

NÁRODNÍ INICIATIVA PRŮMYSL 4.0

Praha 3. 2. 2016

Kolektiv autorů

Autorský kolektiv

Pod vedením prof. Vladimíra Maříka se na zpracování tohoto materiálu podíleli:

Členové řídicího týmu:

Martin Bunčeka, místopředseda, Technologická agentura ČR
Věra Czesaná, vedoucí, Národní observatoř zaměstnanosti a vzdělávání, Národní vzdělávací fond
Jiří Holoubek, prezident, Elektrotechnická asociace ČR
Miroslava Kopicová, ředitelka, Národní vzdělávací fond
Jiří Krechl, CzechInvest
Vladimír Mařík, ředitel, CIIRC ČVUT a předseda, Výzkumná rada Technologické agentury ČR
Eduard Palíšek, generální ředitel, Siemens ČR
Jan Prokš, ředitel, Elektrotechnická asociace ČR
Tereza Šamanová, zástupkyně vedoucí oddělení evropských záležitostí, Svaz průmyslu a dopravy ČR
Roman Šiser, nezávislý konzultant
Michael Valášek, děkan, fakulta strojní ČVUT

a dále pak spoluautoři jednotlivých kapitol

Hynek Beran, CIIRC ČVUT
Rut Bízková, předsedkyně, Technologická agentura ČR
Jaroslav Burčík, FEL ČVUT
Pavel Burget, FEL ČVUT
Jan Burian, Ernst&Young
Andrea Čirlićová, Ernst & Young
Pavel Csank, Jihomoravské inovační centrum
Bohuslav Čížek, ředitel sekce hospodářské politiky, SPD ČR
Vratislav Datel, nezávislý konzultant
Miroslav Doupovec, FSI VUT Brno
Dana Drábová, předsedkyně, Státní úřad jaderné bezpečnosti
Jana Filová, nezávislý konzultant
Jan Fürman, CESNET
Michal Haindl, ÚTIA AV ČR
Jan Hajič, MMF UK
Martin Hanzlík, nezávislý konzultant
Martin Hartl, FSI VUT Brno
Zdeněk Havelka, společnost A-21
Otto Havle, FCC Průmyslové systémy
Jitka Hlaváčková, Svaz průmyslu a dopravy ČR
Tomáš Hubínek, Sdružení automobilového průmyslu ČR
František Hýbner, Elektrotechnická asociace ČR
Daniel Kaminský, ELCOM
Petr Knap, partner, Ernst & Young
Pavel Komárek, Technologická agentura ČR
Radek Komzák, Foxconn CZ

Jiří Kubalík, CIIRC ČVUT
Vladimír Kysela, ABB
Josef Lazar, ÚOCHB AV ČR
Zdeňka Matoušková, Národní vzdělávací fond
Václav Matyáš, FIT MU Brno
Stephen McKenna, Foxconn CZ
Stanislav Mišák, FEI VŠB-TU Ostrava
Daniel Munich, zástupce ředitele, CERGE-EI
Jaromír Novák, předseda Rady, Český telekomunikační úřad
Erik Odvářka, FSI VUT Brno
Michal Pazour, Technologické centrum AV ČR
Jan Proksch, Svaz Průmyslu a dopravy ČR
Josef Psutka, FAV ZČU Plzeň
Vlasta Radová, FAV ZČU Plzeň
Miloš Rathouský, Svaz průmyslu a dopravy ČR
Jiří Růžička, Český institut pro akreditaci
David Sedláček, FEL ČVUT
Tomáš Sirovátka, FSV MU Brno
Otto Sládek, Cybertec, s.r.o.
Pavel Smrž, FIT VUT Brno
Petr Sochor, Foxconn CZ
Petr Sochor, Siemens ČR
Petr Somol, Cisco
Ondřej Sotona, Foxconn CZ
Jana Straková, PedF UK
Zdeněk Strnad, Siemens ČR
Miroslav Svítek, děkan, Fakulta dopravní ČVUT
Jan Šedivý, FEL ČVUT
Boris Šimák, FEL ČVUT
Dalibor Tatýrek, Elektrotechnický zkušební ústav
Pavel Václavek, CEITEC VUT Brno
Miroslav Václavík, president, Inženýrská akademie ČR a ředitel, VÚTS Liberec
Petr Vavřín, FEKT VUT Brno
Patrik Volhejn, EPLAN ENGINEERING CZ
Pavel Vrba, CIIRC ČVUT
Jiří Žára, FEL ČVUT
Jan Žídek, FEI VŠB-TU Ostrava

Děk patří i pracovníkům Ministerstva průmyslu a obchodu, jmenovitě náměstkovi ministra p. Eduardovi Muřickému, řediteli odboru p. Oldřichovi Macákovi a vedoucí oddělení pí. Jitce Švejcarové za podporu a spolupráci při tvorbě tohoto dokumentu.

Motto:

„Pro Česko s jeho vysokou závislostí na zpracovatelském průmyslu asi není nic důležitějšího než si nenechat ujet vlak v tom, co Němci nazvali Průmysl 4.0. Potřebujeme rozvíjet tuto komparativní výhodu, jak se dá....Ve skutečnosti nám peníze na rozvoj nechybějí. Musíme je ale dávat do oblastí, které nás živí, kde už něco umíme, a budeme je dávat za prokazatelný výsledek.“ (Miroslav Zámečník, Euro 47, 2015)

Preamble

Řada vyspělých zemí se již několik let zabývá nástupem 4. průmyslové revoluce, která zásadním způsobem mění povahu průmyslu, energetiky, obchodu, logistiky a dalších částí hospodářství i celé společnosti. I když jsou předpokládány dopady této revoluce celospolečenské, v jejím centru pozornosti stojí průmyslová výroba (proto se iniciativa na podporu průběhu 4. průmyslové revoluce nazývá ve SRN Industrie 4.0, u nás používáme termín Průmysl 4.0). Studie, ale i první výsledky průmyslové praxe, potvrzují, že jednotlivé elementy této revoluce, opírající se např. o Internet věcí či Industriální internet (v terminologii OECD), kyberneticko-fyzické systémy a umělou inteligenci budou mít opravdu ekonomické i společenské transformační dopady. Česká republika i přesto, že patří mezi nejindustriálnější země Evropy, není na příchod těchto změn dostatečně připravena. Musí proto urychleně věnovat pozornost příležitostem a rizikům plynoucím ze 4. průmyslové revoluce a na tuto revoluci se řádně připravit. Iniciativa Průmysl 4.0 je vlastně návodem, jak přípravu zorganizovat a uskutečnit.

Tento dokument navazuje na stručný výchozí dokument Národní iniciativy Průmysl 4.0, který vznikl z podnětu MPO a jehož účelem bylo téma představit a rozvířít celospolečenskou diskusi o potřebě akčního plánu pro vyhlášení a implementaci národní iniciativy Průmyslu 4.0.

Cílem tohoto dokumentu je poskytnout klíčové informace související s tématem čtvrté průmyslové revoluce, ukázat možné směry vývoje a nastínit návrhy opatření, která by mohla nejen podpořit ekonomiku a průmyslovou základnu ČR, ale pomoci připravit celou společnost na absorbování této technologické změny. Jedině tak lze zajistit dlouhodobou ekonomickou atraktivitu a konkurenceschopnost ČR.

Věříme, že rozsah a úroveň detailu poskytnou kvalitní materiál pro vládu ČR, klíčové resorty a sociální partnery tak, aby byly schopné urychleně formulovat konkrétní ekonomické a politické cíle a navrhnout akční opatření reagující na probíhající změny, způsobené technologiemi 4. průmyslové revoluce.

Souhrn

Průmysl a celá ekonomika prochází zásadními změnami způsobenými zaváděním informačních technologií, kyberneticko-fyzických systémů a systémů umělé inteligence do výroby, služeb a všech odvětví hospodářství. Dopad těchto změn je tak zásadní, že se o nich mluví jako o 4. průmyslové revoluci. Řada vyspělých zemí již příležitosti a hrozby těchto změn pochopila a přistoupila k podpoře 4. průmyslové revoluce v dedikovaných programech a systémových opatřeních. Česká republika musí na tyto trendy reagovat také, protože skýtají obrovské příležitosti z pohledu udržitelnosti a zvýšení produktivity průmyslové výroby a služeb a potažmo poptávky po kvalifikované práci. V opačném případě hrozí České republice ztráta konkurenceschopnosti s velkými dopady nejen na zaměstnanost a produktivitu, ale celý rozvoj společnosti.

V jádru čtvrté průmyslové revoluce stojí spojení virtuálního kybernetického světa se světem fyzické reality. To s sebou přináší též významné interakce těchto systémů s celou společností, tedy se světem sociálním. Z pohledu moderní teorie systémů se proto v poslední době v souvislosti se 4. průmyslovou revolucí hovoří o revoluci kyberneticko-fyzicko-sociální, způsobující dynamickou vzájemnou interakci složitých systémů kyberneticko-virtuálních, systémů fyzického světa a systémů sociálních.

Národní iniciativa Průmysl 4.0 si klade za cíl zmobilizovat klíčové rezorty a reprezentanty průmyslové sféry k vypracování podrobných akčních plánů v oblastech politického, ekonomického a společenského života. Předpoklady a dopady 4. průmyslové revoluce jsou opravdu dalekosáhlé, proto bude nutná celospolečenská diskuse a zejména součinnost klíčových rezortů a jejich institucí – Úřadu vlády, MPO, MPSV, MŠMT, MMR, MZV, MV, TA ČR a dalších – ale i sociálních partnerů při přípravě akčních plánů k realizaci iniciativy Průmyslu 4.0.

Jednotlivé kapitoly tohoto dokumentu s názvem Národní iniciativa Průmysl 4.0 proto popisují současný stav, směry dalšího vývoje a klíčové výzvy v jednotlivých oblastech, které je nutno v rámci zvýšení připravenosti ČR na principy Průmyslu 4.0 urgentně řešit.

V úvodní části (kapitola 1) je uveden přehled národních iniciativ reagujících na 4. průmyslovou revoluci spolu s charakteristikou konceptu Průmyslu 4.0. Z hlediska připravenosti v době Průmyslu 4.0 diagnostikujeme pět úrovní digitální zralosti firmy, které jsou pak rozvedeny v kapitole 2. Dále tato kapitola poskytuje informace z pohledu významu Průmyslu 4.0 a situace pro ČR, kde díky specifickému postavení pramenícímu z tradičně vysokého podílu průmyslové výroby na celkové ekonomice státu, bude pravděpodobně mít česká cesta ke 4. průmyslové revoluci charakteristiky specifické, mnohdy se lišící od zahraničních.

