

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2022

Petr Spáčil

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická

Digitalizace a Industry 4.0 technologie v chemickém podniku

Diplomová práce

2022

Bc. Spáčil Petr

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	<b>Bc. Petr Spáčil</b>
Osobní číslo:	<b>C20516</b>
Studijní program:	<b>N0413A050010 Ekonomika a management podniků chemického průmyslu</b>
Téma práce:	<b>Digitalizace a Industry 4.0 technologie v chemickém podniku</b>
Zadávací katedra:	<b>Katedra ekonomiky a managementu chemického a potravinářského průmyslu</b>

## Zásady pro vypracování

1. Rešerše pojmů problematiky digitalizace a Industry 4.0.
2. Zmapování klíčových technologií – Key Enable Technologies, pro zajištění digitalizace průmyslu.
3. Vymezení specifik digitalizace pro chemické výrobní podniky.
4. Realizace výzkumu v podnicích chemického průmyslu.
5. Závěry a doporučení.

Rozsah pracovní zprávy: **50**  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. MAŘÍK, Vladimír a kolektiv, 2016. *Průmysl 4.0: Výzva pro Českou republiku*. Praha : Management press. ISBN 978-80-7261-440-0.
2. PIEMONTE, Vincenzo, Marcello DE FALCO a Angelo BASILE, ed., 2013. *Sustainable development in chemical engineering: Innovative technologies*. 1. Wiley. ISBN 978-1-119-95352-4.
3. YÁÑEZ, Fran, 2017. *The 20 Key Technologies of Industry 4.0 and Smart Factories The Road to the Digital Factory of the Future: The Road to the Digital Factory of the Future*. Velká Británie : Amazon. ISBN: 9781973402107.
4. SCHWAB, Klaus, 2017. *The Fourth Industrial Revolution*. New York : Penguin Books Ltd. ISBN: 9780241300756.
5. TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2017. *Průmysl 4.0 aneb nikdo sám nevyhraje*. Průhonice : Professional Publishing s.r.o. ISBN 978-80-906594-4-5.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Vávra, Ph.D.**  
Katedra ekonomiky a managementu chemického  
a potravinářského průmyslu

Datum zadání diplomové práce: **28. února 2022**  
Termín odevzdání diplomové práce: **6. května 2022**

L.S.

---

**prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.**  
děkan

---

**Ing. Jan Vávra, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 22. února 2022

## Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 6. 5. 2022

Petr Spáčil

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Janu Vávrovi, Ph.D. za jeho ochotu, cenné rady a připomínky při zpracování této diplomové práce. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni za podporu.

## **ANOTACE**

Tato diplomová práce se zabývá průmyslem 4.0 a jeho pozitivními i negativními stranami. Je tvořena ze dvou částí, a to rešerší a praktickou částí. V rešerši jsou vysvětleny důležité termíny a ve výzkumné části jsou zpracovány strukturované rozhovory s podniky chemického průmyslu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Průmysl 4.0, digitalizace, digitální dvojče, autonomie, umělá inteligence, senzory, 3D tisk, internet věcí, industriální internet věcí, strojové učení, virtuální realita, augmentová realita, velká data, cloud, datová analytika, prediktivní údržba, kybernetická bezpečnost, chemie 4.0.

## **TITLE**

Digitization and Industry 4.0 technologies in chemical industry.

## **ANNOTATION**

This diploma thesis is about industry 4.0 and its positive and negative sides. It consists of two parts, a search and practical part. The search part explains important terms and the research part contains results and recommendations from structured interviews with chemical companies.

## **KEYWORDS**

Industry 4.0, digitalization, digital twin, autonomy, artificial intelligence, sensors, 3D printing, internet of things, industrial internet of things, machine learning, virtual reality, augmented reality, big data, cloud, data analytics, predictive maintenance, cybersecurity, chemistry 4.0.

# OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	10
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK .....	11
ÚVOD.....	12
1 Průmysl 4.0 .....	14
1.1 Historie průmyslových revolucí.....	15
1.2 Charakteristika Průmyslu 4.0 .....	17
1.3 Rozvoj digitalizace.....	20
1.4 Úroveň digitalizace v ČR.....	22
2 Prvky digitalizace .....	24
2.1 Big Data .....	26
2.2 Senzory.....	27
2.3 Internet of Things .....	30
2.4 Cloud.....	31
2.5 Umělá inteligence.....	33
2.6 Datová analytika.....	35
2.7 Praktické aplikace digitalizace v průmyslu.....	38
2.7.1 Autonomní roboti.....	38
2.7.2 Virtuální a rozšířená realita.....	39
2.7.3 Digital Twin.....	40
2.7.4 Prediktivní údržba.....	41
2.7.5 3D tisk.....	44
2.8 Informační bezpečnost .....	46
3 Digitalizace v chemickém průmyslu.....	49
3.1 Chemistry 4.0 .....	49
3.2 Uplatnění prvků digitalizace v chemických i jiných procesních výroбах.....	53
4 Výzkum.....	60



4.1	Charakteristika společnosti 1 .....	60
4.2	Charakteristika společnosti 2 .....	67
	ZÁVĚR .....	74
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	77
	SEZNAM PŘÍLOH.....	94

## SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 - Postupný vývoj průmyslových revolucí (Růžičková, 2017).....	17
Obrázek 2 – Parametry s odhadovanou dobou aplikace nejvýznamnějších prvků digitalizace (Pokorný a kolektiv, 2017) .....	24
Obrázek 3 – Interakce jednotlivých prvků digitalizace (Science Journal, 2019) .....	25
Obrázek 4 – Rozdíl mezi EAN a QR kódem (Rösslerová, 2011).....	28
Obrázek 5 – Přehřátý světelný obvod (Příbyl, 2012).....	42
Obrázek 6 - Druhy servisů dle efektivnosti (Vojáček, 2018) .....	43
Obrázek 7 – Graf analýzy opatření a rizik pro rozhodování (Gogela, 2011). .....	47
Obrázek 8 – vizualizace molekul pomocí smíšené reality (Habig, 2019). .....	57
Obrázek 9 – Tabulka odolnosti polymerů vůči chemickému prostředí (Průša, 2021). .....	59

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

AI	Artificial Intelligence
Aj	a jiné
AMSP ČR	Asociace malých a středních podniků a živnostníků ČR
Atd	A tak dále
Atp	A tak podobně
AVČR	Akademie věd České republiky
ČR	Česká republika
EAN	European article number
EOCD	Organisation for Economic Co-operation and Development
EP	Evropský parlament
ERP	Enterprise Resource Planning
EU	Evropská unie
HW	Hardware
IIoT	Industrial Internet of Things
IoCT	Internet of chemical things
IoT	Internet of Things
IP	Internetový protokol
ML	Machine learning
ML	Machine learning
QR	Quick response
SAP	Systémy - Aplikace - Produkty ve zpracování dat
SHEQ	Safety, Health, Environment and Quality
SMS	Služba krátkých textových zpráv
SW	Software
Tzv	Takzvaný
VR	Virtuální realita

## ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá problematikou implementace digitalizace a konceptu Průmysl 4.0, pro konkrétní podmínky procesních výrobních charakteristických pro chemický průmysl. Digitalizace průmyslu je v současnosti celosvětovým trendem, který se v České republice teprve rozvíjí, a jehož ideálním cílem je vytvořit autonomní továrny pro individualizovanou poptávku, dlouhodobě konkurenceschopné prostředí, zajistit úsporu materiálů, energií i jiných zdrojů, eliminovat chyby způsobené lidským faktorem, ale i vytvořit bezpečnější a důstojnější pracovní místa. K uskutečnění těchto záměrů je zapotřebí zejména odhodlání managementu k přijetí změn, znalosti a odbornost spojené s novými technologiemi, odpovídající rozpočet, podpora a změna vzdělanostní struktury zaměstnanců podniku, a to dostatečně specificky s ohledem na povahu výrobního procesu. V současné době je možné identifikovat s procesem implementace řadu nových technologií a s tím souvisejících problémů, počínaje nedostatkem znalostí, odbornosti, odhodlání, financí a konče např. aktuálním nedostatkem pracovníků napříč všemi odvětvími. Právě ten by mohl být vyřešen díky postupné implementaci moderních inteligentních technologií.

Úspěšnost vytvoření digitalizovaného podniku je závislá na jeho velikosti, typu výroby, případně druhu zpracovávaného materiálu. Ale hlavně na ochotě a schopnosti vedení a zaměstnanců přizpůsobit se změnám. Postupná digitalizace může pomoci vyřešit problémy na trhu práce, kde v současnosti chybí pracovní síla. Největší potíží je však pravděpodobně neznalost zaměstnanců firem v oblasti informatiky. V podniku získávaná data je nutné vhodně zpracovávat a zaměřit se na konkrétní chtěné výstupy, podle nich pak vytvářet a následně upravovat digitalizovaný podnikový systém. Postupnou implementací technologií Průmyslu 4.0 by se však české podniky mohly vyrovnat zahraničním, zároveň zvýšit svou efektivitu a v konečném důsledku dosáhnout vysoké míry autonomie ve výrobě.

Pro teoretickou část práce jsou zdrojem informací primární odborná literatura a odborné články, které byly využity pro zmapování problematiky. Informace v dostupných zdrojích nejsou v současnosti zcela jednoznačné, mohou být dokonce i protichůdné, a proto se staly předmětem diskuse v rámci odborné rešerše nejvýznamnějších pojmů.

Práce má vymezen hlavní cíl, kterým je:

na základě kvalitativní analýzy zhodnotit míru a úspěšnost implementace digitalizace a souvisejících prvků Průmyslu 4.0 a identifikace limitů a bariér úspěšného přechodu na digitální platformy v chemických podnicích.

Pro naplnění hlavního cíle práce byly vymezeny dva dílčí cíle:

- na základě odborné rešerše literatury zmapovat pojmy a aktuální stav v oblasti digitalizace a prvků Průmysl 4.0
- v navazující praktické části realizovat kvalitativní výzkumy v podnicích s cílem poznání míry implementace digitálních technologií, s tím souvisejících ostatních prvků Průmyslu 4.0

Na základě kvalitativních dat byly formulovány závěry vyplývající z výzkumů, jakož i doporučení podnikům, shrnující krom přínosů i zásadní překážky a bariéry pro úspěšnou implementaci jednotlivých prvků Průmyslu 4.0

## 1 PRŮMYSL 4.0

V průmyslu a ekonomice v současnosti probíhají zásadní změny při zavádění kybernetických systémů a umělé inteligence do výrob. Jedná se o relativně novou, avšak zcela zásadní věc, pro kterou se často vžil pojem 4. průmyslová revoluce (Macák, 2016). V mnoha vyspělých zemích je podporována vládami zemí a brána jako příležitost pro dlouhodobé zajištění konkurenceschopnosti národních ekonomik (Německá vláda, 2019). V tomto smyslu by měly být tyto změny pojaty coby významná příležitost i pro Českou republiku, v níž by na tyto nastupující trendy měla přistoupit jednotlivá průmyslová odvětví. V opačném případě, při ignorování tohoto trendu, by se naopak jednalo o hrozbu, která by vysoce pravděpodobně způsobila ztrátu konkurenceschopnosti s následnými dopady na zaměstnanost i celý rozvoj společnosti (Mařík a kolektiv, 2016).

Podstatou změn, které jsou svou převratností ztotožňovány s revolucí, je propojení virtuálního světa se světem fyzickým. Tzv. Čtvrtá průmyslová revoluce (dále jen Průmysl 4.0) prostřednictvím digitalizace zapříčiňuje prudké změny v průmyslu, energetice, obchodu, logistice, a ostatních prvcích hospodářství, a následně i v celé lidské společnosti. Česká republika patří historicky i v současnosti mezi nejindustriálnější země Evropy, resp. na světě, a proto má stále relativně výhodnou výchozí pozici pro zachycení těchto trendů. Připravenost ekonomiky České republiky na Průmysl 4.0 je možné charakterizovat dvěma nejdůležitějšími indexy. Prvním indexem je Networked Readiness Index (index připravenosti sítě) a druhým je index připravenosti zemí.

Global technology report z roku 2014 ve svém dokumentu vyhodnotil Networked Readiness Index, který je charakterizován pomocí úrovně digitálního a internetového připojení. (Bilbao-Osorio a kolektiv, 2014) Tento index srovnává čtyři parametry, mezi které řadíme lidi, technologie, správu a dopad. Index připravenosti sítě, pokrývá problémy příštích technologií, jako je Artificial Intelligence (umělá inteligence) a Internet of Things (internet věcí). Pomáhá dosahovat cílů udržitelného rozvoje pomocí úlohy digitální ekonomiky. (Lanvin a kolektiv, 2020).

Dle Maříka a kolektivu autorů je druhým indexem tzv. index připravenosti zemí, jenž byl sestaven firmou Roland Berger. Dle tohoto indexu je Česká republika zařazena do kategorie tradicionalistů. Tato kategorie obsahuje země, které mají kvalitní průmyslovou základnu, ale ještě nedokážou zavést do průmyslu vlastní iniciativu a tím se přesunout do nové éry

průmyslu. (Mařík a kolektiv, 2016) Přípravenost České republiky na Průmysl 4.0 můžeme dle tohoto indexu charakterizovat podle úrovně:

**Průmyslové excellence** vyjádřené sofistikovaností výrobního procesu, kvalitou a znalostmi pracovní síly, intenzitou inovací a stupněm automatizace a stavu

**Hodnotového systému**, který charakterizuje otevřenost průmyslu, schopnost tvorby přidané hodnoty, míru využívání internetu a inovačních sítí (Špička a kolektiv, 2016), na základě nichž je možné Českou republiku považovat za vysoce připravenou s tím, že se může stát i lídrem (Holoubek, 2016).

Česká republika se nesmí připravit o dobrou výchozí pozici tím, že se na budoucí změny nijak nepřichystá a procesy digitalizace budou v jednotlivých průmyslových odvětvích odmítány (Smelík, 2017). To je i jedním z důvodů, proč vznikla v roce 2015 Národní iniciativa Průmysl 4.0., která demonstruje zájem České republiky trend digitalizace průmyslu podporovat.

Smelík dokládá, že Průmysl 4.0 je již v plném proudu a je zapotřebí se této příležitosti chopit, a pokud si průmysl nevezme z těchto změn základní dobré myšlenky (např. právě digitalizaci), může se stát, že česká národní konkurenceschopnost bude významně upadat. Změny ve výroбах sice budou postupné, ale stále rychlejší než v předchozích letech, třebaže ne nezbytně skokové (Smelík, 2017).

Proč se v souvislosti s aktuálními změnami v podobě výroby a užívaných technologií hovoří právě nyní o revoluci, dokládá následující stručný přehled změn ve výrobních a obchodních procesech v minulých staletích i v poslední dekádě.

## 1.1 Historie průmyslových revolucí

Průmyslové revoluce jsou charakteristické turbulentními změnami ve výrobních procesech, spojenými s nárůstem produktivity, což je patrné i pro dnešní změny ve výrobě a oprávněně je možné současnou transformaci označit za revoluční.

První průmyslová revoluce započala v 18. století a znamenala přechod od ruční výroby ke strojní výrobě. Je charakteristická masovým využíváním sdílených zdrojů energie, v tomto případě vodní páry z parního stroje (Cejnarová, 2015). Využitím parní energie se podařilo několikanásobně zvýšit objem výroby a radikální bylo zároveň související zvýšení produktivity lidské práce (Desoutter, 2018). Druhá průmyslová revoluce započala koncem 19. století a je charakterizována elektrifikací a vznikem montážních linek a přinesla prudký

rozmach masové výroby (Cejnarová, 2015). Typickou osobností druhé průmyslové revoluce byl Henry Ford, který využil pásového modelu z chicagských jatek, kde každý řezník vykonával pouze část práce při bourání zvířete. Radikálně tím změnil proces montáže automobilů a dosáhl doposud netušené míry efektivity výroby (Desoutter, 2018). Za počátek třetí průmyslové revoluce se velmi často považuje rok 1969, kdy byl vytvořen první programovatelný logický automat. Charakteristická je pro ni automatizace související s rozmachem informačních technologií.

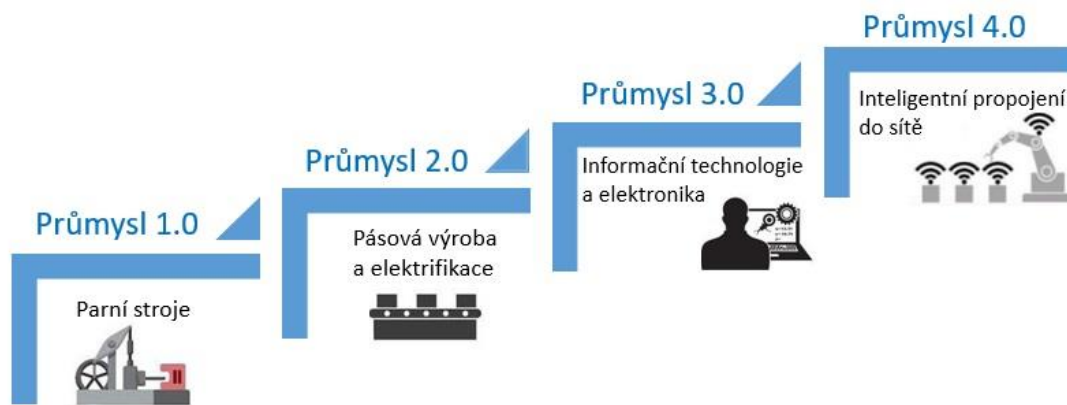
Automatizace byla v této podobě pouze částečná prostřednictvím paměťově programovatelných řídicích prvků počítačů, často v součinnosti s lidskou pracovní silou (Desoutter, 2018).

Podobně jako dnešní změny je pro každou z těchto změn charakteristický znatelný nárůst produktivity vlivem změny technologie nebo zdrojů energie. Podobný trend je charakteristický i pro současné změny v průmyslových technologiích založených na digitalizaci a interkonektivitě.

Čtvrtá průmyslová revoluce – Průmysl 4.0 podle řady autorů probíhá v současnosti a doba trvání je odhadována na dalších 10-30 let. Typické pro ni je využívání internetu a také jeho průnik do všech oblastí lidské činnosti. Kromě lidí se připojují k internetu i stroje a „věci“ obecně. Dochází k průniku reálného a virtuálního světa za vzniku kyberfyzických systémů (Cejnarová, 2015).

Průmysl 4.0 stojí na základech třetí průmyslové revoluce, kde jsou výrobní počítačové systémy doplněné o síťové připojení na internet. To vede ke komunikaci s ostatními výrobními jednotkami v systému, popř. s účastníky v hodnotovém řetězci a tím k automatizaci, intenzifikaci a flexibilitě výroby. Oproti třetí průmyslové revoluci však může být výroba díky úrovni automatů napojených na kyberfyzické systémy téměř autonomní, prakticky bez přítomnosti lidské pracovní síly (Desoutter, 2018). Charakteristické znaky jednotlivých průmyslových revolucí demonstruje Obrázek 1.





Obrázek 1 - Postupný vývoj průmyslových revolucí (Růžičková, 2017)

## 1.2 Charakteristika Průmyslu 4.0

Podle vyjádření společnosti Siemens, která je průkopníkem a páteří společností pro implementaci Průmyslu 4.0, se jedná o koncept, jenž se často používá k popisu propojených „inteligentních továren“, které jsou řízeny daty a umělou inteligencí. Tato etapa průmyslové „evoluce“ výrobních procesů a technologií vychází ze základních principů sítě fyzicky a virtuálně propojených osob, strojů a „věcí“ (propojených do tzv. Internetu věcí), využívání dat v nástrojích a systémech pro zvýšení efektivity a flexibility výroby (tj. digitální transformace), zvyšování kvality výrobků a urychlování jejich uvádění na trh pomocí virtuálního testování před započítáním výroby a z plánování, výroby a údržby řízených umělou inteligencí a daty (SIEMENS, 2021).

Poprvé se termín Průmysl 4.0 (v originálním vyjádření: „Industrie 4.0“) objevil v roce 2011 na veletrhu v Hannoveru jako Industrie 4.0. Zde byl představen jako koncept, jehož cílem je inteligentní podnik, který je ve všech ohledech efektivnější a bezpečnější než dosavadní průmyslové továrny. Krom primárních změn ve výrobních procesech se však Průmysl 4.0 prosazuje i v marketingu, kde napomáhá orientaci na zákazníka (Tomek a kolektiv, 2017). Firmy, které přistoupí k implementaci Průmyslu 4.0 nebudou propouštět své zaměstnance, ale pouze je přesunou na pozice s jiným uplatněním. To povede k většímu rozvoji zaměstnanců a také k rozšíření jejich schopností (Stuchlík, 2021). Jako další důsledek je překvapující předpoklad omezení globálního obchodu s tím, že se pravděpodobně přesune výroba z rozvojových zemí zpět do zemí rozvinutých (Cambridge Innovation Center Boston, 2017). Trendem změn v odvětví bude nejen využívání autonomních robotů, ale např. i změny s přímými dopady na zaměstnance ve výrobě a obslužných procesech v podobě nošení

exoskeletů, které umožní vykonávat fyzicky náročnou práci bez extrémní námahy (Adam, 2016), nebo využívání prvků virtuální a rozšířené reality (Broniš, 2021).

Za obecně uznávané a výše zmíněné přínosy lze tedy jmenovat usnadnění a zkvalitnění práce. Zamezí se nadměrným zásobám, zmetkovosti, plýtvání a především nehodám způsobeným lidským faktorem. Rovněž se omezí nadprodukce a potíže s distribucí a skladováním. To vše v konečném důsledku povede k finančním úsporám a konkurenceschopnosti. S využitím moderních technologií a materiálů přichází také potřeba šetrně s materiály zacházet a rovněž je správně recyklovat. To povede k efektivnímu užívání zdrojů (Dostál, 2017).

Na druhou stranu jsou zde nutné nemalé vstupní investice a potřebné proškolení lidí, což vyvolává akutní potřebu dostatečného investičního kapitálu. Krom jeho obecného nedostatku je zároveň patrný i zjevný nedostatek kvalitně vzdělaných lidí v oblasti informatiky (Jareš, 2019).

Černá s kolektivem přidala k výrobním a finančním okolnostem další aspekt k zohlednění, a to aspekt sociální. Vychází z okolnosti, že pro současnost jsou typické rychlé změny ve společnosti i v samotných požadavcích na pracovní pozice, jež probíhají prakticky neustále. Tyto změny se týkají každého jednotlivce a jsou nutné k přijatelné „kvalitě života“. Díky rozvoji informačních technologií se zvýšila rychlost předávání informací mezi lidmi a dalšími prvky výrobních a distribučních systémů, tj. rychlost komunikace obecně.

V současnosti například není třeba vše zálohovat v listinné formě, často postačí elektronická forma zaslaná či archivovaná prostřednictvím komunikačních kanálů či datových úložišť. Často tak dochází ke změnám způsobu vykonávání některých prací (k sociálním změnám), mnohdy je třeba kvalifikovanější pracovní síly, zejména v oblasti informatiky (Černá, 2019).

Rovněž přechod od manuální práce k dohlížecí úrovni vyvolává výrazné změny ve formě vykonávané práce se sociálními dopady. Bude zapotřebí, aby se ve výroбах vyskytovali vzdělaní lidé, kteří budou zvládat mentálně náročné úkony. Na tento problém narážíme už dnes při nedostatku lidí zkušených v oblasti informatiky. V souvislosti s propojením Průmyslu 4.0 s lidským faktorem byl dokonce formulován samostatný koncept Society 5.0 (Společnost 5.0) (Harayama, 2017). Tato vize získává reálné obrysy již nyní v Japonsku.

Z pohledu připravenosti na Průmysl 4.0 je Česká republika vnímána v průmyslovém prostředí coby „tradicionalistická“, tedy že těžší z kvalitní průmyslové základny (Macák, 2016). Existují autoři, kteří technologický vývoj a související dopady na společnost a zaměstnanost nevidí tak

optimisticky a upozorňují, že tento trend ohrožuje méně kvalifikované lidi na trhu práce (Holanová, 2016), (Židová a kolektiv, 2019). Toto lze ovšem podchytit včasnou rekvalifikací (Holanová, 2016). Zároveň je potřeba zajistit kvalitní internetové a digitální prostředí (Slavík, 2015).

Kromě sociálních faktorů patří mezi velké překážky implementace Průmyslu 4.0 již dříve zmíněné vysoké investiční náklady a požadavky na zabezpečení dat (např. firmy požadují od politiků přizpůsobení práva na ochranu dat) (Houser, 2019). Otázka cybersecurity je diskutována dlouhodobě, podle zprávy OECD z roku 2013 by bezpečnost na internetu mohla být problémem pro globální propojení ekonomiky prostřednictvím internetu (OECD, 2013) a rovněž i pro samotné podniky v případě kybernetického útoku, jichž se v posledních letech vyskytla celá řada. Podle Špičky se také vyskytuje riziko, že chytré továrny budou tak nadproduční, že způsobí na trhu nabídku vysoko převyšující poptávku (Špička a kolektiv, 2016).

Pro Smelíka je téma Průmyslu 4.0 spíše populistický trend, který nemá konkrétní výsledky. Tvrdí, že se jedná především o marketingový termín a že se průmysloví manažeři často brání jeho implementaci. Zastává názor, že nikdo vlastně neví, jak by takovýto ideální model závodu měl vypadat (Smelík, 2017).

Navzdory výtkám zde uvedeným je však převládající tendencí aktivně reagovat na změny v technologickém rozvoji i v tržním prostředí a vybrané prvky Průmyslu 4.0 co nejdříve implementovat (Šlajer, 2019). Třebaže Česká republika může být posuzována ve své míře připravenosti relativně pozitivně (jak bylo zmíněno na počátku kapitoly 1), jednotlivé průmyslové podniky jsou však na transformaci v duchu konceptu Průmysl 4.0 připraveny různě. Podle Maříka můžeme připravenost podniků na Průmysl 4.0 odstupňovat do pěti úrovní (Mařík a kolektiv, 2016).

Na základní - první úrovni nemá podnik danou digitální strategii a z hlediska připojení do sítě (internetu) je pasivní. Provozuje zpravidla pouze web a je schopen zapojit se do elementárních informačních toků v rámci dodavatelsko-odběratelských vztahů. Má i základní softwary pro komunikaci se státní správou.

Na druhé úrovni si softwarově řízený podnik uvědomuje důležitost dat a uvažuje o zapojení digitální strategie v dodavatelsko-odběratelských řetězcích. Jsou tím myšleny provázané digitální komponentové číselníky, interaktivní katalogy, systémy poloautomatických objednávek atd.

Na třetí úrovni je již v podniku definovaná digitální strategie. Využívá se aktivně web, mobilní telefony, tablety, sociální sítě atp. Vyskytují se zde základy datové kultury (chod podniku je řízen v reálném čase).

Na čtvrté úrovni podnik uplatňuje multikanálovou přítomnost v digitálním světě. Datová architektura je zakomponovaná v celém řetězci od zákazníka až po subdodavatele. Využívá se také digitální diagnostika k předvídaní poruch a případně dalších neshod v systémech.

