



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Ekonomická fakulta



Průmysl 4.0 a jeho vliv na ekonomické subjekty

Diplomová práce

Studijní program: N6208 – Ekonomika a management

Studijní obor: 6208T085 – Podniková ekonomika

Autor práce: **Bc. Ondřej Jedlička**

Vedoucí práce: Ing. Iva Nedomlelová, Ph.D.





Zadání diplomové práce

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej Jedlička**
Osobní číslo: E16000408
Studijní program: N6208 Ekonomika a management
Studijní obor: N6208T085 – Podniková ekonomika
Zadávající katedra: katedra ekonomie
Vedoucí práce: Ing. Iva Nedomlelová, Ph.D.
Konzultant práce: Ing. Aleš Hromádko
ŠKODA AUTO a. s. - Koordinátor kvality

Název práce: **Průmysl 4.0 a jeho vliv na ekonomické subjekty**

Zásady pro vypracování:

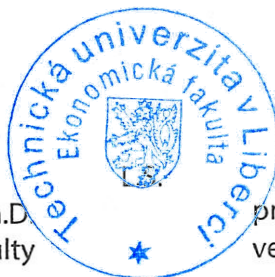
1. Stanovení cílů a formulace výzkumných otázek.
2. Definice a charakteristika pojmů spojených s koncepcí Průmysl 4.0.
3. Vymezení ekonomických subjektů a dopad změn v závislosti na čtvrté průmyslové revoluci, včetně definování přínosů, negativ a rizik koncepce Průmysl 4.0.
4. Analýza aplikace koncepce Průmyslu 4.0 ve vybrané firmě a návrh dalších kroků k zajištění optimálního využití nových trendů práce.
5. Formulace závěrů a zhodnocení výzkumných otázek.

Seznam odborné literatury:

- TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. 2017. *Průmysl 4.0 aneb nikdo sám nevyhraje*. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-906594-4-5.
- MARÍK, Vladimír. 2016. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-440-0.
- FOLLETT, Jonathan. 2014. *Designing for Emerging Technologies: UX for Genomics, Robotics, and the Internet of Things*. Sebastopol, CA: O'Reilly. ISBN 978-1-4493-7051-0.
- USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKAN. 2017. *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*. New York: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-319-57869-9.
- EVDOKIMOV, Sergej, Benjamin FABIAN, Oliver GUNTHER, Lenka IVANTSYNOVA a Holger ZIEKOW. 2011. *RFID and the Internet of Things: Technology, Applications and Security Challenges*. Hanover Mass: Publishers. ISBN 978-1-601-98444-9.
- PROQUEST. 2017. *Databáze článků ProQuest* [online]. Ann Arbor, MI, USA: ProQuest. [cit. 2017-09-28]. Dostupné z: <http://knihovna.tul.cz/>

Rozsah práce:	65 normostran
Forma zpracování:	tištěná / elektronická
Datum zadání práce:	31. října 2017
Datum odevzdání práce:	31. srpna 2019


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




prof. Ing. Jiří Kraft, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 31. října 2017

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

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

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 3.5.2018

Podpis:



Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Ivě Nedomlelové, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce a také za její podporu, trpělivost, rady a věcné připomínky.

Anotace

Diplomová práce se zabývá nastupujícím trendem Průmyslu 4.0 a s ním spojenými změnami, které společnost v následujících obdobích čekají. Popsány jsou vlivy počátku čtvrté průmyslové revoluce na tři základní ekonomické subjekty, a sice domácnosti, firmy a stát. Uvedeny jsou celosvětové iniciativy zabývající se touto problematikou. Pozornost je věnována především situaci v České republice, která v roce 2016 schválila Iniciativu Průmysl 4.0 za účelem udržení a posílení konkurenceschopnosti. Definovány jsou přínosy a omezení i příležitosti a hrozby této koncepce. Uvedeny jsou příklady využití principů čtvrté průmyslové revoluce u řady světových firem. U společnosti Škoda Auto je kromě uvedení konkrétních příkladů provedeno posouzení zapojení firmy do Průmyslu 4.0 a jsou analyzovány dva procesy v oblasti zajištění kvality, ke kterým autor navrhl zlepšení v souladu s myšlenkou Průmyslu 4.0. Oba tyto návrhy byly předloženy a je o nich diskutováno ve firmě.

Klíčová slova:

Automatizace, Autonomie, Digitalizace, Kyber-fyzikální systémy, Průmysl, Robotizace

Annotation

This Diploma thesis deals with the incoming trend of Industry 4.0 and related changes, which will affect the society in the forthcoming era. The impacts of the beginning of the fourth industrial revolution on the all three basic economic subjects - consumers, companies, state - have been described. National initiatives dealing with this problematic have been stated as well as the Initiative Průmysl 4.0, which was ratified in 2016 in order to maintain and increase the competitiveness of the Czech Republic. Benefits and limitations together with challenges and threats of this concept have been defined. The examples of applying the ideas of the fourth industrial revolution in well-known companies are mentioned. In Škoda Auto the examples are stated together with the appraisal of the company involvement in Industry 4.0. The author analysed two processes in quality-assurance and put forward an improvement for each of these processes in accordance with Industry 4.0. Both of these improvements have been officially presented in the company and will be further discussed.

Keywords:

Automation, Autonomy, Cyber-Physical Systems, Digitalization, Industry, Robotization

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam tabulek.....	9
Seznam zkratk.....	10
Úvod	11
1. Koncepce Průmyslu 4.0	13
1.1. Historie průmyslových revolucí	13
1.2. Průmysl 4.0 ve světě	18
1.3. Základní pojmy	20
1.4. Podpůrné technologie	24
1.5. Posouzení zapojení firem do Průmyslu 4.0	29
2. Vliv Průmyslu 4.0 na ekonomické subjekty	32
2.1. Stav v současnosti.....	32
2.1.1. Firmy	32
2.1.2. Domácnosti	34
2.1.3. Stát	36
2.2. Stav v nejbližších letech	38
3. Přínosy a omezení koncepce Průmyslu 4.0.....	42
3.1. Výhody a příležitosti.....	42
3.2. Výzvy a nebezpečí	43
4. Příklady uplatnění Průmyslu 4.0 ve vybraných společnostech.....	46
4.1. Bosch – Robot spolupracující s člověkem.....	46
4.2. Siemens & Maserati – Digitalizace	47
4.3. Tesla – Autonomní vozidlo a jeho sdílení	47
4.4. Rebecca Minkoff – RFID v oděvním průmyslu	48
5. Aplikace koncepce Průmyslu 4.0 ve Škoda Auto	49

5.1.	Bezpilotní transportní vozík	49
5.2.	ProGlove.....	50
5.3.	Point Cloud.....	50
5.4.	Smart Maintenance	51
5.5.	Robot kooperující s člověkem	52
5.6.	Simulace procesu.....	53
5.7.	Zajištění kvality ve Škoda Auto	54
5.7.1.	Dlouhodobé jízdní zkoušky	56
5.7.2.	Kontrola vozu ve vývoji	60
6.	Vlastní návrh kroků	62
6.1.	Dlouhodobé jízdní zkoušky	62
6.2.	Kontrola vozu ve vývoji	63
	Kritické zhodnocení	64
	Závěr	66
	Seznam literatury	68

Seznam obrázků

Obrázek 1: Přehled průmyslových revolucí	14
Obrázek 2: IoT: Změna vztahu mezi výrobkem a zákazníkem	15
Obrázek 3: Tempo růstu HDP v Číně.....	20
Obrázek 4: Schéma technologie 3D tisku	25
Obrázek 5: Vývoj trhu s wearables	28
Obrázek 6: Poměr zaměstnanosti v sektoru ICT k celkové zaměstnanosti	34
Obrázek 7: Průměrný výsledek jednotlivých zemí v hodnocení ICILS	35
Obrázek 8: Podíl hrubé přidané hodnoty průmysl. výroby ve vybr. zemích Evropy	37
Obrázek 9: Index průmysl. produkce včetně rozdělení na jednotlivé složky průmyslu.....	37
Obrázek 10: Robot spolupracující s člověkem - Firma Bosch	46
Obrázek 11: Zkušební kabinka rozpoznávající RFID čipy	48
Obrázek 12: Bezpilotní transportní vozík.....	49
Obrázek 13: Chytrá rukavice ProGlove.....	50
Obrázek 14: Point Cloud	51
Obrázek 15: Smart Maintenance	52
Obrázek 16: Robot kooperující s člověkem	52
Obrázek 17: Process Simulate	53
Obrázek 18: Prostředí virtuální reality	54
Obrázek 19: Přehled vyráběných modelů ve Škoda Auto	57
Obrázek 20: Záznam a řešení závad z jízdních zkoušek - současný stav.....	58
Obrázek 21: Záznam a řešení závad z jízdních zkoušek - budoucí stav.....	59

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled definic pojmu Průmysl 4.0	15
Tabulka 2: Podíl populace s nízkou, střední a vysokou úrovní počítačové znalostí	36
Tabulka 3: Posouzení zapojení Škoda Auto do Průmyslu 4.0.....	64

Seznam zkratek

BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CPS	Kyber-fyzikální systémy
CRM	Řízení vztahů se zákazníky
FG	Odborná skupina
HDP	Hrubý domácí produkt
HW	Hardware
ICILS	Mezinárodní studie počítačové a informační gramotnosti
ICT	Informační a komunikační technologie
IoT	Internet věcí
IoS	Internet služeb
JIT	Just in time
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
NBÚ	Národní bezpečnostní úřad
RFID	Radiofrekvenční identifikace
SAE	Smart Anything Everywhere
SMLC	Smart Manufacturing Leadership Coalition
SW	Software
ŠA	Škoda Auto
VR	Virtuální realita

Úvod

Průmysl nyní prochází řadou změn způsobených zaváděním nových technologií do výroby. Autonomní výroba, rozmach informačních technologií, zavádění kybernetických systémů, digitalizace, ale i změny v oblasti hospodářství a služeb, jsou tak zásadní, že ovlivňují nejen průmysl, nýbrž i ekonomiku a společnost tak razantně, že lze hovořit o čtvrté průmyslové revoluci. „Z pohledu moderní teorie systémů se proto v poslední době hovoří o revoluci kyberneticko-fyzicko-sociální, způsobující dynamickou vzájemnou interakci složitých systémů kyberneticko-virtuálních, systémů fyzického světa a systémů sociálních“ (Mařík a kol., s. 15). Každý subjekt ekonomiky bude nucen na tyto změny určitým způsobem zareagovat. Domácnosti a firmy budou zásadně ovlivněny na trhu práce nevyhnutelnou restrukturalizací zejména na straně poptávky po práci, která může být uspokojena pouze přizpůsobením se na straně nabídky, a sice rekvalifikací zaměstnanců. Firmy musí také myšlenku čtvrté průmyslové revoluce zapracovat do své vize a plánů, protože nyní, víc než kdy jindy platí rčení: kdo chvíli stál, již stojí opodál. Nejvyšší nároky na adaptaci jsou však bezesporu kladeny na stát. Česká republika musí včas a správně zareagovat a zajistit udržení produktivity výrobního průmyslu a rozvoje společnosti, aby nedošlo ke ztrátě konkurenceschopnosti v mezinárodním měřítku, následnému zvýšení nezaměstnanosti a zhoršení kvality života obyvatel.

Cílem této práce je popsat a analyzovat hlavní změny způsobené nástupem čtvrté průmyslové revoluce, jejich vliv na domácnosti, firmy a stát a na základě rešerše interních dat společnosti Škoda Auto provést posouzení jejího zapojení do Průmyslu 4.0 včetně výzkumu a vyhodnocení, zda firma využívá v procesu zajištění kvality všech možností poskytovaných nejnovějšími technologiemi, zda je v tomto procesu prostor k optimalizaci a v jakých dalších oblastech firma využívá principů Průmyslu 4.0. První kapitola práce je věnována koncepci Průmyslu 4.0 obsahující historii průmyslových revolucí, celosvětově probíhající iniciativy spojené s nástupem čtvrté průmyslové revoluce a přehled základních pojmů a podpůrných technologií, bez kterých by tato revoluce nebyla možná. Kapitola 2 je zaměřena na změny, jimiž ekonomické subjekty prochází a na připravenost těchto subjektů (např. vzdělanost a následná uplatnitelnost obyvatel na trhu práce) těmto změnám čelit. Ve třetí kapitole jsou kromě výhod a příležitostí spojených s nástupem Průmyslu 4.0 uvedeny i hrozby a ohrožení, kde mezi ty nejvýznamnější patří vliv na zaměstnanost, bezpečnost IT a otázka ochrany soukromí. V kapitole 4 jsou uvedeny konkrétní příklady uplatnění myšlenek Průmyslu 4.0 u celosvětově známých firem ze sekundárního i terciárního sektoru. Pátá

kapitola je věnována aplikacím koncepcí Průmyslu 4.0 u jednoho z největších zaměstnavatelů českého průmyslu, firmy Škoda Auto. Uvedena jsou nejen technologická vylepšení ve výrobě vozů, ale především v procesu zajištění kvality, který je následně v kapitole 6 doplněn o vlastní návrh dalších optimalizačních kroků, zajišťujících co nejvyšší možnou úroveň využití současných technologií. Některé z těchto kroků byly předloženy a je o nich interně jednáno. Závěr práce je věnován kritickému zhodnocení zapojení společnosti Škoda Auto do Průmyslu 4.0 a vyhodnocení výzkumných otázek.

1. Koncepce Průmyslu 4.0

Každá průmyslová revoluce změnila určitým způsobem společnost a kvalitu života obyvatel. Nejinak je tomu i dnes, kdy stojíme na prahu té čtvrté. Tato kapitola se věnuje změnám, které jednotlivé průmyslové revoluce přinesly, charakteristikou pojmu Průmysl 4.0 a aktivitám předních světových ekonomik v reakci na nástup této koncepce. Poslední část kapitoly je zaměřena na vysvětlení pojmů, které jsou se čtvrtou průmyslovou revolucí bezvýhradně spojeny.

1.1. Historie průmyslových revolucí

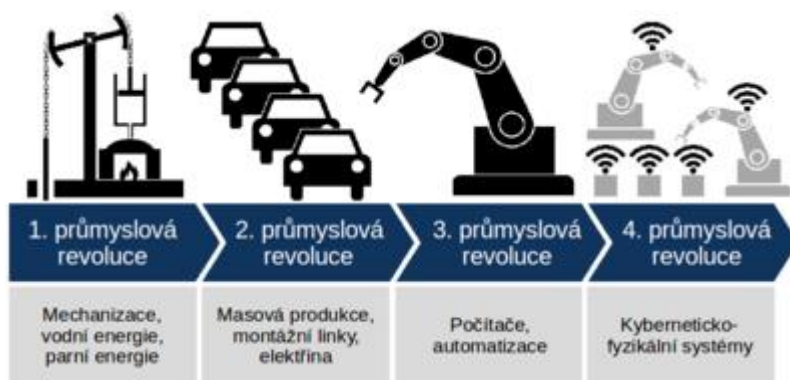
Průmysl, stejně jako ostatní odvětví prochází přirozeným vývojem. Některé milníky v jeho vývoji však měly tak enormní vliv na lidskou populaci, že jsou právem označovány za revoluce. Ať už se jedná o převratný vynález, objevení nového druhu energie či naprosto novou filosofii, každý z těchto okamžiků přispěl ke zlepšení kvality života a bude blíže popsán v této kapitole.

První průmyslová revoluce bývá mnohdy datována k vynálezu parního stroje. Ten je připisován Angličanovi Jamesovi Wattovi. Pravdou je, že Watt v roce 1765 značně zdokonalil stroje dvou svých krajanů, parní stroj jako takový ale nevynalezl. Díky mechanizaci začal koncem 18. století a na počátku 19. stol. průmysl nahrazovat zemědělství. Ve stejném období začaly vznikat první definice vědního oboru ekonomie. Těžba uhlí a parní stroj vytvořily nový zdroj energie, který díky železnicím a rozvoji obchodu objektivně zlepšil kvalitu života lidí. Téměř o století později (druhá průmyslová revoluce bývá datována k 1870) začaly být díky technologickému pokroku využívány další zdroje energie, a sice elektrina, ropa a zemní plyn. Výsledkem byl vynález spalovacího motoru. Velký podíl na růstu průmyslu mělo zejména zvýšení poptávky po oceli a zdokonalení chemické syntézy pro účely vytvoření barviv, hnojiv a umělých látek (např. tkanin). Vynález telegrafu a telefonu představoval revoluci v komunikaci. Způsoby přepravy byly rozšířeny vynálezem automobilu a prvního letadla (přelom 19. a 20. stol.)

V druhé polovině 20. stol. byl objeven nový typ energie s potenciálem převyšujícím všechny předchozí, a sice nukleární energie. Ta byla dosud použita pouze pro válečné účely v druhé světové válce. Třetí průmyslová revoluce je však významná především nástupem elektroniky (tranzistor a mikroprocesor), telekomunikace a nástupem počítačů, které otevřely dveře k výrobě složitějších materiálů a součástek, a zejména pak k vesmírnému

výzkumu a biotechnologiím. Průmysl byl v této éře značně ovlivněn automatizací ve výrobě, k níž přispěly vynálezy PLC (programovatelný logický automat) a robotů.

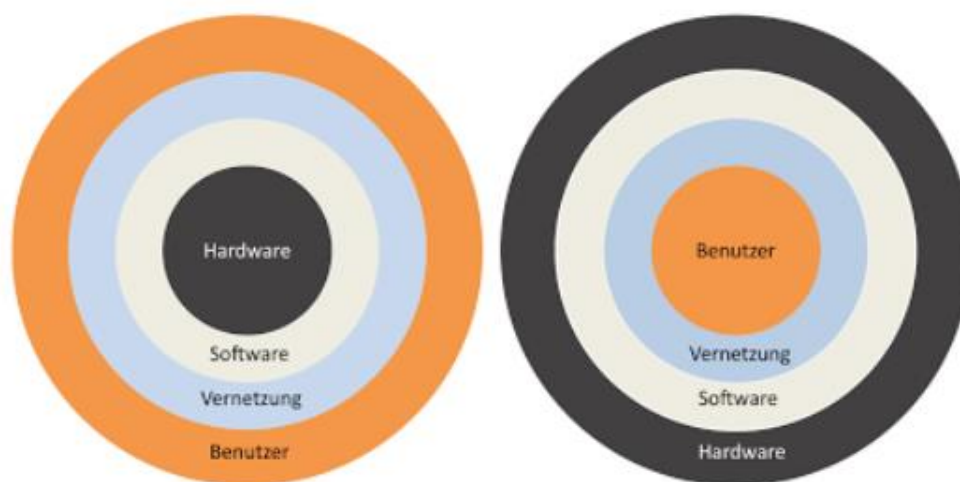
První průmyslová revoluce využívala vodní páru k mechanizaci výrobních procesů, druhá stavěla na masové výrobě za pomoci elektřiny (a současného vynálezu spalovacího motoru) a třetí pomocí elektroniky a informačních technologií výrobu automatizovala, viz Obrázek 1. Dnes stojíme na prahu čtvrté průmyslové revoluce. Ta skloubí třetí revoluci s digitalizací. Lze ji charakterizovat postupným odstraňováním hranic mezi kyberneticko-fyzikálním, digitálním a biologickým světem, které povede k redefinici průmyslu a změnám v jeho základních koncepcích. Jedná se o první průmyslovou revoluci, jejíž iniciátorem není objevení nového zdroje energie, ale technologický fenomén digitalizace. Digitalizace v podstatě umožňuje vytvoření virtuálního světa, z kterého lze řídit svět fyzický (Mařík a kol., 2016).



