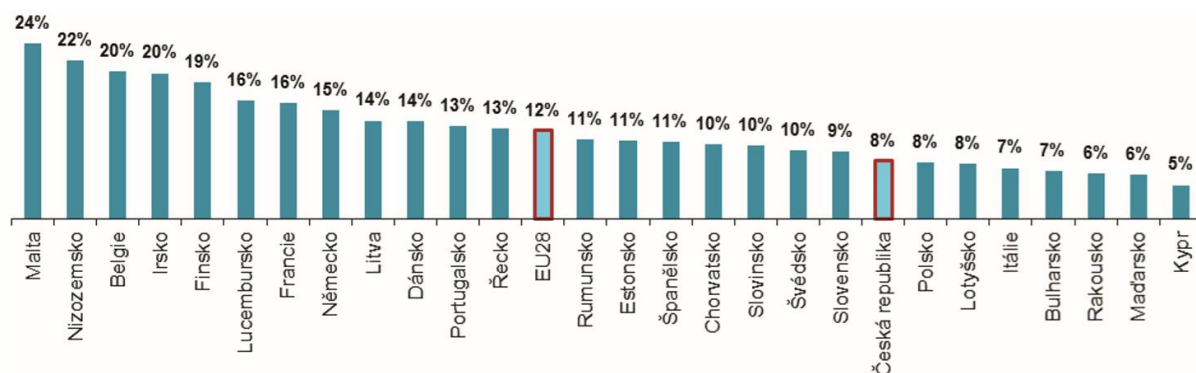
narůstají s exponenciálním růstem velkých dat. Proto většina praktických informací obsažených v těchto datech zůstává i přes značnou snahu bez jakéhokoliv využití. Hlavním cílem do budoucna je proto zajištění dostatečného množství odborníků schopných data analyzovat a využívat informace v nich obsažené. (Mařík, 2016, str. 51, 64)

Situace analýzy Big dat v ČR a v zahraničí

V České republice se analýzou velkých dat zabývalo v roce 2017 necelých 10 % firem, a to zejména velké společnosti. Nejvíce firem v ČR analyzuje data o poloze (pocházejících např. z GPS) a data generovaná chytrými zařízeními (např. ze senzorů). Nejvíce se zabývají analýzou velkých dat firmy v odvětví informační a komunikační činnosti (celkem 19,7 %) a dopravy a skladování (14,1 %). V mezinárodním srovnání EU využívají české firmy s více než 10 zaměstnanci velká data podprůměrně. Na vedoucích pozicích je Malta, Nizozemsko a Belgie (viz graf 3). (Český statistický úřad, 2018)

Velká data se v ČR dají využít v různých ekonomických sektorech, a to například v oblastech retail managementu (např. personalizace), průmyslu (monitoring výroby), logistice (zlepšení provozní efektivity), zdravotnictví (telemedicína), zemědělství (senzory pro dobytek), energetiky (skladování energie), bankovníctví a pojišťovnictví (rizikovitost havarijního pojištění) a dalších. Skvělými příklady českých firem využívajících velkých dat je například projekt DiaBetty pro dálkové sledování žen s cukrovkou nebo český startup CleverFarm, který se specializuje na vývoj mapových softwarů s cílem zpřístupnit technologii pořizování snímků ze satelitu tak, aby si je mohl dovolit každý farmář. (Hrtúsová, Novák, 2018, str. 3–11)

Graf 3 - Firmy v zemích EU analyzující Big Data v roce 2017 (podíl na celkovém počtu firem s 10 a více zaměstnanci v dané zemi)

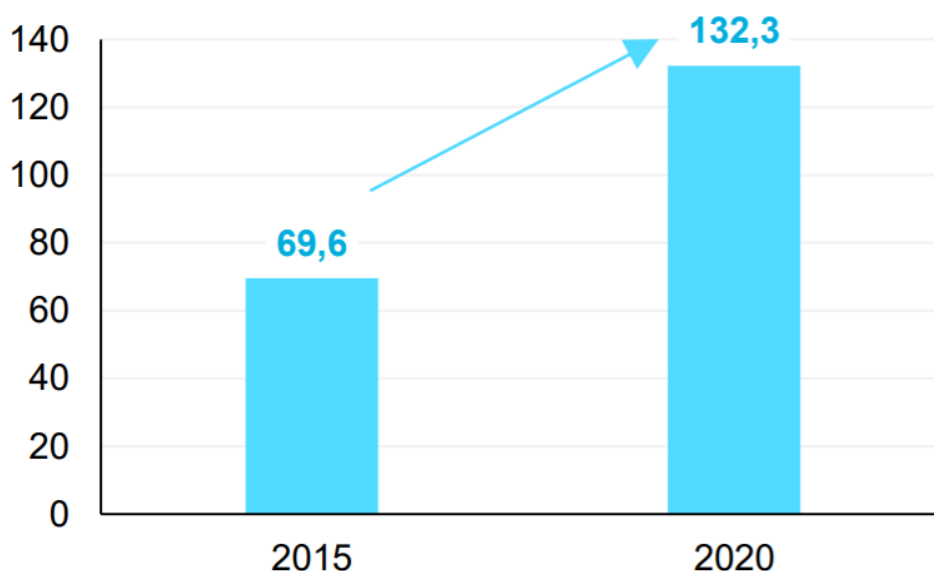


Zdroj: Český statistický úřad, 2018

Celosvětově roste objem dat exponenciálně, což je způsobeno hlavně nástupem IoT, díky němuž je stále více přístrojů připojeno k internetu. Podle analýzy společnosti IHS Markit se

budou objemy přenášených dat dramaticky zvyšovat. Nyní objemy rostou o zhruba 20-25 % ročně, v příštích 15 letech se bude podle odhadů množství dat zvyšovat až o 50 % ročně. Graf 4 také demonstruje celosvětové příjmy spojené s big daty a analytikou. Příjmy ze samotné analýzy by podle společnosti Chicago analytics group měly vzrůst z téměř 70 mld USD v r. 2015 na 132 mld. USD v roce 2020. (Hrtúsová, Novák, 2018, str. 1, 2)

Graf 4 - Výhled globálních příjmů z analýzy dat do roku 2020 (v mld. USD)



Zdroj: Hrtúsová, Novák, 2018, str. 2

3.5 Průmyslová robotika

Momentálně se v České republice nacházejí především roboty, které nemají žádnou nebo velice omezenou inteligenci, tzn. nejsou schopny se autonomně rozhodovat. Jsou však stále obratnější, chytřejší a mnohem více uplatnitelné v celé řadě výhradně lidských činností. Uplatňují se hlavně v hromadné výrobě a jsou skvělým prostředkem pro zvýšení produktivity práce. Velké firmy je zavádějí z důvodu zkvalitnění produkce a úspory pracovních sil. (MPO, 2016, str. 46)

Existuje několik typů robotů, od tradičních průmyslových, pracujících bez jakéhokoliv styku s člověkem, až k robotům, které na základě senzorů přizpůsobují svůj pohyb v reálném čase pohybu pracovníka. Právě tímto směrem se také ubírá technologický předpoklad Průmyslu 4.0. (Petrjánoš, 2019).

Podle studie Deloitte již není hlavní motivací zavádění robotů pouze snižování nákladů, ale také zvyšování produktivity, zlepšení zákaznické zkušenosti a schopnosti realizovat automatizaci v širším rozsahu. Osmdesát procent organizací, které zavedly roboty, také uvedlo spokojenější pracovní sílu. Roboty umožňují výrobcům především automatizovat části

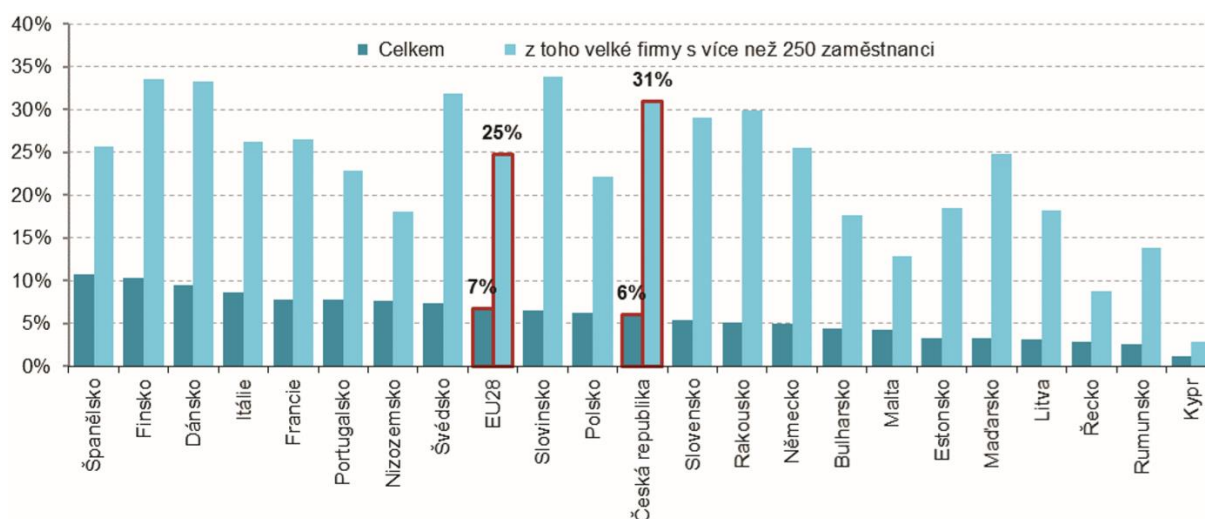
výrobního procesu, které jsou pro lidi nudné a zdoluhavé, od nošení dílů, až po ověřování jakosti, na což se člověk jen stěží dokáže plně soustředit po delší dobu. (Technický týdeník, 2019)

Situace průmyslové robotiky v ČR a v zahraničí

Jednou z největších výzev v ČR při zavádění robotů je nedostatečná podpora IT. Pracovníci, kteří programují, seřizují a provozují roboty, se musí neustále učit a přizpůsobovat, což zvýší i tempo nasazování robotů do podniků. (Deloitte, 2018) Obecně v České republice existuje nedostatek kvalifikovaných pracovníků a poptávka po nich se bude rok od roku zvyšovat. Další z výzev je složitost odhadnutí návratnosti investice v porovnání s cenou stejné práce zastávané dělníky, což je jeden z klíčových faktorů při zavádění. (MPO str. 46, 2016)

Do robotiky se v tuzemsku ve výrobních podnicích investovalo v r. 2017 v porovnání s Evropskou unií průměrně. Ze všech firem v ČR do této oblasti investovalo 6 %. Stejně jako v případě 3D tisku se jedná hlavně o velké podniky (250 a více zaměstnanců) a téměř výlučně o odvětví zpracovatelského průmyslu. Nejlépe je na tom Španělsko, Finsko a Dánsko (viz. graf 5). Pokud bychom však brali v potaz pouze velké podniky, bylo jich v ČR celkem 31 %, což znamená 5. místo v žebříčku velkých firem v EU. (Český statistický úřad, 2018)

Graf 5 - Firmy v zemích EU využívající průmyslové nebo servisní roboty v roce 2018



Zdroj: Český statistický úřad, 2018

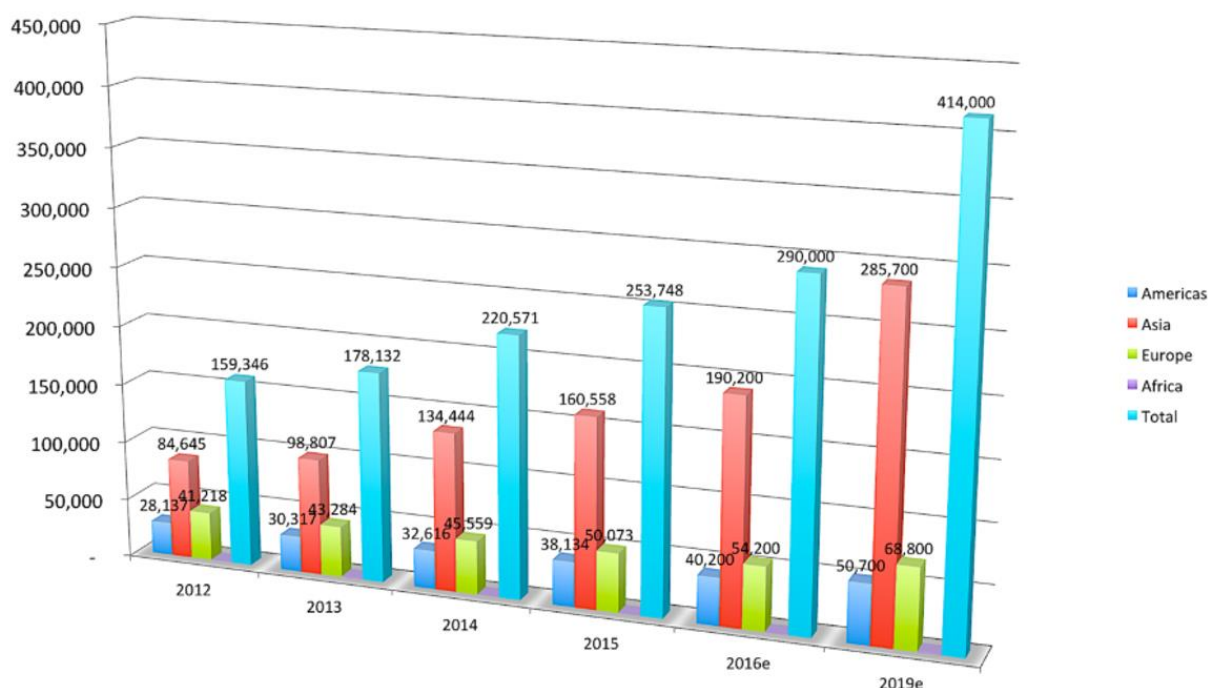
Do výroby se pomalu začínají dostávat i tzv. kolaborativní (servisní) roboty, které dokáží pracovat s lidmi a pomáhat jim, popř. pracovat plně autonomně, bez pomoci člověka. Tyto roboty jsou vybaveny určitým stupněm soběstačnosti a zvládají specifické a pro člověka obtížné činnosti. V r. 2017 se využívaly hlavně v automobilovém a chemickém průmyslu. V ostatních

odvětvích převládají klasické průmyslové roboty. V ČR se roboty nejčastěji využívají v automobilovém a chemickém průmyslu. (Český statistický úřad, 2018)

Množství firem, které zapojují roboty do výroby, roste velice rychle. Pro představu, v r. 2009 bylo do výroby po celém světě zapojeno okolo 60 tisíc robotů, minulý rok to bylo zhruba 400 tisíc v roce 2021 to má být podle IFR World Robotics až 630 tisíc robotů. (Zavoral, 2019)

Více než polovina robotů celosvětově se nachází v Asii. Asie, konkrétně Čína, dominuje světovému trhu s roboty. Tento trend je poháněn hlavně silnými makroekonomickými silami, kterými jsou stárnoucí populace a podpůrná vládní politika. Obecně je trh s roboty ve světě rozdělen na 2 poloviny. Čína jako dominující nákupčí a Japonsko s Evropou jako výběrový dodavatel těchto strojů. Graf 6 níže ukazuje růst počtu robotů celosvětově a také podíl tohoto růstu na jednotlivých kontinentech. (Edwards, 2018)

Graf 6 – Světový růst průmyslových robotů 2012-2019



Zdroj: Edwards, 2018

Pro zajímavost, v Japonsku existuje továrna založená na tzv. výrobě bez osvětlení (lights out manufacturing). Provozuje ji japonský přední výrobce průmyslových robotů a CNC strojů Fanuc. Nepřetržitě 24 hodin tam pracují roboty bez lidské pomoci. Nepotřebují osvětlení, klimatizaci ani kuřárny. V České republice zřejmě hudba vzdálené budoucnosti, v Japonsku a v jiných rozvinutějších zemích se jedná již o vcelku normální záležitost. (Wheeler, 2015)

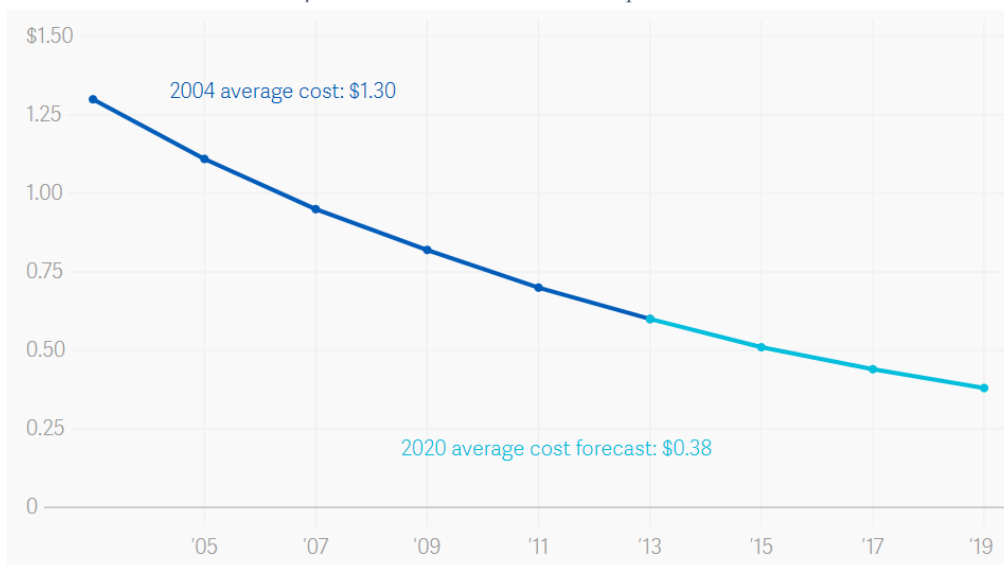
3.6 Senzory

Dalším z důležitých technologických předpokladů Průmyslu 4.0, a předpokladů tzv. samořídící výroby, jsou senzory. Jsou to chytré přístroje, jejichž hlavním úkolem je odhalit signály z vnější (mohou to být fyzické parametry typu teplota, zvuk, vlhkost, rychlost) a přeměnit je na signály, které mohou být měřeny elektronicky. Dokáží tak kontrolovat např. funkcionality daného produktu či systému. V automobilovém průmyslu slouží např. k dodržování emisních norem. Jejich výhodou je, že nejsou drahé a představují tak skvělou výkonnostní výhodu. (Wilson, 2004, str.1) Jinými slovy bychom je mohli popsat jako snímače fyzikálních veličin, které je dokáží změřit a převést do virtuálního světa.

