



# Připravenost českých firem na implementaci konceptu Průmysl 4.0

## Diplomová práce

*Studijní program:*

N6208 Ekonomika a management

*Studijní obor:*

Podniková ekonomika

*Autor práce:*

**Bc. Michaela Sedláková**

*Vedoucí práce:*

Ing. Iva Nedomlelová, Ph.D.

Katedra ekonomie







## Zadání diplomové práce

# Připravenost českých firem na implementaci konceptu Průmysl 4.0

*Jméno a příjmení:* **Bc. Michaela Sedláková**  
*Osobní číslo:* E18000336  
*Studijní program:* N6208 Ekonomika a management  
*Studijní obor:* Podniková ekonomika  
*Zadávací katedra:* Katedra ekonomie  
*Akademický rok:* **2019/2020**

### Zásady pro vypracování:

1. Stanovení cílů a formulace výzkumných otázek.
2. Strategický koncept Průmyslu 4.0.
3. Vliv implementace Průmyslu 4.0 na české podniky – přínos, hrozby a rizika.
4. Aplikace strategie a analýza konkrétní české firmy.
5. Formulace závěrů a zhodnocení výzkumných otázek.

Rozsah grafických prací:  
Rozsah pracovní zprávy:  
Forma zpracování práce:  
Jazyk práce:

65 normostran  
tištěná/elektronická  
Čeština



### Seznam odborné literatury:

- BARTODZIEJ, Christoph Jan. 2017. *The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. ISBN 978-3-658-16501-7.
- MAŘÍK, Vladimír, et al. 2016. *Průmysl 4.0: Výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-440-0.
- REINHEIMER, Stefan. 2017. *Industrie 4.0: Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. ISBN 978-3-658-18164-2.
- USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKCAN. 2018. *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. Cham: Springer International Publishing Switzerland. ISBN 978-3-319-57870-5.
- PROQUEST. 2019. Databáze článků ProQuest [online]. Ann Arbor, MI, USA: ProQuest. [cit. 2019-09-30]. Dostupné z: <http://knihovna.tul.cz/>

Konzultant: Ing. Luboš Peroutka

Vedoucí práce:

Ing. Iva Nedomlelová, Ph.D.  
Katedra ekonomie

Datum zadání práce:

31. října 2019

Předpokládaný termín odevzdání:

31. srpna 2021

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

L.S.

prof. Ing. Jiří Kraft, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 31. října 2019

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

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

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

25. července 2020

Bc. Michaela Sedláková



## **Anotace**

Tématem diplomové práce je připravenost českých firem na implementaci konceptu Průmysl 4.0. Hlavním cílem je zhodnotit situaci v České republice, identifikovat nedostatečně rozvinutá místa podniků a představit potenciální návrhy. Práce je složena z teoretické a praktické části. Teoretická část vysvětluje principy, na kterých je postaven koncept Průmysl 4.0. Postupným osvojením si jednotlivých prvků vede k vybudování inteligentní továrny, která pracuje s moderními technologiemi, a eliminuje vliv lidského faktoru ve výrobním procesu. Praktická část analyzuje poměry v České republice a orientuje se na vyhodnocení efektivnosti zkoumaných oblastí pomocí metody datových obalů. Jako indikátory pro vyhodnocení výkonnosti jednotlivých oblastí byly využity subindexy indexu digitální ekonomiky a společnosti a subindex indexu globální konkurenceschopnosti. Výsledkem práce bylo určení málo výkonné sféry, kterou je nutné rozvíjet pro potřeby hlubší digitalizace. Závěr práce obsahuje další možné návrhy na zlepšení celého procesu.

## **Klíčová slova**

automatizace, digitalizace, efektivnost, inovace, inteligentní továrna, lidský kapitál, modernizace, Průmysl 4.0, technologie, umělá inteligence, vzdělání

## **Annotation**

### **The Readiness of Czech Companies to Implement the Industry 4.0 Concept**

The topic of the diploma thesis is the readiness of Czech companies to implement the concept of Industry 4.0. The main goal is to evaluate the situation in Czech Republic, to identify insufficiently developed places of business and to present potential proposals. The work consists of theoretical and practical part. The theoretical part explains the principles on which the concept of Industry 4.0 is based. Gradual acquisition of individual elements leads to the construction of an intelligent factory that works with modern technologies and eliminates the influence of the human factor in the production process. The practical part analyzes the conditions in Czech Republic and focuses on evaluating the effectiveness of the researched areas using the method of data packaging. Indicators for evaluating the performance of individual areas were used by the sub-indices of digital economy and society index and the sub-index of the global competitiveness index. The result of the work was the identification of a low-performing sphere, which is necessary to develop for the needs of deeper digitization. The conclusion of the thesis contains other possible suggestions for improving the whole process.

## **Key Words**

artificial intelligence, automation, digitization, education, efficiency, human capital, Industry 4.0, innovation, modernization, smart factory, technology



## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala vedoucí diplomové práce Ing. Ivě Nedomlelové, Ph.D za odborné vedení, cenné rady, věcné připomínky, zejména za vstřícnost a trpělivost během konzultací. Zároveň bych chtěla poděkovat konzultantovi práce Ing. Luboši Peroutkovi za spolupráci, poskytnutí informací a cenné rady.



## Obsah

Seznam zkratk.....	12
Seznam tabulek.....	14
Seznam obrázků.....	15
Úvod.....	16
1. Literární rešerše .....	19
1.1 Domácí literatura .....	19
1.2 Zahraniční literatura .....	21
2. Metoda a metodika práce .....	25
3. Teoretické východiska konceptu Průmysl 4.0.....	30
3.1 Technologické předpoklady konceptu Průmysl 4.0.....	32
3.2 Princip vzniku inteligentní továrny.....	34
3.2.1 Kyberneticko-fyzikální systém .....	35
3.2.2 Internet věcí, služeb a lidí .....	36
3.2.3 Velké data, virtuální svět a životní cyklus produktu.....	37
3.2.4 Cloud computing.....	40
3.2.5 Exponenciální technologie.....	40
3.2.6 Kybernetická bezpečnost .....	42
4. Analýza připravenosti českých firem na implementaci konceptu Průmysl 4.0....	45
4.1 Hodnocení efektivity České republiky v procesu digitalizace .....	45
4.2 Hodnocení efektivity českých podniků v procesu digitalizace.....	66
4.3 Aplikace konceptu Průmysl 4.0 na vybraný český podnik .....	71
5. Výsledky práce.....	75
5.1 Návrh opatření pro ČR .....	78
Závěr .....	80
Seznam použité literatury .....	83
Seznam příloh .....	90

## Seznam zkratek

AI	umělá inteligence (Artificial Intelligence)
AM	aditivní výroba (Additive Manufacturing)
AR	rozšířená realita (Augmented Reality)
CAD	počítačově podporovaný design (Computer Aided Design)
CAE	počítačově podporované inženýrství (Computer Aided Engineering)
CAM	počítačově podporovaná výroba (Computer Aided Manufacturing)
CAPP	počítačově podporované plánování procesů (Computer Aided Process Planning)
CIM	počítačově integrovaná výroba (Computer Integrated Manufacturing)
CPS	kyberneticko-fyzikální systém (Cyber Physical System)
CRM	řízení vztahů se zákazníky (Customer Relationship Management)
CRS	konstantní výnosy z rozsahu (Constant Returns to Scale)
DEA	metoda analýzy datových obalů (Data Envelopment Analysis)
DESI	index digitální ekonomiky a společnosti (The Digital Economy and Society Index)
DFM	návrh pro výrobu (Design for Manufacturing)
DMU	rozhodovací produkční jednotka (Decision Making Unit)
eIDAS	elektronická identifikace a důvěryhodnost služeb pro elektronické transakce (electronic Identification, Authentication and Trust Services)
ERP	plánování podnikových zdrojů (Enterprise Resource Planning)
GCI	index globální konkurenceschopnosti (The Global Competitiveness Report)
HPC	vysokorychlostní počítání (High-performance computing)
HPDA	vysokorychlostní datová analýza (High-performance Data Analytics)
ICS	mezinárodní kontrolní systémy (Industrial Control Systems)
IoP	internet lidí (Internet of People)

IoS	internet služeb ( <i>Internet of Services</i> )
IoT	internet věcí ( <i>Internet of Things</i> )
M2M	stroj ke stroji ( <i>Machine to Machine</i> )
MES	systemy pro operativní plánování a řízení výroby ( <i>Manufacturing Execution System</i> )
MRO	výroba, opravy a operace ( <i>Maintenance, Repair and Operation</i> )
NGA	přístup nové generace ( <i>Next Generation Access</i> )
PDM	management údajů výrobku ( <i>Product Data Management</i> )
PLM	životní cyklus výrobku ( <i>Product Lifecycle Management</i> )
RVIS	rada vlády pro informační společnost
SCM	řízení dodavatelského řetězce ( <i>Supply Chain Management</i> )
SME	střední a malé podniky ( <i>Small and Medium-sized Enterprises</i> )
VaV	vývoj a výzkum

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Hodnocení efektivity vybraných států v oblasti konektivity .....	49
Tabulka 2: Hodnocení efektivity vybraných států v oblasti lidských zdrojů.....	53
Tabulka 3: Hodnocení efektivity vybraných států v oblasti využití internetových služeb ..	57
Tabulka 4: Hodnocení efektivity vybraných států v oblasti integrace digitálních technologií.....	59
Tabulka 5: Hodnocení efektivity vybraných států v oblasti digitalizace veřejných služeb .	62
Tabulka 6: Hodnocení efektivity vybraných států v oblasti schopnosti inovovat.....	65
Tabulka 7: Fyzický Meisterbock - vstupní zdroje.....	72
Tabulka 8: Virtuální Meisterbock - vstupní zdroje .....	73
Tabulka 9: Vyhodnocení přínosu za období 2019-2026 .....	73
Tabulka 10: Hodnocení efektivity podle metody DEA.....	91
Tabulka 11: Fyzický Meisterbock - finanční vyhodnocení za období 2019 - 2026.....	92
Tabulka 12: Virtuální Meisterbock - finanční vyhodnocení za období 2019-2026 .....	92

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Indikátory určující úroveň digitalizace států.....	27
Obrázek 2: Prostředí inteligentní továrny.....	33
Obrázek 3: Kyberneticko-fyzikální systém.....	34
Obrázek 4: Podmínky pro vytvoření CPS.....	35
Obrázek 5: Proces využití dat v inteligentní továrně.....	38
Obrázek 6: Digitální dvojče.....	39
Obrázek 7: Úroveň digitalizace v zemích EU.....	46
Obrázek 8: Vývoj míry digitalizace vybraných států.....	48
Obrázek 9: Vývoj míry konektivity ve vybraných státech.....	49
Obrázek 10: Vývoj míry lidského kapitálu ve vybraných státech.....	52
Obrázek 11: Dimenze digitální gramotnosti.....	54
Obrázek 12: Vývoj míry využití internetových služeb ve vybraných státech.....	56
Obrázek 13: Vývoj míry integrace digitálních technologií ve vybraných státech.....	58
Obrázek 14: Vývoj míry digitálních veřejných služeb ve vybraných státech.....	62
Obrázek 15: Využití internetového připojení českých firem podle velikosti.....	66
Obrázek 16: Využití internetových služeb českých firem podle velikosti.....	67
Obrázek 17: Využití softwarových aplikací českých firem podle velikosti.....	68
Obrázek 18: Využití cloudových systémů českých firem podle velikosti.....	69
Obrázek 19: Kybernetická bezpečnost v českých firmách podle velikosti.....	70
Obrázek 20: Výdaje na výzkum a vývoj podle zdrojů financí.....	71
Obrázek 21: Úroveň efektivity zkoumaných oblastí České republiky.....	75
Obrázek 22: SWOT analýza připravenosti ČR.....	78

# Úvod

Technologický pokrok se nikdy nedal zastavit. Již v minulosti se událo několik významných událostí. První milníkem v průmyslovém světě bylo vynalezení parního stroje a přechod na továřenskou výrobu, následoval vynález elektřiny a telegrafu, posledním důležitým pokrokem byla automatizace výroby a zkonstruování programovatelného logického automatu. V současnosti se vývoj technologií rapidně zvyšuje a společnost musí podstatně rychleji reagovat na změny. Země pro udržení konkurenceschopnosti musí víc investovat do inovací a modernizací své produkce. Do popředí dnešní společnosti a podniků se dostává koncept Průmysl 4.0. Charakterizuje vzájemné propojení jednotlivých technologií, které má vliv na postupné stírání hranic mezi fyzickou, digitální a biologickou sférou. V porovnání s předchozími průmyslovými revolucemi musí přijetí konceptu Průmysl 4.0 proběhnout rychleji. Podniky a společnost disponují menším časovým rozhraním pro přizpůsobení se. Změny se dějí prakticky neustále a opatření na ně je nutné aplikovat ihned. Svět je globálně propojen a to na jedné straně ulehčuje schopnost inovovat. Dostupnost informací nebyla nikdy jednodušší. Na druhé straně vzniká otázka, zda jsou státy na změnu připraveny. Mají dostatek volných financí na inovace? Průmysl 4.0 je postaven na principiálně na širokopásmové internetové připojení, které spojuje masy lidí na celém světě. S tím je spojené neustálé zvyšování objemu dat. Klade se důraz na rozvoj kapacitně větších úložišť, avšak za podmínky produkce stále menších fyzických rozměrů datových úložišť. Faktem je, že propojení moderní techniky a každodenního života ještě nikdy nebylo tak úzké, jako je teď. Tento proces ovlivňuje jak vývoj firem, tak i celé společnosti. V důsledku těchto okolností se heslem podniků stává, co nejdříve investovat do inovací a modernizovat. Avšak každá země disponuje jinou mírou schopnosti inovovat a implementovat principy konceptu Průmysl 4.0. Práce je zaměřena na podniky v České republice a jejich připravenost na vybudování inteligentních továren. Zároveň sleduje proces realizace inteligentní společnosti, která pomocí digitalizace zjednodušuje běžný život.

Cílem diplomové práce je zhodnotit připravenost českých firem na implementaci konceptu Průmysl 4.0 a identifikace jejich slabých míst. Tento cíl lze naplnit pomocí postupného zpracování následujících výzkumných otázek:



1. **„Jaké je postavení České republiky v procesu implementace konceptu Průmysl 4.0?“**

Výsledkem první výzkumné otázky bude zhodnocení efektivnosti České republiky při zavádění principů Průmyslu 4.0 pomocí dvou nástrojů. Prvním ukazatelem využitým pro dosažení výsledku je Světový index konkurenceschopnosti, který porovnává podmínky pro podnikání z hlediska globální konkurenceschopnosti. Druhý indikátor, který lze využít pro řešení otázky, je Index digitální ekonomiky a společnosti (DESI) v zemích EU. Finální interpretace spočívá ve vyhodnocení oblastí, kterým musí země jako celek věnovat víc pozornosti, aby zvýšila svůj podíl při přechodu na novou éru.

2. **„Jaké jsou nedostatky velkých, středních a malých podniků na území České republiky v éře digitalizace?“**

Potenciál jednotlivých podniků v této oblasti je různý. Liší se jednak finančními možnostmi, ale i produkčními. Proto je důležité vyzdvihnout, kde jsou velké, střední a malé české firmy napřed, a naopak upozornit na jejich slabá místa. Upozorněním na nedostatečně rozvinutá místa lze předložit možnosti pro nastolení správných opatření, účinných v odstraňování hrozeb.

3. **„Jaký přínos znamená Průmysl 4.0 pro podnik?“**

Poslední výzkumná otázka se zabývá implementací v konkrétní české firmě Škoda Auto a. s., která se prezentuje, jako jedna z nejvíce rozvinutých firem v zemi. Pomocí základní finanční analýzy projektu modernizace konkrétní oblasti v podniku lze upozornit na význam zavádění konceptu Průmysl 4.0.

Finalizací jednotlivých výzkumných otázek a jejich shrnutím lze vyhodnotit připravenost českých firem na implementaci konceptu Průmyslu 4.0. Určit míru existujících nedostatků v rámci českých podniků v přechodu na zvýšenou míru digitalizace. Přínosem bude zhodnocení silných a slabých míst firem v ČR a vymezení dalších možných postupů.

První část se věnuje dostupné literatuře a definování metody a metodiky použité v celém rozsahu práce. Vlivem aktuálnosti tématu je odborná literatura na zahraniční i domácí úrovni zpracovaná s vysokou odborností. Vzhledem k důsledkům pro společnost se tímto tématem zabývají odborníci z různých oblastí – ekonomové, technologové apod. Pojem byl zaveden v Německu, kde vznikly první ohlasy k této problematice. V současné době se koná množství konferencí určených na obeznámení s aktuálními poznatky, potenciálními příležitostmi a hrozbami. Teoretická východiska konceptu Průmysl 4.0 jsou zpracovány ve třetí kapitole. Podstatou celé strategie je propojení jednotlivých systémů pomocí internetu a zefektivnění

procesů. Kvalitně rozvinuté technologie v kybernetickom prostředí zpracovávají obrovské množství dat a musí jich někde uchovávat. Pomocí umělé inteligence, strojového učení a simulací lze přenést reální svět do digitální podoby a odhadnout potenciální příležitosti nebo možné riziko.

Teoretická východiska konceptu Průmysl 4.0 jsou zpracována ve třetí kapitole. Podstatou celé strategie je propojení jednotlivých systémů pomocí internetu a zefektivnění procesů. Kvalitně rozvinuté technologie v kybernetickém prostředí zpracovávají obrovské množství dat a musí je někde uchovávat. Pomocí umělé inteligence, strojového učení a simulací lze přenést reálný svět do digitální podoby a odhadnout potenciální příležitosti nebo možné riziko.

Čtvrtá kapitola analyzuje aktuální míru implementace strategie v rámci České republiky. Pomocí indikátorů DESI a GCI jsou k dispozici ukazatele pro přechod ke konceptu Průmysl 4.0 ve vybraných zemích. Detailnější analýza poukazuje na výrazné nedostatky malých a středních firem v porovnání s velkými. Aplikací jednotlivých prvků a jejich finančním vyhodnocením projektu ve Škoda Auto a.s. lze upozornit na význam zavádění teoretických východisek konceptu.

V páté kapitole jsou prezentovány výsledky práce. Zhodnocením zkoumaných oblastí upozorňuje na málo rozvinutá místa, která jsou v procesu digitalizace důležitá. Definuje hrozby a příležitosti. Ve finále je zhodnocení zkoumaných oblastí a zdefinování slabých míst. Následně předkládám možné návrhy na zvýšení úrovně.

# 1. Literární rešerše

Vzhledem k aktuálnosti zpracovávané problematiky existuje rozsáhlé množství domácí i zahraniční odborné literatury. Dostupné jsou jak primární, tak i sekundární zdroje.

## 1.1 Domácí literatura

Mezi českými vědci zabývajícími se problematikou Průmysl 4.0 je třeba zdůraznit jméno pana profesora Vladimíra Maříka. Dlouhodobě se zabývá tématy jako umělá inteligence, její působnost v automatizované společnosti a celkovým přínosem pro průmyslovou činnost. Působil jako ředitel Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT v období 2013-2018. Dílo *„Průmysl 4.0: Výzva pro Českou republiku“* (2016), na kterém spolupracoval s kolektivem specialistů, se soustřeďuje na analýzu zavádění konceptu Průmysl 4.0 v České republice a možnosti jejího prohloubení. Představuje návrhy, jakým směrem by se ČR měla ubírat.

Felicita Chromjaková a kolektiv autorů vypracovali v roce 2017 odbornou práci s názvem *„Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0“*. Podává detailní přehled ohledně výrobních procesů přizpůsobených na novou koncepci. Řeší modely plánování digitálního výrobního procesu a organizačně-manažerské výrobní procesy. Zohledňuje postup zdrojového projektování z hlediska časového i kapacitního a z pohledu lidských zdrojů. Ve finální části analyzuje vývojové trendy a možnosti kontinuálního zlepšování výrobních systémů.

*„Průmysl 4.0 aneb Nikdo sám nevyhraje“* od autorů Gustava Tomka a Věry Vávrové přináší mnoho praktických rad. Cílem Průmyslu 4.0 je vybudovat inteligentní soustavu a v rámci ní vzájemně propojená jednotlivá zařízení a systémy. Právě tato práce jako jedna z prvních na trhu v roce 2017 vnáší do již představených teoretických základů doporučení, jak by měla firma reagovat na fenomén této doby a dosáhnout vedoucího postavení mezi konkurenty. Analyzuje procesy nákupu, kooperace, marketingu. Upozorňuje na důležitost inovací, které přirovnává k živé vodě v nastupující sféře digitalizace a automatizace.

ČR byla v rámci nástupu Průmyslu 4.0 ovlivněna hlavním iniciátorem Německem, kde byl tento pojem poprvé zaveden. Jako člen Evropské unie je nucena postupně zvyšovat úroveň digitalizace a za tímto účelem vypracovala několik strategických dokumentů. Jedním z nejdůležitějších v počátcích byla **„Iniciativa Průmysl 4.0“** (2016). Zaměřuje se na možnosti a slabé stránky země, na kterých musí zapracovat. Hlavním cílem je posouzení dostupných podnětů a jejich správné využití. Nosnou částí se stává otázka integrace a prosířování technologií, jejich další rozvoj a modernizace. Dlouhodobým cílem však zůstává udržení a posílení konkurenceschopnosti ČR.

Druhá významná strategie byla přijata v roce 2018 vládou České republiky pod názvem **„Digitální Česko“**. Je sestavena ze tří hlavních pilířů: Česko v digitální Evropě, Informační koncepce České republiky, Digitální ekonomika a společnost. Pracuje s předpoklady dlouhodobé prosperity země a představuje kroky k hlubší implementaci prvků Průmysl 4.0. Na jedné straně řeší otázku digitalizace z pohledu EU a vzájemného propojení. Na druhé straně se orientuje na vnitřní situaci a podporu zvýšení kvality vzdělání pro potřeby Průmyslu 4.0. Obsahuje návrhy pro zvýšení míry digitalizace veřejné správy a s tím spojenou i přípravu občanů na její správné využití.

Mezi spolehlivé zdroje se také řadí konference, kde jsou představovány nejnovější poznatky. Přednáší na nich vědci, ale i odborníci z praxe. Rok 2016 byl počátkem, kdy se v ČR dostávala do popředí problematika Průmysl 4.0. V tomto období se začaly realizovat i prezentace a odborné konference k tomuto tématu. Uskutečňují se na půdě vysokých škol nebo specializovaných institutů. Jednou z prvních byla konference s názvem **„Průmysl 4.0“** (2016), která se konala v Mladé Boleslavi. Přinesla důkladné informace o potenciálu digitalizace pro podniky. Firmám byly předloženy návrhy, jak se nejlépe připravit na přicházející změny a jaký bude mít vliv na průmysl v republice. Vymezení možností spolupráce a poukázání na její další výhody pro tuzemské podniky přinesla konference **„Industry 4.0“** (2019) v Brně.

Analýzou problematiky se také zabývá časopis **„Elektro: odborný časopis pro elektrotechniku“** od redakce FCC Public s. r. o. Speciální číslo bylo poprvé vydáno v roce 2016. Zohledňuje vizi koncepce a poukazuje na důležitost zkoumání a podporování integrace Průmyslu 4.0. Svoje postřehy, odborné poznatky a názory rozpracovávají členové Svazu průmyslu a dopravy ČR. Mezi další významné projekty lze zařadit **„Svět průmyslu“**,

20

který vychází měsíčně a obsahuje samostatnou rubriku Industry 4.0. Publikuje rozhovory s jednotlivými podniky a vyzdvihuje jejich možnosti v oblasti digitalizace. Zdůrazňuje pozitivní vliv na jejich produkci a efektivitu.

Pro získání reálního obrazu míry prohloubení země v procesu digitalizace a zvyšování úrovně inovací lze využít data dostupná na webových stránkách Evropské unie nebo ČR. Statistické úřady nabízí údaje o podnicích a jejich míry využívání moderních technologií potřebných pro přerod společnosti na plně digitalizovanou. Organizace ČR shrnují údaje ohledně investic vložených do procesu inovování a na druhé straně shrnují poměr využívaných moderních komponentů. Analýzu situace je možné zpracovat pomocí zpráv českých vládních úřadů, které disponují údaji o aktuálním stavu ve velkých, středních a malých podnicích.

## 1.2 Zahraniční literatura

Jako první pojem „Industrie 4.0“ představila německá vláda na konferenci v Hannoveru, kde uvedla svou „*High-tech Strategie*“ v roce 2011. Jedná se o německou strategickou iniciativu, která tradičně podporuje vývoj průmyslového sektoru. Do popředí byly uvedeny klíčové činitele v této oblasti a moderní technologie. Strategie pojednává o autonomních robotech, 3D tisku a senzorech, které vytváří integrované sítě. Jedná se o iniciativu sloužící pro vybudování modernizovaného, digitálního a plně automatizovaného Německa.

Německo jako iniciátor problematiky Průmysl 4.0 má vypracovaných několik studií. Mezi významné patří publikace profesora Henniga Kagermanna a kolektivu profesorů (2012) „*Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*“. Německo, země specializovaná na výzkum a vývoj i budování výrobních technologií, poukazuje na implementaci Průmyslu 4.0 jako na velkou výzvu pro všechny. Upozorňuje na výhody, ale i potíže, které mohou vzniknout v průběhu integrace konceptu do výrobního procesu. Podává návrhy na využití těchto příležitostí pro firmy, aby z toho vytěžily maximum. Rozpracovává i jedno z méně diskutovaných témat, a to kybernetickou bezpečnost. V době, kdy se všechna data, informace a výrobní procesy dostávají do online podoby, vznikají lákadla pro hackery. Upozorňuje, že v případě využívání cloudu a vytvoření kyberneticko-fyzikálních systémů je

nutné implementovat i bezpečnostní prvky a zvýšit úroveň bezpečnosti např. opakované vyhodnocování rizik.

Německou odbornou literaturu doplňuje Bauernhansl (2014) s dílem „*Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*“. Z pohledu hospodářství odpovídá na důležité otázky, které s sebou přináší zvýšení míry implementace. Nabízí plán pro úspěšné zavedení jednotlivých principů Průmysl 4.0. Upozorňuje na výzvy a slabé stránky, které jsou spojeny se zaváděním moderních informačních technologií. Výhodou tohoto díla jsou příklady z reálného života.

Volker P. Andelfinger a Till Hänisch vypracovali studii zaměřenou na praktické záležitosti ohledně vývoje koncepce Průmysl 4.0. Dílo „*Industrie 4.0: Wie cyber-physische Systeme Die Arbeitswelt verändern*“ (2017) reflektuje moderní technologické možnosti a úplné propojení výrobních a logistických procesů. Vyzdvihuje ekonomický přínos pro produkci a popisuje možná rizika spojená s implementací. Autoři poskytují odpovědi na důsledky digitalizace v oblasti pracovního i soukromého života. Popisují historický vývoj v kontextu se zaváděním konceptu a modernizací a zároveň předkládají výhled pro budoucí vývoj. Kromě této technické stránky se věnují také informační bezpečnosti, ochraně údajů a soukromí.