Obrázek 1: Přehled průmyslových revolucí

Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Průmysl_4.0

Tvorba přidané hodnoty způsobená změnou výrobních metod a s ní spojenou úsporou energie byla společným faktorem pro první tři průmyslové revoluce. Internet, na druhou stranu, začal díky změnám v oblasti reklamy a propagace, poskytování služeb a změně obchodu transformovat hodnototvorný řetězec od konce, kde už produkty byly vyrobené. Vztah mezi výrobkem a zákazníkem se změnil a mění se nadále, viz Obrázek 2. Zákazník stojí uprostřed a společně s trhem hrají hlavní roli. Výrobce musí být dnes více, než kdy předtím, obeznámen se zákaznickými přáními a implementovat je již ve fázi plánování, vývoje a výroby, aby tak zajistil prodejnost svých výrobků (Sandler, 2016).



Obrázek 2: IoT: Změna vztahu mezi výrobkem a zákazníkem

Zdroj: Sendler, str. 9

Průmysl 4.0 je strategická iniciativa popisující nastupující trendy v digitalizaci a automatizaci výroby. Byla navržena a představena Německem, ale rozšířila se do celého světa, viz kapitola 1.2. Ke konkrétní definici tohoto stěžejního pojmu byla provedena literární rešerše šesti zdrojů.

Tabulka 1: Přehled definic pojmu Průmysl 4.0

Autor	Definice	Klíčové pojmy
MacDougall (2014)	Průmysl 4.0 představuje technologickou evoluci vestavěných systémů na kyber-fyzické systémy. Spojuje výrobní technologii vestavěných systémů a chytré výrobní procesy za účelem vytvoření cesty nové technologické éře, která zásadně změní průmysl, hodnotový řetězec a obchodní modely.	• Nová technologická éra • Propojení • Vestavěné systémy • Kyber-fyzikální systémy • Transformace
Koch, Kuge, Schrauf a Geissbauer (2014)	Termín Průmysl 4.0 označuje čtvrtou	• Čtvrtá průmyslová revoluce

	průmyslovou revoluci a je nejlépe chápán jako nový způsob organizace a kontroly celého hodnotového řetězce s ohledem na rostoucí zákaznické požadavky směrem k individualizaci.	• Hodnotový řetězec a jeho kontrola • Požadavky na individualizaci
Deloitte AG (2015)	Pojem Průmysl 4.0 představuje pokročilou fázi organizace a managementu hodnotového řetězce ve zpracovatelském průmyslu.	• Hodnotový řetězec • Organizace a management • Zpracovatelské průmysl
McKinsey Digital (2015)	Průmysl 4.0 představuje digitalizaci zpracovatelského sektoru s vestavěnými sensory virtuálně monitorujícími všechny komponenty výrobku, výrobní zařízení a všudypřítomné kyber-fyzikální systémy s následnou analýzou všech relevantních dat.	• Digitalizace • Vestavěné sensory • Kyber-fyzikální systémy • Analýza relevantních dat
Pfohl, Yahs a Kurnaz (2015)	Průmysl 4.0 je součtem všech inovací implementovaných do hodnotového řetězce odkazujících na trendy automatizace, digitalizace, mobility, transparentnosti, modularizace, síťové	• Inovace • Hodnotový řetězec • Automatizace • Digitalizace • Mobilita • Transparentnost • Modularizace • Síťová spolupráce

	spolupráce a socializace produktů a procesů.	• Socializace
Geissbauer, Vedso a Schrauf (2016)	Čtvrtá průmyslová revoluce – Průmysl 4.0 - je zaměřena na digitalizaci všech kladů fyzických systémů a jejich integraci do digitálního ekosystému s ohledem na hodnotový řetězec.	• Čtvrtá průmyslová revoluce • Digitalizace předností • Digitální ekosystém • Hodnotový řetězec

Zdroj: Autor na základě rešerše literatury

Tabulka 1 naznačuje, že nejčastěji skloňovanými pojmy spojenými se čtvrtou průmyslovou revolucí jsou automatizace, digitalizace, kyber-fyzikální systémy a především hodnotový řetězec. Na základě těchto faktů lze říci, že Průmysl 4.0 je pojem odkazující na čtvrtou průmyslovou revoluci, pro kterou je charakteristické využívání digitálních technologií, zvýšené zákaznické požadavky směrem k individualizaci a propojení vestavěných a kyber-fyzických systémů za účelem vytvoření digitálního ekosystému zásadně měnícího průmysl, hodnotový řetězec a zažité obchodní modely.

Hlavní charakteristikou a změnou, která je na první pohled ve spojitosti s koncepcí Průmysl 4.0 nejvíce evidentní, je přeměna stávajících výrobních samostatných jednotek na plně integrovaná, autonomní a vzájemně propojená výrobní prostředí, kde mezi sebou jednotlivé výrobní buňky komunikují a samy, bez přímého zásahu člověka (pouze dle předdefinovaných principů) operují, vzájemně se nezávisle kontrolují a jednají na základě aktuálních podmínek; v případě jakékoliv odchylky se kupříkladu přeseřídí a zároveň informují ostatní prvky ve výrobním systému, aby nemohlo ke stejné chybě dojít opakovaně. K tomu jim dopomáhají nejrůznější senzory a snímače. Data z těchto zařízení jsou ukládána a průběžně analyzována. Každý jednotlivý produkt je až do nejmenší komponenty zpětně identifikovatelný. Takto propojené kyberneticko-fyzikální systémy (CPS – Cyber-Physical Systems) do velké globální a firmu přesahující sítě jsou základem tzv. digitálních nebo inteligentních továren. Pružně reagují na zákaznické požadavky a aktuální poptávku po produktech a umožňují tyto produkty efektivně vyrobit s minimem nákladů. Ty firma uspoří nejen díky zvýšení efektivity samostatné výroby, ale kupříkladu i díky nahrazení fyzických prototypů jednotlivých návrhů výrobků jejich dokonalými digitálními kopiemi. Ty lze

v případě potřeby modifikace digitálně upravit a v reálném čase vyhodnotit jak ze strany výrobce, tak i z pohledu dodavatelů či potenciálních zákazníků, opět při nižších nákladech, než v případě nutnosti vytvoření nového fyzického prototypu.

Koncepce Průmyslu 4.0 umožní firmám vytvořit přidanou hodnotu tam, kde to dříve nebylo v takové míře možné, změni vztahy mezi výrobcem a dodavatelem. Díky internetu služeb, dostupnosti dat a informací, se změni vztah mezi firmou a jejím zákazníkem. Velké objemy dat povedou k hlubšímu rozvoji CRM (Customer Relationship Management). Péče o zákazníka se stane důležitější, než kdy předtím. Sociální sítě a rychlá výměna dat umožňují zákazníkům hodnotit jednotlivé výrobky a služby a ovlivňovat velkou část populace. Zvýší se zákaznické požadavky a očekávání. Firmy musí být na tuto novou formu komunikace připraveny, aby nedošlo k zastarání jejich obchodních modelů. Moderní technologie ve výrobě uspoří náklady, čas i suroviny. Roboty nahradí monotónní práci lidí. Ti budou ochotni v práci zůstat déle. Díky flexibilitě práce jim bude umožněno dle potřeby dělit svůj čas mezi práci a soukromý život. Digitalizace uspořídá rozvoj tzv. sdílené ekonomiky, kde budou výrobky a služby místo tradičního prodeje nebo nájmu sdíleny. Významnou roli budou hrát nové formy podnikání založené na sdílení volných kapacit. Od sdílení kapacit jednotlivých výrobních zařízení mezi firmami, přes zaměstnávání a finanční služby, až po sdílení kupříkladu přepravních kapacit mezi lidmi formou služeb typu Uber či sdílení ubytování službou Airbnb. Zde vidíme prolínání koncepce Průmysl 4.0 i do právního rámce, kde je potřeba nejprve vytvořit na úrovni jednotlivých států prostředí pro sdílenou ekonomiku a definovat její rámec. Už nyní vidíme, že se její význam bude zvyšovat.

1.2. Průmysl 4.0 ve světě

Jednotlivé státy už nyní reagují na změny vyvolané nástupem čtvrté průmyslové revoluce ve snaze o udržení technologického prvenství, posílení konkurenceschopnosti a zvýšení šancí na vypořádání se s potenciálními riziky a hrozbami. V této kapitole bude uveden stručný výčet národních iniciativ nejvyspělejších ekonomik EU a zbytku světa.

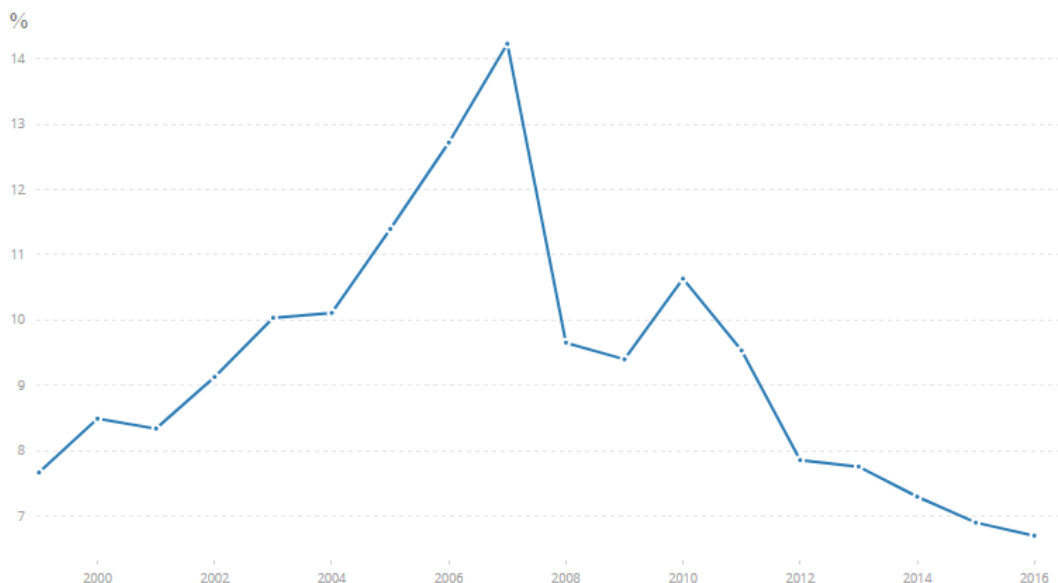
Německo jako první představilo vizi o dalším průmyslovém vývoji v roce 2011 na veletrhu v Hannoveru, kde ředitel německého výzkumného střediska pro umělou inteligenci, prof. Wolfgang Wahlster, poprvé použil termín Průmysl 4.0. V roce 2013 byla v Hannoveru spuštěna iniciativa „Industrie 4.0“ podporována německou spolkovou vládou, zejména pak ministerstvem hospodářství a ministerstvem pro výzkum, a různými odborovými

organizacemi a průmyslovými svazy. Celkem bylo na tuto problematiku vynaloženo německou spolkovou vládou cca 400 mil. Eur.

V roce 2015 spustila Francie vlastní program s názvem „Industrie de Futur“ s rozpočtem okolo 730 mil. Eur. Hlavními body tohoto programu jsou podpora malých a středních podnikatelů formou úvěrů či daňových úlev, mezinárodní spolupráce v otázkách standardizace, zvyšování požadavků na vzdělávání pracovní síly a rozvoj nových technologií (rozšířená realita, internet věcí, autonomní výroba apod.). Dále program definuje oblasti, na které je žádoucí se z hlediska strategie zaměřit, a sice: správa dat, eko-mobilita, nové zdroje energií, nové materiály, smart cities, inteligentní zdravotnictví či doprava, bezpečnost a ochrana dat a v neposlední řadě i zdravé stravování.

V březnu 2014 bylo ve Spojených státech založeno konsorcium pod názvem Industrial Internet Consortium za účelem urychlení rozvoje a vytvoření optimálních podmínek pro aplikaci technologií průmyslového internetu, definování právního a bezpečnostního rámce a podpory výzkumu. Ještě o dva roky dříve bylo založeno sdružení SMLC (Smart Manufacturing Leadership Coalition) usilující o standardizaci, centralizaci a unifikaci, umožňující vzájemnou propojenost průmyslového sektoru, vzájemnou kompatibilitu dat a vytvoření prostředí pro společný výzkum a vývoj. V tomto prostředí jsou firmy schopny lépe optimalizovat své výrobní procesy, zvyšovat efektivitu či zlepšovat služby v oblasti péče o zákazníka a tím přispívat k upevňování svého postavení na trhu.

Čína ztrácí komparativní výhodu levné pracovní síly a tempo růstu její ekonomiky klesá, viz Obrázek 3. Proto byl spuštěn vládní program Made-in-China 2025 mající za cíl zvýšit podíl místně vyrobených komponent pro nejrůznější produkty na 70 %. Součástí programu je podpora výroby automatizovaných obráběcích zařízení a robotů, investice do železniční dopravy, informačních technologií nebo leteckého průmyslu. Plán se dále zabývá otázkami rozvoje pracovní síly, bezpečnosti dat či ochrany duševního vlastnictví.



Obrázek 3: Tempo růstu HDP v Číně

Zdroj: <https://data.worldbank.org>

Korejská Manufacturing Industry Inovation 3.0 si klade za cíl především rozšíření moderních informačních technologií a jejich aplikací v průmyslové výrobě, a stavbu tzv. digitálních továren, která je podpořena investicemi ve výši 750 mil. Eur. V plánu je výstavba 10 000 těchto inteligentních továren do roku 2020. Tato strategie byla představena v červenci 2014. O necelý rok později, v červnu 2015 byla totožná iniciativa zahájena v Japonsku pod názvem Industrial Value Chain Initiative, zaměřená především na propojenost jednotlivých továren.

Mezi další významné národní iniciativy a programy patří britská High Value Manufacturing, švédský program Produktion 2030 či celoevropská iniciativa SAE (Smart Anything Everywhere) zabývající se podporou inovací produktů a služeb skrze digitální technologie.

V České republice se problematikou Průmyslu 4.0 zabývá Iniciativa Průmysl 4.0, schválená v srpnu 2016. Zpracovalo ji MPO za účelem uchování a posílení konkurenceschopnosti ČR (Mařík, 2016).

1.3. Základní pojmy

V této kapitole budou definovány základní pojmy spojené se čtvrtou průmyslovou revolucí. Jedná se o pojmy, které budou s jejím nástupem čím dál tím častěji komunikovány nejen ve firmách a domácnostech, nýbrž i ve sdělovacích prostředcích a na nadnárodní úrovni.

CPS

Cyber Physical Systems neboli kyber-fyzikální systémy jsou automatizované systémy, které propojují digitální a fyzický svět. Na rozdíl od tzv. vestavěných systémů (chytrý mobilní telefon nebo vůz), nejsou CPS navrženy jako samostatné jednotky, ale jejich účelem je komunikace a propojení s více zařízeními. Pokud je na CPS nahlíženo z pohledu průmyslu a výroby, lze je označit jako systémy, ve kterých jsou monitorovány a synchronizovány veškeré relativní informace o výrobku, na základě kterých jsou díky vzájemnému propojení automaticky upravována výrobní zařízení. CPS si lze představit jako integraci výpočetních, síťových a fyzických procesů, které se vzájemně ovlivňují.

Big Data

Pod pojmem Big Data neboli „velká data“ si můžeme představit veškerá data získávána v dnešní době především díky internetu (preferenze a oblasti zájmu různých demografických skupin obyvatelstva, sociální sítě), ale i z různých čidel a sensorů při výrobě. Dále jsou to data získávaná v logistice, data z bezpečnostních kamer apod. Pro tato data platí, že je čím dál tím snazší a levnější je získat a tím pádem roste i jejich objem. Důkladná analýza těchto dat slouží firmám především k optimalizaci výroby, zlepšení kontaktů se zákazníky a firemního CRM nebo k optimalizaci logistických toků pomocí sensorů ve skladech a informací o spotřebě energií a materiálu. Díky globální síti je firma spojena se svými dodavateli a v případě náhlého výpadku v dodávkách je schopna okamžitě a v reálném čase zareagovat, například využitím zásob, a předejít tak vzniku dodatečných nákladů.

Internet věcí (IoT)

Kyber-fyzikální systémy, neboli zjednodušeně řečeno stroje vyměňující si velká množství informací a dat se schopností vlastního přeseřizení na jejich základě, byly popsány v této kapitole společně s tzv. Big Data. Avšak prvkem, který bývá často vnímán jako iniciátor Průmyslu 4.0 je Internet věcí neboli IoT – Internet of Things, který umožňuje vzájemnou komunikaci nejen objektů a nejrůznějších strojů jako jsou mobilní telefony, chytré domácí spotřebiče a senzory, nýbrž i lidí a zvířat. Věcí v pojmu Internetu věcí rozumíme člověka s implantátem monitorujícím srdeční činnost, zvíře s identifikačním čipem, automobil se zabudovanými radary a senzory a spoustu dalších přírodních či člověkem vytvořených objektů, kterým může být přiřazena IP adresa (unikátní číslo pro každé ze zařízení připojených k internetu) a které mají schopnost přenosu dat přes internet.

Internet služeb (IoS)

Internet služeb je mnohými vnímán jako další evoluční krok Internetu věcí. Jako příklad lze uvést obchodní model firmy Rolls Royce, konkrétně její odnože zabývající se výrobou leteckých motorů. V dnešní době Rolls Royce již neprodává leteckým společnostem své motory. Místo toho jim prodává službu. Smlouva, pokud je uzavřena, zaručí těmto společnostem motor, společně s následnou údržbou po dobu platnosti smlouvy, případně do konce životnosti motoru. Příkladem Internetu služeb v domácnostech mohou být např. kouřové detektory. Ty nemusí být konkrétní firmou prodávány přímo, ale jako služba zahrnující kompletní instalaci. Tyto detektory následně podávají informace o svém stavu např. pojišťovně a jsou propojeny s dalšími zařízeními v domě, kupříkladu s kotlem. V případě detekce jakékoliv závady dokáží zarezervovat termín návštěvy servisního technika a informovat majitele domu o vzniklé závadě. Zákazník neplatí za samotný hardware, ale pouze za službu, která mu je poskytována.