A konečně na nejvyšší, páté úrovni, se již jedná o propojení v digitální formě s realitou v jeden výrobní a ekonomický celek, jenž je plně integrovaný. Podnik se zákazníkem komunikuje během celého životního cyklu partnerského vztahu prostřednictvím virtuálních asistentů. Vyskytují se zde nejnovější a nejefektivnější přístupy (automatizace, 3D tisk ap.) (Mařík a kolektiv, 2016).

Z uvedených úrovní je zjevné, že Průmysl 4.0 stojí a padá s vysokou úrovní digitalizace a interkonektivity, a tedy se neobejde bez digitalizace jako základního pilíře. Pojem digitalizace se však za posledních několik let výrazně proměnil a v současnosti zahrnuje široké spektrum technologických řešení s využitím v podnicích i v hodnotových sítích, do nichž jsou zapojeny. V důsledku změn se se digitalizace stále častěji prolíná do podnikatelských činností, mění pracovní prostředí i podobu běžného života.

### **1.3 Rozvoj digitalizace**

Digitalizace je často zmiňovaný fenomén, který je téměř ztotožňován s podstatou Průmyslu 4.0. Jedná se o logickou snahu prostřednictvím kybernetického virtuálního obrazu vytvořit „otisk“ reálného (fyzického) výrobního systému s cílem jeho automatizace a autonomie, přičemž doposud musely být výrobní procesy zpravidla realizovány manuální či dohlížecí prací dělníků a obsluhy. Současná úroveň kybernetických procesorů, senzorů, propustnosti dat i zpracování velkých objemů informací již umožňuje vytvářet v podstatě ucelený obraz reálného světa. Díky digitalizaci pak stačí k mnoha úkonům pouze internetové připojení a zobrazení stavu výrobního systému ve virtuálním obrazu (Axians, 2022).

Nicméně od původních počítačových systémů k současným zdigitalizovaným systémům propojujícím realitu s kybernetikou vedla dlouhá cesta, která byla započata již před mnoha desítkami let. K tomu, aby mohly vzniknout první počítače, musely nejprve ve čtyřicátých letech vzniknout tranzistory. Od padesátých let až dodnes pokračuje rozvoj elektrotechniky a

počítačů, během desetiletí došlo k osvojení a rozvoji zpracování digitálního záznamu, paměti, měnila se i fyzická podoba počítačů. První počítače byly velmi nákladnou záležitostí, byly velké, s malou kapacitou paměti a nebylo možné pro práci s nimi použít klávesnici nebo jinou obslužnou periférii (Křišťoufek, 1986). V osmdesátých letech byly představeny první osobní počítače, které se postupně vyvíjely po stránce softwarové i hardwarové až do dnešní podoby.

Avšak teprve v již zmiňovaném roce 2011 v Hannoveru v Německu byl představen soubor natolik pokročilých technologií, že přinesl počítače vybavené dostatečnou výpočetní kapacitou a konektivitou pro vytvoření komplexních kyberfyzických systémů zobrazujících výrobní systémy v reálném čase. Až poté se začalo hovořit o digitální revoluci v průmyslu (Mařík, 2016).

Digitální revoluce se nejprve projevila ve velkých německých podnicích jako je Siemens, Bosch a Volkswagen, za výrazné podpory Spolkové vlády (Novák, 2016). Podstata tak rozsáhlého rozmachu digitalizace, který si vysloužil označení „revoluce“, v praxi znamená digitální propojení všech chytrých přístrojů, výrobních linek, výrobků, produkčních systémů, skladů, logistiky i servisu do jednotné informační sítě, ve které mohou jednotlivé prvky systému uvnitř podniku navzájem komunikovat bez lidské pomoci jak mezi sebou, tak i se zákazníky a dodavateli. Vše se odvíjí od vstupních dat od spotřebitele nebo odběratele, která se zpracují a vyhodnotí a zadají pokyn pro samotnou výrobu, kterou následně monitorují tisíce senzorů, informace se šíří po hodnotovém řetězci (dodavatelé, zprostředkovatelé jsou rovněž digitálně propojeni s výrobním systémem) a po výrobě se finální produkty ke spotřebitelům doručují díky digitálně propojenému distribučnímu systému. Vše je prostřednictvím digitalizovaných dat navzájem propojené od vzniku objednávky přes síť dodavatelů až k poslednímu odběrateli a neustále vzájemně komunikuje (Novák, 2015).

Společnost Siemens upozorňuje na důležitost digitalizace hodnotového systému a také nabízí komplexní portfolio pro digitalizaci podniků. Cílem je využít příležitostí digitalizace, jako je větší rychlost, flexibilita, efektivita, a hlavně zvládnutí budoucích konkurenčních výzev. Rychle se měnící prostředí bude s vysokou pravděpodobností měnit význam a tradiční podstatu výrobků a služeb v průmyslu. Lidé ani firmy například nebudou chtít vlastnit stroje, ale raději si je pronajmou. To povede k větší efektivitě a možnosti výroby na míru s nízkými náklady i v malých objemech. Putovat na dálku budou hlavně data a produkty se budou vyrábět lokálně (Smelík, 2018). Zástupci Siemens však připouští, že není nutné digitalizovat

radikálně celý hodnotový systém, s digitalizací lze začít v kterékoliv části hodnotového řetězce (SIEMENS, 2021).

Podniky, které nastoupí na digitalizační trend příliš pozdě, nemusí být schopné udržet si strategicky výhodnou pozici (Trigama, 2021). Třebaže ve společnosti dochází k velice turbulentním změnám, řada lidí, potažmo manažerů, stále v digitalizaci nevěří, resp. nepovažují ji za zásadní trend měnící podobu světa. Hrozí, že nepřipravené podniky odmítající přijmout fakta transformace průmyslu a obchodu mohou rychle zmizet z trhu bez ohledu na předchozí úspěšnost. Jde stále především o zaměření na zákazníka a vytváření produktů na míru, nicméně se zcela odlišnou formou komunikace a rychlostí vyhovět přáním zákazníků (Erdeljac, 2021).

## **1.4 Úroveň digitalizace v ČR**

V České republice je problematika digitalizace průmyslu považována za velmi významnou. Již v roce 2019 tehdejší ministr průmyslu a obchodu Havlíček upozornil na to, jak je důležité obstát v moderní konkurenci a na význam znalostí moderních technologií. Vyslovil názor, že je potřeba zajistit, aby se aplikaci digitálních technologií učily děti od útlého věku (Czech Trade, 2019).

Důležitost digitálních technologií zdůrazňuje Kolaja i vzhledem k současné pandemické situaci (pandemie COVID 19+ ovlivňující všechny země světa od roku 2019) s tím, že mohou mít jak pozitivní, tak i negativní následky. Uvádí, že digitalizace může vést nejen ke změnám v průmyslu, ale obecně k modernizaci a transformaci ekonomiky, ale i oblasti zdravotnictví nebo životního prostředí, a rovněž upozorňuje na riziko, že i v těchto oblastech mohou být data zneužívána. (Kolaja, 2020).

Krátký navrhuje pro potřeby ČR poučit se ze zkušeností ostatních zemí, protože řeší stejnou problematiku a narážejí na stejné problémy, které mnohokrát zdárně vyřešily. Upozorňuje rovněž, jak je nutné iniciativy dotahovat do zdárného konce (Krátký, 2020).

Moderní digitální technologie sice v současnosti využívají v ČR dvě třetiny firem, zatím se však obvykle netýkají drobných živnostníků a řemeslníků. Podle AMSP ČR se však blíží doba, kdy např. i klempíři a kominíci budou před vstupem na střechnu využívat drony. Řemeslníci, kteří nebudou dohledatelní přes internet a komunikovat přes chytrý telefon,

přijdou o klientelu a instalatéri budou muset umět a znát tzv. „chytrou“ domácnost. Nejedná se o otázku desetiletí ale o otázku několika let (Czech Trade, 2019).

Průzkum společnosti CzechTrade uvádí, že sedm z deseti podnikatelských subjektů využívá moderní technologie. U živnostníků to je ale jen polovina. Mezi nejoblíbenější nástroje patří internet věcí, Cloudové služby a online marketing. Z průzkumu také vyplývá, že většina velkých firem se zabezpečuje vůči hackerským útokům. Naproti tomu živnostníci neinvestují do ochrany svých dat nic, nebo jen naprosté minimum prostředků. Polovina dotázaných si nedokáže spojit pojem digitální řemeslo s žádnou konkrétní činností (Czech Trade, 2019).

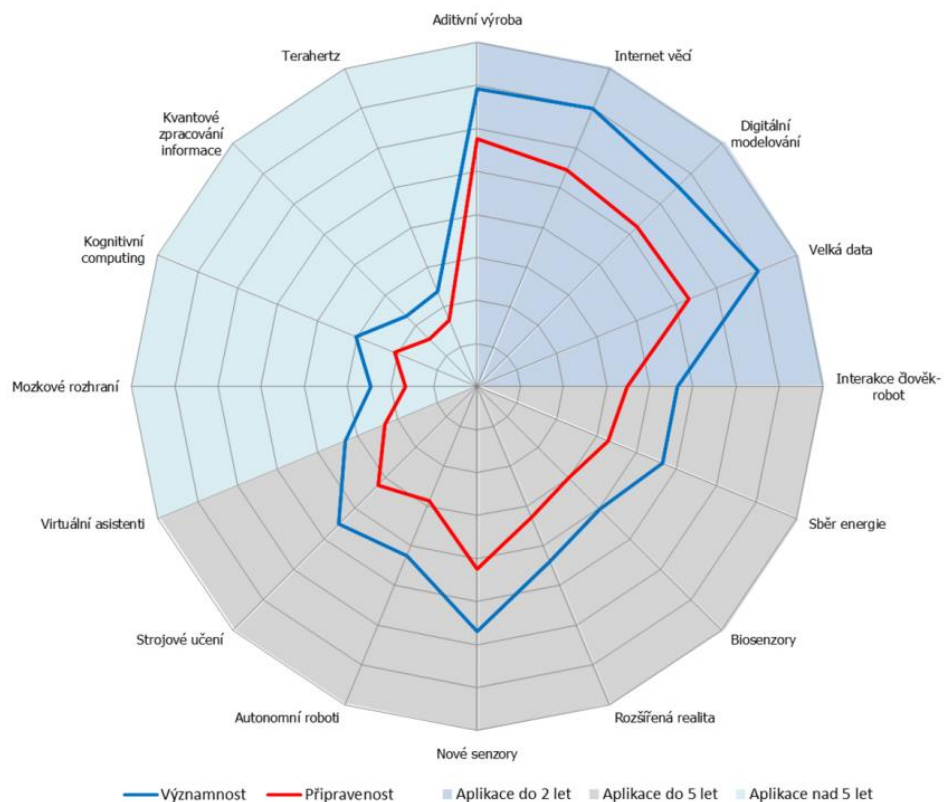
Digitalizaci lze využít nejen v průmyslu, ale je často zmiňována i v souvislosti s digitalizací státní správy, kde by měla pomáhat zkrátit byrokracii a urychlit vyřizování mnoha záležitostí pro běžné občany i podnikatele. Nicméně v této oblasti jsme v ČR s digitalizací objektivně zatím pozadu (Břešťan, 2021).

Osobním názorem autora, získaným na základě doposud zjištěných informací je přesvědčení, že dosavadní úroveň digitalizace mezi podniky není uspokojivá, ale rozhodně je zde potenciál posunout rozvoj digitalizace na vyšší, strategicky přijatelnou úroveň, která umožní do budoucna ekonomické a společensky přívětivé výsledky.

## 2 PRVKY DIGITALIZACE

V této kapitole budou popsány jednotlivé prvky, které jsou nezbytné pro implementaci a fungování digitalizace. Pro kvalitní a spolehlivé pozorování a vyhodnocování systému v reálném čase, ale i pro zajištění schopnosti pohledu do minulosti je třeba implementovat celou řadu klíčových prvků. Odborná literatura uvádí různé základní prvky. Pro tuto kapitolu byly vybrány prvky jednak nejčteněji literaturou zmiňované, jednak ty, které byly označeny za nejvýznamnější dle výzkumu realizovaného technologickým centrem AVČR v roce 2017 (Pokorný a kolektiv, 2017).

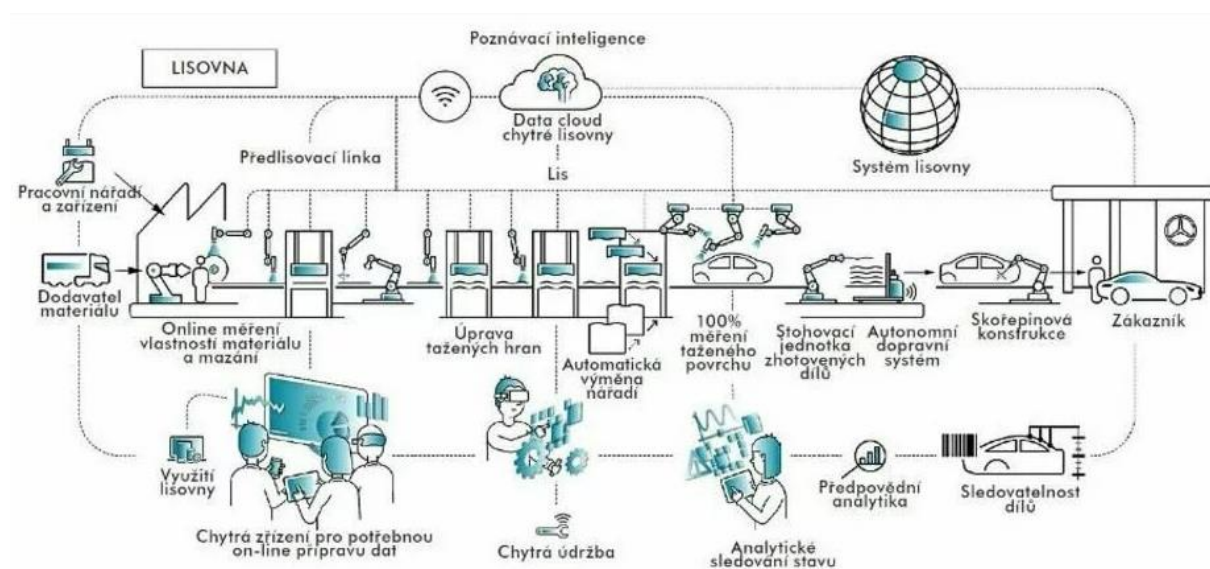
Na obrázku číslo 2 jsou vyobrazeny prvky digitalizace s ohledem na jejich významnost a připravenost pro implementaci Průmyslu 4.0. Tato data byla získána a vyhodnocena experty při zohlednění mnoha faktorů (investiční náročnost, bezpečnost, energetická náročnost atp.). Z grafu lze krom samotného výčtu prvků a jejich významnosti vyčíst předpokládanou dobu aplikace do praxe.



**Obrázek 2** – Parametry s odhadovanou dobou aplikace nejvýznamnějších prvků digitalizace (Pokorný a kolektiv, 2017)



Z přehledu vyplývá, že mezi prvky, které jsou považovány za podstatné a zásadní, patří (kromě aditivní výroby) senzory, Big Data, Internet of Things a digitální modelování, tedy prvky, které získávají data z výrobních zařízení, následně je ukládají, analyzují a prezentují. Za základní prvky digitalizace lze tedy považovat **Big Data**, data jsou získávána primárně pomocí **senzorů**, propojena přes **Internet of Things**, ukládána v **Cloudových** úložištích, zpracována nástroji **Data Analytics** a **umělé inteligence** a mohou tak být následně využita pro vytvoření např. digitálního dvojčete, systému prediktivní údržby s využitím autonomních robotů, virtuální a rozšířené reality, aditivní výroby aj., to vše při požadavku vysoké úrovně informační bezpečnosti. Schéma demonstrující propojení prvků digitalizace je znázorněno ve zjednodušujícím pohledu na obrázku 3.



**Obrázek 3** – Interakce jednotlivých prvků digitalizace (Science Journal, 2019)

I z tohoto modelového příkladu je patrný důraz na senzory, sběr a analýzu dat, až po celkový monitoring stavu celého systému výroby a distribuce v reálném čase. Jednotlivé prvky napomáhají společně nejen digitálně transformovat podnik samotný, ale i propojovat podniky mezi sebou v rámci hodnotové sítě. Propojení (též interkonektivita) různých prvků navzájem vede k horizontálnímu i vertikálnímu propojení dílčích procesů s cílem vytvořit síť adaptibilních inteligentních továren (EMANS, 2019).

Autor pro potřeby práce zvolil uspořádání odvozené od pravděpodobně nejvíce charakteristického prvku digitalizace, za který považuje Big Data s navazujícím logickým

uspořádáním toku dat, počínaje jejich získáním (senzory), sběrem (Internet of Things), skladováním (Cloud Computing), zpracováním (Data Analytics, AI) a následným využitím pro podniky (ostatní aplikační prvky podporující a využívající digitalizaci).

## 2.1 Big Data

Pro podniky se digitalizací svých procesů nabízí možnost získávat mnoho informací, jak ze samotného procesu výroby z hlediska objemu či počtu, tak i stavu zařízení, míry využití systému a řady dalších technických, tokových i stavových veličin. Data je možné získávat téměř z jakékoli části systému, současná čidla jsou schopná měřit prakticky cokoli v reálném čase a s rychlou frekvencí. Možnosti jejich archivace a sledování v čase tak generují potenciálně obrovské množství využitelných dat. Rodí se nový fenomén charakteristický pro digitalizovaný systém - Big Data.

Existuje mnoho definic tohoto termínu s volným překladem „velká data“. Obecně to jsou data, která nelze zpracovávat běžným způsobem, ale jejichž zpracováním jsou získávány důležité informace (Černý, 2013). Koncept Big Data podle Yáñez odkazuje na datové soubory natolik velké, že je nelze tradičními postupy v podnicích zpracovávat (Yáñez, 2017). Mluvíme-li o velkých objemech dat, jsou v této souvislosti zmiňovány jednotky v řádech Tera, Peta až Zetabite. Samotná Big Data nejsou pouze o objemech, jedná se zejména o systematický proces sběru, třídění, vyhodnocování, skladování a interpretování (Yáñez, 2017).

Big Data jsou charakterizována prostřednictvím vlastností těchto dat, které Dolák označuje 3 V (objem = volume, typ = variety, rychlost = velocity) (Dolák, 2021). S tímto se téměř shoduje Černý, který již dříve vymezil nezbytnost a problematiku uvažovat o Big datech ve třech na sobě závislých rovinách, a to v rychlosti zpracování, struktuře, a objemu dat (Černý, 2013).

Yáñez dokonce hovoří o 4. V, doplňuje tzv. – Veracity, tj. pravdivost (Yáñez, 2017). Beneš dodává dokonce ještě 5. V - Value. Volným překladem pojmu Value – „hodnota“ je myšleno pochopení důležitosti dat (Beneš, 2019).

V průmyslu se Big Data uplatňují zejména v oblasti optimalizace výroby a logistiky (Štengl, 2021). Ve výrobě se pak měří nejen fyzikální veličiny, které monitorují výrobní proces, jako je např. rychlost, teplota, tlaky, koncentrace, hustota, viskozita aj., ale i spotřeba energií, míra

opotřebení, časové prostoje a aktuální spotřeba, popř. zásoba, poruchovost atd. Data se sbírají a sdílejí v podstatě po celém odběratelsko-dodavatelském řetězci s cílem optimalizovat poměr mezi dostupností materiálu a výrobků oproti požadavku na minimalizaci zásob. V logistickém řetězci je možné např. získávat informace o situaci na trhu, zákaznících a jejich požadavcích a potřebách, jakož i o aktuální situaci mezi dodavateli z hlediska úrovně zásob a dodávek.

Big Data se však nezískávají pouze v průmyslu, ale i v oblasti bankovníctví, obchodu, ve službách atd. Big Data dnes nepochybně představují jeden z největších obchodních artiklů informačních a komunikačních technologií s tím, že jejich význam neustále roste, a i nadále poroste.

Rostoucí objemy dat však generují i mnohé problémy. Díky vědě, výzkumu a vývoji neustále klesá cena senzorů, čímž jsou stále dostupnější a masově využitelné. S tím narůstá objem snímaných a uchovávaných dat, které je třeba uchovávat a zpracovávat, na což není vždy architektura informačních systémů připravena. Data je třeba dále zpracovávat, což se rovněž musí podniky naučit. Klíčová může být pouze část nasnímaných dat, jejich zpracování vyžaduje vysokou úroveň odbornosti z hlediska pochopení, jak dat využít, jak je selektovat a dále zpracovat. Je zde patrné omezení v podobě hmatatelného aktuálního nedostatku odborníků vzdělaných v oblasti informatiky (Mařík a kolektiv, 2016). Toto vše se pak projevuje ve zvýšené finanční zátěži, která je charakteristická pro implementaci Big Data prvku v podniku. Třebaže jsou prvky digitalizace již dostupné, vybavit a zdigitalizovat celý systém je náročné jak v rovině hardware a software, tak i v osvojení dovednosti data využívat. V neposlední řadě je zde problém IT security, kdy je třeba zajistit, aby byl systém bezpečný a stabilní. Je zapotřebí zohledňovat citlivost interních údajů podniků a ochránit systém před kybernetickými útoky, které by mohly způsobit únik informací, přerušení výroby a v nejhorších scénářích i poruchy, sabotáže a havárie. K získání dat slouží senzory, kterých mohou být v podnicích až statisíce.

## **2.2 Senzory**

Big Data se získávají primárním monitoringem stavu systému, a to v reálném čase a s vysokou frekvencí, s potenciálem generování časových řad. Toto je umožněno současnou vysokou úrovní technologie a cenovou dostupností senzorů pro jejich snímání.

Jedná se o absolutně základní prvek, získávající data v digitální podobě. Obecně je senzor součástka umístěná v systému nebo zařízení, jejímž synonymem může být rovněž čidlo nebo

těž snímač. Ve zdigitalizovaném systému se pomocí senzorů získávají vstupní data pro naplnění řídicího systému daty (Akademie věd, 2017). Zjednodušeně se jedná o součástku měřící určitou fyzikální nebo technickou veličinu, již následně převádí na signál a pomocí různých forem připojení odesílá v reálném čase do systému. Nejčastěji se jedná o elektrický signál, který lze dále zpracovávat (Oneindustry, 2018). Sensory mohou sledovat plynulost provozu na pásových dopravnících, identifikovat hromadění produktů, meziproduktů a zásob, dokladovat správný počet výrobků ve správném čase a místě, správnou adjustaci a balení atp. (Eaton, 2015).

Pomocí těchto čidel se snímají nejen fyzikální nebo technické veličiny, ale široké uplatnění nacházejí i při monitoringu toku a stavu samotných materiálů, součástek, meziproduktů a výrobků, nejčastěji se využívají tzv. QR a EAN kódy. Slouží k identifikaci materiálu, meziproduktů, výrobků i zboží, bez kterého se v dnešní době v podstatě neobejdou pokladny v obchodech, ale ani sklady či výrobní linky v závodech. Z původních 1D EAN kódů se vyvinuly sofistikovanější 2D QR kódy (Toman, 2019). Na obrázku číslo 4 je zobrazen QR kód a EAN (též známý jako čárový kód).



**Obrázek 4** – Rozdíl mezi EAN a QR kódem (Rösslerová, 2011)

V současné době tyto kódy pomáhají i při inventurách v podnicích, kde fyzickou inventuru mohou např. vykonávat drony, právě na základě načítání kódů materiálů, meziproduktů, výrobků nebo zboží v regálech skladů (Novák, 2018). Sensory je možné dělit nejen podle účelu využití, ale i podle principu snímání do tří nejrozšířenějších skupin a to (Eaton, 2015):

- **Optické senzory**

Jsou velmi mnohostranné, zejména díky schopnosti rychle rozpoznat objekty na větší vzdálenosti. Pro tuto vlastnost se jedná o nejčastěji používané snímače ve výrobních technologiích. Principem je vysílání světelného paprsku, který je poté opětovně přijímán detektorem. Když předmět přeruší světelný paprsek, je detekován jako přítomný.

- **Indukční senzory**

Slouží k detekci kovových předmětů prostřednictvím magnetického pole a jsou vhodné na krátkou vzdálenost. Zvládají rychlé procesy a nejsou tolik citlivé na okolní vlivy. Další výhodou je detekce předmětů skrz nekovové překážky. Své uplatnění nachází například při určení rychlosti otáček, při kontrole otevření/uzavření ventilů, aj.

- **Kapacitní senzory**

Ve své podstatě jsou shodné s indukčními senzory, ale liší se způsobem snímání, a proto jsou schopné zachytit kovové i nekovové předměty. Používají se například k měření hladin, průtoků a hromadění kapalných i sypkých materiálů. Svou přítomností zabraňují přeplnění, případně chodu strojů na prázdko. Často se používají nejen ke kontrole, ale i k dávkování (Eaton, 2015).

Dále existují ještě senzory termoelektrické, piezoelektrické, pneumatické atp. (Vylegala, 2014).

Senzory mohou být dotykové, kde je principem převod vlastnosti z jednoho tělesa na druhé a senzor musí být fyzicky připevněn do zařízení, přičemž se zabrání okolí zařízení ovlivňovat měřenou veličinu. Dotykovými senzory lze měřit například teplotu, tlak, průtok atp. (Vojáček, 2014). Nebo se využívají bezdotykové senzory, kdy se měřicí senzor fyzicky nedotýká měřených předmětů. Daná veličina se měří z přiměřené vzdálenosti. Používá se například k bezdotykovému měření teploty, vlnové délky, nebo charakteristik, které je možné kontrolovat vizuálně (Vojáček, 2014).

Senzory bezpochyby představují zásadní prvek digitalizace, který je v současné době zapotřebí takřka ve všech firmách, výrobcích a často i výrobcích. Senzory se stále vyvíjí a zdokonalují. Jsou nezbytným základem pro robotizaci a potažmo i celý Průmysl 4.0 a díky masovosti výroby a miniaturizaci se zároveň staly pro potřeby digitalizace výrob cenově dostupnými. Jejich potřeba však roste vysokým tempem. Důkazem je i přechodný nedostatek senzorů ve formě čipů v automobilech, který v roce 2021 v řadě automobilek omezil a ochromil celou výrobu s dopadem odstavení výrob na několik týdnů i měsíců (Tomek, 2021). Tento problém přetrvává i v roce 2022 a dokládá tak, jak zásadním prvkem pro současné produkční systémy senzory jsou.

Pro jejich rostoucí potřebu, značné množství a širokou potřebnost napříč odvětvími a produkty jsou předmětem dalšího intenzivního výzkumu a vývoje na poli výzkumných subjektů, pro zajištění širokého a konkrétního uplatnění v různých odvětvích a provozech. Podle Českého statistického úřadu bylo vydáno na výzkum senzorů v letech 2010-2014 více než 6 miliard korun (Mařík a kolektiv, 2016).

