

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 – Strojní inženýrství
Studijní specializace: Průmyslové inženýrství a management

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Průmysl 5.0 a jeho vliv na společnost

Autor: Jakub CHVAL
Vedoucí práce: Doc. Ing. Milan EDL, Ph.D.

Akademický rok 2023/2024

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jakub CHVAL**
Osobní číslo: **S21B0122P**
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**
Specializace: **Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Průmysl 5.0 a jeho vliv na společnost**
Zadávající katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

- Úvod
- Teoretická východiska
- Výběr technologie
- Popis přínosů
- Závěr

Rozsah bakalářské práce: **30-40**
Rozsah grafických prací: **-**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Yánez, Fran. The goal is Industry 4.0: technologies and trends of the fourth industrial revolution. Great Britain, 2017. ISBN 978-1-9734-1317-2
2. Yánez, Fran. The 20 key technologies of industry 4.0 and smart factories: the road to digital factory of the future. Great Britain, 2017. ISBN 978-1-973402-10-7
3. HAMDAN, Allam; HARRAF, Arezou; BUALLAY, Amina; ARORA, Pallvi; ALSABATIN, Hala. From Industry 4.0 to Industry 5.0: Mapping the Transitions. Springer, 2023. ISBN 978-3031283130
4. SHARMA, Pranjal. The Next New: Navigating the Fifth Industrial Revolution. HarperCollins India, 2023. ISBN 9356295646

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Pavel Raška, Ph.D.**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2024**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu práce doc. Ing. Milanu Edlovi, Ph.D. a konzultantovi práce doc. Ing. Pavlu Raškovi, Ph.D. za jejich čas, cenné rady a vstřícnost při konzultacích.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Chval	Jméno Jakub	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715A270013 Strojní inženýrství		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulu) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Jméno Milan	
PRACOVISŤE	ZČU - FST – KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Průmysl 5.0 a jeho vliv na společnost		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2024
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	46	TEXTOVÁ ČÁST	46	GRAFICKÁ ČÁST	
---------------	----	---------------------	----	----------------------	--

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Předmětem této práce je popis hlavních charakteristických znaků, hodnot a cílů Průmyslu 5.0. Tento trend staví na třech stěžejních pilířích: centralizace na člověka, udržitelnost a odolnost. V rámci práce je zmíněno několik společností, firem a projektů, které principy Průmyslu 5.0 různými způsoby naplňují, dále jsou popsány možné přístupy k této implementaci a na závěr shrnuty přínosy Průmyslu 5.0 pro společnost i průmysl samotný.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Průmysl 5.0, Průmysl 4.0, Průmyslová revoluce, Centralizace na člověka, Udržitelnost, Odolnost

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Chval	Name Jakub		
STUDY PROGRAMME	B0715A270013 Mechanical Engineering			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Edl, CSc.	Name Milan		
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Industry 5.0 and its impact on society			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2024
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	46	TEXT PART	46	GRAPHICAL PART	
----------------	----	------------------	----	-----------------------	--

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The aim of this thesis is to describe the main characteristics, values and objectives of the Industry 5.0. This trend builds upon three fundamental pillars: human-centricity, sustainability and resiliency. There are several enterprises, companies and projects implementing the principles of Industry 5.0 in different ways mentioned and described in the thesis, as well as the various approaches to the implementation. In the end, the benefits of Industry 5.0 for the society and the industry itself are summed up.
KEY WORDS	Industry 5.0, Industry 4.0, Industrial revolution, Human-centricity, Sustainability, Resiliency

Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	10
Seznam obrázků	11
1 Úvod.....	12
2 Historický kontext a vývoj	13
2.1 První průmyslová revoluce.....	13
2.2 Druhá průmyslová revoluce	13
2.3 Třetí průmyslová revoluce.....	14
2.4 Čtvrtá a pátá průmyslová revoluce.....	14
3 Průmysl 4.0.....	15
3.1 Charakterizující znaky.....	15
3.2 Technologie	15
3.3 Kritika Průmyslu 4.0	18
4 Představení průmyslu 5.0	19
4.1 Charakterizující znaky.....	19
4.2 Technologická základna Průmyslu 5.0.....	20
4.3 Společnost 5.0	20
4.3.1 Technologie Společnosti 5.0.....	20
4.3.2 Cíle Společnosti 5.0.....	21
5 Implementace Průmyslu 5.0	22
5.1 Naplnění hlavních cílů	22
5.1.1 Centralizace na člověka.....	22
5.1.2 Udržitelnost	22
5.1.3 Odolnost	23
5.2 Rizika	23
5.3 Hodnoty a cíle Průmyslu 5.0	24
5.4 Principy Průmyslu 5.0 v praxi.....	24
5.4.1 Tesla.....	24
5.4.2 Google	25
5.4.3 Baťa	25
6 Evropská podpora Průmyslu 5.0	27
6.1 Industry 5.0 Award	27
6.1.1 SHERLOCK.....	27
6.1.2 SeCoIIA.....	28
6.1.3 Ramp-PV	29
6.2 Industry 5.0 Community of Practice	30

6.3	European Innovation Council.....	31
7	PROSPECTS 5.0.....	32
7.1	Cíle projektu.....	32
7.2	Dílčí úkoly PROSPECTS 5.0.....	33
7.3	Metodika projektu.....	34
7.4	Předpokládané výsledky.....	36
7.5	Případové studie.....	36
8	Firmy implementující Průmysl 5.0.....	37
8.1	B. Braun Avitum Italy.....	37
8.2	CAMELEO.....	37
8.3	Knowit.....	38
8.4	Smarald.....	38
8.5	ZEUKO.....	39
8.6	EFESTO.....	39
9	Přínosy Průmyslu 5.0.....	41
9.1	Centralizace na člověka.....	41
9.2	Udržitelnost.....	42
9.3	Odolnost.....	42
10	Závěr.....	43
	Seznam použitých zdrojů.....	44

Přehled použitých zkratk a symbolů

I5.0	Průmysl 5.0
I4.0	Průmysl 4.0
CPS	Kyberneticko-fyzické systémy
IoT	Internet Věcí
IoS	Internet Služeb
IoP	internet Lidí
AR	Rozšířená realita
AI	Umělá inteligence
HRC	Human-Robot Collaboration
ML	Strojové učení
KPI	Klíčový ukazatel výkonu
KAI	Klíčový ukazatel úspěchu
SMEs	Malé a střední podniky
I5.AF	Hodnotící rámec Průmyslu 5.0

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Projekt SHERLOCK: Vývoj HRC [28]	28
Obrázek 2 - Ramp-PV: Recyklace solárních panelů [34].....	30
Obrázek 3 - Ramp-PV: Recyklace chladící řezné kapaliny [35].....	30
Obrázek 4 - Fáze projektu PROSPECTS 5.0 [40]	34

1 Úvod

Přestože termín Průmysl 4.0 je již přes deset let starý, velmi často bývá vnímán jako nejnovější trend průmyslového rozvoje. Extenzivní digitalizace a automatizace za účelem optimalizování výrobních procesů a maximalizování zisku je mnohými považována za hlavní cíl průmyslových podniků. To samozřejmě není zcela nesprávná domněnka, tyto podniky si stále osvojují technologie a principy Průmyslu 4.0, které v moderním průmyslu hrají nezastupitelnou roli, nicméně stejně jako se vyvíjí technologie, vyvíjí se i průmysl samotný a jeho cíle.

Počátkem roku 2021 byl Evropskou komisí představen nový celospolečenský trend, který staví na technologických základech svého předchůdce, ale mění jeho hlavní myšlenku. Nazývá se Průmysl 5.0, udává směr, jímž by se v nadcházejících letech měla evropská společnost ubírat a s jistou dávkou nadsázky se o něm dá hovořit jako o páté průmyslové revoluci. Do popředí zájmu se dostává člověk, udržitelnost a odolnost namísto extenzivní automatizace pro zvýšení ekonomického prospěchu, jak tomu bylo doposud.

Tomuto novému trendu doposud nebylo věnováno mnoho pozornosti a povědomí o jeho principech, hodnotách a výhodách je stále na relativně nízké úrovni. Tato práce si proto klade za cíl představit koncept Průmyslu 5.0 v kontextu předchozích vývojových stupňů, dalších současných evropských i světových iniciativ, dále pak na konkrétních příkladech praxe popsat faktory spojené s jeho implementací a nastítnit možné důsledky a přínosy této implementace pro firmy a projekty různé technologické i ekonomické úrovně.

2 Historický kontext a vývoj

Slovo revoluce ze své podstaty evokuje radikální změnu celkového přístupu k věci, ať už se jedná o společnost, průmysl, zemědělství, kulturu, politiku, či jiná odvětví. Na poli průmyslu lze v současnosti vytyčit již pět časových milníků, respektive období, o nichž se jako o průmyslových revolucích hovoří, byť u posledních dvou případů, které od sebe vzájemně dělí poměrně krátké časové období, se jedná spíše o novou ideu a cíl, k nimž se další průmyslový rozvoj upíná a směřuje, než o zásadní technologickou inovaci. V rámci následujících podkapitol jsou tyto proměny průmyslu v průběhu historie stručně nastíněny.

2.1 První průmyslová revoluce

První průmyslová revoluce je jedním z nejvýznamnějších bodů zvratu z hlediska lidské historie. Datuje se na přelom osmnáctého a devatenáctého století ve Velké Británii (v méně industrializovaných zemích, jmenovitě například Čína a Indie, došlo ke zpoždění a posléze rychlému rozvoji průmyslu na přelomu devatenáctého a dvacátého století), nicméně samotný termín „Průmyslová revoluce“ byl uveden a popularizován až koncem devatenáctého století britským ekonomickým historikem Arnoldem Toynbeeem (1852-1883) za účelem pojmenování procesu transformace ekonomiky mezi lety 1760 až 1840. Během tohoto období došlo k rapidnímu rozvoji mechanizace, čili náhradě ruční práce (lidské a zvířecí) za práci konanou stroji, a dosud dominující zemědělský průmysl byl částečně zastíněn a upozaděn rychle se rozvíjejícím průmyslem výrobním. [1] [2] [3]

Jedním z nejdůležitějších vynálezů, jenž přerod průmyslu umožnil, byl bezpochyby parní stroj, který v roce 1712 představil Thomas Newcomen (1664-1729) původně za účelem odčerpávání vody ze zaplavených důlních šachet a který později v roce 1776 zdokonalil a zefektivnil skotský inženýr James Watt (1736-1819). Parou poháněné stroje se postupně rozšířily do všech (nejen průmyslových) odvětví od železniční a lodní dopravy až po výrobní továrny, z nichž lze jako jeden z nejvýznamnějších konceptů uvést prádelny využívající mechanizovaný tkalcovský stav. K dalším odvětvím, která se během první průmyslové revoluce výrazně měnila a rozvíjela, patří kromě textilního průmyslu a dopravy například také výše zmíněné zemědělství, produkce železa a oceli, chemický průmysl a mnohé další. [1] [2] [3]

2.2 Druhá průmyslová revoluce

Druhá průmyslová revoluce v polovině devatenáctého století v podstatě bezprostředně navázala na první a charakterizuje ji především neustále se zvyšující efektivita a masovost výroby díky zavádění montážních linek a jejich postupné elektrifikaci. Jako zářný příklad je zde vhodné zmínit Henryho Forda (1863-1947), zakladatele Ford Motor Company, který roku 1908 uvedl na trh automobil Ford Model T, jenž byl díky levnější hromadné výrobě dostupný i pro střední ekonomickou třídu ve Spojených státech amerických. To nevyhnutelně naznačuje další významnou a zásadní technickou inovaci, tedy vynález motoru s vnitřním spalováním. Roku 1876 vynalezl německý inženýr Nikolaus August Otto (1832-1891) zážehový benzinový motor, který byl (a dodnes je) využíván pro pohon automobilů, a Rudolf Diesel (1858-1913) představil v roce 1897 vznětový dieselový motor, jenž ve své době našel uplatnění především v pohonu lodí a lokomotiv. [3] [4] [5] [6]

Pokud bychom první průmyslovou revoluci obecně nazvali obdobím páry, druhou fází je vhodné pojmenovat dobou elektřiny. Její využití v průmyslovém sektoru i běžném životě se prudce rozšířilo během sedmdesátých let devatenáctého století díky relativně snadnému přenosu a transformaci v teplo, světlo, či pohyb. Frank J. Sprague (1857-1934) vynalezl roku 1886 elektrický motor umožňující například elektrifikaci podzemní dráhy a tramvají ve větších

městech, Thomas Alva Edison (1847-1931) si nechal roku 1879 patentovat žárovku (nutno podotknout, že ji sám nevynalezl, pouze zdokonalil), což mimo jiné umožnilo i nepřetržitý provoz výroby díky umělému osvětlení, a většina výrobních strojů, linek, ale i jiných technologií, kupříkladu komunikačních jako telefon či rádio, byla poháněna elektrickým proudem. [3] [4] [6]

Jako konec druhé průmyslové revoluce se udává počátek první světové války v roce 1914.

2.3 Třetí průmyslová revoluce

Třetí průmyslová revoluce bývá často nazývána revolucí digitální z vcelku očividného důvodu, kterým byl přechod k digitálním technologiím pro přenos, zpracovávání a ukládání informací a dat. Počátek revoluce není přesně určen, nicméně lze konstatovat, že rapidní rozvoj v oblasti digitalizace začal v druhé polovině dvacátého století a trvá v podstatě dodnes, byť již pod záštitou Průmyslu 4.0 a 5.0. Mezi důležité milníky ve vývoji počítačových technologií patří především vynález germaniového tranzistoru Johnem Bardeenem a Walterem Brattainem v roce 1947, první integrovaný obvod (mikroprocesor) vyvinutý Jackem Kilbym a Robertem Noycem roku 1958, který měl dvojitý efekt, a sice výrazné zvýšení výpočetního výkonu počítačů za současného snížení ceny, uvedení konceptu Internetu v roce 1969 posláním zprávy přes ARPANET, jednu z prvních počítačových sítí pro sdílení bloků dat, tzv. paketů, později v polovině sedmdesátých let vytvoření univerzálnějších a jednodušších operačních systémů pro „rekreační uživatele“ firmami jako Apple či Microsoft a v neposlední řadě také World Wide Web, který v roce 1989 představil Tim Berners-Lee. [7] [8] [9]

Digitální revoluce a s ní související globalizace zásadně proměnila a nadále mění průmysl, a to nejen z hlediska výrobního, ale i ekonomického a ve vztahu k zákazníkům. Díky postupné automatizaci a rozvoji informačních systémů došlo a dochází ke zvyšování efektivity a flexibility výroby, díky čemuž se zrychluje a usnadňuje produkce. Rychlý nárůst celosvětové konkurence na obchodním trhu činí zákazníka tím, kdo rozhoduje o tom, co se vyrábí. [7] [8] [9] [10]

Digitalizace se koncem dvacátého století stala celosvětovým fenoménem, a obdobně jako první průmyslová revoluce takřka plynule přešla do druhé, navazuje i čtvrtá a pátá na třetí.

2.4 Čtvrtá a pátá průmyslová revoluce

Iniciativa Průmysl 4.0 byla představena na veletrhu v německém Hannoveru v roce 2011. Změny vyvolané spojením virtuálního a fyzického světa, tedy širokým zaváděním a užíváním nových informačních technologií, umělé inteligence, virtuální či rozšířené reality a mnohých dalších jsou natolik razantní, že je lze nazvat čtvrtou průmyslovou revolucí. Ta byla během uplynulé dekády hojně propagována a v reakci na ni představila Evropská Komise v lednu roku 2021 (tedy v porovnání s ostatními vývojovými stupni po velmi krátké době) novou iniciativu Průmysl 5.0, která je spjatá s trendem Společnost 5.0, jenž byl uveden v roce 2016 v Japonsku. Užití slovního spojení „průmyslová revoluce“ by bylo v tomto případě spíše přehnané, neboť se jedná především o redefinování směřování a cílů, jichž je třeba dosáhnout, spíše než o technologickou inovaci, kterou s sebou přinášely předcházející vývojové fáze. [9] [10] [14]

Hovoříme-li o Průmyslu 5.0, nelze samozřejmě opomenout právě velmi úzkou technologickou spojitost s předcházející čtvrtou průmyslovou revolucí. I Průmyslu 4.0 je tedy z tohoto důvodu věnována mimo tuto krátkou historickou zmínku samostatná kapitola.