Situace zavádění senzorů v ČR a v zahraničí

Ceny těchto senzorů každoročně klesají. Průměrná cena senzoru v roce 2004 činila 1,3 USD. Minulý rok to bylo 0,44 USD (viz. graf 7) a nic nenasvědčuje tomu, že by tento trend neměl pokračovat. Investice do této oblasti vzrostly celosvětově mezi lety 2013 a 2017 o 275 %. Loňský rok byly do senzorů investovány téměř 3 miliardy USD. (Zavoral, 2019)

Graf 7 – Průměrná cena IoT senzorů padá



Zdroj: Atlas, 2016

V ČR senzory využívá 46 % subjektů, které analyzují big data. Obecně jsou jedním z nejčastějších zdrojů velkých dat v podniku. Spadají do sekce vlastních firemních dat generovaných provozem chytrých zařízení. (Český statistický úřad, 2018) Podle ČSÚ se v letech 2010 až 2014 v ČR vydalo na výzkum v oblasti sensoriky celkem 6 mld. Kč. Největší podíl měly neinvestiční výdaje – více než 90 % všech nákladů. Počet zaměstnanců v oblasti výzkumu se zvýšil z téměř 1300 na 1743 v r. 2014. (Český statistický úřad, 2015)

Klíčovými hráči na poli vědy a výzkumu v ČR jsou Akademie věd ČR a vysoké školy. Jedná se buď o aplikovaný výzkum mezi institucí a firmou nebo o cílený výzkum, který nabízí nové koncepty detekce, snímání, měření apod. Vedoucí pozice na světových trzích může ČR dosáhnout pouze produktovou nabídkou kvalitativně nových snímačů a měřících systémů, vlastním průmyslovým výzkumem a dlouhodobou spoluprací s předními výzkumnými organizacemi. Podpora domácího high-tech sektoru je tedy klíčem k úspěchu. Výchozí pozice průmyslu i výzkumu v ČR je příznivá. (Mařík, 2016, str. 57, 69)

3.7 Rozšířená (AR) a virtuální (VR) realita

Hlavní z myšlenek Průmyslu 4.0 je propojení fyzického a virtuálního světa, a právě to je také jedním z hlavních charakteristických rysů tzv. rozšířené (Augmented reality – AR) a virtuální reality (Virtual reality – VR). AR obohacuje prostředí reálného světa o zrakové vjemy většinou doplněné ještě o zvuk. Pokud bychom k těmto zrakovým a zvukovým vjemům přidali ještě další, například hmatové nebo čichové, dostali bychom VR, která díky tomu dokáže kompletně nahradit prostředí reálného světa tím simulovaným. AR se může vyznačovat například jednoduchými textovými popisky umístěnými v zorném poli člověka nebo pokročilými systémy, kdy jsou přesně do prostoru umístěny sledované objekty, které mohou být překrývány nebo nahrazeny. Hlavními nástroji pro rozšíření reality jsou hlavně chytré telefony, tablety a průhledové brýle. (Mařík, 2016, str. 47, 56)

Tato technologie v současné době pomáhá v podnicích především v oblasti bezpečnosti práce, školení a produktivity zaměstnanců. Například ve společnosti General Electric dokáže dělník zlepšit svoji výkonnost při instalaci větrné turbíny až o 34 %, stejně tak například společnost Boeing využívá AR na svých montážních linkách. Většinou se totiž jedná o zdlouhavě složité procedury, které vyžadují sady manuálů a plánů, které mohou být jednoduše technikům předány skrz brýle a funkce rozšířené reality. (Zavoral, 2019)

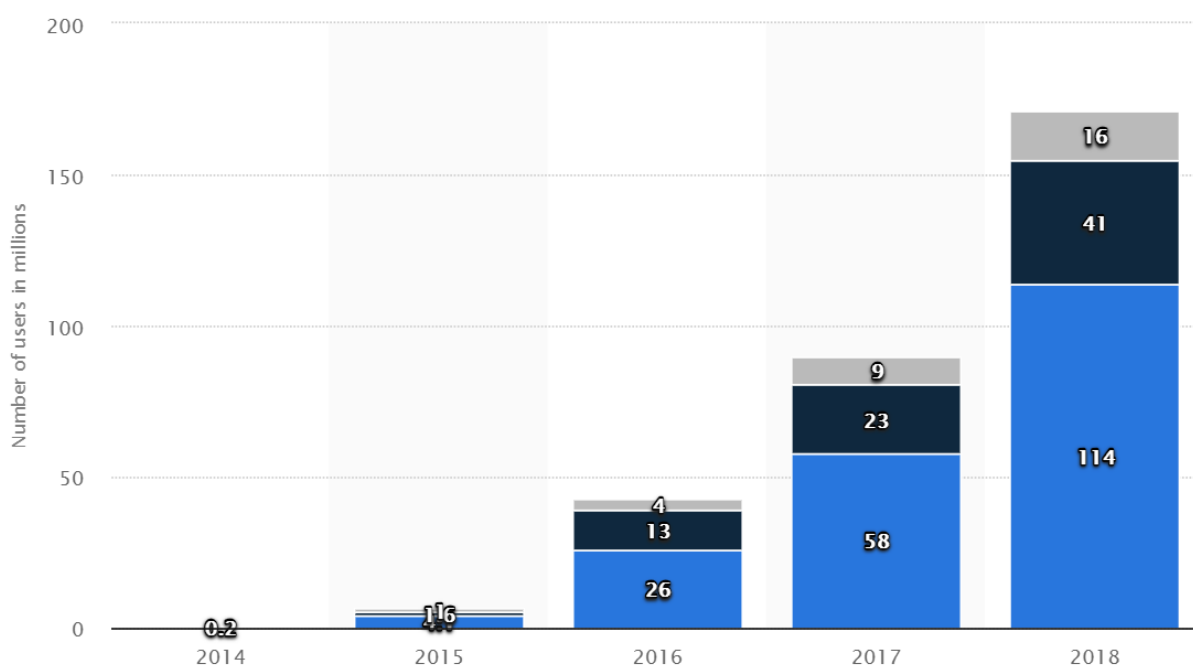
Situace VR a AR v ČR a v zahraničí

Co se týče mezinárodního srovnání, stojí si české firmy velmi dobře. Soustředí se hlavně na vývoj softwaru, a to především díky nižším počátečním investicím, než by zaplatily v případě hardwaru. Velmocemi ve vývoji hardwaru jsou hlavně USA a Čína. V ČR podporuje VR a AR především Asociace virtuální a rozšířené reality, která má vzdělávací a výzkumnou funkci a pořádá desítky besed a konferencí ročně, kde se setkávají firmy, které chtějí virtuální realitu koupit s odborníky, kteří ji vyvíjí. Českou průmyslovou velice úspěšnou VR aplikací je

např. Fata Morgana od společnosti Pocket Virtuality, která pomáhá společnostem jako je Temelín, ČEZ nebo Škoda v průmyslové výrobě. (Liebreich, 2018)

V průmyslu a ve výrobě jako takové zatím AR a VR moc velké využití nemá. Toto je však pouze otázka několika let. ČR má momentálně podobnou startovní pozici pro rozvoj, jako jinde ve světě. To je dáno hlavně tím, že teprve nedávno došlo k nárůstu chytrých telefonů, tabletů a použitelných průhledových brýlí, které toto rozšíření umožňují. V budoucnu AR a VR bude využívat hlavně oblasti skladových a logistických operací, dopravy, servisu, IoT a likvidace a recyklace výrobků. (Mařík, 2016, str. 56, 68) Z grafu 8 je patrný celosvětový nárůst uživatelů VR mezi lety 2014 až 2018, který je zapříčiněn již zmiňovaným rozmachem chytrých telefonů, tabletů a VR brýlí.

Graf 8 – Předpověď množství aktivních uživatelů VR celosvětově od r. 2014 do r. 2018 (v miliónech)



Zdroj: Statista, 2018

3.8 Umělá inteligence

Jedná se o formu inteligence, která se podobá té lidské – s tím rozdílem, že je demonstrována stroji. Je zde již od 80. let 20. století, tehdy však ve velice zjednodušené formě. Co nyní přináší tzv. AGI (Artificial general intelligence) neboli obecná umělá inteligence, je schopnost vnímat, učit se a vhodně odpovídat na výstupy z okolního prostředí bez většího lidského zásahu. Toto chování by se dalo přirovnat k žijícím systémům jako jsou stáda, roje, mravenčí kolonie nebo

neuronové systémy. Umělá inteligence má dovednost autonomní adaptace většině situací, které nastanou. (Noor, 2017)

Tato forma inteligence (AGI) je však stále ještě na začátku svého vývoje. Stroje stále fungují na principu, kdy jsou schopny naučit se data, na jejichž základě vykonávají dílčí aktivity, ale jaký kontext data obsahují a co přesně znamenají jim stále musí „říct“ člověk. Stroj se tedy díky této inteligenci pouze naučí, která množina dat je správná, a která ne. Chybí jim kontext, neumí zobecňovat, samostatně uvažovat. Jako příklad může být uveden autonomní automobil, který funguje na principech umělé inteligence a k jízdě nepotřebuje řidiče. Je předem nakonfigurován a na základě těchto algoritmů a díky nástrojům jako GPS, radar nebo počítačové vidění se samovolně pohybuje. Avšak to, co samořídící vozidla dokáží, je stále jen zlomek toho, co dokáže lidský řidič, který svým způsobem reprezentuje AGI. (Technický týdeník, 2019)

Pokud se zaměříme pouze na podnik a průmysl 4.0, tak každá společnost, ať velká nebo malá, generuje každý den určité množství dat. Díky umělé inteligenci dokáží tato data najít využití. Zjednodušeně řečeno, strojové učení dokáže vyhledat vzorce v současných datech, která má k dispozici, a na jejich základě vyvodit závěry, které slouží k optimalizaci procesů podniku. Samo tak např. dokáže na základě zkušenosti vyhledat nové řešení problému nebo predikovat budoucí stav. Dokáže také např. skrze senzory zachytit energetickou spotřebu stroje, analyzovat cykly údržby a indikovat, kdy má být jaká část nahrazena nebo kdy se s největší pravděpodobností porouchá. Jak narůstá objem dat, systém se díky umělé inteligenci zlepšuje a dokáže určit ještě přesnější predikce. (Hannovermesse, 2019)

Situace umělé inteligence v ČR a v zahraničí

Nejsilnějšími hráči na trhu VR a AR jsou USA a Čína. EU si tento fakt uvědomuje. Proto se členské státy zavázaly spolupracovat na digitálním rozvoji UI a vydaly sdělení „Umělá inteligence pro Evropu“ ve kterém je navržen směr, kam by se měla debata o celoevropské podpoře UI ubírat. Česká republika se aktivně zapojuje do těchto debat, a dokonce přišla s vlastními iniciativami. Na konci roku 2018 vypracoval Úřad české vlády „Analýzu potenciálu rozvoje umělé inteligence v ČR“, kde je dopodrobna vysvětlena situace UI v ČR. Dokument má pomoci ČR reagovat na globální a evropské aktivity v oblasti UI a najít své místo na globálním trhu. (Vláda ČR, 2019)

Výzkum a vývoj AI je v českých podnicích silný a vede si dobře i ve srovnání se zahraničím. Je realizován převážně na technických vysokých školách a s přispěním evropských fondů byla dokonce vytvořena výzkumná centra AI, která disponují špičkovou výzkumnou infrastrukturou.

Jedním z těchto center je unikátní projekt RICAIP (Research and Innovation on Advanced Industrial Production). Cílem tohoto projektu je rozvinout silnou spolupráci na mezinárodní úrovni a podpořit iniciativu Průmyslu 4.0. Jde převážně o spolupráci mezi ČR a Německem se společnou výzkumnou infrastrukturou pro pokročilou průmyslovou výrobu. Tato iniciativa by měla urychlit zavádění nových výrobních procesů, snížit náklady na výrobu a umožnit společnostem snadněji vstupovat na trh. Tento projekt dostal startovací podporu téměř 50 milionů EUR. Dalším pozitivem je realizace VaV v řadě malých a středních podniků. V současnosti je jich v ČR okolo 40. (Král a kol., 2018)

Největší slabinou je pak neschopnost udržet kvalitní výzkumníky ve veřejném sektoru a neschopnost získávat kvalitní výzkumníky ze zahraničí do ČR. Nevýhodnou výchozí pozicí je také fakt, že se většina domácích firem, orientujících se na AI, nachází na konci hodnotových řetězců nebo je pod kontrolou ze zahraničí, takže kontrolu nad inovacemi mají zahraniční centrály. Řešením je v tomto ohledu silná orientace na zahraničí. (Král a kol. 2018)

Podle agentury Reuters byl globální trh s virtuální realitou zhodnocen v roce 2017 na 3,13 miliardy USD a očekává se, že do roku 2023 poroste až na 49,7 miliardy USD. (Costello, 2018)

3.9 Datová úložiště a cloudové výpočty

Posledním z důležitých technologických předpokladů Průmyslu 4.0, který zmiňuji v této práci, jsou datová úložiště a cloudové výpočty. Podle Microsoft Azure, otevřené flexibilní výpočetní cloudové platformy, je datové úložiště: „*služba, která umožňuje ukládat data tak, že se přesunou přes internet nebo jinou síť do úložného systému mimo pracoviště, který je spravovaný třetí stranou*“. Existují jak osobní úložiště, kam se dají ukládat osobní soubory daného uživatele (fotografie, emaily atd.), tak podniková úložiště, která slouží pro bezpečné vzdálené přenášení, sdílení a zálohování firemních dat. Ke zpracování těchto dat slouží cloudové výpočty. (Microsoft Azure, 2019)

Jak datová úložiště, tak cloudové výpočty jsou nezbytnou součástí pro pokračující vývoj 4. průmyslové revoluce. Výpočetní, úložné a síťové funkce, které cloud přináší, jsou základem integrovaného přístupu v podniku. Je to místo, kde přebývají a jsou zpracovávána tzv. syrová, nezpracovaná data, která pohánějí jakoukoliv inovaci v podniku. Tato data jsou sbírána z různých zdrojů, ať už jsou to IoT, senzory, firemní IT nebo třeba GPS. S nástupem umělé