Technologické předpoklady a vize popsané v kapitole 3, zdůrazňují hlubokou, znalostně podloženou průmyslovou integraci, jako jádro Průmyslu 4.0, založenou na informačních a kybernetických technologiích. Očekává se masové sdílení informací a kontinuální komunikace podpořené kvalitní komunikační infrastrukturou (širokopásmový internet). Mezi dalšími významnými technologiemi Průmyslu 4.0 jsou uvedena velká data (big data), autonomní roboty, senzory, cloudové výpočty a datová uložení, jakožto i aditivní výroba, rozšířená realita a v neposlední řadě celá vědní disciplína kybernetiky a umělé inteligence tvořící myšlenkové a technologické jádro probíhající průmyslové revoluce.

Podpora výzkumu a vývoje se musí soustředit na technologicky klíčové oblasti pro Průmysl 4.0, vycházející ze skutečných potřeb české průmyslové praxe, z inventarizace kapacit relevantního aplikovaného výzkumu a z foresightových analýz vývoje ve světě. Výzkumný prostor je třeba zásadním způsobem rekonstruovat tak, aby vznikla páteří síť Národních center, zaměřená na vybraná klíčová témata, a systém experimentálních poloprovozů nebo jejich částí (testbedy), sloužících k vývoji a ověřování myšlenek a algoritmů Průmyslu 4.0 v semireálných podmínkách. Realizace Národní iniciativy Průmysl 4.0 bude vyžadovat též velmi intenzivní a soustředěný společenskovední

výzkum a jeho propojení se sférou průmyslové výroby i oblastí služeb, ať už na poli výzev světa práce a vzdělávání, při tvorbě a zpracování dat nebo v souvislosti s rozšiřováním prostoru virtuálního světa.

Mezi další významné oblasti patří standardizace a zásadní úpravy legislativy popsané v kapitolách 6 a 7, které budou relevantní pro digitální a kybernetickou praxi v průmyslu a službách, ale i v celé společnosti.

Neméně důležité jsou i otázky bezpečnosti dat, systémové bezpečnosti kritických infrastruktur a energetických systémů popsanych v kapitole 5, kde je aktivní role státu nezastupitelná. Bezpečnost dat a infrastruktur, spolu s ochranou soukromí a duševního vlastnictví jsou pilíři úspěchu zavádění principů Průmyslu 4.0.

Průmysl 4.0 umožní zvýšit produktivitu práce, přičemž ale může dojít k významným posunům na trhu práce, zejména pak k ohrožení méně kvalifikovaných profesí. Zároveň však přinese i nová pracovní místa, která ale budou spojena s vyššími nároky na kvalifikaci pracovní síly, zejména z oblasti digitálních a inženýrských dovedností, nebo budou záviset na včasné a kvalitní rekvalifikaci. Kritickým faktorem úspěchu pro zvládnutí dopadů na zaměstnanost popsanych v kapitole 8 je tedy především kvalita a fungování vzdělávacího systému.

Potřeby změn ve vzdělávacím systému jsou analyzovány v kapitole 9. Celý systém musí být nastaven tak, aby předvídal potřeby trhu práce a reflektoval vhodné kompetence pro Průmysl 4.0 na všech stupních výuky, tedy i v regionálním školství. Na všech úrovních vzdělávání je třeba poskytovat kvalitní výuku v oblasti ICT dovedností, poskytovat všeobecné znalosti potřebné pro pochopení podstaty 4. průmyslové revoluce i speciálnější až vysoce specializované znalosti odborné. Na vysokých školách je nutno začlenit principy průmyskové revoluce do osnov všech programů, ve specializovaných programech potom zvýšit důraz na systémové a interdisciplinární pohledy. I studenti humanitních oborů se musí seznámit s myšlenkami a trendy průmyslové revoluce v rozsahu potřebném pro jejich působení při rozvoji společnosti.

Očekávané přínosy Průmyslu 4.0 vycházejí z nových možností tvorby přidané hodnoty umožněné zejména využitím dat z propojených systémů a zvýšené schopnosti automatizovaných rozhodovacích mechanismů v průmyslové praxi. Tyto principy lze uplatnit i v rámci rozvoje měst a regionů (tzv. smart cities/regions) díky využívání principů účinného propojení vysoce rozvinuté infrastruktury (energetické, telekomunikační, dopravní, environmentální) a podnikání včetně vzdělávacích a kulturních institucí na daném území do jednoho maximálně funkčního a efektivního celku.

Z pohledu firem lze v důsledku prosazování myšlenek Průmyslu 4.0 očekávat nárůst produktivity a výrobní efektivity, ale též snížení energetické a surovinové náročnosti výroby, jakož i zcela nové možnosti optimalizace logistických tras, technologická řešení pro decentralizované systémy výroby a distribuce energie nebo inteligentní městskou infrastrukturu, popsané v kapitole 10.

Veřejný sektor má už nyní k dispozici řadu finančních nástrojů, které jsou často využívány rozptýleně nebo přímo nahodile. Bude třeba vybrat nejvhodnější modely a na ně koncentrovat pozornost, úsilí, ale zejména prostředky. Situaci a možnosti v této oblasti popisuje kapitola 11. Zdroje, zejména operační programy OP PIK, OP VVV a OP Z, je třeba koncentrovat na řešení klíčových hrozeb a rozvoj příležitostí v rámci vizi Průmyslu 4.0. Významnou roli při implementaci finančních nástrojů musí hrát MPO a TA ČR.

Připravenost ekonomiky na Průmysl 4.0 je charakterizována zejména kvalitou internetového a digitálního prostředí. Dle „2014 Global technology reportu“ Světového ekonomického fóra, který obsahuje i tzv. „Networked readiness index“, je Česká republika na 42. místě s hodnotou indexu 4,49 vs 6,04 bodů u vedoucího Finska. Zdůrazněme však, že 4. průmyslová revoluce není jen o digitalizaci,

ale digitalizace je nezbytnou, skutečně základní podmínkou pro realizaci systémových kybernetických principů, pro realizaci inteligentních výrobních systémů a služeb.

Podobně index připravenosti zemí sestavený firmou Roland Berger řadí ČR mezi „tradicionalisty“. To znamená země, které těží z kvalitní průmyslové základny, ale zatím nezavedly iniciativy na posunutí průmyslu do nové éry. Připravenost země na Průmysl 4.0 je dle tohoto indexu charakterizována:

1. průmyslovou excelencí = sofistikovaností výrobních procesů, stupněm automatizace, kvalitou a znalostmi pracovní síly a intenzitou inovací;
2. hodnotovým systémem = kvalitou tvorby přidané hodnoty, otevřeností průmyslu, inovačními sítěmi a využíváním internetu.

Česká republika nesmí zaostávat z pohledu připravenosti na Průmysl 4.0. I proto MPO přišlo s Národní iniciativou Průmysl 4.0, aby podpořilo procesy reakce České republiky na výzvy spojené se 4. průmyslovou revolucí a dlouhodobou konkurenceschopností české ekonomiky.

Předchozí průmyslové revoluce výrazně přispěly k posílení a rozvoji národních ekonomik tam, kde je byla společnost schopna využít, a dlouhodobě zvýšily životní úroveň obyvatel. Podobně i 4. průmyslová revoluce může mít tam, kde bude celá společnost připravena, pozitivní dopady na produktivitu, distribuci příjmů, kvalitu života člověka a společnosti i životního prostředí. Tyto dopady budou zasahovat v podstatě všechna odvětví, všechny druhy činností a veškeré aspekty života celé společnosti. Čím lépe vláda i podniky pochopí možnosti a možné dopady, tím spíše se lépe připraví na potenciální rizika a využije příležitostí, které vize Průmyslu 4.0 přináší. Vzhledem k šíři dopadu, musí tato filosofie proniknout do myšlení celé společnosti. Bez větší nadsázky lze říci, **že iniciativa Průmysl 4.0 je především o odpovědné podpoře změny způsobu myšlení celé společnosti, než o konkrétních technologiích.**

Obsah

1. Úvod	1
1.1. Zahraniční iniciativy reagující na čtvrtou průmyslovou revoluci	1
1.2. Charakteristika konceptu Průmysl 4.0	3
2. Specifická situace průmyslu v ČR	5
2.1. Současný stav	6
2.1.1. Vlastnická struktura	6
2.1.2. Postavení v hodnotovém řetězci průmyslové produkce	7
2.1.3. Motivace zavést Průmysl 4.0 nebo alespoň začít vytvářet předpoklady pro jeho zavedení	7
2.1.4. Způsob řízení průmyslové výroby	8
2.1.5. Způsob údržby strojů a zařízení	8
2.2. Směry dalšího vývoje	9
2.2.1. Pět úrovní posuzování podniků vzhledem k Průmyslu 4.0	10
2.2.2. Mentální entropie – poznání, motivace	11
2.2.3. Technologická entropie – technika	12
2.2.4. Sociální entropie - stát	12
2.3. SWOT analýza	13
2.4. Aktuální výzvy a jejich možná řešení	14
3. Technologické předpoklady a vize	16
3.1. Současný stav	20
3.1.1. Systémová integrace	20
3.1.2. Analýza velkých dat (Big Data)	21
3.1.3. Autonomní roboty	22
3.1.4. Komunikační infrastruktura	23
3.1.5. Datová úložiště a cloudové výpočty	23
3.1.6. Aditivní výroba	24
3.1.7. Rozšířená realita	25
3.1.8. Senzory	25
3.1.9. Kybernetika a umělá inteligence	26
3.1.10. Nové technologie	26
3.2. Směry dalšího vývoje	28
3.2.1. Systémová integrace	28
3.2.2. Analýza velkých dat (Big Data)	30
3.2.3. Autonomní roboty	31

3.2.4. Komunikační infrastruktura.....	31
3.2.5. Datová úložiště a cloudové výpočty.....	32
3.2.6. Aditivní výroba	32
3.2.7. Rozšířená realita.....	33
3.2.8. Senzory.....	34
3.2.9. Kybernetika a umělá inteligence.....	34
3.2.10. Nové technologie	35
3.3. SWOT analýza.....	35
3.4. Aktuální výzvy a jejich možná řešení.....	37
4. Nové požadavky na aplikovaný výzkum v ČR	41
4.1. Současný stav	41
4.2. Směry dalšího vývoje.....	42
4.3. Klíčová témata.....	44
4.3.1. Výzkumná orientace podpory aplikovaného výzkumu	44
4.3.2. Klíčová role kybernetiky a umělé inteligence.....	47
4.3.3. Typy projektů vhodných pro podporu	49
4.3.4. Formy podpory aplikovaného výzkumu	50
4.3.5. Úlohy společenskovedního výzkumu	53
4.4. SWOT analýza.....	56
4.5. Aktuální výzvy a jejich možná řešení.....	58
5. Bezpečnost systémů.....	60
5.1. Současný stav	60
5.2. Směry dalšího vývoje.....	61
5.3. Klíčová témata.....	62
5.3.1. Globální bezpečnost.....	63
5.3.2. Kybernetická a informační bezpečnost	64
5.3.3. Bezpečnost v kritických systémových infrastrukturách	66
5.3.4. Bezpečnost energetických a síťových surovinových systémů	68
5.3.5. Role státu a potřeba certifikací	68
5.4. SWOT analýza.....	70
5.5. Aktuální výzvy a jejich možná řešení.....	71
6. Standardizace	73
6.1. Současný stav	73
6.2. Směry dalšího vývoje.....	75
6.3. Klíčová témata.....	78
6.4. SWOT analýza.....	79