Z anglické odborné literatury je důležité upozornit na knihu od Ustundaga a Cevikcana (2018) s titulem „*Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*“. Svazek se zabývá nejenom obeznámením s problematikou, ale podává také návrh na abstraktní koncept s respektováním jednotlivých principů a souvislostí. Zabývá se klíčovými technologickými postupy, které společně vytvářejí koncept Průmysl 4.0. Věnuje pozornost jejich potenciálnímu ekonomickému a technickému využití a benefitům s aplikací příkladů ve skutečném světě.

Murat M. Gunal se ve své práci z roku 2019 „*Simulation for Industry 4.0: Past, Present and Future*“ věnuje důležitosti procesu simulace před realizací dalších kroků. Simulace představuje klíčový aspekt v účinném fungování Průmyslu 4.0 v realitě. Zohledňuje různé pohledy na virtuální svět a vyzdvihuje důležitost aplikací od rozšířené virtuální reality až po procesní inženýrství. Také přidává pohled na podpůrné metody jako kvantové zpracování dat až po inteligentní správu.

V oblasti anglické literatury je problematika zpracovaná i v rámci jednotlivých odborných časopisů a také na různých summitech a konferencích. Mezi významné magazíny lze zařadit **„Industry 4.0: Magazine“** od vydavatelství Gary Gilmour, který vychází měsíčně. Cílem magazínu je informovat veřejnost o novinkách a aktuálních změnách ve světě technologií. Vydává analýzy osvědčených postupů a kroků, jak mohou společnosti implementovat prvky potřebné pro přechod do nového průmyslového věku digitálních technologií. Obsahuje také údaje od společností, které už zavedly prvky digitalizace. Časopis se zabývá všemi oblastmi Průmyslu 4.0, tj. automatizací, internetem věcí, velkými daty, robotikou, kybernetickou bezpečností. V Anglii se doposud konalo několik konferencí. Poslední summit se uskutečnil v roce 2019, kde se setkalo několik odborníků a vedoucích společností v souvislosti s vývojem situace v této oblasti. Konal se v Manchesteru pod názvem **„Welcome to the 4th Industrial Revolution“**.

V rámci zahraniční literatury ovlivnily psaní práce i různé odborní práce, ze kterých je nejdůležitější zmínit od autora Pereira a Romera **„A Review of the Meanings and the Implications of the Industry“**. Práce podává stručný přehled o význame zavádění Průmyslu 4.0 v současné společnosti.

Jedním z cílů EU je také vybudovat jednotnou digitální Evropu, která je postavená na zásadách Průmyslu 4.0. Avšak neexistují konkrétní zákony a právní normy, jejichž účelem by bylo koordinovat politiku jednotlivých členských států ve způsobu zavádění. První publikovanou taktikou orientovanou i na Průmysl 4.0 byla v roce 2010 **„Europe 2020“**. Strategie byla vypracována Evropskou komisí pod předsednictvím José Manuela Barrosa. Jednou z priorit je inteligentní růst, který předpokládá vytvoření ekonomiky postavené na znalostech a inovacích.

Dalším významným dokumentem vypracovaným za předsednictví Evropské komise Jeana-Clauda Junckera v roce 2015 je **„Strategie pro jednotný digitální trh v Evropě“**, která podpořila Digitální agendu pro Evropu. Cílem je vybudování modernizovaného trhu, který funguje na základě využití moderních technologií. Její vznikem se zaručí jednodušší spolupráce a snížení nákladů na obchodní kooperaci mezi členy EU.

Aktuálně platná **„Evropská Digitální Strategie“**, aktualizovaná začátkem roku 2020, se orientuje na technologie, které mají pomáhat lidem. Předsevzetím této iniciativy je

spravedlivá a konkurenceschopná ekonomika. Spočívá v jednotném trhu a zaručuje rovné podmínky pro podniky a jednotlivé sektory všech členských států. Vznikla by férová soutěž na základě rovných podmínek a možnost se rozvíjet na trhu a využívat digitální technologie, produkty a služby. Nabízí postupné kroky pro zřízení otevřené, demokratické a udržitelné digitální společnosti.

V rámci EU se zaváděním konceptu 4.0 v současnosti zabývají všechny členské státy. Největší investice do inovací vkládají země s nevyspělejšími ekonomikami. Mezi ně se řadí i Francie, kde lze zdůraznit dílo autora Maxe Blancheta s názvem „*Industrie 4.0: nouvelle donne industrielle, nouveau modele économique*“ v roce 2016. Pojednává o znovuoobjevení průmyslového modelu jednak vyspělých a zároveň rozvíjejících se zemí. Upozorňuje na důsledky spojené s proměnou společnosti vlivem procesu průmyslové revoluce. Kniha shrnuje mix analýz, zkoumá logiku této nové situace a hodnotí přínos transformace společnosti do nové éry. Hodnotí situaci, ve které budou vytvořena nová pravidla hospodářské společnosti a její další vývoj.



## 2. Metoda a metodika práce

V procesu zpracování této diplomové práce bylo využito celé spektrum rozličných metod. Syntézou dostupných odborných děl byla vypracována první kapitola. Nejvíce využívanou metodou v této práci byla analýza. Definování konceptu Průmysl 4.0 a jeho základních pilířů bylo vyhotoveno za pomoci syntézy dostupných teoretických poznatků domácích, ale i zahraničních autorů.

V praktické části čtvrté kapitoly byla použita metoda lineárního programování. Změření relativní efektivity zemí v procesu digitalizace lze uskutečnit pomocí metody analýzy datových obalů (DEA). Jejím využitím lze zhodnotit technickou efektivitu produkčních jednotek vzhledem k hodnocené množině sledovaných útvarů. Výsledkem využití DEA je zobrazení relativní výkonnosti jednotlivých ukazatelů. Upozorní na nejméně efektivní oblasti, kam je třeba zaměřit pozornost a nastolit opatření. Vzhledem k tomu, že vybrané indikátory nedisponují cenovým vyjádřením velikosti vstupů a výstupů, lze využít vstupní hodnotu rovnu jedné. Výstup neefektivnějšího státu bude také roven jedné. Vzhledem k odchylkám v jednotlivých ekonomikách jsou ale využity stejné vstupy a tím vytvořené relativně stejné výstupy. Obecně jako výstupní hodnota bude použito hodnocení z vybraných indikátorů tzv. produkční jednotky. V modelu DEA jsou rozhodující produkční jednotky nazývány DMU. V práci pod DMU spadají 4 ukazatele indexu digitální ekonomiky a společnost (DESI) a jeden subindex indexu globální konkurenceschopnosti (GCI). Jedná se o výstupově orientovaný model lineárního programování s konstantními výnosy z rozsahu. V případě zjištění neefektivních oblastí lze pomocí DEA vykázat, jak má daná jednotka redukovat své vstupy, popřípadě navýšit své výstupy, aby se stala efektivní. Jedná se o metodu lineárního programování a výstupově orientovaný model s konstantními výnosy z rozsahu (CCR-O). Pro zjištění efektivity jednotlivých oblastí byly využity jeden vstup a jeden výstup. Stanovení vah tzn. cen pro faktory vstupující do hodnocení je nosnou částí modelu. Každá DMU disponuje volností při určení vah pro svoje vlastní hodnocení. Proto vstup a výstup každého indikátoru je vyhodnocen podle individuálně stanovených hodnot takovým způsobem, aby vznikl co nejvyšší poměr hodnot vstupů a výstupů. Existuje omezení, že poměr nepřesáhne hodnotu. Nestane se tak ani v případě, když svou váhu použije na hodnocení konkurenta. V případě, že poměr je rovný jedné, jednotka se označuje jako relativně efektivní (vzhledem k množině hodnocených útvarů). Příklad relativní

efektivnosti se definuje pro „n“ jednotek – DMU, ty transformují „m“ vstupů (x) na „s“ výstupů (y). Veličiny vztahující se k hodnocení DMU budeme hodnotit číslem 0. Účelová funkce vyjadřuje relativní efektivnost, kde  $u_r$  a  $v_i$  jsou váhy vstupů a výstupů (Nežinský, 2016).

Výslední lineární program:

$$\max z(u, v) = u_r y_0 \quad (1)$$

Za podmínek:

$$v_i x_0 = 1 \quad (2)$$

$$u_r y_j - v_i x_j \quad (j=1,2,3,\dots,n) \quad (3)$$

$$u_r \geq 0 \quad (r=1,2,3,\dots,s) \quad (4)$$

$$v_i \geq 0 \quad (i=1,2,3,\dots,m) \quad (5)$$

Neznámé jsou váhy  $u_r$  a  $v_i$ , které maximalizují funkci  $z_0$  pro DMU<sub>0</sub>. Hodnoty jsou stanoveny tak, aby efektivnost jednotky byla právě nejvyšší. Váhy  $v$  a  $u$  vyjadřují citlivost míry efektivnosti  $z_0$  na změnu vstupů nebo výstupů. Citlivost si volí jednotka DMU<sub>0</sub> tak, aby bylo zohledněno, jakou měrou přispívají vstupy resp. výstupy k výsledné efektivnosti. V případě splnění podmínek nepřesáhne  $z_0$  hodnotu 1. Tabulky ve vlastním zpracování budou tuto hodnotu zaznamenávat ve sloupci Skóre. Pro tento model platí, že čím nižší hodnota, tím nižší míra efektivnosti jednotky. Případně lze mluvit o výkonu jednotky. Na závěr lze státy uspořádat a interpretovat výsledky jako dosažený výkon zkoumaných DMU<sub>0</sub> vzhledem k nejefektivnější jednotce. DMU označujeme v tabulce jednotlivé státy. Skóre představuje hodnotu efektivnosti zkoumaných zemí. Efektivní DMU má hodnotu 1. Hodnota se snižuje s nižší mírou efektivnosti. Skóre je možné dosáhnout v rozmezí 0 až 1. sloupec R+ a R- představují rezervy, které dosahují nulové hodnoty u efektivních DMU. Sloupec 1/Skóre představuje kolikrát násobně musí DMU zvýšit svůj výstup aby se stala efektivní jednotkou. Poslední sloupec zobrazuje potřební procentuální zvýšení. Sloupce V(i) vstupy a U(i) výstupy, které jsou uvedeny v příloze B, uvádějí hodnoty optimální vah.

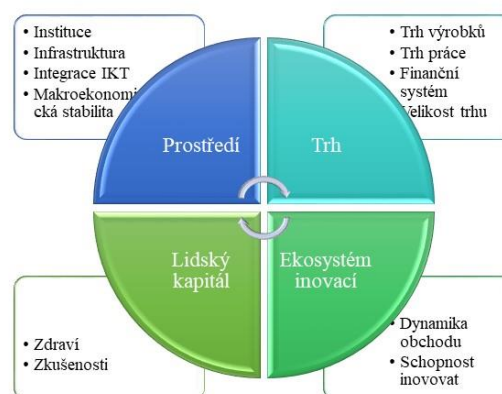
Pro vyhodnocení efektivnosti ČR v oblasti míry digitalizace byly využity údaje subindexů z indexu digitální ekonomiky a společnosti (DESI) a index globální konkurenceschopnosti (GCI). Zprávy DESI pojímají kvantitativní údaje jednotlivých členských zemí v pěti dimenzích – připojitelnost a využívání internetových služeb, úroveň digitálních dovedností lidí, integrace digitálních technologií a digitální veřejné služby. Lidský kapitál představuje základní kámen v možnosti přechodu na vyšší úroveň digitalizace. Úroveň jednotlivých subindexů se měří od 1-100, přičemž 100 znamená nevyšší dosažený stupeň. Úroveň jednotlivých subindexů se měří od 1-100, přičemž 100 znamená nevyšší dosažený stupeň (DESI, 2019).

Další významný indikátor, který pomocí subindexu zohledňuje i míru digitalizace, je index globální konkurenceschopnosti 4.0. Tento ukazovatel slouží na vyhodnocení podnikatelských podmínek země a jejich postavení v globální ekonomice. Na základě těchto ukazatelů lze získat skutečný stav země v porovnání s jinými. Pořadí sledovaných zemí podle GCI je následovné: 7. místo Německo, 10. místo Dánsko, 11. místo Finsko, 21. místo Rakousko, 32. místo ČR, 42. místo Slovensko. Pro doplnění analýzy připravenosti českých podniků v procesu zavádění Průmysl 4.0 byl využit subindex schopnosti inovovat. Hodnocení zemí se definuje na stupnici od 1 do 100, přičemž 100 je nevyšší hodnota (Weforum, 2020).

### Index digitální ekonomiky a společnosti



### Index globální konkurenceschopnosti 4.0



Obrázek 1: Indikátory určující úroveň digitalizace států  
Zdroj: Vlastní zpracování podle (Weforum, 2020)

Pro srovnání úrovně připravenosti byly vybrány země EU – Finsko (hnedá), Dánsko (zelená), Německo (tmavě modrá), Česká republika (červená), Slovensko (žlutá) a Rakousko (tmavě zelená). Jedná se o krajiny, které jsou z dlouhodobého hlediska v procesu digitalizace na popředních pozicích. Proto je možné na příkladu vyspělých států vyhodnotit a poukázat na oblasti, ve kterých je ČR neefektivní a vyčíslit hodnotu, o kterou se musí zlepšit. Práce je zaměřena prioritně na porovnání se sousedními státy ČR, které mají obdobné kulturní a geografické podmínky. Za nejbližší z hlediska geografické polohy, klimatu, obdobných přírodních podmínek a historických záležitostí je nejbližší zemí Slovensko. I když se po rozdělení v roce 1993 úroveň rozvoje průmyslu začala prohlubovat a ČR si utvrzovala své postavení hospodářsky silnější země. Krajiny jsou podle vývoje porovnávány i s průměrem EU (světle modrá). Pro dosažení podrobné analýzy připravenosti českých firem a vyhodnocení jejich nedostatků byla využita data z českého statistického úřadu z roku 2019. Ta doplňují celkovou analýzu a upozorňují na nevyužitý potenciál firem. Podniky byly rozděleny podle velikosti na velké, střední a malé. Pro rozpracování zkoumaných oblastí a vyhodnocení nedostatků v rámci českých firem byly využity údaje z českého statistického úřadu. Podniky byly rozděleny podle velikosti na velké, střední a malé. Do grafů bylo vloženo procentuální zastoupení podniků a pomocí komparace bylo možné vyhodnotit nedostatečně obsažené potřebné prvky ve firmách. Na základě výsledků lze interpretovat, jaké nedostatky jsou na jednotlivých úrovních.

Využitím modelu nákladů byla vypracována základní analýza přínosu projektu s prvky Průmyslu 4.0. Vstupní ceny jednotlivých přípravků jsou zdokumentovány po konzultacích s kompetentními ve firmě Škoda Auto. Pro výpočet nákladu na uskutečněné fyzických a virtuálních zástaveb byl použitý vzorec (Synek, 2011):

$$TC = P \times Q \tag{6}$$

Kde

TC	celkové náklady
P	cena nástrojů
Q	množství zástaveb.

Celkový zisk je vypočítaný vztahem:

$$Z = TC_{FAMB} - TC_{VAMB} \quad (7)$$

kde

$Z$  zisk

$TC_{FAMB}$  náklady vynaložené na stavbu fyzického zástaveb

$TC_{VAMB}$  náklady na výkon virtuálních zástaveb

V poslední kapitole byla syntézou dostupných údajů vyhodnocena míra připravenosti českých firem na implementaci konceptu Průmysl 4.0. Pomocí SWOT analýzy a finalizací všech dostupných faktů bylo možné navrhnout opatření. Ve finále byly syntézou všech dostupných poznatků vypracovány závěry a následně byla nastolena opatření pro řešení situace.

### 3. Teoretické východiska konceptu Průmysl 4.0

„Průmysl 4.0 transformuje výrobu ze samostatných automatizovaných jednotek na plně integrovaná automatizovaná a průběžně optimalizovaná výrobní prostředí“ (Mařík, 2016, s. 26). Definice upozorňuje na důležitost propojení původně samostatných jednotek v jeden kompatibilní celek. Použitím speciálních mechanismů se nastaví stroje způsobem, který jim umožňuje bezprostředně mezi sebou komunikovat a realizovat činnost. Proces výroby se podstatně zjednoduší a eliminuje se negativní vliv lidské síly. Klasická produkce a pracovní činnosti se postupně přetvoří na plně automatizované činnosti realizované stroji. Tento koncept směřuje k vytvoření inteligentních zařízení, které budují továrnu podle principů Průmysl 4.0 (Ahrens, 2015). Aby se podnik mohl označovat za inteligentní továrnu, musí obsahovat několik technologických předpokladů, které budou rozpracovány v této práci.

Strategie je postavena na integraci dynamicky se měnících propojení fyzických prvků s jejich softwarovými systémy. Zavádění Průmyslu 4.0 je možné v různých oblastech, např. ekonomická oblast (řeší zákaznicko-odběratelské vztahy, elektronické obchodování), veřejná správa (e-recepty, e-neschopenky), produkce (inteligentní údržba, automatizace procesů ve skladech), automobilový průmysl (elektrické automobily, ovládání topení v autě pomocí mobilní aplikace). V souvislosti s těmito procesy vzniká potřeba integrovat systémy výrobních zařízení, zákaznicko-odběratelské řetězce a servisní systémy. Vytvoří se síťová propojení s přidanou hodnotou regulace vztahů za pomoci systémů. Celá tato přeměna může proběhnout v případě dostupnosti moderních strojů s integrovanými senzory, které pro svoji funkci potřebují připravenou digitální infrastrukturu. Výsledkem této transformace procesů je i vznik strukturálně nových pracovních míst, kde musí zaměstnanci pracovat s novými informačními systémy a technologiemi. Výhodou těchto systémů je schopnost komunikace mezi sebou prostřednictvím internetového připojení. Jednotlivé subjekty a celý tento proces vytváří kyberneticko-fyzikální systém (CPS), který je podmínkou pro vytvoření inteligentní továrny. Kooperace v rámci tohoto je založena na protokolech a standardech. Interakci mezi stroji, která vzniká v tomto prostředí, také označujeme jako M2M (Ustundag, 2017).

Studie Erika Brynjolfssona (2011) vyzdvihuje důležitost rozhodnutí podnikatelů na základě získaných dat. Rozhodování podložené získanými znalostmi a údaji dosahuje vyšší úspěch. Práci s těmito daty se lze vyhnout negativním okolnostem, které už nastaly, případně lépe

zhodnotit možné situace. Jedná se o faktory, které mají vliv na lepší nastavení výrobních procesů. Podnikatele využitím dostupných informací vede k flexibilnějším reakcím na podněty z okolí. Podle studie ekonomů rozhodování a řízení pomocí zpracovaných dat může dosáhnout až o 4-6% vyšší efektivitu produkce a tím i větší profit (Brynjolfsson, 2011).

Ještě donedávna byl člověk nevyhnutelnou součástí průběhu produkce. Nástupem Průmyslu 4.0 se do popředí dostává samostatná činnost a komunikace strojů a přináší eliminaci lidské síly ve výrobě, a tím i snížení jejího negativního vlivu. Reformace spočívá v optimalizování výroby za pomoci plně automatizovaných strojů. Lze mluvit o přechodu ze socio-technické na plně technickou výrobu. Do popředí se dostávají technologie jako umělá inteligence (AI), strojové učení, virtuální svět, rozšířená realita (AR) a 3D tisk. Tyto modernizace slouží nejenom k urychlení a zjednodušení produkce, ale i komunikačních a distribučních systémů. Také zahrnují optimalizaci procesů spojených s vývojovou částí produktu. Celý průběh od návrhu, přes simulace fungování až po konečné vyhodnocení technického řešení běží pouze v digitální podobě. Prototyp lze následně využitím 3D tisku dostat do fyzické podoby (Popkova et al., 2019).

Aktuálně se pracuje se 2 scénáři. První je založen na vybudování inteligentní továrny, která bude fungovat samostatně pomocí nejmodernějších informačních technologií. Takové stroje představují centrální zdroj řetězce automatizovaných procesů – počítačově navržený produkt (CAD), počítačově podporované plánování procesů (CAPP) až po počítačově podporovanou produkci (CAM). Celý tento proces je spravován plně integrovanou a automatizovanou sítí bez výrazného vlivu lidí. Druhou možností je vytvoření počítačově integrované výroby (CIM). Tady se počítá s rozšířenými zásahy lidské síly. Lidé by spravovali dílčí činnosti ve výrobním procesu jako např. programování strojů, obsluhu robotů, linek a jiných výrobních zařízení. Navrhovali by produkty a pracovali na zavádění postupně rozšířené automatizace (Kärcher, 2015).

Andreja Rojková (2017) uvádí několik existujících důvodů pro implementaci a prohlubování jednotlivých faktorů Průmysl 4.0. Její zdůvodnění lze rozdělit do 2 oblastí výhod majících vliv na proces a zákaznickou spokojenost a na druhé straně pozitivní vliv na životní prostředí. První okruh zahrnuje zkrácení doby vstupu nového produktu na trh, zrychlená zpětná vazba na zákaznické požadavky a naplnění jejich očekávání, možnost masového navýšení produkce bez vzniku nadbytečných nákladů. Digitalizace umožňuje efektivnější

využití přírodních zdrojů a energie a je podstatně flexibilnějším a přijatelnějším modelem pro životní prostředí. Optimalizací výroby snižuje množství odpadu (Rojko, 2017).

Lidong a Guanghui Wangovi definují 6 základních stavebních prvků, které je důležité při přechodu na Průmysl 4.0 dodržet:

1. **Integrace a kooperace** – všechna zařízení jsou vzájemně propojena a spolupracují
2. **Virtuální svět** – jednotlivé procesy se odehrávají ve virtuálním světě (návrhy, simulace apod.)
3. **Decentralizace** – souvisí s přenecháním procesů lidské činnosti strojům (výroba, rozhodování, vyhodnocování situace)
4. **Kapacity v reálném čase** – sběrem dat v reálném časovém horizontu a jejich simulací lze předcházet vzniku negativních stavů.
5. **Orientace na služby** – pomocí internetu služeb nabízet webové služby
6. **Modularita** – možnost flexibilně reagovat na požadavky výměnou jednotlivých modulů (Wang, 2016).

### 3.1 Technologické předpoklady konceptu Průmysl 4.0

Moderní technologie se staly nedělitelnou součástí pracovního i osobního života. Prioritou investování do inovací se stává idea snížení nákladů na výrobu a s tím spojené zvýšení efektivity produkce. Počáteční výdaje na pořízení potřebných systémů a softwarů jsou sice vysoké, avšak ve výsledku za určité časové období snižují náklady na provoz a výrobu. Zaručí vyšší výnosnost. V souvislosti s neustálým vývojem se nabízí rozsáhlé možnosti výběru pro podniky. Postupné prohlubování digitalizací směřuje k vytvoření tzv. inteligentní továrny. Prosíťování vzájemně závislých jednotek do funkčního celku lze vidět na obrázku 2. Jsou na něm znázorněny klíčové faktory, jako zdroje čerpání energie, životní cyklus výrobku (PLM), speciální technologie (3D tisk, umělá inteligence, strojové učení apod.), které spoluprací tvoří jednotný soubor zahrnující podmínky Průmyslu 4.0. (Rüßmann et al, 2015).





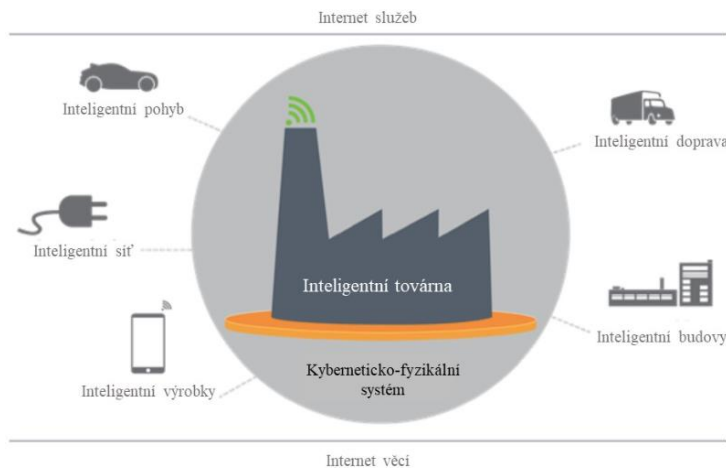
Obrázek 2: Prostředí inteligentní továrny  
Zdroj: TECHNODAT, 2018

Shrnutím všech dostupných informací o konceptu Průmysl 4.0 lze vyjádřit 4 základní podmínky:

- **vertikální spojení** – jedná se o integraci procesů v rámci podniku. Zahrnuje funkce strojů, komunikační řízení a vedoucí činnosti. Očekává se vytvoření inteligentní sítě orientované na potřeby a požadavky zákazníka.
- **horizontální sjednocení** – zohledňuje vytvoření a spravování odběratelsko-dodavatelského řetězce. Vzniká prosíťování obchodních vztahů mezi partnery a zákazníky i na mezinárodní úrovni. Pracuje se s daty od návrhu produktu, jeho výroby až po servisní spravování. Integrace odběratelsko-dodavatelských vztahů zvyšuje flexibilitu řízení skladových zásob.
- **inženýrská podpora** – jedná se o podporu během celého životního cyklu produktu. Představuje péči o daný produkt od návrhu designu, procesu výroby, až po jeho výběh z tržní nabídky. Slouží k flexibilní akceptaci zákaznických očekávání a implementování do funkcí daného výrobku.
- **aplikace exponenciálních technologií** – obsahuje aditivní výrobu, 3D tisk, AI, AR, speciální senzory apod. V současnosti se jedná o nevykonnější technologie, avšak s vysokou cenou. Uplatnění technologií, jejichž cena bude klesat, ale představují vysokou výkonnost (Renheimer, 2017).

### 3.2 Princip vzniku inteligentní továrny

Inteligentní továrna představuje v průmyslovém světě základní prvek, který je postaven na principech Průmyslu 4.0. Její realizace vede k vytváření nových možností produkce s přidanou hodnotou. Podkapitola se věnuje jednotlivým krokům, které se musí zavést, aby mohla být vybudována inteligentní továrna. Vzniknou zde nové rozměry komunikace, která nebude realizována jenom mezi lidmi, ale také i mezi stroji (M2M). Systémově budou zpracovávány i dodavatelsko-odběratelské vztahy a výměna informací bude probíhat digitální formou. Původně izolované výrobní jednotky jsou v tomto případě již přetransformovány do plně automatizovaných propojených subjektů. Podnik disponuje dostatkem speciálních technologií založených na nejmodernějších informačních principech, tj. roboty, 3D tiskárny, simulační zařízení, měřicí přístroje, software a aplikace. V případě dostupnosti správného vybavení jsou stroje schopny reagovat na vnější podněty flexibilněji a optimalizují tak výrobní proces (Chromjaková, 2017).