Dalším příkladem jsou logistické služby. Ještě donedávna se jednalo pouze o přepravu z jednoho bodu do druhého. S rostoucí úrovní digitalizace však roste objem informací, které putují spolu s přepravovaným zbožím. U firem dodávajících materiál nebo výrobky metodou JIT (Just in Time) jsou informace o případných zpožděních téměř stejně důležité, jako samotný obsah dodávky. Poněkud abstraktnějším příkladem může být návštěva holiče. Přestože se jedná o manuálně vykonávanou službu, může být obohacena o digitální prvky. Nejenže může být samotný termín schůzky dohodnut přes internet, v digitálním světě si lze před samotnou návštěvou kadeřníka vybrat z galerie požadovaný účes a barvu a digitálně ho přidat k fotce zákazníka.

Pojem Internet služeb není tak rozšířený jako Internet věcí a i proto stojí před IoS několik výzev. Samotné služby musí být definovány tak, aby jejich obchodní a technologická stránka byly v souladu a musí být popsány tak, aby jim počítače rozuměly a byly schopny je automaticky řadit do řetězců (viz služba zajišťující ochranu před požárem formou poskytnutí detektorů kouřů schopných sledovat a online vyhodnocovat informace o svém stavu a na jejich základě automaticky provádět další aktivity – např. zamluvit termín u servisního technika).

Důležitým pojmem při utváření IoS, ale i IoT je standardizace. Nesmí dojít k vytvoření systému, který se zdá být otevřený, ale funguje pouze na určitých zařízeních, např. těch

s určitým druhem operačního systému. Toto omezení by zcela popíralo myšlenku vytvoření globální sítě služeb a věcí propojených přes internet.

V současnosti lze pozorovat pouze nástin toho, jak bude v budoucnu vypadat ekonomika založená na poskytování služeb přes internet. Podniky budou využívat internet k vytváření a poskytování spousty nových služeb, které budou sofistikovanější, než pouhé objednání lístků do divadla nebo nákup knihy. Služby, které budou na internetu nabízeny izolovaně, budou sjednoceny a připojeny k jiným, což povede k tvorbě další přidané hodnoty pro zákazníka. Díky postupné digitalizaci budou tyto služby snadněji dostupné. IoS přispěje k zajištění růstu a ziskovosti terciálního sektoru.

Smart Factories

Inteligentní továrnu si lze představit jako prostředí, ve kterém spolu jednotlivá, plně automatizovaná a autonomní, výrobní a podpůrná zařízení komunikují s cílem optimalizace výrobního procesu a nákladů. Komunikace probíhá zpravidla pomocí internetu, přes který proudí data z nejrozličnějších sensorů. Ta jsou v reálném čase vyhodnocována a v případě jakýchkoliv odchylek slouží jako impuls pro daný výrobní stroj k přeseřízení. Vše probíhá zcela automaticky a bez přímého zásahu člověka. Doprava materiálu popř. jednotlivých komponent do výrobních úseků je zajišťována autonomními vozíky, které jsou schopné vyhnout se nejen statickým překážkám, ale i lidem. Na základě dat vozíky dovezou materiál na správné místo, ve správném množství a čase a tím zajišťují kontinuální tok výroby. S postupným rozmachem a zdokonalováním inteligentních továren budou lidem zadávány komplexnější úkoly, zatímco běžné a opakující se činnosti budou automatizovány. Ke ztrátě pracovních míst však nedojde, pouze se změní náplň práce. Dokonalejší technologie s sebou totiž přináší vyšší požadavky na nepřímou podpůrnou činnost. Výstavba či přestavba inteligentní továrny znamená vytvoření spolehlivějšího a bezpečnějšího pracovního prostředí, lepší schopnost reakce na vzrůstající individualizaci v poptávce a efektivní způsob snížení nákladů, což jsou základní předpoklady pro úspěch v dynamickém a konkurenčním tržním prostředí (Tomek, 2017).

Smart Cities

Chytré město je město využívající digitálních a informačně komunikačních technologií ke zlepšení kvality života svých obyvatel. Typickým příkladem jsou chytrá parkovací místa, která si lze objednat a zaplatit dopředu přes aplikaci, případně chytré semaforey řídící dopravu podle aktuální situace a vytíženosti. Koncept chytrých měst se však netýká pouze dopravy.

Důležitým aspektem je především hospodaření se zdroji a energiemi. Díky chytrým pouličním osvětlením schopným měnit intenzitu světla v závislosti na denní době, či dokonce poskytovat internet formou Wi-Fi nebo monitorovat volná parkovací místa uspoří města náklady na osvětlení a zároveň zvýší kvalitu života svých obyvatel.

1.4. Podpůrné technologie

Pro úspěšné zavedení koncepce Průmyslu 4.0 je nezbytné systémové nasazení některých stěžejních technologií, které budou blíže popsány v této kapitole, společně s jejich přínosem pro firmy či domácnosti.

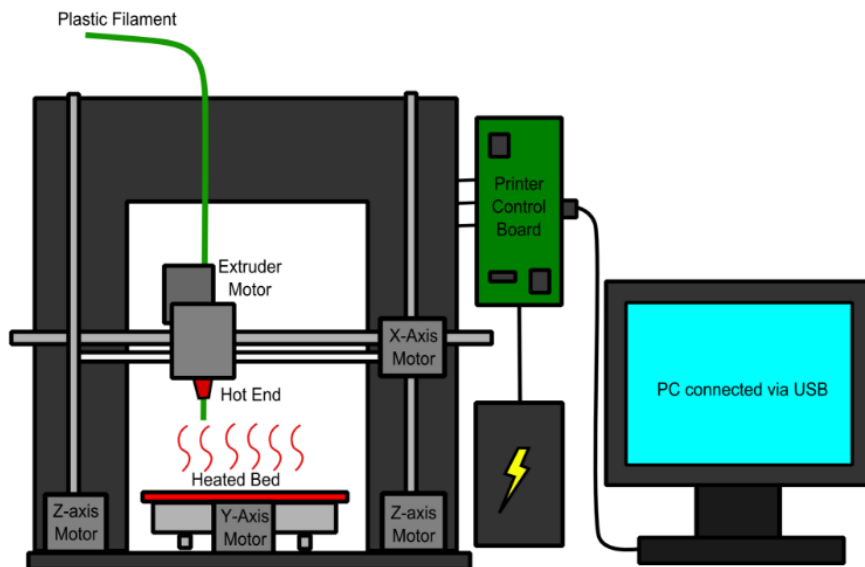
Adaptivní roboty

Adaptivními roboty jsou nazývány stroje, které mohou díky zkombinování mikroprocesoru a umělé inteligence provádět nejen výpočetní operace, nýbrž i navzájem komunikovat a vykazovat určitou úroveň autonomie. Využití těchto robotů přináší podnikům úsporu výrobních nákladů a času. Autonomní výrobní linku si lze představit jakou soustavu těchto robotů, osazených snímači a kamerami, vykonávajících výrobní operace, komunikujících mezi sebou a vzájemně se učících. Základní předpoklady pro využití této technologie jsou dle Ustundaga a Cevikcana (2017, str. 7) následující:

- Síťové propojení přes Ethernet nebo Wi-Fi zajišťující vysokorychlostní přenos dat
- Jednoduchá integrace do již stávajícího výrobního systému
- Průběžné optické zpracování jednotlivých dílů či celého výrobku
- Existence učícího mechanismu na základě cizích či vlastních informací.

Aditivní výroba

Aditivní výroba, neboli 3D tisk je označení pro technologii, která skládáním jednotlivých vrstev materiálu (pro tisk lze použít kov, plast či keramiku) přeměňuje digitální předlohu na fyzický produkt. Řídící jednotka 3D tiskárny je připojena k PC a pomocí aplikační podložky a trysky, které jsou vzájemně pohyblivé ve všech třech osách, vrství jednotlivé vrstvy materiálu dle digitálního obrazu. Princip 3D tisku a jednoduchá tiskárna jsou znázorněny na Obrázku 4.



Obrázek 4: Schéma technologie 3D tisku

Zdroj: <https://www.stampa3d-forum.it/wp-content/uploads/2014/04/fdm-tecnologia-stampanti-3d-stampa-3d-forum.png>

Technologie 3D tisku v sobě skrývá obrovský potenciál, který je dále rozvíjen právě čtvrtou průmyslovou revolucí. Vytisknout lze prakticky cokoli od běžných dílů a součástí pro různé stroje, přes umělé protézy pro lidi a zvířata, až po jednoduché domy – v dubnu 2014 vytiskla čínská stavební společnost WinSun deset jednopatrových domů během jednoho dne, za použití speciální technologie, která tvoří hlavní konstrukci domu a zdi z levné směsi betonu a stavebního odpadu (BBC News [online]). To vše při nesrovnatelně nižších výrobních nákladech oproti standardnímu způsobu výroby. Omezením je pouze velikost 3D tiskárny. Díky klesajícím pořizovacím a výrobním nákladům, digitalizaci a zvyšující se počítačové gramotnosti, se technologie 3D tisku stane dostupnější pro širokou veřejnost a přispěje tak ke zkvalitnění života obyvatel.

Rozšířená a virtuální realita

Oba tyto pojmy bývají často skloňovány ve sdělovacích prostředcích či na sociálních sítích a jejich růstový potenciál přitahuje mnoho pozornosti nejen firem, které mohou rozšířenou a virtuální realitu využít například při simulacích výroby, ale i domácností, jež mohou v současnosti tuto technologii využít k zábavě (reklamy, hry, „živé“ plakáty) či vzdělání (rozšíření učebnic o interaktivní audiovizuální prvky a modely). Je proto s podivem, jak často bývají tyto pojmy nesprávně zaměňovány.

Rozšířenou realitou je nazývána technologie, která snímá skutečnou realitu a vkládá do ní počítačem generované objekty a prvky za účelem interakce uživatele s nimi anebo za účelem poskytnutí informace. Uživatel tedy, na rozdíl od virtuální reality, stále vnímá okolní prostředí, které je technologií rozšířeno o digitální prvky. Toto rozšíření reality může probíhat dvěma způsoby:

- Optical see-through – pomocí tzv. chytrých a průhledných brýlí je skutečný obraz na cestě k oku uživatele doplňován o dodatečné informace. Výhodou jsou volné ruce uživatele, nevýhodou pak potenciální riziko špatné synchronizace obrazu při rychlejšímu pohybu.
- Video see-through – realita je rozšířena na displeji tabletu či mobilního telefonu, kterým je snímáno okolní prostředí. Nevýhodou je nutnost držení telefonu či použití držáku, výhodou pak přesnější vizuální rozšíření.

Virtuální realita je chápána jako umělá, počítačem generovaná simulace skutečného prostředí nebo situace. Uživatel vnořením do digitálního světa ztrácí kontakt se současným prostředím. Virtuální realita navozuje pocit okamžitého audiovizuálního prožití jakékoliv digitálně simulované situace. Rozdíl mezi rozšířenou a virtuální realitou za současného propojení s koncepcí Průmysl 4.0 lze ilustrovat například na procesu nakupování. Při použití rozšířené reality si představme zákazníka, jenž se při použití této technologie podporujícího zařízení (brýle pro rozšířenou realitu, tablet) prochází po obchodě a jsou mu v reálném čase zobrazovány informace o oblíbených produktech, recenze, složení nebo stav daných potravin v domácnosti apod. Pokud uvažujeme virtuální realitu a technologicky vyspělý svět autonomie vozidel, strojů a robotů, lze nákup provést pouhým nasazením brýlí pro virtuální realitu a z pohodlí domova projít virtuálním obchodem, nakoupit a nechat si nákup autonomním vozidlem dovézt až do domu.

Cloudové výpočty

V nejjednodušším pojetí představují cloudové výpočty ukládání a zpětný přístup k datům a programům pomocí internetu namísto pevného disku počítače. Toto řešení šetří náklady zejména malým a středním podnikům, které pro své složitější výpočty, například komplexní simulace, mnohdy nemají potřebný HW, či podnikům, které tyto výpočty provádí nárazově a není pro ně ekonomicky výhodné pořízovat potřebnou výpočetní technologii. Cloud si velmi zjednodušeně lze představit jako volnou a nezměrnou výpočetní kapacitu, skládající se z počítačů po celém světě, provádějící sofistikované výpočty mimo prostředí uživatele a

vracející zpětnou informaci o výsledku, ke kterému by se uživatel za použití svých omezených výpočetních kapacit nebyl schopen takto rychle dobrat.

RTLS a RFID technologie

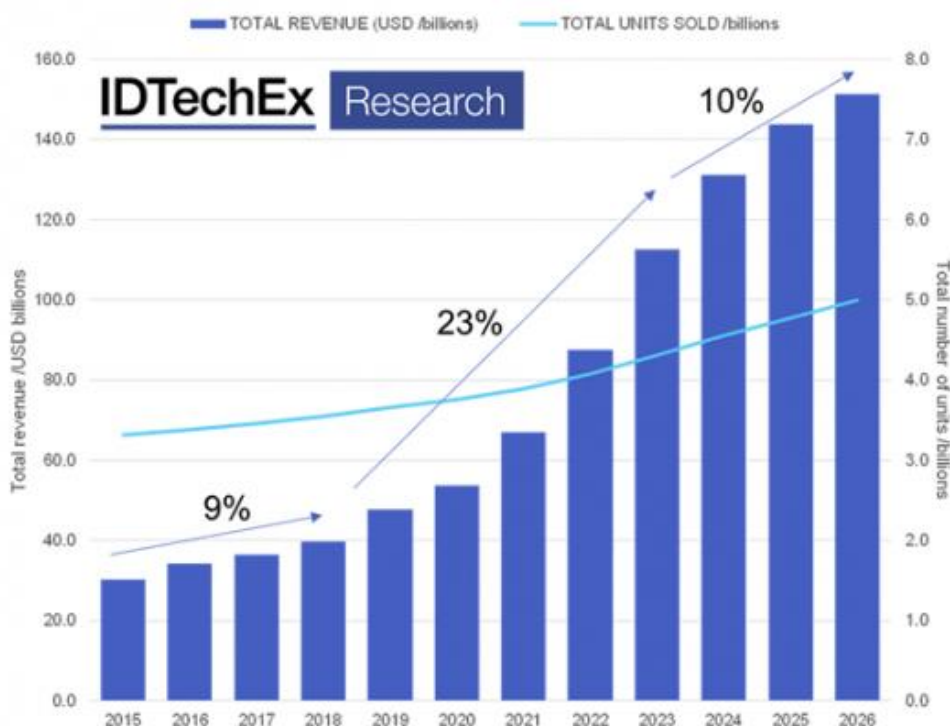
Real time location systems a radio-frequency identification jsou technologie známé a využívané již několik let, avšak pro chod a zavádění koncepcí Průmyslu 4.0 jsou naprosto nezbytné. Díky čipům umožňují identifikaci a lokalizaci produktů na krátkou vzdálenost. Uplatnění naleznou zejména v logistice, přepravě a skladování. Shromažďování a zpracovávání těchto dat v reálném čase podmiňuje autonomní rozhodování strojů a chytrých zařízení, které jsou pak schopny reagovat například na ubývající zásoby ve skladu či špatně vychystaný díl (Ustundag a Cevikcan, 2016). V běžném životě se lze setkat s těmito technologiemi při nakupování – RFID čipem bývá chráněno oblečení proti krádeži anebo při sportu, kde se RFID využívá např. v lyžařských skipasech nebo jako čipová časomíra pro měření účastníků závodů – každý závodník je vybaven čipem, který je posléze načten anténou v cílové linii. Ze zboží nemusí být RFID čip po prodeji cíleně odstraněn a poskytuje tak další poprodejní služby výrobcí např. při přepravě – sledování lokace objektu, záznam trasy apod. (Evdokimov, 2011).

Wearables

Wearables, neboli nositelná chytrá zařízení, je pojem označující malá, elektronická nebo senzorická zařízení, která lze nosit na oblečení nebo přímo na kůži. Tak jako ve většině případů se i tato technologie nejprve využívala v armádě a až s postupem času se tak, jak se zlepšovaly její výpočetní schopnosti a zároveň snižovala velikost samotných zařízení, rozšířila mezi širokou veřejností. S nastupující čtvrtou průmyslovou revolucí nachází technologie chytrých zařízení (stejně jako RFID či 3D tisk) uplatnění nejen v mnoha průmyslových odvětvích, ale i v běžných domácnostech. Ať už se jedná o logistiku, zdravotnictví, dopravu či fitness, módu nebo hudbu, wearables rozšířily trh s mobilními zařízeními a změnily způsob interakce lidí s nimi, s okolím, ale i mezi sebou. V současnosti má tato technologie podobu chytrých hodinek, náramku, prstýnků či rukavic a triček opatřených výpočetním HW a SW. Výjimkou nejsou ani obojky pro domácí mazlíčky, monitorující jejich celodenní aktivitu a zdraví (Follet, 2014).

Trh s wearables je stále v rané fázi vývoje, lze však očekávat jeho rychlý růst. Dle údajů IDTechEx dosáhl v roce 2017 tento trh tržeb ve výši necelých 40 mld. dolarů při 200

milionech prodaných zařízení. O pět let později, v roce 2022 je predikován růst na téměř 90 mld. a více než 400 mil. prodaných zařízení, viz Obrázek 5.



Obrázek 5: Vývoj trhu s wearables

Zdroj: <https://www.smartinsights.com/digital-marketing-strategy/wearables-statistics-2017/>

Blockchain technologie

Každá donedávna uskutečněná transakce obsahovala část odváděnou třetí straně. Ať už se jedná o marži obchodníka, daň vybíranou státem nebo poplatek odváděný bance, každá z těchto položek zvyšovala celkové náklady. Další z technologií, jenž se staly trendem s nástupem čtvrté průmyslové revoluce je tzv. Blockchain.

Tato technologie byla vytvořena v roce 2008 za účelem vytvoření dnes nejznámější kryptoměny, a sice Bitcoinu (v současnosti existují stovky dalších kryptoměn využívajících tuto technologii). Blockchain představuje efektivní způsob záznamu a ukládání transakcí. Ty jsou rozděleny do bloků a vzájemně kryptograficky propojeny. Data jsou transparentní a nemohou být žádným uživatelem změněna. Samotná technologie obsahuje mechanismy a opatření proti falsifikaci a duplikaci. Tím zaniká riziko podvodu.

Blockchain představuje rychlejší, levnější a bezpečnější správu dat. Je komplexním řetězcem informací, které nemohou být zneužity. Tato technologie může být použita nejen za účelem pořízení zboží a služeb s nižšími náklady za předpokladu všeobecné důvěry a přijímání

kryptoměn, ale i k rychlejšímu sledování nejrůznějších dat mezi firmou a jejími zákazníky nebo dodavateli.