6.5. Aktuální výzvy a jejich možná řešení	80
7. Právní a regulatorní aspekty	81
7.1. Současný stav a směry dalšího vývoje	81
7.1.1. Úvod, historie a okolnosti tvorby českého právního řádu	81
7.1.1. Komparace přístupu ke změnám regulace ve státech, které jsou evropskými leadery v oblasti digitalizace průmyslu	82
7.1.2. Relevantní legislativa a strategické materiály ČR a EU	84
7.1.3. Principy právo tvorby	99
7.2. SWOT analýza.....	101
7.3. Aktuální výzvy a jejich možná řešení	102
8. Dopady na trh práce, kvalifikaci pracovní síly a sociální dopady	104
8.1. Současný stav	104
8.1.1. Struktura zaměstnanosti, dosavadní trendy, srovnání s vyspělými státy EU	104
8.1.2. Připravenost lidských zdrojů na využívání ICT	105
8.1.3. Potenciální zdroje zvyšování kvalifikace pracovních sil	107
8.2. Směry dalšího vývoje.....	108
8.2.1. Charakter a organizace práce.....	108
8.2.2. Vlivy nahrazování práce technikou	110
8.2.3. Vznik nových pracovních příležitostí	111
8.2.4. Možné vlivy polarizace trhu práce a příjmová diferenciaci.....	115
8.3. Klíčová témata.....	116
8.4. SWOT analýza.....	118
8.5. Aktuální výzvy a jejich možná řešení	119
9. Vzdělávání	122
9.1. Současný stav	122
9.1.1. Současná situace v regionálním školství	123
9.1.2. Současná situace ve vysokém školství ve světě a u nás	125
9.2. Směry dalšího vývoje.....	126
9.2.1. Směry dalšího vývoje regionálního školství.....	127
9.2.2. Směry dalšího vývoje vysokého školství.....	128
9.3. Klíčová témata.....	129
9.3.1. Návrhy opatření pro regionální školství	129
9.3.2. Návrhy opatření pro vysoké školství	130
9.4. SWOT analýza.....	132
9.5. Aktuální výzvy a jejich možná řešení	133
10. Průmysl 4.0 a efektivita využívání zdrojů	135

10.1. Současný stav	137
10.1.1. Energetika	137
10.1.2. Materiálová a lidská logistika	138
10.1.3. Vstupní materiály a odpad nerecyklovatelný uvnitř továrny	139
10.1.4. Datové okolí továrny	140
10.2. Směry dalšího vývoje.....	141
10.2.1. Energetika	141
10.2.2. Materiálová a lidská logistika	142
10.2.3. Vstupní materiály a odpad nerecyklovatelný uvnitř továrny	144
10.2.4. Datové okolí továrny	145
10.3. SWOT analýza.....	146
10.4. Aktuální výzvy a jejich možná řešení	147
11. Investice podporující Průmysl 4.0	151
11.1. Současný stav	152
11.2. Směry dalšího vývoje.....	152
11.3. Klíčová témata.....	153
11.3.1. Další možnosti finanční podpory	156
11.4. SWOT analýza.....	158
11.5. Aktuální výzvy a jejich možná řešení	159
Seznam doporučených opatření pro implementaci Průmyslu 4.0	160
Přílohy	162

Seznam obrázků

Obrázek 1: Hype křivka nových technologií rok 2015	20
Obrázek 2: Schéma konceptu „Inteligentní výroby“	28
Obrázek 3: Mapa iniciativ evropských zemí	162
Obrázek 4: Postavení průmyslu v České republice - procentní podíl na celkové podnikové ekonomice státu měřený přidanou hodnotou v nákladech na výrobní činitele.	165
Obrázek 5: Horizontální a vertikální integrace	166
Obrázek 6: Referenční model RAMI	167
Obrázek 7: Výdaje na VaV podle typu výzkumné činnosti, v roce 2013	169
Obrázek 8: Celkový objem podpory projektů VaV (v mld. Kč) a její struktura podle typu VaV aktivit (v %)	170
Obrázek 9: Účelová podpora VaV poskytovaná z rozpočtových kapitol MPO, TAČR a GAČR (v mil. Kč)	171
Obrázek 10: Nepřímá podpora VaV (v mil. Kč)	171
Obrázek 11: Mezinárodní porovnání výsledků VaV	172
Obrázek 12: Počet patentových přihlášek podle PCT na 1 milion obyvatel	173
Obrázek 13: Příjmy z licencí na patenty v roce 2014 (v mil. Kč)	173
Obrázek 14: Podíl odvětví zpracovatelského průmyslu na exportu a výdajích podniků na výzkum a vývoj	174
Obrázek 15: Přehled možných důsledků nákazy jediného zařízení v síti shrnujeme na následující ilustraci:	179
Obrázek 16: Vývoj podílu průmyslu na celkové zaměstnanosti (% , 2005-2014)	180
Obrázek 17: Struktura zaměstnanosti v průmyslu podle technologické náročnosti (% , 2014)	180
Obrázek 18: Podíl terciárně vzdělaných na celkovém počtu zaměstnaných v sektoru technologicky vysoce a středně náročných odvětví průmyslu (2008-2014)	181
Obrázek 19: Podíl kvalifikačně náročných profesí a terciárně vzdělaných na celkové zaměstnanosti v technologicky vysoce a středně náročném průmyslu (% , 2014)	181
Obrázek 20: Podíl zaměstnanosti ve znalostně náročných službách na celkové zaměstnanosti (% , 2008 – 2014)	182
Obrázek 21: Podíl terciárně vzdělaných na celkovém počtu zaměstnaných v technologicky náročných znalostních službách (% , 2008-2014)	182
Obrázek 22: Podíl kvalifikačně náročných profesí a terciárně vzdělaných na celkové zaměstnanosti v technologicky náročných službách (% , 2014)	183
Obrázek 23: Podíl zaměstnaných v podnikatelském výzkumu a vývoji (% , FTE, 2005-2014)	183
Obrázek 24: Rozdělení zemí EU do skupin podle velikosti a dynamiky rozvoje zaměstnanosti v ICT sektoru	184

Obrázek 25: Index digitální ekonomiky a společnosti	184
Obrázek 26: Vzdelanostní struktura populace ve věku 25 – 64 let (% , 2014)	185
Obrázek 27: Podíl populace ve věku 25–64 let účastníci se vzdělávání v posledních 4 týdnech na této věkové skupině (% , 2008 - 2014)	185
Obrázek 28: Počet absolventů technických a přírodovědných disciplín na 1000 obyvatel ve věku 20–29 let	186
Obrázek 29: Podíl ICT profesí na celkové zaměstnanosti v zemích EU	188
Obrázek 30: Podíl populace s dokončeným středoškolským vzděláním v zemích OECD	189
Obrázek 31: Vývoj zastoupení studentů v oborech středního vzdělávání	189
Obrázek 32: Podíl absolventů středního odborného vzdělávání v zemích OECD	190
Obrázek 33: Uplatnění absolventů středních škol ve vystudovaném oboru s odstupem 3 let od ukončení studia.....	190
Obrázek 34: Dlouhodobý vývoj spotřeby elektřiny v ČR (1919-2011)	191
Obrázek 35: Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny	191

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled typů normativních dokumentů k 31. 12. 2014	76
Tabulka 2: Situace v oblasti podpory výzkumu a vývoje pro Průmysl 4.0 v ČR a ve světě	162
Tabulka 3: Podíl osob s nízkou, střední a vysokou úrovní počítačových dovedností na populaci 16–74 let (% , 2006, 2014)	186
Tabulka 4: Dvacet profesí s největším indexem ohrožení digitalizací	186
Tabulka 5: Dvacet profesí s nejnižším indexem ohrožení digitalizací.....	187

Seznam zkratek

3MF consortium = nový formát souborů pro 3D tisk (3D Manufacturing Format)

AGV Dopravníky = automaticky naváděná vozidla (Automatically Guided Vehicles)

AM = Aditivní výroba, 3D tisk (Additive Manufacturing)

API = rozhraní pro programování aplikací (Application Programming Interface)

APZ = Aktivní politika zaměstnanosti

AR = rozšířená realita (Augmented Reality)

ASTM = jedna z největších dobrovolných organizací pro standardizaci (American Society for Testing and Materials)

BEREC = sdružení evropských regulátorů (Body of European Regulators for Electronic Communications)

CAD systém = Počítačem podpořený návrh (Computer Aided Design)

CEN = Evropský výbor pro normalizaci (Comité Européen de Normalisation)

CENELEC = Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique)

CERT/CIRT = Computer Emergency Response Team/ Computer Incident Response Team

CPS systém = kyberneticko-fyzický systém (Cyber-Physical System)

CRM = systémy pro řízení vztahů se zákazníky (Customer Relationship Management)

CŽV = celoživotní vzdělávání

DCS = Distribuované řídicí systémy (Distributed Control Systems)

DMC = Domácí materiálová spotřeba

ECDL = synonymum pro počítačovou (digitální) gramotnost a digitální kvalifikaci (European Computer Driving Licence)

EDI = elektronická výměna dat (Electronic Data Interchange)

EDIFACT = Elektronická výměna dat pro správu, obchod a dopravu (Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport)

EDP = systémů elektronické definice výrobku (Electronic Product Definition)

EPC = energetické služby se zárukou (Energy Performance Contracting)

ERP = plánování podnikových zdrojů / podnikové informační systémy (Enterprise Resource Planning)

ESB = podniková sběrnice služeb (Enterprise Service Bus)

EVS = Evropská studie hodnot (European Values Study)

FRVŠ = Fond rozvoje vysokých škol

GA ČR = Grantová agentura České republiky

HMI = systémy a rozhraní člověk-stroj (Human-Machine Interface)

HW = hardware

ICT = obor informačních a komunikačních technologií (Information and Communication Technologies)

IEC = Mezinárodní elektrotechnická komise (International Electrotechnical Commission)

IEEE = Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

IoE = Internet energií (Internet of Energy)

IoP = Internet lidí (Internet of People)

IoS = Internet služeb (Internet of Services)

IoT = Internet věcí (Internet of Things)

ISCED = mezinárodní standardní klasifikace vzdělávání podle UNESCO ((International Standard Classification of Education)

ISCO = národní statistická klasifikace zaměstnání (International Standard Classification of Occupations)

ISO = Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)

ISVS = Informační systém veřejné správy

ITU = Mezinárodní komunikační unie

IZS = Integrovaný záchranný systém

KI = Kritická infrastruktura

M2M = obousměrný bezdrátový přenos dat mezi monitorovacími zařízeními a řídicími systémy a aplikacemi (Machine2Machine)

MES = výrobní informační systémy (Manufacturing Execution Systems)

MFI = model interoperability (Metamodel Framework for Interoperability)