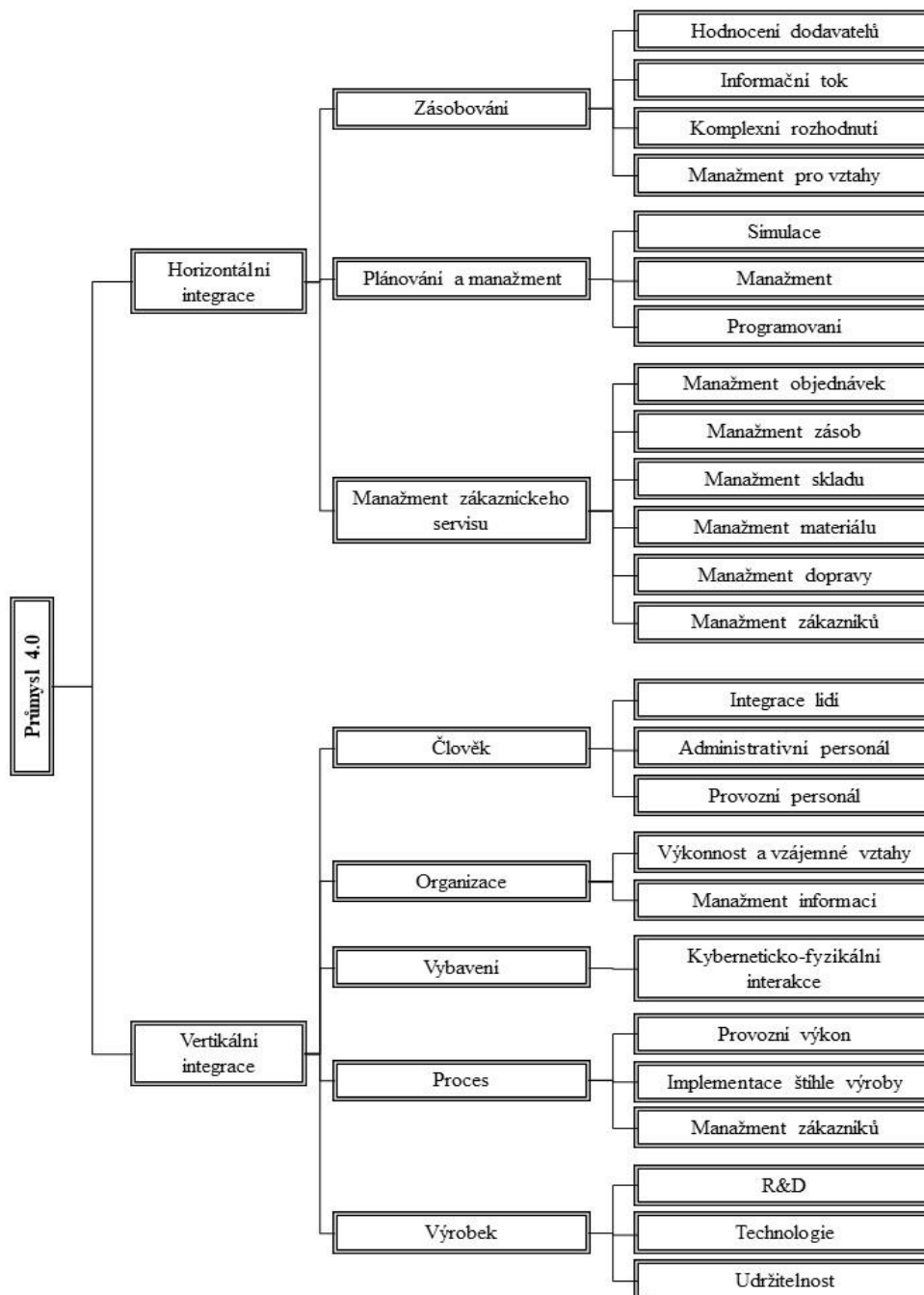
Obrázek 3: Kyberneticko-fyzikální systém

Zdroj: Industry4, 2019

Obrázek 3 předkládá základní prvek inteligentní továrny, kterým je vytvoření kyberneticko-fyzikálního systému. Ten funguje za přítomnosti internetové sítě, která slouží jako internet věcí (IoT), internet služeb (IoS) a internet lidí (IoP). Vzhledem k digitalizaci všech informací a údajů se tvoří tzv. velká data, která musí být někde uložena. Všechny tyto důležité komponenty Průmyslu 4.0 jsou popsány v následujících podkapitolách (Industry4, 2019).

### 3.2.1 Kyberneticko-fyzikální systém

Kyberneticko-fyzikální systém (CPS) představuje základní stupeň. Vystupuje jako fyzický systém, v němž působí jednotky obsahující speciální senzory umožňující jejich kooperaci a volný pohyb dat. Obrázek 4 definuje schéma, na kterém je postaven CPS. Efektivnost podniku se odvíjí od úrovně synergie těchto procesů v rámci podniku (Ghobakhlo, 2018).



Obrázek 4: Podmínky pro vytvoření CPS  
Zdroj: vlastní zpracování podle (Ghobakhlo, 2018)

CPS reflektuje spojení vysoko výkonného SW a speciálních uživatelských rozhraní. Ta se integrují do digitálních sítí a vytváří prostředí s novou funkcionalitou. Existují 3 vývojové stupně:

1. **generace** – identifikační technologie (RFID senzory), slouží na rozpoznání zařízení. Jedná se o základní rozhraní.
2. **generace** – obsahují snímače a akční členy s omezeným rozsahem funkcí
3. **generace** – zálohování, analýza a zpracování dat velkého rozsahu

Hlavním cílem realizace této oblasti je zprostředkování komunikace M2M. Ta může fungovat prostřednictvím existence IoT a IoS v podnikatelském prostředí. Potřebné informace si stroje dokážou zprostředkovat autonomně pomocí vestavěných mechanismů a senzorů bez nevyhnutelné přítomnosti lidské síly (Lee, 2014).

### 3.2.2 Internet věcí, služeb a lidí

Všechna fyzická zařízení, která disponují SW a senzory, mohou být propojena internetem. Vzniká tak internet věcí (IoT). Toto síťové propojení umožňuje předmětům vyhledávání, shromažďování a vzájemnou výměnu informací, tj. koncept datového provozu. IoT spojuje rozličné funkce strojů, které jsou schopny vysílat signály, čímž ulehčují přenos dat. Principem je sběr surových dat, která jsou následně zpracována systémem a roztríděna do příslušných oblastí. Následně proběhne jejich vyhodnocení. Výhoda IoT spočívá ve schopnosti zpracovat doposud největší množství dat, která jsou dostupná z různorodých zařízení. Na základě těchto informací dokážou firmy porozumět svým zákazníkům a zefektivnit své procesy a produkty. Internet lidí (IoP) představuje lidi, kteří jsou prostřednictvím svého chytrého telefonu připojeni k internetové síti a mohou tak pracovat, vyhledávat informace nebo komunikovat (Carpintero et al., 2015).

V současnosti existují 2 podstatné příčiny, které tlačí na rozvoj IoT:

1. **Velikost zařízení** – v současnosti je vyvíjen tlak na zmenšování jejich tvarů avšak zvětšování dostupného obsahu

2. **Připojitelnost** – klade se důraz na rychlost, kvalitu internetového připojení a pokrytí země. S výjimkou tzv. bílých míst<sup>1</sup> jsou zavedeny telekomunikační sítě v rámci ČR téměř všude (Gilchrist, 2016).

Internet služeb (IoS) představuje infrastrukturu, která prostřednictvím internetu nabízí a prodává služby. Výsledkem je vizualizace služeb jako obchodního majetku. Jedná se o obchodní a technickou základnu pro pokročilé obchodní modely, které se orientují na poskytování služeb, jako např. výzkum, vývoj, produkce, marketing nebo nabídka určitých služeb. IoS má v rukou možnost tvorby a řízení nového typu průmyslu služeb. Mezi příklady IoS lze zařadit také cloudové úložiště. Zákazník má k dispozici připojení ke Cloudu přes internet na svém počítači nebo mobilním zařízení. (Jeschke, 2016).

### 3.2.3 Velké data, virtuální svět a životní cyklus produktu

Pro velká data jsou charakteristické čtyři dimenze (4V):

- **množství dat (volume)** – souvisí s rozšířenou kapacitou běžných strojů pro získávání ukládání, řízení a analýzu dat
- **rozdílnost (variety)** – tato data přicházejí z rozličných sítí, dynamicky se mění a tradiční zpracování není dostačující
- **rychlost generování nových dat a jejich analýza (velocity)** – rozpracování dat se děje téměř v reálném čase, správné závěry z neustálých plynoucích a měnících se dat je nutno průběžně obnovovat a implementovat
- **hodnota (value)** – třídění a využití relevantních, pravdivých dat, izolace množství dat a výběr, co je pro daný objekt důležité (BDF Organization, 2019).

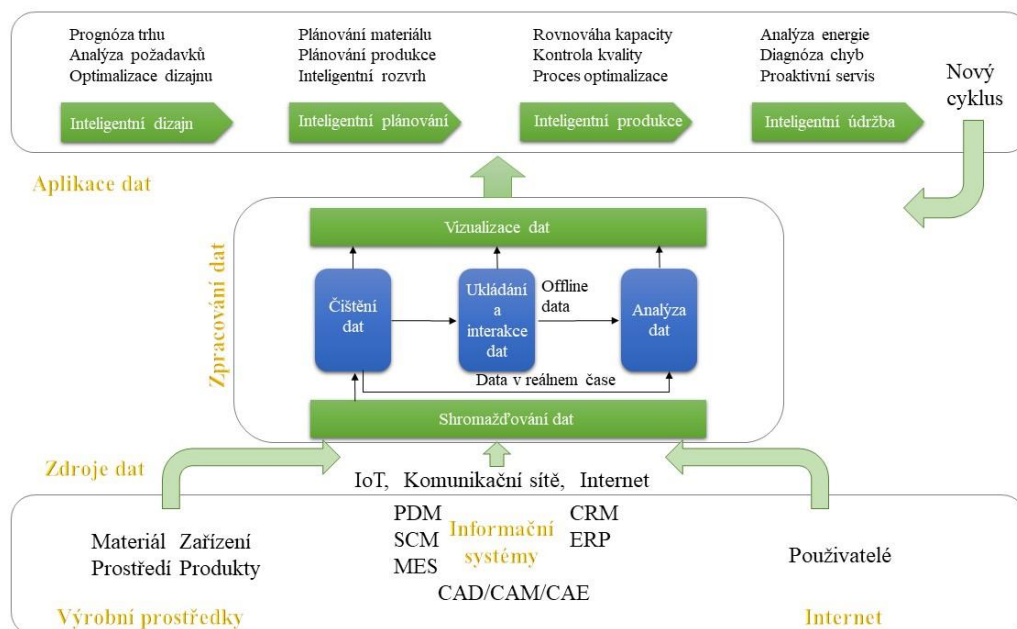
Velká data mají na funkci podniku zásadní vliv. Celý průběh získávání, zpracování a následného vyhodnocování a aplikace dat lze vyčíst z obrázku 5. Deklaruje 4 základní oblasti, kde lze využít všechny dostupné údaje:

1. **požadavky zákazníků** - na základě zpracování dat je možné převést požadavky zákazníků na design a kvalitu do vlastností výrobků.

---

<sup>1</sup> Bílé místa – prostor dosud nepokrytý internetovým propojením

2. **údaje o dostupnosti vstupních zdrojů** – před zahájením výroby se realizuje inteligentní plánování výroby s ohledem na výrobní možnosti. Na základě dostupných globálních dat o materiálech, omezeních, technologických parametrech se dá vygenerovat globální optimalizovaný plánovací program.
3. **strategie řízení provozu** – v souladu s možností monitorovat výrobní proces v reálném čase umí přizpůsobit optimální výrobní program. Na základě analýzy velkých dat se zlepší kvalita produktu od suroviny po hotový produkt.
4. **údržba a opravy** - shromažďováním a analýzou rozsáhlých dat z inteligentních zařízení jsou schopné monitorovat zdraví zařízení nebo produktu, včas diagnostikovat poruchy a optimalizovat provoz výroby (QI, 2018).

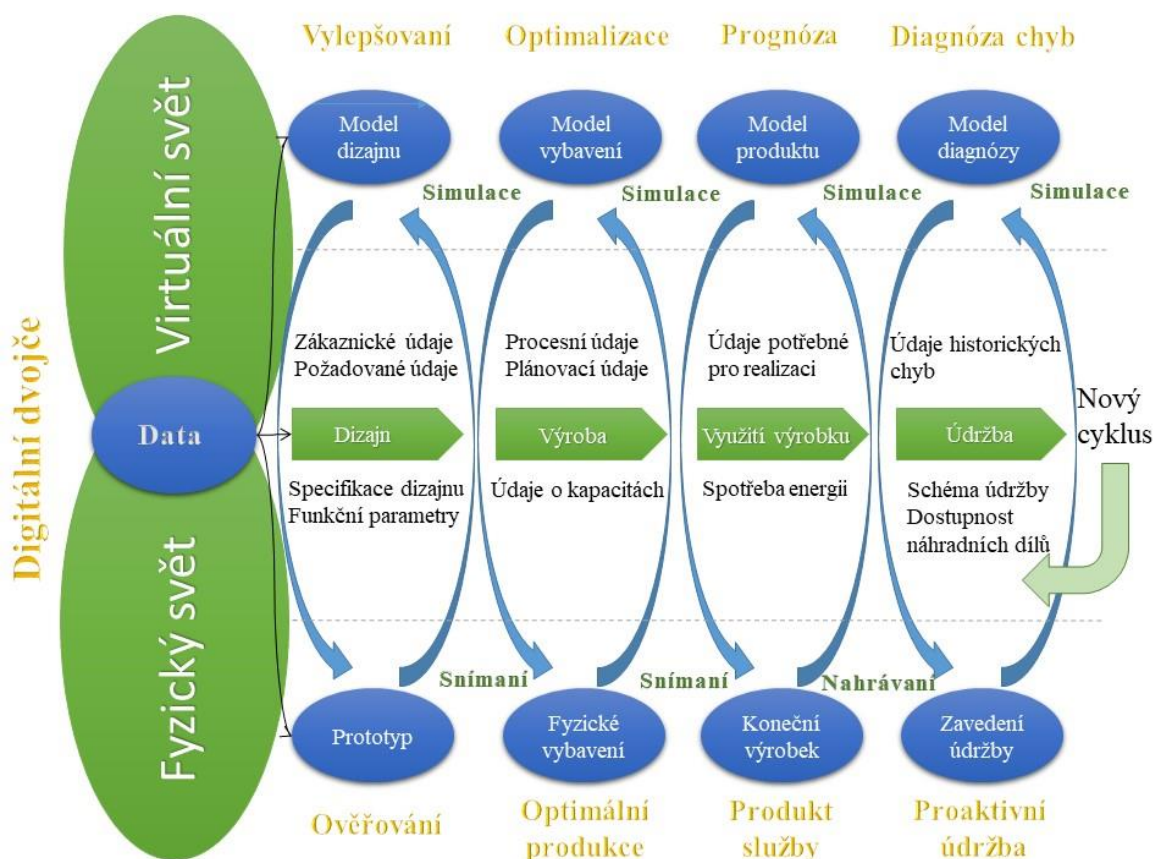


Obrázek 5: Proces využití dat v inteligentní továrně

Zdroj: vlastní zpracování podle (Qi, 2018)

Digitální výroba zpracovává data prostřednictvím integrovaného počítačového systému. Údaje jsou sbírány z různých zdrojů, které jsou vidět na obrázku 4. Patří sem klasičtí uživatelé internetu, dále informační systémy (počítačově orientovaný design, inženýrství, výroba, odběratelsko-dodavatelské systémy, zákaznické a údaje o produktu) a informace ohledně vstupních zdrojů. Digitální výroba zohledňuje metodiku, která využívá integrovaný počítačový systém. Vymezuje produkty a výrobní procesy. Představuje integrovaný řetězec dat, který zahrnuje informace od konceptu, produkce až po finální produkt a zahrnuje procesy modelování prototypů (Qi, 2018).

Potřeba tvorby virtuálních modelů fyzických objektů slouží ke zdokonalování procesů a výrobků. Simulací jejich chování lze vyladit nedostatky ještě před zahájením produkce. Digitálním způsobem je možno simulovat chování v reálném prostředí. Obrázek 6 zohledňuje princip fungování digitálního dvojčete a jeho význam v životním cyklu produktu. Fyzická data jsou implementována do virtuálního světa pomocí senzorů. Proces fyzického provozu je tak posuzován, analyzován, predikován a optimalizován virtuálním způsobem (Qi, 2018).



Obrázek 6: Digitální dvojče

Zdroj: Vlastní zpracování podle (Qi, 2018).

Řízení životního cyklu výrobku souvisí s digitální výrobou a pozorováním produktu ve virtuálním světě. Zahrnuje detailní informace ke konstrukčnímu řešení, vlastnosti, způsob produkce a využití produktu. I v tomto případě lze vidět využití vertikálního propojení uvnitř firmy a horizontální integraci dodavatelů, výrobců, zákazníků a jejich dat, procesů a výrobních praktik (Vennghaus, 2018). Správný výběr softwaru může účinným způsobem řídit informace během celého životního cyklu výrobku. PLM řídí 2 základní strategie:

- **Informační** – sběr dat a jejich využití v celoživotním procesu produktu

- **Podniková** – nabízí firmám způsoby zpracování při jednotlivých fázích produktů

Cílem PLM je snížit náklady, zvýšit výnos produktu, maximalizovat hodnotu portfolia produktu (Stark, 2011).

### 3.2.4 Cloud computing

Mezi důležité rysy zařazujeme také Cloud Computing. Jedná se o poskytování úložišť, služeb a programů prostřednictvím serverů uložených na internetu. Na základě toho můžou uživatelé přistupovat k datům, kdekoliv se budou nacházet. Pro přístup potřebují jenom webový prohlížeč anebo klienta dané aplikace. V tom případě nejsou limitováni místem a mohou pracovat s informacemi kdekoliv. Jednoduše řečeno pod Cloud spadají všechny prostředky, které jsou ve virtuální sféře. Platí to pro HW i SW (Lobo, 2015).

Všeobecně akceptované typy služeb zahrnující Cloud Computing:

- **Software as a Service (SaaS)** – využití SW jako služby po dobu určitou za poplatek, ale nevlastní ji
- **Platform as a Service (PaaS)** – nabízí možnost využívat aplikace vytvořené programovacími jazyky pomocí nástrojů, které jsou veřejně dostupné nebo je poskytuje provider. Aplikační forma, která umožňuje nástroje pro vývoj a službu vlastních aplikací použitelné přes internet.
- **Infrastructure as a Service (IaaS)** – infrastruktura jako služba nabízí bohaté možnosti pro vytvoření a nastavení serverů a prostředí, které slouží na vývoj a provoz softwarových produktů bez toho, aby se zákazník staral o infrastrukturu. V tomto případě si zákazník může pronajmout hardware a infrastrukturu (výpočetního výkonu nebo datových úložišť) a stát se jejím koncovým uživatelem (Industry4, 2019).

### 3.2.5 Exponenciální technologie

Pro sběr dat, virtuální svět a vyhodnocování životního cyklu jsou využívány tzv. exponenciální technologie. Už z názvu lze poznat, že se jedná o technologie přinášející rychlý růst. Mezi ně patří rozšířená realita (AR), která spojuje existenci fyzického



a virtuálního světa. Hlavní úlohou AR je vytvoření virtuálního světa, který může být doplněn o zvukové efekty. Většinou se v tomto případě jedná o navigace a aplikace určené pro výuku. Rozšířená virtuální realita má v jednoduchých systémech úroveň textových polí v zorném poli. Ve vylepšených systémech již má i vizuální představení v 3D prostoru. Vytváří se buď do prostoru sledovaných objektů, nebo je ve výsledku překrývá a nahrazuje. AR je vlastně technika, která využívá komponenty jako například brýle, helmy apod. Je součástí virtuální reality, která nahrazuje reálný svět (Grunov, 2016).

Aditivní výroba (AM) se řadí mezi další nástroje. Lze s ní zpracovávat kovy, plasty a keramiku. Přináší optimalizaci výrobních postupů a také významné zvýšení flexibility. Popisuje proces slučování materiálu pomocí 3D digitálních dat. Vrstvením se tvarují trojrozměrné subjekty. AM využívá původní data, pomocí kterých je schopná vyrábět prototypy. Tato výrobní technika je schopná vyprodukovat i konstrukčně náročnější komponenty. AM je napojená na internet, a tak se podílí na vytváření IoT. Prostřednictvím internetu čerpá data ze zdroje. Příprava výroby a sběr potřebných informací pro produkci je ještě poloautonomní a využívá lidský faktor. Avšak výroba produktů už je zcela autonomní proces bez jiných vlivů (Horst et al., 2018).

Senzory slouží jako interakce mezi člověkem a stroji. Slouží na získávání obrazových a spektrálních dat. Na druhé straně má schopnost detekovat chemické veličiny v látkách. Pomocí senzorů lze realizovat změny v oblastech jako

- Snímání a měření tvarů
- Strojové a robotické vidění
- Optovláknové snímače
- Biosenzory
- Prediktivní diagnostika a údržba (Bartodziej, 2017).

Poslední doplňující technologie představují kybernetika a umělá inteligence (AI). Tvoří filozofické i teoretické jádro v implementaci Průmyslu 4.0. Na jedné straně znamenají využití v teoretické oblasti určené pro řízení, rozhodování apod. Na druhé straně v praktické oblasti, kde se zohledňuje automatizovaná výroba, autonomní systémy, inteligentní komunikace v podniku a zabezpečování globálních řešení. Představují využití lidské inteligence stroji. Součástí AI je i strojové učení. Prostřednictvím metod a algoritmů se stroje

učí a následně jsou schopny adekvátně reagovat na podněty. Funguje na základě informací, které se naučil. Algoritmy využívají metody statistické analýzy a hloubkovou analýzu dat (Das, 2015).

### 3.2.6 Kybernetická bezpečnost

Mezi témata, která vznikají s implementací konceptu Průmysl 4.0 a nejsou dostatečně řešena, patří ochrana dat a informační ochrana. Kybernetická bezpečnost se sice v současnosti dostává do popředí, ale ještě stále není řešena na dostatečné úrovni. Nyní neexistuje 100% funkční ochrana, která by byla schopná zadržet útoky hackerů. V tuto chvíli není podstatné, jestli nějaká škoda nastane. Do centra pozornosti se však dostává, jak velký rozměr bude mít případný útok (Thames a Schaefer, 2017).

Existuje několik linií obrany. První linie zohledňuje technickou a organizační obranu. Zabezpečuje přístup jenom důvěryhodným organizacím a podnikatelům, se kterými vzájemně spolupracuje. Kromě této kooperace zabezpečuje ochranu vůči průnikům externích zařízení a firem. Speciálními kontrolami s využitím věrohodných technologií a procesů řeší přístup k citlivým informacím. Nerozlišuje, zda se jedná o kontroly při vstupu do závodu nebo do firem. Na druhé linii se řeší kybernetická obrana. Na serverech mají podniky uložena důležitá data, která zahrnují údaje o chodu firmy, know-how a různé citlivé informace (Andelfinger a Hänisch, 2017).

Německá vláda (2012) vypracovala TOP 10 aktuálních hrozeb, které ohrožují systém Průmyslu 4.0:

1. Neoprávněné využití vzdáleného přístupu
2. Online útok přes kancelářské anebo podnikové sítě
3. Útok na nasazené standardní komponenty v síti mezinárodního kontrolního systému
4. Masivní útok spočívající v znepřístupnění služeb
5. Nesprávné jednání a sabotáž lidí
6. Vložení škodlivého kódu přes vyměnitelná média a externí hardware
7. Čtení a zápis zpráv v síti ICS
8. Neoprávněný přístup ke zdroji
9. Útoky na síťové komponenty

Pořadí hrozeb se odvíjí od posouzení jednotlivých aspektů. Zohledňuje se skupina pachatelů, vznik, rozšiřování a zneužití zranitelných míst, ale i vliv možného útoku na technické a ekonomické oblasti. Kromě těchto 10 největších rizik jsou i další. Prostřednictvím použití chytrých telefonů a tabletů jsou hackeři schopni využít propojení na Cloud computing. Ohroženy jsou tedy služební telefony lidí, kteří ukládají na soukromé cloudové úložiště firemní data. Speciálně však existují i hrozby odvíjející se od jednotlivých vývojových stupňů podniku (Kagermann et al., 2012).

Iniciativa Průmysl 4.0 (2016) definuje 5 úrovní posuzování podniku při implementaci problematiky Průmysl 4.0. V důsledku prohloubení digitalizace podnikání a produkce, nastupují některé procesy do virtuální podoby, např. proces navrhování, zohledňování zákaznických očekávání, řízení produkce a logistiky. Celý systém spěje ke zvýšení efektivity produkce a zároveň ke zvýšení konkurenceschopnosti na trhu. Připravenost firem na implementaci Průmyslu 4.0 představuje těchto 5 stupňů vyspělosti:

1. **Počáteční fáze** – firma je na počátku digitalizace. Má už zaveden jednoduchý informační kanál např. ve formě webových stránek, avšak stále ještě představuje pasivní status. Začínají se objevovat první myšlenky o zavedení jistých služeb a procesů v digitální podobě. Představují se první projekty modernizace v oblastech jako údržba, produkce a návrhy výrobků. Využívá jednoduchý ekonomický software pro komunikaci s vládními institucemi.
2. **Fáze interakce** – Na tomto stupni je už přítomná rozsáhlejší webová přítomnost. Firma prohlubuje využití softwarů a začíná si uvědomovat důležitost toku dat. Projekty digitalizování firmy se začínají realizovat a zavádí se dílčí automatizace. Postupně se digitálně propojují dodavatelsko-odběratelské vztahy např. zavedením objednávek přes internet, digitální katalogy.
3. **Fáze integrace** – firmy využívají digitální přenos dat. Tvoří strategie v oblasti integrace digitalizovaných procesů. Je přítomná vícekanálová komunikace přes PC, mobily, tablety apod.
4. **Fáze aplikování** – podniky využívají digitální komunikaci s dodavateli i zákazníky. Data proudí digitální formou. Jsou vypracovány personalizované digitální strategie. Využívá se diagnostika na predikování možných poruch a hrozeb. Podnik za pomoci digitální diagnostiky předchází poruchám a neshodám

5. **Finální fáze** - podnik je už plně digitalizován. Zobrazuje plně integrovaný digitální ekonomicky výkonný celek. Existuje plnohodnotné propojení mezi reálným a virtuálním světem. Virtuální asistenti nabízí podporu zákazníkovi během celého životního cyklu výrobku a jejich obchodního vztahu. Je vyvinutý kyberneticko-fyzický systém, který využívá nejmodernější technologie jako simulace, 3D tisk a robotickou výrobu (MPaO, 2016).