Získaná data jsou charakteristická velkým objemem získaným v reálném čase a potřebou monitoringu vývoje parametrů v čase (časové řady, trendy) a je zapotřebí je v reálném čase přenášet. Je třeba zajistit propojení senzorů a přenos dat do systému, což zajišťuje další charakteristický prvek digitalizace, kterým je Internet věcí.

### **2.3 Internet of Things**

Český pojem internet věcí se využívá rovnocenně s anglickým ekvivalentem Internet of Things se zkratkou IoT. IoT lze chápat jako „ekosystém“ počítačů a chytrých zařízení, jež společně komunikují a spolupracují bez pomoci člověka. Podle Webera je IoT globální informační architekturou na bázi internetu, usnadňující výměnu zboží a služeb (Weber a kolektiv, 2010).

IoT byl zmiňován již v roce 1999 britským inženýrem Kevinem Ashtonem, ovšem jeho myšlenka koncepčně sahá prakticky již do doby vytvoření telegrafu tedy do roku 1832. Pravděpodobně první využití IoT implementovala společnost Coca-Cola, když zprovoznila automat, který sám dokázal monitorovat stav chlazení a potřebu doplnění zboží. Právý boom nastal ale v roce 2011, kdy IPv6<sup>1</sup> zajistil dostatek IP adres, což umožnilo masové rozšíření IoT po celém světě (Kod'ousková, 2021). IoT zajišťuje výkonnost digitálního podniku, která roste v závislosti na míře propojení všech systémů od čidel a řídicích systémů až po podnikové informační systémy v Cloud vrstvě (SIEMENS, 2021).

Fenomén IoT prolíná do běžného života a není tak pouze pro průmyslové aplikace. Umožňuje provést digitální transformaci i u věcí denní potřeby a tím se společnosti nabízí příjemnější a snadnější život (například chytré hodinky, které sledují zdravotní stav, kvalitu spánku, upozorňují na hovory a jiné) (Kod'ousková, 2021). Je možné např. obsluhovat zařízení na dálku (vytápění v budovách, zajištění objektů, sledování jejich stavu, aj). Jedná se obecně o

---

<sup>1</sup> IP je zkratka pro internetový protokol, jenž globálně odlišuje routery (každý router poskytující internet má své číslo). IPv6 bylo vyvinuto z IPv4, protože již byly vyčerpány čtyřčíselné kombinace adres s čísly od 0 do 255 (Jakubová, 2021).

rostoucí trend v oblasti kontroly a komunikace předmětů mezi sebou nebo mezi předmětem a člověkem. K tomu se využívá IoT nejčastěji v podobě bezdrátového připojení pomocí globální datové sítě zajišťované satelity (IoT Portál, 2021).

IoT v průmyslu se nazývá Industrial Internet of Things se zkratkou IIoT a je založený na principu komunikace strojů. Využívají strojového učení a zároveň umožňují nahlédnout do průběhu výrobního procesu přesně v daný okamžik (Trend Micro, 2022). Přináší tak výhody zejména v podobě rozvoje automatizace a autonomie procesů. Jako důsledek kvalitního propojení přes IIoT je následně možné analyzovat data v reálném čase. To vede k optimalizacím v oblasti monitorování výrobních zařízení, prediktivní údržby a řízení kvality. IIoT tak v podstatě funguje jako pomyslná páteř mezi zařízeními, řídicími jednotkami, databázemi, informačními systémy a lidmi (Control Engineering Česko, 2021). Další velkou výhodou je podpora dodavatelsko-odběratelských řetězců v logistických systémech, kde mohou jednotlivé podniky sledovat spotřebu a množství zásob. Rovněž je využitelné k případnému upozornění na hrozící nebo probíhající ohrožení majetku, a tak je možné včas podniknout preventivní opatření, případně nápravu. Z marketingového hlediska umožňuje výrobcům analyzovat, jak odběratelé s výrobky zacházejí, a díky tomu vytvářet produkty lépe zaměřené na dané segmenty zákazníků (Posey a kolektiv, 2022).

IIoT nalézá své uplatnění v nespočetně rozsáhlém množství odvětví průmyslu. Jako jeden z příkladů lze uvést automotive, který využívá ve výrobě roboty.

Objemy dat snímané senzory a transportované přes IoT je nutné zpracovávat a ukládat v prostředí s dostatečnou kapacitou - tzv. Cloudu, o kterém bude pojednáno v další kapitole.

## **2.4 Cloud**

Základní myšlenka Cloudu se datuje až k roku 1960, kdy se americký informatik John McCarthy domníval, že výpočetní technika bude jednou organizována jako veřejná služba. Následně tuto myšlenku rozvinul a popsal Douglas Parkhill v roce 1966, který propojení počítačů přirovnal k elektrické síti (Parkhill, 1966). Klíčovou roli ve vývoji sehrála firma Amazon, kdy po modernizaci serverů potřebovala pouze 10 % výkonu, a tak nabídla zbylou kapacitu externím zákazníkům. Služba Amazon Web Service byla zahájena roku 2006 (Amazon, 2022).

V moderní společnosti je Cloud běžně používaným termínem, který odkazuje na servery připojené k internetu. Společnost ZonerCloud definuje termín Cloud Computing jako metodu používání několika navzájem provázaných serverů za účelem sdílení pracovní zátěže (workloadu). Místo spouštění složitých procesů na jediném výkonném počítači distribuuje Cloud úlohu do více menších počítačů (ZonerCloud, 2021). Definici rozšiřuje společnost Microsoft i o pohled úložiště dat, když uvádí, že Cloud je v zásadě globální síť serverů, sloužící k ukládání a správě dat, jako jsou například spouštění aplikací, webová pošta a sociální média. Díky Cloudu není třeba k souborům přistupovat z jednoho počítače, data lze mít kdykoliv k dispozici prostřednictvím připojení k internetu. To vede k větší flexibilitě, protože potřebná data jsou dostupná kdykoliv a kdekoliv (Microsoft, 2021). CloudForce v souladu s tímto uvádí, že Cloud je poskytování služeb či programů uložených v serverech poskytovatele, k nimž uživatel přistupuje na dálku. Uživatel neplatí za software ani hardware, ale pouze za jeho užívání (CloudForce, 2021). Cloud tedy není jen místo (úložiště), ale nabízí rovněž kapacity pro zpracování dat.

Dle definice Národního institutu standardů a technologie vyplývá, že tzv. Cloud computing (volně přeloženo – výpočty v Cloudu) je prvek používaný pro přístup k vzdáleným výpočetním zdrojům (sítím, serverům, úložištím, aplikacím, službám). Tyto zdroje mohou být okamžitě poskytnuty s minimálními potížemi (Carra, 2014). Výhodou Cloudu je neomezená komunikace z libovolného místa, kde je k přístupu k internetu, dále úspora za nákup technologií, nejnovější verze programů a aplikací (CloudForce, 2021).

K využívání Cloudu vedou společnosti různé důvody v závislosti na tom, zda interagují vnitropodnikově, s veřejností, s jinými společnostmi nebo s vládními institucemi (Microsoft, 2021). Rozhodování firem o využívání Cloudu ovlivňuje mnoho faktorů, mezi které patří např. dostupnost, rozsah dat, znalosti, finance nebo bezpečnost. Obecná shoda však panuje v názoru, že je výhodou využít výpočetních kapacit jako služby namísto nákupu vlastního hardware a software. Nicméně je třeba zajistit data proti zneužití, např. technologií blockchain, šifrovacími protokoly apod. Rovněž mohou vznikat problémy s odlišnou legislativou států, což opět může vyvolávat otázky v oblasti bezpečnosti dat (Profant, 2020).

Data zpracovávaná prostřednictvím Cloud computing by měla být v co nejširším měřítku snímána, transportována a počítána autonomně prostřednictvím nástrojů umělé inteligence (AI), která je rovněž zásadním prvkem digitalizace s vysokým potenciálem dalšího zlepšování, umožňujícím následnou analýzu dat.



## 2.5 Umělá inteligence

Umělá inteligence je schopna pomocí počítačového systému napodobit kteroukoliv lidskou kognitivní funkci. Mezi tyto kognitivní funkce řadíme schopnost učení se či racionální řešení problémů. Umělá inteligence též známá pod pojmem Artificial Intelligence (dále jen AI) má podle společnosti Microsoft takřka neomezené možnosti (Microsoft, 2021). Ve znalostní společnosti, jež úzce propojuje průmyslovou praxi s IT technologiemi, je nutné vnímat význam vývoje umělé inteligence a schopnost zvládat rostoucí objemy Big dat právě pomocí tohoto nástroje.

AI je v posledních desítkách let velmi diskutovaným pojmem, který je chápán mnoha způsoby. Za posledních 50 let vzniklo mnoho definic popisujících umělou inteligenci od vizí spisovatelů science fiction až po reálný popis současného stavu (Cejnarová, 2019). Z pohledu reálného světa již v roce 1967 Minsky uvedl, že AI považujeme za vědeckou disciplínu, která vytváří počítačový systém, jenž dokáže při řešení určitého úkolu využít stejného postupu, jakého by využil pro jeho vyřešení člověk. Poté tento systém můžeme považovat za inteligentní (Minsky, 1967). Mezi ranější definice lze zařadit vymezení Riche a Knighta z roku 1991, kteří AI považovali za počítačové řešení úloh, které však v té době zvládl vykonat člověk lépe. Svoji definici uvedli v knize Artificial Intelligence (Rich a kolektiv, 1991). Jednu z novějších definic, s níž se autor nejvíce ztotožňuje, vydal Evropský parlament. Dle Usnesení Evropského parlamentu ze dne 12. února 2019 o komplexní evropské průmyslové politice v oblasti umělé inteligence a robotiky se za AI dá považovat takový systém, který dokáže samostatně vyhodnotit situaci s následným rozhodnutím a vykonáním určitých kroků potřebných k vyřešení problému a dosažení požadovaného cíle (Evropský parlament, 2019).

AI využívá k jednotlivým krokům matematické a logické operace. Obecně se však jedná o technologii rychlého zpracování dat a návrhu změn, směřujících k efektivnějšímu výkonu. AI simuluje různé scénáře a učí se z nových informací, na jejichž základě se následně rozhoduje o úpravách postupu (na základě iterací) do budoucna. Z toho vyplývá, že umělá inteligence je schopna se „učit“ z vlastních chyb a tím zvyšovat svou přesnost. Základním požadavkem a vlastností učení se a rozhodování o změně postupu AI je pro lidské vnímání zdánlivě neuvěřitelná rychlost.

Společnost Microsoft definuje tři úrovně AI (Microsoft, 2021).

- **Omezená AI**

Někdy označovaná jako slabá umělá inteligence umí provádět úzce definovaný úkol lépe než člověk. Prozatím představuje nejvyšší úroveň umělé inteligence, které zatím lidstvo dosáhlo. V současné době se využívá k digitálním asistentům, kde koordinuje několik omezených procesů.

- **Obecná AI**

Označovaná též jako silná umělá inteligence, nebo také inteligence na úrovni člověka. Jedná se o schopnost počítačového systému překonat lidi v libovolných úkolech. Kdyby takový systém existoval, byl by schopný používat úsudek na základě předchozích znalostí, tvořit a předvídat srovnatelně jako člověk.

- **Umělá superinteligence**

Tento systém by byl schopný překonat lidi téměř ve všech oblastech. I v takových, jako je vědecká činnost a sociální dovednosti. V současné době je předmětem rozvoje, protože se nepředpokládá, že by se mohly naplnit negativní scénáře, např. v podobě pomyslné „vzpoury strojů“. Do budoucna pro nás zatím znamená umělá inteligence přínos (Míka, 2021).

AI nachází své uplatnění ve všech oborech lidské činnosti. Její největší výhodou a zároveň hrozbou je zdánlivě až neuvěřitelná schopnost (rychlost) se učit (Míka, 2021). Již v současnosti nachází své uplatnění v nakupování online a reklamě, vyhledávání na internetu, strojních překladech, chytrých domácnostech, městech a infrastruktuře, autonomních automobilech, ale například i v boji proti Covid-19 nebo boji proti dezinformacím (Evropský parlament, 2021). Do budoucna se zcela jistě rozšíří uplatnění jak v uvedených oblastech, tak i v ostatních formách dopravy (doručování drony a autonomní vlaky, lodě apod.), v potravinářství, zemědělství nebo ve zdravotnictví.

Podle vyjádření EP AI hraje nezastupitelnou úlohu i v průmyslové výrobě. Zefektivnění procesu výroby se zmiňuje nejčastěji v souvislosti s využitím robotů ve výrobě, optimalizací procesu prodeje nebo se včasným předpovídáním údržby a poruch v chytrých továrnách (Evropský parlament, 2021).

Kromě uvedených oblastí pro širší využití AI ještě existuje řada dalších aplikací a řešení, které přinese nejbližší smart budoucnost, a jistě vzniknou i řešení, která doposud nikoho ještě ani nenapadla (Reaktor, 2021). Pomyslným zakončením procesu využívání Big Data je jejich zpracování a vyhodnocení s navazující prezentací a rozhodováním. Pomocí AI je možné zvládnout i velké objemy dat a zajistit rychlou analýzu získaných dat.

Neopomenutelným odvětvím AI je i machine learning (se zkratkou ML), neboli strojové učení. Jedná se o obor, kde stroje pracují s velkými daty, většinou s využitím Cloudu. Cílem je popsat podstatu skutečného světa s tím, že vytváří algoritmy, které zpracovává do modelů, a následně těmito modely řeší dané úlohy. To celé probíhá neustále se současným využitím zkušeností z předešlých modelů. Výsledkem je schopnost rozeznání objektů, přiřazování vlastností a propojování souvislostí. Množství zpracovávaných dat může být pro člověka až nezpracovatelné (Kodřousková, 2021).

Tento proces lze shrnout do čtyř základních kroků. Prvním krokem je shromažďování dat a jejich příprava (odstraňování anomálních dat). Ve druhém kroku probíhá trénování modelu. To probíhá tak, že se data rozdělí na dvě části. První část je tréninková, která slouží k úpravě modelu a zvýšení přesnosti. Druhá část dat se využívá ve třetím kroku k hodnocení výkonu a přesnosti. V posledním, čtvrtém kroku, probíhá interpretace výsledků (Azure, 2022).

Machine learning s využitím statistiky a matematických algoritmů vytváří předpovědi, které mohou mít klíčový význam pro již zmiňovanou údržbu, efektivitu a předcházení nehodám. Lze jej rozdělit do tří skupin, a to strojové učení pod dohledem, strojové učení bez dozoru a strojové učení s částečným dohledem. Významným milníkem pro strojové učení byl rok 1962, kdy počítač porazil mistra v deskové hře dáma (je pochopitelné, že po šedesáti letech je vývoj AI na podstatně vyšší úrovni) (IBM Cloud Education, 2020).

Uplatnění nachází v mnoha oborech a postupně se bude uplatňovat v mnoha dalších odvětvích. Používá se například v lékařství k rychlému určení diagnózy zadáním neobvyklých symptomů, kde ML navrhne testování a léčbu v rekordním čase. Další uplatnění nachází v automobilovém průmyslu, kde by v konečném důsledku ML umožnilo vznik autonomních vozidel. V současné době představuje pomocné asistenty a identifikaci překážek ve vozovce. Nevýhodou je potřeba velkých objemů dat (Midrack, 2022).

## **2.6 Datová analytika**

V podstatě každý průmyslový podnik se snaží zachytit data a informace z vnitřních procesů i vnějšího okolí podniku a na jejich podkladu se rozhodovat. Historicky se používaly základní analýzy v podobě soustřeďování dat do tabulek, ručně nebo jednoduchou úpravou v tabulkových programech byly dále zkoumány a využívány k odhalování poznatků a trendů. V současnosti ještě více než kdy jindy je však zřejmé, že při použití analýzy dat lze a je i nutné získat významnou přidanou hodnotu.

Jedná se o velmi důležitý proces, který se skládá z mnoha technik a může vést k různým cílům. Napomáhá nalézt trendy a odpovědět na důležité otázky. Základní je deskriptivní analýza neboli popisná analýza. Nečiní žádné předpovědi, pouze popisuje vývoj běžných dat v čase. Častým cílem jsou tradiční ukazatele, jako je například návratnost investic. Nezbytnou součástí je pokročilá analytika, kde se využívá filtrace dat, odhady trendů a předpovědi. V tomto případě je zapotřebí sofistikovanějších softwarů (Stedman, 2022). Hlavní podstatou je kombinace matematiky, statistiky, programování, a hlavně schopnost zpracovat a interpretovat data (Monnappa, 2022). Vhodné zpracovávání dat vede k větší inovační schopnosti podniku, protože díky zpracovaným datům mohou podniky dělat vhodnější rozhodnutí. To následně vede k optimalizacím v oblasti výroby a obchodním úspěchům (TIBCO, 2022).

Datová věda nachází své uplatnění ve všech oborech a její význam bude i nadále růst. Již v dnešní době nachází využití v internetovém vyhledávání, kde pomáhá uživatelům najít nejvhodnější požadovaný výsledek (odkaz na hledaný web) v řádu vteřin. Další uplatnění nachází v digitálních reklamách, kde pomáhá marketingově cílit na zákazníka pomocí personalizované reklamy. Zde mají větší úspěch než tradiční reklamy. Lze také uplatnit doporučovací systémy, které jsou nápomocné při vyhledávání vhodného produktu (sledují historii vyhledávání produktů a jejich parametrů) (Monnappa, 2022).

Současné analýzy však právě díky fenoménu Big Data nejsou zpracovatelné běžnými postupy z konce minulého století. Pro analýzu dat je nezbytné využít umělé inteligence a zpracování řešit prostřednictvím Cloudových služeb. Zásadní výhody, které analýza velkých dat přináší s pomocí technologie Cloudu a AI, jsou rychlost a efektivita. Zatímco dříve byl proces zahájen sběrem informací, následovně spouštěny analýzy a po jejich ukončení následovalo rozkrývání z nich vzešlých informací, které by mohly být použity pro budoucí rozhodnutí, dnes je možné identifikovat poznatky v reálném čase a rozhodovat se okamžitě. Schopnost okamžité reakce na změnu stavu světa pak dává organizacím konkurenční výhodu, kterou předtím neměly.

Analýza velkých dat pomáhá organizacím využívat jejich data a používat je k identifikaci nových příležitostí na trhu, k rozpoznání negativních trendů v efektivitě výroby nebo využití zdrojů. Dále ji lze využít v logistice, v dynamických podnicích, které využívají operativních plánů, automatizace, a při dálkovém řízení (Plajner, 2022). V neposlední řadě nachází

uplatnění například v účetnictví, bankách, pojišťovnách, ve farmacii a telekomunikačních společnostech (Zedníček, 2019).

Analýza Big Data se dále dají použít pro:

- **Prediktivní údržbu**
- **Změnu rychlostí výrob**
- **Optimalizaci výrob**
- **Marketingové účely**
- **Odhalení tržních příležitostí**
- **Změnu poptávky**
- **Dodavatelské systémy**
- **Změnu technických nebo kvalitativních parametrů**
- **Odhadování nových trendů**
- **Zjednodušení administrativních činností**

V konečném důsledku se investice do analýzy Big dat navrátí zejména v následném snižování nákladů, rychlejší reakci a rozhodování i v tvorbě nových produktů a služeb (Davenport a kolektiv, 2013).

Na druhou stranu se jedná často o data obchodních partnerů a zákazníků, která mohou být citlivá a vždy je zde riziko zneužití, či odcizení dat. Vzhledem k citlivosti dat vzrůstají požadavky na jejich ochranu například i v nemocnicích. Obecně platí, že čím lepší zabezpečení, tím je dražší.

Velmi sofistikované softwary jsou navíc nákladné a k jejich používání musí být specialisté školeni. Při volbě špatného typu analýzy hrozí rizika získání špatných nebo zavádějících výsledků (RF Wireless World, 2022). Lze konstatovat, že výsledky zpracování dat mohou být tak dobré a přesné, jak vhodná a přesná jsou vstupní data. V případě správného vyhodnocení špatných dat lze učinit v podniku špatné rozhodnutí, které může mít silně negativní následky. Potíže v analytice dat mohou nastat v důsledku vysoké variability dat a rostoucích požadavků na jejich správné roztrídění (Goddard, 2021).

## **2.7 Praktické aplikace digitalizace v průmyslu**

Se schopností využívat Big Data v průmyslovém měřítku je možné vybudovat v podniku smart procesy, které využívají data nejen pro vyšší efektivitu a kvalitu výroby, ale i pro vyšší úroveň komunikace a řízení. Za zásadní zmiňované aplikace je možné považovat autonomní systémy/roboty, prvky rozšířené a virtuální reality, digitální dvojče, aditivní výrobu či prediktivní údržbu.

### **2.7.1 Autonomní roboti**

Jedná se o roboty, kteří nepotřebují ke své práci dlouhodobou asistenci člověka. Zvládají práci v nestrukturovaném prostředí díky řídicí inteligenci. Autonomní robot je schopen sbírat a zpracovávat data o svém okolí, využívat je k plnění zadaných úkolů a zároveň zachovávat bezpečný provoz. Tedy neohrozit sebe ani okolí (Lacko, 2021). Tito roboti se začínají využívat k manuálním procesům ve výrobních a skladištích. Pohybové úkony vykonávají podle naučeného postupu (Machine Learning) a interagují s prostředím zejména díky schopnosti sledovat okolí pomocí již zmiňovaných senzorů. Své uplatnění nachází samostatně, jakož i společně s kolaborativními roboty (Vojáček, 2021).

Dle společnosti ELVAC jsou autonomní roboti nejen efektivní, ale i velice bezpeční. Vyznačují se vysokou mírou kooperace a mnohonásobnou nosností (až 1500 kg) oproti člověku. Autonomní roboti mají např. schopnost najít vždy nejkratší cestu pro přepravu materiálů. Na jejich konfiguraci přitom stačí jednoduchý software a jsou zároveň schopni interagovat i s dalšími prvky, jako jsou výtahy a robotická ramena. Na druhou stranu obvykle pracují pouze na pracovištích, která jsou pokrytá signálem wifi sítě (ELVAC, 2021). Dle společnosti AGRI-PRECISION je další výhodou autonomních robotů jejich nepřetržitý chod, bez nutnosti dodržování bezpečnostních přestávek. Tito roboti se dokážou sebemonitorem udržovat ve stálém konstantním výkonu (AGRI-PRECISION, 2021).

Avšak Mařík uvádí, že v současné chvíli nejsou roboti dostatečně univerzální a nemají schopnost jednat zcela autonomně. Většinou nemají žádnou inteligenci a pokud ano, tak omezenou. Vzhledem k současným investicím v oblasti autonomie však lze očekávat, že se jejich univerzálnost a samostatnost bude zvyšovat. Z hlediska ekonomického představují technologie s vysokou investiční náročností, neboť se zatím jedná o vznikající technologii s vysokými náklady na výzkum a vývoj. Vývojářům a inovátorům se složitě odhaduje doba návratnosti investice z hlediska jejich vývoje a adaptace na specifika průmyslových odvětví

(Mařík a kolektiv, 2016). Oproti tomuto názoru společnost ELVAC prohlašuje, že pro již vyvinuté roboty se investice do autonomních robotů, kteří např. pracují jako manipulanti, navrátí již za dva roky (ELVAC, 2021).

Své uplatnění zatím autonomní roboti nacházejí nejčastěji v hromadných výroбах s tím, že jsou vysoce efektivní (Mařík a kolektiv, 2016). Další uplatnění se nachází v logistice, skladových halách a průmyslu (ELVAC, 2021). Jejich využití se postupně rozšiřuje i do dalších průmyslových odvětví, například společnost AGRI-PRECISION na svém webu uvádí, že současní autonomní roboti jsou schopni pracovat i v oblasti českého zemědělství (AGRI-PRECISION, 2021).

### **2.7.2 Virtuální a rozšířená realita**

Virtuální realita je též velmi známá pod zkratkou VR. Je to technologie umožňující simulovat prostředí. V uměle vytvořeném světě se lze pohybovat pomocí pohybových čidel, která jsou napojena na software. Díky tomu má uživatel pocit, že se nachází na místě, které nemusí ani existovat. Tato myšlenka je stará 60 let, a zprvu se ani neuvažovalo, že by uživatel mohl interagovat. Jednalo se spíše o zážitkové divadlo (efekty vůní a větru). V osmdesátých letech ji začalo využívat americké letectvo v podobě, která připomíná dnešní využití VR, a to díky uplatnění helmy s displeji (Bílek, 2021).

Prvky virtuální reality mohou být rukavice a neodmyslitelně i brýle poskytující virtuální obraz. V současnosti jsou tyto prvky již finančně přijatelné, technologie je již uživatelsky snadno zvládnutelná, včetně instalace softwarů (Liebreich, 2018). Virtuální reality lze využít k výuce, demonstracím, ale i k práci samotné. Pomocí VR je možné si osvojit obsluhu přístrojů a zařízení, zaučit zaměstnance z hlediska situace na pracovišti, a to bez nutnosti zakoupení výcvikových zařízení či přerušování výroby. Své uplatnění virtuální realita nachází v návrzích nákladnějších a komplexnějších produktů, jakými jsou např. domy, letadla, lodě, i v automobilovém průmyslu, kde si může zákazník detailně prohlédnout předmět obchodu, který před ním fyzicky vůbec není. Díky implementaci dalších funkcí si lze na produkt i velmi realisticky „sáhnout“ (Frič, 2021).

Rozšířená realita je také známá pod pojmem Augmented Reality (AR). Funguje na principu skenování okolí s tím, že daný software umí do skenovaného prostoru navíc přidávat objekty. Tyto objekty se následně objevují ve skenovaném prostoru, a to vše na obrazovce zařízení (například mobilního telefonu). Z toho vyplývá, že k použití rozšířené reality vlastně

nepotřebujeme nosit speciální rukavice ani helmy (Mečlová, 2020). Rozšířená i virtuální realita mají potenciál uplatnění ve školství i v průmyslu. Brýle s rozšířenou realitou by mohly pomáhat navádět a instruovat lidi v podnicích a pomáhat jim skrze okamžité rady kolegů ze vzdálených míst (Biegun, 2018). Další využití nachází AR pomocí markerů<sup>2</sup> při výběru nábytku. Zákazníci si umístí marker do prostoru, v němž by chtěli umístit nový nábytek. Následně na marker namíří svým mobilním telefonem, případně jiným vhodným zařízením, a prostřednictvím AR si prohlížejí, jaký nábytek se jim v daném prostoru líbí nejvíce. Tím dochází k úspoře času zákazníků a ke snížení nákladů pro kamenné obchody. Uplatnění nachází AR také při opravách vozidel, kde automechanici používají brýle se sluchátky, díky kterým jsou řízeni a také mohou požádat o vzdálenou pomoc (Beneš a kolektiv, 2013).