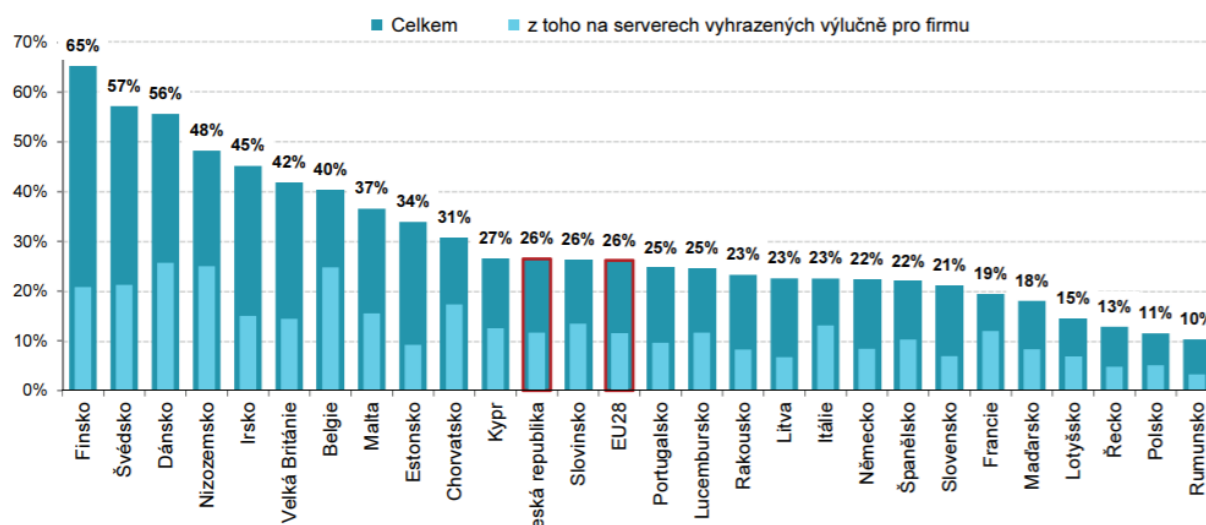
intelligence a automatizace, které potřebují ke svému rozvoji velké množství dat, je to skvělý způsob, jak jednoduše analyzovat tato data z podnikových zařízení. Díky tomu jsou podniky schopny optimalizovat podnikové procesy a zefektivnit dodavatelský řetězec. (Oracle, 2019)

Situace cloud computingu v ČR a v zahraničí

Služeb placeného cloud computingu využívalo v České republice v r. 2018 více než čtvrtina firem. Ještě před 4 lety to bylo okolo 15 %. Nejčastěji využívanou službou je placený cloudový email, další je ukládání dat a třetí nejčastější službou je využívání kancelářského softwaru ve formě cloud computingu. V mezinárodním srovnání si ČR stojí s 26 % firem využívajících cloud computing opět někde v průměru v porovnání s EU28 (viz. graf 9). Nejvíce těchto služeb využívá Finsko s 65 % firem, nejméně Rumunsko kolem 10 %. (Český statistický úřad, 2018)

Velikost trhu cloud computingu roste celosvětově opět rapidním tempem. Zatímco v roce 2010 byla velikost téměř 25 miliard USD, v roce 2015 to bylo již 72,1 miliard USD a do roku 2020 se očekává růst až na 156,4 miliard USD. (Statista, 2019)

Graf 9 - Firmy v zemích EU využívající služeb cloud computingu v roce 2018



Zdroj: Český statistický úřad, 2018

3.10 Shrnutí a klíčové myšlenky celé kapitoly

Z výše uvedených informací ve 4. kapitole vyplývá, že jednotlivé technologie mají celosvětově rostoucí trend, a to v některých případech až o desítky procent ročně. Množství připojených zařízení k IoT, množství 3D tiskáren a robotů používaných k výrobě, množství dat generovaných a analyzovaných firmami, počet uživatelů používajících VR a AR, velikost

globálních trhů jednotlivých technologií nebo služby cloud computingu. Každý ze zmíněných ukazatelů dle uvedených čísel roste a podle odhadů bude růst každým rokem ještě více.

Co se týče samotného zavádění nových technologií do podniků, stojí si Česká republika v porovnání s Evropskou konkurencí průměrně. Výjimku tvoří velké firmy, které si ve srovnání stojí vždy lépe, než celkový průměr (robotika a 3D tisk dokonce v top zemích EU, viz grafy 5 a 2). V ostatních případech je buď velice blízko evropskému průměru nebo je dokonce pod ním, jako v případě analýzy velkých dat. Co ČR může těšit je rostoucí trend tuzemských firem v používání těchto technologií (např. růst cloud computingu v ČR za poslední 4 roky o více než 10 %) nebo nově vznikající infrastruktura pro IoT, jehož síť pokrývá již skoro celou ČR a je připravena poskytovat své služby všem odvětvím od zdravotního sektoru po automobilový průmysl. Infrastruktura začíná vznikat i pro AR a VR a to např. v podobě Asociace virtuální a rozšířené reality, která funguje teprve od roku 2018 a sdružuje české vývojáře a společnosti, které služby VR/AR využívají.

Dalším pozitivem může být fakt, že vláda ČR nezaostává a snaží se také patřičně reagovat na příchod průmyslu 4.0 pomocí studií a dokumentů poskytujících klíčové informace o současném stavu a dalším vývoji průmyslu 4.0 v tuzemsku. Je to např. studie Výzkum potenciálu rozvoje umělé inteligence v ČR, dokument Iniciativa Průmyslu 4.0, vydaný Ministerstvem průmyslu a obchodu, nebo studie Národní observatoře zaměstnanosti a vzdělávání a Národního vzdělávacího fondu, která zkoumá dopady Průmyslu 4.0 na trh práce a s ním spojený vznik a zánik pracovních pozic. Kromě těchto studií vláda také iniciuje projekty na podporu výzkumu a vývoje skrz vysoké školy. Jako příklad může být uveden již zmiňovaný projekt RICAIP, jehož pilířem je geograficky rozptýlená a propojená síť experimentálních průmyslových provozů v rámci jednoho evropského průmyslového testbedu. Tento projekt pokládá základy nové výzkumné infrastruktury EU pro oblast průmyslové výroby, která v EU doposud chyběla. Technologie budou plně zprovozněny v r. 2020, v čele s CIIRC ČVUT jako koordinátorem celého projektu.

4 Specifická situace zavádění Průmyslu 4.0 v ČR

Klíčovou roli při implementačním procesu hraje Ministerstvo průmyslu a obchodu. Neméně důležitou roli pak zastávají ostatní ministerstva a jejich vzájemná spolupráce, sociální a průmysloví partneři a výzkumné instituce. Hlavním cílem je připravit ne pouze průmysl, ale celou společnost na ekonomické a sociální změny, které s sebou revoluce přináší, a díky nimž může ekonomika ČR dosáhnout plného potenciálu. Dalším cílem je mobilizovat soukromý sektor, výzkumné instituce a všechny související průmyslové asociace, aby se aktivně zapojily do implementačního procesu a pomohly tak s vývojem softwarových řešení, patentů a výrobních linek. (Digital Transformation Monitor, 2017, str. 3)

V nejrozvinutějších ekonomikách již začala 4. průmyslová revoluce. V různých zemích pod různým názvem, hlavní cíl však zůstává všude stejný – zvýšit konkurenceschopnost a přiblížit se technologickému prvenství na světových trzích. To si klade za cíl i Česká republika. Její postavení vůči ostatním zemím je však odlišné, a to hlavně díky velmi otevřené ekonomice a silným průmyslovým vztahům k Německu a velkému podílu průmyslové výroby na celkové ekonomice státu. (MPO, 2016, úvod)

4.1 Silné průmyslové vztahy České republiky a Německa

Z ekonomického hlediska patří průmyslové a potažmo obchodní vztahy s Německem k těm nejdůležitějším. Důvod je prostý. Německo je naším dlouhodobě největším ekonomickým partnerem. V roce 2015 překročil vzájemný obchod 2 biliony korun, což je do té doby rekordní číslo. Co se exportu týče, třetina veškerého vyváženého zboží jde právě do Německa (zhruba 46 miliard eur v roce 2015) a z Německa do ČR se dováží za zhruba 33 miliard eur. Od roku 1993 Německo investovalo v ČR téměř 20 miliard eur. Zároveň německé firmy vytvářejí v ČR pracovní pozice pro více než 150 tisíc lidí. Německo je pro ČR velká a silná ekonomika, která je jí nejbližší. Pokud nedojde k něčemu převratnému, většina výrobků nebo subdodávek z tuzemska půjde vždy tam. (Bláha a kol., 2017)

Německo-český vztah z pohledu Průmyslu 4.0 je důležitý především proto, že Německo je v Evropě průmyslovou velmocí (viz tab. 2) a patří mezi hlavní protagonisty celého konceptu. Byla to jedna z prvních zemí, která přišla s celou myšlenkou Průmyslu 4.0, a to již v roce 2011 na Hannoverském veletrhu. „Industrie 4.0“ je středobodem digitální agendy německé vlády.

Do r. 2016 bylo vynaloženo na celou iniciativu 400 milionů eur. Do iniciativy jsou zahrnuta ministerstva, odbory, výzkumné instituce, 5 pracovních skupin soustředících se na vše od výzkumu a vývoje po bezpečnost a vzdělání. Této hluboké německo-české integrace je třeba využít. (MPO, 2016, str. 23)

Tabulka 2 - Podíl zemí na průmyslu EU

Země	Podíl země na průmyslu EU
1. Německo	27,4 %
2. Velká Británie	12,7 %
3. Itálie	12,1 %
4. Francie	11,6 %
5. Španělsko	6,3 %
6. Nizozemsko	4 %
7. Polsko	3,8 %
8. Švédsko	3,3 %
9. - 10. Belgie	2,8 %
9. - 10. Rakousko	2,8 %
11. ČR	2 %

Zdroj: Holanová, 2015

ČR má tak po boku velice silného partnera, z čehož plyne řada příležitostí i hrozeb. Jako jedna z hlavních příležitostí se jeví získání profitu, kterého české firmy mohou dosáhnout jako subdodavatelé produktů a služeb nebo jako poskytovatelé inovací a vývoje. Největší potenciál leží v oblastech strojírenství, průmyslu, logistiky, automobilů, elektrotechniky a v chemickém průmyslu. Tyto sektory se podílí na zhruba 2/3 českého exportu do Německa. Jako další příležitost může být zmíněn čistě transfer know-how mezi Německem, tedy technologickou velmocí a silným představitelem Průmyslu 4.0, a českými subjekty. (Podivínský a kol., 2016)

Riziko pro meziobchod je pak na straně malých subdodavatelů. Pokud nebudou schopni s digitalizací a automatizací celého hodnotového řetězce držet krok a nebudou dostatečně „smart“, hrozí odliv některých projektů a investic z České republiky. Proto by vláda a české firmy měly tento trend intenzivně sledovat a neopakovat chyby z minulosti (jako např. obchodní řetězec Quelle a Karstadt, který před 15 lety nezachytil trend digitalizace obchodu a skončil v insolventci). (Podivínský a kol., 2016)

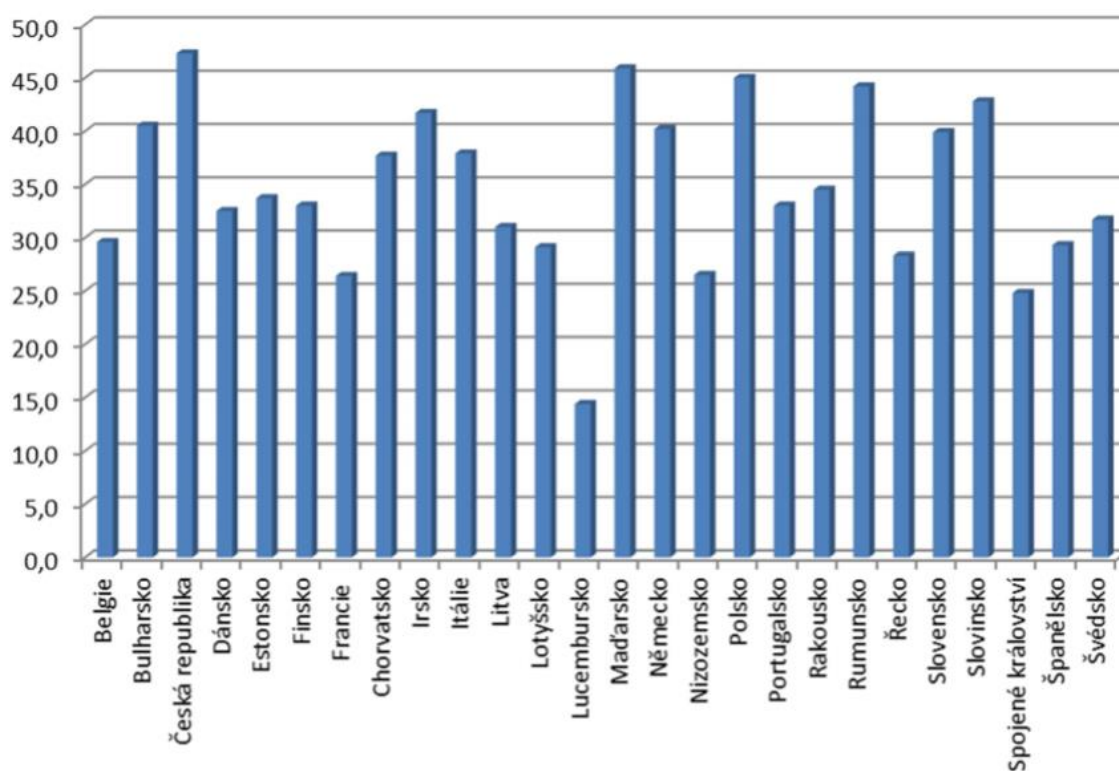
Česká republika si je vědoma této příležitosti a snaží se již nyní proaktivně s Německem spolupracovat skrz různé aktivity a projekty. Příkladem může být spolupráce Národního centra Průmyslu 4.0 se 2 německými institucemi – Saarbrücken, institutem pro umělou inteligenci,

a Centrem pro mechatroniku a automatizaci ZEMA. Dalším příkladem může být již zmiňované výzkumné a inovační centrum pro pokročilou průmyslovou výrobu RICAIP (viz Shrnutí a klíčové myšlenky 4. kapitoly). (Žižka, 2018)

4.2 Podíl průmyslové výroby na ekonomice státu

Česká republika je dle statistik nejprůmyslovější zemí v EU. Podíl průmyslové produkce tvořil v roce 2015 47,3 % na celkovém HDP ČR, což je největší podíl na HDP země v rámci celé Evropské unie. Nejvíce se na tom podílí automobilový, respektive zpracovatelský průmysl. (Holanová, 2015)

Graf 10 - Postavení průmyslu v České republice (procentní podíl na celkové podnikové ekonomice státu měřený přidanou hodnotou v nákladech na výrobní činitele)



Zdroj: MPO, 2016, str. 200

Průmyslová výroba roste od roku 2013 stabilně a s tím ruku v ruce i český export. Podíl automobilového, strojírenského, elektrotechnického a elektronického průmyslu tvoří 70 % celého vývozu. Jednou z hlavních výhod českého průmyslu je vysoká flexibilita výrobců a dodavatelů. To se dá považovat za konkurenční výhodu většiny odvětví českého průmyslu. Tyto silné stránky s sebou ale nesou i značné nevýhody. Jednou z nich může být jisté sebeuspokojení, které s sebou přináší současný krátkodobý stav, a tím i menší tlak na další růst.