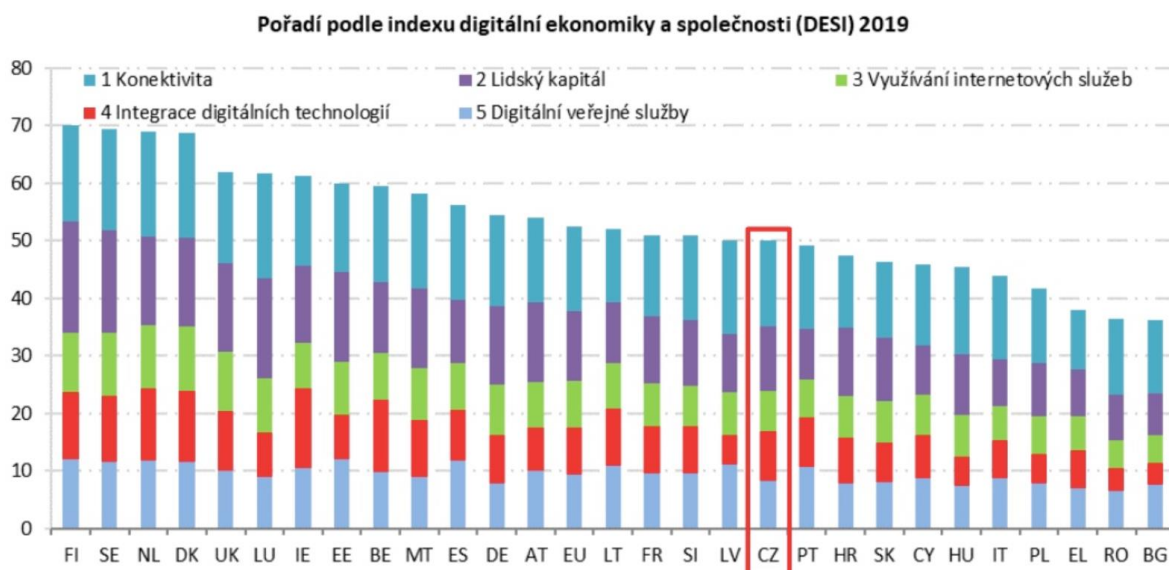
## **4. Analýza připravenosti českých firem na implementaci konceptu Průmysl 4.0**

Česká republika jako člen EU musí držet krok s nejvyspělejšími ekonomikami v rámci evropského prostoru. EU podporuje investice a rozvoj země. Proto vytvořila několik zajímavých projektů, např. Evropa 2020. Země jako Finsko a Dánsko se řadí mezi přední hospodářské země, které jsou nejlépe připraveny na implementaci konceptu Průmysl 4.0. Pro analýzu připravenosti ČR na zavedení konceptu Průmysl 4.0 byla pomocí metody DEA vyhodnocena neefektivní místa, na kterých je třeba zapracovat. Jelikož je ČR členem EU, musí ročně investovat do modernizace jisté množství investic. Tyto kroky jsou poháněny vyspělými zeměmi, které formují ideální model pro přechod na digitalizaci výroby a země. Pro vyhodnocení připravenosti byl použit index digitální ekonomiky a společnosti (DESI), doplněný jednou z hodnocených oblastí podle indexu globální konkurenceschopnosti (GCI). EU sleduje od roku 2015 rozvoj digitální konkurenceschopnosti.

### **4.1 Hodnocení efektivity České republiky v procesu digitalizace**

Evropská komise každoročně vyhodnocuje úroveň implementace digitálních technologií a příprav na změny s tímto procesem spojené, a to v rámci indexu digitální ekonomiky a společnosti (DESI). Obrázek 7 deklaruje za rok 2018 18. místo ČR mezi 28 členskými zeměmi. ČR pracuje na přeměně své společnosti pomocí implementací strategických dokumentů, jejichž účelem je navrhnout kroky a cíle v budování moderní digitalizované země. Výdaje do inovací proudí z různých zdrojů, avšak otázkou je, zda se jedná o skutečně dostatečné množství, které zabezpečí důstojný růst a digitalizování podniků v rámci země. Na obrázku 7 lze vidět, že úroveň ČR v rámci zkoumaných oblastí nedosahuje ani úrovně průměru EU. Nesilnější oblastí je podle obrázku konektivita, která je nejvíc rozvinuta v rámci ČR. Následující část práce se orientuje na analýzu efektivnosti jednotlivých

subindexů, které definují připravenost digitální společnosti. Výsledkem bude vyhodnocení připravenosti ČR na národní úrovni v procesu implementace prvků konceptu Průmysl 4.0.



Obrázek 7: Úroveň digitalizace v zemích EU  
Zdroj: Evropská komise, 2019

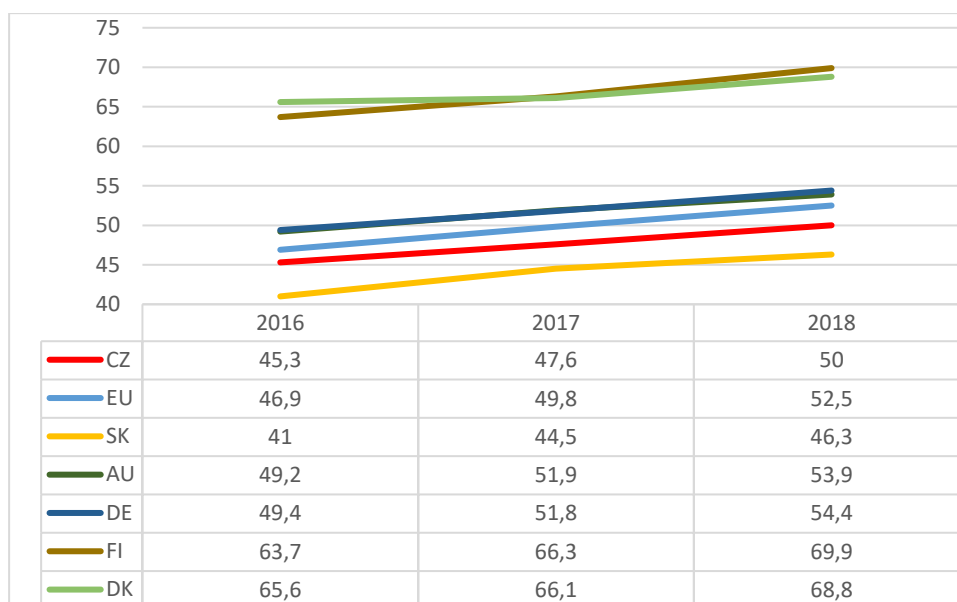
V úvodu podkapitoly je důležité zohlednit vývoj míry prohloubení a osvojení jednotlivých principů digitalizace. Pomocí grafického znázornění na obrázku 8 lze pozorovat, zda se země rozvíjejí napřed nebo začínají stagnovat a málo inovují. V druhém případě dochází k postupné ztrátě konkurenceschopné pozice na globálním trhu. V dnešní době jsou inovace základním prvkem přežití. Bohužel jak je vidět v grafu, ČR se dlouhodobě nachází pod průměrem EU. Lídři ve zvyšování stupně digitalizace jsou Finsko s Dánskem, které si mezi vytýčenými zeměmi drží na vysoké úrovni investice do výzkumu a vývoje a s tím je spojena implementace inovací v zemi.

V roce 2016 přijala vláda ČR dokument Iniciativa Průmysl 4.0. Ve studii poprvé zohledňuje nejenom ekonomické, ale i společenské transformační dopady. I přesto, že vystupuje ze statusem industrializované země, musí ještě hodně investovat do inovací. Cílem této strategie bylo poprvé obeznámit veřejnost s klíčovými procesy a prvky digitalizace. Poukazuje na souvislosti a dopady spojené s realizací inteligentní společnosti. V době, kdy ještě společnost a podniky nebyly dostatečně obeznámené s efektem konceptu Průmysl 4.0, předložila několik možných návrhů dalšího vývoje. Součástí byly i vypracované opatření, které sloužily na podporu hospodářství země a jednotlivých průmyslových oblastí. V návaznosti na tyto akce bylo za potřeby připravit zprávu, která by sloužila k přípravě

národu na příchozí změny. ČR si plnohodnotně uvědomovala, že jenom včasným přechodem na vlnu Průmysl 4.0 a jeho rychlou akceptaci, lze zaručit dlouhodobou ekonomickou atraktivitu a pozici na trhu (MPaO, 2016).

Aby byly doplněny nově dostupné informace a zapracovány do komplexního celku, byl v roce 2018 vládou ČR vypracován koncept Digitální Česko. Orientuje se na aktuální výzvy. Pracuje s návrhem na národní úrovni a předkládá postupné kroky k vytvoření digitální veřejné správy a zdravotnictví. Odráží na popularitě stoupající národní problematiku, která je spojena s nedostatkem dostatečně kvalifikované pracovní síly pro tuto oblast. Do popředí vkládá rozvoj digitálních dovedností. Podílí se na tvorbě motivace studentů a pracovníků ke zdokonalování a rekvalifikování se v informačních dovednostech. Na zřetel bere také střední a malé podniky (SME), které nejsou dostatečně soběstačné a vyžadují státní podporu. Zabývá se otázkou budování pomocného prostředí v procesu digitalizace. Na závěr se zabývá jedním z aktuálně největších problémů, který ohrožuje vytvoření digitální formy produkce a plynulost digitálních procesů, a to kybernetickou bezpečností (Odbor strategie 71300, 2019).

Sledované země podle obrázku 8 kde je zohledněn progres od roku 2016, můžeme rozdělit do 3 skupin. První tvoří severské země, které jsou podle statistik zpracovaných EK v procesu digitalizace nejlépe rozvinuté a zvyšují úroveň EU. Jedná se o Finsko a Dánsko. Finsko aktuálně představuje digitálně nejvíc rozvinutou zemi. O svoje prvenství musí soupeřit s Dánskem, které ještě v roce 2016 bylo digitalizačně vyspělejší. Do druhé skupiny lze zařadit země střední Evropy, které jsou dlouhodobě nad průměrem EU. Stupeň osvojení si principu Průmyslu 4.0 dosahují Německo s Rakouskem na podobné úrovni. Za poslední rok se ale Německo začíná vzdalovat Rakousku a zvyšuje svoji úroveň digitalizace. Na tento jev má vliv i postavení v rámci GCI, kde je Německo nejlépe hodnocenou ze sledovaných zemí. Poslední třetí kategorie zahrnuje země pod průměrem EU. Jedná se o země střední Evropy, a to ČR a Slovensko. I když existuje podstatný rozdíl mezi těmito 2 státy, žádný z nich nedosahuje v oblasti digitalizace ani průměr. Hlavním přínosem této kapitoly bude identifikace slabých a nedostatečně efektivních oblastí ČR, které jsou klíčové pro hlubší implementaci konceptu Průmysl 4.0.



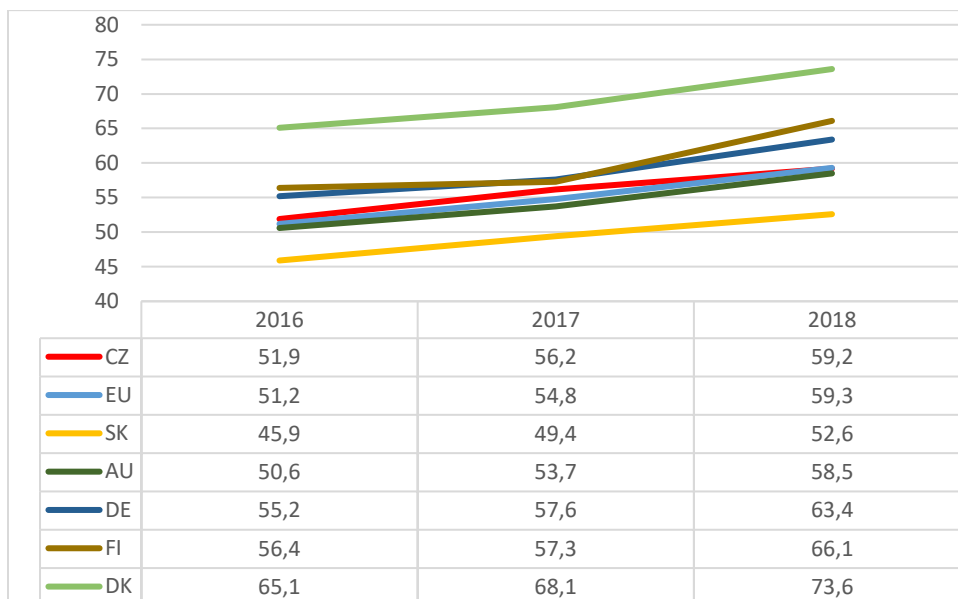
Obrázek 8: Vývoj míry digitalizace vybraných států

Zdroj: vlastní zpracování podle (DESI,2019)

Konektivita je jedním z indikátorů DESI. Bez kvalitního internetového připojení nelze reálně vytvořit plnohodnotnou inteligentní továrnu. Plynulost a nepřetržitost procesů a produkce v podniku je ovlivněna náročností připojení a rychlostí internetu. Existence kvalitního připojení má zásadní vliv na pozitivní vývoj v oblasti konkurenceschopnosti, inovací, ale i společenských záležitostí. V souladu s jednotlivými efekty napříč oblastmi lidské činnosti přispívá ke zvyšování kvality života občanů, ale i rozvoje podniků. Konektivita tedy zohledňuje stabilní širokopásmové pokrytí a připojení, 4G pokrytí, připravenost na 5G síť, rychlé širokopásmové pokrytí a připojení, ultra rychlé širokopásmové pokrytí a připojení, index cen za širokopásmové připojení.

Na obrázku 9 lze pozorovat, že ČR se v oblasti pokrytí vysokorychlostní sítí držela nad průměrem EU a v posledním sledovaném roce sklouzla na jeho úroveň. Má lépe rozvinutou konektivitu jako sousední Rakousko a výrazně se drží nad Slovenskem. Stanovený cíl ohledně pokrytí pevným širokopásmovým připojením a připojením nové generace ČR téměř naplnila. Pokrytí pevným a širokopásmovým připojením, 4G sítě a síťový přístup nové generace (NGA) má více než 90% pokrytí republiky. Stále se vyskytují rozdíly mezi venkovem a městy. Připravenost na zavedení 5G sítě a pokrytí superychlostním širokopásmovým připojením stále vykazuje nedostatky. Míra využití těchto sítí je nízká. Čím lepší síť, tím menší využití (Unit F. 4, 2019).





Obrázek 9: Vývoj míry konektivity ve vybraných státech

Zdroj: Vlastní zpracování podle (DESI, 2019)

Podle Tabulky 1 je nejméně efektivní zemí v oblasti konektivity nepochybně Dánsko. Podle výpočtů relativní efektivnosti je druhým umístěným státem Finsko, které zaostává o 11,35% za prvním státem. Z pohledů sousedních zemí ČR je na tom nejlépe Německo, který musí zlepšit svůj výstup o 16,09%, aby doběhlo Dánsko. ČR je mezi sledovanými státy z pohledu konektivity na 4. místě a svůj výstup, tj. zlepšení oblasti pokrytí a rychlost internetového připojení za relativně přijatelné ceny musí zvýšit o 24,33%. Výstup 80,43 procentních bodů představuje relativně úctyhodný výsledek v porovnání se sousedními zeměmi Rakouskem a Slovenskem. Nejhorší dopadlo Slovensko, které v této oblasti dosahuje pouhých 71,46%.

Tabulka 1: Hodnocení efektivity vybraných států v oblasti konektivity

Stát	Skóre	1/Skóre	R <sup>+</sup>	R <sup>-</sup>	Pořadí	Procenta
CZ	0,8043	1,2433	0	0	4	24,33
SK	0,7146	1,3994	0	0	6	39,94
AU	0,7948	1,2582	0	0	5	25,82
DE	0,8614	1,1609	0	0	3	16,09
DK	1,0000	1,0000	0	0	1	0
FI	0,8981	1,1135	0	0	2	11,35

Zdroj: Vlastní zpracování

ČR má v této oblasti podle údajů z DESI vysoké pokrytí pevným širokopásmovým připojením a také pokrytí sítěmi 4G, jež dosahuje téměř hranici 99%. Slabší hodnocení 90% dosahuje pokrytí rychlým širokopásmovým připojením, které je využíváno jenom z 37%. Pokrytí superrychlým širokopásmovým připojením představuje jenom 63% a jeho využití je

mizivé, jenom 18%. Připravenost na novou 5G síť je také minimální, pokrytí země je pouze 17%. Investice do budování 5G sítě jsou příliš vysoké a stát musí hledat zdroje, které by pokryly takovou sumu. Překážku ve zlepšení a zvýšení využití těchto vysokorychlostních připojení vzhledem k životní úrovni ČR je stále nesrovnatelná a velkým nedostatkem v jejich využití je cena. Ta je pro mnohé malé a střední firmy příliš vysoká. V chudších oblastech je téměř nedosažitelná (Unit F. 4, 2019).

Pro podporu plánování a výstavby sítí elektronických komunikací byl v listopadu 2019 vypracován a schválen „*Akční plán 2.0 k provedení nedotačních opatření pro podporu plánování a výstavby sítí elektronických komunikací*“. Tento plán byl vytvořen z důvodu rostoucího počtu digitalizovaných podniků. Navyšuje se poptávka po nových aplikacích a obchodních modelech, které slouží k zajištění zvýšení konkurenceschopnosti v oblasti produkce, distribuce a prodeje výrobků a služeb. Všechny tyto akce si vyžadují vysokorychlostní připojení spolu s vysokokapacitními sítěmi. Dokument definuje překážky při budování sítí elektronických komunikací a zároveň navrhuje jejich řešení. Klade si za cíl upravit poplatky za využívání služeb, které představují jednu z hlavních překážek. Řeší koordinaci rozvoje vysokorychlostního přístupu k internetu a budování nadzemních komunikačních vedení. Rozšiřuje podmínky pro využití mikrovlnných pásem. Většina návrhů opatření má být splněna do konce roku 2020. (Odbor 71600a, 2019).

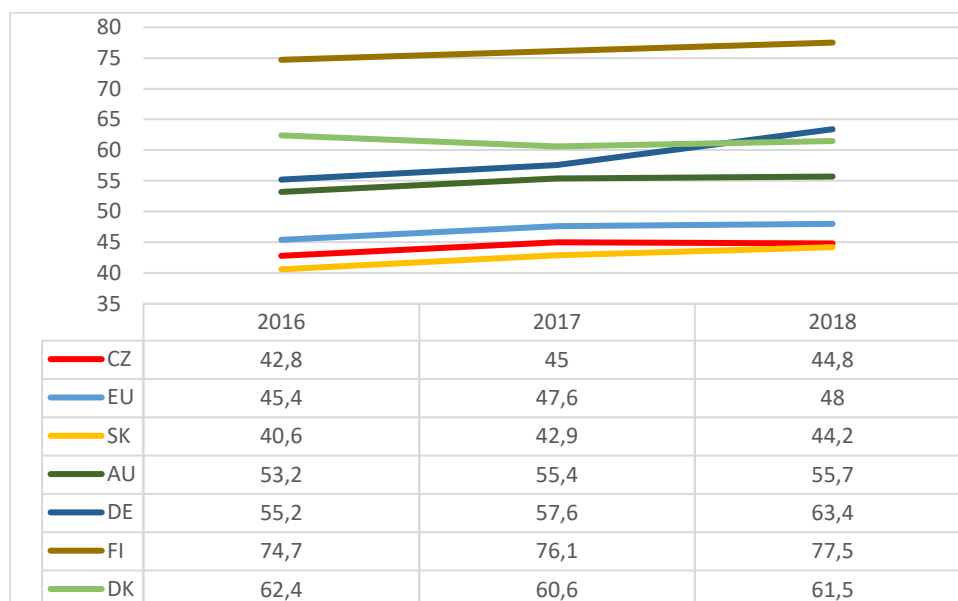
Vize do blízké budoucnosti je v první fázi a představuje vývoj nově vytvořených aplikací v souvislosti s osvojením si průmyslové zóny. Životaschopnost těchto aplikací bude vyžadovat přístup k 5G síti, která v tuto chvíli představuje mizivé procento pokrytí v země. Proto pro podporu 5G sítě a její další budování byl vypracován program „*Implementace a rozvoj sítí 5G v ČR – Cesta k digitální ekonomice*“ schválený v lednu 2020. Předpokladem zavedení sítí 5G se stává vybudování inteligentních měst, regionů a vesnic. Zdůrazňuje potenciální využití 5G sítě, kde dochází k lepší funkčnosti bezpečnostních a záchranných složek. Předpokladem pro vytvoření 5G sítí je existence vysokokapacitního připojení základních stanic. Průmysl 4.0 pracuje na hloubkové integraci za pomoci informačních technologií. Vzniká tady potřeba zpracování dat v reálném čase, sdílení potřebných informací a kontinuální komunikace. Zohledňuje i potenciální rizika. Na jedné straně z vnějšího prostředí se jedná o aktéry kybernetických hrozeb (státy, hackeři a jiné skupiny) a dodavatele se škodlivými záměry. Na druhé straně představují riziko insideři, tedy jednotlivci pracující v dodavatelském řetězci s vlastní agendou, kteří jednají buď v zájmu

osobním, ekonomickém nebo z vnějšího prostředí. Pro tyto akce je nutné zavedení stabilní vysokorychlostní sítě, která je schopná utáhnout takovéto aplikace a data. Plán obsahuje klíčové milníky v procesu zavádění infrastruktury sítě 5G. Klíčový bude rok 2020, kde se v prvním čtvrtletí zavedl program CFF (výzva na podporu zavádění podnikových inovací). Přípravuje se aukce kmitočtů, kde se implementuje síť elektronických komunikací v kmitočtových pásmech 700 MHz a 3400-3600 MHz. Další plány představuje příprava inteligentních měst a s tím spojené zahájení činnosti platformy 5G. Ve druhém čtvrtletí jsou připraveny programy na zavedení inteligentních parků pro budoucnost zaměřených na 5G průmyslové aplikace a program Trend zaměřený na podporu vývoje a výzkumu technologií se zaměřením na 5G síť. Předpokládaný termín ukončení je rok 2030, kde je plánované pokrytí 90% území každého okresu podle podmínek aukce kmitočtů pásma 700 MHz (Odbor 71600b, 2019).

V oblasti kybernetické bezpečnosti se ČR realizuje a vytvořila sérii doporučení s názvem „*Pražské návrhy*“. Upozorňuje na nezbytnost systematického a pečlivého vyhodnocování rizik. To je důležité pro vytvoření a udržení skutečně odolné infrastruktury. Věnuje se 4 oblastem v přípravě zavedení 5G sítě. První oblastí je politika, kde se řeší zákony upravující síť a službu konektivity. Zpracování proběhne v souladu s mezinárodním právem. Také se soustřeďuje na nebezpečí dodavatelských sítí třetích zemí. Druhou oblastí jsou technologie, které zúčastněné strany zhodnotí s poukázáním na možná rizika. Také se musí vyhodnotit ekonomický aspekt a jeho potenciální hrozby, tj. efektivní dohled nad klíčovými finančními a investičními nástroji. Poslední zohledněnou oblastí je bezpečnost, soukromí a odolnost. Všechny strany by měly vyvinout snahu o spolupráci a vzájemně podpořit bezpečnost a odolnost systémů a sítí. Zohlednit by měly také zařízení připojená k národní kritické infrastruktuře. Podporuje se sdílení zkušeností a osvědčených postupů s jinými zeměmi (Babiš, 2019).

Dalším indikátorem ve výzkumu je lidský kapitál a jeho digitální dovednosti. Zahrnuje obyvatelstvo podle zkušeností, tj. od běžných uživatelů přes pokročilé až po profesionální uživatele se vzděláním v oblasti informačních a komunikačních technologií (IKT). Podle obrázku 9 se ČR spolu se Slovenskem opět nachází pod průměrem EU. Dokonce se v posledním roce propadla o 0,2%. Nepochybné prvenství si v této oblasti ponechává Finsko, které má dlouhodobě výrazně lépe vybavený lidský kapitál. Kdežto Dánsko

zaznamenalo propad a před něj se dostalo Německo. Rakousko se také s digitálními dovednostmi drží nad průměrem EU, ale svoji pozici si udržuje přibližně na 55%.



Obrázek 10: Vývoj míry lidského kapitálu ve vybraných státech  
Zdroj: Vlastní zpracování podle (DESI, 2019)

Dle zpráv DESI má alespoň 62% obyvatel ČR základní softwarové dovednosti. Pracujících odborníků v oblasti IKT je 3,6% z toho jenom 0,7% představují ženy. Poměr absolventů oborů IKT je téměř totožný jako předchozí léta a vykazuje hodnotu 4% z celkové populace ČR (Unit F. 4, 2019).

V tabulce 2 mezi sledovanými zeměmi představuje Finsko nejefektivnější zemi z hlediska úrovně lidského kapitálu s digitálními dovednostmi. Druhou zemí z pohledu efektivity v oblasti vzdělanosti IKT je Německo, které dosahuje 81,81% úrovně Finska, které dokonce předběhlo i Dánsko. To dosahuje úroveň efektivity se 79,35% a musí svůj výstup 1,4 násobně zvýšit. Čtvrtou zemí je Rakousko, které dosahuje 71,87% efektivity v této oblasti. Aby se vyrovnalo nejefektivnější zemi v žebříčku, musí zvýšit svůj výstup o 39,14%. ČR dosahuje jenom 57,81% z efektivity Finska. Aby se stala efektivní zemí a dosáhla úrovně Finska, musí svůj výstup zvýšit 1,7 násobně, co představuje téměř 73%. Poslední sledovanou zemí je Slovensko, které dosahuje jenom 57,03% z dosažené úrovně Finska

Tabulka 2: Hodnocení efektivity vybraných států v oblasti lidských zdrojů

Stát	Skóre	1/Skóre	R <sup>+</sup>	R <sup>-</sup>	Pořadí	%
CZ	0,5781	1,7299	0	0	5	72,99
SK	0,5703	1,7534	0	0	6	75,34
AU	0,7187	1,3914	0	0	4	39,14
DE	0,8181	1,2224	0	0	2	22,24
DK	0,7935	1,2602	0	0	3	26,02
FI	1	1,0000	0	0	1	0

Zdroj: Vlastní zpracování podle DESI

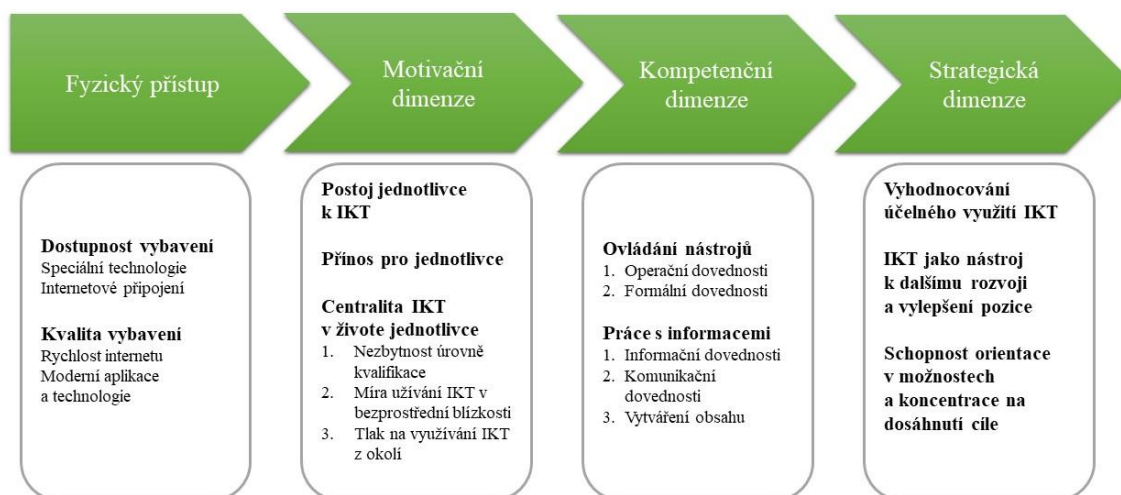
Pro zvýšení kvality v oblasti digitální dovednosti lidských zdrojů byla přijata „*Strategie digitální gramotnosti ČR na období 2015-2020*“. Cílem strategie je podporovat rozvoj digitální gramotnosti občanů. Ten je doprovázen zlepšováním kvality života jednotlivců i společnosti, zvyšuje konkurenceschopnost ekonomiky a adaptability pracovní síly. Rozvoj vzdělání vyžaduje udržení propojení už v počátečních fázích vzdělávání. I když digitální technologie nepředstavují jedinou hybnou sílu státních ekonomik, staly se hlavně v ekonomicky vyspělých zemích základní infrastrukturou. Země si je osvojily díky rychlému přenosu a zpracování informací. Komunikace je základním procesem společenského života, proto digitální technologie, ať už přímou nebo nepřímou cestou, zasáhly náš každodenní život. Avšak jejich plnohodnotná využitelnost je závislá na stupni dosaženého vzdělání a také na motivaci se v této oblasti rozvíjet. Schopnost využívat IKT se na úrovni jednotlivce stává jedním z klíčových faktorů pro úspěšné začlenění do společenského života. Na úrovni státu se jedná o efektivní využití možností a zaujetí postavení v globalizované ekonomice a globalizovaných procesech rozhodování. Oblast vzdělání je pro plynulý vývoj důležitá, protože využitelnost dostupného potenciálu IKT, jsou schopni využít jenom lidé vzdělaní v tomto oboru. Pokud lidé dokážou vnímat přínos, pak jsou schopni plnohodnotně tuto oblast ovládat a prakticky využít. Podstata digitálních technologií ve společnosti nadále roste a udává trend. V souvislosti s tímto lze definovat funkční gramotnost člověka jako jednu ze základních složek vybavenosti dnešní mládeže pro úspěšný pracovní život (MPSV, 2015).