MRP, MRP II = plánování materiálových potřeb (Material Requirements Planning)

NACE – mezinárodní klasifikace ekonomických činností

NBÚ = Národní bezpečnostní úřad

NIP = Národní inovační platformy

NMI = Národní metrologický institut

NSP = Národní soustava povolání

OP PIK = Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost

OP VVV = Operační program Věda, výzkum, vzdělávání

OP Z = Operační program Zaměstnanost

OZE = Obnovitelný zdroj energie

PLC, PAC = programovatelné logické automaty (Programmable Logic Controller, Programmable Automation Controller)

PLT = využívá obvyklé mluvy / jazyku pro „ochytření“ počítačů, t.j. pomáhá zajistit inteligentní odpovědi počítače s využitím předchozích konverzací (People-Literate Technology)

RaaS = je cloudová jednotka, která umožňuje integraci robota a embedovaných zařízení do internetové sítě a cloudového prostředí(Robot as a Service)

RAMI = platforma pro vytváření specifických odvětvových architektur (Reference Architectural Model Industrie)

RFID = identifikace na rádiové frekvenci (Radio Frequency Identification)

RIS3 strategie = výzkumné a inovační strategie pro inteligentní specializaci, tzv. S3 strategie (Research and innovation strategies for smart specialisation)

ROI = návratnost investic (Return On Investment)

SaaS = Software jako služba je model nasazení softwaru, kdy dochází k hostování aplikace provozovatelem služby a služba je dále nabízena zákazníkům přes Internet (Software as a Service)

SCADA = systémy sběru, regulace a dohledu dat (Supervisory Control And Data Acquisition)

SDN = softwarově definované sítě (Software Defined Networks)

SDS = softwarově definovaná bezpečnost (Software Defined Security)

SOA = servisně orientovaná architektura je přístup k organizování IT zdrojů pomocí jednotného řešení, které má za cíl maximální zvýšení flexibility managementu v podniku (Service Oriented Architecture)

SQL = standardizovaný strukturovaný dotazovací jazyk, který je používán pro práci s daty v relačních databázích (Structured Query Language)

SW = software

SW otevřená řešení = Otevřený software (zkratka OS / OSS) je počítačový software s otevřeným zdrojovým kódem. Otevřenost zde znamená jak technickou dostupnost kódu, tak legální dostupnost. (open-source software nebo open software)

TA ČR = Technologická agentura

TCP/IP = primární přenosový protokol/protokol síťové vrstvy (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

TNK = Technická normalizační komise

ÚNMZ = Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (do roku 2008 Český normalizační institut – ČNI)

ÚV = Úřad vlády

V2G = automobil do sítě (Vehicle2Grid)

VAS = služby přidávající hodnotu (Value Added Service)

VaV = Výzkum a vývoj

WTO = Světová obchodní organizace (World Trade Organization)

WVS = Světová studie hodnot (Word Values Survey)

1. Úvod

Ing. Eduard Palíšek, Ph.D., MBA, Ing. Petr Sochor, Ing. Roman Šiser

Nové technologie rychle mění tvář naší ekonomiky i náš způsob života. Díky tomu vstupujeme do čtvrté průmyslové revoluce. Tři předcházející průmyslové revoluce byly vyvolány rozmachem mechanických výrobních zařízení poháněných párou, zavedením hromadné výroby s využitím elektrické energie či využitím elektronických systémů a výpočetní techniky ve výrobě. Ta čtvrtá nepřináší zásadní změny pouze pro oblast průmyslové výroby. Ta sice stojí v jejím centru, přesah čtvrté průmyslové revoluce je však mnohem širší. Jedná se o zcela novou filozofii přinášející celospolečenskou změnu a zasahující celou řadu oblastí od průmyslu, přes oblast technické standardizace, bezpečnosti, systému vzdělávání, právního rámce, vědy a výzkumu až po trh práce nebo sociální systém. Fenomémem dneška je propojování Internetu věcí, služeb a lidí, a s ním související nesmírný objem generovaných dat ať už komunikací stroj-stroj, člověk-stroj nebo člověk-člověk. Nástup nových technologií mění celé hodnotové řetězce, vytváří příležitosti pro nové obchodní modely, ale i tlak na flexibilitu moderní průmyslové výroby nebo zvýšené nároky na kybernetickou bezpečnost a interdisciplinaritu přístupu. Iniciativa Průmysl 4.0 není snaha o pouhou digitalizaci průmyslové výroby, je to komplexní systém změn spojený s řadou lidských činností, a to nejen v průmyslové výrobě.

Česká republika patří k zemím s nejdelší průmyslovou tradicí a naší ambicí je, aby i její budoucnost zůstala spojena s průmyslem. Čtvrtá průmyslová revoluce přináší řadu výzev, ale zejména jedinečnou příležitost k zajištění dlouhodobé konkurenceschopnosti České republiky v globálním konkurenčním prostředí. Žijeme ve výjimečné době a naše schopnost využít této příležitosti bude mít dopad na kvalitu života celých generací.

Čtvrtá průmyslová revoluce již započala v nejrozvinutějších světových ekonomikách, sice pod různými názvy, ale vedena stejnou snahou, a to snahou o udržení a posílení konkurenceschopnosti a technologického prvenství těchto států na světových trzích. Snahou o převzetí větší kontroly nad celým hodnotovým řetězcem, což je za současného stavu ceny pracovní síly a její dostupnosti v těchto zemích velmi obtížné. V neposlední řadě také snahou řešit narůstající společensko-ekonomické problémy a čelit novým demografickým a geopolitickým rizikům. To vede u mnoha globálních firem k přehodnocování stávající koncepce geografické alokace výrobních kapacit a k systematickému budování moderního modelu průmyslové výroby.

1.1. Zahraniční iniciativy reagující na čtvrtou průmyslovou revoluci

Národní iniciativy reagující na čtvrtou průmyslovou revoluci, již rozpracovala řada států (viz mapa iniciativ evropských zemí na Obrázek 3 a přehled podpory výzkumu a vývoje ve světě v Tabulka 2 v Příloha ke kapitole 1). První vize německé vlády o dalším vývoji průmyslu byla představena na Hannoverském veletrhu již v roce 2011, oficiálně pak byla německá národní platforma „Industrie 4.0“ spuštěna na témže místě o dva roky později. „Industrie 4.0“ je středobodem digitální agendy německé spolkové vlády, která již prostřednictvím dvou podpůrných programů spolkového ministerstva hospodářství pro další rozvoj platformy vyčlenila 100 mil EUR, celkově již pak bylo na iniciativu spolkovou vládou vynaloženo cca 400 mil EUR. Do platformy je zapojena jak spolková vláda zastoupená ministerstvy hospodářství a pro výzkum, tak průmyslová oborová sdružení, odbory a výzkumné instituce. Na dalším rozpracování národní strategie pracuje pět pracovních skupin soustředících se na následující oblasti: referenční architektura a standardizace, výzkum a inovace, bezpečnost sítěmi propojených systémů, právní rámec, trh práce a vzdělávání. Z technologického pohledu je centrem pozornosti „Industrie 4.0“ evoluce od vestavěných systémů ke kyberneticko-

fyzickým systémům, automatizační technologie jsou ve vizi zaměřeny na distribuované systémy a počítají s metodami autooptimalizace, autokonfigurace, autodiagnostiky, strojového vnímání a inteligentní podpory dělníka.

Vlastní program spustila v květnu 2015 pod názvem „Industrie du Futur“ i francouzská vláda. Definuje pět pilířů průmyslu budoucnosti: rozvoj nových technologií (zaměření na aditivní výrobu, internet objektů/„internet of objects“ a rozšířenou realitu) podporovaný prostřednictvím vládních programů s dotačním rozpočtem 730 mil. EUR; finanční podpora až 2 000 malých a středních podniků v podobě daňových úlev ve výši 2,5 mld. EUR a úvěrů ve výši 2,1 mld. EUR; další vzdělávání pracovní síly; propagace programu prostřednictvím minimálně patnácti příkladů z praxe; posílení evropské a mezinárodní spolupráce zejména v oblasti standardizace. Současně je stanoveno celkem devět strategických oblastí, na které Francie tento program chce primárně zaměřit. Patří mezi ně nové zdroje energie a materiálů, smart cities, eko-mobilita, doprava zítřka, zdravotnictví budoucnosti, správa dat, inteligentní přístroje, digitální bezpečnost, zdravé stravování.

„Industrial Internet Consortium“ založené v březnu 2014 v USA pětici nadnárodních firem je platformou propojující komerční, akademickou a vládní sféru s cílem urychlit rozvoj, adaptaci a široké užívání technologií průmyslového internetu. V současnosti konsorcium sdružuje více jak 200 členů a usiluje zejména o formulování vizí, definování referenční architektury, vytvoření bezpečnostního rámce a otevřených standardů, podporu výzkumu, vývoje a praktické aplikace průmyslového internetu. Důraz je přitom kladen na zajištění vzájemné propojitelnosti a bezpečnosti systémů.

V roce 2012 byla ve Spojených státech založena další široká nezisková platforma sdružující soukromé společnosti a vládní, akademické a výzkumné instituce – „Smart Manufacturing Leadership Coalition“ (SMLC). Ta usiluje o transformaci průmyslového sektoru ve vzájemně propojené, informací řízené prostředí, umožňující optimalizovat vlastní výrobní procesy i celý hodnotový řetězec, zvyšující produktivitu, inovační aktivitu a kvalitu péče o zákazníky. Cílem SMLC je vytvoření základny pro společný výzkum a vývoj, standardizaci a vytvoření sdílené infrastruktury pro široké rozšíření technologií inteligentní výroby založené na využití pokročilé analýzy dat z inteligentních senzorů a modelování a simulaci v reálném čase.

V USA byl rovněž zřízen vládní poradní sbor - „Advanced Manufacturing Partnership 2.0“, který v září 2014 ve své zprávě o rozvoji pokročilé průmyslové výroby („Accelerating U.S. Advanced Manufacturing“) definuje celkem 12 opatření v oblasti posílení inovační aktivity, podpory vzdělávání a zlepšení podnikatelského klimatu.

Čínská vláda ve světle eroze své komparativní výhody v podobě levné pracovní síly a klesajícího výkonu ekonomiky spustila vlastní program na zvýšení konkurenceschopnosti svého průmyslu – „Made-in-China 2025“, který si klade za cíl do roku 2025 zvýšit podíl lokálně vyrobených komponent a materiálů ve vyráběných produktech na 70 %. Program se z velké části otevřeně inspiroje německou „Industrie 4.0“ a soustředí se na deset prioritních průmyslových segmentů, jako jsou např. nové pokročilé informační technologie, letecký průmysl, výroba automatizovaných obráběcích strojů a robotů, železničních dopravních prostředků nebo energetických zařízení. Pokrývá celé oblasti výrobního průmyslu, včetně procesů, standardů, ochrany práv duševního vlastnictví a rozvoje lidských zdrojů. Součástí plánu je rovněž zřízení celkem čtyřiceti výzkumných pracovišť do roku 2025.