3 Průmysl 4.0

V reakci na extenzivní automatizaci a stále vyšší úroveň vzájemné konektivity strojů v průběhu digitální revoluce byla roku 2011 představena iniciativa Průmysl 4.0 (v německém originále Industrie 4.0), která přesněji definovala vizi rozvoje německého, posléze evropského a celosvětového průmyslu v nadcházejících letech. Čtvrtá průmyslová revoluce trvá dodnes a stále je hojně diskutovaným tématem, byť ji v současnosti již postupně nahrazuje další evoluční stupeň. Technologie Průmyslu 4.0 nicméně stále hrají klíčovou a nezastupitelnou roli, proto je tomuto trendu věnována samostatná kapitola, v rámci níž je pozornost věnována především právě technologiím, ale současně i negativním stránkám tohoto trendu, které se nezanedbatelnou měrou podílely na nutnosti rozvoje dalšího evolučního stupně.

3.1 Charakterizující znaky

Jak již bylo naznačeno, trend Průmysl 4.0 nepřináší přímo technologickou změnu, ale plynule navazuje na třetí průmyslovou revoluci, staví na rapidním rozvoji informačních technologií, jenž především v poslední dekádě stále nabírá na rychlosti, a definuje směr, kterým by se celá společnost měla v nadcházejících letech ubírat. Klíčovou roli ve čtvrté průmyslové revoluci nehraje pouze samotná implementace nových technologií do výroby, ale především neustálý sběr dat a jejich sdílení díky vzájemné propojenosti za účelem optimalizace a zefektivnění procesů.

Stroje (respektive i produkty a celé výrobní jednotky), které jsou díky internetu propojené, programovatelné a říditelné (viz Internet of Things níže), sbírají data o výrobních procesech, analyzují je a sdílejí s ostatními stroji, čímž tvoří takzvané kyberneticko-fyzické systémy (CPS), tedy základní stavební kameny Smart Factory („Chytré továrny“) a celé průmyslové revoluce, a napomáhají přiblížení se vizi (nebo spíše extrémnímu případu) samořízené a plně automatizované výroby, která je schopna se rychle a efektivně adaptovat na změny trhu.

Toto propojování, jež je jednou ze stěžejních myšlenek konceptu 4.0, se samozřejmě netýká pouze průmyslu. Fenomén digitalizace a sdílení dat dávno překročil hranice průmyslové výroby samotné a komunikace na dálku pomocí chytrých zařízení s připojením k internetu se stala nedílnou součástí každodenního života v naší společnosti. Propojení, které dříve nebylo zcela běžné, lze pozorovat například i ve vztahu výrobce a zákazníka, tedy ve vztahu nabídky a poptávky, kdy výrobce podle zákaznickovy preference přizpůsobuje produkty (kupříkladu volba a customizace vybavení a specifikací při koupi automobilu), či na základě dat o prohlížení nabízí personalizovanou reklamu na výrobky, o něž zákazník dříve jevil zájem. [9] [10] [11]

3.2 Technologie

V následujících odstavcích je popsáno několik technologických pilířů, o něž se trend Průmyslu 4.0 opírá, z nichž některé již byly krátce zmíněny výše. Vybrány a popsány jsou zde především ty technologie, které se prolínají trendy 4.0 i 5.0 a jsou tudíž považovány za stěžejní.

- **Internet věcí**

Internet věcí (Internet of Things - IoT) je jedním ze zásadních prvků iniciativy 4.0 a nezbytným předpokladem efektivně fungující Smart Factory. Základním principem je přechod od samostatně a izolovaně fungujících počítačově a roboticky podporovaných výrobních (či administrativních) objektů k systému, kde jsou všechny fyzické objekty provázané, komunikují spolu a vzájemně se ovlivňují s využitím internetu a unikátních IP adres jednotlivých prvků. Fyzickými objekty nejsou míněny výlučně stroje, toto označení zahrnuje celé výrobní linky, produkty disponující senzory, lidské pracovníky

a sahá i za hranice samotné továrny k datům získaným od dodavatelů, prodejců, či zákazníků.

K Internetu věcí lze přiřadit i pojmy Internet služeb (Internet of Services - IoS) a Internet lidí (Internet of People - IoP). IoS je pojmenováním pro stále dostupnější možnost poskytování služeb, jakými mohou být například licence k softwarům, na mezinárodním trhu (klasickým případem jsou firmy Google či Microsoft), nicméně v kontextu výrobní továrny se jedná především o kooperaci, koordinaci činností a o služby, jež si vzájemně poskytují softwarové subjekty, které ve „virtuálním prostoru“ zastupují fyzické prvky. Příkladem budiž produkt, jenž v průběhu své životnosti odesílá výrobci data o stavu a způsobu užívání, na základě čehož mohou být tvořeny inovace a vylepšení budoucích výrobků, popřípadě poskytovány servisní služby. IoP zahrnuje sběr dat a předávání informací mezi stroji a lidskými pracovníky, jejich zapojení do komunikace skrze digitální síť a tvorbu rozhraní pro tuto komunikaci. Provázanost veškerých procesů, možnost shromažďování velkých objemů cenných dat, jejich analýzy a sdílení je základním předpokladem pro zvyšování produktivity a flexibility výroby a pro udržení výhodné pozice na trhu, tedy pro stěžejní cíle Průmyslu 4.0. [12] [13]

- **Integrace systémů**

Průmysl 4.0 je, jak bylo popsáno, založen na propojení – integraci systémů pomocí informačních technologií. Tato integrace je definována ve dvou, respektive třech základních rovinách: Vertikální, horizontální a integrace všech inženýrských procesů (která je speciálním případem integrace horizontální).

Vertikální integrace značí vzájemnou propojenost všech hierarchických stupňů v rámci podniku a provázanost výrobních systémů. Horizontální integrace zahrnuje celý řetězec tvorby hodnoty, který začíná u dodavatele a končí u zákazníka. Integrace všech inženýrských procesů, jak název naznačuje, se zaměřuje především na výrobní část hodnototvorného řetězce a označuje provázanost procesů v průběhu životního cyklu produktu (od prvotního návrhu po jeho případný servis). [12] [13]

- **Analýza velkých objemů dat**

Analýza velkých dat (Big Data) získaných nejen z výroby a administrativy, ale též od zákazníků, z internetu, průzkumů trhu či geopolitické situace a mnohých dalších faktorů, je rovněž velmi důležitou součástí Průmyslu 4.0. Cílem těchto analýz je kromě snahy o zefektivnění podnikových procesů, eliminace plýtvání a predikování vývoje trhu také především usnadnění a urychlení rozhodování o směřování společnosti, tedy například druhu, kvantitě a kvalitě nabízených produktů. Analýza velkých dat je také naprosto nezbytná pro fungování další důležité technologie Průmyslu 4.0 (a Průmyslu 5.0), totiž umělé inteligence, která je právě na datech a jejich zpracování založena. [12] [13]

- **Autonomní roboty**

Roboty, jejichž schopnosti a samostatnost neustále roste, jsou jedním z nejnápadnějších znaků Průmyslu 4.0, nicméně oproti předchozí digitální (třetí průmyslové) revoluci, iniciativa 4.0 staví především na zvyšování jejich flexibility, možnosti kooperace s člověkem či mezi sebou a v neposlední řadě také na schopnosti strojového učení. Kromě robotů ve výrobě lze do této kategorie zařadit i takzvané chatboty, například virtuální online asistenty v internetových obchodech, či hlasové asistenty na mobilních zařízeních (Siri v produktech firmy Apple). Obecně vzato jsou právě autonomní roboty hybným motorem ve zvyšování efektivity a produktivity výroby díky své vysoké a stabilní výkonnosti a možnosti zastávat repetitivní či pro člověka nebezpečné pracovní

pozice. Velkou výhodou vzájemné komunikace mezi roboty je i automatická úprava činností jednoho stroje na základě dat získaných od stroje druhého, což snižuje čekání a prodlevy mezi navazujícími procesy. [12] [13]

- **Cloud Computing**

Velmi často bývá rovněž skloňován termín Cloud Computing, jehož český překlad nelze zcela přesně nalézt, nicméně zjednodušeně by se dalo říci, že vyjadřuje operace s daty virtuálního úložiště, takzvaného cloudu. Toto virtuální úložiště obsahuje hardwarové a softwarové zdroje přístupné uživatelům odkudkoliv přes internet díky chytrým zařízením a slouží ke sběru, uchování, zálohování a sdílení informací, softwarových i hardwarových prostředků v rámci společnosti. Jedná se o technologii zcela nezbytnou pro chod, fungování a komunikaci v rámci Smart Factory a jejích kyberneticko-fyzických systémů. [12] [13]

- **Digitální dvojčata**

Jako digitální dvojče se označuje dostatečně přesná virtuální simulace reálného fyzického produktu, stroje, pracovní linky, či celé továrny, při jejíž tvorbě se vychází z dat nasbíraných senzory ve výrobě. Dvojče slouží k analýze, vylepšení stávajících nebo tvorbě nových produktů či zefektivnění procesů. Další významnou rolí je například simulace změn ve výrobě, které mohou vést ke snížení taktu linky nebo zvýšení produktivity, bez rizika selhání a výrazné finanční ztráty. Digitální dvojče je tedy další z technologií, jež napomáhá zlepšování efektivity výroby a usnadňuje rozhodovací procesy. [12] [13]

- **Rozšířená realita**

Málokterá technologie reprezentuje propojení fyzického a virtuálního světa tak jako rozšířená realita (AR). Její potenciál v průmyslové praxi se v současné době rapidně rozvíjí, obohacení fyzické reality o dodatečné vizuální informace skýtá mnoho možností využití od procesu tréninku či zaškolení pracovníků po detekci a opravu poruch bez nutnosti přímé přítomnosti odborníka. V budoucích letech se dá očekávat extenzivnější využití rozšířené reality v průmyslu, kde může napomoci ke zjednodušení a urychlení pracovních činností, osvojování nových dovedností (práce s novým strojem) a rozhodovacích procesů díky poskytování aktuálních (real-time) informací. [12] [13]

- **Aditivní výroba**

Aditivní výroba (často nazývána jednoduše 3D tisk) je technologie, která za uplynulé roky nalézá v průmyslovém odvětví stále širší uplatnění díky svojí univerzálnosti, schopnosti zpracovávat různé materiály (kovy, plasty, keramiku) a relativně nízké ceně. Jedná se o postupné vrstvení materiálu do požadovaného tvaru a formy dle vložených vstupních dat, přičemž samotný „tisk“ probíhá autonomně. Metoda 3D tisku je vhodná pro tvarově složité a různorodé výrobky, díky čemuž bývá využívána zejména pro tvorbu prototypů nebo (čím dál častěji) pro výrobu zákazníkem customizovaných produktů. [12] [13]

- **Umělá inteligence**

Umělá inteligence (AI) v různých stupních pokročilosti prostupuje celým systémem automatizace chytré továrny. Je to technologie zajišťující interakce mezi stroji samotnými či na rozhraní člověk-stroj, umožňuje proces strojového vnímání a učení na základě zpracovávaných dat a díky jejich analýze poskytuje teoretickou znalostní základnu pro řízení a koordinaci složitých systémů či procesy rozhodování nebo plánování výroby. Využití umělé inteligence nejen v průmyslovém odvětví neustále

stoupá a nabývá na významu, její aplikace v rámci Průmyslu 4.0 je naprosto nezbytná pro efektivní chod výroby a zvyšování její produktivity. [11] [12] [13]

- **Kyberbezpečnost**

Iniciativa Průmysl 4.0 se nese v duchu digitalizace a provázanosti systémů. Ruku v ruce s technologiemi umožňujícími neustálou komunikaci s okolím a zvyšování produktivity výrobních procesů přichází ovšem i nutnost ochrany všech systémů před potenciálními kybernetickými hrozbami, kterým je vystaven samozřejmě nejen průmysl samotný, ale celá společnost. Tento faktor lze vnímat jako jeden z hlavních negativních vedlejších dopadů čtvrté průmyslové revoluce, respektive celého trendu digitalizace. [11] [12] [13]

3.3 Kritika Průmyslu 4.0

Iniciativa Průmysl 4.0 byla představena před více než deseti lety, od té doby dochází k její více či méně úspěšné implementaci do průmyslových odvětví a lze pozorovat některé pozitivní i negativní společenské dopady. Podniky, které kompletně přejdou k principům, technologiím a procesům 4.0, disponují nespornou konkurenční výhodou tkvící ve vysoké výkonnosti, efektivitě výroby, kvalitě produktů a služeb, nicméně ne vždy je tento přechod zcela úspěšný, obzvláště je-li snaha uskutečnit ho náhle nebo jen částečně. Vstupní náklady na nové technologie a příslušející expertízu jsou relativně vysoké a pro zaměstnance může být mnohdy obtížné se novinkám přizpůsobit. S tím souvisí i jedna z nejvíce zdůrazňovaných výtek, a sice že mnohá pracovní místa jsou nahrazována roboty, přičemž pro nově vzniklé pozice je požadována vyšší úroveň vzdělání a kvalifikace než pro pozice zaniklé, což má za důsledek prohlubování sociální a ekonomické nerovnosti a odporuje původní myšlence o zvýšení celkové životní úrovně. Výše zmiňovaná kybernetická bezpečnost je rovněž hojně probíraným negativem, které nicméně nevyplývá ze samotné implementace Průmyslu 4.0, ale je důsledkem komplexní digitalizace společnosti jako takové. Sporně mohou být vnímány také environmentální dopady Průmyslu 4.0, který na jednu stranu snižuje množství produkovaného odpadu, zvyšuje efektivitu výroby a využívání zdrojů, ale na stranu druhou vede vysoká výkonnost, globalizace a tím pádem i širší sortimentu výrobků na trhu k nadprodukcí a převyšování nabídky nad poptávkou.

Fenomén 5.0, další evoluční stupeň průmyslu, si mimo jiné klade za cíl některé z těchto negativních dopadů adresovat a zmírnit, pokud možno zcela eliminovat. [9] [10] [11] [12] [13]

4 Představení průmyslu 5.0

Průmysl 5.0 je stále relativně novým konceptem fungování nejen průmyslu, ale celé společnosti. Představen byl Evropskou komisí počátkem roku 2021, tedy v době, kdy se velká část průmyslových společností stále soustředila na implementaci trendu 4.0, proto se jeho potenciál (včetně případných negativních dopadů) ještě zcela neprojevil. V následujících podkapitolách jsou popsána teoretická východiska nového fenoménu, jak je přednesla Evropská unie ve vydaných dokumentech.