Úroveň digitální gramotnosti v ČR není uspokojivá. Digitální technologie stále ve velké míře chybí ve školských zařízeních, kde by děti od útlého věku mohly absolvovat první krůčky, poznávat se s moderními technologiemi a rozvíjet své zručnosti. Podle dotazníkových šetření ze statistického úřadu ČR mají 3/5 českých domácností vlastní počítač nebo tablet. 81% domácností má přístup na internet. 3% domácností používají internet jenom

ve formě mobilního připojení. Ve zbylých 19% se jedná o důchodce. Data jsou vyhodnocována za rok 2018 (ČSÚ, 2019).

Počáteční vzdělávání představuje důležitý začátek a nastartování celoživotního učení s cílem vytvoření návyků práce s digitálními technologiemi už v raném věku. Co nejvyšší zapojení do výuky představuje osvojení si strategické práce s nimi. Problém však nastává s nedostatečnou podporou digitálních zařízení ve školství. Další úroveň vzdělání představuje vzdělávání prostřednictvím rekvalifikačních kurzů. Podle strategie je digitální gramotnost rozdělena na několik dimenzí, které lze vyčíst z obrázku 11. Nejprve musí být ochota se problematice věnovat a ta vzniká v případě dostupnosti vybavení ke vzdělání a jeho kvalitou. Následuje motivace jednotlivce, která vzniká při vytvoření cíle např. lukrativní pracovní nabídky. Jedinec musí pochopit přínos pro jeho další fungování. Poté přichází na řadu učení a získávání dovedností. Nakonec se vyhodnotí strategická dimenze s přínosem pro společnost (MPSV,2015).

## Dimenze digitální gramotnosti



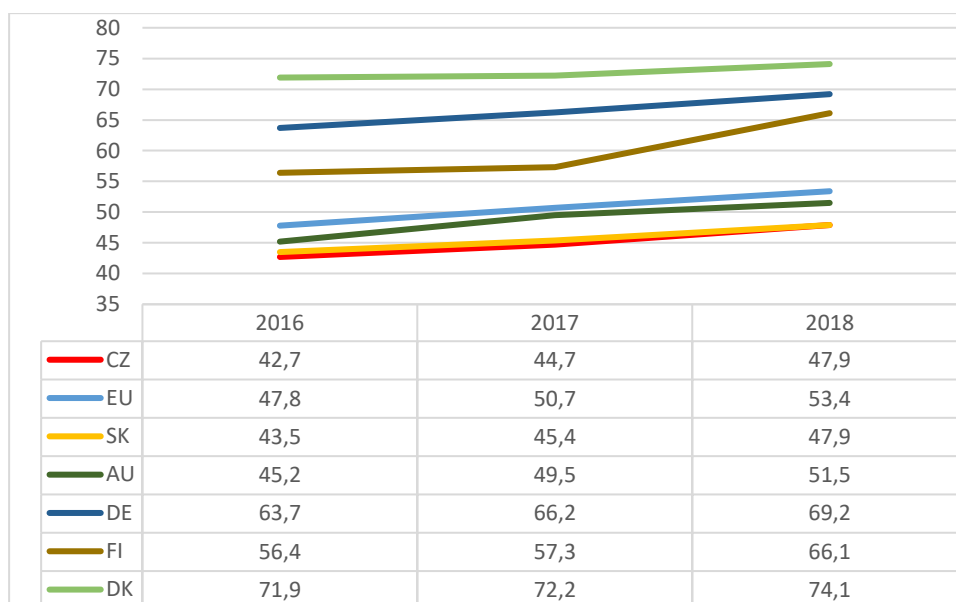
Obrázek 11: Dimenze digitální gramotnosti  
Zdroj: Vlastní zpracování podle (MPSV, 2015)

Strategie se zaměřuje na dosažení několika hlavních cílů. V první řadě popisuje význam digitální gramotnosti pro zaměstnanost. Současné inzeráty pro administrativní pracovníky a pozice výše již požadují alespoň pokročilé ovládnání IKT. Přičemž u některých nabídek to nemusí být vypsáno a automaticky se počítá se znalostmi. Dalším strategickým cílem tohoto dokumentu je zabezpečit konkurenceschopnost země pomocí zvýšení úrovně digitální

gramotnosti. Dalším cílem je zvýšení úrovně sociálního začlenění. Účelem tohoto bodu je zlepšení dostupnosti IKT pro sociálně znevýhodněné rodiny a jednotlivce. Tento dokument zahrnuje také podporu elektronických veřejných služeb a systému vzdělávání a učení pomocí IKT. Nositelem implementace této strategie je výbor FDV. V první řadě vystupuje řídicí výbor, který schvaluje výstupy a navrhuje další postup. Projektový tým má na starosti koordinaci aktivit jednotlivých subjektů. Nejnižší úroveň představují pracovní týmy, které jsou odpovědné za výkon dílčích cílů (MPSV, 2015).

Koncept „*Digitální Česko*“, který doplňuje a postupně nahrazuje předchozí strategii, se orientuje hlavně na zvýšení dovedností pracovní síly. Třetí hlavní koncepce se zaměřuje na připravenost občanů na změny trhu práce, vzdělávání a rozvoj digitálních technologií. Směřuje k vytvoření moderního trhu práce s vysokými standardy. Zabývá se proměnou trhu práce a vytvořenými novými požadavky na občany. Řeší všechny oblasti průmyslu, jak stavebnictví, automotive, tak i služby, přičemž zahrnuje nejenom negativní dopad na pracovní trh v souvislosti s nedostatkem kvalifikované pracovní síly. Na druhé straně však poukazuje i na vznik nových pracovních míst v této oblasti. Dnešní stav směřuje k vytvoření mnoha pracovních míst, která budou realizovat svůj výkon z pohodlí domova (Odbor strategie 71300, 2019).

Využívání internetových služeb vstupuje jako další ukazatel v sledování DESI. Zahrnuje aktivní využití internetových služeb jako online nakupování, komunikace a prohlížení sociálních sítí, sledování novinek a zpravodajských zpráv a v neposlední řadě online bankovníctví. Na obrázku 12 lze vyčíst, že v této oblasti má nejvyšší úroveň ze sledovaných zemí Dánsko. Finsko v roce 2018 nastartovalo lepší fungování internetových služeb. Jeho obyvatelé zvýšili činnost v oblasti nakupování, sledování sociálních sítí a online bankovníctví. Avšak Německo v této oblasti předběhlo Finsko, které do té doby určovalo úroveň efektivnosti ve sledovaných indikátorech. Zbylé země se během pozorovaného období drží pod úrovní průměru EU. Vývoj Rakouska těsně kopíruje spodní hranici evropského průměru. ČR se dlouhodobě nacházela pod úrovní Slovenska. V posledním roce se dorovnala na jeho úroveň 47,9 %. Nedosahuje ani polovinu požadované úrovně v EU. ČR má sice relativně dobré internetové připojení, dokonce na vyšší úrovni než Slovensko a porovnatelné s Rakouskem, ale nevyužívá jej v plné míře. Reálně je ČR schopna využít méně než polovinu dostupné kapacity internetového připojení.



Obrázek 12: Vývoj míry využití internetových služeb ve vybraných státech  
Zdroj: Vlastní zpracování podle (DESI, 2019)

Výsledkem měření relativní efektivity bude, o kolik musí ČR zvýšit výstup svých občanů, a tedy využívání internetových služeb, v porovnání s neefektivnější zemí v této oblasti. Jako nejlépe hodnocená země v této sféře je v tabulce 3 definované Dánsko, které dosahuje relativních 100% efektivity. V pořadí druhou zemí je Německo, které dosahuje 93,39% efektivity Dánska a musí zlepšit svůj výstup o 7,08%. Finsko jako evropský lídr v digitalizaci se v této oblasti ocitlo až třetí v pořadí a musí svůj výstup zvýšit 1,12 násobně. Jeho efektivita je změřena na 89,2%. Aby se vyrovnalo na úroveň nejlepší země v této oblasti, musí zvýšit využití internetových služeb o 12,1%. Rakousko obsadilo čtvrtou příčku s efektivitou 69,5%, a proto musí zabezpečit lepší služby na internetu a jejich využívání o 43,88%. ČR spolu se Slovenskem se ocitly na posledním místě z hodnocených zemí. Jejich efektivita dosahuje 64,64%. Představuje to více než polovinu relativní efektivity nejvýkonnější země, avšak jedná se o země s nejméně využívaným internetovým připojením. V oblasti využití internetových služeb, a tedy také zlepšení jejich přehlednosti pro snazší surfování, musí obě země svůj výstup navýšit o 54,7%. V takovém případě jsou schopny zlepšit svoji pozici na trhu. Dnes se bez využití internetu běžný člověk ani firma nepohne. V současnosti už prostřednictvím internetu lze ovládat většinu spotřebičů, v případě nutnosti lze nahrát školské přednášky na internetové portály a studenti jsou schopni studovat z domova, stejně tak lze řídit dodavatelsko-odběratelské i zákaznické vztahy. Vlastní auto lze již ovládat z pohodlí domova.



Tabulka 3: Hodnocení efektivity vybraných států v oblasti využití internetových služeb

Stát	Skóre	1/Skóre	R <sup>+</sup>	R <sup>-</sup>	Pořadí	%
CZ	0,6464	1,5470	0	0	5	54,70
SK	0,6464	1,5470	0	0	5	54,70
AU	0,6950	1,4388	0	0	4	43,88
DE	0,9339	1,0708	0	0	2	7,08
DK	1,0000	1,0000	0	0	1	0
FI	0,8920	1,1210	0	0	3	12,1

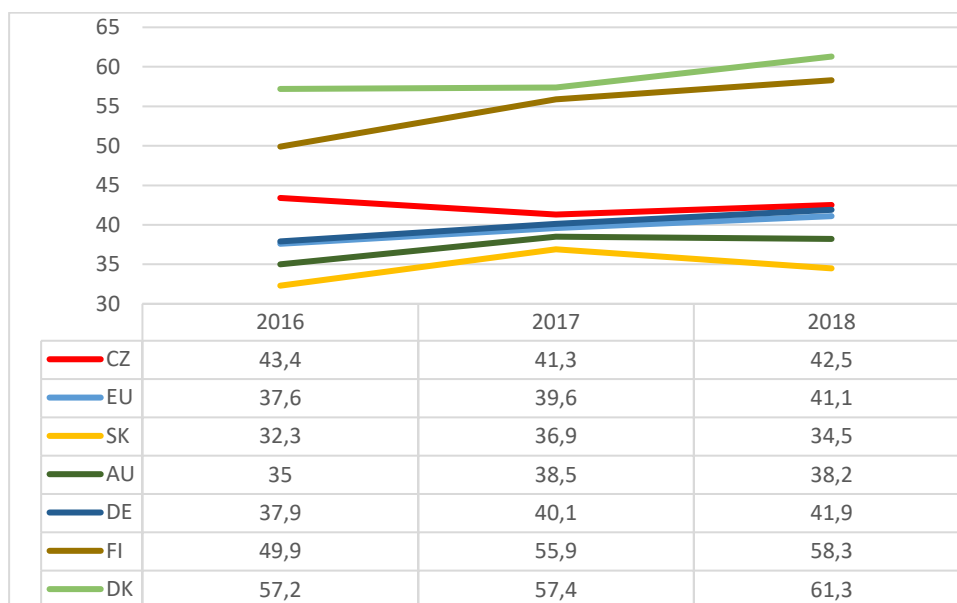
Zdroj: Vlastní zpracování

Podrobnější analýza situace v ČR vykazuje, že 10% Čechů nikdy nepoužilo internet. Jedná se hlavně o seniory. Prioritně Češi hledají na internetu zprávy – z 91%. Mezi další nejvíce dohledávané činnosti na internetu patří čtení a sledování zpráv. Téměř 3/4 osob využívá na internetu bankovní služby. Mezi aktivity, které jsou na internetu preferovány, patří také sledování videí, poslouchání hudby a hraní videoher. 64% Čechů využívá internet pro surfování na sociálních sítích. Polovina občanů se spojuje se svými blízkými prostřednictvím videohovoru. Nejméně navštěvované jsou profesní portály, online kurzy a konzultace spolu s hlasováním. Profesionální sociální sítě jako např. LinkedIn jsou Čechy ještě stále málo využívány. Je to ideální místo, kde budovat profesionální vztahy a získávat nové zajímavé kontakty pro pracovní sféru. LinkedIn představuje největší databáze pracovních kontaktů. Je to největší B2B platforma. Jednak nabízí možnost prezentací firem a jejich portfolia. Na druhé straně zde mohou jednotlivci nabízet svoji práci, své schopnosti a zkušenosti. Jedná se o jedinečnou příležitost prezentovat se prostřednictvím sociální sítě a poukázat na svoje předpoklady k využívání moderních technologií (Unit F. 4, 2019).

Další zkoumanou oblastí, která umožňuje zobrazit úroveň rozvinutosti země v oblasti přechodu na digitalizovanou formu, je schopnost země integrovat digitální technologie. Zahrnuje dvě oblasti, kterými jsou digitalizace obchodu a e-commerce. Pod digitalizaci podniků lze zařadit indikátory jako sdílení ekonomických informací, sociální média v rámci firmy, analýza velkých dat, řešení možností úložišť a využití online serverů. Druhou oblastí je e-commerce. Mezi faktory ovlivňující tuto sféru lze zařadit SME prodávající online, procentuální vyhodnocení SME provádějících přeshraniční e-commerce a fluktuace SME v oblasti e-commerce (Unit F. 4, 2019).

Obrázek 11 zobrazuje situaci v průběhu posledních 3 let. Zlom ve vývoji této oblasti se projevil v hodnocení za rok 2017. Vývoj většiny sledovaných zemí na základě implementace

národních dokumentů a plošného rozvoje úrovně připojitelnosti a rychlosti dostupných internetových možností lze pozorovat na grafu integrace digitálních technologií. Nejvíce rozvinutou zemí v této oblasti je Dánsko. Finsko s porovnatelnou úrovní využívání digitálních služeb se v roce 2017 rapidně přiblížilo k úrovni Dánska, avšak poslední rok se od této tendence zlepšování odchýlilo. Nad průměrem EU se drží Německo i ČR. ČR ale v posledním období ztrácí pozitivní vývoj a záporně se přibližuje k méně rozvinutým zemím. Pod úrovní průměru EU se drží Rakousko a jako obvykle na jeho konci Slovensko.



Obrázek 13: Vývoj míry integrace digitálních technologií ve vybraných státech  
Zdroj: Vlastní zpracování podle (DESI, 2019)

Tabulka 4 zachycuje vyhodnocení efektivity jednotlivých zemí v dané oblasti. Jako nejefektivnější země bylo vyhodnocené Dánsko. Druhou nejefektivnější zemí je Finsko, které dosahuje 95,11% efektivnosti první země. Aby se vyrovnala první zemi, musí svůj výkon zvýšit o 5,15%. Obdobné výsledky dosahují ČR spolu s Německem. ČR představuje 69,33% efektivnosti Dánska a Německo 68,35%. Obě země musí zapracovat na svém výstupu a zvýšit ho o více než 40%. V žebříčku se nacházejí i země, které musí v této oblasti výrazně zapracovat a stanovit si opatření na domácí úrovni. Jejich výstup je potřebné zvýšit o více než 50% – Rakousko o 60,47% a Slovensko až o 77,68%. Slovensko jako země dosahuje jenom 56,28% z efektivnosti první země. Detailnější analýza se soustředí na konkrétní oblasti, ve kterých ČR zaostává a je schopná se zlepšit pro zvýšení svého výstupu. Vyhodnocením jejich nedostatečných služeb lze zabezpečit nasazení správných opatření.

Tabulka 4: Hodnocení efektivity vybraných států v oblasti integrace digitálních technologií

Stát	Skóre	1/Skóre	R <sup>+</sup>	R <sup>-</sup>	Pořadí	%
CZ	0,6933	1,4424	0	0	3	44,24
SK	0,5628	1,7768	0	0	6	77,68
AU	0,6232	1,6047	0	0	5	60,47
DE	0,6835	1,4630	0	0	4	46,3
DK	1,0000	1,0000	0	0	1	0
FI	0,9511	1,0515	0	0	2	5,15

Zdroj: Vlastní zpracování

Elektronické sdílení informací v rámci podniků v ČR je v porovnání s jinými zeměmi EU velmi slabě rozvinuté. Firmy tuto službu využívají jen z 28%. Pravděpodobně je to z důvodu nedostatečně vyvinutých bezpečnostních opatření kybernetického prostoru. Na sdílení citlivých dat ještě nejsou kvalitně připraveny. Předností na úrovni SME je ale obrat z elektronického obchodování, který dosahuje 18%, a díky tomuto hodnocení je v žebříčku na 3. místě. Dalším úspěšným výsledkem s pořadím 5 představuje 23% podíl SME prodávajících online. Přeshraniční prodej dosahuje 12% a je v pořadí 4. Avšak zbylé oblasti (sociální média 13%, velká data 8% a cloud 16%) jsou všechny pod 20. místem. V souvislosti s digitalizací jsou významná právě tato velká data a cloud, ale navzdory tomu výrazně zaostávají (Unit F. 4, 2019).

ČR se přidala k několika iniciativám a strategiím vypracovaným a podporovaným EU, které slouží na podporu nových digitálních technologií. Jedná se např. o společný podnik EuroHPC, prohlášení o evropském partnerství pro technologii blockchain, prohlášení o spolupráci v oblasti umělé inteligence. Na základě těchto opatření byla vybudována centra pro sledování dodržování těchto pravidel. Byla přijata Inovační strategie České republiky 2019-2030, která předurčuje vládní politiku. Zabývá se výzkumem, vývojem a inovacemi a jejím cílem je stát se členem vedoucí evropské skupiny Innovation Leaders do roku 2030. Také se soustřeďuje na získání umístění v Strong Innovators. Jako nápravná opatření a ponaučení z ostatních strategií byla vytvořena pozice garanta pro každou oblast. Ten bude mít na starosti kontrolu plnění jednotlivých cílů. Jeho úkolem je připravovat každoročně prováděcí akční plán, kde budou zahrnuty všechny nevyhnutelné změny. Pravidelně jednou měsíčně se bude akční plán vyhodnocovat. Při této příležitosti bude přítomen předseda vlády a garant, a vyhodnocení proběhne na Radě pro výzkum, vývoj a inovace (RVVI, 2019).

Národní strategie Digitální Česko ve svých krocích zohledňuje i tuto oblast. Zaměřuje svou pozornost na nutnost investovat do inovací a výzkum. Podporuje také umělou inteligenci a virtuální realitu v rámci podniků, což bude přiblíženo v poslední části. Zabývá se řešením významné hrozby spojené s aktuální výzvou, jíž je kybernetická bezpečnost. Tato část bude také rozpracována na SME v další podkapitole. Zdůrazní se připravenost SME i v boji s tak významnou hrozbou. ČR má sice úctyhodné výsledky v elektronickém obchodování prostřednictvím internetu i aktivní startupovou scénu, avšak není schopná dostatečně flexibilně reagovat na změny v digitálním světě a následně je aplikovat uvnitř v podnicích. Připravenost SME bude rozpracována detailněji v další podkapitole (Odbor strategie 71300, 2019).

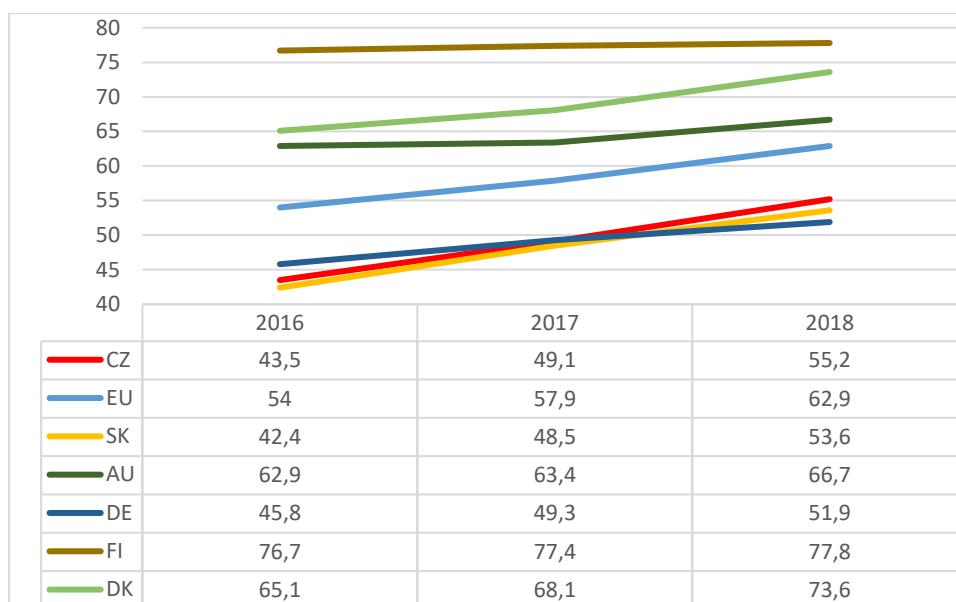
Za minulý rok 2019 bylo klíčové působení centra pro digitální inovace v Ostravě a jejich superpočítač – IT4Innovations. Bylo vytvořeno, aby spolupracovalo na superpočítačové infrastruktuře světového charakteru. Tato aktivita zabezpečí zvýšenou konkurenceschopnost země a inovační potenciál českého výzkumu a průmyslu. Toto centrum zabezpečuje nejmodernější technologie země, pomocí vysoce výkonné výpočetní techniky v zemi dokáže vybudovat moderní infrastrukturu. Díky těmto schopnostem má právo zastupovat ČR na mezinárodní úrovni vysokorychlostního počítání (HPC). Pracuje na rozsáhlejším výzkumu moderních technologií, ať už se jedná o výkonnou výpočetní techniku, virtuální simulace, modelování či AI. Organizace vznikla za účelem podpory SME v procesu využití vysokorychlostní výpočetní techniky za pomoci přeškolení personálu a vybudování nové skupiny specialistů. V současné době jsou v provozu 4 vysokorychlostní počítače – Anselm zprovozněn v roce 2013, Salamon (2015), Barbora (podzim 2019) a specializovaný systém pro výpočet umělé inteligence NVIDIA DGX-2 (jaro 2019). Očekávaný nejbližší realizovatelný plán nastane pravděpodobně v roce 2021. Jedná se o nový petascalový výpočetní systém, který by představoval dosud nejvyšší výkon. IT4Innovations se také soustřeďuje na spolupráci s průmyslovými podniky. Na druhé straně se také věnuje výchově budoucích odborníků. Nabízí různá odborná školení, která jsou spojena se získáním potřebných znalostí k efektivnímu použití špičkové superpočítačové infrastruktury. Realizuje výzkum v oblasti HPC, datových analýz (HPDA) a AI a podporuje další vzdělávání v této sféře (IT4Innovations, 2019).

V roce 2011 byla vytvořena vládní agentura CzechInvest, která má na starosti podporu podnikání a existuje jako zprostředkovatel investiční podpory. Má regionální zastoupení.

Slouží také jako subvence pro startupy a inovativní podnikatele a přináší jim pomocnou ruku v prosazování jejich nápadů a prototypů jak na domácím, tak i na zahraničním trhu. Přispívá k tvorbě správné obchodní strategie a k oslovování tuzemských i zahraničních partnerů. Statistické vyhodnocení její činnosti představuje výše 395 podpořených startupů, posun 5 startupů měsíčně do zahraničí, 35 založených poboček v zahraničí a více než 700 mil. Kč investic do startupů. Dalším významným úkolem je zvyšování investic do vývoje a výzkumu prostřednictvím přílivu přímých zahraničních investic a napomáhání k budování výzkumných partnerství či už mezi univerzitami, výzkumnými univerzitami či soukromými subjekty (CzechInvest, 2019).

Posledním indikátorem, který zahrnuje DESI a zohledňuje připravenost ČR, je digitalizace veřejných služeb. Skládá se z osmi ukazatelů, které představují uživatele vládních online služeb, kteří potřebují podat formuláře veřejné správě. Ukazatel také zahrnuje rozsah dat, ve kterém veřejná správa využívá předvyplněné formuláře dostupné pro jednotlivce. Dále se sem řadí služby online doplnění, to znamená, že občan může rozsáhlými kroky ve spolupráci s online službami veřejné správy dokončovat dané formuláře. Digitální služby veřejné správy pro obchodníky jsou interoperabilní a přeshraniční. Volná data odsouhlasená vládou jsou dostupná pro veřejnost. Služby online zdravotnictví, které jsou dostupné bez nutnosti návštěvy lékaře. Indikátor výměny dat zdravotnického sektoru znamená, že pacienti mají k dispozici online síť pro výměnu zdravotnických dat s jednotlivými sektory zdravotnictví a profesionály. Posledním indikátorem jsou elektronické předpisy léku, které lze bez nutnosti osobní návštěvy lékaře zasílat prostřednictvím zprávy nebo emailu (Unit F. 4, 2019).

Jednoznačným lídrem v digitalizaci veřejné služby od roku 2017 je Finsko, které si drží svoji svou pozici i jenom poměrně malým zlepšováním. Dánsko se rapidně přibližuje k jeho úrovni. Dlouhodobě nad průměrem EU drží svou pozici Rakousko. Překvapivě se ale přes tuto hranici nedostalo Německo, které se dokonce v posledním roce propadlo na poslední místo. Pro tuto zemi se jedná o jediný okruh, ve kterém ani nedosahuje stupně průměrné rozvinutosti evropských zemí. ČR sice ani zdaleka nedosahuje úrovně EU, ale i tak má lepší postavení než Slovensko. Avšak rozdíl mezi těmito dvěma zeměmi je minimální.