### 2.7.3 Digital Twin

Též česky známé jako digitální dvojče umožňuje propojit reálný, fyzicky vytvořený výrobní systém či jiný komplet s virtuálně vytvořeným „otiskem“ v kybernetické podobě. Digital Twin představuje repliku fyzických objektů, ať už živých či neživých, přenesených do virtuálního prostředí (IoT PORT, 2020). Digital Twin pracuje na principu neustálého monitoringu fyzického objektu senzory a prostřednictvím sdílení nasnímaných dat přes IoT. Kybernetická vrstva však nemusí být pouhým obrazem, může se jednat zároveň i o řídicí prvek, kdy záměrná změna v kybernetické vrstvě umožňuje ovládat fyzický systém. Je tak možné vzdáleně sledovat stav systému i jej vzdáleně řídit.

Digital Twin se může využívat mimo jiné k simulacím s cílem více zefektivnit vývoj nových produktů a optimalizovat výrobu jako takovou. Pomocí simulace je možné realizovat rychleji inovace s menším rizikem a spotřebou fyzických prototypů. Kybernetická vrstva zobrazuje vlastnosti systému, jako je celkový výkon zařízení (nebo jeho částí), teploty, tlaky atp., zároveň zobrazuje a analyzuje data o vyrobených produktech od materiálu a dalších zdrojů, přes výrobu, až do konce celého životního cyklu. Tyto informace v kombinaci s modelem pomáhají se včas a správně rozhodovat (Mehra, 2022).

Informace ze simulace v kybernetické vrstvě fungují jako okamžitá zpětná vazba a urychlují další vývoj produktu. Z této zpětné vazby je možné předpovídat chování celého výrobního systému, optimalizovat výkon a získávat informace o dalších užitečných vlastnostech z modelování nebo i praxe zpět pro účely vývoje (SIEMENS, 2021).

---

<sup>2</sup> Marker je identifikační znak. Lze jej nalézt v katalogích (Beneš a kolektiv, 2013).



Optimalizace probíhá opakovaně až do okamžiku dosažení nejlepší efektivity a lze optimalizovat jak výrobní proces, tak i parametry a vlastnosti produktu. Velkou výhodou je rychlost přenosu, zpracování a vyhodnocení dat, což umožňuje okamžitou zpětnou vazbou nastavit systém do optimálnějšího stavu. I díky tomu lze optimalizaci použít postupně v celém hodnotovém řetězci (SIEMENS, 2021).

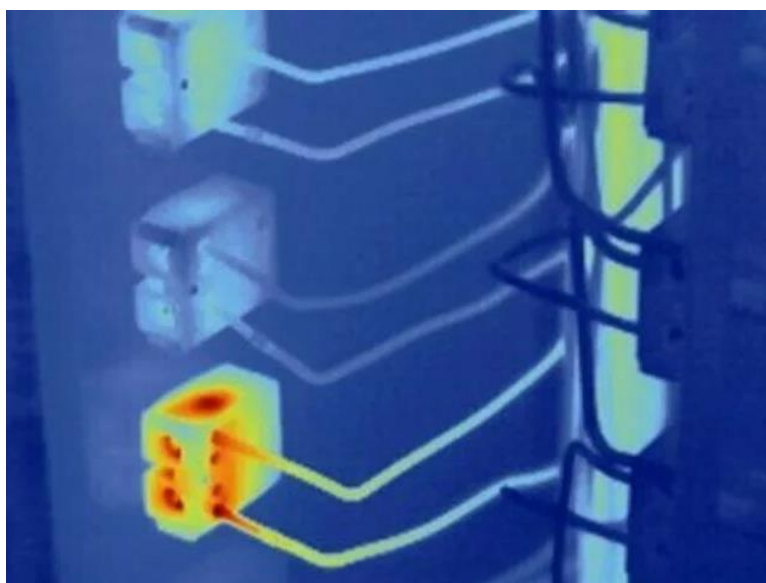
#### **2.7.4 Prediktivní údržba**

Údržba je důležitým krokem ke správnému fungování výrobního procesu. V průmyslu považujeme údržbu a zejména prediktivní údržbu za nezbytný úkon potřebný ke kontrole a vytvoření fungujícího systému výrobních procesů, jenž má předcházet náhlým selháním nebo haváriím výroby (Skubanič, 2017).

Je klíčovým aspektem efektivních zařízení a výrobních zdrojů. Vždy je vhodné jednat s předstihem, než čekat na poruchu a zastavení výroby. V některých případech nelze pouze věřit doporučením výrobců ohledně frekvence kontrol či výměn. Zkušenosti s poruchami a údržbou je potřeba explicitně transformovat do vhodných modelů obsluhy a údržby. Je vhodné uvažovat nad dopady případných poruch a selhání v kontextu nákladů z důvodů odstávky a předejít stavům, kdy součástka v hodnotě stovek korun způsobí nehodu či přerušeni výroby v hodnotách statisíců či milionů korun. Know-how z historických selhání by měla pomoci zlepšení predikce pro budoucí efektivní opatření (Šlik, 2020). Základním nástrojem, který může vysokou efektivitu výrobního systému zajistit, je systém prediktivní údržby využívající Big Data.

K prediktivní údržbě se využívají algoritmy pokročilé analytiky a strojového učení. Principem je vyhledávání vztahů a korelací mezi chováním stroje, jeho okolím a případnou poruchou s cílem určit optimální plán údržby zařízení (Deloitte, 2021), zjednodušeně se hledá vztah příčina-důsledek. Údržbu lze provádět několika způsoby, a to jako údržbu reaktivní, kdy je výrobní zařízení opravováno až ve chvíli, kdy se projeví potíže či nedostatky. V takovémto případě může dojít až k haváriím. Dalším způsobem je údržba preventivní, která je pokročilejší. Zde je základem výměna kritických dílů v pravidelných časových intervalech. Tento typ údržby může být i přes pravidelnější nákup dílů levnější, protože se zabraňuje nekvalitě, haváriím a ušlému zisku z nefunkčnosti zařízení. Nejlepším řešením údržby je prediktivní údržba. Základní myšlenkou je předpovídání stavu výrobního zařízení. Veškerá data o výrobním zařízení jsou ukládána a analyzována. Vychází se z maximálního využití

potenciálu dílu, přičemž lze jednotlivou součástku vyměnit včas (není zde zdržení na objednávku a dopravu, protože lze odhadnout na dlouhou dobu dopředu, kdy se bude měnit). Základem prediktivní údržby je pravidelné měření v krátkých časových horizontech. K získání dat slouží například diagnostika vibrací, změn koncentrace, tlaku, vlhkosti nebo měření teploty pomocí termovize (viz obrázek 5). Díky těmto měřením je možné předejít požárům a nepřiměřeným odběrům elektrické energie (Příbyl, 2012).



Obrázek 5 – Přehřátý světelný obvod (Příbyl, 2012)

Prediktivní údržba není preventivní údržbou, (i když se často tyto přístupy zaměňují). Nevýhodou preventivní údržby je určitá míra plýtvání, protože se díly mění bez ohledu na jejich skutečnou míru opotřebení a často i příliš brzy před koncem jejich skutečné životnosti (dodavatelé často uvádějí pro jistotu kratší životnost, aby se vyhnuli případným reklamacím). Moderní zařízení by však měla být schopná si vyžádat opravu právě včas, tj. dříve, než bude pozdě (a dojde k nehodě, či poruše), anebo zbytečně brzy (což zamezí plýtvání) (Vojáček, 2018).

Jednotlivé přístupy k údržbě znázorňuje obrázek 6. Na nejnižším stupni je umístěna reaktivní údržba, na vyšší úrovni je preventivní údržba. Prediktivní údržba by pak měla směřovat k nalezení optima, kdy se využije potenciál veškerých zdrojů v souladu se skutečnou mírou opotřebení.



Obrázek 6 - Druhy servisů dle efektivity (Vojáček, 2018)

Zavedení prediktivní údržby se skládá ze čtyř etap:

- **Generování a sběr dat**

Jedná se o získávání dat o poruchách a odstávkách, které mají reálnou technickou podstatu. Zdrojem těchto dat jsou databáze a senzory. Je nutno sesbírat veškerá možná data a následně je přetřídit a odfiltrovat nepotřebná či poškozená data a připravit je k modelování (Deloitte, 2021).

- **Modelování a hledání závislostí**

Provádí se pomocí algoritmů pokročilé analytiky a strojového učení (ML). Hledají se vztahy a korelace mezi strojem a jeho okolím a následnými poruchami či odstávkami. Hledá se časová souvislost poruch a výkonů mezi jednotlivými stroji a také vhodnost aplikovaných modelů údržby (Deloitte, 2021). Pro tuto analýzu je vhodné využít prvků AI a Cloud computing, podpořených vhodnými softwarovými programy.

- **Zavedení do produkce**

Na základě nalezených závislostí mezi příčinami a následky a formulovanými modely chování systému dochází k vyhodnocení jejich závažnosti a formulaci opatření pro prevenci vzniku poruch a nehod. Výsledkem je inovovaný plán údržby, který je následně implementován na systém údržby (Deloitte, 2021).

- **Aktualizace modelu zpětnou vazbou z dat**

Poté co jsou zavedena opatření prediktivní údržby, je výrobní proces neustále monitorován. Na základě porovnání předchozího a nového stavu a pomocí následných pravidelných analýz se navrhuje další případné úpravy plánů údržby. To vede k cyklům neustálého zvyšování efektivity (Deloitte, 2021).

Systémy prediktivní údržby vybudované na základě využití uvedených systematických kroků v praxi nalézají uplatnění v mnoha oborech. Počátky digitalizace jsou spojeny s masovými výrobami v oblasti automobilového průmyslu nebo spotřební elektroniky, nicméně principy prediktivní údržby se dají jednoduše zevšeobecnit na všechny produkční systémy a jedním z těchto oborů je kromě strojírenství také chemie.

### **2.7.5 3D tisk**

Další masové uplatnění napříč průmyslovými obory využívajícími digitalizované moderní technologie představuje technologie aditivní výroby.

Na rozdíl od tradičních procesů lisování, odlévání a jiných postupů formování produktu se jedná se o zcela odlišný druh výroby, který umožňuje vytvořit relativně jednoduše výrobky, jež by dokonce jinak vytvořit ani nešly (Erdeljac, 2021).

Zařízení, která se využívají pro aditivní výrobu, tzv. 3D tiskárny, jsou v současnosti stále dostupnější a je možné je využívat v průmyslovém měřítku prakticky v každém podniku, nezřídka i v domácnostech. Díky rozvoji této technologie v posledních desítkách let je již osvojena metoda tisku plastových i kovových výrobků, další vhodné materiály jsou ve stádiu výzkumu a vývoje.

3D tisk je proces, kdy se z digitální předlohy vytváří fyzický model. Je to aditivní metoda, což znamená, že se materiál přidává („tiskne se“ v prostoru) do požadovaného tvaru (jedná se o opak běžných obráběcích metod, které naopak materiál odebírají). Existují čtyři významné technologické postupy, jak lze využívat 3D tisk (Průša, 2021).

- **Materiál je vytlačován tiskovou hlavou**

Principem je postupné nanášení materiálu ve vrstvách na podložku. Po každém dotisknutí vrstvy se posune podložka nebo tisková hlava o výšku jedné vrstvy a takto se pokračuje, dokud se nedotiskne celý výrobek. Typickým předmětem pro tento typ je struna (filament), jež se natavuje nejprve na podložku a poté postupně po jednotlivých vrstvách tisknutého výrobku. Výhodou této metody je nízká cena tiskárny a materiálu, jehož spektrum neustále roste. Nevýhodou je dlouhý čas tisku a nižší přesnost (Abc3D, 2021).

- **Tekutý materiál je vytvrzován v definované vrstvě**

Tisková deska se umísťuje do nádoby s tekutým polymerem. Tisknutý předmět nemůže být vyšší, než je hladina polymeru v této nádobě. K vytvrzování polymeru se využívá světelný paprsek (laser), který svým zářením definuje vytvrzení polymeru na destičce v jednotlivých vrstvách. Finální výrobek stačí pouze omýt (Abc3D, 2021).

- **Materiál je pojen pomocí lepidla, laseru atp. na podložce**

Materiál je rozprostřen na tiskové desce ve formě prášku. Postupným vytvrzováním pomocí lepidla nebo laseru se prášek pojí a následně se dodává další vrstva prášku, která se také vytvrzuje. Takto lze zpracovávat jak plasty, tak i kovy. Jedná se o nejrychlejší a nejpresnější metodu 3D tisku (Abc3D, 2021).

- **Oddělování materiálu v každé vrstvě**

Tato metoda je nejméně využívaná. Nejčastěji využívá jako stavební materiál papír nebo fólii. Tento materiál je odvíjen, vyřezáván v požadovaném tvaru a následně lepen na destičku a poté jednotlivé vrstvy mezi sebou. Papír či fólie mohou být v průběhu procesu barveny. I přes to, že se výrobek netiskne, ale vyřezává, se hovoří o 3D tisku (jedná se o aditivní výrobu) (Abc3D, 2021).

Firmy jsou v současnosti ochotné investovat až miliony korun, aby byly schopné tisknout plastové, ale i kovové prototypy i součástky (Mudra, 2021). Hlavními výhodami jsou snížení závislosti na externích dodavatelích jak z hlediska vlastní běžné výroby, tak i případného tisku náhradních dílů. Tím je zajištěna i relativně krátká návratnost investice (řády měsíců, max. několika let), rostoucí vlastní schopnost vytvářet i složitější součástky, které jsou často lehčí nebo odolnější (Mudra, 2021). Jediným zásadním požadavkem je zvládnutí tvorby digitálního modelu (popř. je nutné jej zakoupit). Samotný proces výroby již není zpravidla příliš nákladný ani příliš pomalý, třebaže rychlost vzniku výrobku má jisté limity spočívající v rychlosti tuhnutí materiálu.

Jako další výhody Filip Erdeljac ze společnosti Industrial technology Systems uvádí zkrácení doby čekání na dodání výrobků, odpadá např. také potřeba zajistit náhradní díly na sklad (Erdeljac, 2021) a při výzkumu a vývoji je možné průběžně tisknout prototypy výrobků (Dostál, 2019).

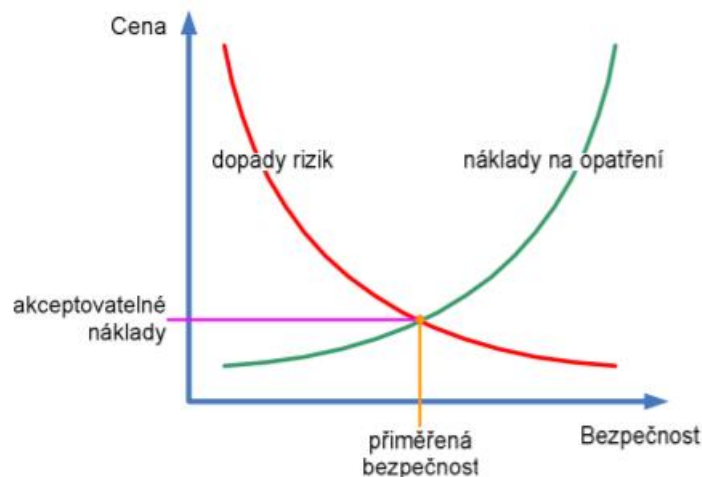
## 2.8 Informační bezpečnost

Jak již bylo vícekrát zmíněno v předchozích kapitolách, je nezbytné udržovat podniková data v zabezpečených podmínkách. K tomu slouží i podnikový informační systém, jenž zpracovává všechna dostupná data uvnitř podniku. Hlavní podmínkou tohoto integrovaného systému je, aby data byla přístupná lidem, kteří je v podniku potřebují k výkonu své práce. A zároveň je požadováno, aby tato data byla chráněna proti zneužití a tzv. „neunikala“. Je nezbytné, aby podnik paralelně s digitální transformací řešil i rovinu informační bezpečnosti.

V moderní společnosti se klade důraz na zabezpečení informací. Bezpečnost dat je obsáhlou problematikou, jež bude i do budoucna stále diskutovanějším tématem v kontextu digitalizace a Průmyslu 4.0. Obecně je bezpečnost chápána jako ochrana čehokoliv před zničením, ztrátou či odcizením (Šimák, a další, 2016). Tuto obecnou definici můžeme rovněž využít k popisu informační bezpečnosti. Informační bezpečnost považujeme za ochranu informací nebo dat před narušením integrity (ztrátou), dostupnosti (zničení) a důvěrnosti (zcižení) (Čermák,2011).

Bezpečnost dat je důležitá, a proto je vhodné umět určit data, která podniky potřebují zabezpečovat a optimalizovat jejich zabezpečení. Cílem firem je ochránit svá data pomocí opatření, která umožní práci s daty pro všechny uživatele a zároveň je dostatečně zajistí. U cenných dat by měly podniky vyvinout adekvátně vyšší úsilí na jejich ochranu. Dle Gogela musí být opatření i finančně přiměřená hodnotě chráněných informací.

Předmětem ochrany nejsou pouze data (informace), ale jsou jimi rovněž jejich nosiče a systémy, které jsou přes digitální rozhraní řízeny. Každá společnost si proto musí určit finanční hodnotu svých aktiv (informace, data, know-how), která hodlá zabezpečovat, a poté rozhodnout, jak rozsáhle a nákladně svá data zabezpečí. Rozhodování o míře zabezpečení dokresluje následující graf, který analyzuje opatření a rizika potřebná pro rozhodnutí (Gogela, 2011).



**Obrázek 7** – Graf analýzy opatření a rizik pro rozhodování (Gogela, 2011).

Vedoucí Oddělení evropské digitální agendy pro Úřad vlády ČR Jan Míča uvádí, že jsme v současnosti v kybernetické bezpečnosti evropská špička. Tuzemští experti jsou v oblasti kybernetické bezpečnosti pravidelně školeni mezinárodními organizacemi. Marcel Kolaja však upozorňuje na hrozbu v Evropě jako celku, neboť země EU investují do umělé inteligence relativně méně prostředků než USA nebo Čína. V souvislosti s dalším aspektem bezpečnosti zmiňuje důležitost pozornosti při práci s umělou inteligencí a nutnosti zaručit, aby respektovala lidská práva. Bezpečnosti je třeba věnovat pozornost, protože k úspěšné digitalizaci musí být dosaženo určité transparentnosti mezi podniky. V celosvětovém srovnání se však objektivně ČR řadí k liberálnějším státům s přesvědčením, že přílišná regulace může snížit inovační potenciál firem a tím i ekonomickou konkurenceschopnost (Pospíšil a kolektiv, 2020).

Informační bezpečnost je jednoznačně nejslabším bodem internetu věcí, protože s rostoucím počtem a zapojováním elektroniky do systému narůstá prostor pro hackery, kteří se ji budou pokoušet napadnout. Data jsou v největším ohrožení zejména v případě ztráty, případně odcizení předmětů, které jsou schopné data předávat. Dalším problémem je laxnost uživatelů, kteří neaktualizují a nezajišťují svá zařízení, a tím nepředcházejí vyplnění mezer v bezpečnosti zařízení (Kod'ousková, 2021).

Informační bezpečnost je možné zvýšit využíváním vhodných nástrojů. Při využívání služeb Cloudu, je komunikace mezi uživatelem a externími servery šifrována. Zároveň dochází při komunikaci k decentralizaci dat, což při náležitém šifrování eliminuje riziko ztráty dat fyzickým zničením. Dalšími nástroji ochrany jsou např. dvoufázové přihlašování, kde lze

využít SMS, otisk prstu nebo rozpoznávání obličeje jako další bezpečnostní prvek (PortálDigi, 2020).

Útoky hackerů mají více podob. Jednou z možností je útok, který paralyzuje, popřípadě i ovládne podnikovou síť. Vzniká tak riziko přepsání, zneužití, ale i naprostá ztráta veškerých dat. Druhou možností je zavirování zařízení s cílem zničit celý systém, nebo získat citlivé osobní údaje, případně zcizit finanční prostředky z účtů.

Motivy hackerů jsou různé, poslední dobou se často zmiňují útoky, kde je cílem vyvolat zmatek a nedůvěru občanů v zasaženém státě. S rostoucí mírou digitalizace se zvyšuje počet potenciálních cílů hackerských útoků (i jejich následky). Mediálně nejznámějšími jsou útoky na nemocnice, úřady, elektrárny, rafinerie a další prvky infrastruktury (Spurný, 2020), nicméně i jednotlivé podniky průmyslu registrují pokusy o narušení jejich informačních systémů. Bez ohledu na motivaci, kdy motivy mohou být ziskové, destabilizační, paralyzující nebo destruktivní, je pro všechny společné, že mají významně negativní finanční dopad na podnik, pokud tento nedokáže svými postupy útoky odrazit. Je proto nezbytné věnovat informační bezpečnosti náležitou pozornost.



### 3 DIGITALIZACE V CHEMICKÉM PRŮMYSLU

Digitalizace nachází své uplatnění nejen v mechanických výroбах, ale i v procesních výroбах chemického i farmaceutického průmyslu. Výhledově a částečně i dnes ji lze uplatnit zejména na rizikových pracovištích, kde působí jako prevence před nehodami (AI chybuje méně než lidé). V případě havárie nejsou a ani nebudou ohroženy lidské životy. Jedním z hlavních cílů digitalizace by však měla být podpora udržitelnosti samotných výrobních a podpora zacyklení využívání materiálových toků a energie zlepšením monitoringu materiálových a energetických toků. Do budoucna se jedná o výzvu, která v dlouhodobém časovém intervalu přinese mnoho výhod.

#### 3.1 Chemistry 4.0

Analogicky k průmyslovým revolucím je možné hovořit i o „chemických revolucích“ založených na primárních zdrojích pro výrobu. Podle společnosti Deloitte lze vývoj chemických revolucí ve stručnosti popsat tak, že první nastala v období využití uhlí a páry. Druhá v období rozmachu petrochemie. Třetí v důsledku globalizace s požadavky na speciální zaměření – cílenou customizaci produktu. Pro čtvrtou revoluci je typická digitalizace, oběhové hospodářství a již zmiňovaná udržitelnost (Deloitte, 2017).

Rovněž podle jiné významné auditorské společnosti KPMG platí, že postupný vliv Průmyslu 4.0 a digitalizace prostupuje napříč všemi odvětvími lidské společnosti. Změny nastupující v chemii zabezpečují chytřejší výrobu a udržují konkurenceschopnost podniků, které na ni přistoupí. V konečném důsledku bude Chemie 4.0 nutností (KPMG, 2017).

Digitalizace chemického průmyslu usnadňuje společností shromažďování velkých dat z mnoha provozních procesů. Tato data mohou být díky digitalizaci vhodně vyhodnocena a využita ke kontrole a lepšímu řízení či koordinaci procesů probíhajících v podniku a jeho závodech. V chemickém průmyslu se v posledních letech rozvinuly oblasti výrobních a obchodních procesů. V souvislosti s rozvojem těchto oblastí probíhá rozvoj nových technologií a s tím spojený i řízený sběr dat. Všemi těmito oblastmi v souvislosti s digitalizací v chemii se zabývají následující tři kategorie vytvořené společností Deloitte (Deloitte, 2017). Tyto oblasti takřka shodným způsobem popisuje pomocí tří pilířů i společnost Siemens (SIEMENS, 2021).

- **Transparentnost a digitalizace procesů**

Tato první kategorie obsahuje sběr dat v celém podniku a jejich prvotní využití. Největší uplatnění tato data nachází ve chvíli, kdy k transparentnosti a digitalizaci přistoupí i ostatní podniky v dodavatelsko-odběratelských sítích (Deloitte, 2017). Společnost Siemens pro digitalizaci a transparentnost procesů využívá výrobní informační systémy. Ty dokážou propojit a integrovat informační a hmotné toky výrobních závodů a jejich pracovišť či dodavatelů (SIEMENS, 2021).

- **Operační modely založené na datech**

Těmito daty jsou myšlena data z výroby, ale také externí data, jako jsou informace o trzích, zákaznících a konkurenci. Klíčové je jejich zpracování pomocí pokročilých analytických metod, jejichž výsledkem je tvorba správných rozhodnutí zvyšujících efektivitu. Uplatnění nachází zejména v prediktivní údržbě, logistice a dalších simulacích. V současné době je zpracovávání dat předmětem investic (Deloitte, 2017).

Ve společnosti Procter & Gamble využívají k vytvoření operačních modelů založených na datech analytické modely, které vznikly díky agendě založené na digitalizaci. Tyto modely byly nazvány *Business Sufficiency*, *Decision Cockpits* a *Business Spheres*. Modely vytvářejí digitální prostředí, které zpracovává a transformuje data z celého světa. Předpovědi statistických softwarů společnosti Procter & Gamble jsou na 6 až 12 měsíců dopředu, k čemuž využívají až 200 terabitů dat. Tyto předpovědi jsou následně přístupné 50 000 zaměstnancům této společnosti (Procter & Gamble, 2016).

Obecně lze předpokládat, že ke sběru dat mohou i chemické podniky využívat specifický softwarový nástroj. Tento nástroj by umožňoval nejen sbírat a zpracovávat vstupní data, ale i navrhnout výrobu a provést přenastavení výrobních zařízení. Podobné využití by mohlo být vytvořeno i pro vznik nových výrobních linek a továren. Software, který využívá společnost Siemens, zatím ve strojírenství dokáže navrhnout, naplánovat a provést simulaci továrny v digitálním prostředí. Tento sofistikovaný program je schopen nalézt řešení i pro výrobní informační systém, který kvalitně a efektivně ovlivňuje výrobní proces (SIEMENS, 2021). Je otázkou, do jaké míry by bylo možné a smysluplné využít obdobného řešení i pro chemické výroby.

- **Digitální obchodní modely**

V zásadě se mění existující procesy, produkty i obchodní modely, jež jsou stále více diferencované, aby tvořily co největší hodnotu pro zákazníka a maximálně uspokojovaly jeho potřeby. K maximalizaci této hodnoty je potřeba individualizovat výrobu napříč celým dodavatelsko-odběratelských řetězcem (Deloitte, 2017).

Společnost BASF pomocí digitálních obchodních modelů řeší nové výzvy, které s sebou přináší nové tržní prostředí, jež je neustále v pohybu. Za tyto výzvy považuje neobnovitelné zdroje energií a rostoucí poptávku po trvale udržitelných produktech. V oblasti chemikálií se zaměřují především na růst hodnoty inovačních procesů a efektivnější, udržitelnější a ekologičtější technologie ve výrobě chemikálií ve Verbundu (BASF, 2022).

Dále pak i společnost Siemens popisuje využití inženýrského softwaru, který dokáže zkrátit čas potřebný pro zavedení nového produktu na trh či stroje do výroby, a jehož adaptace pro chemické produkty by nebyla pravděpodobně nerealistická. Diagnostické funkce tohoto softwaru dokážou kontrolovat spotřebu energií, čímž přispějí k větší efektivitě výrobního procesu a vyšší produkci. Software je schopen pružně reagovat či komunikovat se systémy, které jsou mu nadřazené a využívají informace na úrovni řízení podniku (SIEMENS, 2021).

Chemie je nejvíce rozvinuta v Německu, ale je zde možnost, že se tato situace změní, pokud se firmy zde působící nevyrovnají s konkurenčními tlaky. Výrobci na rozvíjejících se trzích, zejména v zemích bohatých na suroviny, totiž rozšiřují své kapacity a začínají se koncentrovat na výrobu speciálních chemikálií. Podle Kellera nejen digitalizace vede k rychlým změnám, ale například i související biotechnologie mění obchodní sortiment chemických produktů. Celkově se rozhodně jedná o příležitost pro další rozvoj chemie (Keller, 2022).