Další může být paradoxně velká flexibilita kusové výroby. Ta je pro ČR sice silnou stránkou, na druhou stranu s sebou ale přináší vyšší náklady, a tím pádem nižší marže a méně kapitálu na další investice spojené s pokročilými metodami řízení celého hodnotového řetězce. (Mařík, 2016, str. 30)

Česká republika se, co se týče průmyslové náročnosti, nachází mezi tradičními zeměmi. Podíl kvalifikačně náročných profesí není velký, převládají práce technologicky nenáročné nebo s vysokým podílem fyzicky náročné práce. (MPO, 2016, str. 160) Zahraniční kapitál se v ČR málokdy investuje do vývoje a inovací, které na sebe pochopitelně váží největší přidanou hodnotu. ČR se orientuje na výrobu subdodávek a dílů, které se exportují do zahraničí. Investice ze zahraničí pak většinou jdou do levné tovární výroby. Proto se o ČR někdy mluví jako o pouhé *montovně*, což z hlediska Průmyslu 4.0 nejsou zrovna nejprívětivější vyhlídky. (Křeček, 2018)

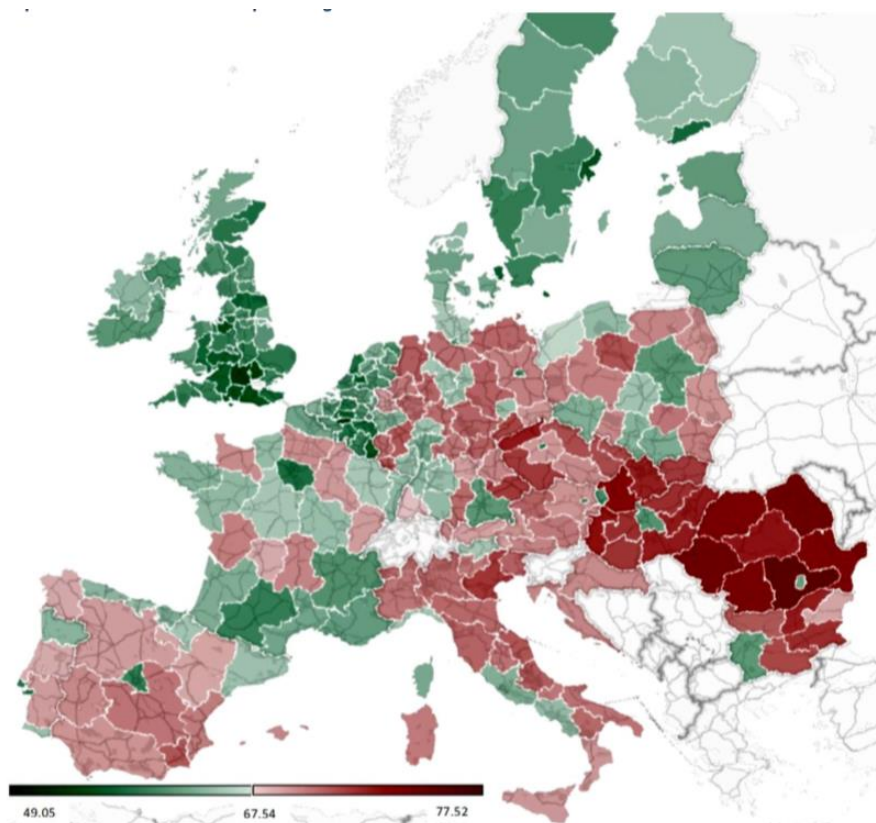
Možné východisko by měl opět poskytnout stát. Měl by podporovat nově vznikající inovativní řešení a firmy, které budou schopny porazit „montovny“, které tak nebudou schopné kvůli nízké přidané hodnotě ustát zvyšování mzdových nákladů. Tímto způsobem se tak může změnit struktura celého hospodářství z *průmyslově orientovaného na znalostní*. Většina těchto nově začínajících inovativních firem bývá v českém vlastnictví, což by z dlouhodobého hlediska mohlo zvyšovat odtok kapitálu do zahraničí. Zahraniční firmy by tak neměly dostávat investiční pobídky, pokud jejich projekty nezahrnují výzkum a vývoj. Dalším krokem by měly být změny ve školství, aby absolventi byly schopni pracovat především hlavou a abstraktně uvažovat. Ty doby, kdy ekonomika zbohatla výchovou řemeslníků jsou již dávno pryč. (Křeček, 2018)

5 Dopady Průmyslu 4.0 na trh práce v ČR

Nástup Průmyslu 4.0 s sebou přinese výraznou změnu struktury trhu práce. Tyto změny v práci nelze opomenout, protože téma Průmysl 4.0 a trh práce patří v poslední době rozhodně k těm nejdiskutovanějším. Kybernetizace a informatizace většiny procesů v oblasti výroby, služeb a fungování státu vytváří čím dál větší nároky na znalostně náročné služby. To vše bude mít zásadní vliv na požadované kvalifikace, nové dovednosti a vývoj zaměstnanosti a nezaměstnanosti. Na tyto změny musí aktivně reagovat vláda především podporou lidí, kteří o práci přijdou, rekvalifikací a investicemi do oblasti ICT. Tyto kroky by měly usnadnit přechod a pomoci lidem i podnikům provést změny rychle a plynule za dobrých sociálně-ekonomických podmínek. (OSTEU, 2015, str. 3-4)

Jak uvádí Mařík (TA ČR, 2016), ČR by měla být vcelku dobře připravena z technologického hlediska, a to hlavně díky velké integraci a spolupráci s Německem. Oblastmi, kde však mohou nastat problémy jsou vzdělání a trh práce. ČR je v rámci EU států ohrožena negativním dopadem automatizace mírně nadprůměrně. Hlavním důvodem, proč tomu tak je, je především kapitálová a profesní struktura ČR. (OSTEU, str. 2-3, 2015)

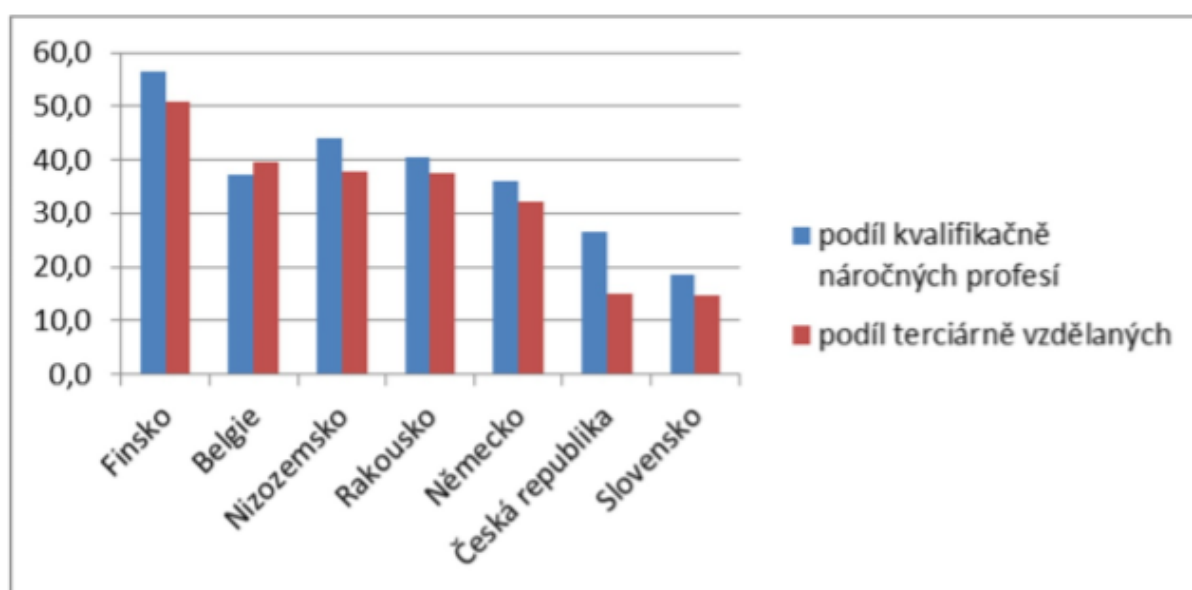
Obrázek 5 - EU podle indexu ohrožení profesní digitalizací



Zdroj: OSTEU, 2015

Co se profesní struktury týče, velký podíl celkové zaměstnanosti váže v ČR zpracovatelský průmysl (r. 2014 to bylo 24 % celkové zaměstnanosti). 55 % z této zaměstnanosti jde však buď do technologicky nenáročných odvětví, nebo do odvětví s vysokým podílem fyzické práce, která bude nejnáze nahraditelná. Podíl kvalifikačně náročných profesí se potom skládá především z osob s pouze středoškolským vzděláním. Chybí tak lidé v terciárním sektoru, a to zejména v porovnání s vyspělými státy. Trend poslední doby v ČR je rostoucí, tento trend je však společný všem zemím EU a odstup ČR od vyspělých států se tak snižuje velice pomalu. V porovnání například s Finskem se dokonce ještě prohlubuje. (MPO, 2016, str. 160)

Graf 11 - Podíl kvalifikačně náročných profesí a terciárně vzdělaných na celkové zaměstnanosti v technologicky vysoce a středně náročném průmyslu (% , 2014)



Zdroj: MPO, str. 2017, 2016

Proto, aby mohly vznikat nové aktivity týkající se Průmyslu 4.0, je potřeba patřičné zázemí, které je vytvářeno znalostně náročnými službami jako např. telekomunikační činnosti, činnosti v oblasti informačních, automatizačních a kybernetických technologií nebo výzkum a vývoj. Vyspělé ekonomiky se vyznačují především přesunem zaměstnanosti z tradičního průmyslu právě do této oblasti znalostně náročných služeb. (Mařík, 2016, str. 160, 161)

V ČR se tomu tak děje (od roku 2008 do r. 2014 se snížil počet zaměstnanců v průmyslu o 2,8 % a naopak se zvýšil počet zaměstnanců v sektoru znalostně náročných služeb o 2,5 %), v porovnání s ostatními vyspělými ekonomikami členských států EU se však stále jedná o relativně nižší význam z hlediska zaměstnanosti. (Mařík, 2016, str. 161)

Východiskem musí být zvýšená poptávka po kvalifikačně vysoce vzdělané pracovní síle, která bude schopna posouvat výzkum a vývoj v ČR dopředu. A zároveň pouze dostatečná nabídka a kvalita odborníků v oboru může přitáhnout investice pro podnikový výzkum.

(Mařík, 2016, str. 162)

Kapitálová struktura ČR také není příliš nakloněna pozitivnímu návratu výnosů z procesu digitalizace v porovnání s jinými zeměmi EU. Je to především kvůli malé úrovni domácího vlastnictví, klesající úrovni reinvestic a nízkou úrovní výzkumu a vývoje. Pokud nedojde ke změně struktury české ekonomiky, budou se tyto aktivity orientovat do zahraničí, především do kapitálově bohatších zemí. (OSTEU, 2015, str. 3-4)

Možným východiskem tohoto problému by měla být reakce vlády přes politiku zaměstnanosti, a to 2 způsoby:

1. Aktivní podpora poptávky po pracovní síle (snižováním nákladů na pracovní sílu, např. snižováním zdanění mezd a odvodů na sociální a další pojištění)
2. Aktivní a daleko intenzivnější hledání nových pracovních uplatnění pro lidi, kteří přijdou o práci v důsledku digitalizace (zajištění rekvalifikací, průběžný rozvoj lidského kapitálu, doplnění společensky účelných pracovních míst atd.)

(Národní vzdělávací fond, 2017, str. 19-20)

Permanentní „zaměstnanost“ a co nejmenší výkyvy způsobené přechodem ze zaniklých pracovních míst na nově vytvořená v co největším rozsahu povede k ekonomickému růstu a funkčnosti na trhu práce. Opačný případ může vést k prohlubování ekonomické nerovnosti a frikční a strukturální nezaměstnanosti. (Národní vzdělávací fond, 2017, str. 20)

Důležitým faktorem při porovnávání připravenosti lidských zdrojů na Průmysl 4.0 je také jejich zaměstnanost v ICT sektoru. ČR je v tomto ohledu za posledních několik let jednou z nejrychleji rostoucích v porovnání s ostatními zeměmi EU. V porovnání s vyspělými zeměmi se však nachází stále těžce pod průměrem. Většina tohoto růstu však pramenila z méně či středně kvalifikačně náročných aktivit. A aktivity s největší přidanou hodnotou, jako je vývoj aplikací nebo vývoj informačních, kybernetických a automatizačních systémů byly většinou outsourcovány ze zahraničí a zůstaly tak v centrálních mateřských společnostech. Úroveň počtu odborníků v ICT sektoru je tak slušná, nicméně většina z toho jde právě zpoza méně kvalifikačně náročných činností. (MPO, 2016, str. 134)

5.1 Prvky zaměstnání budoucnosti

Tradiční organizace práce se změní ze striktně oddělené dělby na plošnou s decentralizovaným rozhodováním. Jednotlivé činnosti a profese budou více propojené a kontinuální. Na základě těchto změn bude organizace práce vypadat následovně:

- **odstranění fyzicky náročné a rutinní práce** – převzou stroje s vyšší výkonností, kvalitou a efektivitou. Pro člověka vzniknou pozice s vyšší přidanou hodnotou a důrazem na kreativitu;
- **daleko vyšší flexibilita** – větší možnosti práce na dálku, pružná pracovní doba, částečné úvazky;
- **vznik ad hoc projektových týmů** – daleko volnější struktura a zaměření na splnění určitého úkolu;
- **úbytek fyzického kontaktu** – nárůst virtuálních vazeb, čím dál větší komunikace v rámci regionálních poboček i v rámci jiných firem;
- **nárůst sebezaměstnání** – s využitím IT technologií bude jednodušší, pracovník může nabídnout své služby i více zaměstnavatelům zároveň.

(Mařík, 2016, str. 168-170)

Individualizace ve výrobě si vyžádá daleko větší profesní flexibilitu, a to hlavně kvůli výrobě v menších a rozmanitějších dávkách a specializované výrobě. Ze strany firem budou kladeny vyšší nároky na vzdělání pracovníků, a především výchovu potřebných odborníků a specialistů, které si každý podnik bude dovzdělávat podle svých představ. (MPO, 2016, str. 140)

5.2 Úbytek pracovních míst v ČR

Jak již bylo zmíněno, nejvíce ohrožené skupiny jsou takové, které se dají jednoduše nahradit dostupnými IT technologiemi. Některé z nich by šly lehce nahradit již dnes, ale výdaje na automatizaci jsou stále vyšší než mezní náklady na mzdy. Tabulka níže ukazuje 10 profesí, které jsou v České republice nejohroženější. Vychází ze studie Oddělení strategie a trendů EU (OSTEU) a je založena na aplikaci koeficientů ohroženosti jednotlivých profesí odvozených od koeficientů zpracovaných pro skupiny profesí na trhu práce v USA. (OSTEU, 2015, str. 9)

Tabulka 3 - Deset profesí s největším indexem ohrožení digitalizací

ISCO-3 Kód	Název profese	Index ohrožení digitalizací
431	Úředníci pro zpracování číselných údajů	0,98
411	Všeobecní administrativní pracovníci	0,98
832	Řidiči motocyklů a automobilů (kromě nákladních)	0,98
523	Pokladníci a prodavači vstupenek a jízdenek	0,97
621	Kvalifikovaní pracovníci v lesnictví a příbuzných oblastech	0,97
722	Kováři, nástrojaři a příbuzní pracovníci	0,97
441	Ostatní úředníci	0,96
412	Sekretáři (všeobecní)	0,96
834	Obsluha pojízdných zařízení	0,96
612	Chovatelé zvířat pro trh	0,95

Zdroj: OSTEU, str. 9, 2015

Jako profese s nejvyšším rizikem zániku byly identifikovány „Úředníci pro zpracování číselných údajů“, „Všeobecní administrativní pracovníci“, a „Řidiči motocyklů a automobilů“. Tyto profese vyžadují střední nebo nízkou úroveň kvalifikace. Dle studie dále v příštích 15-20 letech více profesí zanikne, než vznikne. Tento trend je ale otázkou delšího časového horizontu. I když jde vývoj např. robotů obrovským tempem dopředu, v několika následujících letech se v ČR nechystá jejich masové rozšíření. (OSTEU, 2015, str. 9)

Dalším faktorem, který ovlivní strukturu pracovní síly v ČR je demografie. Podle ČSÚ poklesne v r. 2030 celkový počet obyvatel ČR v produktivním věku (15-64 let) o 706 tisíc. Tento rozdíl chybějící pracovní síly bude nahrazen technologiemi, proto lze chápat technologie také jako kompenzaci snižující se dostupnosti pracovní síly kvůli nepříznivému demografickému vývoji. (Národní vzdělávací fond, 2017, str. 16)

Na druhou stranu, jak již bylo zmíněno, Průmysl 4.0 nejméně postihne činnosti vyžadující vysokou kvalifikaci nebo činnosti s vyšším nárokem na měkké dovednosti jako je např. tvůrčí činnost či empatie. Deset profesí, které jsou revolucí postiženy nejméně, znázorňuje tabulka 4 níže. Na prvním místě jsou „Řídící pracovníci v maloobchodě a velkoobchodě“, dále „Lékaři (kromě zubních lékařů“ a na třetím místě skončily „Všeobecné sestry a porodní asistentky se specializací“. (OSTEU, 2015, str. 10)