Obrázek 14: Vývoj míry digitálních veřejných služeb ve vybraných státech  
Zdroj: Vlastní zpracování podle (DESI, 2019)

Změření efektivity je zdokumentováno v tabulce 5, kde je určeno pořadí podle míry schopnosti tuto oblast dostatečně dobře využívat. Jak už bylo zvýrazněno na grafickém zobrazení, první místo obsadilo Finsko. Dánsko v současnosti dosahuje 94,60% efektivity Finska. V pořadí třetí zemí je Rakousko s 85,73%. ČR dosahuje čtvrtou příčku s 70,95% a musí svůj výstup zvýšit o 40,49%. Na 5. pozici se umístilo Slovensko s 68,89% a jako poslední Německo s 66,71% efektivity Finska, které musí 1,5 násobně zvýšit svůj výstup.

Tabulka 5: Hodnocení efektivity vybraných států v oblasti digitalizace veřejných služeb

Stát	Skóre	1/Skóre	R <sup>+</sup>	R <sup>-</sup>	Pořadí	%
CZ	0,7095	1,4094	0	0	4	40,49
SK	0,6889	1,4515	0	0	5	45,15
AU	0,8573	1,1664	0	0	3	16,64
DE	0,6671	1,4990	0	0	6	49,9
DK	0,9460	1,0571	0	0	2	5,71
FI	1,0000	1,0000	0	0	1	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Z přehledu zpráv DESI je jasné, že nejlépe hodnocenou a nejvíc využívanou možností jsou služby elektronického zdravotnictví. Představují sice jenom 15%, avšak v pořadí mezi evropskými zeměmi je ČR na 16 místě. Zbylé oblasti jsou hodnoceny v porovnání s jinými členskými státy. 52% obyvatel využívá možnost podat elektronický formulář veřejné správy. Nejhůře hodnocenou oblastí je výměna zdravotních údajů, která v zemi dosahuje jenom 17% a je téměř na konci žebříčku (25. místo). Avšak elektronické recepty jsou využívány

podstatně více – na 48% – a přibližují se k průměru EU (50%). Úplnost online postupů a digitální veřejné služby pro podniky jsou hodnoceny na 82 bodů (Unit F. 4, 2019).

Pro zlepšení úrovně digitálních veřejných služeb byla přijata strategie eGovernment zahrnující Czech POINT, aktualizaci portálu veřejné správy a občana, datové schránky, eGovernment Cloud. Všechny tyto koncepce jsou zahrnuty rovněž ve strategii Digitální Česko. V roce 2014 vznikla Rada vlády pro informační společnost (RVIS). Její činnost se po roce 2018 přijetím koncepce Digitální Česko upravila a zvýšily se její pravomoci. Zpočátku se jednalo primárně o poradní orgán a od roku 2018 je centrálním koordinačním a řídicím orgánem. Hlavní účel působení spočívá v rozvoji digitální veřejné správy a eGovernmentu. Soustřeďuje se také na závazky plynoucí z dokumentů Evropské komise a vlády ČR. Definiuje postoj ČR k nařízením eIDAS<sup>2</sup> nebo Návrh opatření zvyšující efektivitu elektronických služeb veřejné správy a podpůrných IKT služeb. Definiuje tak slabá místa v oblasti IKT ve veřejné správě a následně navrhuje možnosti řešení problémů. RVIS tímto přispívá k sjednocení pravidel v případě schvalování investic a centrálního nákupu (RVIS, 2020).

V rámci strategie Digitální Česko (2019) byla zahrnuta idea eGovernment, která se skládá z 5 základních pilířů:

1. online služby pro občany
2. digitální legislativa
3. vybudování prostředí podporujícího digitalizaci veřejné správy
4. zvýšení kvalifikace zaměstnanců veřejné správy
5. centrální řízení digitalizace veřejné správy (Unit F. 4, 2019).

Od července 2018 se začaly plošně vydávat elektronické občanské průkazy. Obsahují strojově čitelné údaje a kontaktní elektronický čip. Nabízí využití a zjednodušení některých

---

<sup>2</sup> eIDAS – regulace zabezpečující obchodníkům a lidem možnost využití jejich vlastního národního elektronického identifikačního schématu, aby získali přístup k veřejným službám v jiných zemích EU; na druhé straně tvoří evropský interní trh pro eTS tzn. elektronické podpisy, elektronická razítka, časové známky, elektronické doručovací služby, autentifikace na webových stránkách – zabezpečení přeshraniční spolupráce a legálního statusu jako tradiční papírový proces (Unit H.4, 2018).

činností v různých oblastech života. Umožňují identifikaci vůči online službám (hlavně ve veřejné správě), realizaci ověřitelných elektronických podpisů, autentizaci prostřednictvím integrovaných certifikátů vzhledem k informačním systémům (eidentity.cz, 2020). Na úrovni ČR byl spuštěn Portál občana, který nabízí možnost posílání datových zpráv. Zastřešuje údaje ze základních registrů, které je možné v tomto systému spravovat. Lze tady ukládat a organizovat své doklady, důležité dokumenty, nebo podávat formuláře na kterýkoli úřad. Pro lepší orientaci nabízí i komunikačního asistenta. Aktuálně je možné využít přibližně 60 služeb, které zahrnují také přístup do českého registru obyvatel, výpis z rejstříku trestů a údaje ze živnostenského rejstříku. Pro rozsáhlejší činnosti je přístupný portál Veřejné správy, kde může občan, podnikatel, cizinec nebo úředník řešit různé životní situace. Mohou být spojeny s bydlením, obchodováním apod. Jsou zde dostupné formuláře a lze registrovat online smlouvy. Jednotlivci zde mohou najít věstníky a důležité zveřejněné informace. Portál je jednoduchý a intuitivní (MV 1.5.0, 2020).

V ČR byla pro podporu vybudování elektronického zdravotnictví vytvořena Národní strategie elektronického zdravotnictví. Na základě tohoto byly zavedeny povinné elektronické recepty od začátku roku 2018. V současnosti již bylo vystaveno přes 150 mil. elektronických receptů. Od dubna 2020 lze na Czech POINTu získat výpis elektronických receptů pacienta. Začátkem roku byl spuštěn systém elektronické neschopenky. Překážky v oblasti e-zdravotnictví spočívají v nízké motivaci jednotlivých subjektů, nedostatečné legislativě, nedostatku financí. Další překážkou pro digitalizaci zdravotnictví je nestabilní ekonomická situace. Do popředí se spíše kladou investice do zefektivnění práce lékařů nežli do digitalizace systému. Jedním z aktuálních projektů národní strategie je vybudování resortní infrastruktury e-health, což představuje informační a datové resortní rozhraní. Smyslem je vybudovat základní, jednotný, informační, komunikační a datový bod v komplexu resortu zdravotnictví. To by mělo zaručit další propojení s eGovernmentem a jednodušší fungování. Pro lepší fungování se počítá s vytvořením cloudu pro elektronické zdravotnictví. Měl by sloužit k ukládání klinických a grafických informací o pacientech (NSEZ.cz, 2020).

Celá analýza byla prioritně zpracována za pomoci dostupných dat z DESI. Avšak pro komplexní analýzu celkové připravenosti země bylo zapotřebí vyhodnotit ještě jeden ze subindexů GCI. Při přechodu na digitalizovanou sféru jednotlivých oblastí a implementaci konceptu Průmysl 4.0 je třeba zjistit míru schopnosti země inovovat. Podle žebříčku GCI se



ČR umístila v celkovém pořadí mezi zeměmi na 32. místě s hodnocením 70,9. V porovnání s předcházejícím rokem se propadla o 3 místa. Schopnost země inovovat je v dnešní době jednou z priorit států. Země si musí uvědomit, že bez investic do modernizace a vývoje nových technologií přijde o své postavení ve světě (Weforum, 2019).

V tabulce 8 se nachází vyhodnocení sledovaných zemí podle úrovně efektivnosti v oblasti schopnosti inovovat. Nejeefektivnější zemí s největším potenciálem inovace je Německo. Na obdobné úrovni nad 80% efektivnosti nejlépe hodnocené země se nachází Dánsko s 87,79% a Finsko s 87,33%. Rakousko dosahuje úrovně srovnatelné s těmito zeměmi a má 85,83% efektivnosti nejlépe hodnocené země. V porovnání s těmito inovátorskými zeměmi se na konci žebříčku nachází ČR spolu se Slovenskem. ČR dosahuje 65,55% první země a Slovensko jenom lehce přes 53,34%. Aby ČR dosáhla úctyhodné úrovně efektivnosti, musí zvýšit svůj výstup o 52,55% a inovovat podstatně více.

Tabulka 6: Hodnocení efektivity vybraných států v oblasti schopnosti inovovat

Stát	Skóre	1/Skóre	R <sup>+</sup>	R <sup>-</sup>	Pořadí	%
CZ	0,6555	1,5255	0	0	5	52,55
SK	0,5334	1,8747	0	0	6	87,47
AU	0,8583	1,1651	0	0	4	16,51
DE	1,0000	1,0000	0	0	1	0
DK	0,8779	1,1391	0	0	2	13,91
FI	0,8733	1,1451	0	0	3	14,51

Zdroj: Vlastní zpracování

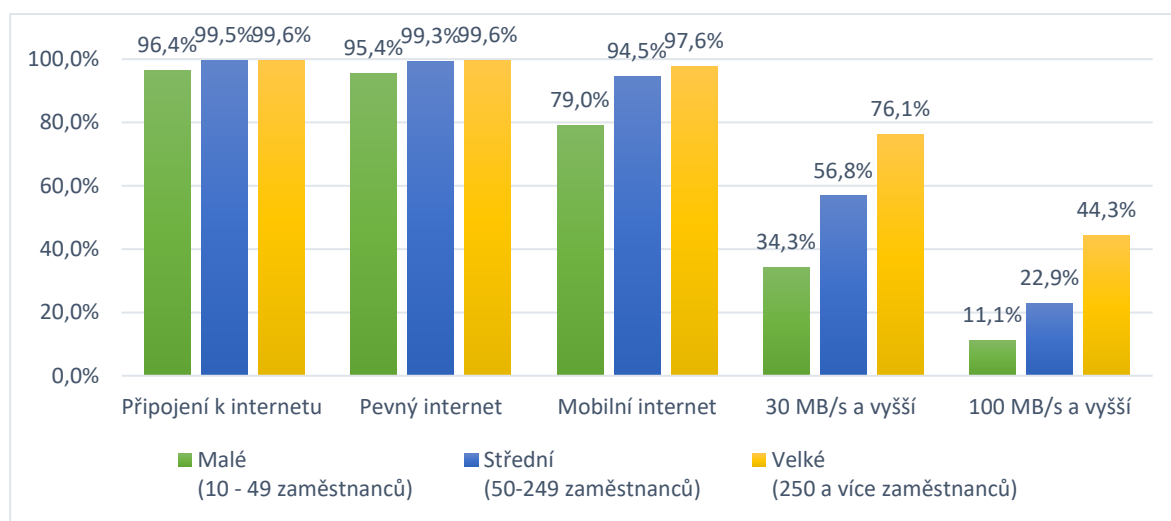
Inovace a výdaje do modernizace jsou v rámci ČR stále na nízké úrovni. V roce 2019 byla přijata Inovační strategie České republiky 2019-2030. Má vliv na několik oblastí, např. na financování a hodnocení výzkumu a vývoje, polytechnické vzdělávání, digitální stát, národní start-up a spin-off prostředí, inovační a výzkumná centra, chytré investice, mobilitu a stavební prostředí, ochranu duševního vlastnictví, chytrý marketing. V souvislosti s tímto projektem byla vytvořena rada pro výzkum, vývoj a inovace. Jedná se o odborný poradní orgán vlády ČR (Inovační strategie ČR, 2019).

V roce 2011 byla založena obecně prospěšná společnost Česká inovace, jež prezentuje podporu a zájem o české inovační prostředí. Pořádá rozličné konference, festivaly a akce o inovacích. Její služby jsou určeny na podporu inovací českého průmyslu, začínajících projektů a budování technologické společnosti. Poskytuje propagaci v oblasti marketingu inovací, zpracovává analýzy a připravuje strategické dokumenty, nabízí finanční prostředky

pro rozvoj inovací a podnikání. V roce 2019 uspořádala např. konferenci na téma Inovační ekosystémy ve firmách. Upozornila na potřebu tvorby inovačního ekosystému, který zahrnuje procesy a organizační opatření. To má vliv na dlouhodobé inovování (ceskainovace.cz, 2020).

## 4.2 Hodnocení efektivity českých podniků v procesu digitalizace

Pro doplnění podrobnější analýzy připravenosti českých firem bylo ještě zapotřebí zohlednit vývoj v rámci země. Podniky jsou rozděleny podle Českého statistického úřadu (ČSÚ) podle velikosti na malé, střední a velké. Za rok 2018 bylo v ČR registrovaných 31 893 malých, 7 160 středních a 1648 velkých podniků. Rozdělení podniků podle ČSÚ je následovné: malý podnik (10- 49 zaměstnanců), střední (50 – 249 zaměstnanců) a velký (250 a více). První zkoumanou oblastí je dostupnost internetového připojení a jeho rychlost. Podle obrázku 15 je zřetelně viditelná přítomnost internetu bez ohledu na velikost podniku.

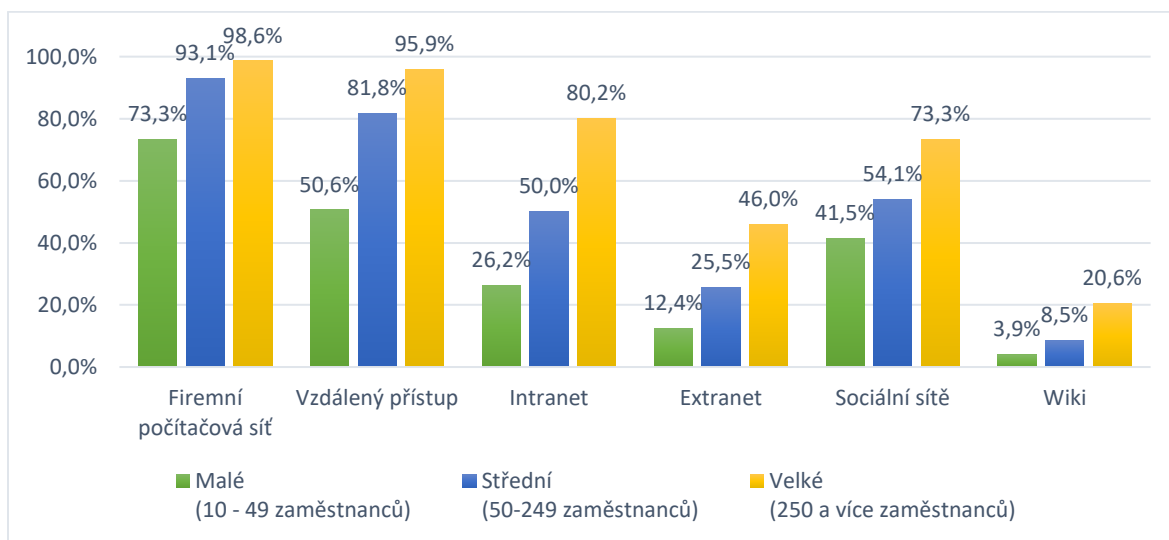


Obrázek 15: Využití internetového připojení českých firem podle velikosti  
Zdroj: Vlastní zpracování podle (ČSÚ, 2019)

Co se jeví jako odchylovící indikátor, je nižší přítomnost mobilního internetu v malých podnicích. Větší odchylky přicházejí s dostupnou rychlostí internetu. 30 MB/s a vyšší používá ze středních podniků jen něco přes polovinu, z velkých pak  $\frac{3}{4}$  firem. U malých podniků se jedná jen o 34%. Rychlejší připojení než 100MB/s a více nemá ani polovina velkých firem, u SME je to zanedbatelné číslo. Avšak jedná se o pochopitelnou záležitost, protože malé podniky nejsou natolik rozvinuté, aby musely platit za vysokou rychlost. Jejich technologie dokážou pracovat i s pomalejším internetovým připojením bez toho, aby jim

padala síť. Střední úroveň už by měla uvažovat nad zavedením rychlejšího internetového připojení. V důsledku vysokých cen vysokorychlostního připojení je pro malé podniky nemožné tuto variantu implementovat. Jenomže v důsledku nárůstu moderních technologií se musí přizpůsobit všichni, a proto je nutné postupně zvyšovat rychlost internetu. Inovace, průmyslové aplikace a systémy si vyžadují stabilní a rychlejší připojení (ČSÚ, 2019).

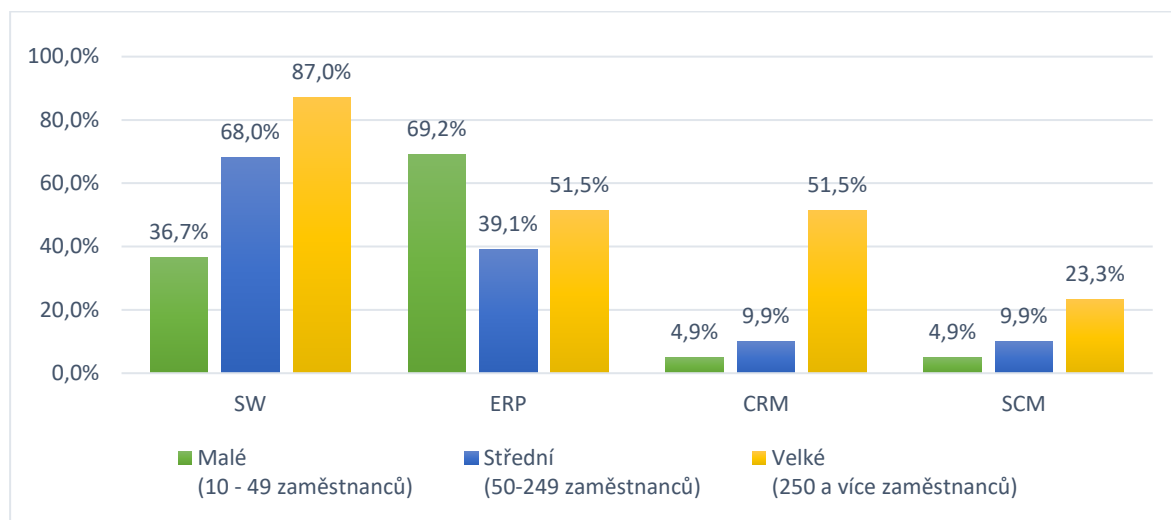
Rozvinutost internetového připojení lze pozorovat na obrázku 16. Firemní počítačové sítě jsou rozběhnuté ve více než 90% středních a velkých podniků a v 70% malých firem. Možnost vzdáleného přístupu převažuje u většiny středních a velkých firem. Malé podniky podstatně zaostávají v oblasti využití a dostupnosti vzdáleného přístupu. Intranet i extranet jsou na úrovni SME rozvinuté minimálně. Co se týká Wiki a vlastních vyhledávacích encyklopedických systémů, ty jsou v českých podnicích stále na počátku implementace a rozvoje.



Obrázek 16: Využití internetových služeb českých firem podle velikosti  
Zdroj: Vlastní zpracování podle (ČSÚ, 2019)

Obrázek 17 ilustruje úroveň zavádění inovativních SW a aplikací pro pracovní výkon, kde je u velkých podniků největší využití. Např. Škoda Auto a.s. pravidelně aktualizuje svoje počítačové systémy, a také 2-krát ročně provádí celkovou revizi strojů spolu s aktualizacemi. Nejméně rozvinutá je u SME práce se systémy jako řízení vztahů se zákazníky (CRM) a řízení odběratelského řetězce (SCM). Jedná se o klíčové sféry, kde probíhá komunikace v rámci dodavatelsko-odběratelských vztahů. Ty jsou pro další rozvoj firem důležité. CRM systém pomáhá řídit vztahy se zákazníky. Přenáší komunikaci mezi firmou a zákazníkem na vyšší úroveň. Tím, že obchod roste velmi rychle, je důležité, aby se všechny vztahy a komunikace

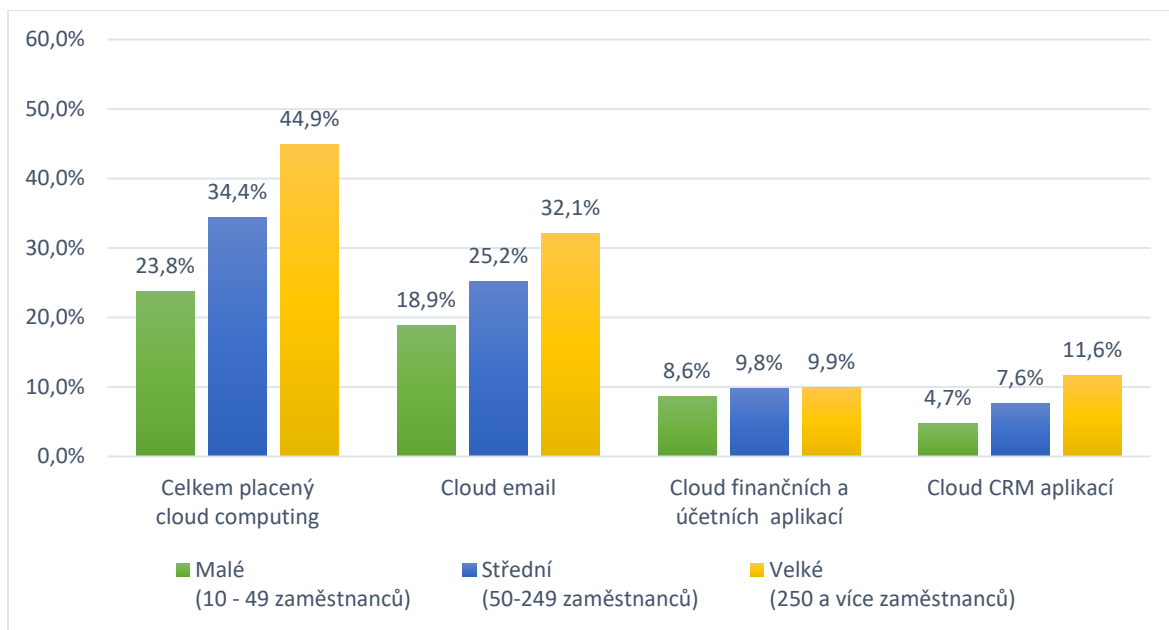
přenesly na digitální úroveň. V této podobě je jednodušší přehlednost údajů a lepší uskladnění. SCM na druhé straně udržuje a rozvíjí odběratelský řetězec. Zahrnuje všechny procesy transformace surového materiálu na finální produkt a jeho odbyt. Spojuje všechny funkce od vývoje produktu až po informační systémy k přímé garanci výrobku. Proto jsou ve velkých firmách tyto systémy důležité, aby byly jednotlivé komunikace a obraty digitálně uchovávány.



Obrázek 17: Využití softwarových aplikací českých firem podle velikosti

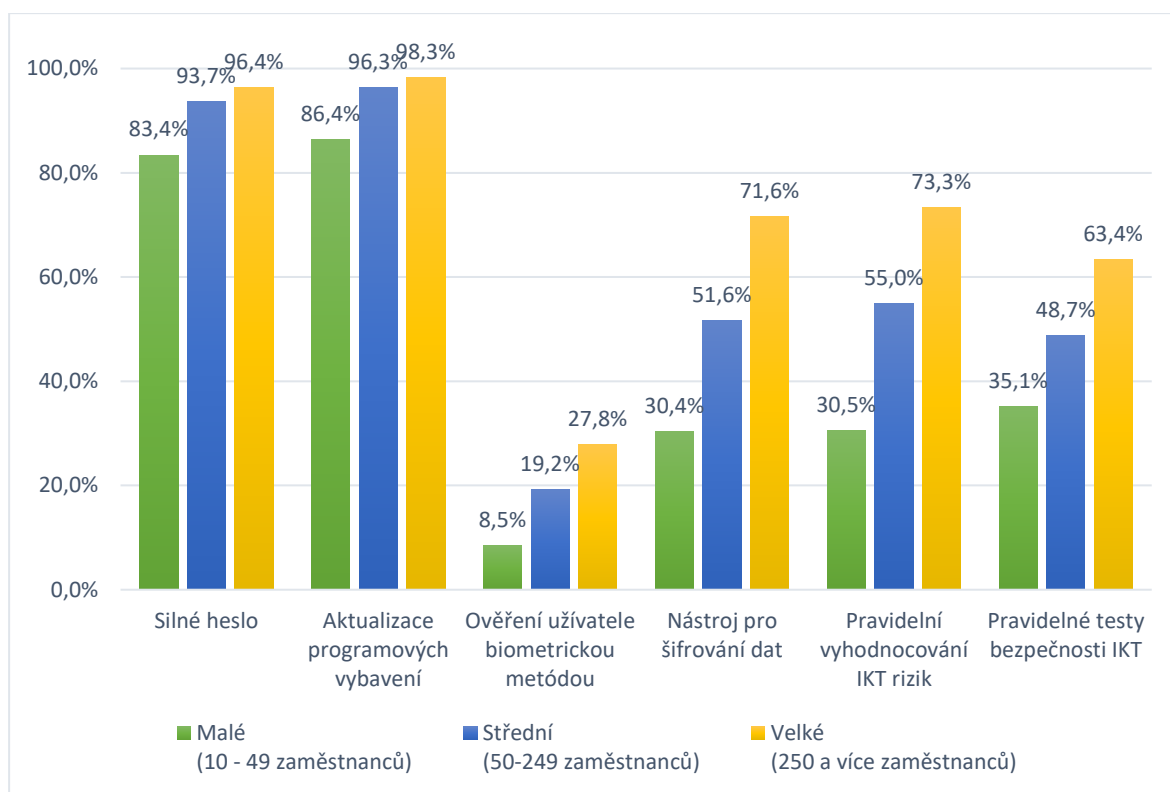
Zdroj: Vlastní zpracování podle (ČSÚ, 2019)

Placené cloudové služby zatím v českých podnicích nejsou dostatečně využívány. Na obrázku 18 je vyhodnocení situace v českých podnicích s využitím cloudu. V souhrnu celkem, co se využívá ve velkých firmách, nepředstavuje ani 50% z nich. U SME se to výrazně snižuje. Nejvíce využívanou oblastí s cloudovým úložištěm představují emaily. Nejmenší zastoupení mají v oblasti aplikací – finančních, účetních a jiných významných firemních systémů, které je finančně náročnější pokrýt. Proto jsou využívány prioritně na emaily, které jsou postaveny v zásadě na stejných principech a cloudy jsou stejné, tudíž finančně výhodnější.