1.5. Posouzení zapojení firem do Průmyslu 4.0

V současnosti je Průmyslu 4.0 vnímán firmami jako nástroj pro získání konkurenční výhody. Díky digitalizaci lze lépe řídit výrobu a logistiku, sledovat a shromažďovat zákaznická očekávání a přání, monitorovat jejich spokojenost či vytvářet nejrůznější predikce a modely a tím přispět k rozšíření tržního podílu a zvýšení efektivity podniku. V otázce zapojení firem do Průmyslu 4.0 rozlišuje Mařík, 2016, těchto pět úrovní tzv. digitální zralosti firmy:

1. Firma využívá k řízení výroby základní informační systém, na internetu není aktivní. Disponuje nejvýše webovou stránkou. Přestože ve firmě není vypracována digitální strategie, začíná uvažovat o postupné digitalizaci procesů, zejména ve výrobě a logistice. Komunikace s dodavateli a odběrateli probíhá tzv. „vynuceně“ na základě potřeby. Neexistuje systém schopný např. automatických objednávek dílů na základě průběžného monitorování skladových zásob.
2. Firma je digitálně aktivní, působí na internetu. K interním procesům používá specializovaný SW, rozumí důležitosti dat. Uvažuje o prvních integračních projektech vedoucích k jisté míře automatizace. Firma přemýšlí o vypracování digitální strategie a o zapojení svých dodavatelů a odběratelů do komunikačního řetězce.
3. Firma má přesně vypracovanou digitální strategii. Kromě působení na internetu se prezentuje i formou aplikací pro mobilní telefony a tablety či na sociálních sítích. Veškeré procesy (informace ze sensorů ve výrobě, logistice apod.) ve firmě jsou doprovázeny zpětně dohledatelnými daty a jsou ukládány v centrální databázi. Vyráběné produkty mají svůj digitální obraz znázornitelný virtuální realitou.
4. Firma je digitalizovaná v celém výrobním řetězci od prvotní komunikace a zjišťování zákaznických přání, přes komunikaci s dodavateli, výrobu, logistiku a poprodejní služby. Využívá digitální modely pro předpověď poruch výrobních zařízení.
5. Firma je schopna díky plně integrovaným kyber-fyzikálním systémům, digitalizaci a propojení online (digitálního) a offline (fyzického) světa nabídnout svým zákazníkům jedinečnou zkušenost. Díky virtuálním technologiím a autonomní výrobě schopné okamžitého přerízení výroby dle aktuálních požadavků, si může každý zákazník individuálně navrhnout úpravy na požadovaném produktu. Firma chápe význam zákaznické spokojenosti, proto nabízí další poprodejní služby

garantované po dobu planosti partnerského vztahu se zákazníkem (např. virtuální asistenti komunikující se zákazníky). Díky své silné pozici v otázce zapojení do Průmyslu 4.0 je schopna nepřímo určovat způsob komunikace se svými dodavateli a odběrateli.

Mařík, 2016 dále uvádí, že do kategorie 3 lze v současnosti v ČR zařadit pouze pár desítek firem a u kategorie 4 jsou i u těch nejvyspělejších firem realizovány pouze některé dílčí rozřazovací předpoklady. Dále v publikaci uvádí tři základní oblasti překážek, kterým české firmy čelí při zavádění myšlenek Průmyslu 4.0. Těmito oblastmi jsou **mentální entropie** – poznání, motivace k zavedení Průmyslu 4.0, **technologická entropie** – omezení způsobená současnou technikou a **sociální entropie** – překážky způsobené nedostatky na straně státu.

Mentální entropie

- Nedostatečné povědomí řídicích pracovníků jednotlivých firem o podstatě a myšlenkách Průmyslu 4.0 a jeho výhodách pro podnik způsobené absencí možností prohlédnutí vzorových příkladů a simulací.
- Složité rozhodovací procesy, nechť měnit stávající stav a činit strategická rozhodnutí.
- Neznalost základních pojmů, jako například CPS, případně jejich naprosto mylné vnímání.
- Neschopnost technicky definovat a zpracovat myšlenky Průmyslu 4.0 do strategie firmy.
- Obavy z vysokých pořizovacích a provozních nákladů, dále z nákladů nezbytných k analýzám konkurenčních firem apod.

Technologická entropie

- Datová nepropojenost jednotlivých prvků ve výrobě.
- Chybějící standardizace vstupních a výstupních informací jednotlivých informačních systémů a tím nemožnost jejich propojení do jednoho uceleného rámce.
- Obtížné získávání dat a kvantifikace přínosu hodnototvorných procesů a z toho plynoucí nemožnost optimalizace těchto procesů pomocí virtuální reality.
- Existence strojů a výrobních zařízení schopných pracovat dle myšlenek Průmyslu 4.0 samostatně bez jakékoliv standardizace a s tím spojené nevytváření tlaku na snahy o integraci těchto zařízení do jedné globální platformy.

- Neschopnost současné technologie dokonale nahradit některé člověkem vykonávané práce.

Sociální entropie

- Nedostatečně rozvinuté datové sítě znemožňující požadovanou úroveň komunikace a průchodnosti dat.
- Nedostatečné zaměření státu na aplikovaný výzkum a jeho chybějící koncepce.
- Zastaralý vzdělávací systém neschopný reagovat na aktuální tržní požadavky jako jsou počítačová gramotnost, znalost jazyků nebo znalosti z oblasti matematiky a fyziky.
- Složitá a mnohdy nadbytečná legislativní zátěž jednotlivých podnikatelských subjektů formou nejrůznějších nařízení a předpisů upravujících jejich podnikatelské aktivity a znemožňujících podnikání (Mařík, 2016).

2. Vliv Průmyslu 4.0 na ekonomické subjekty

Čtvrtá průmyslová revoluce změní znatelným způsobem nejen trh práce, ale i požadavky na kvalifikaci zaměstnanců. Těmto změnám se bude muset přizpůsobit vzdělávací systém, aby bylo možno za přijatelných sociálně-ekonomických podmínek vzdělávat a přemísťovat zaměstnance s nevyhovující kvalifikací anebo ze zanikajících profesí na nově vznikající pracovní pozice. S nástupem nových technologií vzniknou požadavky na nové dovednosti s nimi spojené. Ať už se jedná o výzkum a vývoj technologií či jejich užití a údržbu. V této kapitole budou popsány změny, s nimiž budou s nástupem Průmyslu 4.0 konfrontovány nejen firmy a domácnosti, nýbrž i stát, ať už se jedná o budoucí změny v oblasti práce a nové pracovní příležitosti nebo již probíhající změny v podobě růstu sektoru ICT a výzvy v podobě zajištění počítačové gramotnosti, vzdělávání v relevantních oborech a získávání potřebných znalostí a dovedností.

2.1. Stav v současnosti

Česká republika má díky vysokému podílu průmyslu dobré předpoklady pro zavedení myšlenek Průmyslu 4.0. Vývoj průmyslové výroby od roku 2013 stabilně roste a ve vybraných odvětvích se tempo růstu dokonce zvyšuje. Nejvíce k tomu přispívá automobilová, gumárenská a elektrotechnická výroba (Mařík, 2016, str. 29). Z tohoto růstu mohou těžit firmy, domácnosti i stát. Kapitola 2.1 popisuje současný stav těchto subjektů a jejich vztah k Průmyslu 4.0.

2.1.1. Firmy

Firmy jsou při zavádění myšlenek čtvrté průmyslové revoluce do jisté míry ovlivněny vlastnickou strukturou. Ve zpracovatelském průmyslu, konkrétněji ve výrobě automobilů a jejich součástí, elektroniky a elektrotechniky je mnoho relativně velkých firem vlastněných velkou nadnárodní korporací určující mj. i druhy používané technologie nebo přístup k aplikování koncepcí Průmyslu 4.0. České firmy vlastněné nadnárodní korporací jsou pak součástí jejího hodnototvorného řetězce s určitým stupněm tvorby přidané hodnoty od nízké – montážní práce, přes střední (např. programování), až po vysokou – podílení se na výzkumu a vývoji. Malé a střední firmy, většinou dodávající zboží nebo služby těmto velkým firmám, jsou motivovány k inovacím zejména vidinou vyšší konkurenceschopnosti. Ať už se jedná o malé, střední nebo velké podniky, jsou tato strategická rozhodnutí často uskutečňována manažery, kteří nejsou dostatečně informováni v otázkách Průmyslu 4.0 a mají tak pouze kusé a nepřesné informace. Zvýšení konkurenceschopnosti ale není jediným

motivačním faktorem, který by měl ovlivňovat rozhodování. Zavádění principů Průmyslu 4.0 povede ke zvýšení produktivity práce, odstranění nedostatku lidských zdrojů (zejména v kvalifikačně méně náročných pracích), snazší spolupráci s obchodními partnery nebo prevenci problémů při naplňování požadavků státních institucí na ochranu životního prostředí a požadavků na BOZP.

Velikost a druh podniku má vliv i na způsob řízení výroby. Ve velkých chemických firmách převládá centralizovanější způsob řízení, naopak ve firmách vyrábějících automobily, elektroniku a elektrotechniku se od velínového řízení ustupuje. Způsob řízení výroby a odvětví, ve kterém firma působí, ovlivní složitost digitální transformace podniku. Pro automobilový průmysl je typické shromažďování velkého objemu dat vznikajících už v rané fázi návrhu a vývoje výrobku, dat z nejrůznějších sensorů ve výrobě či nejrůznějších predikcí poptávky, prodeje a informací o zákaznících. Vhodné využití těchto dat a správná strategická rozhodnutí povedou k jednodušší přeměně podniku na tzv. Inteligentní továrnu, viz kapitola 1.3.

Aplikování principů čtvrté průmyslové revoluce změní mj. i přístup firem k otázkám údržby strojů a výrobních zařízení, kde velký objem dat z těchto strojů a jejich analýza poslouží k definování modelů predikujících potřebu servisního zásahu na základě jednotlivých parametrů. Včasné provedení servisního úkonu zamezí vzniku vícenásobných a případnému výpadku technologie a odstávkám výroby. Podmínkou pro tyto hlubší datové analýzy a následní aplikování jejich výsledků do plánů prediktivní a preventivní údržby za účelem optimalizace nákladů je dle Maříka (2016, s. 35) především:

- Definice konkrétních zařízení, měřitelných parametrů a způsobu měření
- Bezpečný a rychlý přenos dat
- Standardizace a uspořádání těchto dat do dále zpracovatelné formy
- Nasazení standardizovaných a uživatelsky jednoduchých analytických nástrojů
- Vyškolení pracovníků údržby v interpretaci datových analýz a jejich vlivu na optimalizaci nákladů na údržbu a zajištění dostupnosti výrobních zařízení

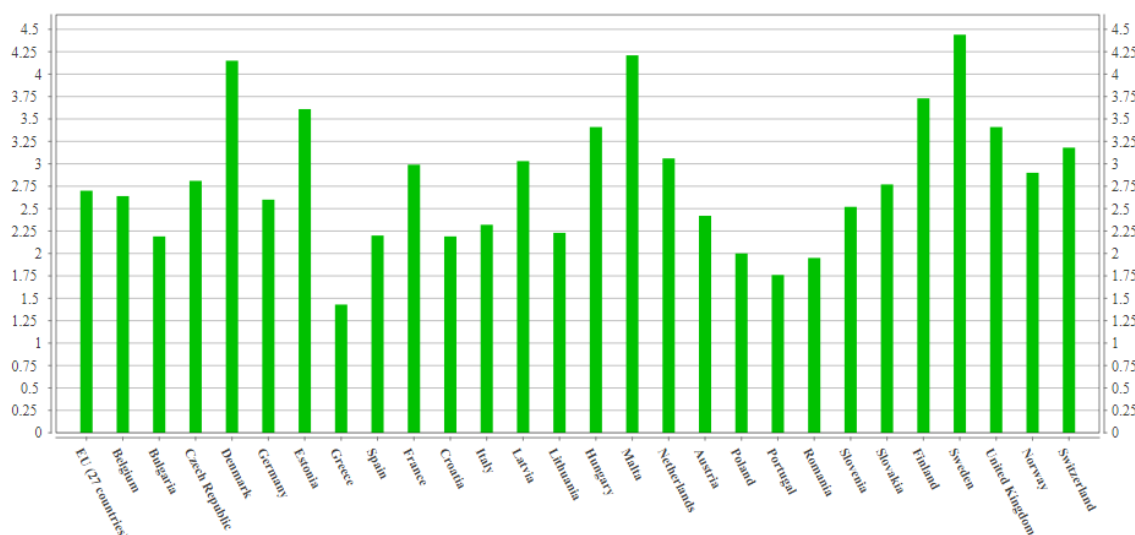
Přestože firmy s nastupující robotizací a automatizací stále více chápou význam údržby svých strojů a výrobních zařízení, příliš nevyužívají výše zmíněných datových analýz k úpravám plánů údržby. Důvodem mohou být sice platná, ale poněkud zastaralá a v dnešní době již nedostačující nařízení o pravidelných kontrolách v ne zcela odpovídajících intervalech.

2.1.2. Domácnosti

Využití moderních technologií a principů Průmyslu 4.0 není spojeno pouze s nabídkou těchto služeb, ale zejména s ochotou jednotlivých uživatelů a jejich připraveností na změny v oblastech komunikace, kybernetiky či informatiky a automatizace. Údaj o připravenosti obyvatelstva však nelze snadno interpretovat. Lze ho však částečně zastoupit údajem o změnách v zaměstnanosti lidských zdrojů v sektoru ICT a v dalších specifických profesích.

Růst sektoru ICT

Dle údajů z Eurostat roste zaměstnanost v sektoru ICT ve všech členských státech EU. Tempo růstu se však v jednotlivých zemích liší. Stejně tak se liší podíl zaměstnanosti v tomto sektoru na celkové zaměstnanosti od 1,4 % v Řecku k více než 4 % ve Švédsku, Dánsku a Maltě, viz Obrázek 6.



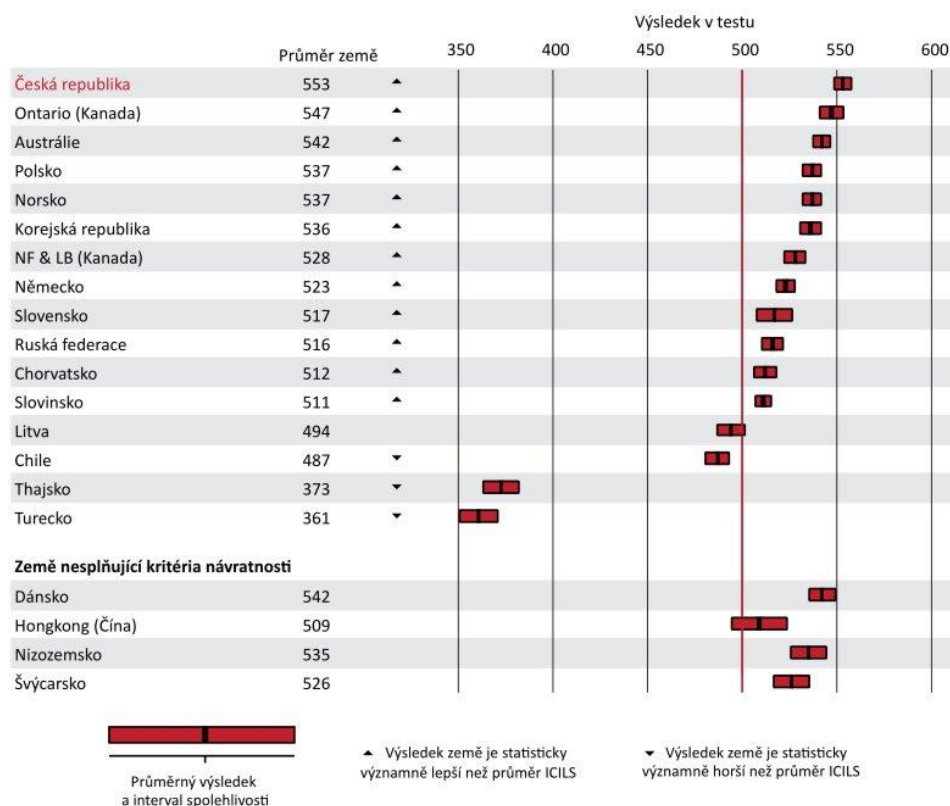
Obrázek 6: Poměr zaměstnanosti v sektoru ICT k celkové zaměstnanosti

Zdroj: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tin00085>

Česká republika se s 2,8 % nachází v evropském průměru, tempem růstu však převyšuje většinu zemí. Důvodem je především prudký nárůst do České republiky outsourcovaných a na kvalifikaci méně či středně náročných ICT aktivit (např. programování) z vyspělých, povětšinou západních států, kde naopak probíhají aktivity s vysokou přidanou hodnotou (např. vývoj automatizačních systémů). Nelze tedy říci, že by byl počet znalostních pracovníků v oblasti ICT v ČR na špatné úrovni; nutno však dodat, že většina z nich vykonává méně kvalifikačně náročné práce.

Počítačová gramotnost

Počítačová gramotnost je základním předpokladem pro přijetí a rozvoj myšlenek Průmyslu 4.0 ve společnosti a požadavkem pro zvládnutí nových profesních úkolů, které budou na zaměstnance kladeny. Proto je důležité ji rozvíjet již v raném věku. V roce 2013 proběhl výzkum ICILS zaměřující se na počítačovou gramotnost žáků základních škol s velmi pozitivním výsledkem pro ČR. Výzkumu se zúčastnilo přes 60 tisíc žáků osmých tříd z 21 zemí světa. Každý z žáků obdržel dotazník zkoumající jeho osobní postoje k technologiím a stupeň jejich využívání k výuce na dané škole. Posléze žáci absolvovali půlhodinový testový modul obsahující otázky zkoumající schopnost základního využití počítače k práci s emailovým klientem, tvorby a sdílení dokumentů, rozpoznání potenciálního nebezpečí ve formě podezřelých emailů. Poslední úloha se týkala zpracování informací z webové stránky do textového dokumentu např. ve formě plakátu či pozvánky a zkoumala schopnost invence žáků. Úloha nebyla hodnocena, na rozdíl od předchozích, automaticky, nýbrž vyškolenými hodnotiteli a měla objektivně z celého testového modulu největší přínos. Výsledkem výzkumu bylo první místo českých žáků, viz Obrázek 7 znázorňující škálu průměrného hodnocení jednotlivých zemí.



Obrázek 7: Průměrný výsledek jednotlivých zemí v hodnocení ICILS

Zdroj: <https://clanky.rvp.cz/wp-content/upload/obrazky/19347/full/0.jpg?175923000000>

V dospělé populaci není situace pro Českou republiku již tak příznivá. V tabulce 2 je znázorněna změna mezi lety 2006 a 2014 v podílu osob v rozmezí 16-74 let s nízkou, střední a vysokou úrovní počítačových znalostí. Přestože se podíl osob s vysokou úrovní počítačových znalostí v ČR zvýšil ze 14 % na 27 %, stále se ČR v porovnání s vyspělými zeměmi EU nachází v dolní polovině a např. oproti Finsku, kde je vysoce gramotná téměř polovina populace (46 %) zaostává ČR o 19 %.