Strategie jihokorejské vlády „Manufacturing Industry Innovation 3.0“ představená v červenci 2014, usiluje o rozšíření užívání moderních technologií v průmyslové výrobě a podporu budování inteligentních továren. Společné investice soukromého a veřejného sektoru v celkové výši přesahující 750 mil. EUR mají za cíl do roku 2020 postavit 10 000 nových inteligentních továren. Ministerstvo obchodu, průmyslu a energetiky současně zpracovává dílčí akční plány pro 13 klíčových průmyslových segmentů zahrnujících například nositelná inteligentní zařízení (tzv. „wearables“) nebo na moderní zdravotnictví.

V červnu 2015 skupina 30 firem zahájila analogickou iniciativu rovněž v Japonsku pod názvem „Industrial Value Chain Initiative“. Soustředí se zejména na vytvoření technologických standardů pro propojení továren a jejich internacionalizaci.

Výše zmíněné iniciativy jsou především zcela novou filosofií systémového využívání, integrace a propojování nejrozličnějších technologií při uvažování jejich trvalého, velice rychlého rozvoje. Vzhledem k šíři dopadu, musí tato filosofie proniknout do myšlení celé společnosti. Její přijetí přinese nejen velké výzvy ale také dnes ještě netušené příležitosti průmyslovým podnikům. Proto jsou to právě ony, které musí usilovat o to, aby na tyto změny reagovaly. Ignorování této nové reality by vedlo k postupné ztrátě konkurenceschopnosti nejenom jednotlivých firem, ale České republiky jako takové.

Vláda České republiky si je vědoma toho, že aktuální komparativní výhody, které činí Českou republiku atraktivní pro podnikání, nebudou mít v novém průmyslovém světě svou hodnotu a zájem o stávající strukturu kompetencí rapidně opadne. To by vedlo k dalekosáhlým makroekonomickým a sociálním problémům. Proto bude vláda České republiky usilovat o vytvoření vhodného podnikatelského a společenského prostředí, ve kterém bude možno průmyslové podniky rozvíjet tak, aby v novém digitálním světě obstály. Jedná se především o vybudování datové a komunikační infrastruktury, přenastavení vzdělávacího systému, zavedení nových nástrojů trhu práce, adaptaci společenského prostředí a vytvoření fiskální pomoci firmám vypořádat se s vyvolanými investicemi do nových technologií a know-how. Filosofie Průmyslu 4.0 otevírá netušené možnosti a ti, kdo jich budou schopni využít, obstojí v nové době.

1.2. Charakteristika konceptu Průmysl 4.0

Průmysl 4.0 transformuje výrobu ze samostatných automatizovaných jednotek na plně integrovaná automatizovaná a průběžně optimalizovaná výrobní prostředí. Vzniknou nové globální sítě založené na propojení výrobních zařízení do kyberneticko-fyzických systémů – CPS (Cyber-Physical Systems). CPS budou základním stavebním prvkem „inteligentních továren“, budou schopny autonomní výměny informací, vyvolání potřebných akcí v reakci na momentální podmínky a vzájemné nezávislé kontroly. Senzory, stroje, dílce a IT systémy budou vzájemně propojeny v rámci hodnotového řetězce přesahujícího hranice jednotlivé firmy. Takto propojené CPS na sebe budou pomocí standardních komunikačních protokolů na bázi Internetu vzájemně reagovat a analyzovat data, aby mohly předvídat případné chyby či poruchy, konfigurovat samy sebe a v reálném čase se přizpůsobovat změnám podmínek.

V takovýchto továrnách budou vznikat „inteligentní produkty“, které budou jednoznačně identifikovatelné a lokalizovatelné, které budou znát nejen svou historii a aktuální stav, ale také alternativní cesty, které vedou ke vzniku finálního produktu. Vertikální výrobní procesy budou horizontálně propojeny v rámci firemních systémů, které budou v reálném čase pružně reagovat na okamžitou a měnící se poptávku po produktech. Budou reagovat na individuální požadavky zákazníků a takovýto produkt také umožní efektivně vyrobit. Výrobní proces bude trvale optimalizován a bude schopen reagovat na nečekané změny způsobené například poruchou některého výrobního zařízení.

Základní charakteristiky inteligentních továren odpovídajících konceptu Průmysl 4.0 lze shrnout následovně:

- výrobní procesy jsou optimalizované v rámci celého hodnotového řetězce díky vertikálně i horizontálně integrovaným IT systémům;
- izolované výrobní jednotky jsou nahrazeny plně automatizovanými a vzájemně propojenými výrobními linkami;

- fyzické prototypy jsou nahrazeny virtuálními návrhy výrobků, výrobních prostředků a výrobních procesů, jejich uvedení do provozu probíhá v rámci jednoho integrovaného procesu zapojujícího jak výrobce samotného, tak i jeho dodavatele;
- flexibilní výrobní procesy umožňují efektivní výrobu i malých výrobních dávek přizpůsobených individuálním požadavkům jednotlivých zákazníků;
- vzájemně komunikující roboty, výrobním zařízení a výrobky činí do jisté míry autonomní rozhodnutí v reálném čase a tím zvyšují flexibilitu a efektivitu výrobního procesu;
- výrobní zařízení se samo optimalizuje a konfiguruje v závislosti na parametrech zpracovávaného produktu;
- automatizované logistické zázemí využívající autonomních vozíků a robotů se automaticky přizpůsobuje potřebám výroby.

Inteligentní továrny otevrou prostor pro nové kreativní cesty tvorby přidané hodnoty a vzniku nových obchodních modelů. Dojde k principiální redefinici vazeb mezi zákazníky, výrobci a dodavateli, stejně tak i ke změně způsobu komunikace mezi člověkem a strojem. Veškeré změny přispějí k řešení globálních problémů jako nedostatek surovin, energetická účinnost či demografické změny. Lidé v nich nebudou vykonávat fyzicky těžkou a rutinní práci, ale bude jim dán prostor pro kreativní práci. To bude mít pozitivní vliv na prodloužení doby, po kterou budou lidé schopni vykonávat své zaměstnání. Pracovní flexibilita jim pak umožní lépe než dříve skloubit svůj soukromý a pracovní život.

Koncept Průmysl 4.0 ovlivní taktéž sektor služeb. Technologie velkých dat, internetu věcí a internetu služeb představují zásadní příležitosti pro inovace stávajících a vývoj nových forem péče o zákazníka. Již dnes je běžné využití těchto technologií v zákaznickém servise, CRM (Customer Relationship Management) systémech integrujících sociální sítě a analýzu dat a zejména v elektronickém obchodování. Stranou nejsou ani tradiční odvětví, kde vidíme pokračující nasazení senzorů a aplikací poskytujících „inteligentní“ funkce výrobkům, jako jsou například automobily nebo výrobní stroje. V oblasti inteligentních továren se jedná zejména o prediktivní údržbu výrobního zařízení anebo zvýšenou míru individualizace hromadné výroby (možnost produkce menších sérií a rychlejších dodávek dle individuálních přání zákazníků).

Sociální sítě a objem dostupných informací usnadnily zákazníkům hodnocení služeb a zvýšily jejich nároky na rychlost obsluhy. Nepřípravenost organizace na tyto nové formy služeb a komunikace může představovat velké riziko z pohledu vztahu s veřejností anebo zastarání obchodního či marketingového modelu. Velké změny doznávají totiž i obchodní modely podnikání, kde tradiční způsoby nájmu a prodeje nahrazují formy sdílení. Jejich základ spočívá v propojení volné kapacity s poptávkou využitím tzv. peer-to-peer (P2P) transakcí, což umožňuje uspokojení rostoucí poptávky po službách bez nutnosti investic do nového vybavení. Záběr sdílených služeb je velice široký - od finančních služeb, přes cestování až po zaměstnávání nebo samotnou výrobu - a v mnoha segmentech jejich podíl dynamicky roste. Dle některých predikcí by se do 10ti let objem prostředku tekoucích přes sdílenou ekonomiku měl vyrovnat tradičním obchodním modelům¹, což svědčí o narůstajícím významu těchto forem podnikání.

¹ Zdroj: PwC: The sharing economy – sizing the revenue opportunity;
<http://www.pwc.co.uk/issues/megatrends/collisions/sharingeconomy/the-sharing-economy-sizing-the-revenue-opportunity.html>

2. Specifická situace průmyslu v ČR

Ing. Jiří Holoubek, Ing. Jan Burian, Ing. Zdeněk Havelka, Ph.D., Ing. Otto Havle, CSc, MBA, Ing. Tomáš Hubínek, Doc. Ing. Daniel Kaminský, CSc, Ing. Vladimír Kysela, Ing. Patrik Volhejn

Tato kapitola si klade za cíl ukázat specifika českého průmyslu, která mohou zásadním způsobem ovlivnit postupné zavádění prvků Průmyslu 4.0 jak v blízké, tak i vzdálenější budoucnosti. Pro český průmysl je vzhledem k velmi otevřené české ekonomice důležité sledovat a respektovat vývoj v průmyslově vyspělých zahraničních ekonomikách v oblasti digitalizace a pokročilé automatizace průmyslové výroby a veškerých procesů s ní souvisejících. Nicméně díky specifickému postavení pramenícímu z tradičně vysokého podílu průmyslové výroby na celkové ekonomice státu, se bude pravděpodobně česká cesta ke 4. průmyslové revoluci od zahraničních lišit, stejně jako tomu bylo v minulých průmyslových revolucích. Tehdy byl vliv českého průmyslu na zahraniční velmi zřetelný a i v současné době nesmíme promarnit šanci být jedněmi z důležitých hráčů.

Vývoj průmyslové výroby v České republice je od roku 2013 doprovázen stabilním růstem, přičemž dynamika se ve vybraných odvětvích v letech 2014 a 2015 zvyšuje. Tradičně k růstu průmyslové produkce nejvíce přispívají odvětví výroba motorových vozidel, přívěsů a návěsů, výroba pryžových a plastových výrobků, výroba elektrických zařízení, výroba počítačů, elektronických a optických přístrojů a zařízení². Ruku v ruce s nárůstem nových zakázek, u nichž je velmi často kladen důraz na flexibilitu výrobců a dodavatelů, roste také český export, přičemž podíl automobilového, strojírenského, elektrotechnického a elektronického průmyslu tvoří cca 70 %. Vysoká flexibilita je jednou ze základních konkurenčních výhod většiny odvětví českého průmyslu. V produkci „katalogového zboží“³ je český průmysl na zahraničním i domácím trhu ohrožován nejen asijskými výrobci, ale i výrobci evropskými.

Dalším významným faktorem postavení průmyslu v České republice je jeho procentní podíl na celkové ekonomice státu měřený například přidanou hodnotou v nákladech na výrobní činitele. V porovnání s ostatními evropskými ekonomikami zaujímá český průmysl bezkonkurenčně první místo⁴ (viz Obrázek 4 v Příloze ke kapitole ke kapitole 2).