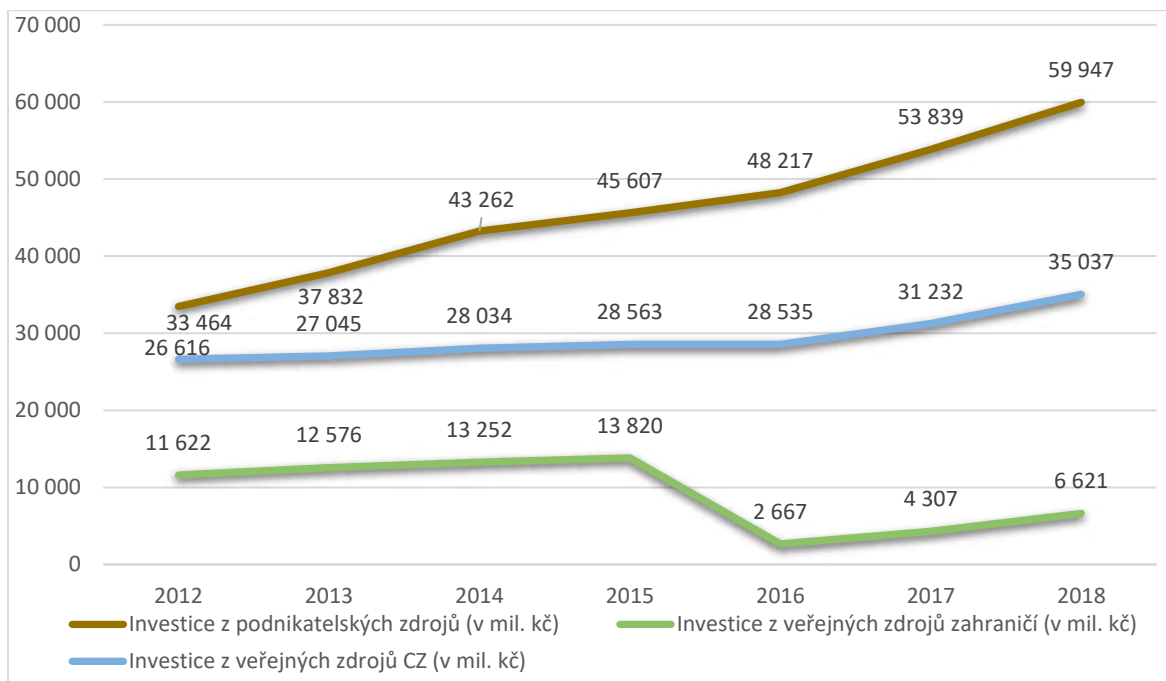
Obrázek 18: Využití cloudových systémů českých firem podle velikosti  
Zdroj: Vlastní zpracování podle (ČSÚ, 2019)

Poslední důležitou sférou v připravenosti na Průmysl 4.0 je kybernetická bezpečnost. Aby mohly firmy prohlubovat míru digitalizace, musí zaručit, že jsou jejich data chráněna. Tím, že bude všechno zpracováváno online, stanou se větším lákadlem pro hackery. Pokud se jim podaří prolomit do systémů, dostanou všechny potřebné informace, jakož i know-how firem. České podniky si sice osvojily základní a nevyhnutelné funkce pro kybernetickou bezpečnost – silné heslo, jeho pravidelné změny, klasické aktualizace spojené s údržbou systémů a s novými vychytanějšími a bezpečnějšími SW. Avšak podle obrázku 19 lze vidět, že další potřebná opatření jsou zavedena ve velmi malém procentu firem. Jenom do 30% firem má zavedenu biometrickou metodu kontroly. Co se týče SME, tam se jedná jenom o 8,5% malých a 19,2% středních podniků. Velmi podceňovanou oblastí je vyhodnocování IKT rizik. 73,3% velkých firem má vytvořené týmy pro analýzu IKT rizikových situací, ale jenom 51,6% středních a 30,4% malých. Podstatně méně jsou prováděny pravidelné testy IKT bezpečnosti, kde u velkých podniků se jedná o 63,4%. Jen 48,7% středních a 35,1% malých podniků je schopno udržovat pravidelné zkoušky IKT bezpečnosti.



Obrázek 19: Kybernetická bezpečnost v českých firmách podle velikosti  
Zdroj: Vlastní zpracování podle (ČSÚ, 2019)

Jako doplňující faktor lze zařadit podíl výdajů země do výzkumu a vývoje (VaV). Bez dostupných financí by nebyl možný další rozvoj. Obrázek 20 ilustruje vývoj podílu investic do VaV v milionech. Hlavním zdrojem výdajů v posledních 4 letech se jeví podnikatelský sektor, který vynakládá ročně nejvíc financí do inovací. V průměru o 11% ročně navyšuje své investice do VaV. V roce 2015 sice byl zaznamenán pokles, ale vzápětí se dostal na stabilní úroveň zvyšování. Vzhledem k tomu, že většina podniků realizujících svoji činnost na území ČR je pod zahraniční kontrolou, se prohlubuje závislost ČR na zahraničních investicích. Finance plynoucí z veřejného sektoru představují 34,5% aktuálně investovaných do VaV. V roce 2016 byl zaznamenán propad ve veřejných investicích a do roku 2018 se nevrátil na původní úroveň. Poslední složkou je financování z veřejných zdrojů ze zahraničí, které představují 6,5%. Podnikatelský sektor je tedy největším přispěvatelem do VaV a tvoří 59% z celkových výdajů.



Obrázek 20: Výdaje na výzkum a vývoj podle zdrojů financí  
Zdroj: Vlastní zpracování podle (ČSÚ, 2019)

### 4.3 Aplikace konceptu Průmysl 4.0 na vybraný český podnik

Pro tuto kapitolu byl vybrán podnik Škoda Auto a.s. Rostoucí produkce si vyžaduje adekvátní opatření. Škoda Auto si uvědomuje, že v současnosti pomocí investic do modernizace a digitalizace dokáže částečně zrychlit proces a zamezit selhání lidského faktoru. Postupně se lidské činnosti nahrazují roboty a všechny procesy se propojují a řídí pomocí internetu. Jako jeden z nejrozvinutějších podniků v rámci ČR investuje hodně do inovací. Do současnosti bylo zavedeno několik úspěšných projektů např. dProdukce<sup>3</sup> v Kvasinách, Inteligentní údržba v Mladé Boleslavi a automatizace závodové logistiky menších dílů<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> dProdukce – vítězný projekt Automotive Lean Production Award v kategorii „Special Award – Smart Digital Application“. Zefektivňuje montážní výrobu, která je realizována bez papíru, tzn. na montážní lince fungují záznamy v digitální podobě, čímž se šetří čas, usnadňuje orientace v údajích a příručkách na pracovišti, a tím se zabráňuje chybám (skoda-storyboard.com, 2019).

<sup>4</sup> Automatizovaný sklad menších dílů – roboti naskladňují a přepravují ze skladu díly přímo na montážní linku. 2 roboti naskladňují a 2 se starají o vyskladňování.

Jednou z dalších rozvinutých oblastí by mohla být kvalita. Realizace by spočívala v nahrazení fyzického Meisterbocku virtuálním. Lze předpokládat období od 2019 – 2026 postupné zavádění virtuálního Meisterbocku. Zástavby se budou provádět kombinovaně a s předpokladem, že od roku 2023 budou ze 45% doplněny virtuálními. Pro ekonomické vyhodnocení vlivu zavedení virtuálních zástaveb se bude pracovat pouze se vstupními nástroji a materiálem. V tabulce 7 jsou definovány počty projektů za rok a počet reálných staveb Meisterbocků. V případě fyzického je nutné disponovat přípravkem, tj. fyzickým Meisterbockem, materiálem jako plechy a vzorky na měření, SW a licencí k tomuto SW. Jako fixní položku je nutné uvést jeho servis. V tabulce je zohledněn vývoj zástaveb pro fyzický Meisterbock za období 2019 – 2020. Pro měření lze využít SW PC-Dmis<sup>5</sup>.

Tabulka 7: Fyzický Meisterbock - vstupní zdroje

Fyzický Meisterbock	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Počet projektů	4	4	4	3	3	2	1	0
Počet zástaveb	45	45	43	35	25	20	10	0
Přípravek (AMB/ kč) v tis.	180	180	180	180	180	180	180	180
Materiál - RV, plechy (AMB/ kč) v tis.	15	15	15	15	15	15	15	15
Software (ks)	2	2	2	2	2	2	2	2
Licence (SW/kč) v tis.	10	10	10	10	10	10	10	10
Servis (v tis. kč)	35	35	35	35	35	35	35	35

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro realizace virtuálního Meisterbocku je nutné vlastnit pouze SW, jeho licenci a simulační podporu. Pro ekonomické vyhodnocení byl vybrán SW Gom<sup>6</sup>. Nevyhnutelné nástroje a navyšování projektů jsou definovány v tabulce 8. Očekává se, že v roce 2023 bude již 45% virtuálních zástaveb. Ceny vstupů jsou na určitou dobu fixní.

<sup>5</sup> PC-Dmis – SW pro měření dílů

<sup>6</sup> GOM – SW pro 3D měření dílů



Tabulka 8: Virtuální Meisterbock - vstupní zdroje

Virtuální Meisterbock	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Počet projektů	4	4	4	4	4	4	4	4
Počet zástaveb	2	3	4	12	20	25	30	45
Software (ks)	2	2	2	2	2	2	2	2
Licence (SW/kč) v tis.	5	5	5	5	5	5	5	5
Simulace podpora (kč) v tis.	10	10	10	10	10	10	10	10

Zdroj: Vlastní zpracování

Celkové finanční vyhodnocení zástaveb fyzických je definováno v tabulce 11 a virtuálních v tabulce 12 v příloze B. Počáteční hodnota fyzického představuje 1 450 000 Kč, přičemž se cena bude snižovat s nižším počtem vykonaných zástaveb. Naopak při virtuálním je cena v podstatě fixní z důvodu použití stejných vstupních nástrojů při rozdílném počtu zástaveb. Nemusí se reálně stavět ani mít dostupné fyzické vzorky od dodavatelů nakupovaných dílů.

Tabulka 9 zobrazuje dosažený zisk za jednotlivé roky. Na začátku je bohužel v záporných hodnotách kvůli zvýšenému využití fyzického Meisterbocku, kde jsou náklady podstatně vyšší. Servis představuje fixní položku bez ohledu na to, kolik zástaveb bude vykonáno. Podle výpočtů rok 2021 by byl prvním rokem, kde by bylo dosaženo zisku. Reálně však až v roce 2022, kdy by už téměř 1/3 běžela přes simulaci, začínala by továrna dosahovat zisku.

Tabulka 9: Vyhodnocení přínosu za období 2019-2026

Rok	AMB	AMB+VAMB	Zisk	Kumulativní zisk
2019	1 450 000	1 470 000	-20 000	-20 000
2020	1 450 000	1 470 000	-20 000	-40 000
2021	1 450 000	1 440 000	10 000	-30 000
2022	1 450 000	1 140 000	310 000	280 000
2023	1 450 000	990 000	460 000	740 000
2024	1 450 000	735 000	715 000	1 455 000
2025	1 450 000	405 000	1 045 000	2 500 000
2026	1 450 000	20 000	1 430 000	3 930 000

Zdroj: Vlastní zpracování

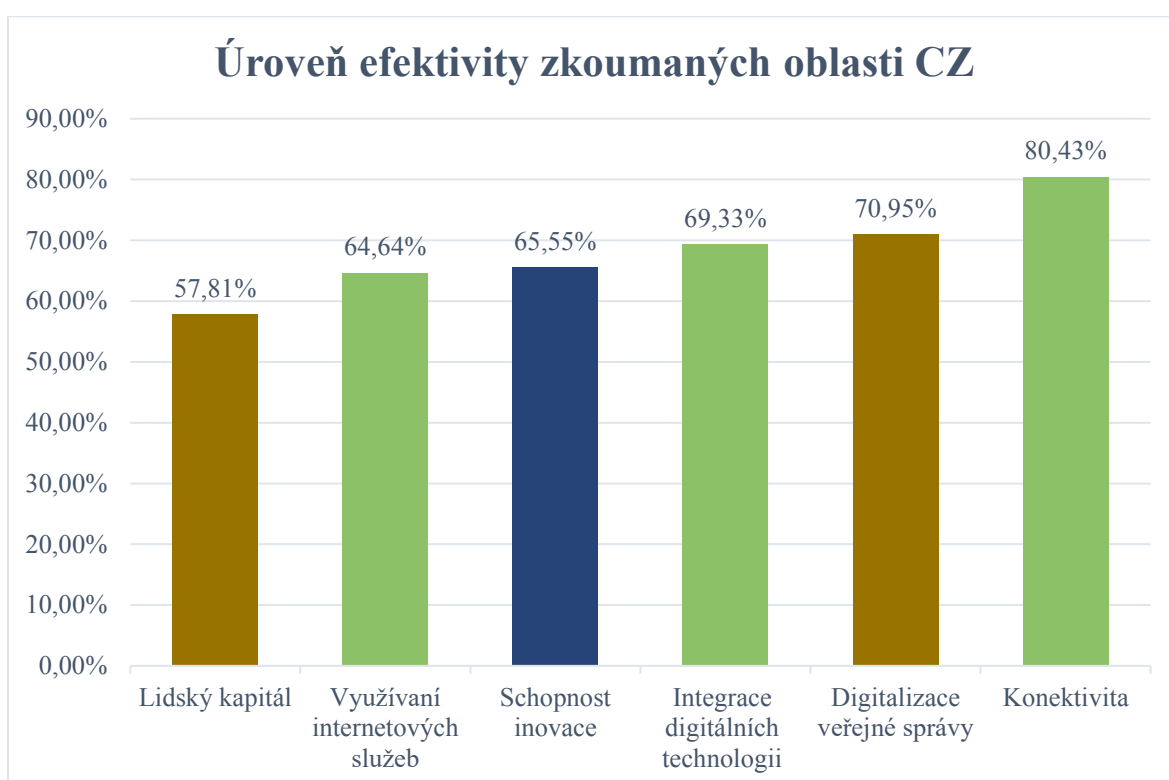
Jednoznačným přínosem virtuálních zástaveb bude ušetření nákladů na materiál vzorků a dobu stavby Meisterbocku. Avšak v této základní finanční analýze nejsou zohledněny pořizovací ceny vstupů jako počítače, měřicí technologie, doba práce, pořizovací ceny SW, lidský kapitál příp. rekvalifikace anebo pronájem služby, která bude v případě potřeby

vykonávat zástavby. Další změnou bude buď rekvalifikace personálu nebo hledání nové pracovní síly s adekvátními vědomostmi. Pořizovací cena fyzického Meisterbocku se podle dostupných dat pohybuje od 90 000€ (recyklát) až 190 000€ (nový). Virtuální svět si vyžaduje přibližně 1 500 000 Kč s platností na rok a 500 000 Kč za jeho následnou aktualizaci. Cena personálu je relativní v závislosti na úrovni vzdělání a zkušeností. V případě volby placené služby se cena odvíjí od náročnosti a trvání práce. Cena měřicích přípravků je závislá také na přesnosti měření. Pokud se jedná o přesnost 10 mm, jsou levnější, než když je potřebné změřit s přesností na 2 mm.

Exaktní vyhodnocení takového projektu je velmi náročné. Vstupuje sem velké množství proměnných, které jsou závislé na čase a jiných hodnotách. Pokud by bylo možné uvažovat jenom o stabilních předpokladech, bylo by možné snadno vyhodnotit návratnost investic. Z dlouhodobého hlediska lze počítat s úsporou času a návratnosti investic. Avšak proces digitalizace a modernizace je značně obtížný a finančně vyčerpávající. Proto je prioritou zavedení do oblastí produkce a montáže, kde nákladnost i obtížnost projektů jsou poněkud snazší.

## 5. Výsledky práce

Shrnutí řešené problematiky pomocí metody lineárního programování definuje obrázek 21. Barevně rozlišení představuje vedoucí země v jednotlivých zónách (zelená Dánsko, hnědá Finsko, modrá Německo). Vyhodnocením celkové analýzy se dospělo k zdefinování míry efektivity podniků v ČR. Zkoumané oblasti důležité pro implementaci konceptu Průmysl 4.0 jsou seřazeny vzestupně podle jejich úrovně rozvinutosti. Jednoznačně nejslabší místo ČR představuje lidský kapitál, který má negativní vliv na nedostatečnou flexibilitu trhu práce a podniků. Nejvíce rozvinutou sférou je konektivita.



Obrázek 21: Úroveň efektivity zkoumaných oblastí České republiky

Zdroj: Vlastní zpracování

Prioritně je nutné soustředit pozornost na zónu lidského kapitálu, kde ČR dosahuje pouhých 57,81% výkonnosti Finska a svůj výstup musí 1,72 násobně zvýšit. Finsko, které se hlavně za pomoci více než 100 společností, poskytovatelů vzdělání a mimovládních organizací orientuje na snížení rozdílů digitálních schopností, je dobrým příkladem. Místo uplatňování národních strategií se Finsko spíše zaměřuje na uspořádávání kvalifikovaných akcí, jako jsou např. vzdělávací kurzy, certifikace a zvyšování povědomí v oblasti digitálních technologií. V ČR lze rozlišit dvě problematické zóny. V první řadě se jedná o nedostatečně rozvinuté

školsství, které neposkytuje adekvátní vzdělávací pomůcky pro studenty. Strategie digitálního vzdělávání z roku 2014, která definovala opatření pro vybavení škol digitální infrastrukturou a kvalitním pedagogickým personálem, nebyla ještě v současnosti naplněna. Aktuálně nejnovější strategií v platnosti je Digitální Česko z roku 2018, jež podchycuje kroky pro zlepšení trhu práce, vzdělání a tím i navýšení kapacit pracovní síly. Druhou stránkou je nedostatečná připravenost a flexibilita trhu práce a pracovních pozic, které v této době nejsou dostupné. Vzhledem k těmto nedostatkům se ČR potýká s odlivem lidského kapitálu do zahraničí, kde je vzdělání na výrazně vyšší úrovni a trh práce s adekvátními pracovními nabídkami. Tímto přichází o plnohodnotnou lidskou sílu, která by byla schopná rozvíjet a posouvat úroveň digitalizace a současně zvyšovat konkurenceschopnost v rámci domovské země.

Druhou kritickou oblastí je využití internetového připojení. Aby se ČR dostala na úroveň Dánska, musí svůj výstup zvýšit o 54,7%. Detailnější analýza ukázala největší nedostatky u malých případně středních podniků. SME jsou v této sféře výrazně zaostalé např. wiki má jenom 3,9% malých a 8,5% středních podniků, extranet 12,4% malých a 25,5% středních, intranet 26,2% malých a 50% středních, sociální sítě jenom 41,5% malých a 54,1% středních. Jenom 50,6% malých podniků má zaveden vzdálený přístup pro práci z domova. Co se týká velkých firem, jsou málo rozvinuté wiki (vlastní tzv. encyklopedie slov, kterou má jenom 20,6% podniků, mezi nimi také Škoda Auto), extranet<sup>7</sup> (46% firem) a sociální sítě (73,3%).

Inovační schopnost zaostává 1,5 násobně za Německem. Hlavní indikátor představují výdaje na vývoj a výzkum. Podíl výdajů v ČR realizuje hlavně sektor podnikatelský 59%, veřejný domácí 34,5% a zahraniční 6,5%. Vzhledem k tomu, že většina firem je pod zahraniční správou, jsou výdaje na vývoj a výzkum závislé na přílivu zahraničních investic. Jsou zde zahrnuty i patenty a vědecké publikace, které nejsou v rámci území ČR dostačující.

Z hlediska míry efektivity v porovnání se sledovanými zeměmi má ČR na přibližně 70% integraci digitálních technologií a digitalizaci veřejné správy. Fungujícím příkladem digitalizace veřejné správy jsou e-recepty, které nabírají na popularitě a jsou čím dál tím více využívány. Za období 2 let od jejich zavedení jich bylo vystaveno již přes 150 tisíc. Úroveň

---

<sup>7</sup> Extranet - soukromá síť, ke které mají přístup partneři, obchodníci a dodavatelé

a možnosti Czechpointu se rozšiřují (možnost si vyzvednout elektronický lékařský výpis) a zvyšuje se i úroveň online portálu veřejné správy (kde se objevuje stále víc podání elektronických formulářů apod). Integrace digitálních technologií v rámci českých podniků zaostává ve využívání velkých dat a cloudových systémů. Po zhodnocení podrobnější analýzy na úrovni SME lze vidět také možnosti zlepšení v zavádění a vyšším využití odběratelských a zákaznických systémů. Ty slouží pro snadnější, přehlednější a personalizovanější práci firem s danými subjekty. Pozitivem je zcela rozvinuté elektronické obchodování na všech úrovních podniků. Co se jeví vzhledem k postupné integraci digitálních technologií jako znepokojující, je úroveň kybernetické bezpečnosti v rámci SME. Minimálně soustřeďují svou pozornost na vyhodnocování rizik a zkoušení preventivních testů. Disponují pouze základním bezpečnostním vybavením.

Nejlépe hodnocenou a nejefektivnější oblastí je konektivita, které dosahuje až 80%. Pokrytí vysokorychlostním internetovým připojením je už s výjimkou málo osídlených vesnic vysoké. V současnosti se ČR připravuje na zavedení 5G sítě. Jednou z podporujících vládních strategií je Digitální Česko.

Pomocí finalizace získaných poznatků byla vypracována SWOT analýza na obrázku 22. Silnými stránkami, ze kterých může ČR čerpat, jsou úroveň kvalitního vzdělání a pracovní síly. Ta může zabezpečit prosperitu země např. kvalitním zdravotnictvím a díky němu i dostupným lidským kapitálem s plnohodnotnou pracovní silou. Avšak problém nastává v žádoucí kvalifikaci pro potřeby Průmyslu 4.0. Otevřenost ekonomiky přináší nové možnosti – přístup k moderním technologiím jiných zemí nebo spolupráci na vývoji se zahraničními podniky. Napojení na světový průmysl zabezpečuje též příliv investic do vývoje a výzkumu v podnikatelském sektoru. ČR měla v roce 2018 jednu z nejnižších měr nezaměstnanosti za poslední období. Slabé stránky naopak poukazují na nedostačující výdaje do vývoje a výzkumu. Vzdělání a kvalifikovaná pracovní síla pro podmínky Průmyslu 4.0 neustále zaostávají. Celoživotní vzdělávání pro tuto oblast v podstatě ještě ani neexistuje. Přípravenost trhu a jeho flexibilita pro podmínky Průmyslu 4.0 nejsou rozvinuté. ČR bojuje s odlivem lidského kapitálu, který by mohl zvýšit její úroveň. Potenciální příležitosti lze podporovat v udržování Průmyslu 4.0 jako priority v ČR.

Silné stránky - Strength	Slabé stránky - Weakness
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otevřená ekonomika</li> <li>• Dobré internetové připojení a pokrytí</li> <li>• Napojení na světový průmysl</li> <li>• Kvalitní vzdělávání</li> <li>• Kvalifikovaná pracovní síla různých oborech</li> <li>• Nízká míra nezaměstnanosti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Odliv lidského kapitálu v oblasti vzdělání a práce (Průmysl 4.0)</li> <li>• Nedostatečné financování výzkumu</li> <li>• Nedostatečná připravenost na celoživotní vzdělávání (Průmysl 4.0)</li> <li>• Nedostatečná kvalita vzdělání pro potřeby Průmyslu 4.0</li> <li>• Nedostatečná připravenost politiky pro změny na trhu práce</li> </ul>
Příležitosti - Opportunities	Hrozby - Threats
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Udržování konceptu Průmysl 4.0 jako priorita</li> <li>• Podpora EU</li> <li>• Zvýšení kvality vzdělání</li> <li>• Příliv zahraničního kapitálu</li> <li>• Podpora mládeže v IKT znalostech</li> <li>• Vznik nových pracovních příležitostí</li> <li>• Cílena podpora SME</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nedostatečně rozvinutá kybernetická bezpečnost</li> <li>• Prohloubení závislosti ekonomiky na Německu</li> <li>• Nedostatečná podpora inovací</li> <li>• Nedostatečné rekvalifikace</li> <li>• Nedostatek odborníků pro potřeby Průmyslu 4.0</li> <li>• Nedostatečná připravenost na strukturální změny na trhu práce</li> </ul>

Obrázek 22: SWOT analýza připravenosti ČR

Zdroj: Vlastní zpracování

Připravenost českých firem lze zařadit do fáze interakce, která byla zadefinována v závěru první kapitoly. Podniky v ČR mají už rozvinutou základní webovou infrastrukturu a komunikaci s dodavateli a zákazníky. Strategie digitalizace jejich procesů jsou aktuálně ve stavu rozpracovanosti nebo ve finálním stavu. Stále disponují v malé míře adekvátními softwary pro udržování vztahů s partnery. Nedisponují personalizovaným přístupem k zákazníkům. Na druhé straně existují výjimky. Většinou se jedná o velké firmy, které je možné zařadit do fáze postupné integrace. Příkladem je Škoda Auto, která už zavedla několik projektů a digitalizovala svoje výrobní procesy. Jedním z důvodů, proč je připravenost českých firem na nízké úrovni, je nedostatek kvalifikované pracovní síly. Na druhé straně nemají dostateční finance pro modernizaci a vytvoření vhodného pracovního prostředí.

## 5.1 Návrh opatření pro ČR

Návrh lze rozdělit do dvou oblastí - podpory nejzaostalejší oblasti a vládní strategie. První sférou je zvýšení úrovně lidského kapitálu. V rámci zvyšování výdajů na vzdělání a úrovně vzdělání pro účely Průmyslu 4.0 se zvýší zájem mladých lidí. Plán opatření pro ČR spočívá prioritně ve vylepšení oblasti lidského kapitálu. Výchovu mládeže zabezpečí adekvátní a moderní technologie, která zvýší úroveň dané fakulty a přiláká studenty. Díky práci nevládních agentur, které zabezpečují realizování přípravy rekvalifikačních kurzů a podporu

dalšího vzdělání u zkušených pracovníků, se sníží odliv mládeže. V případě úspěšného vystudování nově zavedených oborů by bylo vhodné zaručit 5% studentům s nejlepšími výsledky adekvátní pracovní místo, kde budou schopni využít nabyté dovednosti. Druhým opatřením je motivovat podniky v procesu digitalizace. Vláda vyhlásí soutěž pro národní podniky, kde by představily svoje projekty na digitalizaci. Nejperspektivnější by dostal 1/3 financí na rozběhnutí projektu. Dalším návrhem je vytvořit na národní úrovni platformu, která poskytne mladým lidem možnost vyvíjet programy a technologie. Pro ty by byly následně vypracovány interaktivní marketingové kampaně nabízející je zvýhodněných podmínek domácím podnikům, nebo v případě úspěšnosti i na mezinárodním trhu.

V praxi je vidět, že ČR sice disponuje velkým množstvím strategických dokumentů, avšak problém nastává v jejich naplnění. Neexistuje žádný kontrolní orgán, který by dohlížel na dosahování výsledků. Proto většina strategií byla sice zpracovaná na vysoké úrovni, ale nikdy v praxi nepřinesla, co měla. Dalším návrhem je připravovat strategie s postupnými reálně splnitelnými cíli a spolu s tím vytvoření řídicího a dozorového orgánu. Na jedné straně řídicí orgán by měl mít na starosti naplnění cílů a v případě nečekaných situací najít řešení pro daný problém. Pro každou strategii by měl být vyčleněn dostatečný rozpočet podle náročnosti projektu a stanovená doba plnění. Řídicí orgán by měl být tvořen z několika odborníků – ekonomů, technologů, lidí z praxe atd. Každý by měl zastupovat svou oblast a na základě svých znalostí adekvátně reagovat na podněty. Avšak na druhé straně musí být vytvořen dozorový orgán. Ten by měl mít dostatek kompetencí pro dohlížení na plnění cílů, ale také možnost sankcionovat v případě, že by řídicí orgán neplnil svojí funkci. Při schválení strategie musí být vytvořen také adekvátní legislativní rámec, který bude udržovat projekt v státem přijatelných hranicích.