4.1 Charakterizující znaky

Průmysl 5.0 v mnohém vychází z konceptu 4.0 a někdy bývá spíše než průmyslovou revolucí nazýván evolucí. Průmysl 4.0 během uplynulých deseti let od svého představení postupně upustil od původních záměrů týkajících se prosperity společnosti a posunu k udržitelnosti, pozornost byla upínána téměř výhradně k rozvoji digitálních technologií, efektivitě a flexibilitě výroby, kde skutečně došlo a dochází k působivému posunu, ale už ne k naplnění evropských vizí pro následující dekády. Fenomén 5.0 na tyto původní záměry navazuje, nicméně oproti svému předchůdci se nesoustředí čistě na budoucí směřování průmyslu. Naopak, lze jej aplikovat ve všech odvětvích a středobodem by měly být celospolečenské zájmy. Jeho hlavní myšlenky se v mnohém podobají japonskému konceptu Společnost 5.0 představenému v roce 2016, o němž je řeč v samostatné podkapitole níže. Evropská komise vytyčila tři hlavní a vzájemně se doplňující pilíře, o něž se Průmysl 5.0 opírá: nový evropský průmysl má být centralizovaný na člověka, udržitelný a odolný (v originále: human-centric, sustainable, resilient). [14] [15] [16]

- **Centralizace na člověka**

Evropská komise ve svém manuskriptu z 5. ledna 2021 uvádí:

„Spíše než se ptát, co můžeme dělat s novou technologií, se ptáme, co může nová technologie udělat pro nás. Spíše než žádat pracovníka, aby se přizpůsobil rapidně se inovující technologii, chceme technologii využít pro přizpůsobení výrobního procesu potřebám pracovníka“ [14, str. 14]

To naznačuje poměrně radikální přerod myšlení od „zaměstnanců sloužících organizaci“ spíše k „organizaci sloužící zaměstnancům“, respektive jde o zdůraznění významu a hodnoty spokojeného talentovaného pracovníka, který pro organizaci nepředstavuje „nutné náklady“, nýbrž investici. Dalším důležitým bodem v rámci pilíře o centralizaci na člověka je zajištění bezpečnosti práce a předcházení pracovním úrazům či nemocem z povolání tím, že nebezpečné či repetitivní činnosti vykonávají roboty uzpůsobené pro snadnou ovladatelnost, což zároveň vytváří prostor pro potenciální náhradní pracovní pozice, a sice kontrolu a obsluhu těchto robotů. [14] [15]

- **Udržitelnost**

Na udržitelnost a šetrnost vůči životnímu prostředí je v rámci Evropské unie kladen důraz už řadu let, proto i „průmyslový podnik 5.0“ by měl optimalizovat využívání energie a přírodních zdrojů, orientovat se více na zdroje udržitelné a minimalizovat produkovaný odpad, čehož lze dosáhnout aplikací procesů cirkulární ekonomiky pro znovuvyužití a recyklaci nevyužitého materiálu a odpadu. Při této optimalizaci mohou být nápomocny právě nové technologie jako umělá inteligence či aditivní výroba (3D tisk). Nezanedbatelné podpory ze strany Evropské unie se dostává rovněž projektům zaměřujícím se na rozvoj udržitelných energetických zdrojů, především pak fotovoltaických panelů (viz následující kapitoly). [14] [15]

- **Odolnost**

Odolností Průmyslu 5.0 je myšlena schopnost flexibilního vyrovnávání se s náhlými změnami trhu, jakou byl například Brexit, či robustnost a stabilita potřebná pro podporu infrastruktury v případě krize, jejichž nedostatek zdůraznila nedávná pandemie nemoci Covid-19. Důraz je kladen zejména na stabilitu hodnotových řetězců zajišťujících základní lidské potřeby, například v oblasti zdravotnictví. Z hlediska průmyslového odvětví se jedná především o zajištění včasné detekce možných poruch či vad a jejich prevence pro zajištění kontinuity procesů a chodu výroby. [14] [15]

4.2 Technologická základna Průmyslu 5.0

Průmysl 5.0, jak již bylo zmíněno, s sebou přináší myšlenkovou, respektive hodnotovou revoluci spíše než technologickou. Uplatňují se, podobně jako v Průmyslu 4.0, nově vzniklé pokročilé technologie, zejména však takové, které pomáhají naplňovat cíle Průmyslu 5.0, tedy těžit z výhod spolupráce stroje s člověkem a zapojení pracovníků do digitálního podniku. Technologiím, jako jsou kolaborativní roboty, tedy stroje přímo určené ke kooperaci s lidským pracovníkem, u nichž je kladen zvláštní důraz na bezpečnost práce (zejména z hlediska rychlosti pohybů), rozšířená a virtuální realita umožňující okamžitý přístup k potřebným informacím při obsluze stroje, umělá inteligence, která se zejména v posledních letech rozvíjí rapidním tempem, a mnohým dalším se v „Průmyslovém podniku 5.0“ dostává extenzivního využití. Nutné je ovšem připomenout, že dle základní myšlenky iniciativy 5.0 tyto technologie nemají sloužit účelu maximalizace produktivity a zisku, nýbrž zajistit příjemnější pracovní prostředí pro zaměstnance, odolnou a flexibilní infrastrukturu podniku a udržitelnou výrobu. [14] [15] [16]

4.3 Společnost 5.0

Společnost 5.0 (Society 5.0) byla poprvé představena japonskou vládou v roce 2016, a byť byla v první řadě koncipována pro řešení sociálních otázek a zároveň pozvednutí celkové ekonomické úrovně Japonska, v mnohých bodech se prolíná se současnou evropskou iniciativou Průmysl 5.0. Oba koncepty se shodně zaměřují na člověka těžícího maximum z rychle se zdokonalujících komunikačních technologií s důrazem na kyberneticko-fyzické systémy (CPS) a celkový udržitelný rozvoj společnosti. Z tohoto důvodu je zde vhodné i termínu Společnost 5.0 věnovat pozornost. V rámci následujících podkapitol jsou stručně nastíněny technologie a cíle tohoto trendu s ohledem na jejich provázanost s myšlenkami Průmyslu 5.0. [17] [18]

4.3.1 Technologie Společnosti 5.0

Podobně jako Průmysl 5.0 má za cíl vytvoření chytré továrny (Smart Factory), iniciativa Společnost 5.0 směřuje k přerodu v chytrou společnost (Smart Society), přičemž těží především z rychle se rozvíjející umělé inteligence (AI) podporované technologiemi jako výše zmíněný Internet of Things či analýza velkých objemů dat (Big Data). Cílem implementace těchto technologií do každodenního života (s jistou formou AI se dnes setkáváme na denní bázi ve formě chytrých hodinek, mobilních telefonů a nesčetných dalších technologií, ačkoliv si mnozí laici pod tímto pojmem mohou představit především generativní umělou inteligenci, která je relativně nově přístupná široké veřejnosti) není monitoring a řízení společnosti, nýbrž optimalizování její organizace a centralizace na jedince formou včasného a přesného poskytování služeb a produktů lidem, kteří je právě konkrétně potřebují. [17] [18]

4.3.2 Cíle Společnosti 5.0

Hlavní myšlenkou a cílem Společnosti 5.0 je dosažení ekonomického rozvoje za současného vyřešení zásadních sociálních problémů díky možnostem, které nové technologické inovace nabízejí. Tedy obdobně jako u Průmyslu 5.0 je zde rovněž cílem využít inovativní technologie pro uzpůsobení a optimalizaci prostřední konkrétním lidským potřebám. Důraz je kladen na potlačení rozdílů a bariér vytvořených na základě společenského postavení, pohlaví či věku a poskytnutí stejných výchozích možností pro všechny. V neposlední řadě je akcentována nutnost zajištění stabilních a udržitelných zdrojů (nejen energetických), omezení plýtvání a minimalizace znečišťování životního prostředí, což se plně shoduje s pilíři Průmyslu 5.0 týkajícími se odolnosti a udržitelnosti . [17] [18]

5 Implementace Průmyslu 5.0

Kvůli krátké době, která od představení fenoménu 5.0 uplynula, není prozatím zcela jisté, nakolik bude či nebude implementace jeho myšlenek a postupů úspěšná. Je potřeba si uvědomit, že Evropská komise nemá za cíl ustanovit Průmysl 5.0 pevnou a neměnnou strukturou pro fungování společnosti, tento trend by naopak měl tvořit jakousi stabilní bázi, na níž je vhodné dále stavět a jejíž principy je možné nadále rozvíjet. V manuskriptech o posunu ke konceptu 5.0 jsou některé předpoklady postupů a možného vývoje uvedeny, v podkapitolách níže jsou podrobněji rozebrány.

5.1 Naplnění hlavních cílů

Tři hlavní pilíře, tedy udržitelnost, centralizace na člověka a odolnost, jsou zcela nezbytné pro naplnění podstaty fenoménu 5.0 a tudíž i pro udržení silné pozice evropského průmyslu. Nutnost jejich implementace byla podnícena a zdůrazněna nedávnou světovou pandemií nemoci Covid-19, prudkým rozvojem umělé inteligence a jím vyvolanými požadavky na její regulaci, výraznými klimatickými změnami a s nimi souvisejícím aktivismem, válečným konfliktem na Ukrajině, jenž přispěl k migrační krizi, a dalšími faktory. Evropská unie, která iniciativu Průmysl 5.0 představila, by měla v ohledu jejího zavedení do praxe jít světu příkladem. [14] [15]

5.1.1 Centralizace na člověka

V oblasti centralizace na člověka, potažmo společnost, byla již v minulosti nastavena jistá základní celoevropská legislativní opatření, jmenovitě jde například o General Data Protection Regulation (zkráceně GDPR) zajišťující ochranu osobních údajů a dat uživatelů služeb nebo White Paper on Artificial Intelligence, jenž se zaměřuje na prevenci potenciálních rizik spojených s užíváním umělé inteligence. Stanovisko Evropské unie jasně říká, že dodržování základních lidských práv je absolutní prioritou.

V průmyslových odvětvích je nezbytné, aby z digitalizace a zavádění Průmyslu 5.0 těžila firma i zaměstnanec, což implikuje nevyhnutelnou nutnost investice do rekvalifikace, tréninku a vzdělání pracovníků. Výuku ohledně práce s novými digitálními technologiemi je třeba implementovat i do školského vzdělávacího systému, což podchycuje další evropská iniciativa z roku 2020 Digital Education Action Plan (2021 - 2027). [14] [15] [19]

5.1.2 Udržitelnost

Udržitelnost je pevnou a nedílnou součástí evropské vize pro budoucnost již řadu let. Netýká se výlučně využívání obnovitelných energetických zdrojů a snižování emisí, ale, jak uvádí program Organizace spojených národů 17 Sustainable Development Goals z roku 2015 a dokument vydaný Evropskou unií Towards Sustainable Europe by 2030, rovněž vymýcení chudoby, zajištění kvalitní zdravotní péče a vzdělání pro všechny, genderové vyváženosti a mnohých dalších světových problémů. Green Deal z konce roku 2019 zaštiťuje přechod Evropy k udržitelné ekonomice.

Nové technologie v průmyslu usnadňují podnikům optimalizaci procesů a zefektivnění využívání zdrojů, což kromě nižších nákladů na energie a materiály vede i k jistému zvýšení prestiže v očích zákazníků. Důležitým pojmem pro udržitelnost je cirkulační ekonomika, která snižuje produkci odpadu a prodlužuje životnost výrobků díky možnostem nalezení nového užítku (re-using), opravě (repairing) či recyklaci materiálu použitých nebo nefunkčních produktů. Tento postup nelze ovšem aplikovat na všechny materiály (kupříkladu vláknové

kompozity) a záleží na vlastní iniciativě výrobců, zda přijdou s novými, inovativními způsoby řešení, které budou vhodné pro zvýšení udržitelnosti průmyslu. [14] [15] [19]

5.1.3 Odolnost

Důvody pro stanovení odolnosti průmyslu a společnosti jedním ze tří hlavních pilířů byly již popsány. Kromě samotné schopnosti odolávat těmto naturogenním a antropogenním hrozbám je ovšem třeba zahrnout především i snahu jejich dopadům předcházet, minimalizovat či eliminovat je. Ke klíčovým krokům v této prevenci patří diversifikace zdrojů (energie či materiálů), decentralizace digitálních a fyzických systémů (kupříkladu i možnost práce z domova), snížení závislosti (v tomto případě Evropy) na importu pro zajištění stálého a stabilního chodu ekonomiky.

K naturogenním (přírodním) hrozbám, s jejichž výskytem je v budoucnu třeba počítat a na něž je nutné se připravit, patří bezpochyby kromě zmíněných hrozeb zdravotních i jevy spojené s klimatickou změnou, tedy například sucha, záplavy, extrémní výkyvy teplot a další. Mezi významné antropogenní (lidské) hrozby, jejichž vznik je podpořen rozvojem digitálních technologií, patří kupříkladu riziko kybernetických útoků, s nimiž se v posledních letech setkáváme stále častěji, rychlé, téměř nekontrolovatelné šíření dezinformací skrze sociální sítě mající za následek radikalizaci části společnosti a mnohé další. [14] [15] [19]

5.2 Rizika

Některá z potenciálních rizik, které s sebou implementace Průmyslu 5.0 přináší, již byla v krátkosti popsána výše v podkapitole Odolnost (například hojně zmiňované riziko kybernetických útoků). Velmi častým tématem je zánik pracovních pozic, respektive tvorba nových s vyššími požadavky na schopnosti zaměstnance. Podniky by měly pracovníkům zajistit potřebnou rekvalifikaci a zaškolení, ovšem pro některé z nich mohou být digitální technologie a nezbytná adaptace nepřekonatelnou překážkou. Tito lidé o své pracovní místo nevyhnutelně přijdou, nicméně jakousi „morální povinností“ Průmyslu 5.0 a především s ním související Společnosti 5.0 je, aby tyto pracovníci nebyli společností vyčleněni a bylo pro ně nalezeno nové vhodné uplatnění. [14]

Digitalizace není pouze doménou průmyslu, k novým technologiím má přístup v podstatě každý a celá společnost se jim musí přizpůsobit. Jako další problém jdoucí ruku v ruce s fenoménem 5.0 může být vnímána například zastaralost školského vzdělávacího systému, kde výuka práce s informacemi a novými technologiemi probíhá zatím pouze omezeně a inovace, jakou je například veřejně přístupný model generativní umělé inteligence ChatGPT od společnosti OpenAI, umožňují studentům především základních a středních škol obcházet pravidla výuky a podvádět.

Není možné opomenout ani rizika spojená se samotným přechodem k Průmyslu 5.0, neboť lze předpokládat, že podnik zavádějící tyto principy musí mít do značné míry osvojeny technologie a postupy předchozího Průmyslu 4.0, aby mohl naplňovat předsevzaté cíle centralizace na člověka, udržitelnosti a odolnosti. To s sebou ovšem přináší, jak již bylo zmíněno v podkapitole Kritika Průmyslu 4.0, relativně vysoké počáteční náklady a nemalé riziko selhání při nesprávně nastaveném postupu integrace těchto technologií. [14] [15] [19]

Rizik přicházejících s implementací Průmyslu 5.0 lze jistě nalézt více, zde byla nicméně zmíněna pouze ta, která byla subjektivně vyhodnocena jako nejvýraznější.

5.3 Hodnoty a cíle Průmyslu 5.0

Cílem Průmyslu 5.0 je transformovat společnost a průmyslové podniky tak, aby hlavní motivací nebyla pouze efektivita produkce a ekonomická prosperita, ale především společenský prospěch a kvalita, což je proces nezbytný pro udržení relevance evropského průmyslu na světovém trhu. V popředí zájmů stojí spokojení zaměstnanci v příjemném pracovním prostředí, průmyslové podniky zodpovědně využívající přírodní zdroje, jejichž činnosti mají pouze minimální negativní dopady na životní prostředí, flexibilní infrastruktura a společnost, jež stabilně odolává případným náhlým nepříznivým vlivům, na něž je zároveň schopna se s předstihem připravit. Při správném nastavení hodnot by dle této vize měl profit přijít jako „vedlejší produkt“, je ovšem nutné nejprve překonat překážky a obtíže spojené s implementací samotnou, které jsou tvořeny především nutností investice do technologií, rekvalifikace zaměstnanců či udržitelných energetických zdrojů. Koncept 5.0 je relativně otevřený, představuje nicméně pevnou základnu pro předpokládaný další rozvoj společnosti a průmyslu v průběhu následujících let. [14] [15]

5.4 Principy Průmyslu 5.0 v praxi

Při uvádění příkladů firem, které efektivně zapojují principy Průmyslu 5.0, zaznívají obvykle především známá jména světových multimiliardových společností jakými jsou Apple, Google, Tesla či Boeing. Hlavním důvodem je, jak bylo zmíněno v kapitolách o negativních stránkách Průmyslu 4.0 a 5.0, především nákladnost samotného přerodu v chytrou továrnu. Mnohé z malých a středních podniků stále s vynaložením velkého úsilí postupně zavádí technologie čtvrté průmyslové revoluce a pro posun k páté zatím nemají vytvořené potřebné zázemí či dostupné finance. V následujících podkapitolách jsou uvedeny a stručně popsány některé konkrétní společnosti, jež lze na základě jejich činnosti či obchodní strategie považovat za příklady úspěšné implementace technologií a principů fenoménu 5.0.