Tento pozitivní vývoj českého průmyslu je však doprovázen i jevy negativními, spojenými zejména s jistým sebeuspokojením a tendencí zakonzervovat současný, z krátkodobého pohledu vyhovující stav. Druhým negativním jevem může být paradoxně i ona zmiňovaná flexibilita výroby a schopnost vyrábět v malých kusových objemech. Flexibilita výroby je často vykoupena náročnější interní operativou, potřebou držet vyšší skladové zásoby a tedy i vyššími náklady na prodané zboží. Tyto faktory snižují prostor pro marži a tím pádem schopnost generovat odpovídající zisk. To má za následek menší ochotu investovat do pokročilých metod (způsobů) řízení celého hodnotového řetězce, tedy zejména řízení

- zdrojů materiálových, lidských i energetických;
- vlastní průmyslové výroby;
- distribuce produktů;
- prodejních a poprodejních fází (servis, nakládání s produkty s ukončenou životností apod.).

² Zdroj: Český statistický úřad ze dne 7.12.2015

³ Produkty s minimální možností zákaznických úprav pro konkrétní aplikaci, zpravidla vyráběné ve velkých sériích

⁴ Zdroj: Eurostat

2.1. Současný stav

Z pohledu implementace jednotlivých prvků Průmyslu 4.0 v průmyslových podnicích lze sledovat jejich diametrálně rozdílný přístup, který lze rozdělit podle následujících faktorů:

2.1.1. Vlastnická struktura

Součást velké nadnárodní korporace

Tahounem, ale často i diktátorem technologie, a to nejen výrobní ale i komunikační, jsou obvykle zahraniční korporátní nebo smluvní vývojová centra podporovaná na jiných principech, než v ČR. Velmi často se jedná jen o „osvětu“, nikoliv o striktní požadavky zavádění alespoň základních principů Průmyslu 4.0, jak to například udělaly automobilky, když byly u subdodavatelů vyžadovány standardy např. ve formě povinné certifikace ISO TS 16949. Globální korporace zapojují svoje české součásti do vlastního hodnotového řetězce průmyslové výroby v širokém spektru od čistě kompletačních a montážních prací s minimální přidanou hodnotou až po vysoce sofistikované činnosti vývojářských a prototypových center. Mimo to se české součásti velkých korporací velmi úspěšně snaží o dílčí inovace směřující k Průmyslu 4.0, zejména v některých odvětvích (elektrotechnika, elektronika, strojírenství), nicméně s minimálním zpětným dopadem na ostatní zahraniční součásti korporace a minimálním procesním překrytím, přestože technický a inovační potenciál na jejich ovlivnění mají. Výsledky aplikovaného výzkumu a vývoje probíhajícího v České republice na smluvní bázi mezi firmami a VaV institucemi, případně akademickou sférou jsou využívány jen v relativně omezeném segmentu průmyslových odvětví.

Samostatná česká firma vlastněná zahraniční nebo tuzemskou finanční skupinou

Kvůli relativně krátké „životnosti“ managementu těchto firem⁵ je patrný naprostý deficit strategického rozhodování.

Při operativním rozhodování je v těchto firmách zcela zřetelná nechuť se seznamovat se zásadami Průmyslu 4.0 a případně uvažovat o jejich aplikaci. Jednoznačnou prioritou je krátkodobé plnění ekonomických ukazatelů.

Schvalování inovačních aktivit týkajících se vlastní průmyslové výroby je komplikované a velmi často podmiňované možností využití dotačních titulů a programů.

Pokročilejší technologie hrazené z vlastních zdrojů jsou upřednostňovány zejména v oblasti vnějších ekonomických vztahů (nákup, prodej, logistika, reporting).

Častou záminkou pro „pohodlnější“ datovou izolaci se stává kybernetická bezpečnost a spolehlivost i přes to, že jsou využívána levná a SW otevřená řešení zabezpečení dat často aplikovaná i v rozsáhlých podnikových sítích. Zde jsou paradoxně právě velmi častým zdrojem narušení kybernetické bezpečnosti.

Česká firma vlastněná vrcholovým managementem, případně vlastníkem s jinou těsnou vazbou na exekutivu firmy

Ve většině případů se jedná o malé a středně velké firmy, často zaměřené na dodávky výrobků a služeb pro velké tuzemské nebo zahraniční korporace.

Management firem je ochoten společně s vlastníky rozhodovat i o strategickém rozvoji, nicméně velmi často mu chybí základní informace, nebo je jen v „informačním závěsu“ svých odběratelů.

⁵ Generální ředitel cca 7 let, finanční ředitel cca 3 roky, technický ředitel cca 12 let a více, bohužel obvykle s nejnižšími rozhodovacími pravomocemi.

Inovační procesy jsou hnány zejména potřebou vyšší konkurenceschopnosti a kromě vlastních výzkumných a vývojových kapacit jsou pro ně využívány i kapacity smluvní.

Do této kategorie firem patří velké procento čistě inženýrských nebo výzkumně-vývojářských firem pracujících výlučně pro zahraniční odběratele.

2.1.2. Postavení v hodnotovém řetězci průmyslové produkce

Podle zaměření na jednotlivé segmenty nebo součásti celého hodnotového řetězce průmyslové produkce mají české podniky zastoupení zejména v oblastech:

- Finální produkty určené pro konečného spotřebitele (automobily, obráběcí centra, velkostroje, sklářské výrobky, nábytek, léčiva, hnojiva, barvy, pohonné hmoty, software ...)
- Polotovary, komponenty a součásti finálních výrobků (hutní produkty, autodíly, části elektrických rozvodných zařízení, elektrotechnické a elektronické komponenty pro ostatní průmyslová odvětví, polotovary pro chemický průmysl ...)
- Kompletní ucelené součásti rozsáhlejších investičních celků (systémová integrace částí výrobních linek, energetických zdrojů, rafinérií ...)
- Rozsáhlejší investiční celky
- Inženýrské a vývojové práce bez hmotných výstupů, případně výstupy ve formě prototypů, funkčních vzorků, modelů (v některých případech vývojová a výzkumná střediska nadnárodních technologických firem)
- Kybernetická bezpečnost – v ČR existuje mnoho firem, které jsou na světové špičce v tvorbě bezpečnostního SW, je proto přirozené, že aspoň v určitých segmentech bezpečnostního SW má ČR ambici být celosvětovým leadrem

Nejvyšší podíl na české průmyslové produkci mají první dvě kategorie, nejmenší podíl potom investiční celky.

2.1.3. Motivace zavést Průmysl 4.0 nebo alespoň začít vytvářet předpoklady pro jeho zavedení

Přestože mají managementy českých průmyslových podniků základní informace o Průmyslu 4.0 často velmi kusé a v mnoha případech zcela nepřesné a často i zavádějící, lze nalézt několik motivačních faktorů, které hrají roli při strategickém rozhodování o dalším rozvoji:

- Zvýšení produktivity práce (podle různých studií slibovaný nárůst až 32%⁶);
- Deficit lidských zdrojů (jak s nižší kvalifikací zejména pro manipulaci s materiálem a produkty, tak střední například pro administrativu, rutinní firemní ekonomiku a i vyšší pro servis a údržbu, monitoring kvality, řízení výroby ...);
- Tlak obchodních partnerů, případně zahraničních vlastníků;
- Předcházení problémům spojeným s postupným zaváděním Průmyslu 4.0 v ostatních firmách v širším měřítku (včasné zajištění nebo příprava zdrojů lidských, materiálových, energetických) – firmy chtějí být mezi prvními, aby už nebylo pozdě;
- Environmentální požadavky a zajištění ochrany a zdraví při práci.

⁶ Zdroj: acatech – National Academy of Science and Engineering

2.1.4. Způsob řízení průmyslové výroby

V českých průmyslových firmách je možné se setkat s většinou známých modelů a způsobů řízení hromadné výroby od jednoduchých využívajících výrobní průvodky (KANBAN), přes tzv. „velínový“ způsob řízení až po mapování hodnotových toků v celém hodnotovém řetězci. Způsob řízení je přirozeně determinován velikostí podniku nebo jeho samostatného technologického celku. Například v chemickém nebo petrochemickém průmyslu je převažující procento velkých podniků s typicky velínovým způsobem řízení, naproti tomu ve výrobě dopravních prostředků je již velínový způsob řízení překonán, stejně jako ve velkých elektrotechnických, elektronických nebo farmaceutických firmách.

Ne každý způsob řízení je ale vhodný pro operativní kustomizaci hromadné výroby, kterou právě hodnototvorný model "Průmysl 4.0" umožňuje. Při každém z dosavadních způsobů řízení je možné nějakým způsobem pořizovat data relevantní pro postupnou digitální transformaci podniku a jeho způsobu řízení. Ať jsou to data vznikající při návrhu produktu, ověření jeho proveditelnosti 3D tiskem prototypu, data z velkého množství senzorů využívaných při výrobě nebo data zohledňující predikci poptávky po konkrétním kustomizovaném provedení. Zpracování a využití těchto dat pro optimalizaci vlastní výroby a veškerých souvisejících procesů je v českém průmyslovém prostředí zatím rozvinuté spíše ojediněle.

Důležitá jsou právě strategická rozhodnutí, zda a jakým způsobem a s jakým časovým horizontem postupnou transformaci na Průmysl 4.0 provést, či nezvolit zcela novou technologii celého hodnotového řetězce odpovídající hodnototvornému modelu "Průmysl 4.0" v plném rozsahu.

2.1.5. Způsob údržby strojů a zařízení

Přístup k aplikaci prvků hodnototvorného modelu Průmysl 4.0 v oblasti údržby strojů a zařízení je v podmínkách českých výrobních společností na rozdílných úrovních, zejména však záleží na typu používané technologie. V rámci kontinuální výroby (chemický průmysl, potravinářský průmysl apod.) jsou samozřejmostí systémy monitorování výrobních zařízení z hlediska jejich technického stavu. Ve strojírenství, respektive v rámci využívání konvenčních strojů a výrobních zařízení se jedná spíše o plošné nastavení preventivní údržby vycházející ze zkušeností, zadání od výrobce, případně legislativy týkající se bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Více než polovina českých firem nemá zpracovanou strategii řízení údržby, která by vycházela z potřeby dlouhodobě reagovat na jejich byznys plán. Při současné praxi vycházejí plány údržby z potřeby udržovat víceméně všechny majetek ve stavu 100% provozuschopnosti, což má za následek zejména neefektivní čerpání zdrojů (financí, personálu, náhradních dílů) v rámci rozpočtu údržby.

Oblast údržby strojů a zařízení přitom skýtá široké možnosti aplikace v oblasti datové analytiky, jež ve výsledku umožňuje právě efektivnější využití zdrojů. I přesto, že se i v českém průmyslovém prostředí začínají některé podniky právě oblastí údržby na základě datových analýz zabývat a zaznamenávají první pozitivní zkušenosti, zejména v nákladové oblasti, je povědomí o těchto trendech velice nízké. Jedná se o analýzy dat z výrobních systémů a čidel, kdy díky modelování závislostí jednotlivých parametrů lze identifikovat poruchové stavy vedoucí ke snížení výkonu či výpadku technologie ještě před tím, než tyto nastaly. Výstupy těchto analýz by pak měly vstupovat do plánů preventivní a prediktivní údržby s vazbou na výše zmíněnou strategii údržby.