Weber připomíná ještě jeden podstatný trend, totiž že jsou již v současné době kladeny velké požadavky na oblast environmentu a šetrnosti vůči životním systémům. Tento trend se bude do budoucna nadále udržovat a zpřísňovat. To tlačí společnosti k šetrnému a efektivnímu využití zdrojů a minimalizaci emisí. K řešení tohoto faktoru může rovněž přispět digitalizace v chemických podnicích, s důrazem na využívání oběhového hospodářství. V podstatě jde o vhodné využívání klíčových surovin: materiálů, vody i energie a snižování odpadu pomocí zpětných toků. K tomu je zapotřebí digitálního nástroje pro sledování těchto toků a zajištění dostatečné transparentnosti podnikání i sdílení informací mezi podniky (Weber, 2021).

Za klíčovou oblast pro chemické výroby lze považovat hlubší prosazení zásad **cirkulární (oběhové) ekonomiky**, jejímž cílem je znovu využít použité materiály pomocí vytvoření

„nekonečné smyčky“, kde budou materiály minimálně po určitý počet oběhů cirkulovat. Vzhledem k postupné degradaci materiálů je zapotřebí uvažovat časem o jejich likvidaci, kde se však naskytuje možnost jejich vhodného energetického nebo sekundárního využití. K vytvoření a aplikaci cirkulární ekonomiky je nutná změna způsobu designu procesů a nakládání s odpady opět podpořená informacemi, tj. digitalizací (Dostál, 2020).

Cirkulární ekonomika je v České republice otevřeně podporovaným konceptem, Ministerstvo životního prostředí ČR vydalo v roce 2021 Strategický rámec cirkulární ekonomiky České republiky 2040. Obsahem tohoto dokumentu jsou například opatření pro energetiku, průmysl, výzkum, vývoj, inovace, hospodaření s vodou i vzdělávání (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2021). V chemickém průmyslu cirkulární ekonomika prokazatelně vede ke snižování uhlíkové stopy a odpadů. Velké uplatnění se očekává u recyklace akumulátorů z elektromobilů, které je v současné době neustálým předmětem zkoumání (BASF, 2021), nicméně i oblast recyklace chemických látek je diskutována stále častěji.

K tomu, aby cirkulární ekonomika (oběhové hospodářství) mohla fungovat co nejlépe, je potřeba ji skloubit s digitalizací. Díky digitalizaci lze vytvořit vhodné oběhové modely, které vznikají na základě vygenerovaných a sdílených dat mezi podniky. Na tomto základě dochází k vzájemnému zlepšování hospodářských výsledků. K tomu lze použít například redesign (což znamená úpravu stávajících nebo budoucích výrobků) a zmíněnou recyklaci, která je podporována on-line platformami, kde lze nabízet a poptávat druhotné suroviny (Deloitte, 2017).

- **Výroba**

Oliver Davies pro časopis *Searching Industrial* uvádí, že i v chemických výrobních systémech bude mít digitalizace nezanedbatelný dopad. Stroje budou získávat průběžná data o výrobcích v každé šarži, což povede ke zvýšení kvality a poklesu tvorby odpadních produktů. Pro jeden konkrétní nejmenovaný závod, který již digitalizaci plně implementoval, to znamenalo zvýšení výkonu o 10 % při snížení spotřeby energie o 25 % (Davies, 2019).

Veškeré tyto kroky vedou k postupnému uplatňování všech kombinací jednotlivých prvků v chemickém průmyslu. Digitalizace své uplatnění nachází rovněž díky úsporám za likvidaci odpadů a snížení potřeby vstupních materiálů.

- **Výzkum a vývoj v chemickém průmyslu**

V současné době se výzkum a vývoj neodehrává pouze v laboratořích, ale využívá se i počítačových simulacích. S tím souvisí i složitost výpočtů a následná úspora času a financí, protože se vyhneme obtížné syntéze sloučenin častokrát z drahých surovin (Herrmann a kolektiv, 2019). Pokročilé počítače a software budou „prosévat“ různé molekulární varianty, eliminovat neperspektivní a pouze zbylé pravděpodobné možnosti budou předmětem fyzického zkoumání vědců. Díky následnému sdílení dat lze dosáhnout společných pokroků třeba i na druhé straně planety (Hilton, 2019).

### **3.2 Uplatnění prvků digitalizace v chemických i jiných procesních výroбах**

V průmyslech procesních výrob nejsou prvky digitalizace využívány až tak hojně jako v mechanických výroбах. Přesto je jejich využití možné a směřuje k usnadňování i velice složitých a časově náročných procesů, je tak šetřen lidský potenciál a čas. V této kapitole budou tyto prvky vysvětleny a bude popsáno využití jednotlivých prvků digitalizace již zmiňovaných v kapitole 2 a mapováno jejich současné i potenciální uplatnění v transformovaném chemickém průmyslu.

- **Big Data**

V praxi nacházíme prostor pro využití Big Dat v mnoha oblastech. Podle Beneše mohou být například bez omezení využita ke kontrole kvality, implementaci prediktivní údržby a monitoringu logistických operací a procesů. Výrobky a proces výroby mohou být sledovány na základě mnoha ukazatelů a tyto údaje rozšířeny a doplněny o další informace od operátorů a pracovníků údržby. (Beneš, 2019).

Využití analýzy dat je však opravdu různorodé. Kupříkladu chemická společnost BASF má ve svém závodě v Ludwigshafenu tři elektrárny, kterými generuje elektrický proud a páru pro svou spotřebu. V době nadprodukce energie mohou své přebytky prodávat, a naopak někdy energii nakupují. Cena energií se přitom mění každých patnáct minut, k rozhodnutí o nákupu či prodeji tedy musí docházet prakticky okamžitě. K optimalizaci produkce energie i obchodu se využívá datová analýza, v jejímž důsledku se původní vznikající odchylky ve využití

elektrické energie v rozmezí 20 až 30 procent podařilo snížit zpracováním velkých dat až na přesnost předpovědi spotřeby na úrovni 95 procent (tj. s odchylkou 5 %) (BASF, 2018).

- **Senzory**

S postupným pokrokem se zvyšují požadavky na senzory. V současné době jsou vyžadovány oproti dřívějším kontaktním a připojeným sensorům zejména bezdrátové a bezkontaktní snímače s vlastním programem. Uplatnění nacházejí nejen v klasických využitích v optických branách, při kontrole kvality povrchů, při počítání prošlých kusů na klíčových uzlech a výstupech, ale i při měření tlaku, koncentrace, teploty podél celého procesu výroby atp. (Panasonic, 2013).

Moderní senzory jsou schopné fungovat s jednou baterií po dobu až deseti let a sdílet data prostřednictvím IoT, klíčem k dlouhé životnosti jsou úsporné mechanismy (Solidus TECH, 2017). Uplatnění nacházejí krom mechanických výrob i v řadě odvětví procesních a hybridních. Například v energetice, vodárenství, potravinářském a mimo jiné i v chemickém průmyslu. Jsou zcela základním požadavkem pro automatizaci chemických výrob, ale velký potenciál nacházejí např. v nanotechnologiích (Critchley, 2019).

- **Internet of Things**

Internet chemických věcí se zkratkou **IoCT (Internet of Chemical Things)**, představuje propojení a zasíťování chemických strojů, počítačů s chemickými službami podávanými přes internet. To vede k pohledu na systémy jako na jeden celek. Proto je v současné době i v budoucnosti potřeba výrobní zařízení vyvíjet a vytvářet tak, aby byla schopná fungovat s vhodnými moderními čidly, která mají přesně definovanou velikost, spotřebu energie a výpočetní výkon (Dříve to bylo předmětem práce elektrotechniků). Prostřednictvím **IoCT** budou zaznamenávány průběžné informace o pH, teplotě a tlaku díky průběžnému vzorkování. Mohou se tak odhalit data, která mohla být prozatím přehlížena. Rovněž kvalitativní vlastnosti výsledného produktu budou měřeny automaticky a v reálném čase, Předpokládá se, že rutinní analýzy budou zpracovávat stroje, díky čemuž budou moci chemici opustit rutinní kontrolní práci a zaměřit se na experimentální a inovující činnosti (Ley a kolektiv, 2015).

- **Cloud**

**Cloud** je do budoucna nezbytnou součástí chemického průmyslu. Data čerpaná z **Cloudu** představují informační „surovinu“ i pro podniky chemického průmyslu, která pomáhá podnikům lépe pochopit zákazníka, a tak mu vytvářet výrobky, jež odpovídají jeho potřebám a očekáváním (Weber, 2021). Kromě času šetří **Cloud** v chemickém průmyslu i finance (Šabatka, 2019). Díky postupnému pokroku jsou chemici schopní čerpat informace z databází Cloudu, místo původních knižních zdrojů. Z Cloudu lze čerpat informace, které slouží k verifikaci a posouzení dat v chemii (například ve spektroskopii) (Thompson a kolektiv, 2016).

- **Umělá inteligence**

V chemickém průmyslu nalézá AI uplatnění například při hledání vhodného řešení výrob pomocí retrosyntetické analýzy, kde je vytvářen pomyslný „stromček“ chemikálií a postupů, ze kterých lze vytvořit požadovanou látku. V konečném důsledku lze pomocí tohoto „stromčku“ vybrat „větev“, která bude nejjednodušší k syntéze. V takovémto případě opět AI pomáhá, protože může informovat o finanční výhodnosti a toxicitě vstupních surovin (Houser, 2019).

Jiným příkladem je SW nástroj využívající AI s názvem PauliNet, který je schopný předpovídat vlastnosti chemických látek ještě před samotnou syntézou. S využitím Schrödingerových rovnic se AI využívá k výpočtům v kvantové chemii. Jedná se o velmi složité výpočty vlnových funkcí, jejichž cílem je předpovídat chemické a fyzikální vlastnosti molekul (Hermann a kolektiv, 2020).

Další z mnoha uplatnění nachází AI ve farmacii, kde dozoruje, aby pacientům nebyla předepsána a podána kombinace navzájem se vylučujících léčebných přípravků. Zároveň ve farmacii na základně funkčních skupin molekul léčiv odhaduje další funkce existujících léčiv, nebo navrhuje podobu nových. Umělá inteligenci nabízím chemikům další rozsáhlý prostor laboratorní a experimentální práce, díky novým zjištěním umělé inteligence mohou prověřovat celou škálu nových substancí (Loukota, 2018).

- **Datová analytika**

Továrna v Rakoně společnosti Procter & Gamble byla označena Světovým ekonomickým fórem za jednu z devíti průkopnických továren, a to zejména díky datové analytice, která podpořila komplexní synchronizaci. Výhody zaznamenali zejména v pohotovějším uvádění výrobků na trh, vhodnějším řízení zásob a dokonce zvýšením spokojenosti zákazníků o 116% a nárůstem produktivity o 160% (Pazderková, 2019).

Společnost Unipetrol zavedla pro datovou analytiku software, jenž slouží k rychlejší analýze složení produktu, který je právě vyráběn. Software pomáhá snižovat počet vzorků odebíraných na analýzu vyráběného produktu a tím snižuje náklady, čas a zároveň usnadňuje práci technologickým pracovníkům, kteří nemusí čekat na laboratorní expertýzu. Technologové na základě dat z výroby zpracovaných tímto softwarem mohou okamžitě reagovat na změny a úpravy výrobního procesu při výrobě sledovaného výrobku. Software je zároveň schopný predikovat špatné složení výrobku a může vyžadovat laboratorní ověření dříve, než dojde ke znehodnocení složení vyráběného produktu. Touto úpravou výrobního procesu za chodu dochází k menším ztrátám ve výrobním procesu a regulaci špatného výrobku (Unipetrol, 2022).

- **Autonomní roboti**

Společnost BASF vytvořila flotilu zcela autonomních přepravních vozidel, přepravujících kapaliny a odpadní látky až na 150 míst v areálu o 10 km<sup>2</sup> v německém Ludwigshafenu. Tento gigant vybudoval svojí vlastní 5G síť, která má za úkol podporovat přenos dat (4G síť by nezvládala). V současné chvíli je v podniku přibližně 600 000 čidel s tím, že se předpokládá, že by jich mohlo být násobně více (Zainzinger, 2019). Největší výhodou je nasazení autonomních robotů na rizikových pracovištích.

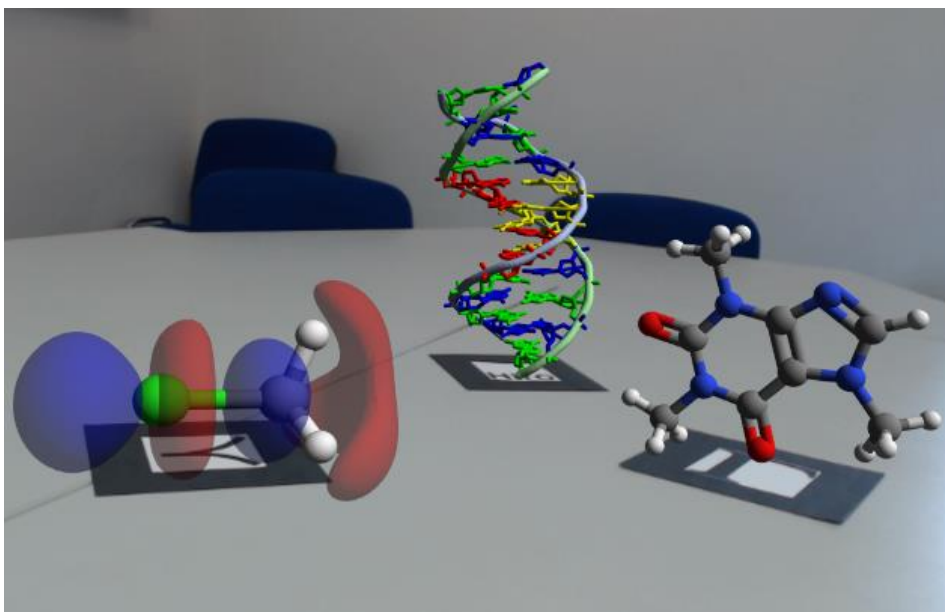
- **Virtuální a rozšířená realita**

V chemii smíšená<sup>3</sup> realita usnadňuje chemikům vytvořit model molekuly. Tato molekula je prostorově navržena a tím se usnadní představa o její struktuře v realitě (Habig, 2019).

---

<sup>3</sup> Jedná se o kombinaci virtuální a augmentové reality (Anurag, 2017).





**Obrázek 8** – vizualizace molekul pomocí smíšené reality (Habig, 2019).

Virtuální realitu využívá například aplikace MEL Science, díky které lze snadněji pochopit, jak spolu jednotlivé prvky a molekuly interagují (tato aplikace má největší potenciál pro vzdělávání ve školách) (Skoták, 2019). Využití nalézá již nyní na švýcarské vysoké škole EPFL, kde na přírodovědné fakultě využívají studenti VR na svých mobilních telefonech, případně noteboocích (Abriata a kolektiv, 2020). Ve své podstatě se jedná o virtuální stavebnici, která funguje stejně jako u plastových modelů. Výhodou zde je načítání molekul z databáze (Scienc, 2020). Lze však předpokládat, že se prvky AR a VR bez omezení uplatní i pro zaškolování, podporu logistiky a údržby bez ohledu na průmyslové odvětví.

- **Digital Twin**

Aplikací digitálního dvojčete do podniku lze řídit dané chemické procesy v reálném čase. Odchylky ve výrobě s potenciálními riziky havárie či nekvality mohou být bezprostředně po identifikaci eliminovány. Kromě funkce dohlížecí a regulační může Digital Twin umožnit nalezení nedostatků a rezerv v procesech díky schopnosti vizualizovat objemy průtoků, koncentrace, teploty, tlaky, viskozitu atp. (YOKOGAWA, 2022).

Digitální dvojče lze využít jako předlohy při samotném návrhu výrobních zařízení. Dle Palíška se v současné době využívají koncepce Digital Twin pro chemické provozy ještě před výstavbou provozu a celého areálu. Digitální dvojče se využije ke zjištění případných chyb,

kteře by ovlivňovaly efektivitu a bezpečnost výrobního zařízení. Tyto chyby je možné pomocí Digital Twin snadněji nalézt ještě před výstavbou a odstranit před fyzickým postavením chemického závodu. Digitální dvojče může také optimalizovat již existující výrobu a umožní identifikovat neefektivní uspořádání a navrhnout případné změny, které se promítnou do návrhu změn reálných chemických aparatur (Palíšek, 2018).

- **Prediktivní údržba**

Dle Palíška můžeme prediktivní údržbu provádět díky údajům z měření teploty, tlaku, průtoku kapalin či jiných veličin. Díky údajům, které zaznamenávají čidla umístěná na výrobních zařízeních, je možné jednoduše predikovat poruchu zařízení. Například při zanášení ventilu dokáže systém pomocí analýzy údajů zjistit, za jak dlouho by došlo k jeho ucpání, a tak prediktivně upozorní pracovníky údržby k výměně či vyčištění ventilu (Palíšek, 2018).

Nejvíce přínosný je systém prediktivní údržby právě při včasném odhalování chyb, čímž může ušetřit značné finanční prostředky. Správné použití prediktivní údržby zabrání výrobě zmetků či nekvalitních chemikálií ve výrobě, dokáže zabránit tvorbě velkého množství odpadních látek, a proto není nutné zastavovat výrobu z důvodu likvidace nekvalitního chemického produktu či zmetku. V podnicích v současnosti chronicky ubývají kvalifikovaní údržbáři s intuitivními schopnostmi i zkušenostmi s nejvyspělejší digitální technikou. Jejich náhradou by mohla být AI, jež by mohla zmírnit nedostatek pracovníků (Konečný, 2021). Zkušenosti z projektů společnosti Deloitte uvádí, že prediktivní údržba dokázala zkrátit čas údržby o 20 až 50 procent, a díky tomu zvýšit efektivitu zařízení o 10 až 20 procent. To zároveň vedlo ke snížení nákladů o 5 až 10 procent (Deloitte, 2021).

- **3D tisk**

Dokonce i 3D tisk lze využít v chemickém průmyslu. Je zde ovšem zapotřebí, aby byl vytisknutý výrobek z materiálu vhodného k použití v daných procesech. Tento materiál musí být stabilní v agresivním prostředí, mechanicky a tepelně odolný. Chemickým látkám nejlépe odolávají například PP (polypropylen), PE (polyethylen), PA (polyamid), PTFE (teflon), PVC (polyvinylchlorid). Využití nacházejí v automobilovém, potravinářském i farmaceutickém průmyslu. K posouzení vhodnosti 3D výrobků (polymerů) do výrob lze použít následující tabulku na obr. 9, která ukazuje stálost vytvořených 3D výrobků v různém prostředí v kapalné

fázi. Vhodnost použití materiálů klesá od nejvhodnějších (A) po nejméně vhodné (D) (Průša, 2021).

	PLA	PVB	PETG	ASA	ABS	PC	PA	PP
Voda (H <sub>2</sub> O)	A	A	A	A	B	A	A	A
IPA 75% (Isopropylalkohol, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O)	C	D	A	B	B	B	A	A
IPA 99% (Isopropylalkohol, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O)	C	D	B	B	B	B	A	A
Kyselina octová 8% (ocet, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )	B	C	A	A	B	A	C	A
Chlorid sodný 10% (sůl, NaCl)	B	B	A	B	A	A	A	A
Kyselina citronová (C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> )	B	B	A	A	-	A	B	A
Kyselina chlorovodíková 37% (HCl)	C	-	A	C	C	A	D	A
Peroxid vodíku 30% (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	B	-	A	A	A	A	D	A
Kyselina fosforečná 85% (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	C	-	C	-	A	A	D	A
Kyselina dusičná 69% (HNO <sub>3</sub> )	D	-	D	-	A	D	D	A
Kyselina sírová 96% (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	D	-	D	-	-	D	D	A
Fridex * (Ethylenglykol, C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> )	B	B	A	A	-	A	-	-
Savo ** 1:10 (NaClO)	B	B	A	A	-	B	A	A
Ethanol (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O)	C	D	B	B	A	B	A	A
Aceton (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O)	D	D	C	D	D	C	A	A

Obrázek 9 – Tabulka odolnosti polymerů vůči chemickému prostředí (Průša, 2021).

Umělé hmoty používané pro 3D tisk v potravinářském průmyslu musí splňovat požadavky směrnice Evropské unie (Evropská komise, 2011).

- **Informační bezpečnost**

Informační bezpečnost v chemickém průmyslu je velmi důležitá, neboť jsou v ohrožení důležitá data o zákaznících, zakázkách, kontraktech. Tato osobní data je nutné chránit, zatímco ta data, která jsou veřejně přístupná, jsou většinou výrobního a obecného charakteru. Jedná se například o data prodejní, která jsou veřejně přístupná a zcela konkrétní (Blümelová, 2020). Důležitost dat si uvědomuje také společnost BASF, jež se snaží vybalancovat maximální transparentnost informací s jejich ochranou (Haugová, 2022). Zajištění informační bezpečnosti je zásadní bez ohledu na typ průmyslového odvětví či charakter výroby. Lze tedy očekávat, že otázka kybernetické bezpečnosti bude pro chemický průmysl nejen podstatná, ale s ohledem na případná rizika ještě důležitější než v odvětvích, která mohou svoji výrobu odstavit v podstatě okamžitě a bez rizik následných havárií či fatálních poruch.

## 4 VÝZKUM

Pro naplnění cílů práce byl na základě rešerše a teoretické části připraven kvalitativní výzkum v podnicích chemického průmyslu. Byla zvolena forma hloubkového dotazování na základě připraveného scénáře dotazování (viz. Příloha 1) a byly specifikovány čtyři okruhy otázek, týkajících se v prvním okruhu přístupu podniku k digitalizaci. Druhý okruh byl věnován přínosům a překážkám digitalizace. Ve třetím okruhu byli dotazováni jednotlivé technologie, a v posledním čtvrtém okruhu byl charakterizován respondent (zástupce společnosti). Za respondenty a podniky byly záměrně zvoleny společnosti, které jsou ve svých oblastech podnikání na území ČR leadery a zároveň jsou součástí nadnárodních korporací a mají podporu ze strany vlastních koncernů. Rovněž se dalo předpokládat, že jsou v digitalizaci znalější a mají tak dostatek zkušeností s dosavadní implementací digitalizace a s ní souvisejících technologií. Bylo osloveno více společností, ale souhlas s rozhovorem byl nakonec poskytnut pouze ze strany dvou firem, a to pouze na základě příslibu zaručení anonymity a omezení se na obecná zjištění.

### 4.1 Charakteristika společnosti 1

Společnost si vzhledem k ochraně konkurenční výhody vymínila právo zůstat v anonymitě, zejména s ohledem na případné reakce konkurence. Společnost 1 se zastoupením v ČR je součástí nadnárodního chemického koncernu a v České republice vlastní několik výrobních i distribučních závodů, přičemž na našem trhu působí již třicet let a zaměstnává přes 500 zaměstnanců. Zároveň působí jako globální leader ve svém oboru podnikání a v českém prostředí je na první pozici dle podílu na trhu i objemu tržeb. Společnost vyrábí a distribuuje výrobky technické chemie, zákazníci společnosti jsou firmy z veřejného i soukromého sektoru a deklarovaným posláním společnosti je pomáhat svým odběratelům šetřit provozní náklady, snižovat emise, zvyšovat úroveň bezpečnosti a zlepšovat kvalitu svých výrobků.

Rozhovor byl proveden na základě podrobného scénáře dotazování (viz Příloha 1) metodou hloubkového rozhovoru. Dotazovanou osobou byl přímo technolog výroby s přímou znalostí i kompetencí řízení samotné procesní výroby, který v podniku působí také jako auditor a technik odpovědný za konstrukce. Pro tuto společnost pracuje 500 zaměstnanců, přičemž ve výrobně je zaměstnáno 350 lidí.

Tato společnost působí ve více než 100 zemích světa. Cílem této společnosti je bezpečnost a ochrana zdraví, při zachování životního prostředí a zachování kvality. Proto také dodržují

SHEQ management. Krom toho vlastní certifikáty ISO 9001, 14001, 22000 a 50001. Usilují o bezpečné a ekologicky nezávadné výrobky s cílem vést k trvale udržitelnému rozvoji. Vizí této společnosti je se stát hlavním světovým dodavatelem, a to díky inovativním zaměstnancům.

- **Přístup podniku k digitalizaci**

Společnost si zcela uvědomuje význam digitalizace a důležitost až nutnost postupné implementace digitálních technologií. Míra a tempo digitalizace však má svůj historický kontext a vývoj. Tak jak byly postupně uváděny do provozu jednotlivé výrobní linky, od počátku devadesátých let a nahrazovány v době ukončení životnosti, jsou nyní některá zařízení sice starší, ale stále funkční, nicméně nejsou vybavena digitálními senzory (pouze zpravidla mechanickými) ani připojením k internetu, a tak data nesbírají. Nicméně s postupem vývoje technologií se nově nahrazovaná zařízení standardně vybavují jak senzory, tak i paměti a připojením k podnikovému informačnímu systému, sbírají průběžně data, která ukládají do Cloudu. Dochází tak k digitalizaci postupné (nikoliv skokově) a lze očekávat, že celý proces digitalizace bude dlouhodobý.

Ukazuje se, že mnohdy nelze ve výrobních procesech zcela odstranit lidský faktor, neboť právě zkušenosti obsluhy, hrají mnohdy nezastupitelnou roli, při řízení výrobního procesu. Parametry výroby totiž závisí na kombinaci faktorů, které by zatím umělá inteligence nebyla schopná postihnout, zejména v případě kombinace vnějších klimatických vlivů. Ve výrobě totiž hrají roli takové faktory jako je venkovní teplota, sluneční svit, tlak vzduchu, síla a směr větru a další, a to v kombinaci s aktuálním vytížením výroby a zásobníků. Programovat tyto okolnosti do softwaru by bylo ekonomicky nákladné s vysokými riziky havárie či nekvality. I to je jeden z důvodů, proč je míra digitalizace méně radikální.

Přesto jsou oblasti podnikání, které společnost změnila z pohledu digitalizace významněji. Pro jednu z klíčových produktových řad bylo pro Evropu a část Středního východu vytvořeno vzdálené řídicí centrum, díky kterému získala společnost přehled o všech výrobních v těchto lokalitách v reálném čase. Z centra je monitorováno, a částečně i vzdáleně ovládáno, více jak 50 závodů v Evropě. Prostřednictvím prvků AR je dokonce možné z centra vzdáleně řešit drobné závady a údržbu. V ČR je zatím vyšší míra digitalizace ve fázi zavádění, nicméně v rámci koncernu se již realizují pilotní projekty digitalizace. Na severu Evropy již byl dokonce spuštěn vysoce autonomní závod.