5.4.1 Tesla

Automobilka Tesla amerického miliardáře Elona Muska byla považována za jednoho z leaderů Průmyslu 4.0 v oblasti výroby automobilů a jednu z vedoucích pozic zaujímá i nyní v případě fenoménu 5.0. Tesla se oproti konkurenčním společnostem úspěšně snažila o extenzivní automatizaci výrobního procesu, maximalizovanou flexibilitu a adaptovatelnost výroby a předčila ostatní výrobce i z hlediska softwarové podpory produktů a hodnotových řetězců.

Sám majitel Elon Musk nicméně v roce 2018 sdílel na svých sociálních sítích poznámku, že tato „*excesivní automatizace byla chybou a lidé jsou nedocení*“ [21], což je možné vnímat jako přechod od fenoménu 4.0 k 5.0. Zjevným faktem podporujícím myšlenku páté průmyslové revoluce, konkrétně udržitelnosti a odolnosti, je i samotná prvotní myšlenka Tesly: Výroba uživatelsky přívětivých chytrých automobilů na elektrický pohon. Zaměření na rozvoj udržitelné dopravy v kontextu doby, kdy se ekologie stává celosvětovým trendem, s sebou jako vedlejší produkt zároveň přineslo i ekonomický úspěch, což plně vystihuje další ze stěžejních myšlenek Průmyslu 5.0, a Tesla se za relativně krátkou dobu své existence stala lídrem v odvětví elektromobility.

Kromě automobilů se společnost zaměřuje i na výrobu solárních panelů včetně takzvaných „Solar roof“, čili solárních střešních tašek, které si ovšem především kvůli vysoké ceně zapříčiněné náročnou výrobou nezískaly mnoho příznivců, a domácí integrované bateriové systémy, takzvané Powerwall, sloužící k uchování a distribuci solární energie, případně jako záložní zdroj pro případ výpadku elektřiny. [22]

5.4.2 Google

Americká společnost Google LLC patří zcela nepochybně k nejznámějším jménům na světovém trhu především díky svému internetovému vyhledávači. Pod touto značkou vznikají sice i mobilní telefony, tablety či notebooky, v dřívějších letech patřil Google dokonce k propagátorům platforem pro virtuální realitu (od levných papírových Google Cardboard po dražší brýle Google Daydream) a rozšířenou realitu (Google Glass), nicméně hlavní část portfolia produktů tvoří služby. Přestože se tedy nejedná o průmyslovou výrobu, Google se především díky svému rozmanitému sortimentu a charakteru služeb může řadit k představitelům Průmyslu 5.0.

Google se angažuje v drtivé většině technologických inovací, které jsou pro nový průmysl tolik typické. Předně je třeba vyzdvihnout služby umožňující komunikaci, propojenost a sdílení, jakými jsou například cloudové služby Google Disk, sociální síť Google+, webmailový server Gmail či „Google učebna“ (Classroom), které se dostalo pozornosti, oblíbenosti a extenzivního využití zejména v období pandemie. Za zmínku rovněž stojí technologie na bázi umělé inteligence, jako je chytrý virtuální Asistent Google v telefonech, tabletech a dalších produktech, „digitální dvojče Země“ v podobě virtuálního glóbusu Google Earth či služba Google Scholar pro vyhledávání akademických článků či dokumentů ve veřejně přístupných databázích i placených archivech. Nespornou výhodou pro uživatele služeb Google je právě úzká vzájemná provázanost v rámci ekosystému usnadňující sdílení informací a dokumentů.

Z hlediska hlavních pilířů Průmyslu 5.0 nelze opomenout snahy o minimalizaci negativních environmentálních i společenských dopadů fungování Googlu, příkladem budiž projekt inovace kalifornského města Mountain View, součásti Silicon Valley a sídla společnosti, jehož cílem je tvorba moderního pracovního zázemí pro zaměstnance, které je šetrné k životnímu prostředí, obejde se takřka bez automobilové dopravy a skýtá cenově dostupné příležitosti k bydlení.

5.4.3 Baťa

Ačkoliv byla firma Baťa založena sourozenci Annou, Antonínem a Tomášem Baťovými už v roce 1894 a spadá tedy do období druhé průmyslové revoluce, rozhodně ne páté, je až pozoruhodné, kolik rysů fenoménu 5.0 lze najít v ekosystému, který kolem obuvnických závodů vybudoval Tomáš Baťa (nejmladší ze sourozenců), který v čele firmy stanul mezi lety 1908-1932. Ten bývá považován za jednoho ze zakladatelů a průkopníků moderního managementu kvůli zaměření nejen na zisk, ale také na zvyšování životní úrovně zaměstnanců, a díky na svou (i na současnou) dobu unikátnímu systému vedení firmy, který inspiruje podnikatele a manažery dodnes. [20]

Kromě výrobních závodů a prodejních poboček po celém světě byla budována celá sesterská města určená pro zaměstnance továrny a jejich rodiny, která fungovala dle „baťovských principů“ jako centra výroby, obchodu a služeb. Obuvnictví nebylo jediným středobodem zájmu firmy, Tomáš Baťa byl všestranně zaměřený podnikatel a angažoval se i v odvětví leteckého průmyslu, tisku nebo výroby pneumatik či průmyslových strojů. [20]

Baťa se samozřejmě neodmyslitelně podepsal na rozvoji města Zlín, do jehož čela byl roku 1923 zvolen jako starosta. Během svého působení se věnoval nejen výstavbě nových moderních domů pro své zaměstnance, ale budování celé městské infrastruktury od parků a zahrad přes kulturní centra až po nemocnice. Pro naplnění poptávky po vzdělaných a kvalifikovaných pracovnících byla roku 1925 založena Baťova škola práce pro mladé muže, kde byli mladíci ve věkovém rozmezí 14-18 let bez ohledu na společenský původ vzdělávání v jazycích, komunikaci či finanční gramotnosti, přičemž zároveň bydleli na internátu a osm hodin denně chodili do práce (kam jinam než do Baťových závodů). Dámská obdoba – Baťova škola práce

pro mladé ženy byla založena o čtyři roky později s cílem nejen vychovávat dobré hospodyně, ale především vzdělané, pracovitě a nezávislé ženy. [20]

Firma Baťa byla na jednu stranu v době své největší slávy představitelem druhé průmyslové revoluce (podobně jako ve Ford Motor Company, byl i zde výrobní proces rozdělen na více malých úseků, na něž se mohli pracovníci specializovat, čímž byla zvýšena produktivita výroby). Na stranu druhou ovšem některými pravidly a zásadami předbíhala dobu a naplňovala ideu Průmyslu 5.0, konkrétněji v důrazu na osobní rozvoj, vzdělání a spokojenost zaměstnanců, kteří v rámci příjemného pracovního prostředí pracovali efektivněji. Dva následující citáty nastiňují některé z myšlenek Tomáše Bati, které jsou zároveň i cílem dnešních průmyslových trendů:

„Velké evropské státy potřebují muže, kteří by se nebáli hněvu podnikatelů, kteří budou nuceni počítati s tím, že ztratí část svého kapitálu, ani kletby milionů dělníků, kteří budou nuceni se přechodně spokojiti s nižší mzdou. Takový zákrok ve všech zemích jest jediným prostředkem k ozdravení hospodářských poměrů států, k snížení cen, zvýšení mezd a povede k rozkvětu netoliko soukromého podnikání, ale i k prospěchu Evropy a dobru lidstva.“ [20, str. 4]

„Lidem myšlení, strojům dřinu“ [20, str. 9]

6 Evropská podpora Průmyslu 5.0

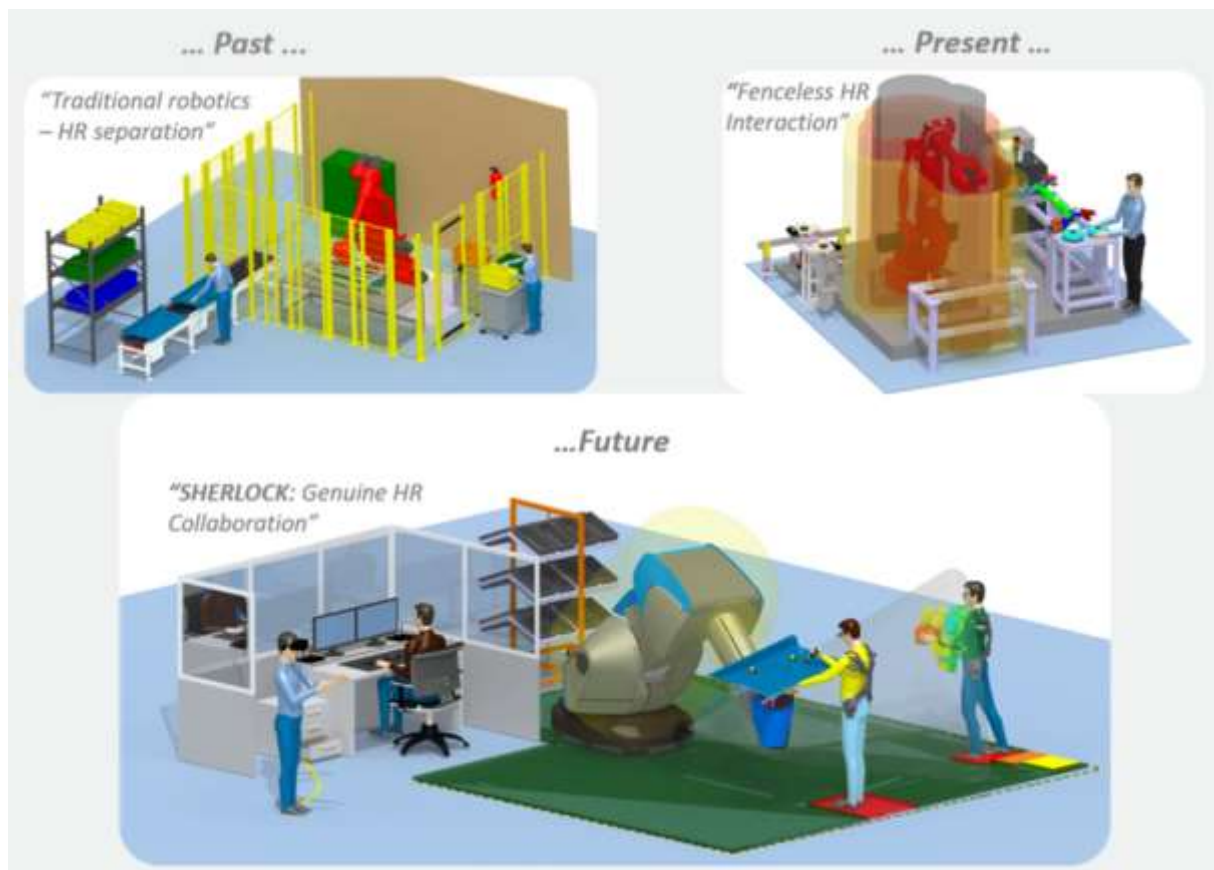
Kromě velkých a celosvětově etablovaných společností (z nichž vybrané příklady již byly zmíněny výše), jež díky vytrvalé modernizaci za dobu svého působení procházejí postupnými evolucionemi průmyslu od počátků digitalizace až po nové současné trendy, vznikají v posledních letech i společnosti a projekty, které již od svého počátku staví na myšlenkách a hodnotách Průmyslu 5.0. Evropská unie rozvoj společností soustředících se na tři hlavní pilíře tohoto fenoménu (centralizace na člověka, udržitelnost a odolnost) podporuje především formou dotačních a grantových programů, k nimž patří kupříkladu klíčový evropský program pro výzkum a inovace Horizon Europe. Jedním z takto podporovaných projektů, jemuž je dále věnována samostatná kapitola, je i PROSPECTS 5.0, mezinárodní projekt zaměřující se na rozvoj a implementaci principů Průmyslu 5.0 soustředěných na spokojené pracovníky, udržitelnost a odolnost, na němž se podílí i specializovaný tým ze Strojní fakulty Západočeské univerzity v Plzni. Dalším příkladem evropské podpory rozvoje moderního průmyslu je udělování ocenění Industry 5.0 Award novým projektům, jež svou činností přispívají k budování a šíření myšlenek a principů 5.0. V následujících podkapitolách jsou některé evropské kroky k podpoře rozvoje Průmyslu 5.0 blíže představeny, přičemž pozornost je věnována především činnosti projektů, které se v uplynulých letech ucházely právě o zmiňované ocenění. [24] [25]

6.1 Industry 5.0 Award

Industry 5.0 Award je ocenění, které evropská komise každoročně uděluje projektům, které svou činností podporují rozvoj Průmyslu 5.0, při příležitosti Evropských dnů pro výzkum a inovace (Research and Innovation Days). O ocenění se mohou ucházet probíhající i dokončené projekty, které jsou financovány programem Horizon 2020, Horizon Europe nebo Evropským Institutem Inovací a Technologií. Jednotlivé registrované projekty a společnosti jsou hodnoceny na základě míry prospěšnosti v oblastech tří stěžejních pilířů, tedy centralizace na člověka, udržitelnosti a odolnosti, a způsobu zapojení těchto hodnot do funkčního celku. Z uchazečů je vybráno několik finalistů, kteří jsou představeni během závěrečného ceremoniálu, kde je rovněž určen i celkový vítěz, který je kromě trofeje samotné odměněn dodatečnou (především marketingovou) podporou Evropské komise, jež zahrnuje tvorbu a distribuci propagačních videí a článek v časopise Horizon, který je zaměřen na výzkum a inovace pod záštitou Evropské unie. Kvůli odročení Research and Innovation Days 2023 proběhlo udílení cen prozatím pouze jednou, a sice v roce 2022, kdy byli v rámci závěrečného ceremoniálu představeni tři finalisté: SHERLOCK, SeCoIIA a Ramp-PV. [24] [25]

6.1.1 SHERLOCK

Řecký projekt SHERLOCK, jenž probíhal mezi lety 2018 a 2022, se soustředil na rozvoj kooperace lidského pracovníka s robotem, přičemž kladl důraz především na bezpečnost a přívětivost vůči zaměstnanci. Zatímco dříve byla pozornost upínána především k vyšší efektivitě a produktivitě kooperace člověka a stroje (Human-Robot Collaboration – HRC), přičemž pracoviště robotů a lidí byla oddělená, cílem projektu SHERLOCK bylo využít rozpoznávacích schopností umělé inteligence a „chytré mechatroniky“ pro uzpůsobení kolaborativního robotu (či například chytrého exoskeletu) co možná nejvíce vůli a potřebám pracovníka, tím pádem umožnění snadné a bezpečné přímé kooperace a využití rozšířené či virtuální reality pro vývoj, testování a ověřování funkčnosti těchto konceptů. V rámci naplnění cílů rozvoje HRC je kladen důraz zejména právě na bezpečnost a u pracovníka je tím pádem budována vyšší úroveň důvěry ke stroji, jež je naprosto nezbytná pro moderně fungující výrobu. Na internetových stránkách projektu SHERLOCK je tato vize rozvoje HRC znázorněna obrázkem 1. [26] [27]



Obrázek 1 - Projekt SHERLOCK: Vývoj HRC [28]

Jelikož byl projekt SHERLOCK již ukončen, je možné nyní shrnout jeho výsledky a přínosy. Mezi technologické úspěchy patří vývoj kolaborativního robota schopného operací s těžkými předměty, zejména solárními panely, který se díky aplikaci umělé inteligence umí přizpůsobit operátorovi. Kromě toho se SHERLOCK soustředil rovněž na integraci menších kobotů do pracovních procesů, tyto stroje byly schopny na základě dat získaných ze senzorů ve výrobě (konkrétně šlo o proces nýtování, kterého se díky zvýšeným bezpečnostním opatřením účastnil současně i lidský pracovník) schopny předcházet běžným chybám a snížit celkový čas pracovního cyklu o 40%. K dalším implementovaným technologiím patří exoskelety schopné snímat pohyby pracovníka a asistovat mu v jeho činnostech, virtuální realita pro trénink zaměstnanců, rozšířená realita pro poskytování instrukcí v reálném čase nebo pohyblivý kobot usnadňující transport velkých či těžkých součástí dle konkrétních potřeb pracovníka.