Tabulka 2: Podíl populace s nízkou, střední a vysokou úrovní počítačové znalosti

	2006			2014		
	Nízká	Střední	Vysoká	Nízká	Střední	Vysoká
Finsko	15	29	29	13	27	46
Německo	17	31	27	18	31	30
Česká republika	16	22	14	18	23	27
Slovensko	18	30	17	20	32	25
Nizozemsko	16	29	33	22	32	27

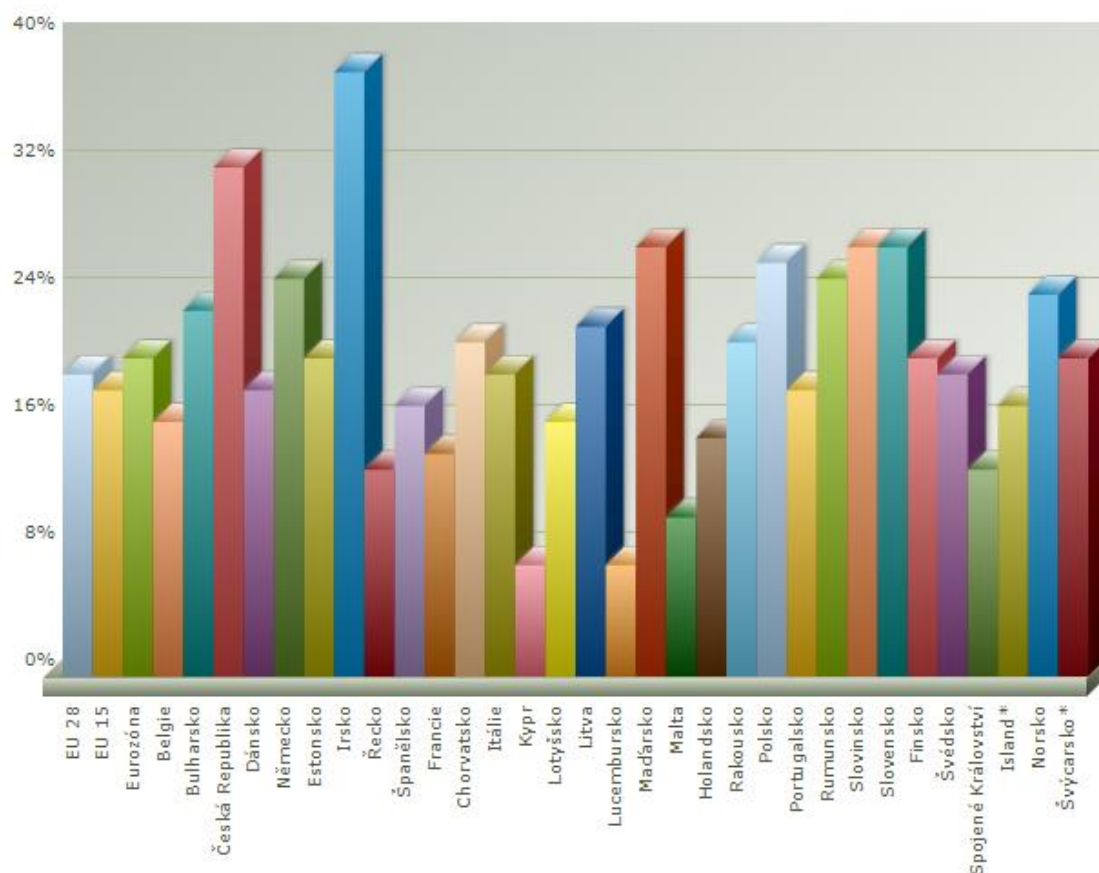
Zdroj: Autor, na základě dat z Národního vzdělávacího fondu

Zvyšování kvalifikací lidských zdrojů.

Zajištění odpovídajícího vzdělání je nezbytnou součástí pro obsazení nových míst, která vzniknou v návaznosti na zavedení koncepcí Průmyslu 4.0 v jednotlivých firmách. V mezinárodním měřítku má ČR výhodu v nízkém poměru populace s pouze základním vzděláním. Zaostává naopak v nízkém podílu lidí s terciárním, tzn. vyšším odborným anebo bakalářským vzděláním. Důvodem může být nezáměr populace o tento stupeň vzdělání či nízká poptávka zaměstnavatelů. Přitom právě terciární vzdělání je předpokladem a jednou z cest k získání potřebných základních znalostí a dovedností spojených s novými nastupujícími trendy typu digitalizace, automatizace, kybernetika apod. Ani v otázce dodatečného vzdělávání není ČR v popředí. „V roce 2014 se dále vzdělávalo v ČR pouze 9 % populace ve věku 25-64 let, zatímco ve Finsku to byla ¼ populace v tomto věku“ (Mařík 2016, s. 166).

2.1.3. Stát

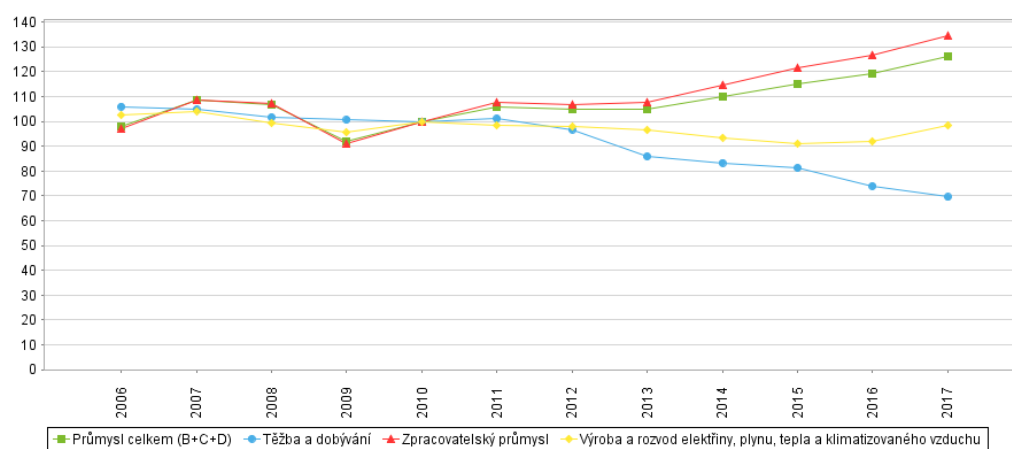
Česká republika má díky vysokému podílu průmyslu a otevřenosti ekonomiky dobrou výchozí pozici v nastupující čtvrté průmyslové revoluci. V roce 2015 byla ČR zemí s druhým největším podílem hrubé přidané hodnoty průmyslové výroby (32 % - hned za Irskem s 39 %) z evropských zemí, viz obrázek 8.



Obrázek 8: Podíl hrubé přidané hodnoty průmysl. výroby ve vybr. zemích Evropy

Zdroj: Svaz průmyslu a dopravy ČR

Od roku 2014 navíc průmysl stabilně roste, jak je znázorněno na obrázku 9. V porovnání s bazickým rokem 2010 vzrostl v roce 2017 o 26 % a to především díky růstu zpracovatelského průmyslu – výroba automobilů, elektroniky a elektrotechniky, gumárenských a plastových výrobků.



Obrázek 9: Index průmysl. produkce včetně rozdělení na jednotlivé složky průmyslu

Zdroj: ČSÚ

Vysoký podíl průmyslu se ale nesmí stát důvodem k vytvoření snah o zachování současné situace. Růst průmyslu a ekonomiky musí být stále stimulován investicemi do prvků ovlivňujících hodnotový řetězec, a sice do vstupů (materiál, energie), technologií tyto vstupy zpracovávajících, způsobů distribuce výrobků a prodejních a poprodejních metod.

2.2. Stav v nejbližších letech

S nastupující čtvrtou průmyslovou revolucí dojde k hlubším změnám v celé společnosti. V této kapitole budou shrnuty dílčí změny, které lze očekávat. Je však nezbytné podotknout, že myšlenka Průmyslu 4.0 je z dlouhodobého hlediska v rané fázi a nelze se tak nyní opírat o rozsáhlé analýzy a rozbory sociologických dopadů. Změny, které nastanou v budoucnosti ve státní, firemní i osobní sféře jsou však neoddiskutovatelné.

Změny v oblasti práce

Vlivem nových technologií a aplikací koncepcí Průmyslu 4.0 dojde k restrukturalizaci a reorganizaci práce. Tradiční organizační struktura práce bude plošší, řízení decentralizovanější. Zvýší se požadavky na samostatné rozhodování pracovníků, podpořené monitorovacími a optimalizačními systémy. Díky virtuálním a komunikačním technologiím spolu budou moci snáze pracovat nejen zaměstnanci jedné firmy, ale i odborníci z pobočných závodů, či externí specialisté z různých koutů světa. Ti budou v případě potřeby uskupeni do operativních týmů s cílem vyřešit určitý problém či splnit mimořádný úkol. Vzroste tak nejen význam vzdělání v oblasti cizích jazyků, ale i schopnost projektového řízení a především týmové práce. Díky rozšíření možností práce na dálku a s ní související vyšší flexibilitou pracovní doby naleznou snáze uplatnění osoby, které by za jiných okolností byly obtížněji začlenitelné do pracovního procesu např. z důvodu neochoty cestovat za prací, potřeby péče o rodinné příslušníky či zdravotního postižení. Popularitu a rozmach trendu flexibilní pracovní doby lze pozorovat již nyní. Dochází tak k prolínání pracovního a soukromého života, které bude ještě prohloubeno častějším nahrazováním osobního kontaktu kontaktem virtuálním.

Nové technologie ve výrobě usnadní či zcela eliminují rutinní nebo nebezpečné práce. Zlepšením pracovního prostředí dojde ke zvýšení atraktivity práce pro mladou populaci. Ta již dnes mnohdy nestaví výdělek na první místo. Stejně důležitou roli hrají pracovní podmínky, možnost kariérního růstu a vzdělávání či firemní kultura. S vyšší mírou individualizace poptávky vzroste potřeba vyšší flexibility ve výrobě. Té bude dosaženo využitím robotů, při vyšší efektivitě a kvalitě. Zároveň ale vzroste poptávka po odborném

lidském kapitálu, neboli zaměstnancích, kteří dokáží s roboty správně pracovat a kterým budou firmy dle vlastních potřeb rozšiřovat znalosti.

Nahrazování práce technikou předurčuje snížení počtu pracovních míst s nízkými požadavky na kvalifikaci. Z historie je zřejmé, že zavedením nové technologie zaniknou některé pracovní pozice (např. nahrazení textilních řemeslníků tkalcovskými stroji začátkem průmyslové revoluce v druhé polovině 18. stol. ve Velké Británii), zároveň však vzniknou nová pracovní místa, která do jisté míry absorbují volný pracovní kapitál vytlačený novou technologií. S vyšší úrovní vyspělosti jednotlivých technologií lze však očekávat jejich zvýšenou schopnost nahrazovat větší množství lidské práce a tvorba nových pracovních míst tak nemusí dokonale pokrýt úbytek jiných pozic. Významným faktorem v této otázce bude tempo růstu ekonomiky, které, pokud bude vysoké, bude schopno tvořit velkou dodatečnou poptávku po zboží a službách a tím stimulovat tvorbu nových pracovních míst a generovat vyšší příjmy do státního rozpočtu. Je zřejmé, že automatizace a robotizace budou mít vliv na redukci pracovních míst. Tato změna však nenastane okamžitě. V současnosti se naopak čeští zaměstnavatelé potýkají s nedostatkem zejména technických pracovníků a nic nenasvědčuje tomu, že by se tato situace měla změnit. Demografický vývoj a stárnutí populace snižují počet obyvatel v produktivním věku a tím i dostupnost pracovní síly. Zvyšování průměrného věku odchodu do penze řeší tento problém neefektivně, jelikož se pracovníkům snižují fyzické schopnosti a musí jim být přizpůsobováno pracovní prostředí. (Mařík a kol., 2016).

Nové pracovní příležitosti

S rostoucím dopadem informační a kybernetické technologie na životy obyvatel a pronikáním těchto technologií do nejrůznějších sfér (ekonomika, politika, společnost) bude všem tvůrcům systémů velkou výzvou navržení těchto systémů tak, aby byly intuitivní a snadno ovladatelné uživateli se všemi úrovněmi uživatelských schopností, při současném zachování bezpečnosti těchto systémů. Klíčová bude především jejich stabilita a automatické fungování tzv. „na pozadí“. Vznikne poptávka po vývojářích, designérech a testovacích pracovnících těchto systémů, kteří budou mít za úkol propojení technických řešení s mnohdy nedostatečnými schopnostmi koncových uživatelů. Znalost prostředí, v němž budou systémy fungovat, je základním stavebním kamenem pro pochopení a zapracování uživatelských potřeb.

Důležitá bude schopnost správně zanalyzovat množství informací získaných z nejrůznějších systémových snímačů. „*Práce s rozsáhlými soubory dat (Big Data) je velmi náročná na kvalifikovanou pracovní sílu. V současné době již začínají vznikat specializované profese odborníků, kteří zajišťují sběr, uchovávání a přenos dat, a zejména odborníků zaměřených na analýzu a transformaci dat do aplikací využitelných ve výrobě i službách*“ (Mařík a kol., str. 174). S rostoucí využitelností získaných dat poroste i poptávka po těchto pracovnících. Zvyšovat se bude význam mezisektorové analýzy, kdy získaná data z jednoho sektoru půjde využít k aplikaci v sektoru jiném.

Rostoucí stupeň individualizace výroby a orientace na konkrétní zákaznická přání povede k zvýšení počtu pracovníků v oblastech péče a komunikace se zákazníky, či poradenství. Zároveň ale přesto, že bude výroba více či méně autonomní, budou poptávání pracovníci údržby těchto strojů. Technologický pokrok bude mít ve většině případů za následek zvýšení efektivnosti výroby a s tím spojené snížení cen produkce, které se odrazí v růstu reálných mezd. To povede ke zvýšení poptávky po současné výrobě a službách, které bude uspokojeno zvýšením nabídky formou rozšíření výroby případně poskytování služeb a tvorbou nových pracovních míst. Dalším efektem technologického pokroku, kterým bude podpořena tvorba nových pracovních míst je reshoring, neboli přesouvání výroby zpět do Evropy. Levná pracovní síla nebude díky změnám v požadavcích na kvalifikaci pracovníků rozhodujícím faktorem. Naopak důležitá bude schopnost okamžitě řešit individuální požadavky zákazníků podpořená přesunem výroby do jejich blízkosti a snížení celkových nákladů způsobené snížením zejména dopravních nákladů.

Stále rostoucí význam IoT a IoS přispěje ke smazávání hranic mezi výrobou a službami a postupnému přesunu pracovních sil z průmyslových odvětví do sektoru služeb. V oblasti zdravotnictví a sociálních služeb dojde k rozvoji tzv. „welfare technologies“, neboli technologií pečujících o klienty formou jejich monitorování a případné pomoci na dálku, vypomáhajících při každodenních činnostech apod. Nástup těchto technologií povede ke zvýšení poptávky po specializovaných pracovnících (např. biomechanik) vzdělaných v oblasti medicíny a techniky (Mařík, 2016).

Nové obchodní modely

Průmysl 4.0 s sebou přináší nové obchodní modely považující data za klíčovou složku úspěchu. Tyto modely podmiňují strategické cíle firem, jejich zisky a v konečném důsledku i portfolio nabízených výrobků a služeb, k jehož vyšší individualizaci jsou využívána řešení

založená na tzv. Big Data. Klíčovou vlastností pro udržení stávající pozice firmy, případně získání konkurenční výhody, bude její schopnost transformace současných obchodních modelů a zavedení nových. Mezi ty nerozšířenější a nově vznikající patří:

- Platformový obchodní model – První obchodní model se vyvinul okolo tzv. platforem, neboli ekosystémů vytvářejících hodnotu propojováním spotřebitelů a výrobců resp. poskytovatelů. Mezi ty nejznámější patří Facebook, Google nebo Apple.
- Pay-per-use obchodní model – Platba neprobíhá zaplacením fixní částky za vlastnictví/vypůjčení daného produktu, případně využití určité služby, nýbrž je přímo odvozena od konkrétního užití produktu nebo služby. Rostoucí popularitu tohoto modelu lze pozorovat např. na trhu s médii (televize nebo online služby).
- Obchodní model založený na duševním vlastnictví – Tento obchodní model bývá využíván start-upy, neboli novými firmami disponujícími technologickým know-how.
- Obchodní model založený na datech – Získání a možnost kombinace velkého objemu dat přináší podnikům nové možnosti v oblasti prodeje. Model je založený na schopnosti získaná data zanalyzovat a zpeněžit. Tato data lze přitom získat dvojím způsobem. První možností je tzv. crowdsourcing, neboli získávání vnějších dat z velkých, povětšinou internetových komunit (nejrůznější fóra, internetové průzkumy). Druhou možností je získávání dat vnitřně, např. vlastními průzkumy, či informacemi od zaměstnanců a dodavatelů.

Výběr obchodního modelu záleží nejen na zaměření firmy a jejich znalostech, nýbrž i na schopnosti získat relevantní data a výsledky jejich analýzou získané úspěšně převést do praxe.

3. Přínosy a omezení koncepce Průmyslu 4.0

Tak jako každá dosavadní průmyslová revoluce i tato, čtvrtá, s sebou nese nespočet výhod a příležitostí a zároveň i hrozeb a omezení. Kapitola 3 se věnuje konkrétním kladům a záporům, které zavedení Průmyslu 4.0 přinese.

3.1. Výhody a příležitosti

Výhod a příležitostí plynoucích z aplikací Průmyslu 4.0 v osobní, firemní i národní sféře je mnoho. V této kapitole jsou uvedeny ty nejvýraznější z nich, a sice zvýšení produktivity a kvality výroby, možnost její individualizace díky autonomnímu přeseřzení strojů, podpora výzkumu či zvýšení kvality života obyvatel daného státu.

Zvýšení produktivity

Základním cílem firem při zavádění myšlenek čtvrté průmyslové revoluce je zrychlení a zefektivnění výrobního procesu včetně logistiky a konečného prodeje. Zvýšení produktivity díky automatizaci a optimalizaci bude dosaženo díky úsporám nákladů, snížením množství odpadů, snížením množství zmetků a prostojů, zrychlením schopnosti výroby reagovat na aktuální požadavky a v souladu s hodnototvorným řetězcem, digitalizací tištěných materiálů, zvýšenou schopností zásahu v případech odchylek od výroby apod.

Lepší kvalita produktů

V současné době je zákazník stále více orientován na rychlost dodání zboží nebo služby. To však neznamená, že je ochoten slevit ze svých požadavků na kvalitu výměnou za rychlost dodání. Díky pokročilejším technologiím, kontinuálnímu monitorování vyráběných produktů a online vyhodnocování výrobních dat bude dosaženo vyšší úrovně kvality.