Pro vlastní implementaci digitalizovaných technologií má společnost sestaven tým technologů s experty na digitalizaci. Tým řeší nejen koncepční návrhy technologických změn, ale i v detailu navrhuje konkrétní formu a podobu výrobních linek, jako jsou například vhodné zásobníky, ventily, potrubí, čerpadla, ovládací panely a další součásti výrobních a transportních aparatur. Při jejich volbě jsou zvažována kritéria bezpečnosti, životnosti a jednoduché obslužnosti – jsou zpravidla dotykové a intuitivní. Společnost plánuje využívat takto nashromážděné časové řady dat pro potřeby analýz a monitoring stavu výrobních linek. Zatím jsou tato data vyhodnocována pouze v omezené míře a pouze prostřednictvím ERP systému SAP ve spolupráci se společností Microsoft, která poskytuje významnou podporu celému koncernu. Do pěti let plánuje společnost vytvořit centrální server, popř. se připojit k centrálnímu serveru koncernu, díky čemuž bude možné sledovat v reálném čase, co je ve kterém závodě vyráběno a kontrolovat úroveň plnění plánů.

Ohledně motivace a podnětů k digitalizaci se primárně odvíjí od lokálních potřeb a návrhů. O investicích je pochopitelně rozhodováno z úrovně koncernu, přičemž návrhy obvykle přichází zdola z úrovně technologů a managementu společnosti. Zásadním kritériem pro přijetí jakéhokoli návrhu případné implementace nových technologií je akceptovatelná doba návratnosti investice. Tato doba by zpravidla neměla překračovat tři roky. To je důvodem, že některé nákladné technologie se v ČR s ohledem na kapacity a velikost produkce a prodeje nevyužívají, nicméně v rámci koncernu se mohou využívat například v Německu, které je co do velikosti trhu významnější.

Podnik rovněž přijímá návrhy na zlepšení od vlastních zaměstnanců. Tyto návrhy musí být prospěšné po stránce funkční, ekonomické a nesmí být v rozporu s požadavky konečného zákazníka.

Ohledně případného rozšíření digitalizované podoby komunikace v hodnotové síti se zatím tato forma nerozšířila ani na straně dodavatelů ani odběratelů. Uvnitř koncernu v případě interních dodávek je zásobování relativně automatizované dle reálného stavu zásob, systémy stavu zásob jsou vzájemně propojeny. Nicméně vně koncernu nedošlo k výraznějšímu digitálnímu propojení. Přijímání objednávek provádí podnik stále klasickými objednávkami, často přes e-mail i telefonicky. Není ani výrazněji sledován proces přepravy, či parametry produktu u zákazníka. U některých zákazníků je však dohodou zajištěno doplňování zásob vzdáleným sledováním úrovně zásob. Žádné systémy vyššího zainteresování spotřebitelů při návrzích produktů či spolupráce však nebyly doposud implementovány.

- **Přínosy a překážky**

Druhý okruh otázek cílil na vnímané přínosy a překážky implementace digitalizace. Dle respondenta je za největší přínos jednoznačně považována vnímaná nutnost udržení vedoucího postavení na trhu. Kontrolovaný proces výroby zajišťuje kvalitu a tím zabezpečuje loajalitu a dlouhodobost vztahu se zákazníky spolu s pozitivním image a PR společnosti.

Dalším vnímaným přínosem pro podnik je úspora v počtu kvalifikovaných zaměstnanců obsluhy. Během let 2019-2021 se v důsledku pandemie COVID-19 naplno projevíly případné hrozby v případech vyšší nemocnosti pracovníků obsluhy, kdy na udržení chodu museli být do výroby povoláni zaměstnanci z jiných pozic, často s odlišnou kvalifikací. Vyšší míra automatizace a autonomie by ušetřila hned několik pracovních pozic, dosavadní úspory na jedné automatizované lince například snížily potřebu obslužného personálu ze čtyř na dva v každé směně.

Další přínos je spatřován v digitalizaci obalů přes SW e-Label. Díky tomu je možné sledovat každý obal, tj, produkt jak uvnitř závodu, tak i u přepravce nebo zákazníka. Díky schopnosti dohledat pomocí EAN kódů jednotlivé šarže výrobků, a tak v případě nekvality či jiného pochybení mohou být produkty včasné staženy z trhu, případně z podniků odběratelů, což je vnímáno i jako přínos a zvýšení důvěry pro zákazníky.

Nejvýraznější překážkou je potřeba provést digitalizaci na míru pro každý jednotlivý závod zvláště, protože každý je možné považovat za unikátní, výrobní technologie a postavení společností v rámci koncernu se vyznačuje vysokou mírou variability, případné digitalizace nelze jednoduše zevšeobecnit a použít na všechny společnosti ve skupině. V případě digitalizace u všech závodů by se tak jednalo o obrovskou investici, k čemuž se koncern v dohledné době nechystá.

Obecně lze konstatovat, že finance představují zásadní omezující faktor. Koncern neplánuje uvolnit prostředky na skokové a radikální změny provozů společnosti, a tedy digitalizace musí probíhat postupně, jak se krátí životnost či zhoršuje technický stav zařízení a výrobních linek.

Dalším problémem může být jistá míra obav zaměstnanců, že se s novými technologiemi potažmo systémy nenaučí pracovat. Dosavadní zkušenost však naopak spíše potvrzuje, že po

zaučení a osvojení obsluhy nových technologií zpravidla zjišťují, že je práce méně náročná. Nicméně jistá míra osvěty a tlaku na prosazení změn je nutná i na úrovni zaměstnanců.

Poněkud překvapivé je nízká míra vnímání překážek ze stran IT bezpečnosti. Podle zástupce společnosti se informativní bezpečnost sleduje neustále uvnitř závodu, přičemž ale velká část koncernu využívá globální servery a koncernové ochranné protokoly a firewall. Společnost průběžně dělá testy odolnosti systémů a je si maximálně vědoma důležitosti ochrany dat, nicméně IT bezpečnost není vnímána jako zásadní překážka digitalizace.

- **Míra využívání jednotlivých technologií digitalizace**

Využití senzorů je zde pochopitelné a odpovídající charakteru procesních výrob, ve kterých se přesunují a reagují objemy materiálů v různých skupenstvích, teplotách a tlacích. Většina senzorů sleduje a měří hmotnosti, tlaky a teploty. Děje se tak za účelem aktuálního a průběžného sledování stavu výrobního či transportního procesu a napomáhají regulovat proces pro operátory a manipulanty. Pouze malá část senzorů zatím může načítat data v časových řadách a průběžně je ukládat a vyhodnocovat. Jednotlivá zařízení či senzory zpravidla nejsou připojeny k internetu, třebaže část z nich disponuje jistou kapacitou vnitřní paměti a úložiště. Těchto dat se však příliš nevyužívá, jejich analýza by se musela provádět až po jejich exportu do vhodného analytického softwaru.

V současné chvíli využívají v některých závodech technologií virtuální a rozšířené reality. V omezené míře se využívá např. VR k zaučení zaměstnanců, a k seznámení a pohybu po pracovišti, a to zejména pro provoz, kde jsou zpřísněné bezpečnostní režimy, například z důvodu nebezpečných koncentrací plynů či jiných těkavých látek. Na úrovni koncernu se zvažuje využití VR pro návrh modelu závodu, na kterém by se mohli zaučovat zaměstnanci, přičemž závod nemusí ani fyzicky existovat. Tento model by zároveň sloužil k úpravám před výstavbou závodu. Po výstavbě závodu by již zaměstnanci byli schopni se v prostředí orientovat a v případě potřeby věděli tzv. „o každém ventilu“ (co ovládá).

Rozšířenou realitu rovněž omezeně využívají např. v případě potřeby podpory u zákazníků, nebo i v jednotlivých výrobních, kde pomocí chytrých brýlí mohou předávat zkušenější pracovníci z centrálního pracoviště rady pracovníkům, jež se nachází v daném provozu (často využívané například při servisu).



AR využívají i při prodejkách, kde lze pomocí aplikace umístit výrobní zařízení do prostoru. U tohoto zařízení lze v daném prostředí simulovat jeho chod, a tak pozorovat slabá místa (ergonomičnost, návaznost na další zařízení), ještě před jeho skutečným umístěním do provozu. V zahraničí využívá koncern i aplikaci pro řidiče dopravních prostředků, jenž jim pomáhá jezdit efektivněji a šetřit pohonné hmoty a v konečném důsledku i životní prostředí. Tato aplikace se snaží zohlednit mnoho faktorů. V součtu všech transportů se jedná o významný finanční i environmentální efekt, protože globálně tato společnost urazí se svými výrobky až miliardu kilometrů ročně.

Digitalizované technologie se využívají i při plnění do transportních obalů. Pro každý výrobek je na základě EAN kódu určena hmotnost konečného výrobku. Průběžnou kontrolou hmotnosti lze řídit nejen proces plnění, ale v případě hmotnostní nesrovnalosti po dokončení plnění může být produkt vyřazen z důvodu neshody, přičemž je dále analyzováno, zda došlo k závadě na plnicí lince, produktu, obalu nebo z jiné příčiny. Takto lze předejít nehodám s poničenými transportními obaly případně při záměně obalu, ale i produktu samotného.

Údržba ve společnosti 1 probíhá zejména preventivně, kde výměna dílů či údržba nastává zpravidla na základě určeného počtu hodin chodu zařízení. V ČR se zatím prediktivní údržba na základě sběru dat nevyužívá, nicméně v rámci koncernu se již prediktivní údržba využívá, je založená např. na principu sledování a změny frekvence kmitů uvnitř zařízení.

Společnost má vytvořenu silnou konkurenční výhodu zejména díky faktu, že je součástí nadnárodního koncernu. Společnost vychází z potřeb a návrhů svých zaměstnanců a díky tomu digitalizaci provádí racionálně, i když postupnými kroky. Zavedením jednoduchých kritérií úspěšnosti pro návrhy z oblasti digitalizace se společnost snaží zabránit prodělečným a nefunkčním inovacím, které by nedávaly smysl. Další výhodou je pro inovativní přístup koncernu v zahraničí, odkud mohou spolehlivě fungující a ověřené inovace proniknout do praktického využití v závodech v ČR. Těmito kroky se společnost vyhýbá neefektivitě a špoří finanční i pracovní zdroje. U některých zařízení neproběhla a nejspíše ani neproběhne dodatečná digitalizace. Lze očekávat, že tato zařízení budou do budoucna nahrazena novými zařízeními, která již budou s digitální podporou, a tudíž i schopná sbírat data v čase a sloužit k dalšímu zpracování.

Nevýhodou je historicky dané rozmístění závodů v republice i místní uspořádání útvarů v každém z nich, které je pro každý závod/areál specifické. Kvůli tomuto vlivu nelze digitalizaci jednoho ze závodů použít bez úprav a přizpůsobení pro digitalizaci dalších

závodů. Dalším nedostatkem je současný systém objednávek, který prozatím není automatizován.

Doporučení formulovaná pro tuto společnost by bylo možné rozlišit na úrovně organizační a technickou.

Z organizačního pohledu se nabízí zvážit možnost hloubkové analýzy stavu digitalizace podniku jako celku a návrh komplexnějšího plánu postupné digitalizace celého závodu v přesněji popsanych krocích, tedy podpořit digitalizaci spíše ze strategické úrovně řízení oproti současné taktické úrovni, která často generuje podněty „zdola“. Zásadním je posouzení, zda by nebylo vhodné pro stávající nedigitalizované, případně zastaralé zařízení uvnitř závodu vytvořit analýzu, zda a kdy zařízení nahradit případně dodatečně digitalizovat a toto realizovat pro všechna zařízení napříč závodem. Tím by byl vytvořen komplexní plán digitalizace. V případě, že by zařízení nebylo možné či efektivní digitalizovat, bylo by vhodné formulovat termíny náhrady zařízeními připojitelnými k interní síti se schopností přenášet data.

Dalším doporučením je návrh zavést více monitorovacích indikátorů pro posouzení benefitů digitalizace, oproti tradiční návratnosti tak zařadit např. i míru bezpečí obsluhy, změnu efektivity, kvality, úspory zdrojů atp.

Z technických řešení je na zvážení propočítat efektivitu a případně implementovat některá autonomní či poloautomatická řešení. Jedním z nich by mohlo být využití autonomních paletových vozíků v areálu. Tyto vozíky by se mohly pohybovat po areálu bez obsluhy a předcházet případným nehodám. Dalším doporučením je zavedení rámců/ramen/dronů pohybujících se po areálu se schopností skenovat EAN kódy na vrácených obalech. Tato řešení by mohla skrze internet informovat již zmiňované vozíky o poloze a obsahu palet. Mohly by tak být nahrazeny výkony operátorů, kteří skenují obaly ručními skenery a vždy je zde riziko lidské chyby (přehlédnutí).

Navzdory popsaným doporučením je možné konstatovat, že společnost 1 přistupuje k digitalizaci proaktivně a racionálně. Postupuje na základě zdravých zásad a ekonomicky odůvodnitelných pohnutek. Třebaže tempo digitální transformace je vázáno na obnovu zastaralého zařízení za nové, je tento přístup oprávněný, neboť společnost neidentifikovala aktuální rizika ztráty konkurenceschopnosti či jiných negativních dopadů spojených s dosavadním tempem a stavem digitalizace. Samotné zvážení, zda je přijatelné podpořit vyšší míru investic do digitalizovaných technologií, musí vycházet z ekonomické reality a

strategických záměrů společnosti a koncernu. S ohledem na zachování konkurenceschopnosti i do budoucna se však toto doporučení jeví jako vhodné a žádoucí.

V bodech lze společnosti číslo 1 doporučit:

- Automatizaci systému objednávek.
- Vytvořit komplexní plán postupné digitalizace na základě analýzy výrobních zařízení.
- Zavedení více monitorovacích indikátorů pro posouzení benefitů digitalizace.
- Zavedení autonomních paletových vozíků.
- Zavedení rámu/ramen/dronů pohybujících se po areálu se schopností skenovat EAN kódy na vrácených obalech.

## 4.2 Charakteristika společnosti 2

Společnost si vzhledem k ochraně konkurenční výhody vymínila právo zůstat v anonymitě, zejména s ohledem na případné reakce konkurence. Společnost je součástí nadnárodního koncernu a v České republice provozuje tradiční závod pro výrobu výrobků spotřební chemie, zákazníkům nachází jak v soukromém, tak i ve veřejném sektoru. V závodě je zaměstnáno přibližně 390 zaměstnanců a jedná se o tradiční podnik s více jak 140letou historií, který v dnešní podobě vznikl na půdorysu závodu z šedesátých let minulého století. Společnost se ve 21. století stala součástí významného nadnárodního koncernu s dlouholetou tradicí po celém světě, který se prezentuje po řadu celosvětově známých značek. S výrobky této společnosti se tak setkávají zákazníci již po několik generací každý den. Cílem společnosti je nabízet výrobky a služby prvotřídní kvality, a tím zlepšit životy spotřebitelů. Mezi hlavní cíle patří udržitelnost, bezpečnost, kvalita a kladné dopady na společnost.

Rozhovor byl proveden na základě podrobného scénáře dotazování (viz příloha 1) opět metodou hloubkového rozhovoru. Dotazovanou osobou byl výrobní ředitel odpovědný krom vlastního provozu i za postupnou implementaci digitalizace ve výrobním procesu.

- **Přístup podniku k digitalizaci**

Společnost si uvědomuje důležitost digitalizace, a proto jí dlouhodobě věnuje zvýšenou pozornost. Digitalizace byla prováděna postupně, a i u starších zařízení proběhla modernizace, jež umožnila sběr dat. Doslovně se jednalo o „nová střeva ve starých zařízeních“. Vedení společnosti nejen naslouchá podnětům svých zaměstnanců, ale snaží se je

motivovat ke vzdělání a v konečném důsledku k implementaci jejich návrhů, s tím, že se stávají experty a lídry v dané problematice. Proaktivní a pozitivní přístup k zaměstnancům, a naopak i zainteresovanost a loajalita zaměstnanců samotných je patrná i z mediálních prezentací zaměstnanců společnosti, které umísťuje do veřejného prostoru a sociálních médií.

V podniku jsou odpovědní za implementaci digitalizace především vedoucí pracovníci, jejich úkolem je zvolit k digitalizaci zařízení či část provozu podle kritérií významnosti a efektivity. Jejich cílem je v průběhu modernizací nejen efektivita procesů samotných, ale i jednoduché pravidlo nepřidělovat „zbytečnou práci“. Společnost spatřuje a proklamuje jako jeden z největších potenciálů zejména své zaměstnance.

Třebaže se jedná o relativně technologicky jednoduché výrobní procesy, nelze zcela odstranit vliv lidského faktoru. Pracovníci zastávají převážně dozorovou, ale i manipulativní funkci. Dozorovou funkci vykonávají zejména výše postavení technologové z velínů a operačních center. Práce manipulátů se limitovala do podoby pouze zakládat vstupní suroviny, materiály a obalový materiál ke strojům a linkám, které si je poté samy odebírají a pracují s ním.

K vyhodnocování slabých míst v podniku využívají analýzu ztrát, s tím že sledují, které ztráty lze odstranit, aplikují metodu vlastních Balanced Scorecards, ale i jiných nástrojů Lean Managementu. Respondent uvedl že, analýza ztrát a efektivity je tím zásadním kritériem jak pro hodnocení procesů, tak i pro rozhodování o digitalizaci. Společnost je historicky limitovaná starším areálem a rozmístěním provozů z šedesátých let, ale i přes to je možné zajistit jak digitalizaci, tak i plnou funkčnost provozů.

Pozice společnosti je výjimečná i vůči samotnému nadnárodnímu koncernu, protože se v řadě technologií stala jakýmsi pilotním „projektem“ pro implementaci nových digitálních řešení, které se pak následně mohou využít napříč koncernem. Z toho důvodu je patrná výrazná organizační, finanční i mediální podpora koncernu, což umožňuje realizovat na poměry České republiky výrazně nadčasová řešení.

- **Přínosy a překážky**

Hlavním přínosem je udržení konkurenceschopnosti, celková kontrola nad výrobním procesem poskytuje oprávněný pocit, že nabízené produkty jsou v porovnání s konkurencí vysoce kvalitní a konkurenceschopné. Nákladovost výrobního procesu s nízkou úrovní ztrát

pak dovoluje i spolu s vysokým využitím kapacit nabízet kvalitní produkty za přijatelnou cenu.

Nicméně rovnocenným se jeví přínos směrem k zaměstnancům, pro které vytváří společnost zcela průlomová až radikální zefektivnění a zjednodušení manuální práce. To již v minulosti mělo za následek pokles pracovníků – manipulantů, (kteří byli nahrazeni stroji) a bylo je možné po rekvalifikaci využít na jiných pozicích. V ojedinělých případech dochází i k propouštění, nicméně právě důrazem na lidský potenciál a znalosti, se pracovníci společnosti stávají na trhu práce žádanou komoditou a vstupují na trh práce s vysokou přidanou hodnotou a výhodou. Nezřídka tak nastupují na vyšší pozice nežli v dosavadní práci. Jak již bylo zmíněno v úvodu představení společnosti, zaměstnanci jako aktivum společnosti výrazně těží z ulehčení práce, které poskytují právě digitalizované procesy.

Jako další vnímanou výhodu lze uvést finanční úspory, ať již v případech úspory zdrojů, tak i vyšší kvality, popř. i úpravy produktu, které však nesmí zhoršit atributy kvality pro zákazníky. Díky centrálnímu koncernovému řízení je výrobní plán tvořen na 30 hodin dopředu, což je s ohledem na vysokou modularitu a rychlost přechodu i náběhu výrob dostačující. Následkem je vysoká míra flexibility výroby zaměřená jednak na potřeby zákazníka (zejména v případě vyšších poptávek při promo akcích prodejců), tak i úrovně operativních zásob v distribučních centrech po Evropě. Společnost se v úrovni kontroly a monitoringu procesu snaží a částečně již i dostává na tak vysokou úroveň, při které bude umožněno dokladovanou kvalitou procesů samotných minimalizovat nutnost průběžné i finální kontroly kvality produktů. Harmonizovaný a kompletně kontrolovaný výrobní systém a další řízené pomocné a obslužné procesy nápomocné výrobnímu procesu, umožní absolutně eliminovat nekvalitu a tím opět posunout míru konkurenceschopnosti na vyšší úroveň

Dalším přínosem je jednak možnost rozšířit dosavadní řešení napříč koncernem a tím podpořit ziskovost v konsolidovaném výsledku hospodaření, ale i případně rozvinout know-how a aplikovatelnost zavedení digitalizace i do jiných oborů podnikání.

Překážky případného rozmachu digitalizace nejsou s ohledem na podporu koncernu nijak zásadní. Patrně nejvíce zásadní je nedostatek strojařů a pracovníků v oboru informatiky. Míra digitalizace a rozsah napříč podnikem přímou úměrou generuje požadavek na vyšší počty IT specialistů, ale i technických pracovníků. Ti však bohužel na pracovním trhu dlouhodobě nejsou, a proto si společnost tyto pracovníky vychovává pomocí přeškolení z jiných profesí i pozic. Díky tomu se daří tempo digitalizace udržovat, nicméně dalšímu zrychlení již

objektivně brání jak zmíněný nedostatek lidského potenciálu, tak i požadavek na udržitelnost již digitalizovaných procesů.

Byla rovněž zmíněna rizika kybernetických útoků, proto má společnost propracované úroveň obrany a protokoly práce s daty. Vše je chráněno firemním firewallem a práce s daty se uskutečňuje jednak v několika vrstvách a také s využitím záloh jak v cloudu, tak i na vlastních serverech. Úroveň ochrany přístupu do systému je natolik vysoká, že zahrnuje např. i deaktivaci každého USB portu v podniku.

- **Míra využívání jednotlivých technologií digitalizace**

V celém závodu se využívají senzory, které monitorují výrobu. Tyto senzory produkují velká množství dat, jež jsou dále zpracovávány. Data vznikají od vstupu materiálu, až k finálnímu balení na váze, která zvaží každý jednotlivý dávkovaný výrobek až po konečné uskladnění a zabalení na transportní paletě.

Pomocí dat jsou analyzovány dlouhodobé i nahodilé odchylky. Odchylky mohou vzniknout mimořádnou vadou, nebo změnou složení výrobků (pro tento obor podnikání je typická širší variabilita výrobků – vyrábí přes 500 výrobků). Měření tohoto parametru zabraňuje klamání spotřebitele, a zároveň působí jako prevence před nečekanými ztrátami (pro dokreslení významu monitoringu lze uvést, že v případě 1% ztrát, představují ztráty desítky milionů korun).

Vysoká míra autonomie a automatizace je patrná zejména v obalovém hospodářství a zakládání výrobků na palety. V případě jakékoliv poruchy informují senzory obsluhu a zabrání tak rizikovému umístění výrobků na paletě. Transport palet je automatický a manuálně bezobslužný, probíhá po vícero transportních linek, a tak i v případě potíží a zastavení transportu jsou palety dopravovány alternativními cestami.

Společnost využívá připojení linek k interní síti (Internet věcí). Cloudových služeb je využíváno částečně, se záměrem, že výroba je řízena počítači uvnitř podniku, a pro potřeby fungujícího systému je SW i HW vybavení dostatečné, navíc umožňuje i jistou nezávislost na vnější síti.

Své uplatnění v podniku našel i 3D tisk. Používá se zejména pro výrobu prototypů, ale i náhradních dílů do přístrojů, kde vlastní přeškolení pracovníci zvládají nejen obsluhu 3D tiskáren, ale naučili se i designovat (navrhovat) vlastní předlohy. Zejména tato okolnost je

v konečném důsledku rovněž předmětem úspor, protože společnost nemusí nakupovat celé nové výrobky ani platit za digitální návrhy.

V závodech se v posledních dvou letech podařilo harmonizovat osazení senzorů ve výrobě do takové úrovně, že celá výroba mohla být zdigitalizována do kybernetické vrstvy a vznikl prakticky úplný digitální obraz výrobního systému (digitální dvojče). Díky tomu je možné z velínů najet výroby i řídit přechody bez nutnosti fyzické obsluhy. V tomto směru se jedná o naprostý soulad s aktuálními trendy výroby v digitalizovaném světě a tento počín je navíc vzácný i faktem, že byl proveden na již existující výrobě, tzn. nikoliv postaven kompletně od základů – došlo k digitalizaci původních zařízení a částí linek.

Data se využívají i pro potřeby prediktivní údržby, nicméně zde jsou spatřovány drobné nedostatky, neboť úroveň chodu zařízení se odvozuje ze sledování jednotlivých technických parametrů. Těmito parametry jsou například teplota a vibrace zařízení a z nich je odvozována nutnost údržby, doposud nebyly implementovány systémy, které by stav zařízení samy vyhodnocovaly či na bázi AI predikovaly.

Podnik testoval i technologie VR a AG, nicméně bylo vyhodnoceno, že jejich přínos k výrobě a efektivitě není dostatečný pro masovější implementaci. Jeden projekt na využití Machine Learning a AI byl po pilotní fázi zastaven rovněž pro nízký vnímaný pokrok a přínos.

Míru digitalizace v podniku je možné označit na poměry v České republice za absolutně nadstandardní. V každém ohledu implementace digitalizace je možné podnik ohodnotit jako velice úspěšný a podstatnou část digitalizace má již zvládnutou.

Nicméně i zde je patrná zajímavá okolnost, že třebaže společnost nemá žádných limitů ze strany koncernu (ochota, finance, míra samostatnosti, aj.), samotná rychlost digitalizace je determinována spíše potřebou prosté obnovy současného stavu zařízení. Je zvažována životnost stávajícího zařízení a není zájmem nahrazovat zařízení před koncem životnosti či zastaráním (fyzickým i morálním). I zde je rozhodnutí o digitalizování řízeno ekonomickou racionalitou a smysluplností. Respondent potvrzuje, že digitalizace není cílem a ani pro takto pokročilou fázi digitalizace nebude pravděpodobně cílem vytvořit autonomní „smart factory“ v režimu bezobslužného provozu.

Do budoucna se ani nepředpokládá, že by bylo možné a žádoucí řídit výrobu vzdáleným přístupem, a pro zaměstnance ve výrobě tak zůstane obvyklý pracovní režim docházení na pracoviště.

Názorem autora je (v takto již výrazně pokročilém autonomním a automatickém systému) pokusit se ještě více podpořit autonomii paletového hospodářství a alespoň v omezené míře uvažovat o zavedení autonomních systémů transportu. A to např. autonomní paletové vozíky či další dopravníky, které by mohly nalézt uplatnění ve skladech i manipulačních úkonech a dopravovat materiál, polotovary, popř. produkty a od výrobních linek. Minimalizovat tak rizika nehod při běžném provozu transportních vozíků řízených lidmi. Dále by bylo možné použít ve výrobě robotická ramena schopná navádět fólii do podavače výrobního zařízení. Tato kombinace společně s automatickými vozíky by mohla nahradit pracovníky, kterých je na současném pracovním trhu málo.