Zapojení autonomních robotů do praxe v rámci projektu SHERLOCK se setkalo s úspěchem u pracovníků nejen kvůli vyšší efektivitě, ale především díky snadné ovladatelnosti těchto strojů, jejich schopnosti aktivní adaptace, která z nich dělá velmi cenné pracovní asistenty, a inkluzivnímu prostředí, které s sebou přináší díky snížení nároků na fyzickou zdatnost či expertízu. [26] [27] [29]

6.1.2 SeCoIIA

Název francouzského projektu SeCoIIA, který probíhal mezi lety 2019 až 2022, vychází ze zkratky pro Secure Collaborative Intelligent Industrial Assesst. To naznačuje zaměření na propojené, automatizované a flexibilní technologie s důrazem kladeným na bezpečný přenos dat v rámci internetu věcí (IIoT – Industrial Internet of Things). Přenos dat mezi organizacemi,

stroji i lidmi v rámci cirkulární ekonomiky je monitorován a optimalizován s využitím moderních technologií a přístupů jako jsou digitální dvojčata, zmíněný IIoT, Cloud Manufacturing, kolaborativní roboty (koboty) či umělá inteligence (Artificial Intelligence - AI) a strojové učení (Machine Learning - ML). Tato vysoká úroveň kooperace a stále významnější spoléhání se na technické systémy, které v rámci svých rozhodovacích procesů využívají principu strojového učení, se neobejde bez nezbytného zabezpečení, monitoringu a prevence případných hrozeb. Konkrétně se projekt SeCoIIA zaměřoval na tři průmyslová odvětví: Letecký průmysl, kde podporoval sběr a sdílení dat v reálném čase, jejich analýzu a monitoring výrobních procesů za pomoci AI a zapojení kobotů pro podporu pracovníků při často opakovaných činnostech, automobilový průmysl, kde zabezpečoval správu kryptografických klíčů a cloudové služby, a námořní průmysl, kde zajišťoval především bezpečný sběr informací a dat, monitoring a detekci případných vad s využitím AI. Mezi partnery projektu SeCoIIA patří například Airbus CyberSecurity za letecký průmysl, CONTI za automotive, Naval Group za námořní odvětví či Forescout, jenž se zaměřuje na síťové zabezpečení v kontextu rapidního rozvoje IoT a dalších technologií. [30] [31]

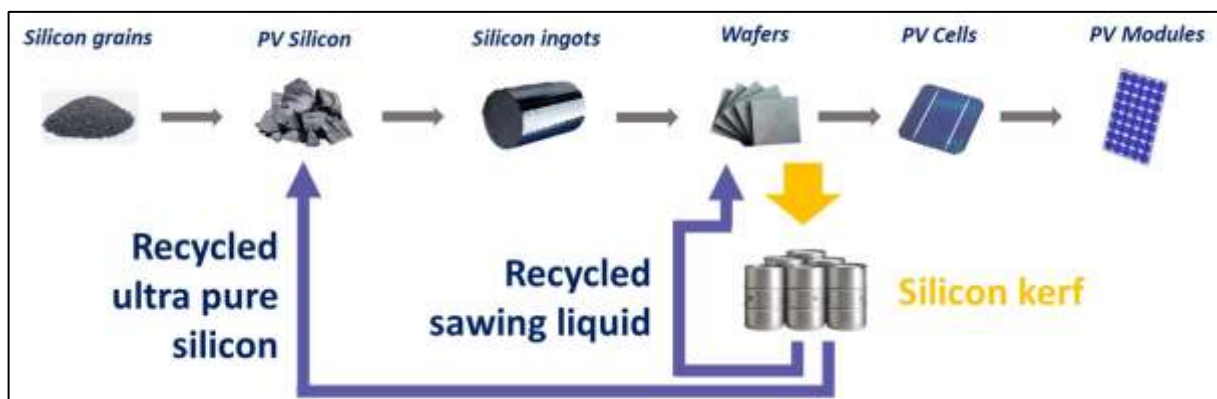
6.1.3 Ramp-PV

Konečným vítězem a držitelem ocenění Industry 5.0 Award 2022 je projekt Ramp-PV francouzské technologické start-up společnosti ROSI, který se mezi lety 2020 a 2022 zaměřoval na recyklaci a upcyklaci surovin ze solárních panelů (Photovoltaic – PV). Solární panely jsou jedním z nejdůležitějších zdrojů obnovitelné energie v současnosti, nicméně jejich výroba je relativně náročná na spotřebu drahých surovin, kterými jsou stříbro a především křemík, jehož značná část je během výroby přeměněna na průmyslový odpad v podobě drobných částíček čistého křemíku odplavovaných při řezání tenkých plátů (silicon kerf), a v průběhu získávání těchto surovin je produkováno vysoké množství oxidu uhličitého. Projekt Ramp-PV se zaměřoval zejména právě na ekologický a ekonomicky efektivní proces znovuvyužití materiálů získaných z výrobního odpadu nebo vysloužilých panelů, přičemž především recyklovaný křemík lze výhodně využít i v mnoha jiných odvětvích kromě fotovoltaiky, kupříkladu při výrobě baterií či drobné elektroniky. Projekt Ramp-PV přispíval ke zvýšení nezávislosti Evropy v rámci výroby a provozu solárních panelů, podporoval environmentální cíle evropské dohody Green Deal a rozvíjel cirkulární ekonomiku na poli solární energie, na níž do značné míry závisí udržitelná budoucnost. Níže na obrázcích 2 a 3, které pocházejí přímo od společnosti ROSI, je schematicky zobrazena recyklace solárních panelů a zbytkového křemíku z chladicí řezné kapaliny.

Je zřejmé, že hlavním cílem projektu Ramp-PV je především podpora přijetí obnovitelné energie. Mezi klíčové přínosy patří efektivita ve využívání energetických zdrojů, redukce emisí a dalšího znečištění produkovaného při výrobě a v neposlední řadě i snížení ceny solárních panelů díky levnějšímu získávání potřebných materiálů recyklací, což zároveň samozřejmě zdůrazňuje a zvyšuje účinky fotovoltaiky v rozvoji udržitelnosti. Kromě těchto důsledků pro environmentální oblast lze (samozřejmě ale ne výlučně díky tomuto projektu) předpokládat i zvýšení robustnosti a odolnosti evropské energetiky díky snížení její závislosti na importu surovin, rozvoji udržitelně orientovaného evropského průmyslu a tvorbě nových pracovních pozic v tomto sektoru. [32] [33] [34] [35]



Obrázek 2 - Ramp-PV: Recyklace solárních panelů [34]



Obrázek 3 - Ramp-PV: Recyklace chladící řezné kapaliny [35]

6.2 Industry 5.0 Community of Practice

Industry 5.0 Community of Practice (CoP 5.0), v přímém překladu „Komunita praxe“, je dalším příkladem relativně nové evropské iniciativy pro podporu rozvoje principů 5.0. Byla založena v listopadu roku 2023 za účelem vytvoření celoevropského ekosystému podporujícího implementaci Průmyslu 5.0 a poskytnutí mezinárodní platformy pro komunikaci s cílem budování vzájemné spolupráce. K zúčastněným institucím patří malé, střední i velké průmyslové podniky, dále také soukromá i veřejná výzkumná centra, univerzity či regionální rozvojové organizace v rámci Evropy.

CoP 5.0 se v současnosti nachází ve své pilotní fázi a pro své budoucí působení si vytyčila čtyři hlavní cíle:

1. Přispívat ke zvyšování povědomí o trendu Průmyslu 5.0 a inspirovat společnosti (především na nižších regionálních úrovních) ke změně paradigmatu a posunu jejich zaměření směrem k člověku, udržitelnosti a odolnosti.
2. Motivovat evropské společnosti k implementaci Průmyslu 5.0 poskytnutím validních dat o výhodnosti jeho principů a postupů.
3. Vytvořit prostředí vhodné pro vzájemné sdílení zkušeností a informací, experimentování a objevování nových cest k Průmyslu 5.0

4. Zrychlit rozvoj a přijímání myšlenek Průmyslu 5.0 díky tvorbě mezinárodních spoluprací a partnerství mezi zúčastněnými společnostmi.

Na konci pilotní fáze, tedy v říjnu roku 2024, bude zpracována sumarizační zpráva shrnující výstupy plynoucích z činnosti CoP 5.0. Mezi výstupy, na něž se tato iniciativa soustředí zejména, patří průzkum pilotních projektů podporujících Průmysl 5.0 a úroveň jejich vyspělosti, dále spolupráce na vývoji nástroje pro určení této úrovně na základě tří stěžejních pilířů, tedy centralizace na člověka, udržitelnosti a odolnosti, a nakonec analýzy se zaměřením na rozličná témata jako je kupříkladu implementace pokročilých technologií u startupových společností či zapojení a trénink zaměstnanců pro práci s těmito technologiemi. Sumarizační zpráva bude v závislosti na úspěchu pilotní fáze rovněž zahrnovat budoucí směřování a cíle CoP5.0 pro další zrychlení a usnadnění implementace principů Průmyslu 5.0 do praxe. [24] [36]

6.3 European Innovation Council

Evropská rada pro inovace (European Innovation Council – EIC) je dalším příkladem evropské iniciativy pro podporu výzkumu, vývoje a aplikace pokročilých technologií, nesoustředí se nicméně přímo na trend Průmyslu 5.0, nýbrž obecněji na inovaci v oblastech, které jsou významné pro evropský průmysl, jmenovitě kupříkladu generativní umělá inteligence, vesmírný výzkum, polovodičové či kvantové technologie a mnohé další. EIC spolupracuje s Evropským institutem pro inovace a technologie (European Institute of Innovation and Technology – EIT) a nabízí především menším společnostem různého zaměření a podnikům typu startup a scale-up finanční podporu formou grantových programů pro výzkum v oblasti pokročilých technologií, aplikaci a implementaci výsledků tohoto výzkumu do praxe.

Kromě zmíněné finanční podpory nabízí EIC v rámci svého programu pro rok 2024 služby v oblasti poradenství, mentoringu a coachingu za účelem úspěšného zapojení začínajících podniků, jejichž zaměření je mnohdy velmi úzce specializováno, do evropského trhu. Program EIC si klade za cíl motivovat nové společnosti k rozvoji a integraci inovativních technologií a tím pádem přispět k budování silné pozice Evropy na světovém průmyslovém trhu, z těchto důvodů je vhodné jej v kapitole o podpoře Průmyslu 5.0 rovněž zmínit. [37] [38]

7 PROSPECTS 5.0

Od představení Průmyslu 5.0 uplynuly již tři roky, nicméně celospolečenské povědomí o jeho myšlenkách a možných benefitech plynoucích z jeho implementace je stále na relativně nízké úrovni. Menší i větší společnosti zabývající se výrobou, nevýrobním průmyslem či službami k němu prozatím často přistupují zdráhavě kvůli mnoha prvotním překážkám, nejistotám či nejasnostem, které s sebou tato průmyslová evoluce přináší. Velká část těchto obav nicméně plyne z neznalosti trendu 5.0 do dostatečné hloubky, případně i z nedostatku vzorů, respektive společností podobné ekonomické úrovně, které principy 5.0 úspěšně implementovaly do svých postupů a procesů. Právě překonání těchto bariér bránících snadnému a plynulému přechodu evropské společnosti k Průmyslu 5.0 je jedním z hlavních cílů nového projektu PROSPECTS 5.0, který je podrobněji představen v následujících podkapitolách. [39]

7.1 Cíle projektu

PROSPECTS 5.0 je mezinárodní projekt podporovaný Evropskou unií, jenž si klade za cíl především podpořit a urychlit přechod evropské společnosti k Průmyslu 5.0 a odstranit myšlené bariéry, které tomuto přerodu stojí v cestě, prostřednictvím poskytnutí potřebné znalostní základny, pomůcek, návodů i motivace. Mezi klíčové aspekty nezbytné pro budování této znalostní základny patří v první řadě vzájemná spolupráce mezi jednotlivými zainteresovanými společnostmi, univerzitami a výzkumnými centry, či vládními organizacemi. Dalším důležitým aspektem je podpora budování a zlepšování potřebných dovedností a myšlenkového přístupu formou tréninkových programů či mentoringu a coachingu. Díky studiu pilotních projektů, respektive zkoumání a testování inovativních procesů, technologií a business modelů bude možné rovněž měřit samotné dopady Průmyslu 5.0 na zaměstnance, zákazníky, životní prostředí či jiné klíčové ukazatele výkonu (KPI – Key Power Indicator), kterými jsou například kvalita služeb či výrobků, produktivita, spokojenost zákazníků a další. V neposlední řadě je důležité zejména samotné celkové zvyšování povědomí o trendu Průmyslu 5.0 a s ním provázaných příležitostech i výhodách nejen v rámci technického publika, tedy průmyslových společností či technicky zaměřených vzdělávacích institucí, nýbrž v kontextu celé společnosti. Upoutání pozornosti na toto téma má být dosaženo především prostřednictvím seminářů, webinářů a workshopů, kde budou představovány případy úspěšné implementace postupů 5.0, nové technologie či trendy.

Jedním ze základních stavebních kamenů projektu PROSPECTS 5.0 jsou případové studie celkem čtrnácti společností pocházejících z různých zemí Evropské Unie. Tito účastníci zahrnují rozličné sektory jako je výroba, služby, vzdělávání, automotive nebo energetika, tedy odvětví, která jsou v kontextu evropského průmyslu významná a u nichž lze v následujících letech předpokládat další technologický rozvoj. Mezi vybranými společnostmi jsou velké, střední i malé podniky (včetně startup a scale-up projektů), které se zároveň nacházejí na rozdílných úrovních implementace principů Průmyslu 4.0 nebo 5.0 a nabízí tudíž rozmanité pole pro studium tohoto přechodu.

V průběhu projektu bude možné od těchto účastníků shromažďovat data o výhodách Průmyslu 5.0 v různých odvětvích, což by mělo přesvědčit další společnosti o benefitech takové počáteční investice. Na základě získaných dat budou expertní týmy schopny identifikovat často opakovaná témata či obtíže, vytvořit posudky a zprávy, sestavit návody a doporučení a v neposlední řadě také vyvinout komunikační zázemí pro mezinárodní spolupráci a nástroje, které mohou dalším společnostem usnadnit a urychlit cestu k Průmyslu 5.0, jehož plošná implementace povede k rozvoji inovativní, produktivní, odolné a udržitelné evropské společnosti. [39]

7.2 Dílčí úkoly PROSPECTS 5.0

Pro přiblížení se hlavnímu cíli projektu bylo stanoveno pět konkrétních dílčích úkolů, jejichž úroveň je, respektive bude možné stanovit díky jednotlivě specifikovaným klíčovým ukazatelům úspěchu (KAI – Key Achievement Indicator). Tyto úkoly jsou v krátkosti specifikovány v následujících odstavcích:

1. Úkol: Vytvoření otevřeného a odolného ekosystému pro shromažďování znalostí.