K efektivnímu rozvinutí filozofie nasazení analytických nástrojů s cílem optimalizovat náklady na údržbu a zvýšit dostupnost všech provozuschopných technologických zařízení v současné praxi, je zejména nutné

- nadefinovat si jaké parametry měřit, jakým způsobem a na jakých zařízeních;

- zajistit bezpečný přenos dat, respektive bezpečné uložení dat k dalším analýzám;
- nadefinovat data ve standardizovaných a analyzovatelných formátech;
- nasadit standardizované a uživatelsky jednoduché analytické nástroje;
- vyškolit pracovníky údržby na využívání datových analýz a jejich praktického dopadu na udržení dostupnosti strojů a zařízení a optimalizaci nákladů na údržbu.

V oblasti řízení údržby strojů a zařízení nejsou procesy ani organizace nastaveny tak, aby podporovaly využití a rozvoj prvků hodnototvorného modelu Průmysl 4.0 ve vztahu ke zvýšení dostupnosti strojů a zařízení.

Přesto, že je v praxi výrobních společností patrný trend rozvoje automatizovaných systémů a jejich vertikální i horizontální integrace, údržbáři, až na čestné výjimky, nevědí, jak tento trend využít pro zkvalitnění výstupů jejich práce.

Další zásadní překážkou pro optimalizaci údržby a servisu odpovídající Průmyslu 4.0 jsou mnohdy zastaralá, nicméně stále platná legislativní ustanovení o revizních lhůtách, preventivních prohlídkách apod.

2.2. Směry dalšího vývoje

Cílový stav realizace 4. průmyslové revoluce v České republice je relativně těžké definovat, neboť "Průmysl 4.0" je značně heterogenní koncept, který se bude navíc v čase vyvíjet. Proto je nutné se soustředit na transformaci způsobu tvorby a distribuce hodnoty s tím, že hlavním médiem této transformace bude globální digitální prostor. Zde budou probíhat hlavní hodnototvorné procesy a zde bude tvořen, integrován, řízen a distribuován hodnototvorný model podniku. Díky digitalizaci a výraznějšímu využívání znalostí v podnikání budou překonány lokální politické hranice a dojde ke změně ekonomické architektury na globální celosvětové úrovni. Dojde tak k narušení hierarchických oligopolních uskupení a v nové ekonomické architektuře budou hrát klíčovou roli tyto typy ekonomických subjektů:

- Inovátor/expert na určitou problematiku.
- Platforma poskytující služby v konkrétní doméně.
- Dodavatel infrastrukturních služeb.

Digitalizační technologie budou urychlovat transformační procesy exponenciálně, dynamická nerovnováha bude v ekonomice setrvalým stavem. Cílových stavů bude mnoho a v každém časovém okamžiku budou pro každý podnikatelský subjekt specifické - proto je lepší mluvit o "cílové cestě" českých firem. Ke změně stávajícího hodnototvorného modelu na model "Průmysl 4.0" je možno formulovat firemní úrovni tato doporučení:

- Vytvoření a realizace strategie Průmyslu 4.0 jako hlavní firemní strategie.
- Postupný odklon od vertikálního hierarchického řízení průmyslové výroby a respektování veškerých vnějších vlivů s výrobou souvisejících (požadavky odběratelů, možnosti dodavatelů, zdroje energií, možnosti logistiky ...).
- Změna přístupu k definování pracovních pozic, kdy budou stírány hranice mezi odbornostmi v oblasti mechaniky, elektrotechniky, datové analytiky apod. Vysoce automatizované, flexibilní procesy výrobní, ale i podpůrné, jako např. údržba strojů a zařízení, schopné autodiagnostiky a automatizovaného řešení odchylek od předepsaného nastavení. Možnost virtualizace veškerých procesů již v předvýrobních etapách.

- Zapojení se, či řízení horizontálně provázané digitální sítě dodavatelsko-odběratelského hodnotového řetězce.
- Integrace datových zdrojů v reálném čase do hodnototvorného modelu s cílem maximalizace efektivity hodnototvorných procesů.
- Efektivnější nasazování robotů s vyšší inteligencí schopných autonomního rozhodování a řízení.
- Vytvoření elektronické vazby na zákazníka, vytvoření zákaznické komunity zaměřené na rozvoj služeb a produktů.
- Využívání kryptoměn (Bitcoin atp.) jak k vnitřnímu zvyšování efektivity, tak k efektivnímu vnějšímu platebnímu styku
- Zapojení prediktivních a následně preskriptivních analýz a možností umělé inteligence do řízení firmy.

Kromě výše uvedených doporučení je nutné brát zřetel na budoucí postupné propojování a prorůstání sekundární – výrobní sféry s terciární sférou služeb. Dojde ke změně pořadí - sféra služeb se stane sférou primární a výroba se stane službou materializace modelu zákaznický poptávaného výrobku. Předvýrobní etapy, původně velmi těsně svázané s vlastní výrobou bude možné zcela oddělit a pomocí zpracování virtuálních výrobků již ve fázi prvních grafických návrhů, projektování či konstrukce vytvářet formou služby variantní řešení modelů s maximální vypovídající schopností, přičemž vlastní výrobu bude možné realizovat na opačném konci světa.

Podobná situace bude i po ukončení vlastního výrobního procesu, kdy bude formou velmi sofistikované služby zajišťován po celou dobu životnosti produktu jeho servis, případně činnosti související s vylepšováním jeho užitečných vlastností nebo technických parametrů. Tyto služby bude možné poskytovat, zejména u komplikovanějších a technicky náročnějších celků díky monitoringu pomocí vzdáleného přístupu k produktu nebo zařízení, jehož je konkrétní produkt součástí. Další formou zprostředkování servisních služeb bude aktivní automonitoring a komunikace produktu se servisním střediskem s tím, že povýrobní údržba bude probíhat autonomně v režimu takzvané prediktivní údržby. Zde, na základě sledování kritických parametrů fyzické komponenty, virtuální avatar produktu bude schopen realizovat ošetření případných anomálií bez případného zásahu člověka a tím s maximální efektivitou řídit životní cyklus fyzické komponenty produktu. Dojde tedy v režimu služby k nadřazení virtuální složky produktu složce fyzické.

2.2.1. Pět úrovní posuzování podniků vzhledem k Průmyslu 4.0

České chápání Průmyslu 4.0 vychází z předpokladu nadřazenosti digitálního přístupu k podnikání, neboť využití virtuálního prostředí k predikcím, modelování, personalizaci zákaznické zkušenosti, řízení výroby a logistiky vede k radikálnímu rozšíření tržního potenciálu a zvyšování efektivity organizace. České slovo "průmysl" je blízké slovu "promýšlet" a proto vnímejme 4. průmyslovou revoluci jako cestu promýšlení nových služeb, výrobků a tržních konceptů s využitím všech možností umělé inteligence realizované v digitálním prostoru. Z hlediska připravenosti na budoucí svět Průmyslu 4.0 diagnostikujeme těchto pět úrovní digitální zralosti firmy:

1. Firma má zaveden informační systém pro řízení výroby, její internetová přítomnost je pasivní (webová stránka). Firma začíná uvažovat o digitalizaci procesů, výroby, údržby, návrhu produktů atd. Nemá definovanou digitální strategii. Alespoň částečná schopnost zapojit se do informačních toků v rámci dodavatelsko-odběratelských vztahů. Základní ekonomický software jí umožňuje komunikaci s některými institucemi státní správy.

2. Interaktivní webová přítomnost, firma softwarově řízená, začíná chápat význam dat. První integrační projekty, dílčí automatizace, uvažuje o nastavení digitální strategie. Zapojení do informačních toků dodavatelsko-odběratelských řetězců (provázané digitální komponentové číselníky, interaktivní digitální katalogy, poloautomatické objednávky atd.).
3. Vícekanálová přítomnost (web, mobily a tablety, sociální sítě atd.), firma má definovanou digitální strategii. Přítomnost základů datové kultury - projekty integrace datové architektury, integrovaná automatizace řízená v reálném čase (MES), personalizované produkty s virtuální komponentou.
4. Integrovaná multikanálová přítomnost v digitálním světě. Ve firmě existuje distribuovaná a personalizovaná digitální strategie. Datová architektura je integrovaná v celém produkčním řetězci od komunikace a sdílení dat se zákazníkem až po subdodavatele. Využití digitální diagnostiky pro predikování poruch a neshod v systémech (výrobní systémy, měřicí systémy atd.).
5. Firma je digitalizační platformou propojující on-line a off-line svět v jeden plně integrovaný a ekonomicky výkonný celek. Nabízí jedinečnou personalizovanou zkušenost svým zákazníkům prostřednictvím virtuálních produktů/asistentů komunikujících se zákazníky v průběhu celého životního cyklu partnerského vztahu. Prostřednictvím nejnovějších a nejefektivnějších přístupů (plná automatizace, 3D tisk atd.) realizuje kyber-fyzický systém schopný individualizované realizace případné fyzické části produktu. Poskytuje digitalizační služby svým partnerům a subdodavatelům a tím globálně řídí produkční doménový prostor.

Vzhledem k výše uvedenému členění do pěti úrovní lze konstatovat, že do kategorie 3. lze z průmyslových podniků v České republice zařadit jen několik výjimek, řádově desítky, zatímco z kategorie 4. jsou i u několika málo těch nejpokročilejších firem realizovány pouze segmenty. V současné době je zpracováván evaluační model⁷, pomocí kterého bude možné relativně jednoduchým způsobem posoudit připravenost podniku k implementaci hodnototvorného modelu Průmyslu 4.0.

Lze předpokládat, že podobně jako v některých sousedních průmyslově vyspělých státech, bude i v České republice snaha o objektivní autorizované hodnocení podniků⁸. Hlavní překážky pro postupné zavádění Průmyslu 4.0 v českých průmyslových podnicích lze rozdělit do tří základních oblastí, přičemž všechny tři mají zásadní význam.

2.2.2. Mentální entropie – poznání, motivace

- Velmi omezené povědomí o zásadách, přístupech a možnostech Průmyslu 4.0, zejména u vrcholových managementů způsobené absencí úspěšných vzorových obchodních případů a studií, kdy by byly jasně prezentovány konkrétní úspěšné případy zavedení prvků Průmyslu 4.0 včetně prokázaných výhod, absence možností prohlédnout si vzorové provozy či pracoviště, často nazývané „testbeds“.
- Těžkopádné rozhodovací procesy a nechuť učinit strategická rozhodnutí.
- Pojmy jako kyber-fyzické systémy jsou naprosto neznámé a velmi často zcela mimo chápání průmyslové praxe.
- Nedostatek pracovníků schopných:
 - Vizi "Průmysl 4.0" technicky definovat a následně přetransformovat do firemní strategie.