Tabulka 4 - Deset profesí s nejnižším indexem ohrožení digitalizací

ISCO-3 Kód	Název profese	Index ohrožení digitalizací
142	Řídící pracovníci v maloobchodě a velkoobchodě	0,000
221	Lékaři (kromě zubních lékařů)	0,001
222	Všeobecné sestry a porodní asistentky se specializací	0,002
134	Řídící pracovníci v oblasti vzdělávání, zdravotnictví, v sociálních a jiných oblastech	0,002
122	Řídící pracovníci v oblasti obchodu, marketingu, výzkumu, vývoje, reklamy a styku s veřejností	0,005
231	Učitelé na vysokých a vyšších odborných školách	0,008
133	Řídící pracovníci v oblasti informačních a komunikačních technologií	0,008
141	Řídící pracovníci v oblasti ubytovacích a stravovacích služeb	0,010
131	Řídící pracovníci v zemědělství, lesnictví, rybářství a v oblasti životního prostředí	0,011
226	Ostatní specialisté v oblasti zdravotnictví	0,011

Zdroj: OSTEU, str. 10, 2015

Jiná studie, zpracovaná Úřadem vlády České republiky s přispěním McKinsey Global Institute, ukazuje odhad časového horizontu technologické nahraditelnosti klíčových dovedností, a to v horizontech 5, 15 a 30 let. S ohledem na současný vývoj v oblasti AI a automatizace v ČR lze očekávat, že technologie budou do 5 let schopny v 11% povolání nahradit více jak 50 % dovedností požadované pro výkon (zhruba 1,3 mil. zaměstnanců). Podle odhadů by dokonce do 15 let mohly zastat 50 % dovedností až u 70 % povolání (zhruba 2,2 mil. zaměstnanců). Výraznou měrou v tom bude hrát roli technologický rozvoj v oblasti motoriky a jemné fyzické motoriky. Do 30 let by to pak mělo být 50 % dovedností naprosté většiny povolání (zhruba 3,4 milionů zaměstnanců). (Úřad vlády České republiky, 2018, str. 28)

Tabulka 5 - Odhad časového horizontu technologické nahraditelnosti klíčových dovedností

Do 5 let	6 – 15 let	16 – 30 let	Nad 30 let
• Optimalizace a plánování • Rozpoznání známých kategorií • Získávání informací • Navigace • Hrubá motorika	• Jemná motorika • Vytváření nových kategorií • Prezentace výsledků • Sensorika	• Mobilita • Interakce a koordinace ve skupině • Tvorba přirozeného jazyka	• Logika a schopnost řešení problémů • Kreativita • Porozumění přirozenému jazyku • Sociální a emoční dovednosti

Zdroj: Král a kol., 2018

Při interpretaci výsledků je potřeba vzít v potaz to, že jsou zahrnuté pouze úzce pojaté projevy digitalizace a také fakt, že jsou zde aplikované koeficienty trhu práce v USA.

Vzhledem ke struktuře ekonomiky a pracovní síly v ČR se předpokládá, že vlivy automatizace a robotizace budou nejvíce postiženy Ústecký a Karlovarský kraj. Největší přínosy (tvorba nových pozic, náhrada chybějící pracovní síly) se dají očekávat v Praze a ve Středočeském kraji. (OSTEU, 2015, str. 12)

5.3 Vznik nových pracovních míst v ČR

Průmysl 4.0 sice zruší velkou část pracovních pozic, na druhou stranu jich poměrně velké množství vytvoří. Tím, jak v ČR postupuje vpřed poptávka po technologiích, roste i poptávka po technologických řešeních v rámci Průmyslu 4.0. Důležitým aspektem je zejména pohodlí, intuitivnost, snadná ovladatelnost a bezpečnost těchto technologií. Jde tedy o jakési propojení velice komplexních a sofistikovaných technických řešení se světem často i málo zasvěcených uživatelů. Na tomto základě je možné sestavit seznam znalostně náročných profesí vyžadující vysokou kvalifikaci, po kterých bude v České republice nejpravděpodobněji největší poptávka ve firmách: (Národní vzdělávací fond, 2017, str. 14-16)

- designéři/architekti řešení;
- testovací pracovníci;
- vývojáři a analytici obchodních řešení;
- systémoví integrátoři;
- odborníci na analýzu velkých dat a jejich transformaci do aplikací využitelných ve výrobě a službách;
- specialisté na kybernetickou bezpečnost.

Seznam pracovních příležitostí v ostatních profesích vypadá následovně:

- specialisté na mechatroniku a robotiku;
- návrháři a konstruktéři inteligentních strojů;
- údržbáři strojů (nejen strojů, ale také např. aktualizací softwaru apod.);
- technicko-poradenské služby (např. 3D tisku);
- manažeři a prodejní specialisté;
- procesní inženýři;
- designéři.

(Národní vzdělávací fond, 2017, str. 14-16)

Toto je výčet těch nejsilněji a nejpravděpodobněji zastoupených profesí. Jak je vidět, drtivá většina z nich je technologicky zaměřená. Na druhou stranu budou vznikat i nová místa v netechnologických oblastech. Tím, jak bude zesilovat konkurence na trzích, bude sílit i poptávka po manažerech a prodejních specialistech, kteří budou schopni aktivně vyhledávat nové tržní příležitosti. Lze také očekávat zesilující poptávku po specialistech v tzv. kreativním průmyslu zaměřeném na design. Ten bude v prodejní úspěšnosti stále více stoupat na významu. (Národní vzdělávací fond, 2017, str. 15)

Další z faktorů, který ovlivní vznik nových pozic, je tzv. reshoring. Reshoring navrácí výrobu ze zemí s levnou pracovní silou zpět do Evropy, a to z důvodu nových nároků na pracovní sílu vyvolanou nástupem Průmyslu 4.0. Další oblastí, která vytvoří nová pracovní místa, je např. „welfare technologies“ – ta se váže na sektor zdravotních a sociálních služeb. (MPO, 2016, str. 144-145)

5.4 Poznatky a doporučení

Dle studií dojde v několika následujících letech k zániku třetiny pracovních míst v České republice a zároveň jich nově vznikne osmina ze současného počtu. Největšímu ohrožení je vystavena střední třída populace. Tedy skupina se střední úrovní příjmů se střední úrovní kvalifikace. Důvodem je fakt, že zavádění automatizace do manuálních profesí s nízkou kvalifikací a nízkými příjmy se v řadě případů nevyplatí. Na druhou stranu profese s vysokou kvalifikací se vyznačují nerutinním charakterem a kreativní činností, tudíž je potenciál automatizace snižován. Tato skutečnost povede k prohlubování ekonomické nerovnosti ve společnosti a je třeba, aby byla korigována státem v rámci politiky rekvalifikace a sociálního zabezpečení. (OSTEU, 2015)

Ideální případ je tzv. scénář substituce práce a rekvalifikace, tedy ekonomicky efektivní automatizace a robotizace a zároveň schopnost lidí rychle se přizpůsobit a rekvalifikovat. V opačném případě může dojít ke zvýšení strukturální a frikční nezaměstnanosti. Je tedy potřeba sociálně podporovat ohrožené pracovníky, přispívat na rekvalifikace a rozšiřování znalostí a zároveň zefektivnit proces rekvalifikace např. perspektivou atraktivního zaměstnání v budoucnu. Jaké formy podpory fungují nejlépe je ale potřeba ověřit experimentálně.

Určitou překážkou pro ČR může být fakt, že má v porovnání s vyspělými státy nedostatek lidí v terciárním sektoru. Tato skupina lidí má největší potenciál z hlediska kvalitního zastávání znalostně náročných profesí. Nízké mzdy v těchto profesích také hrají svojí roli a způsobují

odliv kvalitních výzkumníků a specialistů v oboru do zahraničí. Stejně tak zpomalují celý proces, protože není takový tlak na automatizaci výroby. Pozitivem může být nárůst zaměstnanosti v ICT sektoru. Ta za posledních několik let rostla jako jedna z nejvíce v Evropě, i když pouze v méně či středně kvalifikačně náročných činnostech a v porovnání s nejvyspělejšími ekonomikami je stále podprůměrná. (MPO, 2016, str. 132)

Vysoký podíl pracovní síly v průmyslu ČR pak může být brán jako pozitivní i negativní faktor. Pozitivní proto, že udržuje technické znalosti a dovednosti na dobré úrovni, takže mohou být dále jednodušeji aktivovány (např. doplněním IT znalostí, rozvojem inovativního myšlení apod.). Na druhou stranu to může znamenat zranitelnost, a to díky vysokým nárokům na bezproblémové přejítí na platformu Průmyslu 4.0. To je ještě umocněno malým podílem kvalifikačně náročných profesí v ČR, čímž se tento přechod stává ještě významnějším. (MPO, 2016, str. 132)

Na závěr je také potřeba říci, že v ČR zatím nebyla zkoumání dopadů revoluce na trh práce věnovaná patřičná pozornost. Výjimkou je studie zpracovaná oddělením strategie a trendů EU Úřadu vlády ČR z prosince roku 2015, která se pokouší odhadnout, jak moc jsou ohrožené jednotlivé profese na základě koeficientů, které byly převzaty z podobné studie v USA. V zahraničí již proběhlo několik výzkumů, ale i ty jsou většinou stále na začátku. Jedná se buď o dílčí pohledy, nebo diskuze obecných trendů. Adekvátní sociologická studie stále chybí. Celý výzkum je opět potřeba brát spíše jako diskuzní odhad, který slouží k další odborné debatě a také pro širší veřejnost. (Národní vzdělávací fond, 2017, str. 9)

6 Obecná připravenost ČR na Průmysl 4.0

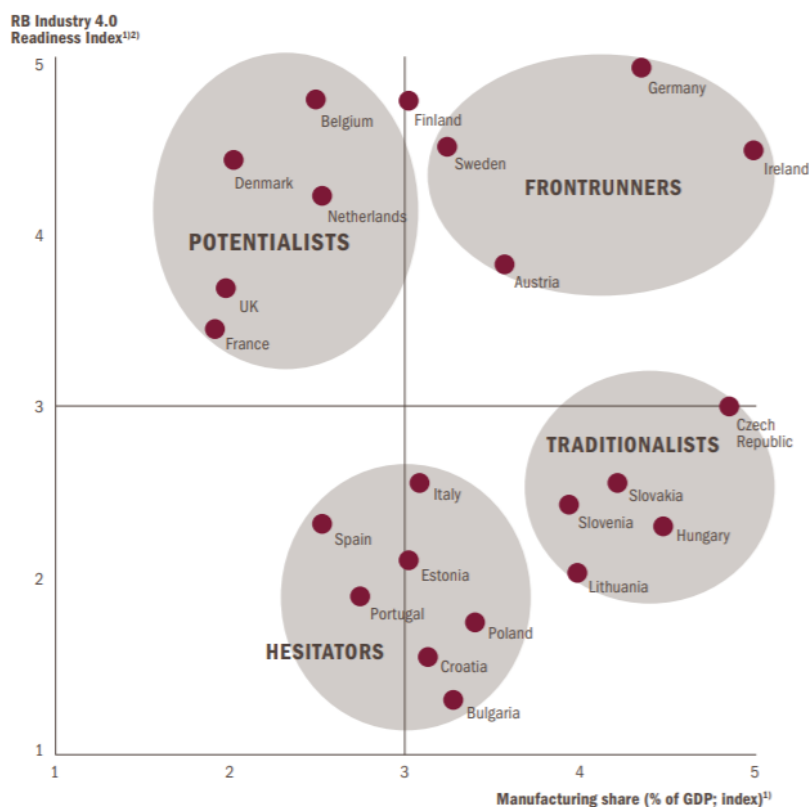
Tato kapitola shrne dosavadní poznatky práce a propojí je se studií, která byla zpracována v roce 2014 a která hodnotí připravenost na nástup Průmyslu 4.0 do jednotlivých zemí v Evropské unii. To vše je potom zasazeno do SWOT analýzy, která odkrývá silné a slabé stránky České republiky ve vztahu k Průmyslu 4.0 stejně tak jako příležitosti a hrozby, kterým země může v několika následujících letech čelit. SWOT analýza je vytvořena zčásti Ministerstvem průmyslu a obchodu a zčásti poznatky, které byly načerpány v průběhu práce a neměly by chybět. Vše je završeno doporučeními pro Českou republiku, které by jí měly pomoci přiblížit se co nejvíce své budoucí vizi stát se technologickými lídry v oblasti technologií a investic do vědy, výzkumu a inovací. Předpoklady k tomu dle studie má. Vše bude záviset na vládě, jak se k věci postaví a zda bude opravdu schopna držet se plánu a dostát svým závazkům.

6.1 Česká republika jako „tradicionalista“

Jak již bylo několikrát zmíněno v průběhu celé práce, ČR patří mezi tradiční průmyslové země. Toto označení vychází ze studie Roland Berger Strategy Consultants, která hodnotí připravenost jednotlivých zemí na nástup Průmyslu 4.0. Dvěma základními měřítky jsou *průmyslová excellence* neboli sofistikovanost průmyslové výroby, stupeň automatizace, inovační intenzita a kvalita a znalost pracovní síly a *hodnotový systém*, který bere v potaz kvalitu tvorby přidané hodnoty, otevřenosti průmyslu, dostupnost vysokorychlostního internetu a kvalitu inovačních služeb. (Roland Berger Strategy Consultants, 2014)

Pojem „tradicionalista“ znamená, že v České republice je vysoký podíl průmyslu, ale zároveň podprůměrná úroveň připravenosti. Ve skupině tradičních průmyslových zemí se nachází také Slovensko, Slovinsko, Maďarsko a Litva. Z těchto zemí je ČR hodnocena nejlépe a přibližuje se tak nejblíže skupině „Frontrunners“, neboli protagonistům Průmyslu 4.0. To jsou země, které mají vysoký podíl průmyslu i připravenosti a kam se řadí například Německo, Švédsko nebo Irsko. Potenciálně nadějně země jsou tzv. „Potentialists“. Tyto země mají vysokou míru připravenosti, ale nízký podíl průmyslu. Sem se řadí např. Belgie, Dánsko, Nizozemsko nebo Francie. Poslední skupinou jsou Hesitators, což jsou země s malým podílem průmyslu a nízkou úrovní připravenosti. Sem patří především země z jižní a východní Evropy z nichž většina trpí těžkými fiskálními problémy, a zejména proto nejsou schopny držet krok se zbytkem Evropy. (Roland Berger Strategy Consultants, 2014)

Graf 12 - The RB Industry 4.0 Readiness Index (matrix rozdělení evropských ekonomik na čtyři hlavní skupiny)



Zdroj: Roland Berger Strategy Consultants, 2014

Nejlépe vše vystihuje graf 12, který na vertikální ose hodnotí právě úroveň připravenosti země na příchod Průmyslu 4.0 a na horizontální podíl průmyslu země na celkovém HDP. Česká republika se nachází přesně na pomezí tradičních zemí a protagonistů. Má dobré vyhlídky dostat se na druhou stranu osy, ale stále pokulhává v některých klíčových oblastech.