Možnost okamžitého přeseřzení

Optimalizace a přeseřzení výroby je jednou z hlavních výhod Průmyslu 4.0. Výroba v Inteligentní továrně (viz kapitola 1.3) operující s inteligentními zařízeními schopnými provádět okamžité změny ve výrobě na základě vstupních požadavků bude vykazovat téměř nulové náklady na prostoje oproti továrnám, které známe dnes. To je důležité zejména u firem vyrábějících pomocí vyspělých a drahých výrobních zařízení.

Podpora výzkumu

Nástup Průmyslu 4.0 a jeho technologií povede ke zrychlení výzkumu v otázkách kybernetické bezpečnosti a dalších oblastech. Zároveň ovlivní i systém vzdělávání. Nové technologie a nově vzniklé pracovní pozice budou vyžadovat nové dovednosti a znalosti.

Zlepšení kvality života

Čtvrtá průmyslová revoluce změní nejen způsob práce lidí, ale i jejich mimopracovní prostředí a ve výsledku i jejich život. Díky nejrozličnějším čipům a sensorům bude přehodnoceno vnímání soukromí. Již dnes sdílená ekonomika (ubytování, doprava) mění způsob vnímání vlastnění majetku, přičemž tento trend stále sílí. Změní se dále nákupní chování, čas věnovaný práci a koníčkům, způsob interakce s ostatními lidmi a udržování vzájemných vztahů. Nové technologie přinesou změnu také v oblasti vzdělávání, získávání nových znalostí a rozvoje kariéry. Možností je spousta a jediným omezením je lidská představivost.

3.2. Výzvy a nebezpečí

Přestože každá průmyslová revoluce ve výsledku posunula lidstvo v jeho vývoji kupředu, vždy s ní byla spojena i určitá úskalí a problémy, kterým muselo lidstvo následně čelit. Nejinak je tomu i u té čtvrté. Ta s sebou nese určitá rizika a omezení. Mezi ta nejvýznamnější, která jsou dále rozebrána v této kapitole, patří kybernetická bezpečnost, kapitálová náročnost, udržení zaměstnanosti či otázka ochrany soukromí.

Bezpečnost IT

Jednou z největších výzev při celoplošném zavádění myšlenek Průmyslu 4.0 je bezesporu zajištění bezpečnosti dat. Takto rozsáhlá integrace a standardizace v oblasti IT komunikace vytvoří prostor pro snazší prolomení ochrany, úniky dat či dokonce kyber-krádeže, které mohou nejen domácnostem, ale i firmám a státu způsobit škody na penězích, majetku či reputaci. K omezení tohoto rizika je zapotřebí velkých investic do výzkumu IT bezpečnosti.

Změny, kterými firmy projdou v nastávající čtvrté průmyslové revoluci, se z hlediska bezpečnosti budou týkat zejména vnitřní restrukturalizace procesů, přenastavením odpovědností a sensibilizací zaměstnanců v otázkách počítačové bezpečnosti a propojení vlastního jednání s možným ohrožením zaměstnavatele, např. z důvodu nedbalosti či nevědomosti. I zde totiž platí, že řetěz je tak silný, jak silný je jeho nejslabší článek a to je v tomto případě stále člověk.

V současnosti hledí firmy na bezpečnost a ochranu dat spíše lokálně. Zavedení nových technologií a zvýšení počtu komunikačních kanálů však nevyhnutelně povede k nutnosti náhledu na tuto problematiku z globálního hlediska. Nicméně, ať už se jedná o bezpečnost dat v rámci jednotlivých úseků jedné firmy, jednoduchou dodavatelsko-odběratelskou síť či fakt, že se kvalitní ochrana dat a bezpečnosti značky může z důvodu vysokých nákladů stát výsadou pouze středních a velkých firem, což by výrazně omezilo konkurenceschopnost malých podniků a vstup nových subjektů do odvětví, globální pohled na celou problematiku je nevyhnutelný.

Neméně velký zájem jako mají firmy, má na zajištění bezpečnosti i stát. Jeho hlavní rolí je ochrana ekonomických subjektů. Té je možno dosáhnout například investicemi do vědy a výzkumu v oblastech bezpečnosti, úpravou vzdělávacího systému a výchovou kvalifikovaných odborníků (vzdělávání se dále věnuje kapitola 2.1.2.), případně pozitivní motivací firem k zavádění tohoto typu technologií. Významnou roli hraje stát také v otázce certifikace bezpečnostních opatření, která umožní firmám fungujícím dle koncepcí Průmyslu 4.0 deklarovat bezpečnost v celém informačním řetězci. Vhodnou státní organizací udělující certifikace je NBÚ. Stát musí být aktivní i v otázce zlepšení technické infrastruktury podmiňující úspěšné zavedení principů čtvrté průmyslové revoluce.

Kapitálová náročnost

Přeměna, kterou firmy prochází a v nejbližších letech budou procházet, si vyžádá veliké investice do nových technologií. Tyto investice budou rozhodovány na nejvyšší úrovni řízení firem a budou muset být podloženy řádnými studiemi o jejich přínosech a možných rizicích. Z důvodu vysoké kapitálové náročnosti mohou být malé firmy a výrobci v nevýhodě, což může vést v delším časovém horizontu k omezení konkurenceschopnosti, ztrátě tržního podílu a monopolizaci odvětví. Nové, rozhodující technologie si zkrátka budou moci dovolit pouze velké subjekty na trhu.

Zaměstnanost

Přestože je stále brzy odhadovat konkrétní změny v počtu zaměstnaných lidí, lze s jistotou říci, že spousta zaměstnanců si bude muset osvojit nové dovednosti a nabýt nové znalosti. Musí být přizpůsoben systém vzdělávání a vzdělávání musí být i starší zaměstnanci.

Ochrana soukromí

Ochrana soukromí je významná především pro spotřebitele, ale její otázkou se zabývají i výrobci. V dnešní době je jedním z klíčů k úspěšným zákaznickým vztahům dokonalý sběr

a analýza dat, což může být ze strany spotřebitele vnímáno jako narušení soukromí. Nalezení konsensu mezi výrobcem a spotřebitelem může trvat delší dobu. Jako narušení soukromí mohou některými být brána i určitá nařízení státních a mezinárodních institucí jako např. nařízení EU výrobcům vozidel o povinnosti vybavit každé nové auto vyrobené v roce 2018 zařízením informujícím záchranné složky v případě nehody včetně sdělení polohy vozidla, počtu lidí ve voze apod. Obava o případné zneužití tohoto sledovacího zařízení v případě prolomení bezpečnosti vozu nemusí být lichá.

4. Příklady uplatnění Průmyslu 4.0 ve vybraných společnostech

Kapitola 4 je zaměřena na demonstrování příkladů aplikací myšlenek Průmyslu 4.0 v celosvětově známých společnostech. Uvedeny jsou zde příklady celosvětově úspěšných společností, jakými jsou Bosch, Siemens nebo Tesla, ale i těch méně známých jako jistá oděvní značka využívající technologii RFID unikátním způsobem v souladu s dalšími technologiemi, které jsou díky Průmyslu 4.0 na vzestupu.

4.1. Bosch – Robot spolupracující s člověkem

Důležitým prvkem s nastupujícími trendy Průmyslu 4.0 je flexibilita výroby. Fa. Bosch disponuje flexibilními výrobními systémy a mobilními podpůrnými systémy, které nejsou omezeny výrobou jednoho produktu. Díky své schopnosti přizpůsobení se na základě vstupních požadavků přispívají k efektivní výrobě i malých šarží a k optimalizaci nákladů. Jedním z těchto systémů je MRK (Mensch-Roboter-Kollaboration), neboli robot spolupracující s člověkem a vykonávající monotónní a jednoduché práce, čímž umožňuje lidem soustředit se na složitější úkoly. Tato spolupráce vede ke zvýšení efektivity.

Přestože robot s člověkem spolupracuje bez jakéhokoliv krytu, je jejich vzájemný kontakt a potenciální ohrožení člověka vyloučeno. Robot, znázorněný na Obrázku 10, je osazen 120 sensory, které neustále snímají okolí a mění rychlost práce robota v závislosti na jeho vzdálenosti od člověka. Pokud se pracovník od robota vzdálí, pracuje robot několikrát rychleji. V přítomnosti člověka se pak robot automaticky přepne na nižší a bezpečnou rychlost (<https://www.bosch-apas.com>).



Obrázek 10: Robot spolupracující s člověkem - Firma Bosch

Zdroj: <https://www.bosch-apas.com>

4.2. Siemens & Maserati – Digitalizace

Firma Siemens je jedním z největších dodavatelů chytrých řešení. Firmě Maserati poskytuje speciální software, pomocí něhož lze ve virtuálním prostoru vytvářet a testovat simulacemi jejich vozy. Tím klesá počet potřebných prototypů.

Další výsledek spolupráce těchto dvou firem lze nalézt přímo na výrobní lince Maserati v italském městě Grugliasco, kde Firmou Siemens speciálně navržený systém (SIMATIC IT) monitoruje v reálném čase celý proces výroby těchto vozů od vzniku karoserie ve svařovně, přes lakování a montáž dílů, až po závěrečné sjetí z výrobní linky. Tím je zajištěna kvalita v celém výrobním procesu. Všechna dostupná data ze všech sensorů jsou ukládána. Každý díl a montážní krok je kontrolován v celém procesu a pro každý vůz jsou shromažďována veškerá čísla dílů, z kterých je smontován. Tato data jsou okamžitě dostupná a lze je tak v případě potřeby poskytnout spolupracovníkům či třetí straně – např. úřadům při případné svolávací akci vozů. Systém SIMATIC IT umožní firmě vyrábět 3x více vozů (www.siemens.com).

4.3. Tesla – Autonomní vozidlo a jeho sdílení

Firma Tesla je jedním z prvních a nejznámějších výrobců elektricky poháněných vozidel. Tyto vozy jsou již nyní vybaveny nejrůznějšími asistenčními systémy spoléhajícími na údaje z kamer, sensorů a radarů. Cílem firmy je však výroba zcela autonomního vozu. S postupující technologií budou všechny vozy Tesla vybaveny potřebným hardwarem. Implementace softwaru je však závislá na spoustě okolních faktorů, zejména na vytvoření právního rámce. Firma Tesla očekává, že si schválení takového SW (a přesvědčení zákazníků o jeho bezpečnosti) vyžádá nájezd okolo 10 mld. km, přičemž všechny doposud vyrobené vozy najedou okolo 5 mil. km denně. Data z těchto vozů jsou v současnosti získávána na dálku pomocí tzv. „autopilota na pozadí“. Ten je spuštěn automaticky během jízdy. Samotnému řidiči nezasahuje do řízení, ale pouze zaznamenává informace o tom, kdy by zasáhl v případě, že by vůz jel v autonomním režimu.

Po schválení autonomních vozidel a umožnění jejich zařazení do běžného provozu půjde nejen takové vozidlo přivolat téměř kamkoliv stiskem tlačítka, nýbrž ho i naopak poskytnout ke sdílení a vydělávat tím peníze, zatímco se majitel nachází např. v práci nebo na dovolené. Většina vozů bývá svými majiteli využívána přibližně 5-10 % času, proto je ekonomický přínos opravdu autonomních vozidel oproti těm stávajícím pro majitele nesrovnatelný (www.tesla.com).

4.4. Rebecca Minkoff – RFID v oděvním průmyslu

Obchody oděvní značky Rebecca Minkoff v Los Angeles, New Yorku, San Franciscu a Tokyu kombinují běžné RFID čipy na oblečení s technologií rozšířené reality. Tyto čipy umožňují rozpoznat, které oblečení si zákazník vzal s sebou do zkušební kabinky a zobrazit další, v daném obchodě dostupné velikosti a barvy těchto kusů oblečení. Nabídka se zobrazuje přímo v zrcadle, které je zároveň dotykovým displejem, viz Obrázek 11. Dále jsou v zrcadle zobrazeny doporučení vhodných doplňků k daným kusům oblečení. V kabince lze upravovat úroveň osvětlení podle situace, ve které zákazník očekává dané oblečení nosit, či přivolat stiskem tlačítka obsluhu vybavenou tabletem fungujícím jako platební terminál (<http://www.rfidjournal.com/articles/view?12445>).



Obrázek 11: Zkušební kabinka rozpoznávající RFID čipy

Zdroj: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?12445>

5. Aplikace koncepce Průmyslu 4.0 ve Škoda Auto

V této kapitole budou popsány konkrétní příklady zavedení myšlenek čtvrté průmyslové revoluce do praxe ve společnosti Škoda Auto (dále jen ŠA) s cílem transformace stávající výroby na tzv. Inteligentní továrnu (viz kapitola 1.3 – Smart factory). Budou zde uvedeny konkrétní příklady a popsány postupy, které ve společnosti probíhají a bez kterých by tato přeměna nebyla možná.

5.1. Bezpilotní transportní vozík

FTS vozík (z německého FTS – Fahrerloses Transport System) představuje nejnovější technologii v autonomním a bezobslužném zásobování výrobních linek, viz Obrázek 12. Ke své orientaci využívá buď magnetické pásy instalované v podlaze, případně mapuje prostředí pomocí laseru, díky čemuž odpadají náklady na instalaci a pravidelnou údržbu těchto magnetických pásek instalovaných ve výrobních halách. Tato technologie byla v ŠA nasazena v roce 2011, kdy bylo do jednotlivých hal v Mladé Boleslavi dodáno 56 FTS vozíků. Od té doby se projekt rozšířil i do ostatních závodů v ČR.

Ve Vrchlabském závodě rozváží robot denně statisíce dílů pro výrobu převodovky DQ 200. Díky sensorům sám zjistí, kde a v jakém množství jsou konkrétní díly potřeba. Pořízen byl v roce 2016. Je téměř dokonale autonomní. K pohybu a orientaci v prostoru nevyužívá magnetických pásek v podlaze, nýbrž rotačního laseru umístěného na střeše a dalších čidel. Díky nim předchází kolizím s okolím a neohrožuje bezpečnost práce.

Koncem roku 2017 se celkový počet FTS vozíků ve Škoda Auto zvýšil na 147 a rostoucí trend lze očekávat i v dalších letech. V průběhu roku 2020 je pak plánována kompletní obměna všech FTS vozíků (Interní materiály Škoda Auto).

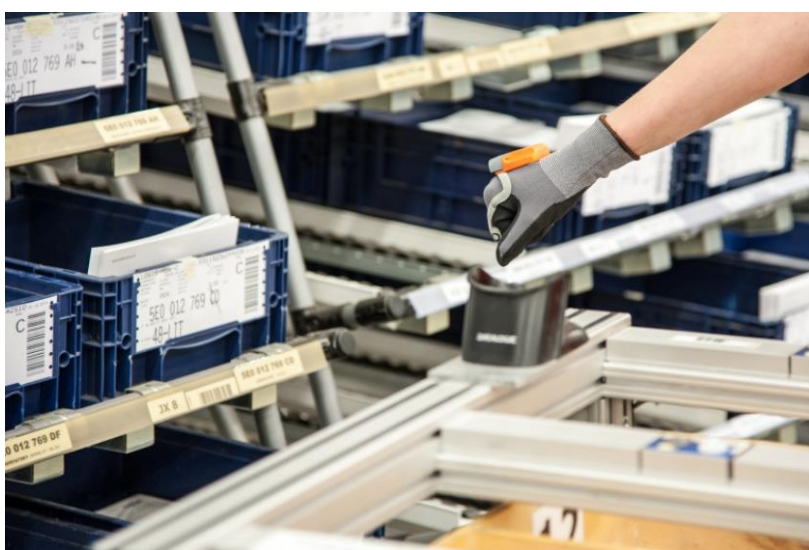


Obrázek 12: Bepilotní transportní vozík

Zdroj: Interní materiály Škoda Auto

5.2. ProGlove

Chytrou rukavici ProGlove, znázorněnou na Obrázku 13, lze zařadit do kategorie chytrých nositelných zařízení (tzv. wearables - viz kapitola 1.4). Je určena pracovníkům logistiky k urychlení a usnadnění všech pracovních úkonů. Díky zabudovanému scanneru kódu nemusí pracovník načítat kódy běžnou pistolovou čtečkou. Správné načtení kódu rukavicí je následně pracovníkem potvrzeno tlačítkem umístěným na ukazováku rukavice a pro ověření je doplněno akustickým signálem, případně vibrací. Rukavice je schopna, kromě načítání kódů jednotlivých dílů, rozpoznat, zda pracovník použil správný díl a následně určit správnou posloupnost dalších pracovních kroků (Interní materiály Škoda Auto).

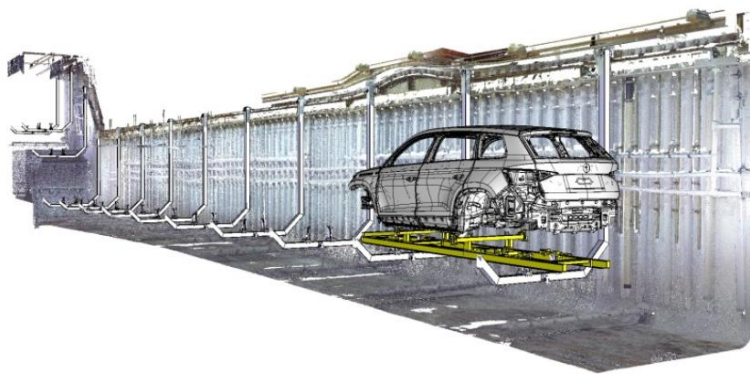


Obrázek 13: Chytrá rukavice ProGlove

Zdroj: Interní materiály Škoda Auto

5.3. Point Cloud

Většina nových vozů značky je větších, než její předchozí modely a ŠA není výjimkou. Současné výrobní a lakovací linky postavené v dobách výroby modelu Favorit nyní vyrábí a lakují mnohem větší modely, např. Superb nebo Kodiaq, a proto je zapotřebí optimalizovat stávající výrobní zařízení. Pomocí technologie Point Cloud (mračno bodů vzniklé statickým nebo dynamickým skenováním prostoru) a naprogramováním 3D modelu je vytvořena množina bodů znázorňující 3D model výrobní linky, viz Obrázek 14. Do něj lze umístit stejnou technologií vytvořený 3D model vozu. Ten v simulaci projde totožným výrobním procesem jako skutečné auto na lince a tím pomůže určit potenciální kolizní místa karoserie, ať už se samotnou linkou, či s lakovacím robotem při následném procesu lakování. Touto simulací lze předejít nákladným opravám vozů, ale především samotné linky.



Obrázek 14: Point Cloud

Zdroj: Interní materiály Škoda Auto

V případě potřeby lze do 3D modelu výroby vstoupit pomocí technologie virtuální reality. Díky nejvyšší možné autentičnosti a absolutnímu obklopení uživatele virtuálním prostředím lze prozkoumat každý detail a odhalit případný problém (Interní materiály Škoda Auto).