Základním předpokladem úspěchu projektu PROSPECTS 5.0 je zcela nepochybně budování a rozvoj komunikačních kanálů nejen mezi přímými účastníky projektu, ale i dalšími pracovními skupinami v rámci Evropské unie, za účelem diskuze spolupráce a vytvoření propojeného, inkluzivního a inovativního evropského ekosystému. Tento dílčí cíl se má prolínat projektem od začátku až do jeho konce paralelně s ostatními. Mezi klíčové ukazatele úspěchu tohoto bodu patří pořádané workshopy pro zaangažování dalších společností či celkový počet zapojených subjektů včetně neprůmyslových společností a univerzit. [39]

2. Úkol: Vyvinutí hodnotícího rámce pro Průmysl 5.0 založeného na procesech spoluvytváření a zapojení mnoha účastníků, sektorů a kroků.

PROSPECTS 5.0 si klade za cíl vytvořit komplexní a flexibilní hodnotící rámec Průmyslu 5.0 (Industry 5.0 Assessment Framework - I5.AF) na základě předcházejících projektů jako SDGs (Sustainable Development Goals – Cíle udržitelného rozvoje), spolupráce a stálého ověřování se zapojenými společnostmi. Tento rámec má sloužit k vyhodnocování různých přístupů k implementaci, faktorů úspěchu a překážek v jejím průběhu s přihlédnutím i ke středním a malým podnikům. Klíčovými ukazateli úspěchu jsou u tohoto úkolu kupříkladu vyhodnocení požadavků u pěti významných sektorů zahrnujících transport a logistiku, automotive, letectví, energetiku a služby či pořádané workshopy se zaměřením na tvorbu a validaci těchto hodnotících rámců. [39]

3. Úkol: Provedení analýzy implementačních postupů, hnacích faktorů, faktorů úspěchu a překážek při přijímání principů Průmyslu 5.0 na základě důkazů.

Získání vhledu do průběhu implementace principů Průmyslu 5.0 je rovněž nedílnou součástí projektu. Analýza klíčových faktorů a překážek na základě rešerše a dat získaných od čtrnácti zapojených společností s využitím hodnotícího rámce I5.AF umožní tvorbu specifických posudků (Industry 5.0 Reports – I5.R) přizpůsobených potřebám a možnostem klientů včetně středních a malých podniků (Small & Medium Enterprises - SMEs), startup a scale-up společností. Klíčovým ukazatelem úspěchu tohoto bodu je kupříkladu posouzení referenčních materiálů zahrnujících průzkumy, akademické práce či přechozí projekty Evropské unie, dále studium čtrnácti zúčastněných společností a jejich procesu implementace principů 5.0 či například tvorba samotného nástroje pro hodnocení úrovně implementace a posudků I5.R se zaměřením na hnací faktory, překážky, faktory úspěchu a SMEs, startup a scale-up projekty. [39]

4. Úkol: Poskytnutí nástrojů pro měření a adaptaci průmyslovým lídrům a politickým činitelům na národní, sektorové a evropské úrovni za účelem zvýšení přijetí principů Průmyslu 5.0.

Dalším dílčím úkolem projektu PROSPECTS 5.0 je zužitkovat nabytý vhled a znalosti k tvorbě návodů a doporučení pro společnosti a politické činitele s cílem snížit a pokud možno eliminovat nejistoty a hrozby plynoucí z přechodu k Průmyslu

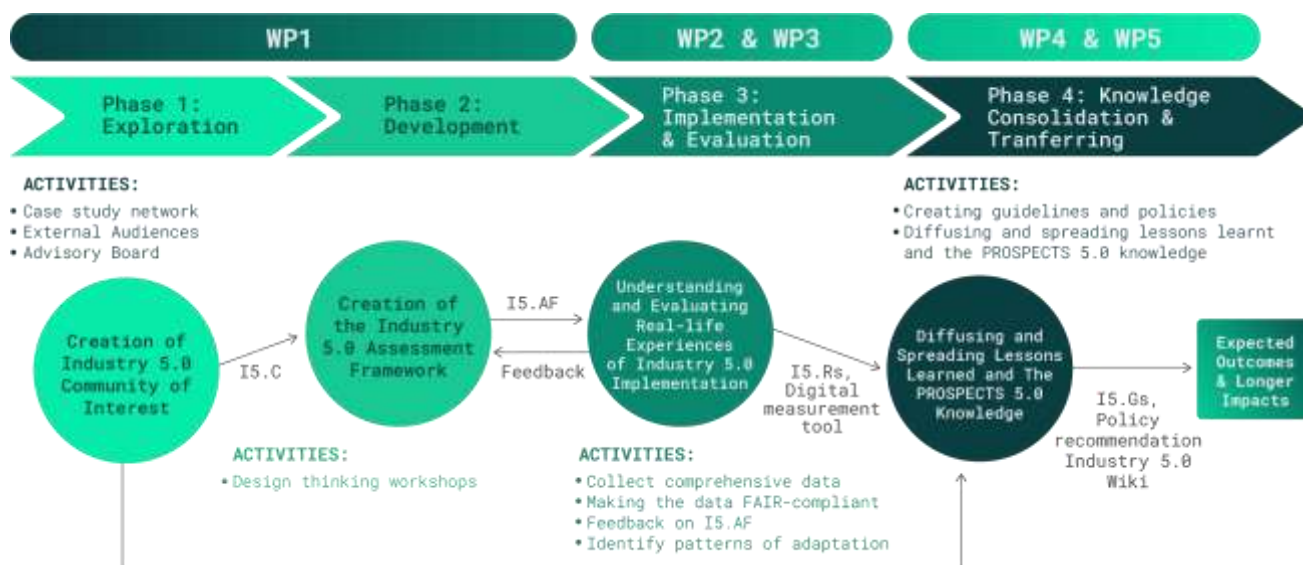
5.0 v různých průmyslových odvětvích. Tvorba návodu pro implementaci Průmyslu 5.0 (Industry 5.0 Guidelines – I5.Gs) umožní společně vytvořit účinné strategie pro překonání častých překážek a motivuje je k přechodu k principům 5.0 na základě předchozích příznivých zkušeností a úspěšných případů jejich implementace. V rámci tohoto dílčího úkolu má být rovněž vytvořena digitální platforma, která poskytne snazší přístup k I5.AF a zároveň poslouží jako prostředek k propagaci projektu. Otestování a zprovoznění této platformy je zároveň jedním z klíčových ukazatelů úspěšnosti tohoto dílčího úkolu, stejně jako tvorba návodů a doporučení o přijetí Průmyslu 5.0 pro politické činitele. [39]

5. Úkol: Zrychlení přijetí výsledků relevantními aktéry.

V rámci posledního dílčího úkolu je třeba zvýšit povědomí a poskytnout data o projektu PROSPECTS 5.0 a jeho výsledcích relevantním aktérům. Za tímto účelem má být v závěrečné fázi projektu vytvořena online platforma pro sdílení znalostí a zkušeností spojených s Průmyslem 5.0 – Industry 5.0 Wiki. Kromě toho jsou v plánu semináře, webináře a tréninkové moduly, v rámci nichž bude možno hlouběji porozumět a diskutovat o specifických tématech, a závěrečná konference, na níž budou shrnuty výsledky projektu a prodiskutován další postup vedoucí ke zrychlení adopce Průmyslu 5.0 a jeho principů. Klíčovými ukazateli úspěchu jsou kromě funkční platformy Industry 5.0 Wiki a závěrečné konference také právě tréninkové moduly a semináře zaměřené na interpretaci výsledků projektu PROSPECTS 5.0 v jednotlivých odvětvích a jejich přenos do praxe. [39]

7.3 Metodika projektu

V úvodu kapitoly již bylo zmíněno, že PROSPECTS 5.0 je novým projektem. Přípravná fáze proběhla koncem roku 2023, projekt samotný byl zahájen v lednu roku 2024 a práce na dílčích úkolech projektu, je rozplánována do čtyř fází odehrávajících se v rámci pěti „pracovních balíků“ (Work Package - WP) v průběhu následujících tří let. Tyto fáze jsou znázorněny na obrázku 4 a krátce přiblíženy níže.



Obrázek 4 - Fáze projektu PROSPECTS 5.0 [40]

1. Fáze: Průzkum

První fáze projektu se nese především v duchu vybudování zájmové skupiny kolem trendu Průmyslu 5.0 (Industry 5.0 Community of Interest – I5.C), která zahrnuje zúčastněné podniky zavádějící principy 5.0, akademické instituce a experty (PROSPECTS 5.0 Advisory Board – AB), kteří se na projektu podílí, i další evropské projekty a společnosti, které sdílejí obdobné cíle a zaměření. Široké spektrum zapojených institucí (včetně kupříkladu politických, průmyslových, akademických či se společenským zaměřením) zajišťuje vznik diverzifikované a inkluzivní komunity, která se bude v rámci workshopů podílet na diskusi ohledně rozdílných přístupů k principům 5.0 v různých kontextech a v konečném důsledku i na vzniku hodnotícího rámce I5.AF. [39]

2. Fáze: Vývoj

Právě vytvoření hodnotícího rámce I5.AF je stěžejním cílem druhé fáze projektu. Pro jeho dosažení je třeba zorganizovat setkání a workshopy, kde budou probíhat diskuse s externími účastníky projektu, tedy především s podniky, jejichž postupy implementace jsou analyzovány, dále pak s expertními týmy, které jsou součástí PROSPECTS 5.0 AB, a nakonec rovněž se zástupci dalších evropských asociací a společností. Výsledkem workshopů a diskusí bude především definování konkrétních klíčových ukazatelů výkonu (KPIs), potřebných dat a nástrojů pro jejich získání. Kromě toho by měl výsledný rámec I5.AF poskytovat i další nástroje, jako jsou vzory pro databáze či příklady dotazníků, a být dostatečně univerzální a flexibilní pro zaručení relevance a aplikovatelnosti i po skončení projektu samotného. [39]

3. Fáze: Implementace

Během třetí fáze je třeba shromáždit a vyhodnotit data získaná od čtrnácti externích společností zapojených do projektu na základě I5.AF s cílem posoudit efektivnost hodnotícího rámce v procesu implementace principů Průmyslu 5.0 do praxe. Za tímto účelem budou analyzována samotná získaná data a případné nedostatky a mezery v jejich sběru, dále budou posouzeny klíčové ukazatele výkonu dle jejich přesnosti a vypovídající hodnoty, což povede k případným změnám a úpravám v rámci I5.AF. Rovněž budou vymezeny rozdílné perspektivy a pohledy na průběh implementace u různých podniků na základě jejich zkušeností, dojmů či názorů a výsledky průzkumů prezentovány pro získání zpětné vazby. Ve výsledku by mělo být možné identifikovat opakované vzorce v průběhu implementace principů Průmyslu 5.0 v různých sektorech, což je výchozím bodem pro tvorbu reportů a výstupních zpráv ohledně hnacích faktorů a důsledků, způsobů implementace a faktorů podporujících přijetí nových principů. Informace a znalosti plynoucí z projektu budou na závěr sjednoceny na jediné digitální platformě, respektive webové aplikaci, která bude svým uživatelům sloužit jako digitálně přístupný I5.AF. [39]

4. Fáze: Sjednocení a přenos znalostí

Na základě reportů vzniklých v předešlé fázi budou vypracovány návody, shrnutí a strategická doporučení zahrnující mimo jiné i modely, které definují úroveň vyspělosti, návody a doporučení ohledně Průmyslu 4.0, cirkulární ekonomiky či digitální transformace, nástroje a šablony pro tvorbu strategií a další. Informace a znalosti spojené s projektem PROSPECTS 5.0 budou poskytnuty dalším společnostem a institucím skrze platformu Industry 5.0 Wiki, semináře, workshopy,

tréninkové moduly a samozřejmě budou prezentovány na závěrečné konferenci, které se zúčastní všichni členové zájmové komunity I5.C. [39]

7.4 Předpokládané výsledky

PROSPECTS 5.0 se prozatím nachází ve své počáteční fázi, nicméně již nyní je možné pozorovat zvyšující se zájem o problematiku trendu Průmyslu 5.0 a tento projekt může v nadcházejících letech přinést mnoho užitečných poznatků, informací a nástrojů pro jeho další rozvoj. Lze předpokládat, že komunita, která je napříč Evropou díky projektu budována, vyústí v moderní, inkluzivní a konkurenceschopný ekosystém, jenž umožní velkým i malým společnostem se efektivně zapojit do světového průmyslového trhu. Projekt by měl přispět k bližšímu porozumění konceptu Průmyslu 5.0 a rozpoznání jeho benefitů pro firmy i celou společnost. Výsledky projektu v podobě publikací a nástrojů, které budou veřejně dostupné skrze digitální platformu PROSPECTS 5.0 Wiki, poskytnou nezbytný informační základ pro další rozvoj udržitelného, odolného a na člověka zaměřeného evropského průmyslu a jeho digitální transformaci. [39]

7.5 Případové studie

V rámci projektu je zkoumán proces implementace principů Průmyslu 5.0 u čtrnácti externích evropských firem. Ty byly vybrány na základě kritérií jako jsou například sektorová diverzita, úroveň technologické vyspělosti, přínosnost pro zkoumané oblasti (zahrnující implementační procesy, faktory úspěchu, hnací a naopak problematické faktory) a další. Výsledkem jsou velké i malé společnosti různé technologické úrovně pocházející ze čtrnácti evropských států, které se zabývají odlišnými průmyslovými sektory, což zaručuje značnou komplexnost nashromážděných dat pro tvorbu I5.AF v nadcházejících fázích projektu. Pro zaručení efektivního shromažďování podkladů pro případové studie byla ke každému z podniků přiřazena partnerská společnost, jejímž úkolem je právě spolupracovat s danou firmou na zajištění stálého a důsledného sběru dat a jejich analýzy pro tvorbu studie. [39]

V rámci následující kapitoly je ze čtrnácti firem, jež se projektu účastní, vybráno po dvou zástupcích menších, středních a větších společností. Tyto podniky jsou poté blíže popsány a analyzovány z hlediska současné úrovně vyspělosti, implementovaných technologií, plánovaného posunu k Průmyslu 5.0 a předpokládaných důsledků tohoto přechodu.

8 Firmy implementující Průmysl 5.0

V následujících podkapitolách je představeno šest evropských společností účastnících se projektu PROSPECTS 5.0 a nastíněny důsledky integrace pokročilých technologií a principů Průmyslu 5.0 pro jejich budoucí rozvoj a směřování. Velikosti firem účastnících se projektu i úroveň jejich technologické vyspělosti se vzájemně různí za účelem získání komplexních informací a dat pro I5.AF. Mezi šesti níže vybranými společnostmi jsou tudíž větší i menší firmy, které v různé míře aplikují pokročilé technologie, ale bez výjimky mají všechny za cíl posun k principům Průmyslu 5.0.

8.1 B. Braun Avitum Italy

Společnost B. Braun Avitum je původem z Itálie a působí ve zdravotním sektoru, kde se zabývá v první řadě provozem dialyzačních středisek. V rámci svého působení ovšem rovněž vyvíjí a sestavuje technologické systémy pro zdravotnictví, zejména právě dialyzační zařízení. Úroveň její vyspělosti lze klasifikovat jako střední, společnost staví na technologiích Průmyslu 4.0 a v současnosti podniká kroky k zavedení Průmyslu 5.0 zejména formou implementace kolaborativní robotiky do procesu výroby zdravotnických zařízení.

B. Braun Avitum naplňuje principy Průmyslu 5.0 prostřednictvím zapojování kolaborativních zařízení do procesu sestavování malých objemových dávek zdravotnických zařízení, zejména pak dialyzačních filtrů, přizpůsobených konkrétním potřebám. Jistá forma takovéto customizace je v oblasti zdravotnictví velmi často nutná a kolaborativní roboty zajišťují díky nasbíraným výrobním datům možnost rychlé a efektivní adaptace na nastalé změny konečného produktu. Právě tato spolupráce lidského operátora se strojem zajišťující vyšší efektivitu a flexibilitu při současném zachování bezpečnostních opatření vystihuje jednu ze stěžejních myšlenek Průmyslu 5.0.