Hlavních důvodů, proč tomu tak je, je hned několik. Jednou z nejsilnějších stránek podle měřítek úrovně připravenosti je otevřenost českého trhu, a to konkrétně export, který dělá 67 % HDP ČR (ČTK, 2018), podíl průmyslu na celkovém HDP a také blízká provázanost českých firem s technologickými lídry ve světě (benefity těchto faktorů popsány v kapitole 4.1). Slabou stránkou je potom tradiční český pohled na řemesla a netechnické obory, kdy v průmyslové výrobě převládají hlavně technologicky nenáročné profese a ČR se tak spíše orientuje na výrobu subdodávek a dílů. Dále chybí dostatek vzdělaných lidí v terciárním sektoru a také dostatečné chápání interdisciplinarity, tedy propojení všech subsystémů v podniku do jednoho dodavatelského řetězce (ekosystému). Chybí také větší investice do vědy a výzkumu ze strany státu a zahraničních investic. (MPO, 2016, str. 36-37)

6.2 Celková SWOT analýza připravenosti ČR na Průmysl 4.0

Vše výše zmíněné je zasazeno do SWOT analýzy, která byla vytvořena MPO a doplněna o již zmíněné poznatky, které jsou tučně vyznačené. (MPO, 2016, str. 36)

Silné stránky • Provázanost českých firem s technologickými lídry ve světě (především Německo). • Vysoká flexibilita českých výrobců a dodavatelů v oblasti strategického rozhodování. • Inovační potenciál uvnitř firem. • Řízení kvality českých firem na vysoké úrovni. • Flexibilita a adaptace v zavedených vzdělávacích metodách. • Podíl průmyslu na HDP ČR. • Včasné zachycení trendu.	Slabé stránky • Omezené povědomí průmyslových podniků o čtvrté průmyslové revoluci a jejích dopadech. • Nedostatečný rozvoj infrastruktury a aplikovaného výzkumu – stát není schopen rozhodnout o prioritách při orientaci na Průmysl 4.0. • Český průmysl jako „montovna“, nikoliv lídr inovací a výzkumu. • Nízký podíl terciárně vzdělaných v českém průmyslu.
Příležitosti • Využití malých postupných projektů a postupná integrace těchto projektů do hodnotového řetězce Průmyslu 4.0. • Přechod pracovníků ze zrušených míst ve výrobní sféře do sféry služeb • Včasná a dostatečná podpora politiky zaměstnanosti ze strany státu. • Investice ze strany státu a zahraničí do vědy a výzkumu. • Investice do vzdělání na VŠ.	Hrozby • Orientace pouze na jeden zahraniční průmysl. • Stále nepříliš jasné dopady na trh práce. • Hrozící odliv technologických pracovišť mimo ČR. • Pouze účelový a populistický zájem ze strany politiků. • Nahrazování zaměstnanců technologiemi tak, aby byl maximalizován výnos (bez větší podpory rekvalifikace).

Možnou příležitostí pro Českou republiku je postupná podpora menších projektů a inovativních start-upů cílených na automatizaci a digitalizaci (řada z nich je zmíněna v kapitole Technologické předpoklady), dále včasná a dostatečná podpora politiky zaměstnanosti v rámci rekvalifikací a také větší investice do vzdělání, vědy a výzkumu spojených s konceptem Průmyslu 4.0. Jako největší hrozby pro ČR se jeví orientace pouze na jeden průmysl, který je sice velice silný, ale zároveň tvoří obrovskou část vývozu a dovozu ČR a jakýkoliv úpadek by mohl mít fatální následky a znamenal by zpomalení přechodu na Průmysl 4.0. Hrozí také odliv investic a technologických pracovišť mimo ČR, což by pochopitelně zpomalilo celý proces. Stejně tak je hrozbou nahrazování zaměstnanců technologiemi tak, aby byl maximalizován výnos z kapitálu v daném odvětví, bez ohledu na rekvalifikaci zaměstnanců. (MPO, 2016, str. 36, 37)

6.3 Doporučení pro Českou republiku

Z výše uvedené analýzy plyne řada doporučení pro ČR, aby byla schopna co nejvíce dostat svému cíli a připravit tak ne pouze průmysl, ale celou společnost na ekonomické a sociální změny, které s sebou revoluce přináší. Doporučení by měla pomoci zvýšit udržitelnost a produktivitu průmyslové výroby, služeb a poptávky po kvalifikované pracovní síle a tím se co nejvíce přiblížit technologickému prvenství na světových trzích. V opačném případě hrozí České republice ztráta konkurenceschopnosti s velkými dopady jak na zaměstnanost a produktivitu, tak také na rozvoj celé společnosti.

6.3.1 Doporučení č. 1 – substituce a rekvalifikace pracovních míst

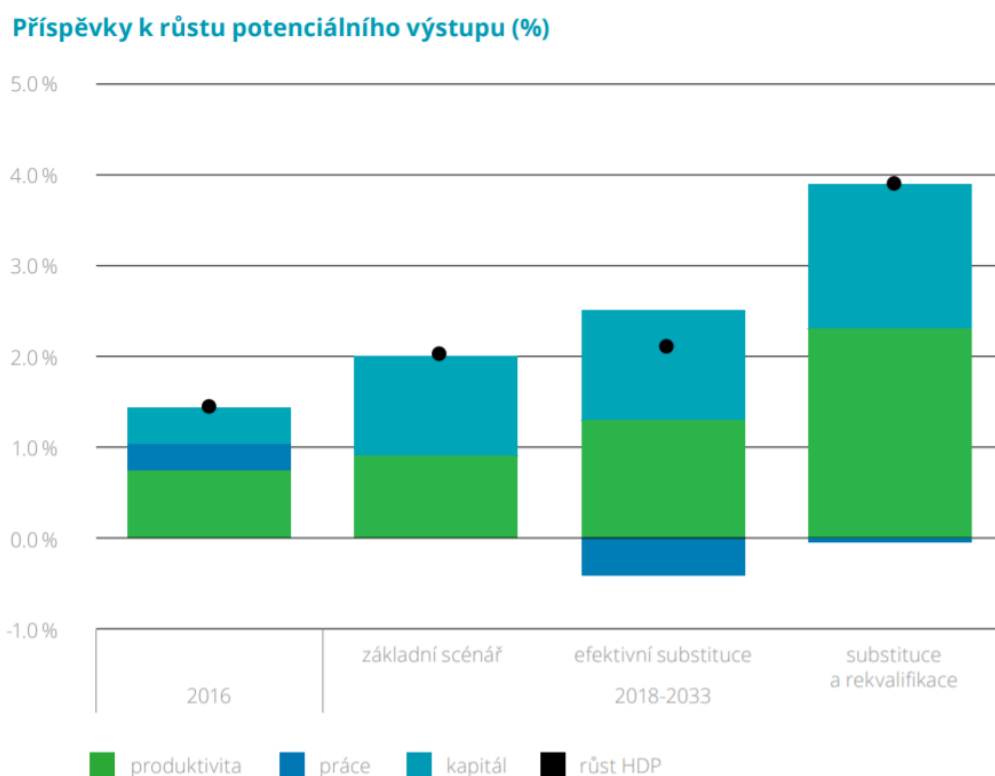
První, a dle mého názoru nejdůležitější, je doporučení pro trh práce. ČR je dle statistik ohrožena dopadem digitalizace a automatizace lehce nadprůměrně v porovnání s ostatními zeměmi EU (viz kapitola 5. obr. 5 – EU podle indexu ohrožení profesní digitalizací). Existují dva základní scénáře, které mohou při přechodu nastat. (Marek a kol., 2018)

První je tzv. scénář efektivní substituce, který nepočítá s rekvalifikací, zaměstnanci jsou nahrazováni technologiemi tak, aby byl maximalizován výnos v daném odvětví. Dle studie Deloitte by průměrné tempo růstu ekonomiky dosahovalo 2,2 %, o práci by přišlo 601 tisíc zaměstnanců a míra nezaměstnanosti by se zvýšila na zhruba 16 % (tak vysokou nezaměstnanost ČR v novodobé historii nepamatuje). Právě proto je potřeba tlačit na hospodářskou a sociální politiku státu a zacílit své úsilí na rekvalifikaci pracovníků v oborech, kde je pravděpodobnost nahrazení práce nejvyšší. Toto je druhý scénář, tzv. scénář substituce

a rekvalifikace. Při tomto scénáři dochází k sociální podpoře ohrožených pracovníků, a to například přispíváním na rekvalifikace, rozšiřováním jejich znalostí a celkově rozvojem lidského kapitálu a doplněním společensky účelných pracovních míst. Tempo růstu ekonomiky pak dosahuje 3,9 % v příštích 16 letech (potenciál ekonomiky by se měl zvýšit až o 78 % do r. 2033). (Marek a kol., 2018)

Realisticky však můžeme očekávat tento vývoj někde mezi těmito dvěma scénáři, protože s rostoucím vývojem technologií budou vždy existovat profese, které budou ohroženy automatizací. Přesnější prognózu lze dnes jen těžko hledat, historicky se však vždy společnost tak či onak dokázala adaptovat na vlny technologických inovací. (Marek a kol., 2018)

Graf 13 - Příspěvky k růstu potenciálního výstupu (%)



Zdroj: Marek a kol., 2018

6.3.2 Doporučení č. 2 – zvýšení přidané hodnoty českých podniků

Další doporučení směřuje do českých podniků a také k vládě. ČR má sice velký podíl průmyslu na celkovém HDP, což může být považováno za silnou stránku při přechodu na platformu Průmyslu 4.0. A ano, v českých podnicích můžeme najít nejnovější roboty a špičkové technologie. Problémem je fakt, že tyto technologie jsou určeny primárně pro výrobu a montáž, tedy pro aktivity s velice nízkou přidanou hodnotou. Toto a také levná pracovní síla je důvod, proč globální korporace již desítky let vyrábějí a investují v ČR. Podniky nemají vlastní produkt

a značku, a tedy ani přístup ke koncovému zákazníkovi. Jejich marže na vyrobených produktech je minimální v porovnání s marží, se kterou globální korporace prodávají dále. A pokud trh projde turbulencemi, jsou tzv. “montovny“ první koho korporace uzavřou. (Křeček, 2018)

Cesta ke změně je trnitá, avšak ne nereálná. Je to především vláda, která je schopna co nejvíce možnými způsoby podpořit malé a střední inovativní podniky. Ty potom budou moci porazit montovny, které nebudou schopny držet krok se zvyšujícími mzdovými náklady. Dále je třeba změnit školské osnovy, aby absolventi byly dostatečně připraveny pracovat hlavou při zapojení vysoké míry abstraktního uvažování. Zahraniční firmy by zároveň neměly v takové míře dostávat investiční pobídky, pokud jejich projekty nebudou zahrnovat výzkum a vývoj, který přináší největší přidanou hodnotu. To vše v konečné míře z dlouhodobého hlediska může vést k přerodu ekonomiky z průmyslové na znalostní, což vytvaruje novou strukturu hospodářství. (Křeček, 2018) Důležitá je provázanost inovačního řetězce: základní výzkum → aplikovaný výzkum → inovace → produkt → zisk → reinvestice do výzkumu. (BusinessInfo, 2019)

6.3.3 Doporučení č. 3 – posílení vztahů s technologickými lídry Průmyslu 4.0

Jak již bylo zmíněno, Česká republika má velice blízké průmyslové vztahy v rámci vývozu a dovozu s celou řadou zemí, které jsou technologickými lídry a jejichž připravenost na Průmysl 4.0 je na velice dobré úrovni. Kromě Německa je to také například Velká Británie, Francie či Rakousko. Stejně, jako v případě Německa je potřeba využít této vysoké integrace ve prospěch ČR. Je vhodné využít jejich konceptu, vzájemně si vyměňovat know-how a informace o nejnovějších trendech a zvyšovat tak povědomí o integraci Průmyslu 4.0 v českých podnicích a v ČR obecně. Kromě know-how je to také zvyšování profitu, kterého mohou firmy v Česku dosáhnout, ať už jako subdodavatelé, nebo poskytovatelé inovací a vývoje technologií Průmyslu 4.0. (Podivínský a kol., 2016)

Například v případě německého partnera budou nejvíce ovlivněny změnami Průmyslu 4.0 oblasti, které tvoří až dvě třetiny vývozu právě do Německa. Proto je třeba těmto oblastem věnovat zvýšenou pozornost a udržovat tak krok s dalším vývojem. Pokud by české firmy, a především ty malé, nebyly schopny držet krok s inovacemi v rámci celého hodnotového řetězce a digitalizací průmyslu, hrozí odliv některých projektů a investic pryč z České republiky. (Podivínský a kol., 2016)

6.3.4 Doporučení č. 4 – větší investice do infrastruktury, vědy, výzkumu a školství

Kromě rekvalifikace pro pracovníky, kteří v důsledku příchodu Průmyslu 4.0 přijdou o práci, je to také školství, které by si mělo projít větší revolucí a přizpůsobit se tak nejnovějším trendům. Důraz bude kladen především na polytechnické vzdělávání s důrazem na kreativitu, badatelské přístupy, technickou představivost, logické a kritické myšlení, výuku založenou na znalostním základu přírodních věd a matematiky. Větší propojení školství a firem na úrovni středních

a vysokých škol se jeví jako jedno z možných řešení, které by dalo studentům možnost lépe porozumět technickému rozvoji a umožnilo jim vyzkoušet si některé procesy přímo v praxi. Dále je to kvalita učitelů a důraz na zvýšení a diferenciaci jejich mezd, duální vzdělávání nebo popularizace technických oborů na školách v rámci atraktivnějších vzdělávacích programů. (Mařík, 2016, s. 176-182)

Jedním z dalších okruhů, na které se vláda soustředí, a které by jednoznačně měla posílit z hlediska investic, je výstavba patřičné infrastruktury. Jde o vybudování dostatečně rozvinuté a dostupné technologické základny v ČR, která umožní např. lepší vysokorychlostní připojení k internetu a odpovídající ochranu dat. Jedná se především o investice do datových center, telekomunikačního prostředí, nedostavěné dálniční sítě, zavádění inteligentních sítí apod. (MPO, 2016, str. 63-65)

Kromě infrastruktury budou také důležitou součástí vývoje investice do aplikovaného výzkumu, který bude napomáhat postupné transformaci průmyslu z jeho nynější tradiční podoby do inovované podoby s maximálním využitím nejmodernějších nástrojů a principů Průmyslu 4.0. Jedná se zejména o podporu firem s nedostatečným vlastním výzkumem a vývojem, zázemím a inovacemi v podobě sdílení potenciálních podnětů, pilotních studií a nástrojů pro posílení konkurenceschopnosti. To by mělo usnadnit firmám implementaci moderních principů do řídicích procesů, výrobní infrastruktury nebo přímo výrobků a služeb. Důležitá je provázanost inovačního řetězce zmíněná v přechozím doporučení. (MPO, 2016, str. 68-69)

6.3.5 Doporučení č. 5 – zvýšení povědomí o Průmyslu 4.0 v českých podnicích

Podle průzkumu česko-německé obchodní průmyslové komory (ČNOPK), který probíhal mezi více než 270 firmami v ČR z různých odvětví více či méně sblížených s Průmyslem 4.0 (rozdělených na mikropodniky, malé, střední a velké podniky), pouze více než polovina uvedla, že je pro ně digitalizace důležitá. Důležitost celé revoluce si uvědomují spíše větší hráči, zde

však mohou hrát významnou roli náklady, které si menší firmy jednoduše nemohou dovolit. Tři čtvrtiny z těchto podniků uvedly, že již nějaká digitalizace v jejich podniku probíhá. V 10 % plně, v 39 % průměrně a ve 28 % dostatečně. Pouze čtvrtina ze všech firem však do budoucna počítá s kompletním propojením jednotlivých částí procesů tvorby přidané hodnoty, což není velké číslo. Průzkum může být lehce zavádějící, protože vypovídá především o tom, jak se firmy vidí ve vlastních očích. Nicméně alespoň nastiňuje fakt, že je v českých podnicích omezené povědomí o zásadách, přístupech a možnostech Průmyslu 4.0. (Technický týdeník, 2015)

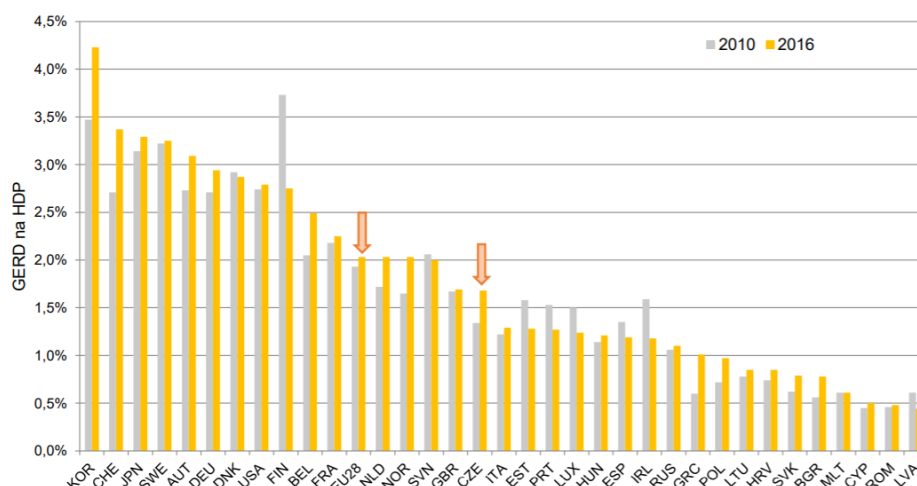
Toto povědomí chybí především u vrcholového managementu. Tam nejsou k dispozici vzorové obchodní případy a studie, kde by byly prezentovány úspěšné případy zavedení prvků Průmyslu 4.0, včetně prokázaných výhod. Chybí také možnost prohlédnout si vzorové pracoviště nazývané „testbeds“. Jedním z možných řešení je tak právě vznik referenčních provozů pro předávání odpovídajících příkladů a zkušeností (jedním z takových je např. projekt RICAIP viz podkapitola 3.8 Umělá inteligence). Dalším doporučením je jasně technicky definovat vizi Průmyslu 4.0 a následně ji implementovat do firemních strategií, seznamovat se s dostupnými systémy a řešeními a propagovat myšlenky Průmyslu 4.0 mezi laickou veřejností. (MPO, 2016, str. 35-37)