Tato společnost generuje ve své výrobě velké množství dat, která by šla ještě lépe využít, v případě sladění toků s odběrateli. K tomuto kroku lze využít vhodný software případně aplikaci, na jejímž používání by se shodlo více společností. V této souvislosti lze využít i internet věcí, který by napomohl k zásobování i v menších společnostech, a dokonce i obyčejných domácnostech. Funkci by zde měl jako podpora řízení a monitorování stavu zásob. S těmito daty by mohla také pracovat umělá inteligence, která by na základě algoritmů byla schopná vyhodnotit, které produkty je vhodné produkovat v daný moment. Kvůli ochraně těchto dat by pak bylo zapotřebí vytvořit dostatečnou ochranu proti útoku hackerů. Potenciální uplatnění má zde i smíšená realita. Zejména virtuální realitu by v tomto podniku šlo využít k zaškolování pracovníků a následně augmentová realita by pomáhala již zaučeným pracovníkům v jejich výkonu práce, zejména pak při údržbě. Tato firma začíná pomalu používat prediktivní údržbu. V tomto směru by bylo vhodné i nadále pokračovat do větší hloubky, kde může působit jako prevence před haváriemi a také může být předmětem úspor.

Navštívená společnost využívá 3D tisk, k základním účelům. Tato technika má širší potenciál, a proto by bylo vhodné, aby s tímto zařízením umělo pracovat více lidí než pouze jeden jedinec. Možnost využití volných kapacit 3D tiskárny lze poskytovat dále jako službu externím společnostem.

V bodech lze společnosti číslo 2 doporučit:

- Podpora autonomie paletového hospodářství.
- Zavedení autonomních systémů transportu.
- Zavedení robotických ramen do výroby.
- Lépe sladit informační toky odběrateli za pomoci softwaru.
- Zavést využití internetu věcí, který by plnil funkci podpory řízení a monitorování stavu zásob.



- Zavést umělou inteligenci, která by pomáhala koordinovat množství vyráběných produktů.
- Zavést virtuální a augmentovou realitu.
- Hluběji se zaměřit na prediktivní údržbu.
- Více využít potenciál 3D tisku.
- Odpovídajícím způsobem k potenciaálním změnám uzpůsobit i kybernetickou bezpečnost.

## ZÁVĚR

Tato práce se zabývá úrovní digitalizace a specifiky digitalizace v chemických podnicích v rámci klíčové technologie charakteristické pro čtvrtou průmyslovou revolucí. Digitalizace pro mnoho společností znamená příležitost, ale i ohrožení na cestě k dosažení konkurenceschopnosti a udržitelnosti podnikání. Tento trend se stále rozvíjí a vyspělé společnosti se snaží si v tomto ohledu udržet výhodné postavení. Zda jsou chemické podniky s tímto trendem v souladu a uvědomují si význam pro budoucí úspěšné podnikání, měla ověřit tato práce. Teoretická část práce se skládá ze tří kapitol s cílem zmapovat podstatu digitalizace a vymezit specifika pro chemické podniky

V první kapitole je představen Průmysl 4.0, jeho charakteristika, vývoj jednotlivých průmyslových revolucí a rozvoj digitalizace jakožto základního nástroje a technologie spojované s Průmyslem 4.0.

Druhá kapitola je věnována základním prvkům digitalizace, které byly popsány a jsou základem pro implementaci a funkci digitalizace. Těmito prvky jsou: Big data, senzory, internet věcí, Cloud, umělá inteligence, datová analytika a informační bezpečnost. Dále je druhá kapitola věnována vybraným praktickým aplikacím digitalizace v průmyslu. Těmito aplikacemi byli: autonomní roboti, virtuální a rozšířená realita, digitální dvojče, prediktivní údržba a 3D tisk.

Třetí kapitola je věnována digitalizaci v chemickém průmyslu, kde jsou vymezeny technologie využitelné v chemickém průmyslu a zmapována jejich specifika. Je zdůrazněno a teoreticky podloženo, že i v chemickém průmyslu bude digitalizace nakonec nutností k zajištění konkurenceschopnosti podniku. Vyzdvihnuty jsou zde požadavky na transparentnost v dodavatelsko-odběratelských sítích v oblasti dat, která pomáhají vytvořit optimální výrobní modely napříč všemi podniky v již zmiňované síti. Dále je zde popsána důležitost cirkulární ekonomiky, jež pomáhá ušetřit kromě financí i surovinové a energetické zdroje. Nelze opomenout ani sofistikovanost softwarů, které nacházejí potenciál na poli vědy při vývoji a syntéze nových sloučenin.

Ve čtvrté kapitole je popsán výzkum, jež byl na základě scénáře dotazování proveden ve dvou chemických podnicích. Výzkum probíhal formou strukturovaného dotazování s odpovědnými pracovníky na pozicích výrobních technologů a ředitelů. Obě firmy jsou leadery ve své oblasti podnikání, mají dostatek finančních prostředků k rozvoji, jakož i podporu vedení koncernu. Všechny finanční prostředky musí oba dotazované podniky prokazatelně správně investovat.

Tyto investice jsou prováděny na základě kritérií, která zajistí, že finance na rozvoj digitálních technologií v těchto podnicích nebudou vynaloženy špatným směrem.

Z výzkumu vyplývá, že společnost č.1 je průmyslem 4.0 velmi ovlivněna. Například v praxi využívají virtuální realitu, která napomáhá k zaučování nových zaměstnanců. Ve svém závodě používají EAN kódů k třídění typů lahví dle velikosti a použití. Digitalizace má dopad na práci zaměstnanců, kteří k práci používají firemní aplikace. Tato společnost využívá mnoho prvků digitalizace, které napomáhají lepší efektivitě napříč celým koncernem. Ovšem i v tomto závodě byly nalezeny drobné nedostatky, které chybí k ideální digitalizaci podniku. Všechny tyto nedostatky byly v podniku sepsány v podobě doporučení, jež jsou v této práci zmíněny u popisu podniku.

Podnik č. 2 se do průmyslu 4.0 zapojil v takové míře, která je znatelná v celém závodě. Tato společnost má dobře zavedené procesy balení a přepravy uvnitř areálu. Všechny tyto procesy spojené s přepravou a balením jsou plně automatizované a většinou u nich není třeba lidských zásahů, které by ovlivňovaly průběh těchto procesů. Tato společnost vlastní 3D tiskárnu, kterou využívá pro tvorbu prototypů a náhradních dílů. Na tomto přístroji pracuje vyškolený zaměstnanec. Tímto přístupem se společnost č. 2 stává soběstačnější a více konkurence schopnou. Ovšem i u této společnosti byla sepsána doporučení, která by mohla vést ke zlepšení digitalizace a automatizace výroby. Obě tyto společnosti však autor považuje za velmi vyspělé a schopné ve zvládnutí digitalizace co by nástroje průmyslu 4.0.

Souhrnem za obě zkoumané společnosti bylo potvrzeno, že digitalizace pomáhá usnadnit lidem práci, zvýšit produktivitu, snížit náklady, a tím v konečném důsledku posílit konkurenceschopnost. Kvůli jedinečnosti výrobních závodů nelze digitalizaci provádět u všech podniků s různými obory podnikání stejně, ale lze využít principů analogie. Jako klíčové se projevilo obohacení závodů o senzory, schopné sbírat a distribuovat data v reálném čase a následně je zpracovávat s cílem zefektivnit výrobu a tím získat přidanou hodnotu pro zákazníka prostřednictvím správné analýzy těchto dat. Názorem autora je, že Česká republika nezůstává pozadu, a to právě díky těmto průkopnickým společnostem nacházejícím velký potenciál v kreativitě zaměstnanců.

Velmi důležitým požadavkem je digitalizaci provádět takovým způsobem, aby ji zaměstnanci zvládali chápat a ovládat. V takovémto případě digitalizace plní svůj účel. Zde bohužel narážíme na nedostatek pracovníků v oblasti informačních technologií.

Do budoucna lze očekávat, že se digitalizace stane součástí jak běžného života, tak i průmyslu. Zejména z těchto důvodů by bylo vhodné, aby se průmysl 4.0 stal celospolečenským zájmem a předmětem investic.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ABC3D. *3D TISK, PRINCIPY, TECHNOLOGIE* [online]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.abc3d.cz/o-3d-tisku-neprehlednete/3d-tisk-principy-technologie>
- [2] ABRIATA, Luciano a Fabio CORTES, 2020. *Molecularweb* [online]. Lausanne [cit. 2022]. Dostupné z: <https://molecularweb.epfl.ch/>
- [3] ADAM, Radim, 2016. *Průmysl 4.0 a praxe* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf\\_articles/9500.pdf](https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/9500.pdf)
- [4] AGRI-PRECISION. *Autonomní polní roboti* [online]. Brno [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.agri-precision.cz/produkty/polni-roboti>
- [5] AKADEMIE VĚD, České, 2017. *Technology brief: Technologie pro Průmysl 4.0* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://vedavyzkum.cz/z-domova/technologicke-centrum-av-cr/technology-brief-technologie-pro-prumysl-4-0>
- [6] ALTITUDETVMCOM, 2020. *Porozumění digitální revoluci a historii a dopadu digitální revoluce* [online]. AltitudeTVMcom [cit. 2021]. Dostupné z: <https://altitudetvm.com/cs/komputer/1509-pengertian-revolusi-digital-beserta-sejarah-dan-dampak-revolusi-digital.html>
- [7] AMAZON, AWS, 2022. *About AWS* [článek]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://aws.amazon.com/about-aws/>
- [8] ANURAG, 2017. *Smišená realita - směs rozšířené reality a virtuální reality* [online]. Lucknow [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.newgenapps.com/cs/blogy/sm%C3%AD%C5%A1en%C3%A1-realita-pro-podniky/>
- [9] AUTOCONT, 2022. *Ochrana dat před únikem a krádeží* [online]. Ostrava [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.autocont.cz/portfolio/kyberneticka-bezpecnost/ochrana-dat-pred-unikem-a-kradezi>
- [10] AXIANS, 2022. *Jak probíhá kybernetický útok?* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.axians.cz/cs/novinky/jak-probiha-kyberneticky-utok/>

- [11] AZURE, 2022. *Co je machine learning?* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/overview/what-is-machine-learning-platform/#benefits>
- [12] BASF, 2018. *Chemistry 4.0 – sustainable and digital* [online]. Ludwigshafen [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.basf.com/global/en/who-we-are/sustainability/whats-new/sustainability-news/2018/chemistry-sustainable-and-digital.html>
- [13] BASF, 2022. *Business Models of the Segments* [článek]. Verbund [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.basf.com/global/en/investors/basf-at-a-glance/business-segments/business-models.html>
- [14] BASF SPOL. S R.O., 2021. *BASF uplatňuje principy cirkulární ekonomiky v chemickém průmyslu* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/basf-uplatnuje-principy-cirkularni-ekonomiky-v-chemickem-prumyslu\\_52706.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/basf-uplatnuje-principy-cirkularni-ekonomiky-v-chemickem-prumyslu_52706.html)
- [15] BENEŠ, Filip, Lukáš KUBÁČ a Vladimír KEBO, 2013. *Rozšířená realita a RFID* [online]. Ostrava: Automa – časopis pro automatizační techniku, s. r. o [cit. 2022]. Dostupné z: [https://automa.cz/cz/casopis-clanky/rozsirena-realita-a-rfid-2013\\_01\\_0\\_10109/](https://automa.cz/cz/casopis-clanky/rozsirena-realita-a-rfid-2013_01_0_10109/)
- [16] BENEŠ, Vratislav, 2019. *BigData -- od buzzwordu k reálnému využití* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.ncp40.cz/files/bulletin-prumyslu-40-2019-06.pdf>
- [17] BIEGUN, Jiří, 2018. *Virtuální realita aneb Průmysl 4.0* [online]. Brno [cit. 2022]. Dostupné z: <https://biegunjiri.cz/clanky/119-virtualni-realita-aneb-prumysl-4-0/>
- [18] BILBAO-OSORIO, Beñat, Soumitra DUTTA a Bruno LANVIN, 2014. *The Global Information - Technology Report 2014* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GlobalInformationTechnology\\_Report\\_2014.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalInformationTechnology_Report_2014.pdf)
- [19] BÍLEK, Petr, 2021. *Virtuální realita: Historie prvních kroků* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://otechnice.cz/virtualni-realita-historie-prvnich-kroku/>
- [20] BLÜMELOVÁ, Kristina, 2020. *Big data v automobilovém průmyslu aneb data všude, kam se podíváš* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ict/big-data-v-automobilovem-prumyslu-aneb-data-vsude-kam-se-podivas\\_50941.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ict/big-data-v-automobilovem-prumyslu-aneb-data-vsude-kam-se-podivas_50941.html)
- [21] BRONIŠ, Vladimír, 2021. *Školení v brýlích přináší nové možnosti* [online]. ATOS [cit. 2022]. Dostupné z: <https://atos.net/cs/%20ceska-republika/virtualni-realita>

- [22] BŘEŠŤAN, Robert, 2021. *Digitalizace po česku: papíry, razítka a fronty* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://hlidacipes.org/digitalizace-po-cesku-papiry-razitka-a-fronty/>
- [23] CAMBRIDGE INNOVATION CENTER BOSTON, 2017. *Průmysl 4.0 (Industry 4.0)* [online]. Cambridge [cit. 2021]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/prumysl-40-industry-40>
- [24] CARRA, Damiano, 2014. *Cloud Computing* [Dokument]. Verona [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.corsi.univr.it/documenti/OccorrenzaIns/matdid/matdid493580.pdf>
- [25] CEJNAROVÁ, Andrea, 2015. *Od 1. průmyslové revoluce ke 4.* [Technický týdeník - článek]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4\\_31001.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html)
- [26] CEJNAROVÁ, Andrea, 2019. *UMĚLÁ INTELIGENCE: V BUDOUCNOSTI TO BEZ NÍ NEPŮJDE* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.visionsmag.cz/umela-inteligence-v-budoucnosti-to-bez-ni-nepujde>
- [27] CLOUDFORCE, 2021. *Tajemství Cloudu Odhaleno* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://cloudforce.cz/tajemstvi-cloudu-odhaleno/>
- [28] CONTROL ENGINEERING ČESKO, 2021. *Výhody IIoT* [online]. Český Těšín [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.vseoprmyslu.cz/digitalizace/prumyslovy-internet-veci/vyhody-iiot.html>
- [29] CRITCHLEY, Liam, 2019. *Where Nanotechnology, the IoT, and Industry 4.0 Meet* [online]. Mansfield [cit. 2022]. Dostupné z: <https://eu.mouser.com/blog/where-nanotechnology-the-iot-and-industry-40-meet>
- [30] CZECH TRADE, 2019. *Digitální revoluce: Drobní podnikatelé budou mít problémy* [Článek]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.businessinfo.cz/clanky/digitalni-revoluce-drobnipodnikatelebudoumitproblemy/?fbclid=IwAR1M-6\\_fSAWSEkwEKZSPNq-I0Yil\\_0J\\_HCmDQKEWXuGeB3ywaOD8GWjwT4Q](https://www.businessinfo.cz/clanky/digitalni-revoluce-drobnipodnikatelebudoumitproblemy/?fbclid=IwAR1M-6_fSAWSEkwEKZSPNq-I0Yil_0J_HCmDQKEWXuGeB3ywaOD8GWjwT4Q)
- [31] ČECH, Pavel, 2019. *Definice umělé inteligence dle Expertní skupiny na umělou inteligenci* [online]. Ostrava [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.pravniprostor.cz/clanky/pravo-it/definice-umele-inteligence-dle-expertni-skupiny-na-umelou-inteligenci>





- [42] DOSTÁL, Dalibor, 2020. *TOP 10 globálních trendů v cirkulární ekonomice. I Česko má co říci* [online]. Praha: BusinessInfo.cz [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/clanky/top-10-globalnich-trendu-v-cirkularni-ekonomice-i-cesko-ma-co-rici/>
- [43] DOSTÁL, Jiří, 2017. *Průmysl 4.0 a Společnost 5.0 – výzvy pro změnu (nejen) technického vzdělávání* [online]. Olomouc [cit. 2022]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/321781467\\_Prumysl\\_40\\_a\\_Spolecnost\\_50\\_-\\_vyzvy\\_pro\\_zmenu\\_nejen\\_technickeho\\_vzdelavani](https://www.researchgate.net/publication/321781467_Prumysl_40_a_Spolecnost_50_-_vyzvy_pro_zmenu_nejen_technickeho_vzdelavani)
- [44] EATON, 2015. *Kapacitní senzory* [online]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: <http://www.eatonelektrotechnika.cz/kapacitni-senzory.html>
- [45] EATON, 2015. *Indukční senzory* [online]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: <http://www.eatonelektrotechnika.cz/indukcni-senzory.html>
- [46] EATON a Elektrotechnika S.R.O., 2015. *Optické senzory* [online]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: <http://www.eatonelektrotechnika.cz/opticke-senzory.html>
- [47] ELVAC. *AUTONOMNÍ MOBILNÍ ROBOT* [online]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.elvac.eu/microsite/autonomni-mobilni-robot/index.htm>
- [48] EMANS, 2019. *ANATOMIE INTELIGENTNÍHO PRŮMYSLU: DIGITALIZACE A AUTOMATIZACE* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.anasoft.com/emans/cz/home/Novinky-blog/Blog/Anatomie-inteligentniho-prumyslu-digitalizace>
- [49] ERDELJAC, Filip. *Additive manufacturing – 3D tisk v průmyslu* [online]. Brno [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/10263-additive-manufacturing-3d-tisk-vprumyslu.html>
- [50] ERDELJAC, Tihomir, 2021. *Výzvy digitalizace – Průmysl 4.0* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/pdmpm/86-pdmpm/7972-vyzvy-digitalizace-prumysl-40.html>
- [51] EVROPSKÁ KOMISE, 2011. *Nářízení Komise (EU) č. 10/2011 o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami* [online]. Brusel [cit. 2022]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32011R0010>

- [52] EVROPSKÝ PARLAMENT, 2019. *Úřední věstník Evropské unie* [online]. Brusel [cit. 2022]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:52019IP0081>
- [53] EVROPSKÝ PARLAMENT, 2021. *Co je umělá inteligence a jak ji využíváme?* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20200827STO85804/umela-intelligence-definice-a-vyuziti>
- [54] FRIČ, Jan, 2021. *Automobilový průmysl široce využívá možnosti virtuální reality* [online]. Brno [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/automobilovy-prumysl-vyuziva-moznosti-virtualni-reality.htm>
- [55] GODDARD, William, 2021. *Pros and Cons of Big Data* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://itchronicles.com/big-data/pros-and-cons-of-big-data/>
- [56] GOGELA, Robert, 2011. *Standardy a definice pojmů bezpečnosti informací* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.cybersecurity.cz/data/Gogela.pdf>
- [57] HABIG, Sebastian, Oliver JANOSCHKA, ed., 2019. *ARC – AUGMENTED REALITY CHEMISTRY* [online]. Essen [cit. 2022]. Dostupné z: <https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/blog/arc-augmented-reality-chemistry>
- [58] HARAYAMA, Yuko, 2017. *Society 5.0: Aiming for a New Human-centered Society* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [http://www.hitachi.com/rev/archive/2017/r2017\\_06/pdf/p08-13\\_TRENDS.pdf](http://www.hitachi.com/rev/archive/2017/r2017_06/pdf/p08-13_TRENDS.pdf)
- [59] HAUGOVÁ, Alexandra, 2022. *Ochrana dat @BASF* [online]. Ludwigwafen [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.basf.com/global/en/legal/data-protection-at-basf.html>
- [60] HERMANN, Jan, Zeno SCHÄTZLE a Frank NOÉ, 2020. *Deep-neural-network solution of the electronic Schrödinger equation* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1038/s41557-020-0544-y](https://doi.org/10.1038/s41557-020-0544-y)
- [61] HERRMANN, Iris, Patrick HASLANGER a Tobias HELBICH, 2019. *How chemical companies can benefit from Quantum Computing* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/how-chemical-companies-can-benefit-from-quantum-iris-herrmann/>

- [62] HILTON, Simon, 2019. *Tři Způsoby, jak Digitalizace Posílí Chemický Průmysl, část 1* [online]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: <https://blog.agchemigroup.eu/tri-zpusoby-jak-digitalizace-posili-chemicky-prumysl-cast-1/>
- [63] HOLANOVÁ, Tereza, 2016. *Přijdete o práci? Tyto profese v Česku převezmou roboti, předpovídá analýza*. Praha. Dostupné také z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/prijdete-o-praci-tyto-profese-v-cesku-prevezmou-roboti-predp/r~404fc720db9811e59e52002590604f2e/>
- [64] HOLOUBEK, Jiří, 2016. *Téma Průmysl 4.0 je pro firmy nové a stále ještě neuchopené* [online]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: <https://adoc.pub/iniciativa-prmysl-40-je-reakci-na-kliove-vyzvy-formuluje-cil.html>
- [65] HOUSER, Pavel, 2019. *Kolik je dost, když jde o investice do kybernetické bezpečnosti?* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.itbiz.cz/zpravicky/kolik-je-dost-kdyz-jde-o-investice-do-kyberneticke-bezpecnosti>
- [66] HOUSER, Pavel, Pavel HOUSER, ed., 2019. *Umělá inteligence a chemické syntézy jako hry* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://sciencemag.cz/umela-inteligence-a-chemicke-syntezy-jako-hry/>
- [67] HW SERVER, 2004. *Měření teploty v průmyslu* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/mereni-teploty-v-prumyslu.html>
- [68] IBM CLOUD EDUCATION, 2020. *Machine Learning* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning>
- [69] IOT PORT, 2020. *Digital Twin: už jste někdy potkali digitální dvojče?* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.iotport.cz/digital-twin-uz-jste-nekdy-potkali-digitalni-dvojce>
- [70] IOT PORTÁL. *Co je IoT?* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.iot-portal.cz/co-je-iot/>
- [71] JAKUBOVÁ, Veronika, 2021. *IPv6: v čem je lepší než IPv4 a proč jeho nasazení v Česku zaostává?* [online]. Brno [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.master.cz/blog/ipv6-v-cem-je-lepsi-nez-ipv4-proc-jeho-nasazeni-v-cesku-zaostava/>
- [72] JAREŠ, Adam, 2019. *Investice firem do Průmyslu 4.0* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/investice-firem-do-prumyslu-4-0>

- [73] KELLER, Alexander, 2022. *Wachstum durch Innovation in einer Welt im Umbruch* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/de/de/pages/consumer-industrial-products/articles/chemie4-0.html>
- [74] KLEPÁRNÍK, Jan, 2022. *Rychlostní průtokoměry* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: [http://user.mendelu.cz/xklepar0/fls/sn\\_prrychlostni.htm](http://user.mendelu.cz/xklepar0/fls/sn_prrychlostni.htm)
- [75] KOŘOUSKOVÁ, Barbora, 2021. *INTERNET VĚCÍ (IOT): DEFINICE, PŘÍKLADY VYUŽITÍ, PRODUKTY* [online]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.rascasone.com/cs/blog/iot-internet-veci-definice-produkty-historie>
- [76] KOŘOUSKOVÁ, Barbora, 2021. *CO JE STROJOVÉ UČENÍ A JAK SOUVISÍ S UMĚLOU INTELIGENCÍ?* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.rascasone.com/cs/blog/strojove-uceni-ml-metody-klasifikace>
- [77] KOLAJA, Marcel, 2020. *Jak bude vypadat digitalizace v Evropě za pět let?* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.euroskop.cz/44/35120/clanek/jak-bude-vypadat-digitalizace-v-evrope-za-pet-let/>
- [78] KONEČNÝ, Pavel, Jana JENŠÍKOVÁ, ed., 2021. *Umělá inteligence v údržbě už není sci-fi* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: [https://antecom.cz/upload/tradenews/Trade\\_News\\_2021\\_09.pdf](https://antecom.cz/upload/tradenews/Trade_News_2021_09.pdf)
- [79] KPMG, 2017. *Chemie 4.0: Znovuobjevení chemické společnosti pomocí digitální transformace* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2017/06/reaction-chemistry-4-0-reinventing-the-chemical-company-with-digital-transformation.html>
- [80] KRÁTKÝ, Martin, 2020. *Jak bude vypadat digitalizace v Evropě za pět let?* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.euroskop.cz/44/35120/clanek/jak-bude-vypadat-digitalizace-v-evrope-za-pet-let/>
- [81] KRIŠTOUFEK, Karel, 1986. *Výpočetní a řídicí technika* [online]. Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, s. 376 [cit. 2022].
- [82] LACKO, Luboslav, Milan LOUCKÝ, ed., 2021. *Není robot jako robot* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: [https://www.cfoworld.cz/clanky/neni-robot-jako-robot/?fbclid=IwAR1ql71Yunb6UV4v2AsCYyP1JT2maCgmRXAbgg8sEwr3OeZT\\_kKTdF4DhwQ](https://www.cfoworld.cz/clanky/neni-robot-jako-robot/?fbclid=IwAR1ql71Yunb6UV4v2AsCYyP1JT2maCgmRXAbgg8sEwr3OeZT_kKTdF4DhwQ)

- [83] LANVIN, Bruno a Soumitra DUTTA, 2020. Washington DC [cit. 2022]. Dostupné z: [https://networkreadinessindex.org/2020/?fbclid=IwAR0dnjzoSjlU8O5zNdhbJCuOx7S0\\_eFk-2ZCM0qtjnLdHeuRdcLcr8GNF7Q](https://networkreadinessindex.org/2020/?fbclid=IwAR0dnjzoSjlU8O5zNdhbJCuOx7S0_eFk-2ZCM0qtjnLdHeuRdcLcr8GNF7Q)
- [84] LEY, Steven, Daniel FITZPATRICK, Ingham J. a Nikzad NIKBIN, 2015. *The Internet of Chemical Things* [Odborný časopis]. Cambridge [cit. 2022]. Dostupné z: doi:doi:10.3762/bmag.2.
- [85] LIEBREICH, Jiří, 2018. *Česko patří k hlavním centrům vývoje virtuální reality. Její boom ještě přijde, tvrdí Kotek* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/magazin/cesko-patri-k-hlavnim-centrum-vyvoje-virtualni-reality-jeji-boom-jeste-prijde-tvrdi-kotek-1346317>
- [86] LOUKOTA, Ladislav, 2018. *Umělá inteligence hledá léky místo inteligence lidské* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://zoommagazin.iprima.cz/zajimavosti/umela-inteligence-hleda-leky-misto-inteligence-lidske>
- [87] MACÁK, Oldřich, 2016. *Průmysl 4.0 má v Česku své místo* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/prumysl-4-0/iniciativa-prumysl-4-0--176055/>
- [88] MAŘÍK, Vladimír, 2016. *Průmysl 4.0 a jeho dopady v* [online]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: [http://www.copub.cz/userFiles/top-expo/tee-2016/marik\\_vladimir.pdf](http://www.copub.cz/userFiles/top-expo/tee-2016/marik_vladimir.pdf)
- [89] MAŘÍK, Vladimír, 2016. *NÁRODNÍ INICIATIVA PRŮMYSL 4.0* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: [https://www.spcr.cz/images/2015\\_02\\_03\\_Prumysl\\_4\\_0\\_FINAL.PDF?fbclid=IwAR0IGDLZb8ECYX2JxPL8neXHBWwJCCcCQVI8C-qB-a7OY6\\_Sn1doH6Bbw](https://www.spcr.cz/images/2015_02_03_Prumysl_4_0_FINAL.PDF?fbclid=IwAR0IGDLZb8ECYX2JxPL8neXHBWwJCCcCQVI8C-qB-a7OY6_Sn1doH6Bbw)
- [90] MAŘÍK, Vladimír a KOLEKTIV, 2016. *Průmysl 4.0: Výzva pro Českou republiku*. Praha: Management press.
- [91] MEČLOVÁ, Eva, 2020. *Co přináší augmentovaná realita (AR)? Revoluci v e-commerce, marketingu a mnohem víc* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://synetech.cz/cs/blog/co-prinasi-rozsirena-realita>
- [92] MEHRA, Aashish, 2022. *What is a digital twin?* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin>