Společnost se svou činností centralizuje především na člověka, a to nikoliv pouze na koncového zákazníka, kterým je v tomto případě pacient, prostřednictvím vyráběných zdravotnických zařízení, nýbrž i na pracovníka ve výrobě. Kolaborativní roboty jsou navrženy právě pro spolupráci s člověkem, podporují a zvyšují jeho produktivitu a zároveň díky své snadné ovladatelnosti a programovatelnosti redukují čas potřebný k produkci samotné i k zaškolení pro práci s nimi. Díky aktivním bezpečnostním systémům jsou schopny se přizpůsobovat pohybům pracovníka a zajišťují tak snadnou a bezpečnou interakci. Proces sestavení dialyzačního zařízení je do značné míry automatizovaný, nicméně výstupní kontrola je i nadále prováděna zaměstnancem, který tak ručí za naplnění předepsaných standardů.

Kromě výše zmíněného je společnost rovněž díky zlepšené kontrole výroby schopna minimalizovat produkovaný odpad a zmetkovitost, přičemž především právě nízký počet vadných výrobků je v medicínské oblasti velmi důležitý. Podpora pracovníka včetně schopnosti okamžité a samostatné adaptace na drobné změny v procesu a předcházení lidským chybám zároveň činí tento systém velmi robustním a odolným, což je společně se sníženými dopady na životní prostředí plně v souladu s principy Průmyslu 5.0. [39] [41]

8.2 CAMELEO

Polská firma CAMELEO je z hlediska svého technologického vývoje a vyspělosti v počáteční fázi. Jedná se o malý rodinný podnik vyrábějící barvy, dekorativní omítky a podlahové krytiny, nicméně zákaznicky mají ve více než dvaceti zemích světa. CAMELEO je zářným příkladem toho, že není nutné plně implementovat postupy Průmyslu 4.0, aby společnost mohla následně přejít k principům 5.0, a v důsledku vysokého zájmu o své produkty plánuje použití virtuální reality v procesu výběru a samotné aplikace designu.

Za účelem poskytnutí co nejlepší představy o výsledné podobě dekorativní vrstvy zákazníkům plánuje společnost vybudovat studio, které bude zahrnovat jednotlivé druhy nabízených barev a struktur a které si designéři budou moci prohlédnout na dálku v rámci virtuální reality. Forma a způsob provedení této virtuální prohlídky budou dále upravovány a vylepšovány na základě podnětů od zákazníků pro dosažení jejich maximální spokojenosti. Dalším plánovaným využitím této technologie je asistence a instruktáž pro správnou aplikaci vrstvy bez nutnosti přímé přítomnosti specializovaného pracovníka při zachování výsledné kvality dekorace.

Pro firmu CAMELEO je předním zájmem spokojenost zákazníků a právě za tímto účelem dochází k implementaci virtuální reality. Ta nabízí usnadnění především pro designéry, kteří budou moci zvolit optimální variantu mnohem snáze, než tomu bylo doposud z pouhých fotografií. Zároveň ovšem pomůže šetřit čas a cestovní náklady spojené s nutností přítomnosti zkušeného dekorátéra a další náklady plynoucí z nesprávné aplikace včetně odpadního materiálu. [39] [42]

8.3 Knowit

Norská společnost Knowit se zaměřuje na služby v oblasti digitální transformace, zejména pak integraci umělé inteligence, cloudové a bezpečnostní služby. Jedná se o velkou, etablovanou a technologicky vyspělou konzultační společnost, která nabízí způsoby řešení v oblasti přechodu k cirkulární ekonomice a digitalizace s ohledem na hodnoty spojené s šetrností k životnímu prostředí a dodržováním lidských práv (digitální transformace s ohledem na udržitelnost bývá souhrnně pojmenována twin transition).

Jedno z nabízených softwarových řešení se zaměřuje na rozvoj multidisciplinárních týmů, roli koncového zákazníka a orientaci na výsledné produkty, dále zahrnuje mimo jiné i zavedení hybridního pracovního modelu (flexibilita pro práci z domova), zapojení AI a ML (Machine Learning – Strojové učení) technologií či tvorbu nových pracovních pozic pro práci s daty. Dalším řešením jsou cloudové a bezpečnostní služby zejména v oblasti implementace a operace s AI aplikacemi, kde je důležité zajistit především soukromí a bezpečnost firemních dat. Právě zaměřením na bezpečnou a efektivní digitální transformaci přispívá společnost Knowit k rozvoji Průmyslu 5.0 a jeho principů.

Knowit staví do popředí svých zájmů především spokojenost zákazníků a zaměstnanců, pro firmu je klíčové, aby byla vnímána jako výhodný obchodní partner i atraktivní zaměstnavatel. Obojí je měřeno formou každoročních průzkumů dotazujících se zákazníků na spokojenost s poskytovanými službami a zaměstnanců na vůli k doporučení firmy jako dobrého zaměstnavatele. Kromě plánu snížení vlastních emisí oxidu uhličitého na polovinu do roku 2030 a snahy o tvorbu inkluzivního a genderově vyváženého pracovního prostředí se firma Knowit angažuje v oblasti udržitelnosti nabízením služeb soustředících se na efektivní využívání materiálových zdrojů. [39] [43]

8.4 Smarald

Společnost Smarald sídlící v Rumunsku se nachází v počáteční fázi implementace principů 5.0. Jejím cílem je využití pokročilých digitálních technologií jako jsou autonomní a kolaborativní roboty či 3D tisk v procesu návrhu a výroby šperků, což by z doteď malé a technologicky nepřilíživé společnosti učinilo produktivní podnik schopný světové konkurence.

Smarald má v plánu digitalizovat všechny fáze výrobního procesu. Proces designování produktu bude podpořen využitím CAD softwarů (Computer Aided Design - CAD) a rovněž i zákazníci samotní si budou moci online navrhnout vlastní personalizovaný design, který bude následně konvertován do formátu vhodného pro 3D tisk. Dalším krokem k digitalizaci je

zavedení robotů specializovaných na konkrétní oblasti procesu výroby šperků od zmíněného 3D tisku a výrobu formy pro odlévání po proces lití samotného, následné povrchové úpravy a celkového sestavení kompletního produktu. V konečném důsledku by firma měla být plně digitalizována, téměř plně automatizována a schopna přijmout, zpracovat a vyrobit šperky personalizované dle specifického přání zákazníka, to vše s pouze minimální potřebou intervence lidského pracovníka.

Kromě zřejmé skutečnosti, že koboty jsou vhodné pro činnosti, jež by pro lidského pracovníka byly kupříkladu příliš jednostranně fyzicky zatěžující či dokonce nebezpečné a které tyto autonomní stroje ve většině případů mohou vykonávat s vyšší efektivitou a produktivitou, umožňuje robotizace pracovníkovi soustředit se na činnosti vyžadující více kreativního či kritického myšlení. Takto automatizovaná výroba rovněž samozřejmě přispívá k udržitelnosti díky možnostem jako optimalizace spotřeby a využívání zdrojů, materiálu, redukce produkovaného odpadu a samozřejmě i faktoru lidských chyb. Flexibilita a schopnost okamžité adaptace na zákaznické požadavky, kterou společnost díky extenzivní automatizaci nabývá, přispívá rovněž ke zvýšení celkové odolnosti a robustnosti výrobního procesu. Smarald tedy přispívá k rozvoji Průmyslu 5.0 naplňováním všech tří jeho stěžejních pilířů. [39]

8.5 ZEUKO

Španělská firma ZEUKO, která právě prochází fází růstu a rozvoje zahrnujícího integrování nových technologií pro vylepšení přidané hodnoty poskytovaných služeb, se zaměřuje na logistiku, zejména pak na jeřábové konstrukce. Její portfolio zahrnuje činnosti od návrhu a výroby přes opravy a údržbu, přičemž do svých procesů zapojuje mnohé z pokročilých technologií Průmyslu 4.0 a v současnosti podniká kroky směřující k integraci principů 5.0.

Společnost se v rámci své evoluce plánuje zaměřit především na rozvoj prediktivních modelů pro údržbu jeřábů a tím pádem prevenci případného kolapsu s využitím technologií pro detekci strukturálních vad, měření jejich rozsahu a predikci rozšiřování. Tyto technologie zahrnují mimo jiné senzory na principu emise akustických vln a ultrazvuku, umělou inteligenci a s ní spojené strojové učení.

Zaměření na údržbu, bezpečnost a spolehlivost jeřábových konstrukcí přispívá faktorem snížení rizika nehody a zranění k rozvoji pilíře Průmyslu 5.0 o centralizaci na člověka. Společnost ZEUKO zároveň klade důraz na zapojení pracovníka a rozvoj jeho schopnosti využití dostupných nástrojů formou tréninkových programů pro práci s novými technologiemi. Senzory kontrolující a predikující tvorbu strukturálních vad a trhlin v konstrukci přispívají kromě bezpečnosti práce rovněž k udržitelnosti, jelikož umožňují včasný zásah, opravu a celkové prodloužení životnosti konstrukce, což je ekonomicky výhodné pro zákaznické společnosti a díky čemuž dochází zároveň ke snížení spotřebovávaných materiálových a energetických zdrojů při rozsáhlejších opravách či výrobě nových konstrukcí. Včasná detekce možné poruchy je klíčová rovněž pro zachování kontinuity provozu a dodavatelského řetězce, což naplňuje třetí pilíř Průmyslu 5.0 o odolnosti systémů vůči náhlým změnám. [39] [44]

8.6 EFESTO

Společnost EFESTO je součástí francouzské FIDIA Group. Úrovní vyspělosti v oblasti implementace pokročilých technologií se řadí na vyšší příčky, předmětem jejího zájmu je vývoj pohonných technologií především pro letecký průmysl (současně v menší míře i automotive a lodní dopravu) s respektem k životnímu prostředí. EFESTO v současnosti pracuje na koncepci hybridního pohonu letadel, který kombinuje výhody a vlastnosti motoru s vnitřním spalováním a motoru elektrického. Tento pohonný systém nabízí šest možných módů provozu (označovaných A až F) od klasického motoru s vnitřním spalováním přes hybridní až k čistě

elektrickému módu. Cílem je kromě snížení spotřeby ropy, emisí a lokálního vzdušného znečištění rovněž zvýšení výkonu, bezpečnosti a autonomie letadel.

Firma již úspěšně implementovala technologie Průmyslu 4.0 (IoT, cloud, digitální dvojčata, analýza velkých dat a další) za účelem zvýšení produktivity. Posun k principům 5.0 je reprezentován především právě zaměřením na rozvoj udržitelných dopravních prostředků s důrazem na jejich spolehlivost, bezpečnost a komfort. Kromě výše zmíněného se EFESTO soustředí na integraci postupů, jež jsou klíčové pro rozvoj Průmyslu 5.0, kupříkladu šetrného a efektivního využívání zdrojů a energie či rozvoj kooperace člověka a stroje (HRC).

Možnost šesti různých módů pohonu letadla přispívá k bezpečnosti letu a pohodlí pilotů i pasažérů. Elektrický motor podílející se na pohonu větší či menší měrou kromě snížení spotřeby paliva přispívá rovněž k redukci hluku vzniklého provozem. Zvýšení bezpečnosti a autonomie letadla navíc prospívá celkové robustnosti a odolnosti letecké dopravy. [39] [45]

9 Přínosy Průmyslu 5.0

V předchozích kapitolách bylo nastíněno několik příkladů implementace principů, technologií a přístupů Průmyslu 5.0 v praxi. Zaměření jednotlivých firem či projektů i technologie, které v rámci svého posunu zavádějí, se sice často velmi výrazně liší, nicméně očekávané důsledky jsou si v mnohém vzájemně podobné. Obecně vzato lze říci, že rozvoj digitalizace a automatizace usnadňuje práci lidem, umožňuje řídit spotřebu zdrojů a snižovat plýtvání, čímž může prospívat životnímu prostředí, a zvyšuje autonomii a flexibilitu procesů, což přispívá k robustnosti a odolnosti.

Pokrok Průmyslu 5.0 ovšem nespočívá v tom, jaké nové technologie jsou do procesu výroby implementovány, nýbrž v účelu, s nímž jsou implementovány. Stejně tak lze konstatovat, že přínosy implementace principů Průmyslu 5.0 nejsou přímo svázány s jednotlivými aplikovanými technologiemi, nýbrž plynou především z jejich vzájemné propojenosti a kooperace.

Vhodné je rovněž připomenout, že principy Průmyslu 5.0 nemusí být nutně svázány s moderními podniky (viz příklad firmy Baťa, která některé z principů 5.0 zejména v oblasti centralizace na člověka naplňovala již na počátku dvacátého století) či s podniky z průmyslového odvětví. Jako příklad zde může být uvedena společnost Starbucks, která se zavázala zaměstnávat ve svých provozech válečné veterány a podporovat jejich rodiny skrze financování univerzitního vzdělání či poskytování služeb v oblasti psychického zdraví. I toto lze samozřejmě vnímat jako společenský přínos naplňující cíle Průmyslu 5.0, zejména opět v oblasti centralizace na člověka. [46]

V následujících podkapitolách jsou popsány některé z přínosů Průmyslu 5.0 se zaměřením na tři stěžejní pilíře včetně technologií, principů a postupů, které k nim vedou. Toto rozdělení má ovšem spíše formální charakter, neboť přínosy jednotlivých technologií a postupů se do značné míry prolínají všemi pilíři.

9.1 Centralizace na člověka

Roli člověka, ať už se jedná o pracovníka či zákazníka, je ve všech výše zmíněných případech firem a projektů přiřazována nejvyšší priorita. V oblasti kooperace člověka s robotem je kladen důraz především na bezpečnost a snadnou ovladatelnost, koboty jsou stále více autonomní, díky technologiím AI se umí lépe přizpůsobit pracovníkovi a spektrum jejich schopností a činností se neustále rozšiřuje. Koncept HRC se díky tomu stává inkluzivnějším, jelikož snižuje nároky na fyzickou či technickou zdatnost zaměstnance, a transformuje roli pracovníků, kteří se díky automatizaci činností, jež byly dříve vykonávány manuálně, mohou soustředit na kreativnější činnosti či kontrolu a procesy rozhodování ve výrobě.

Bezpečnost práce je rovněž jedním ze stěžejních témat, kromě senzorů a analytických technologií, které předcházejí nehodám při kooperaci člověka a stroje, je velmi častá rovněž implementace technologií a algoritmů predikujících chyby, vady či jiná poškození u technických systémů, s nimiž člověk často nepřichází přímo do styku, ale které by mohly mít fatální důsledky v případě selhání (příkladem může být společnost EFESTO, která vyvíjí spolehlivé hybridní pohonné systémy, či firma ZEUKO, jež se soustředí na identifikaci a opravu vad a poškození u jeřábových konstrukcí). Kromě tohoto fyzického zabezpečení se v současnosti rozšiřuje i uvědomělost ohledně kyberbezpečnosti a soukromí, na něž se soustředí kupříkladu společnost Knowit či projekt SeCoIIA.

Dalším z přínosů pro člověka, které se u výše popsaných projektů opakovaly častěji, je rozšíření možnosti customizace. Samozřejmě může jít o personalizaci výrobku, kterou zprostředkovává virtuální realita, jako tomu je u firmy CAMELEO, ale na druhou stranu sem lze rovněž zahrnout

kolaborativní stroje, jež se samy díky adaptivním technologiím, které se v současnosti dají souhrnně nazvat AI technologiemi, umí přizpůsobit rychlosti a způsobu pohybů zaměstnance a tím pádem upravit pracovní proces do značné míry dle jeho potřeb (příkladem zde může být jeden z finalistů Industry 5.0 Awards, projekt SHERLOCK).