## Závěr

Průmysl 4.0 je jednou z nejdiskutovanějších tém v posledním období. Vlivem celosvětové osvojování si základních principů a podpory tohoto konceptu bylo publikováno dostatečné množství odborní literatury jak na zahraniční, tak i na domácí úrovni. Pro obeznámení s problematikou se koná ročně několik konferencí, kde přednášejí odborníci z celého světa. Smyslem Průmyslu 4.0 je vybudování inteligentních městeček a továren. Předpokladem realizace těchto projektů je vytvoření kyberneticko-fyzikálního systému, který zohledňuje komunikaci strojů mezi sebou prostřednictvím přenosu dat přes internet věcí a služeb. Nosními technologiemi jsou strojové učení, umělá inteligence, implementované senzory. Zároveň se v inteligentní továrně vytváří rozšířená realita, kde lze pomocí simulací pracovat ve virtuální realitě a vytvořit tak digitální dvojče. Díky tomuto procesu lze předvídat možné nedostatky, na které by se za jiných okolností nepřišlo. Aby si firmy udržely konkurenceschopnost na globálním trhu, musí investovat do inovací a modernizovat svoji produkci.

Hlavním cílem práce bylo zhodnotit připravenost českých firem na implementaci konceptu Průmysl 4.0 a identifikovat slabá místa v procesu zavádění digitalizace. Tento cíl byl naplněn zodpovězením výzkumných otázek.

*1. „Jaké je postavení České republiky v procesu implementace konceptu Průmysl 4.0?“*  
Změřením efektivnosti jednotlivých oblastí pomocí indexů DESI a GCI a metodou analýzy datových obalů lze vyhodnotit nejméně efektivní oblast ČR, kterou je lidský kapitál. Problém však nastává ve dvou oblastech. Prvním nedostatkem je nekvalitní vzdělání pro potřeby Průmyslu 4.0. ČR sice připravuje strategické dokumenty na podporu této oblasti, avšak dosud nebyly naplněny. Na druhé straně nejsou vytvořena adekvátní pracovní místa. Trh práce v ČR není připraven na nástup vlny digitalizace nedostatkem relevantních pracovních míst a nekvalifikovanou lidskou silou v této oblasti. Vlivem nedostatečné připravenosti trhu práce na strukturální změny a málo rozvinutého školství musí ČR čelit odlivu lidského kapitálu.



## **2. „Jaké jsou nedostatky velkých, středních a malých podniků na území České republiky v éře digitalizace?“**

Slabá místa pro malé a střední podniky představuje nedostatečně rozvinutá infrastruktura směrem k dodavatelům a zákazníkům. Z hlediska kybernetické bezpečnosti, která je rozvinuta na základní úrovni, jsou oblasti jako vyhodnocování rizik a pravidelné testy bezpečnosti podceňované. Potenciál ve zlepšení u velkých, středních a malých firem lze vidět ve využití cloudových systémů, řízení dodavatelsko-odběratelského řetězce a řízení zákaznických vztahů.

## **3. „Jaký přínos znamená Průmysl 4.0 pro podnik?“**

Aplikace prvků Průmyslu 4.0 ve velkém podniku vede z dlouhodobého hlediska k vytvoření zisku. Vzhledem k menšímu využití fyzických zástaveb dojde k ušetření nákladů na zástavbové zkoušky a snížení odpadu a plýtvání materiálu na vzorky. Bez potřeby vlastnění fyzického zařízení potřebného pro výkon zástaveb se uvolní prostor, který může být využit jiným způsobem. Avšak při zavádění potřebných zařízení a aplikací pro virtuální zástavby nastává problém s personálem. Na trhu práce není dostatek kvalifikované pracovní síly a stávající pracovníci nemají vhodné vzdělání pro výkon této činnosti. Proto bude potřeba vynaložit investice do rekvalifikace personálu. Implementací sice zaniknou původní pracovní místa, ale na druhé straně se vytvoří místa strukturálně nová.

Podle iniciativy Průmysl 4.0 lze připravenost českých firem zařadit do druhé fáze. Aktuálně mají rozvinutou základní webovou infrastrukturu. Avšak softwarová vybavenost malých, středních a velkých firem je nízká. Jen malé procento firem disponuje vhodnými systémy potřebnými pro komunikaci s odběrateli a zákazníky. Digitální strategie jsou v rozpracované formě případně ve finální fázi. Existují však i výjimky – některé velké podniky, např. Škoda Auto, lze zařadit do fáze integrace. Škoda Auto efektivně implementuje prvky Průmyslu 4.0 do výrobního procesu a rozběhla už několik úspěšných projektů.

Přínosem diplomové práce je zdůraznění nedostatečné připravenosti českých firem, trhu práce a lidského kapitálu pro zavádění konceptu Průmysl 4.0. Postupným prohlubováním konceptu se změní struktura společnosti, kde bude zapotřebí celoživotního vzdělávání s neustálým růstem moderních technologií. Z ekonomického hlediska nejsou dostatečné výdaje na výzkum a vývoj. Zavedením konceptu Průmysl 4.0 se sice formuje nový systém,

kde se strukturálně změní pracovní místa a tím i požadovaná úroveň vzdělání, avšak v procesu zániku klasických pracovních pozic vznikne několik nových.

Nabízí se dvě oblasti pro navržení opatření. V první řadě je to neefektivnost vládních strategií, pro které by měl být vytvořen jak řídicí orgán, tak i orgán kontrolní, který by měl k dispozici práva sankcionovat v případě nedodržení termínů. Druhou oblastí je podpora lidského kapitálu jak v oblasti vzdělání, tak i tvorbou nových pracovních míst. Jsou dvě možné varianty. Za prvé zaručení adekvátního pracovního místa např. 5% studentům s nejlepšími studijními výsledky. Na druhé straně realizace vládní soutěže o nejlepší projekt digitalizace svého podniku a podáním příspěvku na jeho realizaci.

Postupným zaváděním prvků Průmyslu 4.0 se vytváří nová společenská kultura. Postupně vymizí klasická pracovní místa spojená s manuální činností. Vytvoří se pracovní nabídky spíše vědomostního charakteru, kde budou lidé muset pracovat s novými informačními technologiemi. Avšak cesta k vybudování inteligentní a vědomostní společnosti je finančně náročná a zdlouhavá. Rychlost, jakou jdou inovace kupředu, je pro malé hráče neudržitelná. Firmy ale i stát si musí uvědomit důležitost výdajů na inovace a více investovat do modernizace. Dalším přínosem nových technologických postupů a virtualizování mnohých činností je eliminace odpadu. Příkladem může být provádění virtuálních zástaveb, kde se sníží použití materiálu na výrobu fyzických vzorků a tím i jejich šrotace, nebo plýtváním materiálu ve výrobě. Implementace koncepce Průmysl 4.0 přispívá k udržování lepší úrovně životního prostředí.

Vzhledem k aktuální situaci se otázka výdajů na inovace a podpory zavádění konceptu Průmysl 4.0 dostává nejenom v ČR ale i globálně do pozadí. Vlivem krize spojené s nemocí Covid 19 se pro firmy stává prioritou boj o přežití a udržení svých zaměstnanců. Stát a vládní organizace také kladou do popředí podporu ekonomiky a udržení produkce středních a malých firem v zemi. Aktuálně ve světě převládá myšlenka znovuoobnovení průmyslové výroby a udržení zaměstnanosti na úkor budování inteligentních továren a modernizace procesů výroby.

## Seznam použité literatury

AHRENS, Daniela a Christian GORLDT. 2015. Die vierte industrielle Revolution – die Implementierung hat begonnen. *Berufs- und Wirtschaftspädagogik* [online]. [cit. 2020-03-13]. ISSN 1618-8543. Dostupné z: [http://www.bwpat.de/spezial8/ahrens\\_gorltd\\_bag-elektro-metall-2015.pdf?idU=1](http://www.bwpat.de/spezial8/ahrens_gorltd_bag-elektro-metall-2015.pdf?idU=1)

ANDELFINGER, Volker P. a Till HÄNISCH. 2017. *Industrie 4.0: Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. ISBN 978-3-658-15557-5.

BABIŠ, Andrej. 2019. *Pražské návrhy. Prohlášení předsedy o kybernetické bezpečnosti komunikačních sítí v globálně digitalizovaném světě*. [online]. In Mezinárodní bezpečnostní konference o 5G. Praha. [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.nukib.cz/download/5G%20site/Prazske-navrhy-5G-Sec-190503-cz.pdf>.

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

BAUERNHANSL, Thomas. 2014. *Industrie in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Berlin: Springer Verlag. ISBN 9783658046811.

BDF Organization. 2019. *The Four V's of Big Data. The 4 Characteristics of Big Data*. [online]. [cit. 2020-02-12]. Dostupné z: <https://www.bigdataframework.org/four-vs-of-big-data/>.

BLANCHET, Max. 2016. *Industrie 4.0: nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique*. Paříž: Lignes de repères. ISBN 9782366090314.

BRYNJOLFSSON Erik et al.. 2011. *Strength in Numbers: How does Data-Driven Decisionmaking Affect Firm Performance?* [online]. [cit. 2020-02-08]. Dostupné z: <http://ssrn.com/abstract=1819486>.

CARPINTERO M. Javier et al.. 2015. *From the Internet of Things to the Internet of People*. [online]. [cit. 2020-02-08]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/273792989\\_From\\_the\\_Internet\\_of\\_Things\\_to\\_the\\_Internet\\_of\\_People](https://www.researchgate.net/publication/273792989_From_the_Internet_of_Things_to_the_Internet_of_People).

CSÚ. 2019. *Informační technologie*. [online]. [cit. 2020-07-04]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/domacnosti\\_a\\_jednotlivci](https://www.czso.cz/csu/czso/domacnosti_a_jednotlivci).

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. 2019. *Využívání informačních a komunikačních technologií v domácnostech a mezi jednotlivci*. . [online]. [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/90577057/06200419.pdf/6f465ecb-ec36-492e-bcc8-fd136d154cd1?version=1.1>.

DAS, Sumit et al. 2015. Applications of Artificial Intelligence in Machine Learning: Review and Prospects. In: *International Journal of Computer Applications*. [online]. **115** (9): 31-41 [cit. 2020-04-13]. ISSN 0975-8887. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.695.5829&rep=rep1&type=pdf>.

EIDENTITY.CZ 2020. *Elektronický podpis a pečeť pro každý dokument*. [online]. [cit. 2020-06-30]. Dostupné z: <https://www.eidentity.cz>

EU4Digital. 2020. *EU Digital Single Market*. [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://eufordigital.eu/discover-eu/eu-digital-single-market/>.

EVROPSKÁ KOMISE. 2020. *Shaping Europe's digital future: Czech Republic*. [online]. [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/scoreboard/czech-republic>.

EVROPSKÁ KOMISE. 2020. *Strategi*. [online]. [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/content/european-digital-strategy>.

GHOBAKHLOO, Morteza. 2018. *The Future of Manufacturing Industry: A Strategic Roadmap toward Industry 4.0*. Bingley: Emerald Publishing Limited. [online]. [cit. 2020-03-13]. ISSN 1741-038X. Dostupné z: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JMTM-02-2018-0057/full/html#sec003>.

GILCHRIST, Alasdair. 2016. *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Berkeley: Apress. ISBN 978-1-4842-2046-7.

GREGOR, Michal, Dušan NEMEC, Marián HRUBOŠ, Juraj ŠPALEK. 2017. *Umelá inteligencia. Hlboké učenie*. Žilina: Žilinská univerzita. ISBN 978-80-89865-03-1.

GRUNOV, Oliver. 2016. *Smart Factory and Industry 4.0. The Current State of Application Technologies*. München: Grin Verlag. ISBN 9783668271043.

GUNAL, Murat M. 2019. *Simulation for Industry 4.0: Past, Present and Future*. Cham: Springer. ISBN 978-3-030-04137-3.

HORST, Diogo J., et al. 2018. Additive Manufacturing at Industry 4.0: a Review. In: *International Journal of Engineering and Technical Research*. [online]. **8**: 3-8 [cit. 2020-04-13]. ISSN 2321-0869. Dostupné z: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57941605/IJETR2643.pdf?1544154188=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DIJETR2643.pdf.pdf&Expires=1595116150&Signature=OzHFMpG6eVkeGM48WcOZWjzipR~LJ2qJVrPIG1rFf7F9GFIVYdxO2eY0ktjMJhywb9UEv9qNHUQUuQQddtwLG~Lpp2n85WJ5zBUvpGe3OeTMAtWAvZj595r1rVoOrQkdgUrB0D8LKQvkl2WHcSZKMMGhwLZLLyhk26TZkzDqSExrQh1Szfou-UOQOF~59jJRHbLCVN2kI-r6fol99WMM7U~UljTFHgLA~FK3tXjnSINfvufXwgCAA~6tE8Ei2T4QVWefsPEY8JWHjyBEFYSL3XQn1myMUAqkP4uQa9EWDBAHKjOKIeMenjw9OEeslBxc5VpKV-rEHR9Zeibwtg\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57941605/IJETR2643.pdf?1544154188=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DIJETR2643.pdf.pdf&Expires=1595116150&Signature=OzHFMpG6eVkeGM48WcOZWjzipR~LJ2qJVrPIG1rFf7F9GFIVYdxO2eY0ktjMJhywb9UEv9qNHUQUuQQddtwLG~Lpp2n85WJ5zBUvpGe3OeTMAtWAvZj595r1rVoOrQkdgUrB0D8LKQvkl2WHcSZKMMGhwLZLLyhk26TZkzDqSExrQh1Szfou-UOQOF~59jJRHbLCVN2kI-r6fol99WMM7U~UljTFHgLA~FK3tXjnSINfvufXwgCAA~6tE8Ei2T4QVWefsPEY8JWHjyBEFYSL3XQn1myMUAqkP4uQa9EWDBAHKjOKIeMenjw9OEeslBxc5VpKV-rEHR9Zeibwtg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA).

ČESKAINOVACE. 2020. *Domáci inovace pro celý svět*. [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <http://www.ceskainovace.cz/cz/-vodn--str-nka/>.

CHROMJAKOVÁ, Felicita et al. 2017. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 9788074546808.

CZECHINVEST. 2020. *Agentura pro podporu podnikání a investic*. [online]. [cit. 2020-02-20]. Dostupné z: <http://www.czechinvest.org/cz/Sluzby-pro-male-a-stredni-podnikatele/Chcete-dotace/OPPI/Inovace>.

INDUSTRY 4.SK. 2019 *Digitalizácia smeruje k Smart Factory*. [online]. [cit. 2020-02-13]. Dostupné z: <http://industry4.sk/o-industry-4.0/principy/>.

INTROBOOKS. 2019. *Industry 4.0*. Independently Published. ISBN 9781651653609.

IT4Innovations. 2020. *Naše superpočítače pomáhají vědě, průmyslu a společnosti*. [online]. [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://www.it4i.cz/o-it4i/kdo-jsme>.

JESCHKE Sabina et al., 2016. *Industrial Internet of Things and Cyber Manufacturing Systems*. Cham: Springer. ISBN 978-3-319-42558-0.

KAGERMANN, Henning et al.. 2012. *Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*. [online]. [cit. 2020-

03-15]. Dostupné z: [http://www.forschungsunion.de/pdf/industrie\\_4\\_0\\_umsetzungsempfehlungen.pdf](http://www.forschungsunion.de/pdf/industrie_4_0_umsetzungsempfehlungen.pdf).

KAGERMANN, Henning et al. 2016. *Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners*. Mnichov: Herbert Utz Verlag. ISBN 9783831645046.

KÄRCHER, Bernd. 2015. Alternative Wege in die Industrie 4.0 – Möglichkeiten und Grenzen. In: BOTTHOF, Alfons a Ernst A. HARTMANN. *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*. Berlin: Springer Vieweg. s. 47-58. ISBN 978-3-662-45915-7.

LARA, Magdiel et al.. 2018. Vertical and Horizontal Integration Systems in Industry 4.0 [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/329111116\\_Vertical\\_and\\_horizontal\\_integration\\_systems\\_in\\_Industry\\_40](https://www.researchgate.net/publication/329111116_Vertical_and_horizontal_integration_systems_in_Industry_40).

LEE, Jay et al.. 2014. *A Cyber-Physical Systems Architecture fo Industry 4.0-based Manufacturing systems*. [online]. [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211384631400025X>.

LOBO, Francisco A. 2015. *The Industry 4.0 Revolution and the Future of Manufacturing Execution Systems (MES)*. Journal of Innovation Management. [online]. [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: [https://journalsojs3.fe.up.pt/index.php/jim/article/view/2183-0606\\_003.004\\_0003/206](https://journalsojs3.fe.up.pt/index.php/jim/article/view/2183-0606_003.004_0003/206).

MAŘÍK, Vladimír, et al. 2016. *Průmysl 4.0: Výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-440-0.

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. 2016. *Iniciativa Průmysl 4.0*. [online]. [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>.

MPSV. 2015. *Strategie digitální gramotnosti České republiky na období 2015 až 2020*. [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.mpsv.cz/strategie-digitalni-gramotnosti-cr>.

MV 1.5.0, 2020. *Na úřad přes internet*. [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/obcan/>.

NEŽINSKÝ, Eduard. 2016. *Analýza efektivity a produktivity*. Učebný materiál. Bratislava: Ekonóm. ISBN 978-80-225-4291-3.

- ODBOR 71600a. 2019. *Akční plán 2.0*. [online]. [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/e-komunikace-a-posta/elektronicke-komunikace/koncepce-a-strategie/narodni-plan-rozvoje-siti-nga/2019/11/Akcni-plan-2-0.pdf>.
- ODBOR 71600b. 2019. *Implementace a rozvoj sítí 5G v České republice*. [online]. [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/e-komunikace-a-posta/elektronicke-komunikace/koncepce-a-strategie/narodni-plan-rozvoje-siti-nga/2020/1/Material-5G\\_13-12-2019.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/e-komunikace-a-posta/elektronicke-komunikace/koncepce-a-strategie/narodni-plan-rozvoje-siti-nga/2020/1/Material-5G_13-12-2019.pdf).
- ODBOR 71600c. 2019. *Národní plán rozvoje sítí NGA v ČR*. [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/e-komunikace-a-posta/elektronicke-komunikace/koncepce-a-strategie/narodni-plan-rozvoje-siti-nga/>.
- ODBOR strategie 71300. 2019. *Digitální Česko*. [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.digitalnicesko.cz/>.
- PEREIRA, A. C. a F. ROMERO. 2017. *A Review of the Meanings and the Implications of the Industry* [online]. Vigo: Procedia Manufacturing [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/320341295\\_A\\_review\\_of\\_the\\_meanings\\_and\\_the\\_implications\\_of\\_the\\_Industry\\_40\\_concept](https://www.researchgate.net/publication/320341295_A_review_of_the_meanings_and_the_implications_of_the_Industry_40_concept).
- POPKOVA, Elena G. et al. 2019. Fundamental Differences of Transition to Industry 4.0 from Previous Industrial Revolution. In: POPKOVA, Elena G. et al. *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century*. Cham: Springer International Publishing AG. s. 21-30. ISBN 978-3-319-94309-1.
- RADA PRO VÝZKUM, VÝVOJ A INOVACE. 2019. *Inovační strategie České republiky 2019-2030*. [online]. [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: [https://www.vlada.cz/assets/urad-vlady/poskytovani-informaci/poskytnute-informace-na-zadost/Priloha\\_1\\_Inovacni-strategie.pdf](https://www.vlada.cz/assets/urad-vlady/poskytovani-informaci/poskytnute-informace-na-zadost/Priloha_1_Inovacni-strategie.pdf).
- RADA VLÁDY PRO INFORMAČNÍ SPOLEČNOST. 2020. *Program digitální Česko*. [online]. [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/rada-vlady-pro-informacni-spolecnost.aspx?q=Y2hudW09Ng==>.
- REINHEIMER, Stefan. 2017. *Industrie 4.0: Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. ISBN 978-3-658-18164-2.

ROJKO, Andreja. 2017. *Industry 4.0 Concept: Background and Overview*. [online]. [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://doi.org/10.339/ijim.v1i5.7072>.

RÜßMANN, Michael et al. 2015. *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. [online]. [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: [http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives\\_Industry.4.0\\_2015.pdf](http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives_Industry.4.0_2015.pdf).

STARK, John. 2011. *Product Lifecycle Management: 21st Century Paradigm for Product Realisation*. London: Springer Science and Business Media. ISBN 978-0-85729-546-0.

ŠKODA AUTO, 2019. *Výroční správa 2018*. [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: [https://cdn.skoda-storyboard.com/2019/03/SKODA\\_2018\\_CZE.pdf](https://cdn.skoda-storyboard.com/2019/03/SKODA_2018_CZE.pdf)

ŠPIČKA, I., T. TYKVA a M. ČERVINKA. 2016. Průmysl 4.0: Příležitost nebo hrozba? In: Kolektiv autorů (1. vydání). *Sborník přednášek z 53. slévárenských dnů®. Blok E – Sekce ekonomická*. Brno: Česká slévárenská společnost, z.s., [online]. s. 37-46. [cit. 2020-04-13]. ISBN 978-80-02-02687-7. Dostupné z: <http://www.okeko.cz/wp-content/uploads/2016/12/53.-SD-Brno-2016-Sborn%C3%ADk-přednášek.pdf#page=37>.

SYNEK, Miloslav et al. 2011. *Manažerská ekonomika*. Praha: Grada. ISBN 9788024734941.

QI, Quinglin a Fei TAO. 2018. *Digital Twin and Big Data towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison*. Bandar Sunway: IEEE [online]. [cit. 2020-03-13]. ISSN 2169-3536. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8258937/authors#authors>.

TECHNODAT. 2018. *Průmysl 4.0*. [online]. [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://www.prumysl-4.cz>.

THAMES Lane a Dirk SCHAEFER. 2017. *Cybersecurity for Industry 4.0: Analysis for Design and Manufacturing*. Cham: Springer International Publishing AG. ISBN 978-3-319-50659-3.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. 2017. *Průmysl 4.0 aneb nikdo sám nevyhraje*. Půhonice: Professional Publishing. ISBN 978-80-906594-4-5.

UNIT F.4 (Digital Economy and Skills). 2019. *The Digital Economy and Society Index (DESI)*. [online]. [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>.



UNIT H.4 (eGovernment and Trust). 2018. *Trust Services and Electronic identification (eID)*. [online]. [cit. 2020-07-05]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/trust-services-and-eid>.

USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKCAN. 2018. *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. Cham: Springer International Publishing Switzerland. ISBN 978-3-319-57870-5.

VENGHAUS, Ezgi. 2018. *Understanding PLM and PLM Customizing: A Theoretical Fundament for a Conceptual Approach*. Cham: Springer. ISBN 978-3-030-01613-5.

WANG, Lidong a Guanghui WANG. 2016. *Big Data in Cyber-Physical Systems, Digital Manufacturing and Industry 4.0*. International Journal Of Engineering and Manufacturing (IJEM). [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <http://www.mecs-press.org/ijem/ijem-v6-n4/IJEM-V6-N4-1.pdf>.

WEFORUM. 2019. *The Global Competitiveness Report 2019*. [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf).

## **Seznam příloh**

<b>Příloha A</b>	<b>Výsledky lineárního programování .....</b>	<b>91</b>
<b>Příloha B</b>	<b>Vyhodnocení nákladů fyzických a virtuálních zástaveb .....</b>	<b>92</b>

## Příloha A Výsledky lineárního programování

Tabulka 10: Hodnocení efektivity podle metody DEA

DMU	CZ	SK	AU	DE	DK	FI
<b>Konektivita</b>						
Skóre	0,8043	0,7147	0,7948	0,8614	1	0,8981
Input	1	1	1	1	1	1
Output	59,2	53	58,5	63	73,6	66,1
V (i)	1,2432	1,3992	1,2581	1,1609	1,0000	1,1135
U (r)	0,0169	0,0190	0,0171	0,0158	0,0136	0,0151
<b>Lidský kapitál</b>						
Skóre	0,5781	0,5703	0,7187	0,8181	0,79355	1,0000
Input	1	1	1	1	1	1
Output	44,8	44	55,7	63	61,5	77,5
V (i)	1,7299	1,7534	1,3914	1,2224	1,2602	1,0000
U (r)	0,0223	0,0226	0,0180	0,0158	0,0163	0,0129
<b>Využití internetových služeb</b>						
Skóre	0,6464	0,6464	0,6950	0,9339	1	0,8920
Input	1	1	1	1	1	1
Output	47,9	48	51,5	69	74,1	66,1
V (i)	1,5470	1,5470	1,4388	1,0708	1,0000	1,1210
U (r)	0,0209	0,0209	0,0194	0,0145	0,0135	0,0151
<b>Integrace digitálních technologií</b>						
Skóre	0,6933	0,5628	0,6232	0,6835	1	0,9511
Input	1	1	1	1	1	1
Output	42,5	35	38,2	42	61,3	58,3
V (i)	1,4424	1,7768	1,6047	1,4630	1,0000	1,0515
U (r)	0,0235	0,0290	0,0262	0,0239	0,0163	0,0172
<b>Digitalizace veřejné správy</b>						
Skóre	0,7095	0,6889	0,8573	0,6671	0,94602	1,0000
Input	1	1	1	1	1	1
Output	55,2	54	66,7	52	73,6	77,8
V (i)	1,4094	1,4515	1,1664	1,4990	1,0571	1,0000
U (r)	0,0181	0,0187	0,0150	0,0193	0,0136	0,0129
<b>Schopnost inovovat</b>						
Skóre	0,6555	0,5334	0,8583	1,0000	0,87788	0,8733
Input	1	1	1	1	1	1
Output	56,9	46	74,5	87	76,2	75,8
V (i)	0,6555	0,5334	0,8583	1,0000	0,8779	0,8733
U (r)	0,0176	0,0216	0,0134	0,0115	0,0131	0,0132

Zdroj: lineární programování

## Příloha B Vyhodnocení nákladů fyzických a virtuálních zástaveb

Tabulka 11: Fyzický Meisterbock - finanční vyhodnocení za období 2019 - 2026

Fyzický Meisterbock	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Meisterbock (v tis. Kč)	720	720	720	540	540	360	180	0
Materiál na stavbu (v tis. Kč)	675	675	645	525	375	300	150	0
Cena za licence (v tis. Kč)	20	20	20	20	20	20	20	20
Servis (v tis. Kč)	35	35	35	35	35	35	35	35
Suma celkom (Kč) v tis.	1450	1450	1420	1120	970	715	385	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 12: Virtuální Meisterbock - finanční vyhodnocení za období 2019-2026

Fyzický Meisterbock	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Cena za licence (v tis. Kč)	10	10	10	10	10	10	10	10
Simulace podpora	10	10	10	10	10	10	10	10
Suma celkom (Kč) v tis.	20	20	20	20	20	20	20	20

Zdroj: Vlastní zpracování