5.4. Smart Maintenance

Pojem Smart Maintenance bývá do českého jazyka překládán jako chytrá údržba. Ta má za cíl předcházet problémům výrobních zařízení a odhalit je dříve, než nastanou. Tím výrazně snižuje prostoje těchto zařízení a minimalizuje náklady na jejich opravu. Díky digitalizaci procesu výroby a velkému objemu dat z nejrůznějších sensorů, strojů a výrobních zařízení následně zpracovávaných pokročilejšími statistickými metodami, poskytuje chytrá údržba spoustu nenahraditelných informací. Tato myšlenka však předpokládá digitalizaci a evidenci všech strojů ve vlastním databázovém systému, který je následně doplňován o informace týkající se poruch, jejich fotografií a zpráv o chybách, opravách a prostojích. Vše musí být navrženo tak, aby tyto informace mohly být přehledně zobrazeny na chytrých přenosných zařízeních, jak je znázorněno na Obrázku 15. Následně může pracovník údržby stroj identifikovat, načíst chybu a zanechat informace o řešení a výsledku opravy (Interní materiály Škoda Auto).



Obrázek 15: Smart Maintenance

Zdroj: Interní materiály Škoda Auto

5.5. Robot kooperující s člověkem

Výrobní závod ŠA ve Vrchlabí byl vybaven inteligentním pomocníkem. Lehký robot KUKA LBR IIWA pomáhá zaměstnancům výroby přímo řazených převodovek DQ 200 dosáhnout vyšší přesnosti a bezpečnosti při zakládání pístu řazení, viz Obrázek 16.



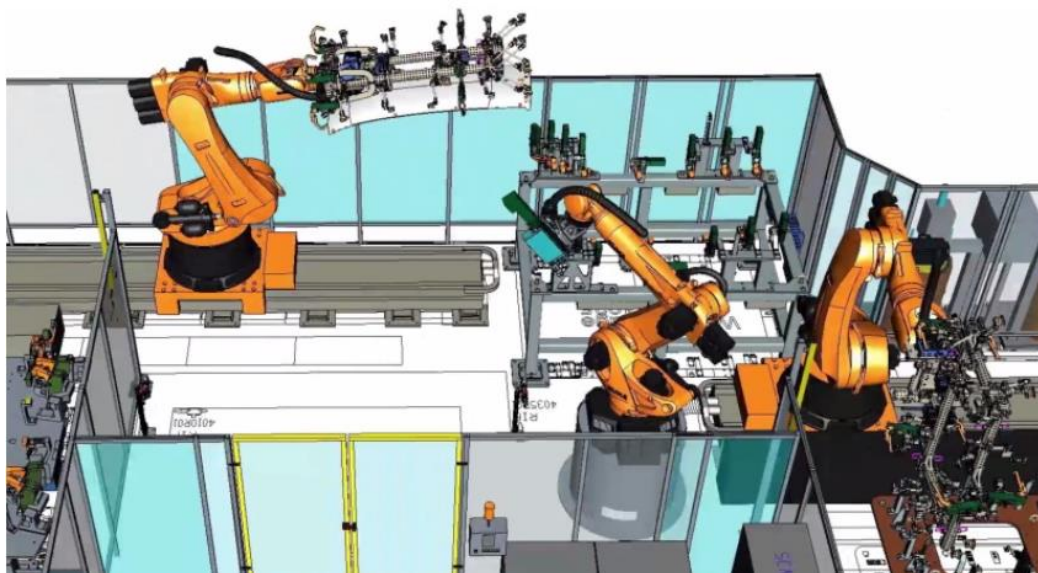
Obrázek 16: Robot kooperující s člověkem

Zdroj: Interní materiály Škoda Auto

Tento robot se pohybuje v sedmi osách a s vahou pouhých 23,9 kg ho lze díky jeho technické citlivosti snadno, flexibilně a přesně ovládat. Osazení robota senzory zaručuje nejvyšší přesnost při zakládání pístů řazení. V neposlední řadě senzory zajišťují bezpečnost obsluhujícího zaměstnance (Interní materiály Škoda Auto).

5.6. Simulace procesu

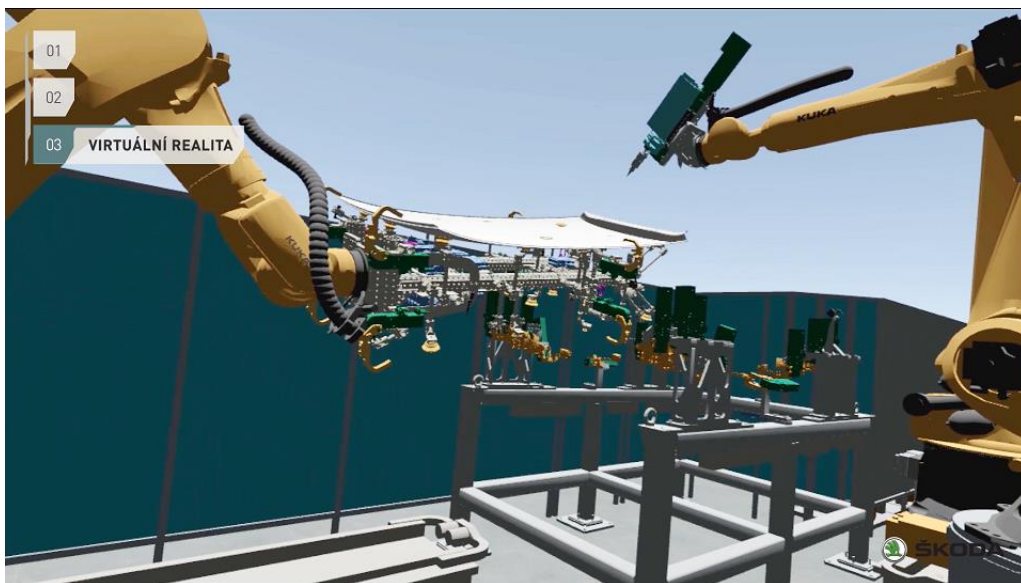
Digitalizací lze pomocí simulace procesu ověřit všechny výrobní procesy v 3D prostředí. Ve speciálním softwaru jsou vytvořeny 3D modely jednotlivých výrobních zařízení, případně úseků nebo celých linek. Výsledný 3D model je znázorněn na Obrázku 17.



Obrázek 17: Process Simulate

Zdroj: Interní materiály Škoda Auto

V roce 2017 byla tato simulace díky spolupráci ŠA a firmy Siemens Israel rozšířena o prvek virtuální reality. Díky ní lze do simulačního modelu vstoupit, libovolně se v něm pohybovat, měřit vzdálenost a odhalovat případné problémy ještě před samotnou realizací výrobní linky. Rovněž lze ve virtuální realitě danou simulaci spouštět a ovládat jednotlivé stroje a roboty. To vše pouze za pomoci brýlí pro VR a jednoduchého ovladače. Prostředí virtuální reality je znázorněno na Obrázku 18.



Obrázek 18: Prostředí virtuální reality

Zdroj: Interní materiály Škoda Auto

5.7. Zajištění kvality ve Škoda Auto

Zajištění vysoké úrovně kvality především v dlouhodobém hledisku je velkou výzvou všem výrobním i nevýrobním podnikům, automobilový průmysl nevyjímaje. Tato kapitola bude věnována aktivitám vedoucím k zajištění kvality svých výrobků v automobilce Škoda Auto.

Předvýrobní fáze – plánování kvality

Škoda Auto plánuje kvalitu svých vozů již na počátku jejich vzniku, tedy v předvýrobní fázi. Vývoj vozu v automobilkách trvá přibližně 4-5 let a nejinak je tomu i v ŠA. Zde vývoj probíhá podle čtrnácti milníků označujících čas, který zbývá do začátku sériové produkce. V rámci jednotlivých milníků je také nezbytné provést široké spektrum, k vývoji každého vozu náležících, aktivit. Těmi mohou být:

- Rozhodnutí o konceptu
- Rozhodnutí o designu
- Výběr dodavatelů
- Ověření vyrobitelnosti za použití současných výrobních zařízení
- Crashové a homologační zkoušky a další

Z celkového pohledu dlouhodobého zajištění kvality je právě kvalita v předvýrobní fázi tou nejdůležitější. Jakýkoliv problém či riziko, na které se v této fázi přijde, je o poznání snazší a především méně nákladné vyřešit, v porovnání s výrobní a povýrobní fází. Zde je také

nejsnazší dodat vozu přidanou hodnotu, kterou zákazník ocení a kvůli které se rozhodne pro tento vůz a nikoli konkurenční.

Výrobní fáze – tvorba kvality

Naplánování a odzkoušení kvality v předvýrobní fázi je úzce spjato se samotným „vyrobením“ kvality ve výrobní fázi. Na jednu stranu lze celý vůz dokonale naplánovat, odzkoušet a vyvinout, ale pokud nebudou zaměstnanci, případně stroje, schopni vůz dle předem definovaných požadavků na kvalitu vyrobit, může být fáze plánování sebedokonalejší, a přesto by výsledný výrobek za kvalitní označen nebyl. Na druhou stranu mohou být pracovníci montáže sebezručnější a proškolenější a výrobní zařízení sebedokonalejší, ale pokud bude vůz špatně vyvinut, výslednou kvalitu zásadně neovlivní. I v této fázi společnost ŠA využívá technologií a principů nastolených příchodem Průmyslu 4.0. Ze všech výrobních zařízení a sensorů jsou v reálném čase analyzována tzv. Big data (viz kapitola 1.3) a celý postup výroby je online kontrolován tak, aby byla zajištěna požadovaná úroveň kvality. Ať už to jsou data z kovárny, svařovny či lakovny a montáže, jejich správné vyhodnocení a užití šetří náklady. To se projeví např. zvýšením počtu přímých vozů, neboli vozů, které prošly všemi kontrolními body bez připomínek a na kterých nemusí před konečným uvolněním proběhnout jakákoliv repasní práce. Školení pracovníků montáže probíhají mj. i za použití technologie virtuální reality, která zaměstnancům umožňuje vyzkoušet různé montážní práce např. na novém voze ještě před jeho odhalením pro širokou veřejnosti, nebo si vůz zkrátka prohlédnout. Nutno však podotknout, že přestože je technologie virtuální reality v této formě využití výtečným pomocníkem a učební pomůckou, nikdy nemůže dokonale nahradit proškolení montážních operací na fyzicky hmatatelném díle a voze.

Povýrobní fáze – kontrola kvality

Poté, co je kvalita naplánována, vyrobena a ověřena, je nutné ji sledovat i v povýrobní a poprodejní fázi, tedy u zákazníků. Dosáhnout údajů o dlouhodobé kvalitě lze několika způsoby. Mezi ty nejvyužívanější patří:

- Analýza závad v servisní síti
- Dotazníky zákaznické spokojenosti
- Dlouhodobé jízdní zkoušky

Následující kapitola se bude zabývat dlouhodobými jízdami zkouškami a bude v ní analyzována a vyhodnocena aplikace koncepcí Průmyslu 4.0. V kapitole 6 budou navrženy další kroky směřující k optimalizaci stávajících postupů.

5.7.1. Dlouhodobé jízdny zkoušky

Jak již bylo zmíněno v kapitole 5.7, vývoj a vznik výrobku ve Škoda Auto trvá 4-5 let a je definován 14 milníky, které představují zbývající počet týdnů do začátku sériové produkce. Zároveň jsou tyto milníky nejpozdějším termínem, do kterých musí být provedeny příslušné, daným milníkem definované, aktivity. Jedním z těchto milníků je stavba prvních kompletních vozů pomocí sériového nářadí a nastává přibližně 8 měsíců před startem sériové produkce. Na těchto vozech je prověřována správnost lícování jednotlivých dílů, optimalizovány výrobní postupy, ověřována vyrobiteľnost výrobku a další aktivity zajišťující splnění požadavků na kvalitu před spuštěním sériové produkce. Následně jsou tyto vozy určeny k prvním dlouhodobým jízdám zkouškám. V tento moment ještě není nový model představen široké veřejnosti, proto jsou přijímána příslušná opatření, aby nedošlo k předčasnému odhalení designu vozu – nejprve vozy jezdí pod plachtami, poté je na ně aplikováno maskování ve formě nejrůznějších fólií či plastů zakrývajících důležité designové prvky.

Současný stav

Nyní automobilka k dlouhodobým jízdám zkouškám využívá přibližně 300 vozů, v nichž jsou obsaženy veškeré vyráběné modely, viz Obrázek 19. Tyto vozy jsou vybaveny všemi nabízenými motory, převodovkami a příslušenstvím tak, aby bylo před začátkem sériové výroby zajištěno řádné odzkoušení všech dílů, které se potenciálně mohou dostat k zákazníkovi.



Obrázek 19: Přehled vyráběných modelů ve Škoda Auto

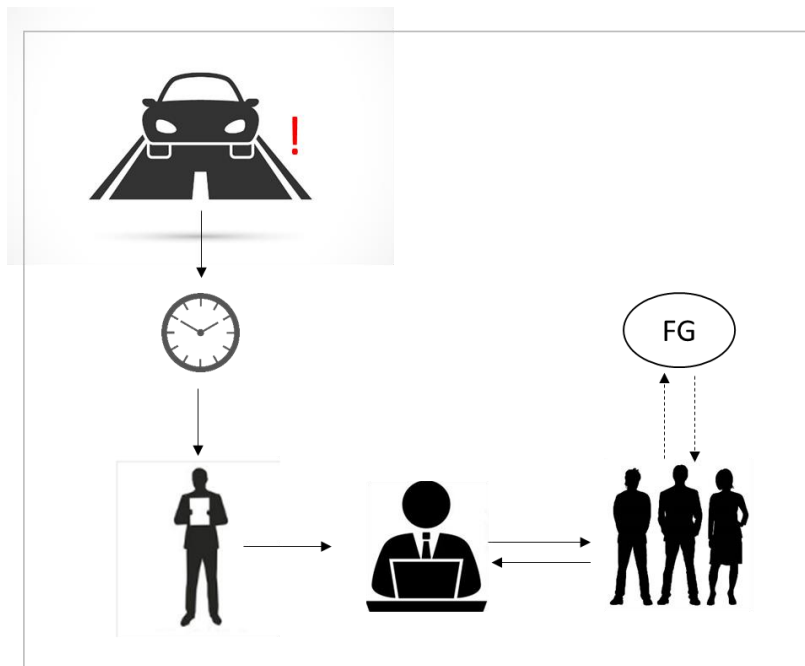
Zdroj: <http://cc-cloud.skoda-auto.com/cze/cze/cs-cz>

Vozy jsou denně v jízdních zkouškách obměňovány a každý den jich na silnici vyjíždí cca 50 z celkového objemu. Každý z vozů denně ujede až 1500 km ve dvou nebo třech směnách po předem definované trase, která svoji strukturou odráží požadovanou kombinaci městského, okresního a dálničního provozu. Při maximálním vytížení vozu lze za měsíc najet až 30 tis. km. Během vývoje a náběhu nového modelu tak není neobvyklé najet se zkušebními vozy v součtu přes milion kilometrů ještě před samotným odhalením vozu pro veřejnost a spuštěním sériové výroby. Význam těchto zkoušek je proto pro zajištění kvality neoddiskutovatelný.

V průběhu jízdních zkoušek jsou odhalovány neshody, případně závady na vozech, které jsou následně řešeny, a tím je zajištěna požadovaná úroveň kvality výrobku. Celý proces je znázorněn na Obrázku 20 a sestává z těchto kroků:

- Vznik závady - tou může být hluk při brždění, z motorového prostoru nebo aerohluk při jízdě vyšší rychlostí, nefunkční ovládací prvek (spouštění okna, stěračů apod.), případně nestandardní projevy asistenčních systémů a elektroniky formou nežádoucích zásahů do řízení, špatným příjmem telefonního a rádiového signálu nebo nefunkční klimatizací.
- Papírové zaznamenání všech řidičem odhalených závad z dané jízdní zkoušky po ukončení jízdy. Zde vzniká několikahodinová prodleva z důvodu záznamu po ukončení jízdy.
- Předání seznamu závad vedoucímu příslušné stanice jízdních zkoušek.
- Přepis seznamu závad do elektronického systému pro zpracování závad

- Informování příslušných pracovníků zodpovědných za analýzu závad z jízdních zkoušek
- Provedení analýzy a zpětné informování o jejím výsledku (včetně informací o případném nasazení opatření) vedoucího stanice, v případě nutnosti konzultace závady s odbornou skupinou (FG)



Obrázek 20: Záznam a řešení závad z jízdních zkoušek - současný stav

Zdroj: Autor

Povaha některých závad znemožňuje jejich odhalení během jízdy. Těmito závadami mohou být například špatné lícování dílů nebo hluky při zavírání a otevírání dveří a odpadá u nich potřeba čekání na ukončení jízdy – lze je totiž pozorovat pouze na stojícím voze. Celý proces znázorněný Obrázkem 20 je na první pohled zdlouhavý a přímo vybízí k optimalizaci za použití technologií jdoucích ruku v ruce s nástupem Průmyslu 4.0.

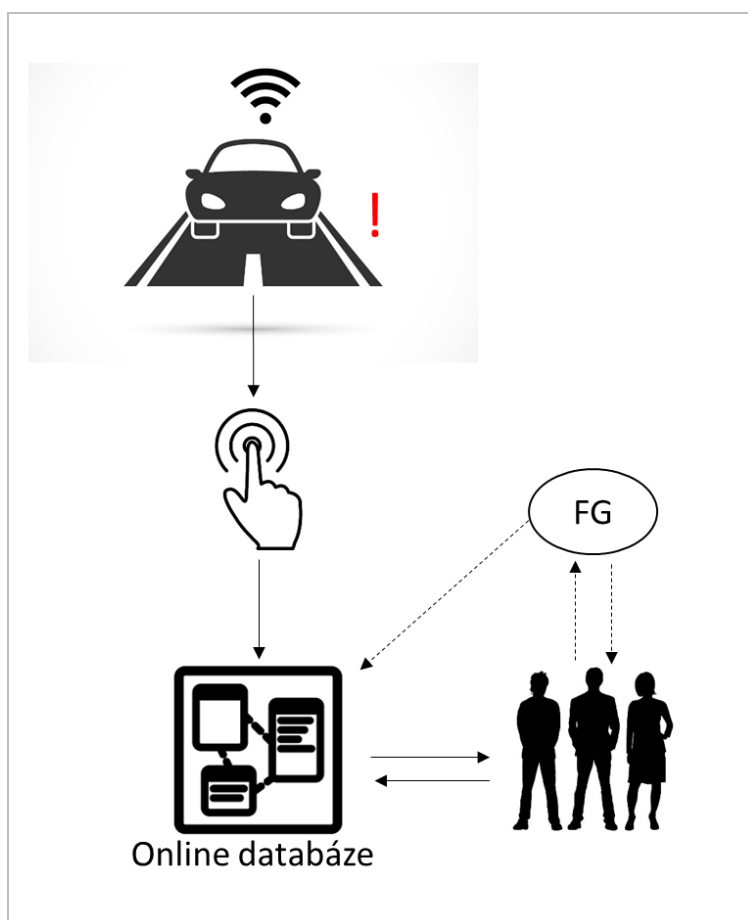
Budoucí stav

Celý proces záznamu a řešení závad z jízdních zkoušek bude ve firmě Škoda Auto díky digitalizaci a myšlence Internetu věcí optimalizován, viz Obrázek 21, a bude probíhat následovně:

- Všechny vozy v jízdních zkouškách budou připojeny k internetu
- Do každého z vozů bude umístěno zařízení (tzv. datalogger) umožňující jedním stiskem tlačítka vyčíst a odeslat veškeré informace o voze (poloha, rychlost,

informace o řídicích jednotkách). Toto tlačítko bude zmáčknuto řidičem v případě závady či rozpoznání nestandardního projevu vozu.