7 Nová Inovační strategie ČR 2019-2030

Vláda Andreje Babiše schválila 4. února 2019 dokument zvaný Inovační strategie České republiky 2019-2030, který byl sestaven týmem představitelů firemního prostředí, vědců, akademiků a klíčových osob z resortů a vládních agentur. Cílem této strategie je dostat Českou republiku do roku 2030 mezi absolutní evropskou špičku v oblasti vědy, výzkumu a inovací. Dle dokumentu má ČR velice dobré předpoklady k tomu, aby se tak skutečně stalo. Pokud se však chce udržet v silném konkurenčním prostředí, musí, a teď cituji dokument: „*mířit na finální výrobu, technologická řešení a služby založené na znalostech. Nesmí generovat pouze objemy, ale hlavně přidanou hodnotu*“. To je zásadní myšlenka nejen tohoto dokumentu, ale také jedno z hlavních doporučení pro ČR, ke kterým jsem dospěl v průběhu celé práce. (Rada pro výzkum, vývoj a inovace, 2019, str. 4-5)

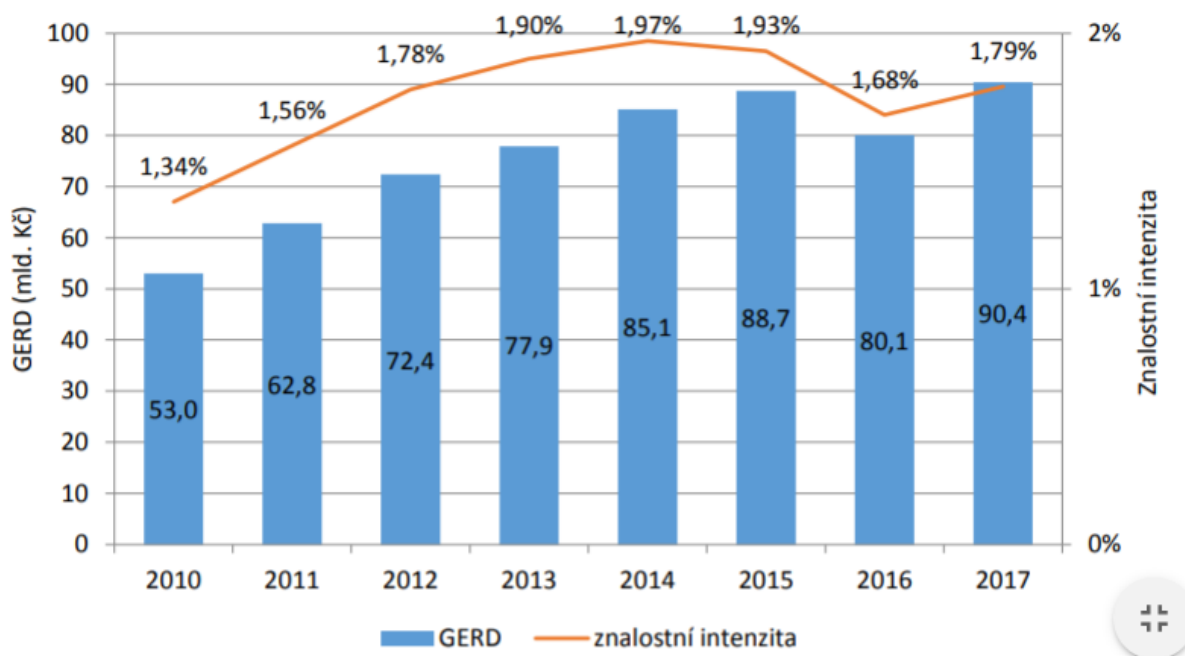
Jedním z dalších impulzů pro vytvoření studie byly výsledky Evropské komise podle tzv. inovační Scoreboard, která srovnává inovační výkonnost zemí v Evropě a která umístila ČR do skupiny tzv. Moderate Innovators, což jsou země, které nejsou „na špičce“, ale mají potenciál stát se inovačními lídry. Základními měřítky jsou tzv. jednoduché a složené inovační identifikátory. Do jednoduchých patří poměr celkových výdajů na výzkum a vývoj k výši HDP (dále pouze GERD). Složené jsou trochu komplexnější a zahrnují celou řadu faktorů od inovačních aktivit země, patentů a technických inovací po vliv politiky na ekonomický růst a vývoj. Země, které se jako své klíčové národní priority rozhodly podporovat vědu, výzkum a inovace patří dnes mezi tzv. Innovation Leaders a jsou nejvíce prosperující. To jsou země jako Švýcarsko, Finsko, Švédsko nebo Dánsko. (Rada pro výzkum, vývoj a inovace, 2019, str. 4-5)

Graf 14 - Znalostní intenzita ekonomiky ČR v mezinárodním srovnání



Graf 14 vyznačuje právě porovnání výdajů GERD za rok 2010 a 2016 napříč EU a v porovnání se světovými lídry. ČR se opět nachází jednoznačně v průměru. Podíl celkových výdajů na výzkum, vývoj a inovace činí 1,79 % HDP, což je například v porovnání se švédskými téměř 3,5 % stále velice nízké číslo. Na druhou stranu ČR zaznamenalo v rámci všech zemí jeden z nejintenzivnějších nárůstů za toto období, a to 25,4 %. Jak ukazuje také graf 15 vývoje výdajů státu do VaV a inovací, tento trend pokračuje od roku 2010. Jediný pokles zaznamenal v r. 2016, kdy podíl klesl z 1,93 % na 1,68 %. Jeden z hlavních cílů vycházejících z dokumentu je systematicky zvýšit tento podíl na 3 % do roku 2030.

Graf 15 - GERD a znalostní intenzita ČR (GERD jsou výdaje na VaV a inovace, znalostní intenzita je podíl těchto výdajů na celkovém HDP státu)



Součástí strategie je také zavedení nové značky Czech Republic The Country For The Future. Ta se opírá o celkem 9 pilířů, které reprezentují nejdůležitější odvětví pro posun ČR blíže technologickým lídrům v oblasti výzkumu, vývoje a inovací. Každý shrnuje současný stav, hlavní cíle a rámcové nástroje k jejich naplnění. Jelikož každý z pilířů obsahuje velké množství cílů a nástrojů, ty nejdůležitější akční kroky jsou shrnuty do následujících bodů:

- zvýšení výdajů na výzkum, vývoj a inovace v ČR (v % na HDP – 2 % do r. 2020; 2,5 % do r. 2025; 3 % do r. 2030);
- zaměření podpory na výzkum umělé inteligence a digitalizace služeb veřejné správy;

- nové způsoby výuky polytechnického vzdělávání (úprava školských vzdělávacích programů);
- posílení ochrany duševního vlastnictví a patentů;
- posílení podpory českých spin-offů a start-upů ve všech oblastech společenských potřeb (podniky vytvářející vysokou přidanou hodnotu bude podporovat především v nejrizikovějším období vzniku);
- podpora nejperspektivnějších inovačních center a infrastruktury;
- podpora pouze těch investičních pobídek, které přinesou vysokou přidanou hodnotu práce a produktů (soustředění na podporu inovativnosti místo zaměstnanosti);
- reforma stavebního práva, aby se urychlil schvalovací proces a bylo tak možné stavět rychle v reakci na vzor dynamiky inovativních zemí. Kromě silnic, dálnic a železnic bude podpořena také telekomunikační infrastruktura a s ní spojená logistika;
- systematická marketingová podpora skrz všechny významné komunikační prostředky (budování českého brandu ve světě jako značka dynamické země s kvalitními podmínkami pro život).

(Rada pro výzkum, vývoj a inovace, 2019, str. 16)

Velkým pozitivem celého rámcového plánu je fakt, že má všeobecný souhlas. Ten je zásadní, protože tato strategie se netýká pouze podnikatelské sféry, ale týká se také té akademické a vědecké. Celkově se na ní podílelo 35 autorů ze všech těchto oblastí a každý z autorů vyslovil pozitivní stanovisko. Další pozitivum je v tom, že si vláda uvědomuje a přiznává skutečnost, že ČR již disponuje opravdu velkým množstvím strategických dokumentů, jejichž vize a závazky zůstaly ve většině případů pouze na papíře. Proto tým v první řadě identifikoval rozpracované aktivity v oblasti vědy, výzkumu a inovací a doplnil těmi, které prokazatelně chybí nebo se nerozvíjejí.

Politická vůle tu je, inspirace geograficky i velikostně podobným zemím také. Premiér Andrej Babiš na tiskové konferenci k celé strategii 23. ledna 2019 zdůraznil, že jsme podle agentury Bloomberg nejstabilnější ekonomikou Evropy, máme skvělou technologickou základnu, průmysl, školy, výzkum a vědce. Vše podle něj nasvědčuje tomu, že by se ČR opravdu mohla stát symbolem znalostí, pokročilých technologií a hostitelem nejvýznamnějších světových kapacit. O tom, jestli se nejedná pouze o planá slova a vláda svým závazkům opravdu dostojí však zatím můžeme pouze polemizovat. Zatím chybí to nejdůležitější, a to je akční plán jednotlivých pilířů. Dle místopředsedy Akademie věd ČR Zdeňka Havlase chybí také

specialisté na transfer znalostí, řádně vyškolení a s praktickou zkušeností. Nejedná se o vědce, ale manažery aplikačních projektů, kteří jsou specialisty na vědu a zároveň podnikání. Hrozí tak například nedosažení cílů nadějných projektů kvůli nedostatku profesionální správy. (Časopis AB, Akademie věd ČR, 2019)

Doufejme tedy, že množství investovaných prostředků do vědy, výzkumu a inovací opravdu poroste. Velkou výzvou bude na jedné straně zajistit pro stát dostatek skvělých vědeckých výsledků a na druhé straně propojit tyto výsledky a výzkumy v jeden inovační řetězec. Ten by měl vést k dostatečné návratnosti investic, které se na tomto základě opět reinvestují zpět do vědy a výzkumu a budou tak ČR systematicky posouvat na špici technologických lídrů Evropy.

Závěr

Jako hlavní cíl práce bylo zjistit, do jaké míry je Česká republika připravena na příchod Průmyslu 4.0. Na základě míry připravenosti potom formulovat doporučení, které pomohou zemi úspěšně implementovat celý koncept a přiblížit se tak technologicky nejvyspělejšími zemím v Evropské unii. Při zkoumání bylo vycházeno především z bádání a analýzy výzkumů a případových studií, které již byly podniknuty. Pozornost byla soustředěna zejména na ekonomickou a sociální stránku věci. Bylo zahrnuto zkoumání míry připravenosti sektoru průmyslu jako takového, trhu práce a okrajově i vzdělávacího systému. Posledním bodem bylo zkoumání míry připravenosti v porovnání s ostatními zeměmi EU.

Výsledkem je zjištění, že si Česká republika, co se celkové připravenosti na příchod Průmyslu 4.0 týče, stojí spíše průměrně. Toto zjištění vychází jak z vlastního zkoumání, tak z několika studií. Ty zkoumaly připravenost jednotlivých zemí vzhledem k podílu průmyslu na ekonomice země a také k ostatním indikátorům jako jsou celková výše investic do vědy, výzkumu a inovací, sofistikovanost výroby, stupeň automatizace či tvorba přidané hodnoty podniku. Pozice ČR je na úrovni tradičních zemí, kde je sice nadstandardní podíl průmyslu na HDP země, ale zároveň podprůměrná úroveň připravenosti. Technologickými lídry jsou země jako Německo, Finsko či Švédsko, kde je například podíl investic do vědy a výzkumu téměř dvojnásobný na HDP země oproti ČR (Marel a kol., 2018). K těmto zemím má ČR z krátkodobého hlediska stále ještě daleko, z dlouhodobého by měla mít dobře nakročeno. Alespoň podle nejnovějších strategických dokumentů vlády, která chce dostat ČR mezi technologické lídry Evropy. Má k tomu dopomoci celkem 9 strategických pilířů. Jeden z nich je například zvýšení investic do vědy, výzkumu a inovací až na 3 % z celkového HDP do roku 2030 (z nynějších 1,79 %).

V průběhu práce došlo také k postupnému naplnění výzkumných otázek, z nichž většina byla zodpovězena v závěrečném doporučení. Nejlepší strategií pro ČR v momentální situaci je především zvolit odpovídající politiku zaměstnanosti s důrazem na rekvalifikace a hledání nových pracovních příležitostí pro zaměstnance, kteří přijdou o práci. Může tak předejít obrovským ztrátám tempa růstu ekonomiky a také potenciální hrozbě nezaměstnanosti, která při ignoranci rekvalifikace může dosahovat až rekordních 16 % (Marek a kol., 2018). ČR má také obecně malý podíl terciárně vzdělaných lidí v oblastech znalostně a technologicky náročných profesí. Zde by měla přijít reforma polytechnického vzdělání a úprava školských

vzdělávacích programů, jelikož tato skupina lidí patří k těm, kteří můžou nejvíce dopomoci k přechodu z průmyslově orientované země na znalostní.

Dalším závěrem, ke kterému práce dospěla je fakt, že v ČR sice existuje spousta podniků, které jsou průmyslově orientované, slouží však především jako subdodavatelé zahraničním korporacím a nevytvářejí tak žádnou přidanou hodnotu. Stát by tak měl co možná nejvíce podporovat nově vznikající inovativní řešení tuzemských firem, které budou schopny díky podpoře a zvyšujícím se mzdovým nákladům porazit montovny. Zároveň by neměl dostávat investiční pobídky, pokud jejich projekty nebudou zahrnovat výzkum a vývoj. Ideální případ je provázanost inovačního řetězce v pořadí: základní výzkum → aplikovaný výzkum → inovace → produkt → zisk → reinvestice do výzkumu. (BusinessInfo, 2019)

Posledním závěrem je doporučení pro udržování dobrých obchodních a průmyslových vztahů s technologickými lídry Evropy. ČR má velice blízko zejména k Německu, které patří k největším protagonistům Průmyslu 4.0 a které tvoří zhruba třetinu vývozu českého průmyslu. Z této integrace může profitovat například vzájemným vyměňováním know-how a nejnovějších trendů v oblasti inovativních procesů a technologií nebo jako subdodavatel či poskytovatel inovací a vývoje. Pokud by české firmy nebyly schopny držet krok s německým průmyslem, hrozil by odliv některých investic mimo ČR.

Česká republika má smělé plány. Chce se do roku 2030 zařadit mezi technologické lídry Evropy. Dle vlády patří dnes mezi nejstabilnější ekonomiky jejíž podniky dosahují rekordních výsledků. Kdy jindy se pustit do těchto změn než nyní? Nejdůležitějším cílem je mířit na finální výrobu a generovat přidanou hodnotu, nikoliv pouze objemy. Otázkou zůstává, zda smělé plány nebudou opravdu pouze frází a populistickým zájmem ze strany politiků. Bude vláda opravdu schopna změnit způsoby rigidních vzdělávacích programů? Bude schopna dotovat jak velké, tak malé podniky s vyšší přidanou hodnotou? Bude ochotna investovat dvakrát takové množství prostředků do vědy a výzkumu? Otázek je tu spousta, odpovědi budeme schopni hledat v průběhu 5-10 let při ohlédnutí za tím strategickým plánem. Odborníci a vláda zatím nutnost digitalizace reflektují, bude však záležet na tom, jak úspěšně se jim plány podaří aplikovat.

Přínosem této práce může být fakt, že téma zatím není hojně zpracováno a práce tedy může posloužit jako námět pro další bádání či alespoň rozšíření povědomí o Průmyslu 4.0 v České republice, což považuji za neméně důležité.