- [93] MICROSOFT. *Co je umělá inteligence?* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/overview/what-is-artificial-intelligence/#how>
- [94] MICROSOFT, 2021. *Co je cloud ?* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/overview/what-is-the-cloud/>
- [95] MIDRACK, Renée, 2022. *Co je strojové učení?* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://cs.eyewated.com/co-je-strojove-uceni/>
- [96] MÍKA, Petr. *Umělá inteligence: žijeme s ní a nevnímáme ji* [online]. České Budějovice [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/pred-globusem-v-ceskych-budejovicich-se-otevrela-nova-dobijeci-stance-elektromobilu>
- [97] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, 2021. *STRATEGICKÝ RÁMEC CÍRKULÁRNÍ EKONOMIKY ČESKÉ REPUBLIKY 2040* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news\\_20211213\\_Vlada-schvalila-Cirkularni-Cesko\\_2040/\\$FILE/Cirkul%C3%A1rn%C3%AD%20%C4%8Cesko\\_2040\\_web.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20211213_Vlada-schvalila-Cirkularni-Cesko_2040/$FILE/Cirkul%C3%A1rn%C3%AD%20%C4%8Cesko_2040_web.pdf)
- [98] MINSKY, Marvin, 1967. *Computation: Finite and Infinite Machines* [online]. Prentice Hall, s. 317 [cit. 2022].
- [99] MONNAPPA, Avantika, 2022. *Data Science vs. Big Data vs. Data Analytics* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.simplilearn.com/data-science-vs-big-data-vs-data-analytics-article>
- [100] MUDRA, Jan, Jan ÚŠELA, ed., 2021. *3D tisk v Česku není jen Průša. Masivně roste i prodejce průmyslových tiskáren 3Dwiser* [online]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: <https://archiv.hn.cz/c1-66940600-3d-tisk-v-cesku-neni-jen-prusa-masivne-roste-i-prodejce-prumyslovych-tiskaren-3dwiser>
- [101] NĚMECKÁ VLÁDA, 2019. *Plattform Industrie 4.0* [online]. Berlin [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/plattform-flyer-en.html>
- [102] NOVÁK, František, 2018. *INVENTURA V OBRĚM SKLADU: DRON JI ZVLÁDNE ZA PÁR MINUT* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/byznys/drony-jako-idealni-pomocnik-pro-inventuru-skladu-1426967>

- [103] NOVÁK, Radek, 2015. *Digitální revoluce je výzvou pro evropský průmysl* [Článek]. Praha. Dostupné také z: [https://euractiv.cz/section/aktualne-v-eu/opinion/digitalni-revoluce-je-vyzvou-pro-evropsky-prumysl-012916/?fbclid=IwAR2UHp7\\_QGI53SazD57lCodRtCXScBolDC6TjuXLJsi8xN9ueLJuiQWi\\_TY](https://euractiv.cz/section/aktualne-v-eu/opinion/digitalni-revoluce-je-vyzvou-pro-evropsky-prumysl-012916/?fbclid=IwAR2UHp7_QGI53SazD57lCodRtCXScBolDC6TjuXLJsi8xN9ueLJuiQWi_TY)
- [104] NOVÁK, Radek, 2016. *Digitální revoluce postupně mění průmyslovou výrobu*. Dostupné také z: <https://www.nanokompozity.cz/digitalni-revoluce-postupne-meni-prumyslovou-vyrodu>
- [105] OECD, 2013. *Interconnected Economies. Benefiting from Global Value Chains* [online]. Paříž [cit. 2021]. Dostupné z: doi:10.1787/9789264189560-en
- [106] ONEINDUSTRY, 2018. *Senzor* [online]. Brno [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/lexikon/senzor/>
- [107] PALÍŠEK, Eduard, 2018. *Digitalizace a Průmysl 4.0 v chemickém průmyslu* [Odborný článek]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/3061/3046?fbclid=IwAR1ryryRW5hP\\_Dms22oHY3f-ZCPJZQcTxE\\_dxWFAAnliYZ-EfMuTAWV3-tlY](http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/3061/3046?fbclid=IwAR1ryryRW5hP_Dms22oHY3f-ZCPJZQcTxE_dxWFAAnliYZ-EfMuTAWV3-tlY)
- [108] PANASONIC, 2013. *SENZORY* [online]. Planá [cit. 2022]. Dostupné z: [https://www.panasonic-electric-works.com/pew/cz/downloads/sf\\_sensor\\_cz.pdf](https://www.panasonic-electric-works.com/pew/cz/downloads/sf_sensor_cz.pdf)
- [109] PARKHILL, Douglas, 1966. *The Challenge of the Computer Utility* [Kniha]. Addison wesley Publishing Company [cit. 2022].
- [110] PASCO, 2022. *PASCO SENSORIUM CHEMIE 4.0* [online]. Opava [cit. 2022]. Dostupné z: <https://pasco.cz/senzory-a-cidla/13-sady/178-pasco-sensorium-chemie>
- [111] PAZDERKOVÁ, Hana, 2019. *Český výrobní závod Rakona společnosti P&G byl na Světovém ekonomickém fóru v Davosu představen jako vzor v oblasti technologie a inovace výroby* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: [https://www.ceskenoviny.cz/pr/index\\_view.php?id=1718491](https://www.ceskenoviny.cz/pr/index_view.php?id=1718491)
- [112] PLAJNER, Martin, 2022. *Jak využít pokročilé metody analýzy dat v logistice* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/business-intelligence/jak-vyuzit-pokrocile-metody-analyzy-dat-v-logistice.htm>

- [113] POKORNÝ, Ondřej, Martin FAŤUN, Kristýna MEISLOVÁ a Ondřej VALENTA, 2017. *Technologie pro Průmysl 4.0* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.tc.cz/cs/storage/6944c38b10e92406ea0e54631733f91bdd7c4bdd?uid=6944c38b10e92406ea0e54631733f91bdd7c4bdd>
- [114] PORTÁLDIGI, 2020. *K čemu slouží cloud?* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://portaldigi.cz/k-cemu-slouzi-cloud/>
- [115] POSEY, Brien a Linda ROSENCRANCE, 2022. *Industrial internet of things (IIoT)* [online]. Newton: TechTarget [cit. 2022]. Dostupné z: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Industrial-Internet-of-Things-IIoT>
- [116] POSPÍŠIL, Petr a EUROSKOP, 2020. *Jak bude vypadat digitalizace v Evropě za pět let?* [Článek]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.euroskop.cz/44/35120/clanek/jak-bude-vypadat-digitalizace-v-evrope-za-pet-let/?fbclid=IwAR3RP3uOGJga3gl2ziGtOTQQU7IoYIWdD7mOi0FKFORqQNs4ABuJ8lBw7j8>
- [117] PROCTER & GAMBLE, 2016. *P&G: Bringing CPG into the Digital Age* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://digital.hbs.edu/platform-rctom/submission/pg-bringing-cpg-into-the-digital-age/>
- [118] PROFANT, Ondřej, 2020. *GDPR vs. CLOUD Act* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: [https://www.profant.eu/2020/cloud-act.html?fbclid=IwAR3\\_\\_YIIIWGnMafcfdnaC8GYP7seGiFa4PY5J-ls1-4OYBiptxELpZ2ddeY](https://www.profant.eu/2020/cloud-act.html?fbclid=IwAR3__YIIIWGnMafcfdnaC8GYP7seGiFa4PY5J-ls1-4OYBiptxELpZ2ddeY)
- [119] PRŮŠA, Josef. *Co je 3D tisk* [online]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: <https://josefprusa.cz/o-3d-tisku/>
- [120] PRŮŠA, Josef, 2021. *Chemická odolnost materiálů pro 3D tisk* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://prusament.com/cs/chemicka-odolnost-materialu-pro-3d-tisk/>
- [121] PŘIBYL, Stanislav, 2012. *Prediktivní údržba - cesta ke snížení nákladů* [online]. Praha: MM Průmyslové spektrum [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prediktivni-udrzba-cesta-ke-snizeni-nakladu>
- [122] REAKTOR. *Jak definovat umělou inteligenci?* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://course.elementsofai.com/cs/1/1>



- [123] RF WIRELESS WORLD, 2022. *Advantages of Data Analytics / Disadvantages of Data Analytics* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-Data-Analytics.html>
- [124] RICH, Elaine a Kevin KNIGHT, 1991. *Artificial Intelligence* [online]. 2. McGraw-Hill Education, s. 640 [cit. 2022].
- [125] RÖSSLEROVÁ, Klára, 2011. *QR kódy jako zvláštní druh dvourozměrného kódu* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://ikaros.cz/qr-kody-jako-zvlastni-druh-dvourozmerneho-kodu?fbclid=IwAR0oqCE5PuvlcudGY46s7W1hFS98Yqu2w5QlzsngexZd019paOsPc0Ltvco>
- [126] RŮŽIČKOVÁ, Veronika, 2017. *Průmysl 4.0 - čtvrtá průmyslová revoluce*. [online]. Olomouc [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.datamix.eu/blog/nova-prumyslova-revoluce-prumysl-4-0/>
- [127] SCIENA, 2020. *Chemie und Biologie überall zugänglich* [online]. Curych [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.sciena.ch/de/teaching/augmented-reality-makes-chemistry-and-biology-accessible-everywhere.html>
- [128] DVOŘÁK, Roman, ed., 2019. *Jsou smíšené konstrukce dočasně za svým zenitem?* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/jsou-smisene-konstrukce-docasne-za-svym-zenitem>
- [129] SCHWAB, Klaus, 2017. *The Fourth Industrial Revolution*. New York: Penguin Books Ltd.
- [130] SIEMENS. *Digitalizace v chemickém průmyslu* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/cz/cs/reseni/chemicky-prumysl.html>
- [131] SIEMENS, 2021. *DIGITALIZACE – JEDNO SLOVO, DVA RŮZNÉ PROCESY, OBROVSKÉ DŮSLEDKY* [Článek]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.visionsmag.cz/digitalizace-jedno-slovo-dva-ruzne-procesy-obrovske-dusledky>
- [132] SIEMENS, 2021. *Průmysl 4.0* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/cz/our-story/glossary/industry-4-0/29278>
- [133] SIEMENS, 2021. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/cz/cs/reseni/digitalni->

podnik.html?fbclid=IwAR1wTX\_yvRIByGbg3udWc3npAebOnEBv57Ne7i2p8vseyn\_49TC0a2wfLNg

[134] SKOTÁK, Pavel, 2019. *Virtuální realita v chemii, fyzice nebo biologii? Nové cesty za poznáním ve školách* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-technika/25521/virtualni-realita-v-chemii-fyzice-nebo-biologii-nove-cesty-za-poznanim-ve-skolach.html>

[135] SKUBANIČ, Vojtěch, 2017. *Prediktivní údržba* [online]. Brno [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/prediktivni-udrzba.htm>

[136] SLAVÍK, Jakub, 2015. *Internet věcí: nejen Industry 4.0, ale také inteligentní mobilita* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [http://www.smartcityvpraxi.cz/moderni\\_technologie\\_6.php](http://www.smartcityvpraxi.cz/moderni_technologie_6.php)

[137] SMARTMEASUREMENT™, 2022. *Princip měření snímače tlaku* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.smartmeasurement.com/cs/pressure-transmitter-measuring-principle/>

[138] SMELÍK, Lukáš, 2017. *Příliš mnoho povyku pro Průmysl 4.0* [časopis]. Praha: Control Engineering Česko. Dostupné také z: [https://www.techportal.cz/33/prilis-mnoho-povyku-pro-prumysl-4-0-uniqueidgOke4NvrWuOKaQDKuox\\_Z45Ht0RNPQcfigj2I-wpJXiU/?fbclid=IwAR0f-bqJSxGvYDsLPLmr1KpbHAOUlGu2ZXhjXPnLYKWLH\\_6u2HhDr\\_7pxdU](https://www.techportal.cz/33/prilis-mnoho-povyku-pro-prumysl-4-0-uniqueidgOke4NvrWuOKaQDKuox_Z45Ht0RNPQcfigj2I-wpJXiU/?fbclid=IwAR0f-bqJSxGvYDsLPLmr1KpbHAOUlGu2ZXhjXPnLYKWLH_6u2HhDr_7pxdU)

[139] SMELÍK, Lukáš, 2018. *Koupit, nebo nekoupit robot? Pronajmout!* [online]. Český Těšín [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.vseoprmyslu.cz/inspirace/rozhovory-a-reportaze/koupit-nebo-nekoupit-robot-pronajmout.html>

[140] SOLIDUS TECH, 2017. *Univerzální senzor pro snímání různých fyzikálních elektrických i neelektrických veličin, počítání* [online]. Frýdek-Místek [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.trinstruments.cz/imported/files/Sn%C3%ADma%C4%8De/IoT%20sn%C3%ADma%C4%8De/Senzor%20MINI%20UNI%20LoRa/MINI%20UNI%20LORA%20datasheet>

[141] SPURNÝ, Jaroslav, Erik TABERY, ed., 2020. *KYBERÚTOK NA POVODÍ VLTAVY PŘEDSTAVUJE VÁŽNOU HROZBU* [online]. Praha: Economia, a.s. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.respekt.cz/agenda/kyberutok-na-povodi-vltavy-predstavuje-vaznou-hrozbu>

[142] STEDMAN, Craig, 2022. *Data analytics (DA)* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://searchdatamanagement.techtarget.com/definition/data-analytics>

- [143] STUHLÍK, Jan, 2021. *Průmysl 4.0 v praxi: Vyšší mzdy a lepší práce* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/clanky/prumysl-4-0-v-praxi-vyssi-mzdy-a-lepsi-prace/>
- [144] SYROVÝ, Jan a Michael MÁLEK, 2021. Průmyslové komunikační sítě jsou páteří digitalizace. *Technický týdeník*. Praha: Business Media CZ s. r. o., (5), 10.
- [145] ŠABATKA, Marek, 2019. *Problém je vyřešen, aniž byste o něm věděli* [online]. Plzeň [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.aimtecglob.com/aimagazine/data/folders/aimagazine-33-cz-f8.pdf>
- [146] ŠIMÁK, Boris a Oto SLÁDEK, Ondřej VRTIŠKA, ed., 2016. *Bezpečnost v systémech Průmyslu 4.0* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: [https://vesmir.cz/cz/on-line-clanky/2016/07/bezpecnost-systemech-prumyslu-4-0.html?fbclid=IwAR0VcgcVtMQjIEVPqxFcY8KDp5NX786bv7\\_6kqvLi5cU9wzucr8H6oS w-0](https://vesmir.cz/cz/on-line-clanky/2016/07/bezpecnost-systemech-prumyslu-4-0.html?fbclid=IwAR0VcgcVtMQjIEVPqxFcY8KDp5NX786bv7_6kqvLi5cU9wzucr8H6oS w-0)
- [147] ŠLAJER, Jan, 2019. *Pro využití potenciálu Průmyslu 4.0 je nutné opustit komfortní zónu zaběhaných postupů* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/jak-vyuzit-potencial-prumyslu-4.0.htm>
- [148] ŠLIK, Libor, Lukáš GRÁSGRUBER, ed., 2020. *Prediktivní údržba aneb Jednejte rychle, dokud je čas* [online]. Brno [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/business-intelligence/prediktivni-udrzba-aneb-jednejte-rychle-dokud-je-cas.htm>
- [149] ŠPIČKA, Ivo, Tomáš TYKVA a Michal ČERVINKA, 2016. *Sborník přednášek z 53. slévárenských dnů® Blok E – Sekce ekonomická* [Sborník přednášek]. Brno: Česká slévárenská společnost, z.s., člen ČSVTS Praha [cit. 2021]. Dostupné z: <http://www.okeko.cz/wp-content/uploads/2016/12/53.-SD-Brno-2016-Sborn%C3%ADk-p%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ek.pdf>
- [150] ŠTENGL, Michal, 2021. *V logistice jsou základem data a jejich analyzování* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://transport-logistika.cz/logistika/v-logistice-jsou-zakladem-data-a-jejich-analyzovani/>
- [151] THOMPSON, Stephen, Michael KILBOURN a Peter SCOTT, 2016. *Radiochemistry, PET Imaging, and the Internet of Chemical Things* [online]. Washington [cit. 2022]. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acscentsci.6b00178>

- [152] TIBCO, 2022. *What is Data Analytics?* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.tibco.com/reference-center/what-is-data-analytics>
- [153] TOMAN, Pavel, 2019. *Imagery přečtou čárové kódy i text* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://logistika.ekonom.cz/c1-66693670-imagery-prectou-carove-kody-i-text>
- [154] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2017. *Průmysl 4.0 aneb nikdo sám nevyhraje*. Průhonice: Professional Publishing s.r.o. .
- [155] TOMEK, Radoslav, 2021. *Umělá inteligence už nebude luxusem, věří zakladatel firmy vyvíjející nový čip* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: [https://denikn.cz/657043/umela-inteligence-uz-nejbude-luxusem-veri-zakladatel-firmy-vyvijejici-novy-cip/?fbclid=IwAR1Vllqz8n\\_xLu8LHD-\\_zUX\\_DJrG38PRumnXz\\_w7rAThxNatVjwWmpKJUSE](https://denikn.cz/657043/umela-inteligence-uz-nejbude-luxusem-veri-zakladatel-firmy-vyvijejici-novy-cip/?fbclid=IwAR1Vllqz8n_xLu8LHD-_zUX_DJrG38PRumnXz_w7rAThxNatVjwWmpKJUSE)
- [156] TREND MICRO, 2022. *Industrial Internet of Things (IIoT)* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.trendmicro.com/vinfo/us/security/definition/industrial-internet-of-things-iiot>
- [157] TRIGAMA, 2021. *Digitalizace firem* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.trigama.eu/cs/company-digitization/?gclid=CjwKCAiA8bqOBhANEiWAsIIN2GwgRT\\_8JaXySHg8A3RdbTsd4qeX8IG03akVkirztPflQZyTQw54BoCOyMQAvD\\_BwE](https://www.trigama.eu/cs/company-digitization/?gclid=CjwKCAiA8bqOBhANEiWAsIIN2GwgRT_8JaXySHg8A3RdbTsd4qeX8IG03akVkirztPflQZyTQw54BoCOyMQAvD_BwE)
- [158] UNIPETROL, 2022. *Statistica Automatizované neuronové sítě Cz jako nástroj pro odhadové metody během výrobního procesu* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://www.statistica.pro/reference/unipetrol/>
- [159] VOJÁČEK, antonín, 2021. *Spojení kolaborativních a AMR robotů pro automatizaci v omezených prostorech* [online]. Praha [cit. 2022]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/spojeni-kolaborativnich-a-amr-robotu-pro-automatizaci-v-omezenych-prostorech.html-0>
- [160] VOJÁČEK, Antonín, 2014. *Přehled principů el. měření teploty - 2. díl - bezdotykové* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/rehled-principu-el-mereni-teploty-2-dil-bezdotykove>
- [161] VOJÁČEK, Antonín, 2014. *Přehled principů el. měření teploty - 1. díl* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz//prehled-principu-el-mereni-teploty-1-dil>

- [162] VOJÁČEK, Antonín, 2018. *Preventivní servis vs. Prediktivní údržba* [online]. Praha [cit. 2021]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/preventivni-servis-vs-prediktivni-udrzba.html>
- [163] VYLEGALA, Pavel, 2014. *ROZDĚLENÍ SNÍMAČŮ, POŽADAVKY KLADENÉ NA SNÍMAČE, VLASTNOSTI SNÍMAČŮ* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: [https://www.sse-najizdarne.cz/projekty/roboti/dokumenty/v\\_prez\\_ss\\_1.pdf?fbclid=IwAR1lw5EOwgvDVRwAk5TkTsY0pBpi4i6Uvb-7xHNV6MHAI-gH9ravxB86Pg8](https://www.sse-najizdarne.cz/projekty/roboti/dokumenty/v_prez_ss_1.pdf?fbclid=IwAR1lw5EOwgvDVRwAk5TkTsY0pBpi4i6Uvb-7xHNV6MHAI-gH9ravxB86Pg8)
- [164] WEBER, Melanie, Markus GÖBEL, ed., 2021. *Daten sind der Rohstoff für die Chemie 4.0* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://news.microsoft.com/de-de/interview-daten-sind-der-rohstoff-fuer-die-chemie-4-0/>
- [165] WEBER, Rolf a Romana WEBER, 2010. *Internet of Things: Legal Perspectives* [online]. Berlin: Springer [cit. 2022].
- [166] YÁÑEZ, Fran, 2017. *The 20 Key Technologies of Industry 4.0 and Smart Factories The Road to the Digital Factory of the Future: The Road to the Digital Factory of the Future* [online]. Amazon [cit. 2022].
- [167] YOKOGAWA, 2022. *Digital Twin* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: [https://www.yokogawa.com/solutions/solutions/digital-transformation/digital-twin/#Resources\\_\\_White-Papers](https://www.yokogawa.com/solutions/solutions/digital-transformation/digital-twin/#Resources__White-Papers)
- [168] ZAINZINGER, Vanessa, 2019. *Industry delves into the digital toolbox* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.chemistryworld.com/news/industry-delves-into-the-digital-toolbox/3010971.article>
- [169] ZEDNÍČEK, Jan, 2019. *Datový Analytik – Popis Pozice* [online]. [cit. 2022]. Dostupné z: <https://biportal.cz/datovy-analytik-popis-pozice-job-description/>
- [170] ZONERCLOUD, 2021. *Co je to Cloud a proč ho využívat* [online]. Brno [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.zonercloud.cz/napoveda/cloud-server-linux/co-je-to-cloud-a-proc-ho-vyuzivat>
- [171] ŽIDOVÁ, Nikola, Markéta ADAMOVÁ a Růžena KRNINSKÁ, 2019. *INDUSTRY 4.0 AS A POTENTIAL THREAT FOR CZECH EMPLOYEES?* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.narodacek.cz/wp-content/uploads/2019/10/Zidova\\_Adamova\\_Krninska.pdf](https://www.narodacek.cz/wp-content/uploads/2019/10/Zidova_Adamova_Krninska.pdf)

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – <i>Scénář dotazování</i> .....	95
--	----

### **Část 1: Přístup podniku k digitalizaci**

- 1) Je podnik seznámen s konceptem Průmyslu 4.0 a s tím související digitalizací? Do jaké míry jsou podle Vás tyto koncepty pro podnik významné? Pokud ne, uveďte důvod. (např. nedostatek informací, nepodstatné pro obor podnikání, aj.)
- 2) Byly tyto koncepty zahrnuty do vize a strategie vašeho podniku?
- 3) Kdo je odpovědný za implementaci digitalizace?
- 4) Jsou v souvislosti s digitalizací formulovány některé KPI – klíčové cíle a indikátory? Jaké?
- 5) Jak je proces digitalizace řízen a podporován?
- 6) Jsou již ve vašem podniku implementovány některé formy digitalizace? (např. automatizace, robotizace) Do jaké míry?
- 7) O zavedení kterých prvků digitalizace uvažujete v nejbližší době?
- 8) Jak hodnotíte úroveň digitalizace ve vaší výrobě? (pracujete s daty efektivně a jste schopni provádět analýzy, propojovat různé podnikové a jiné systémy, jste schopni vyhodnocovat, sledovat a predikovat vybrané ukazatele v reálném čase)
- 9) Jaká je případná úroveň horizontální integrace? přijetí a potvrzení objednávky přes výrobní úsek až po expedici produktu a zabezpečení záručního a pozáručního servisu a případný přesah k dodavatelům a odběratelům?

10) Do jaké míry jsou vaši zaměstnanci připraveni na digitalizaci? (obsluha technologií, práce s daty, ochota se učit, aj.)

11) Způsobil rozmach digitalizace nějaké změny v pracovních pozicích v podniku? Zánik pracovních míst nebo pozic, nebo naopak vznik nových?

## **Část 2: Přínosy a překážky**

12) Jaké jsou vaše motivace k implementaci prvků Průmyslu 4.0? Jaké přínosy od implementace očekáváte?

a. Konkurence

b. Zákazník

c. Efektivita

d. Zaměstnanci

13) V čem vidíte největší přínosy digitalizace?

14) Co případně brání další implementaci digitalizace na úrovni podniku?

a. finance,

b. nezájem,

c. nedostatek informací,

d. lidských zdrojů

e. jiné

15) Do jaké míry zvažujete bezpečnostní rizika spojená s digitalizací?

16) Považujete v něčem digitalizaci pro Vaše odvětví za specifické?



### **Část 3: Jednotlivé technologie**

- 17) Jaká je míra využití senzorů? Do jaké míry monitorují a napomáhají řízení systému výroby, popř. obchodního případu? Uvažujete o dalším využití?
- 18) Využíváte ve vašem podniku zpracování Big Dat? Pokud ano, pro jaké potřeby? Pokud ne, uvažujete o jeho využití?
- 19) Využíváte ve vašem podniku pro přenos dat Internet věcí? Pokud ano, do jaké míry? Pokud ne, uvažujete o jeho využití?
- 20) Využíváte ve vašem podniku cloud/cloudových služeb? Pokud ano, do jaké míry? Pokud ne, uvažujete o jeho využití?
- 21) Využíváte pro výrobu technologii 3D tisku? Pokud ano, do jaké míry (pro jaké výstupy). Pokud ne, uvažujete o jejím využití?
- 22) Využíváte ve vašem podniku autonomních robotů/systémů? Pokud ano, do jaké míry? Pokud ne, uvažujete o jeho využití?
- 23) Využíváte při výrobě Digitální dvojče produktu, výrobního prostředku nebo procesu? Pokud ano, do jaké míry? Pokud ne, uvažujete o jeho využití?
- 24) Využíváte ve vašem podniku virtuální či rozšířenou realitu? Pokud ano, do jaké míry? Pokud ne, uvažujete o jejím využití?

25) Využíváte prediktivní údržby, konkrétně sběru dat ke zjištění stavu zařízení? Pokud ano, do jaké míry? Pokud ne, uvažujete o jejím využití?

26) Uvažujete o jiných technologiích a využití dat, které nebyly v rámci dotazování zmíněny a o jejichž implementaci přemýšlíte?

#### **Část 4: Charakteristika respondenta**

- 1) Vaše pracovní pozice
- 2) Obor podnikání podniku / jednotky
- 3) Hlavní produkt/produkty
- 4) Počet zaměstnanců