- Získané informace budou online zasílány do systému pro zpracování závad z jízdních zkoušek a pomohou při následné analýze problému.
- Odtud směřují informace o vzniklé závadě online k pracovníkům zodpovědným za analýzy
- Provedení analýzy a podání zpětné informace je podobné současnému stavu, avšak informace budou ukládány rovnou do databáze po ukončení analýzy a nebudou muset putovat přes prostředníka.



Obrázek 21: Záznam a řešení závad z jízdních zkoušek - budoucí stav

Zdroj: Autor

Inovace procesu řešení závad z jízdních zkoušek v souladu s digitalizací povede především ke zpřesnění samotných záznamů jednotlivých událostí, zrychlení přenosu informace k příslušným pracovníkům a tím k odstranění časové prodlevy (odpadne potřeba vyčkání na záznam události po skončení jízdy a jeho následný přepis do online databáze vedoucím stanice). Díky automatickému přenosu a evidenci závad do databáze bude usnadněno

monitorování závad a zpětné informování relevantních osob. V neposlední řadě bude uspořena práce vedoucího stanice a uspořeny personální náklady.

Nevýhodu těchto změn lze spatřit především ve vyšších pořizovacích nákladech na chytrá zařízení a jednorázových nákladech na proškolení řidičů v jejich ovládání a především v otázce bezpečnosti provozu. Ačkoliv řidič provede samotné zaznamenání události v provozu jedním tlačítkem, nesmí to být na úkor bezpečí jeho a ostatních účastníků provozu.

5.7.2. Kontrola vozu ve vývoji

K vývoji nového vozu patří i spousta kontrol ve všech jeho fázích. Ověřuje se vyrobitelnost vozu z pohledu sériového nářadí a výrobní linky, lícování a funkčnost jednotlivých dílů a kompletů a v neposlední řadě také uživatelská bezpečnost vozu. S touto souvisí nejen zajištění bezpečí pasažérů a chodců v případě nehody (tzv. crash testy), nýbrž i zajištění preventivní bezpečnosti.

Současný stav

V současnosti je bezpečnost z pohledu prevence zajišťována fyzickými kontrolami prototypů nových vozů. Výhodou bezpečnostních kontrol takto brzy před začátkem sériové produkce je snazší potenciální náprava při zjištění jakéhokoliv nedostatku ovlivňujícího bezpečnost vozu. Tím je odstraněno riziko přenesení závad do dalších fází vývoje, v krajním případě až do sériové výroby a ke konečnému zákazníkovi. Prověřováno je z hlediska bezpečnosti konceptu zejména riziko zranění člena posádky (např. skřípnutí nohy dítěte při posuvu předních sedadel či ruky při sklápění přední loketní opěry) a riziko kolize kabelových svazků s karoserií, motorem a jinými díly, které mohou tyto svazky poškodit a tím v extrémním případě způsobit požár vozu. Nevýhodou těchto prověrek jsou vysoké jednotkové výrobní náklady na výrobu prototypu z důvodu jeho výroby v řádech kusů a nikoliv sériově.

Budoucí stav

Současné technologie podpořené nástupem Průmyslu 4.0 pomohou uspořit nejen náklady na tyto kontroly, ale i čas, a povedou k zefektivnění celého procesu. Firma ŠA plánuje většinu těchto kontrol provádět za pomoci technologie virtuální reality, ve které bude daný koncept vozu přesně vymodelován podle nahranych konstrukčních dat. Nasazením brýlí a vstupem do virtuální reality bude pracovníkovi umožněna kontrola vozu a odhalení potenciálních problémů, které bude ve VR snazší díky možnosti demontáže jednotlivých dílů označených

ovladačem. Přestože potřeba výroby a fyzické kontroly prototypů zcela nezanikne, bude díky technologii VR výrazně omezena a tím dojde k úspoře vývojových nákladů.

6. Vlastní návrh kroků

Kapitola 6 je věnována návrhům zlepšení procesu zaznamenávání závad v dlouhodobých jízdách zkouškách a návrhu optimalizace kontroly prototypového vozu.

6.1. Dlouhodobé jízdní zkoušky

Proces záznamu události a jejího následného řešení je popsán v kapitole 5.7.1. Připojením vozů k internetu a jejich vybavením dataloggeru je celý proces digitalizován. Díky současným technologickým trendům a širokému spektru zařízení, které lze připojit k internetu a integrovat je tak do jednoho systému lze celý proces optimalizovat.

Wearables

Řidiči budou vybaveni chytrými nositelnými zařízeními (chytré hodinky, případně náramek), pomocí kterých budou moci například formou audionahrávky bezpečně událost popsat a jedním kliknutím společně s informacemi z dataloggeru odeslat do online databáze událostí k dalšímu řešení. Včasné informování pracovníků zodpovědných za řešení těchto závad značně urychlí celou analýzu a následné nasazení opatření, čímž snižuje riziko potenciálního budoucího výskytu této závady na jiném voze v zákaznické síti. Výhodou tohoto řešení je možnost aktuálního zaznamenání a odeslání informace, nevýhodou pak subjektivní zvýšení rizika způsobené nutností hodinky nebo náramek při záznamu obsluhovat a nutnost přepsání a zakódování audionahrávky do databáze tak, aby šlo záznam dále zpracovávat. Pořízení chytrých náramků, případně hodinek všem řidičům, který v daný den s vozy jezdí s sebou nese náklady (za současného respektování počtu vozů a přibližné ceny těchto chytrých zařízení) ve výši cca 100 tis. Kč. K tomu nutno připočítat interní náklady na školení v práci s těmito zařízeními a interní náklady na úpravu SW online databáze závad.

Tablety

Druhou možností je vybavení všech vozů tabletu s připojením k internetu a aplikací pro záznam události. Tablety však nelze během jízdy bezpečně obsluhovat, proto by informace musely být zaznamenávány během přestávky v její polovině, případně na konci jízdy. Výhodou tohoto řešení je možnost zakódování záznamu do databáze (např. motor – hluk) již při jejím odeslání, nevýhodou pak časová prodleva mezi výskytem události a jejím záznamem. Náklady na pořízení tabletů byly vyčísleny přibližně na 150 tis. K němu je

zapotřebí přičíst, stejně jako v případě wearables, interní náklady na proškolení řidičů a náklady na vývoj aplikace pro záznam události.

Aplikace v infotainmentu

Třetí variantou kombinující výhody obou předchozích řešení je vyvinutí speciální aplikace integrované přímo do infotainmentu vozu, kterou lze ovládat pomocí displeje na středovém panelu stejně tak, jako např. rádio. Tímto řešením by nevznikaly žádné náklady na pořízení chytrých zařízení a s tím spojená potřeba jejich evidence a přesunu mezi vozy. Hlavním nedostatkem tohoto řešení je možnost jeho uplatnění pouze na vozech vyšší výbavy s dotykovým displejem rádia. Proto lze toto řešení použít přibližně na 75 % vozů. Pro zbývající čtvrtinu vozů musí být vybrán jeden z předchozích dvou návrhů.

6.2. Kontrola vozu ve vývoji

Technologie VR je v současnosti využívána nejen v ŠA, ale i u ostatních značek koncernu, a sice Seat, Audi nebo Volkswagen. S těmito značkami sdílí mnohé vozy Škoda platformu, na které jsou postaveny a některé z montovaných dílů. Z tohoto důvodu by bylo výhodné, aby si značky mezi sebou předávaly zkušenosti a vzájemně se virtuálně účastnily těchto bezpečnostních kontrol vozů. K tomu je zapotřebí standardizovat technologii VR, která je u každé značky odlišná a data, která jsou u každé značky v jiném formátu a nejsou vzájemně kompatibilní.

Vyvinutí jednotného systému pro VR napříč celým koncernem VW by umožnilo jednotlivým značkám účast na kontrolách vozů ostatních značek. Tím by došlo nejen k úspoře času a nákladů, ale především k cenné výměně zkušeností. Již nyní jsou vozy Škoda vyráběny kromě České republiky také na Slovensku, v Rusku či Indii a naopak některé modely značky Seat jsou vyráběny u nás. Účast zástupců jednotlivých externích závodů na těchto kontrolách by přinesla další zdroj připomínek a přispěla by tak k celkovému zvýšení kvality vozů.

Kritické zhodnocení

Mařík ve své publikaci rozlišuje pět stupňů zapojení firmy do Průmyslu 4.0, viz kapitola 1.5. V současnosti se společnost Škoda Auto nachází ve třetím stupni, postupně však zavádí atributy popsané ve stupni čtvrtém. Tabulka 3 znázorňuje stav aplikace jednotlivých kritérií ve firmě. Škoda Auto má vypracovanou digitální strategii, na internetu je aktivní především marketingově. Veškeré výrobní, logistické a prodejní procesy jsou digitalizované. Data z nich jsou ukládána do různých systémů a jsou v případě potřeby kdykoliv zpětně dostupná.

Tabulka 3: Posouzení zapojení Škoda Auto do Průmyslu 4.0

Stupeň zapojení	Kritérium	NE	SPÍŠE NE	PRŮMĚR	SPÍŠE ANO	ANO
3	Digitální strategie				X	
	Aktivní na internetu					X
	Aktivní skrz mobilní aplikace				X	
	Datově podložené procesy					X
	Systémové ukládání dat					X
	Digitální obraz výrobků ve VR			X		
4	Digitalizovaná firemní komunikace				X	
	Digitální modely předpovědi poruch ve výrobě			X		

Zdroj: Autor

Dále firma aktivně využívá nových technologií, jako jsou cloudové výpočty při zpracování velkých objemů dat, adaptivní roboty ve výrobě, RFID čipy v logistice při vychystávání materiálu a dílů nebo virtuální realita při návrhu stavby výrobních linek. Na základě těchto faktů lze konstatovat, že firma Škoda Auto je jedním z leaderů v otázce aplikace koncepcí Průmyslu 4.0 mezi českými firmami. Velikost a kapitálové zázemí firmy usnadňuje začlenění těchto nákladných technologií do současných procesů, čímž dochází k jejich zefektivnění. Na druhou stranu si ŠA musí být vědoma potenciální rizik, která s sebou Průmysl 4.0 přináší. Ta jsou ve zpracovatelském průmyslu vysoká a v odvětví výroby vozidel obzvláště. Hlavním rizikem je bezpečnost IT, k jejímuž zajištění je nezbytné přistupovat odpovědně. Ohrožena mohou být nejen data nebo know-how společnosti, ale

v případě neoprávněného získání kontroly nad vozem i lidské životy. Přijatými opatřeními a spoluprací s externími firmami zabývajícími se kybernetickou bezpečností se však firmě Škoda Auto úspěšně daří tato rizika eliminovat.

Závěr

Na Průmysl 4.0 lze nahlížet jako na revoluční přístup k výrobě a koncept, který výrobcům nabízí možnosti optimalizace svých procesů vedoucí ke zvýšení produktivity a uspokojení individualizovaných zákaznických požadavků, což povede ke zlepšení ekonomiky dané země a zvýšení kvality života obyvatel. Z širšího pohledu není Průmysl 4.0 o konkrétních technologiích, nýbrž se jedná o revoluci v myšlení celé společnosti. Diskutován je tento pojem především ve vyspělých světových ekonomikách, ve vedení firem a na akademické půdě. Čtvrtá průmyslová revoluce přináší propojení třech světů: fyzického, ve kterém probíhají veškeré procesy, kybernetického, který do jisté míry představuje virtuální obraz předchozího a sociálně-ekonomického, kde je společnost chápána jako systémový celek. Spojením těchto tří oblastí myšlenkami Průmyslu 4.0 vznikne nový obraz společnosti.

Z historického hlediska se zaměstnanost přelévала ze zemědělství do průmyslové výroby v období první průmyslové revoluce a z průmyslu do sektoru služeb v dalších staletích. Nyní, na prahu čtvrté průmyslové revoluce, se změny neodehrávají ani v řádu desetiletí, nýbrž v letech či dokonce jednotlivých měsících. Díky vysokému podílu průmyslové výroby je výchozí situace České republiky velmi slibná. Přestože o aplikaci myšlenek Průmyslu 4.0 a využití všech s tím spojených příležitostí budou rozhodovat převážně podniky, stát musí připravit pro tento koncept prostředí. Na základě požadavků podniků musí stát vypracovat celonárodní strategii obsahující mj. vytvoření legislativního rámce, zajištění výzkumu a vývoje konkrétních oblastí (např. kybernetická bezpečnost), podporu nových finančních nástrojů, širokopásmové pokrytí internetem a především účinný systém cíleného vzdělávání. Právě vzdělání, znalosti a dovednosti lidí budou klíčem k úspěšnému přijetí nastávajících změn. Systémová změna ve vzdělávání se projeví nejdříve za 10-15 let, proto by mělo být vytvoření strategie vzdělávání prioritou pro stát.

Cílem této práce bylo popsat a analyzovat hlavní změny způsobené nástupem čtvrté průmyslové revoluce, jejich vliv na domácnosti, firmy a stát a na základě rešerše interních dat společnosti Škoda Auto provést posouzení jejího zapojení do Průmyslu 4.0 včetně zkoumání a vyhodnocení, zda firma využívá v procesu zajištění kvality všech možností poskytovaných nejnovějšími technologiemi, zda je v tomto procesu prostor k optimalizaci a v jakých dalších oblastech firma využívá principů Průmyslu 4.0.

Byl rozebrán současný růst sektoru ICT, počítačová gramotnost a zvyšování kvalifikace obyvatelstva, příznivá výchozí situace pro Českou republiku nebo vliv vlastnické struktury

firem na aplikaci Průmyslu 4.0. Budoucí stav byl definován změnami v oblasti práce, novými pracovními příležitostmi a novými obchodními modely. Identifikovány byly příležitosti a výhody spojené s nástupem Průmyslu 4.0, stejně jako výzvy a nebezpečí. Dále byly uvedeny konkrétní aplikace myšlenek a technologií Průmyslu 4.0 v celosvětově známých firmách a zejména ve Škoda Auto, kde bylo užití demonstrováno několika příklady ve výrobě a v procesu zajištění kvality reprezentovanému dlouhodobými jízdami zkouškami a kontrolou vozu ve vývoji. Pro oba tyto dílčí procesy byla provedena analýza jejich současného stavu, včetně uvedení budoucích optimalizací po vzoru nových technologií Průmyslu 4.0. Na základě hodnotících kritérií bylo v souladu s cílem práce provedeno posouzení zapojení firmy do Průmyslu 4.0, které bylo vyhodnoceno jako jedno z nejpokročilejších v ČR. Dále bylo zjištěno, že přestože firma využívá v procesu zajištění kvality nejnovějších technologií, stále zde existuje prostor pro optimalizaci. V procesu dlouhodobých jízd zkoušek byly navrženy tři optimalizační varianty, a sice pořízení chytrých nositelných zařízení všem řidičům, vybavení zkouškových vozů tablety připojenými k internetu a obsahujícími program pro záznam závad a vyvinutí speciální aplikace integrované přímo do infotainmentu vozu. Ke každé z variant byly uvedeny její výhody a nevýhody a vyčísleny přibližné náklady. Návrh optimalizace procesu kontroly vozu ve vývoji spočívá ve vyvinutí a standardizaci technologie virtuální reality napříč všemi značkami koncernu, umožňující vzdálenou účast na těchto zkouškách a vedoucí nejen k úspoře času a nákladů, ale i k předávání zkušeností mezi jednotlivými značkami. Oba tyto návrhy byly předloženy. Jejich případné uvedení do praxe povede k zefektivnění obou zmiňovaných procesů.

Seznam literatury

- EVDOKIMOV, Sergej, Benjamin FABIAN, Oliver GUNTHER, Lenka IVANTSYNOVA a Holger ZIEKOW. 2011. *RFID and the Internet of Things: Technology, Applications and Security Challenges*. Hanover, Mass: now Publishers. ISBN 978-1-601-98444-9.
- FOLLETT, Jonathan. 2014. *Designing for Emerging Technologies: UX for Genomics, Robotics, and the Internet of Things*. Sebastopol, CA: O'Reilly. ISBN 978-1-4493-7051-0.
- MARŠÍK, Vladimír. 2016. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-440-0.
- TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. 2017. *Průmysl 4.0 aneb nikdo sám nevyhraje*. Průhonice: Professional Publishing. ISBN 978-80-906594-4-5.
- USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKCAN. 2017. *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-319-57869-9.
- BBC NEWS. 2014 China: Firm 3D prints 10 full-sized houses in a day. [online] [cit. 5. března 2018] Dostupné z: <http://bbc.in/1CJ2rJE>
- DELOITTE AG. 2015. Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. [online] [cit. 8. dubna 2018] Dostupné z: http://www.industrie2025.ch/fileadmin/user_upload/ch-en-delloite-ndustry-4-0-24102014.pdf
- GEISSBAUER, Reihnard, VEDSO, Jesper a Stefan SCHRAUF. 2016. Industry 4.0: Building the digital enterprise. Global Industry 4.0 Survey. PWC. [online] [cit. 7. dubna 2018] Dostupné z: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- KOCH, Volkmar, KUGE, Simon, SCHRAUF, Stefan a Reinhard GEISSBAUER. 2014. Opportunities and challenges of the industrial internet. Strategy&. [online] [cit. 8. dubna 2017] Dostupné z: <http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry-4-0.pdf>

MACDOUGALL, William. 2014. Industry 4.0 Smart manufacturing for the future. Germany Trade and Invest. [online] [cit. 8. dubna 2017]. Dostupné z: <https://www.manufacturing-policy.eng.cam.ac.uk/policies-documents-folder/germany-industrie-4-0-smart-manufacturing-for-the-future-gtai>

MCKINSLEY DIGITAL. 2015. Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector. [online] [cit. 7. dubna 2018] Dostupné z: https://www.mckinsey.de/files/mck_industry_40_report.pdf

PFOHL, Hans-Christian, YASHI, Burak a Tamer KURNAZ. 2015. The Impact of Industry 4.0 on the Supply Chain. epubli GmbH. [online] [cit. 7. dubna 2018] Dostupné z: <https://hicl.org/publications/2015/20/31.pdf>

PROQUEST. 2017. Databáze článků ProQuest [online]. Ann Arbor, MI, USA: ProQuest. [cit. 2017-09-28]. Dostupné z: <http://knihovna.tul.cz/>

Interní materiály Škoda Auto