Seznam citované literatury

Literatura

- [1] Brynjolfsson, E., & Drlik, F. (2015). Druhý věk strojů: práce, pokrok a prosperita v éře špičkových technologií.
- [2] Groover, M. P. (2011). Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems (4th ed). Hoboken, NJ: J. Wiley & Sons.
- [3] Keller, J. (2007). Sociologie organizace a byrokracie. Praha: Sociologické nakladatelství.
- [4] Schwab, K. (2016). The fourth industrial revolution (First U.S. edition). New York: Crown Business.
- [5] Mařík, V. (2016). Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku (Vydání 1). Praha: Management Press.
- [6] Sirůček, P. (2007). Hospodářské dějiny a ekonomické teorie: (vývoj, současnost, výhledy). Slaný: Melandrium.

Internetové zdroje

- [7] Atlas. (2016). The average cost of IoT sensors is falling [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <http://www.theatlas.com/charts/BJsmCFAI>
- [8] Bonciu, F. (2017). Evaluation of the Impact of the 4th Industrial Revolution on the Labor Market. *Romanian Economic and Business Review; Brasov*, 12(2), 7–16. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/2049663014/fulltext/411C3E2FE42D44C2PQ/1?accountid=17203>
- [9] Bláha, M. a kol., (2017). Industrie 4.0: Více hlavou, méně rukama | *KPMG Česká republika.*, [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://home.kpmg/cz/cs/home/clanky-a-analyzy/2017/01/industrie-40-vice-hlavou-mene-rukama.html>
- [10] BusinessInfo (2019). Financování a hodnocení výzkumu a vývoje. [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/cs/clanky/financovani-a-hodnoceni-vyzkumu-a-vyvoje-119555.html>
- [11] Časopis AB, Akademie věd ČR. (2019). Zdeněk Havlas: Výzvy Inovační strategie přijímáme [cit. 2019-04-29]. Dostupné z <https://vedavyzkum.cz/blogy-a-rozhovory/rozhovor/zdenek-havlas-vyzvy-inovacni-strategie-prijimame>
- [12] Costello, H. (2018). Global Virtual Reality Market Size 2018: Growth Analysis, Technology Trends, Key Features, Statistics, Types, Applications and Outlook 2023 - Reuters. [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://www.reuters.com/brandfeatures/venture-capital/article?id=40919>

- [13] Czech Invest (2018). Industry 4.0 in the Czech Republic [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://www.czechinvest.org/getattachment/27479be7-854a-4720-8258-e9143cc2d22c/Industry-4-0-in-the-Czech-Republic>
- [14] Český statistický úřad (2018). Využívání informačních a komunikačních technologií v podnikatelském sektoru – rok 2017, leden 2018, [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vyuzivani-informacnich-a-komunikacnich-technologii-v-podnikatelskem-sektoru-rok-2017-leden-2018>
- [15] ČTK. (2018). Otevřenost české ekonomiky roste a s ní i citlivost na vnější šoky [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: https://www.tyden.cz/rubriky/byznys/cesko/otevrenost-ceske-ekonomiky-roste-a-s-ni-i-citlivost-na-vnejsi-soky_499607.html
- [16] Deckler, J. (2015). Google vs. the German car engineer. [cit. 2019-04-22], Dostupné z: <https://www.politico.eu/article/google-vs-german-car-engineer-industry-american-competition/>
- [17] Deloitte (2015). Industry 4.0 – Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. 32 s. [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>
- [18] Deloitte (2018). The robots are waiting. Are you ready to reap the benefits? [cit. 2019-01-12]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/consultancy/deloitte-uk-the-robots-are-waiting.pdf>
- [19] Digital Transformation Monitor (2017). Czech Republic: „Průmysl 4.0“. [cit. 2019-01-12]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Prumysl%2040_CZ%20v1.pdf
- [20] Edwards, J. (2018). The world population of robots is growing fast – we’ve got the numbers. [cit. 2019-01-12]. Dostupné z: <https://www.businessinsider.com/world-population-of-robots-statistics-2018-1>
- [21] European Parliament, Directorate-General for Parliamentary Research Services, & Technopolis Group. (2016). *Ethical aspects of cyber-physical systems: scientific foresight study: in-depth analysis*. [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: <http://bookshop.europa.eu/uri?target=EUB:NOTICE:QA0116635:EN:HTML>
- [22] Garlík (2019). Prvky (technologie) tvořící Smart Cities. Smart Cities, 7. část 2019, 13.02.2019, 2019(2), 12 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://muj.anopress.cz/>
- [23] Hannovermesse (2019). Machine learning: artificial intelligence in Industrie 4.0. [cit. 2019-04-02], Dostupné z <https://www.hannovermesse.de/en/news/key-topics/artificial-intelligence/>
- [24] Holanová, T. (2015). Česko je nejprůmyslovější zemí EU. Projděte si nový žebříček | Aktuálně.cz [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/cesko-je-nejprumyslovejsi-zemi-eu-projdete-si-novy-zebricek/r~04502e66554e11e5a80c0025900fea04/>

- [25] Hrtúsová, T., Novák, R. (2018). EU OFFICE / KNOWLEDGE CENTRE, Ekonomické a strategické analýzy. [cit. 2019-03-09], Dostupné z: https://www.csas.cz/content/dam/cz/csas/www_csas_cz/Dokumenty-korporat/Dokumenty/Analytici/Big_Data_v_CR.pdf
- [26] IoT portal. (2018). Mapy pokrytí [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: <https://www.iot-portal.cz/mapa-pokryti/>
- [27] Král a kol., (2018). Výzkum potenciálu rozvoje umělé inteligence v České republice [cit. 2019-01-12]. Dostupné z <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/aktualne/AI-technologie-2018.pdf#page=6&zoom=100,0,377>
- [28] Křeček, Š. (2018). KAUZA: JE ČESKÁ REPUBLIKA POUHÁ MONTOVNA? [cit. 2018-11-12]. Dostupné z: <https://svetprumyslu.cz/2018/08/24/je-ceska-republika-montovna/>
- [29] Liebreich, J. (2018). Česko patří k hlavním centrům vývoje virtuální reality. Její boom ještě přijde, tvrdí Kotek, [cit. 2019-01-03]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/magazin/cesko-patri-k-hlavnim-centrum-vyvoje-virtualni-reality-jeji-boom-jeste-prijde-tvrdi-kotek-1346317>
- [30] Lousis, C. (2016). Roundup Of Internet Of Things Forecasts And Market Estimates, 2016 [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2016/11/27/roundup-of-internet-of-things-forecasts-and-market-estimates-2016/#3baa1d77292d>
- [31] Magruk, A. (2016). Uncertainty in the sphere of the industry 4.0 – Potential areas to research. 14(2), 275-291 [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=aa5bfdaf-0a5d-4a66-ad06-7caf8a46aeac%40sessionmgr4009&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=120586432&db=bth>
- [32] Mamad, M. (2018). Challenges and Benefits of Industry 4.0: An overview. International Journal Of Supply And Operations Management, 5(3), 256 - 265. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/2137847267/abstract/C32311A06EAF43E3PQ/2>
- [33] Marek, D. a kol. (2018). Automatizace práce v ČR | Proč se ne(bát) robotů, Deloitte [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/strategy-operations/Automatizace-prace-v-CR.pdf>
- [34] Microsoft Azure (2019). Co je cloudové úložiště? [cit. 2019-03-21]. Dostupné z <https://azure.microsoft.com/cs-cz/overview/what-is-cloud-storage/>
- [35] MPO (Ministerstvo průmyslu a obchodu) (2016). Iniciativa Průmysl 4.0. 233 s. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>
- [36] Národní vzdělávací fond (2017). Dopady Průmyslu 4.0 na trh práce v ČR, [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://www.nvf.cz/cms/assets/docs/88ffb3e9f7da58fed9741bca08796a3/794-0/dopady-prumyslu-4.0-na-trh-prace-v-cr.pdf>
- [37] Nestorovic, M., & Radicevic, T. D. (2018). Machine Economy. In Economic and Social Development: Book of Proceedings; Varazdin, [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/2058257228/abstract/8E7FCAA320074927PQ/1>

- [38] Noor, A. K. (2017). AI and the Future of Machine Design. *Mechanical Engineering; New York*, 139(10), 38–43, [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/2083654169/A8E3E919DCCD4461PQ/1?accountid=17203>
- [39] Oracle (2019). How Cloud is Driving the Next Industrial Revolution. [cit. 2019-03-21] Dostupné z: <https://www.oracle.com/ae/cloud/paas/features/next-industrial-revolution.html>
- [40] Oracle (2019). What is Big Data? | Oracle. [cit. 2019-03-21] Dostupné z: <https://www.oracle.com/big-data/guide/what-is-big-data.html>
- [41] OSTEU (2015). Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/analyzy-EU/Dopady-digitalizace-na-trh-prace-CR-a-EU.pdf>
- [42] Petrijánoš, V. (2019). Fenomén Průmysl 4.0. Cio Business World, (1), 15. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z <https://muj.anopress.cz/>
- [43] Podivínský, T., & Ehler, T. (2016). Německý fenomén Industrie 4.0 - CzechTrade. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.czechtrade.cz/media/czechtrade-media/monitoring/nemecky-fenomen-industrie-4-0>
- [44] Rada pro výzkum, vývoj a inovace. (2019). Inovační strategie České republiky 2019–2030 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://www.vlada.cz/assets/urad-vlady/poskytovani-informaci/poskytnute-informace-na-zadost/Priloha_1_Inovacni-strategie.pdf
- [45] Roland Berger Strategy Consultants (2014). Industry 4.0 The new industrial revolution How Europe will succeed. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: https://www.rolandberger.com/.../roland_berger_tab_industry_4_0_20140403.pdf
- [46] Siemens (2019). Inteligentní továrna v Mohelnici. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.siemens.cz/industryforum/inteligentni-tovarna-v-mohelnici>
- [47] Slovník spisovného jazyka českého (2011). „revoluce“. [cit. 2019-03-21], Dostupné z <https://sjc.ujc.cas.cz/search.php?hledej=Hledat&heslo=revoluce&sti=EMPTY&where=hesla&hsubstr=no>
- [48] Statista (2018). Leading big data vendors revenue ranking 2014-2017 | Statistic. [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/254271/big-data-revenue-by-leading-vendors/>
- [49] Statista. (2019). Global hosting and cloud computing market 2010-2020 | Statistic. [cit. 2019-05-07] Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/500541/worldwide-hosting-and-cloud-computing-market/>
- [50] Statista (2019). Global 3D printing market size 2013-2021 | Statistic. [cit. 2019-02-01], Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/796237/worldwide-forecast-growth-3d-printing-market/>

- [51] Statista (2019). Internet of Things – number of connected devices worldwide 2015-2025. [cit. 2019-02-01] Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>
- [52] Stuchlík, J. (2018). Trh s 3D tiskárnami na kov startuje pomalu. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/technologie-a-media/trh-s-3d-tiskarnami-na-kov-startuje-pomalu-1343512>
- [53] TA ČR (2016). Vladimír Mařík, Česká republika může na Industry 4.0 hodně vydělat [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.tacr.cz/index.php/cz/novinky/683-vladimir-marik-ceska-republika-muze-na-industry-4-0-hodne-vydelat.html>
- [54] Technický týdeník. (2019). Anopress IT. Demystifikace kolaborativních průmyslových robotů, 12.3.2019(5), [cit. 2019-03-21] 26. Dostupné z <https://muj.anopress.cz/>
- [55] Technický týdeník. (2015). Výsledky průzkumu ČNOPK: Průmysl 4.0 v České republice – aktuální stav, příležitosti a výzvy | Technický týdeník. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/vysledky-pruzkumu-cnopk-prumysl-4-0-v-ceske-republice-aktualni-stav-prilezitosti-a-vyzvy_30984.html
- [56] Úřad vlády České republiky (2018), Výzkum potenciálu rozvoje inteligence v České republice, [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://www.mobilmania.cz/clanky/signal-pro-internet-veci-uz-pokryva-temer-cele-cesko-bude-i-v-podzemi/sc-3-a-1340376/default.aspx>
- [57] Vítek, J. (2017). Signál pro internet věcí už pokrývá téměř celé Česko. Bude i v podzemí, [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.mobilmania.cz/clanky/signal-pro-internet-veci-uz-pokryva-temer-cele-cesko-bude-i-v-podzemi/sc-3-a-1340376/default.aspx>
- [58] Vláda ČR (2019). Umělá inteligence v EU a ČR. Umělá inteligence v EU a ČR [cit. 2019-05-06]. Dostupné z <https://www.vlada.cz/cz/evropske-zalezitosti/umela-inteligence/umela-inteligence-v-eu-a-cr-172079/>
- [59] Wheeler, A. (2015). Lights-Out Manufacturing: Future Fantasy or Good Business? [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/redshift/lights-out-manufacturing/>
- [60] Wilson, J. S. (2004). *Sensor Technology Handbook*. [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/2131150987/bookReader?accountid=17203>
- [61] Weikert, P. (2018). 3D tisku se v Česku daří, BusinessInfo.cz., [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/cs/clanky/cesko-je-lihni-3d-tisku-117338.html>
- [62] Zavoral, P. (2019). Technologie si podmaňují výrobu. Ekonom, (12), 4. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://muj.anopress.cz/>
- [63] Žižka, J. (2018). Roman Holý: Průmysl 4.0 může posílit Evropu i Česko [cit. 2019-04-15]. Dostupné z <https://vedavyzkum.cz/blogy-a-rozhovory/rozhovor/roman-holy-prumysl-4-0-muze-posilit-evropu-i-cesko>

Přílohy

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Definice Průmyslu 4.0	6
Obrázek 2 – Prostředí průmyslu 4.0.....	8
Obrázek 3 - Mapa pokrytí IoT sítí v ČR (SimpleCell Networks a.s.).....	13
Obrázek 4 – Analýza konvenční výroby a 3D tisku.....	15
Obrázek 5 - EU podle indexu ohrožení profesní digitalizací	33

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Index průmyslové výroby ve vybraných zemích v letech 1850–1913.....	5
Tabulka 2 - Podíl zemí na průmyslu EU	30
Tabulka 3 - Deset profesí s největším indexem ohrožení digitalizací.....	37
Tabulka 4 - Deset profesí s nejnižším indexem ohrožení digitalizací.....	38
Tabulka 5 - Odhad časového horizontu technologické nahraditelnosti klíčových dovedností	38

Seznam grafů

Graf 1 - Oblasti, kde je nejvíce připojených zařízení k internetu věcí (v miliardách, v roce 2017) a jejich odhadovaný průměrný roční přírůstek v letech 2013-2020 (v %).....	14
Graf 2 - Firmy v zemích EU využívající 3D tisk v roce 2017	16
Graf 3 - Firmy v zemích EU analyzující Big Data v roce 2017 (podíl na celkovém počtu firem s 10 a více zaměstnanci v dané zemi).....	18
Graf 4 - Výhled globálních příjmů z analýzy dat do roku 2020 (v mld. USD).....	19
Graf 5 - Firmy v zemích EU využívající průmyslové nebo servisní roboty v roce 2018	20
Graf 6 – Světový růst průmyslových robotů 2012-2019.....	21
Graf 7 – Průměrná cena IoT senzorů padá	22
Graf 8 – Předpověď množství aktivních uživatelů VR celosvětově od r. 2014 do r. 2018 (v miliónech).....	24
Graf 9 - Firmy v zemích EU využívající služeb cloud computingu v roce 2018.....	27
Graf 10 - Postavení průmyslu v České republice (procentní podíl na celkové podnikové ekonomice státu měřený přidanou hodnotou v nákladech na výrobní činitele).....	31

Graf 11 - Podíl kvalifikačně náročných profesí a terciárně vzdělaných na celkové zaměstnanosti v technologicky vysoce a středně náročném průmyslu (% , 2014).....	34
Graf 12 - The RB Industry 4.0 Readiness Index (matrix rozdělení evropských ekonomik na čtyři hlavní skupiny).....	43
Graf 13 - Příspěvky k růstu potenciálního výstupu (%).....	46
Graf 14 - Znalostní intenzita ekonomiky ČR v mezinárodním srovnání	50
Graf 15 - GERD a znalostní intenzita ČR (GERD jsou výdaje na VaV a inovace, znalostní intenzita je podíl těchto výdajů na celkovém HDP státu)	51