9.2 Udržitelnost

K rozvoji udržitelného průmyslu přispívají především technologie umožňující efektivní využívání materiálových a energetických zdrojů. Průmysl 5.0 prosazuje zavedení cirkulární ekonomiky, recyklace a upcyklace materiálů s pomocí technologií, jež byly implementovány již v rámci Průmyslu 4.0, jako je například Internet věcí (IoT) či sběr dat v průběhu automatizované výroby. Mnoho projektů a firem se již od počátku soustředí na udržitelnost jako na hlavní cíl, příkladem může být vítěz Industry 5.0 Award, projekt Ramp-PV, který se zaměřoval přímo na recyklaci materiálu ze solárních panelů a tím pádem mimo jiné snížení nákladů na jejich výrobu, či společnost EFESTO vyvíjející hybridní pohony.

Obecně vzato lze říci, že technologie, které zefektivňují výrobní proces, přispívají k optimalizaci procesů, využívání zdrojů či prodlužují životnost produktů, přispívají svým dílem k udržitelnosti snížením doby výroby a produkovaného odpadu. Přínos Průmyslu 5.0 v tomto odvětví je spíše samotné zvyšování celospolečenského povědomí o nutnosti ochrany životního prostředí, byť ohled na udržitelnost může mít za následek například dražší výrobu, propagovat zodpovědné využívání zdrojů, přechod k „zeleným technologiím“ a motivovat další evropské společnosti k tomuto posunu.

9.3 Odolnost

Automatizace a digitalizace výroby se zaměřením na flexibilitu a stabilní dodavatelský řetězec je obecným předpokladem pro vybudování robustní a odolné společnosti. Jedním ze zásadních přínosů Průmyslu 5.0 v oblasti udržitelnosti je výrazný rozvoj v oblasti analytických a prediktivních modelů, které slouží k odhalování vad v technických systémech (viz opět zmíněná společnost ZEUKO). Schopnost předcházet okolnostem, které by nějakým způsobem narušily kontinuitu procesů, za pomoci technologií založených na umělé inteligenci a analýze dat získaných ze senzorů, jež jsou do technických systémů ve velké míře integrovány, je klíčová pro robustní a odolnou průmyslovou společnost.

Dalším významným příkladem rozvoje odolnosti v průmyslové praxi je samozřejmě i samotná automatizace. Využití autonomních či kolaborativních robotů ve výrobě, kde má pracovník roli především kontrolní, umožňuje do značné míry redukovat zmetkovitost a snižuje faktor lidské chyby. Kooperace člověka a stroje navíc zajišťuje vyšší úroveň flexibility a schopnost rychlé adaptace na změny trhu či požadavků na produkt, což vystihuje odolnou průmyslovou společnost. Příkladem rozvoje v oblasti odolnosti může být například společnost B. Braun Avitum, která díky využívání kobotů zvyšuje flexibilitu a schopnost rychlé adaptace na změny požadavků ve výrobě, nebo firma Smarald, která, byť se jedná o malou společnost, v rámci přijetí principů 5.0 do procesu výroby customizovaných šperků rovněž zapojuje koboty a další pokročilé technologie.

Odolnost ovšem nemusí být reprezentována pouze flexibilitou, robustností nebo kontinuitou procesů, důležitý přínos pro ni má rovněž cirkulární ekonomika, recyklace a up-cyklace. Příkladem budiž opět projekt Ramp-PV, který se zaměřuje na recyklaci a up-cyklaci solárních panelů a odpadu vniklého při jejich výrobě. Proces znovuvyužití surovin kromě prospěchu v oblasti udržitelnosti rovněž zvyšuje nezávislost Evropy na importu a činí tak evropský průmysl soběstačnějším a samozřejmě také odolnějším.

10 Závěr

V rámci úvodu této práce bylo popsáno, co si lze představit pod termínem Průmysl 5.0 z hlediska principů, myšlenek a cílů včetně jeho zasazení do kontextu termínů Průmysl 4.0 a Společnost 5.0. Rovněž byly zmíněny některé z mnoha prostředků, kterými Evropská unie podporuje přijímání principů odolnosti, udržitelnosti a centralizace na člověka, dále byl nastíněn v současnosti probíhající projekt PROSPECTS 5.0, jenž se právě na rozvoj plošného přijetí Průmyslu 5.0 zaměřuje, a na příkladech několika vybraných zúčastněných projektů a firem byly popsány způsoby implementace těchto principů do praxe.

Pozornost byla věnována především právě společnostem a projektům, které se k principům 5.0 hlásí, či u kterých lze postupný a mnohdy samovolný rozvoj těchto hodnot spatřovat, jakým způsobem implementace probíhá v případech větších i menších subjektů s různým zaměřením a jaké přínosy či změny je obecně možné díky tomuto posunu vnímat.

Na základě informací o těchto společnostech lze konstatovat fakt, že přijetí principů Průmyslu 5.0 není odvislé od velikosti nebo technologické vyspělosti firmy a že i malá společnost, která doposud neprošla procesem digitalizace a automatizace, se může (s jistou formou finanční podpory) zaměřit na budování moderní firemní struktury, jež naplňuje hodnoty Průmyslu 5.0 (viz firma CAMELEO). Ruku v ruce s tímto poznáním jde i již dříve zmíněná skutečnost, že samotná implementace vyspělých technologií s sebou nepřináší posun k principům 5.0, ty vyplývají až z jejich vzájemného propojení a kooperace za účelem vytvoření inkluzivního, odolného a udržitelného průmyslu. Tyto skutečnosti částečně podtrhuje rovněž fakt, že hodnoty 5.0 lze pozorovat již v „baťovském ekosystému“ na počátku dvacátého století, kdy největší inovací byly montážní linky a spalovací motor.

Principy 5.0 naznačují směřování budoucího rozvoje nejen průmyslu, ale celé společnosti. Důležité je zde rovněž připomenout, že Průmysl 5.0 nepředstavuje daný a neměnný koncept, nýbrž spíše ideu a pevný základ, na němž je možno budovat další průmyslový a společenský rozvoj. Projekty zaměřené na podporu Průmyslu 5.0 staví především na mezinárodní komunikaci, sdílení zkušeností a nových poznatků, tvorbě strategických partnerství a spoluprací, které jsou nezbytné pro vybudování soběstačné evropské společnosti a průmyslu, jenž do popředí nestaví produktivitu za každou cenu, ale namísto toho dbá na spokojenost zákazníků i zaměstnanců a je ohleduplný vůči životnímu prostředí.

Seznam použitých zdrojů

- [1] MOHAJAN, Haradhan. *The First Industrial Revolution: Creation of a New Global Human Era*. Online. MPRA Paper, University Library of Munich, Germany: Premier University, Chittagong, 2019. Dostupné také z: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/96644/1/MPRA>.
- [2] FORRESTER, Rochelle. *The Invention of the Steam Engine*. Online. 2019, s. 4-6. Dostupné z: <https://osf.io/fvs74/download/?format=pdf>.
- [3] ZEMĚDĚLSKÝ SVAZ ČR. *Žijeme v období 4. průmyslové revoluce*. Online. 2019. Dostupné z: <https://www.odborny.info/obsah/5/zijeme-v-obdobi-4-prumyslove-revoluce-exkurz-do-historie/29697>.
- [4] MOHAJAN, Haradhan. *The Second Industrial Revolution has Brought Modern Social and Economic Developments*. Online. MPRA Paper, University Library of Munich, Germany: Premier University, Chittagong, 2019. Dostupné také z: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/98209/1/MPRA_paper_98209.pdf.
- [5] BLOOM, Robert; CRAPSTER, Basil a DUNKELBERGER, Harold. *The Second Industrial Revolution*. Online. Gettysburg College, 1958. Dostupné také z: https://cupola.gettysburg.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1002&context=contemporary_sec14.
- [6] MOKYR, Joel a STROTZ, Robert. *The Second Industrial Revolution, 1870-1914*. Online. Northwestern University, 2003. Dostupné také z: <https://faculty.wcas.northwestern.edu/jmokyr/castronovo.pdf>.
- [7] SMITH, Bradford. *The Third Industrial Revolution: Policymaking for the Internet*. Online. Science and Technology Law Review. 2019, č. 3. Dostupné z: <https://journals.library.columbia.edu/index.php/stlr/article/view/3621/1449>.
- [8] MILOSLAVOV, Aleksei a KUZMINA, Olga. *The Early Period of the "Digital Revolution" from the Point of View of Intellectual History*. Online. NORDSCI Conference. S. 185-193. Dostupné z: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED603227.pdf>.
- [9] *A Brief History of The 4 Industrial Revolutions that Shaped the World*. Online. 2019. Dostupné z: <https://ied.eu/project-updates/the-4-industrial-revolutions/>.
- [10] Přednášky z předmětu Modelování podnikových procesů (KPV/MPP, ZČU v Plzni), <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/kpv/mpp>
- [11] SCHWAB, Klaus. *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum 2016. ISBN: 978-0-241-30075-6
- [12] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU ČESKÉ REPUBLIKY. *Iniciativa Průmysl 4.0*. Online. 2016. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>
- [13] VAIDYA, Saurabh; AMBAD, Prashant a BHOSLE, Santosh. *Industry 4.0 - A Glimpse*. Online. ScienceDirect. 2018. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918300672>.
- [14] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Breque, M., De Nul, L., Petridis, A., *Industry 5.0 – Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*, Publications Office of the European Union, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407>
- [15] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Renda, A., Schwaag Serger, S., Tataj, D. et al., *Industry 5.0, a transformative vision for Europe*

- *Governing systemic transformations towards a sustainable industry*, Publications Office of the European Union, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/17322>
- [16] KRAAIJENBRINK, Jeroen. *What Is Industry 5.0 And How It Will Radically Change Your Business Strategy?* Online. *Forbes*. 2022. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/jeroenkraaijenbrink/2022/05/24/what-is-industry-50-and-how-it-will-radically-change-your-business-strategy/>.
- [17] VÁŇOVÁ, Aneta. *Society 5.0: Analýza aktuálního stavu a připravenosti společnosti* [online]. Praha, 2018. Dostupné z: <https://theses.cz/id/65hvcv/>. Bakalářská práce. Vysoká škola ekonomická v Praze. Vedoucí práce Filip Vencovský.
- [18] *Society 5.0*. Online. Science and Technology Policy, Cabinet Office, Government of Japan. 2016. Dostupné z: https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html.
- [19] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU ČESKÉ REPUBLIKY. *Mise Posílení odolnosti společnosti proti bezpečnostním hrozbám*. In: . 2021., Dostupné z: https://www.ris3.cz/sites/default/files/2023-01/RIS3%20mise%20Bezpe%C4%8Dnost_podkladov%C3%BD%20materi%C3%A1l.pdf
- [20] NADACE TOMÁŠE BATI. *Tomáš Baťa a jeho Zlín*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.nadacetomasebati.cz/wp-content/uploads/2023/06/Toma%CC%81s%CC%8C-Bat%CC%8Ca-a-jeho-Zli%CC%81n.pdf>.
- [21] Status Elona Muska ze dne 13. 4. 2018 na sociální síti X (dříve Twitter) dostupný na: <https://twitter.com/elonmusk/status/984882630947753984?lang=cs>
- [22] Informace o produktech získány z internetových stránek společnosti dostupných na: <https://www.tesla.com/>
- [23] Informace o produktech a dalších aktivitách získány z internetových stránek společnosti dostupných na: <https://about.google/>
- [24] EUROPEAN COMMISSION. *Industry 5.0*. Online. Research and innovation. 2020. Dostupné z: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en. [cit. 2024-04-08].
- [25] EUROPEAN COMMISSION. *Industry of the Future award 2022*. Online. Research and innovation. 2022. Dostupné z: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50/award-2022_en. [cit. 2024-04-08].
- [26] EUROPEAN COMMISSION. *Seamless and safe human - centred robotic applications for novel collaborative workplaces*. Online. Research and innovation. 2023. Dostupné z: <https://cordis.europa.eu/project/id/820689>. [cit. 2024-04-08].
- [27] SHERLOCK. *Project Objectives*. Online. Sherlock project. 2018. Dostupné z: <http://www.sherlock-project.eu/private>. [cit. 2024-04-08].
- [28] SHERLOCK. *Sherlock: Genuine HR collaboration*. Online. In: Sherlock. 2018. Dostupné z: <http://www.sherlock-project.eu/private>. [cit. 2024-04-08].
- [29] EUROPEAN COMMISSION. *Collaborative robots work like humans, with humans*. Online. 2023. Dostupné z: <https://cordis.europa.eu/article/id/442850-collaborative-robots-work-like-humans-with-humans>. [cit. 2024-04-08].

- [30] EUROPEAN COMMISSION. *Secure Collaborative Intelligent Industrial Assets*. Online. Research and innovation. 2019. Dostupné z: <https://cordis.europa.eu/project/id/871967>. [cit. 2024-04-08].
- [31] SECOIIA. *About SeCoIIA*. Online. SeCoIIA. 2024. Dostupné z: https://secoiia.eu/?page_id=435. [cit. 2024-04-08].
- [32] EUROPEAN COMMISSION. *Raw material up-cycling for circular PV*. Online. 2024. Dostupné z: <https://cordis.europa.eu/project/id/101009125/reporting>. [cit. 2024-04-08].
- [33] ROSI. *Ramp-PV: An industrial project supported by the European Innovation Council*. Online. ROSI-SOLAR. 2024. Dostupné z: <https://www.rosi-solar.com/ramp-pv-a-project-supported-by-the-european-innovation-council/>. [cit. 2024-04-08].
- [34] ROSI. *ROSI-Return of Silicon*. Online. ROSI-SOLAR. 2024. Dostupné z: <https://www.rosi-solar.com/>. [cit. 2024-04-08].
- [35] ROSI. *Silicon kerf recycling*. Online. ROSI-SOLAR. 2024. Dostupné z: <https://www.rosi-solar.com/kerf-recycling/>. [cit. 2024-04-08].
- [36] EUROPEAN COMMISSION. *Industry 5.0 Community of Practice: Terms of Reference*. Online. 2023. Dostupné také z: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/system/files/2023-06/ec_rtd_industry5-cop-terms-of-reference.pdf.
- [37] EUROPEAN INNOVATION COUNCIL. *About the European Innovation Council*. Online. European Innovation Council. 2023. Dostupné z: https://eic.ec.europa.eu/about-european-innovation-council_en. [cit. 2024-04-08].
- [38] *European Innovation Council (EIC) 2024 work programme*. Online. 2023. Dostupné také z: https://eic.ec.europa.eu/document/download/d801a0d8-492e-4510-9dd6-8d942756e7c7_en?filename=EIC-workprogramme-2024.pdf.
- [39] *PROSPECTS 5.0*. Online. 2024. Dostupné z: <https://prospects5-0.eu/>. [cit. 2024-04-08].
- [40] *Work Packages*. Online. In: *PROSPECTS 5.0*. 2024. Dostupné z: <https://prospects5-0.eu/work-packages/>. [cit. 2024-04-08].
- [41] B. BRAUN AVITUM ITALY. *Manufacturing Capabilities*. Online. B. Braun. 2023. Dostupné z: <https://us.bbraunoem.com/en/manufacturing-capabilities.html#>. [cit. 2024-04-08].
- [42] CAMELEO. *About us*. Online. CAMELEO Deco Coatings. 2020. Dostupné z: <https://cameleo.pl/about-us/>. [cit. 2024-04-08].
- [43] KNOWIT. *What We Offer*. Online. Knowit. 2024. Dostupné z: <https://www.knowit.eu/>. [cit. 2024-04-08].
- [44] ZEUKO. *Services*. Online. ZEUKO. 2023. Dostupné z: <https://www.zeuko.com/en/services/>. [cit. 2024-04-08].
- [45] EFESTO. *Parallel hybrid system for light aircraft*. Online. EFESTO. 2021. Dostupné z: <https://efesto.fr/aircraft/>. [cit. 2024-04-08].
- [46] STARBUCKS. *Starbucks Military Commitment by the numbers*. Online. Starbucks stories & news. 2023. Dostupné z: <https://stories.starbucks.com/stories/2023/starbucks-military-commitment/>. [cit. 2024-05-22]