⁷ Kolektiv autorů pod vedením Ing. Zdeňky Havelky, Ph.D. Evaluační model dostupný na

<https://www.proprumysl4.cz>

⁸ Například Ready for Industry 4.0 v Rakousku

- Orientovat se v množství dostupných systémů a řešení podporujících zavedení prvků hodnototvorného modelu Průmysl 4.0.
- Prvky hodnototvorného modelu Průmysl 4.0 vytvářet a dále rozvíjet.
- Prvky hodnototvorného modelu Průmysl 4.0 obsluhovat v běžném provozu firmy.
- Definovat, respektive analyzovat data z řídicích systémů.
- Využívat pokročilé analytické nástroje (např. prediktivní analytika, strojové učení).
- Obavy z postupného zániku vysoce specializovaných distribučních firem a systémových integrátorů, jejichž know how bylo budováno po dlouhou dobu.
- Obavy z vysokých nákladů na analýzy současného stavu v konkrétních firmách a podnicích.
- Obavy z budoucího postavení českého průmyslu pouze do role lehce nahraditelného subdodavatele.
- Nechuť akademické sféry podílet se na zodpovědnosti za rozvoj průmyslu.
- Nedůvěra v datovou architekturu a její možnosti při zvyšování efektivity firmy.

2.2.3. Technologická entropie – technika

- Datová izolace jednotlivých prvků průmyslové výroby, často i velmi blízce kooperujících. Například při nákupu a prodeji využívá pokročilejší digitální technologie pouze 15 % malých a středních firem, u velkých korporací to nepřekračuje 30 %.
- Komplikované zavádění datových štítků či jiných prostředků pro automatickou identifikaci materiálových vstupů, produktů v různém stupni rozpracovanosti, hotových výrobků a výrobků s ukončenou životností.
- Fragmentace informačních toků fyzických hodnototvorných procesů. Neexistence modelů integrujících data z hodnototvorných procesů a tím nemožnost simulací hodnototvorných aktivit a jejich optimalizace ve virtuálním prostoru.
- Existence množství výrobků schopných pracovat v podmínkách pokročilé automatizace a digitálním prostředí Průmyslu 4.0 – bez sjednocující platformy/systému schopného integrovat systémy různých výrobců do jedné, snadno nastavitelné a říditelné platformy.
- Omezená dostupnost sofistikovaných mechatronických systémů a jejich další vývoj spojený s deficitem dostatečně připravených lidských zdrojů.

2.2.4. Sociální entropie - stát

- Naprosto zanedbaný rozvoj veřejných, ale i neveřejných datových sítí umožňujících plnohodnotnou komunikaci v rámci celého hodnotového řetězce průmyslové výroby včetně komunikace se státem
- Deficit jednoznačné základní koncepce státu v oblasti digitální ekonomiky a její vazby na další veřejnoprávní instituce
- Nedostatečná koncepce státu v oblasti aplikovaného výzkumu
- Nedostatky ve vzdělávacím systému, nedostatečná počítačová gramotnost, jazykové bariéry, redukce výuky matematiky a fyziky

- Vysoká daňová zátěž přidané hodnoty, specificky pak daňová zátěž ve formě stejné sazby DPH u vývojových a výzkumných činností jako i u výrobků
- Architektura státu a jeho institucí - neexistuje koncept státem poskytovaných služeb, neměří se výkony organizačních prvků a jednotlivců, nedostatek konkrétní zodpovědnosti, přílišná politizace a kolektivní nezodpovědnost (např. Registr pasivní infrastruktury, Geoinfostrategie a mnoho dalších neuskutečněných a neustále odkládaných aktivit).
- Legislativní zátěž - komplikovaná a někdy absurdní legislativa zaměřená na nesmyslné sledování detailních aktivit podnikatelských subjektů a daňových poplatníků značně zatěžující podnikání.

2.3. SWOT analýza

Silné stránky

- Úzká provázanost českých podniků s globálními technologickými lídry nejen evropskými.
- Flexibilita malých a středních firem v oblasti strategického rozhodování, schopnost přebírat a rychle aplikovat „best practices“.
- Vysoký inovační potenciál uvnitř firem.
- Tradičně vysoké povědomí o řízení kvality průmyslové výroby.
- Zavedené metody dalšího vzdělávání zaměstnanců a jejich flexibilita a schopnost se adaptovat podle požadavků okolí.

Slabé stránky

- Velmi omezené povědomí o zásadách a dopadech Průmyslu 4.0 v průmyslové sféře a hlavně mimo ni.
- Neschopnost státu rozhodnout o prioritách orientovaných na digitální ekonomiku, nedostatečný rozvoj infrastruktury potřebné pro zavádění Průmyslu 4.0 a na aplikovaný výzkum využitelný v průmyslu.
- Nedostatečné chápání interdisciplinarity – převládá tradiční pohled na řemesla a technické i netechnické obory.

Příležitosti

- Zatím relativně malé zpoždění oproti zbytku technologicky vyspělého světa.
- Přestože v oblasti sociálně-ekonomické se jedná o Revoluci, v oblasti technické půjde o typicky Evoluční proces, se kterým má český průmysl hodně zkušeností.
- Malé postupné projekty – česká cesta bude interaktivní s využitím možnosti vytvořit konektory do hodnotového řetězce Průmyslu 4.0, aniž by se firma stala jeho plnohodnotnou součástí.
- Ambice regionálního lídra s ohledem na tradiční velmi dobré postavení českého průmyslu i momentální srovnání s jeho evropským okolím.
- Eliminace dopadu části zrušených pracovních pozic ve výrobní sféře vznikem nových pracovních pozic ve sféře služeb

Hrozby

- Jednostranná orientace jen na jeden národní zahraniční průmysl.
- Zájem ze strany politické reprezentace bude jen dočasný a účelový.
- Zveličovaný negativní dopad na trh práce.
- V případě nastavení špatných podmínek pro aplikovaný výzkum další odliv špičkových technologických pracovníků mimo ČR.

2.4. Aktuální výzvy a jejich možná řešení

Na základě hlavních překážek specifikovaných v odstavcích 2.2.2 až 2.2.4 a SWOT analýzy uvedené v odstavci 2.3 je možné zpracovat následující aktuální výzvy a jejich možná řešení:

Velmi omezené povědomí o zásadách a dopadech průmyslu 4.0 v průmyslové sféře a hlavně mimo ni

- Nedostatečná informovanost o vizích a možnostech Průmyslu 4.0
- Těžkopádné rozhodovací procesy a nechuť přijímat strategická rozhodnutí vrcholových managementů části firem.
- Obavy z postupného zániku vysoce specializovaných distribučních firem a systémových integrátorů, jejichž know how bylo budováno po dlouhou dobu
- Nízká motivace zaměstnanců pro zavádění prvků Průmysl 4.0 do praxe.
- Nedůvěra v datovou architekturu a její možnosti zvyšování efektivity firmy
- Nechuť akademické sféry podílet se na zodpovědnosti za rozvoj průmyslu

Možná řešení:

- Vznik referenčních provozů, případně celých firem pro předávání dobrých příkladů a zkušeností
- Jasně technicky definovat vizi Průmysl 4.0 a následně ji překlápat do firemních strategií
- Seznamovat se s dostupnými systémy a řešeními odpovídajícími prvkům průmyslu 4.0 a více se v nich orientovat
- Propagace myšlenek Průmyslu 4.0 mezi laickou veřejností

Neschopnost státu rozhodnout o prioritách orientovaných na digitální ekonomiku

- Deficit koncepce státu a národní strategie v oblasti digitální ekonomiky a s ní souvisejícího aplikovaného výzkumu
- Zanedbaný rozvoj veřejných a neveřejných datových sítí umožňujících plnohodnotnou komunikaci.

Možná řešení:

- Jmenování zodpovědné, ale i odpovídajícími pravomocemi vybavené osoby pro oblast digitální ekonomiky.
- Vytvoření jasných podmínek pro podporu firemního výzkumu a vývoje, spolupráce firem a výzkumných organizací a to nejen formou dotovaných projektů, ale i daňového zvýhodnění těchto aktivit

Nedostatečné chápání interdisciplinarit

- Nepochopení kyber-fyzických systémů
- Tradiční pohled na řemesla, technické obory a humanitní obory
- Tradiční oddělování sekundární sféry (výroba) a terciální sféry (služby)

Možná řešení:

- Nové studijní obory zabývající se interdisciplinární integrací na všech stupních škol
- Posílení interdisciplinarit a získávání praktických zkušeností v procesu výuky.
- Alternativní vzdělávání pod supervizi firem

Obavy z jednoznačné orientace na jeden národní zahraniční průmysl

- Přebírání zkušeností pouze z jednoho teritoria

Možná řešení:

- Podpora pracovních stáží vysoce kvalifikovaných odborníků ze všech technologicky vyspělých zemí

	• Podpora transferu dobrých zkušeností z různých zemí a zejména různých průmyslových odvětví jak pro odbornou, tak i neodbornou veřejnost.
Zveličovaný negativní dopad na trh práce • Obavy ze změn v definování pracovních pozic • Český průmysl – lehce nahraditelný dodavatel?	Možná řešení: • Důsledná komunikace se sociálními partnery • Propagace celoživotního vzdělávání, rekvalifikací a získávání zejména mezioborových zkušeností a dovedností • Propagace sféry technických služeb

3. Technologické předpoklady a vize

Ing. Eduard Palíšek, Ph.D., MBA; RNDr. Martin Bunčák, Ph.D.; Ing. Pavel Burget, Ph.D.; Bc. Jana Filová, MSc.; Ing. Jan Fürman, MBA; prof. Ing. Michal Haindl; prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.; Ing. Petr Knap, MBA; Radek Komzák; prof. Ing. Josef Lazar, Dr.; Stephen McKenna; prof. Ing. Vladimír Mařík, DrSc.; Ing. Mgr. Jaromír Novák; Ing. Erik Odvárka, Ph.D.; Ing. David Sedláček, Ph.D.; doc. RNDr. Pavel Smrž, Ph.D.; Petr Sochor; Ing. Petr Sochor; Ing. Ondřej Sotona; Ing. Jan Šedivý, CSc.; prof. Ing. Jiří Žára, CSc.

Východiska čtvrté průmyslové revoluce pocházejí z nových modelů provádění lidských pracovních aktivit pomocí Internetu a z nového socioekonomického chování lidí a lidské společnosti. To vyvolává potřebu přechodu od izolovaně využívané počítačové a robotické podpory výrobních či administrativních úloh k systémům, kde jednotlivé prvky vzájemně komunikují a ovlivňují se. V takových systémech dochází k propojení světa reálných fyzických objektů (strojů, zařízení, robotů, výrobků, lidí) a světa virtuálního, kde může být každá fyzická jednotka v té či oné podobě dostatečně virtuálně reprezentována, zastupována a její chování simulováno softwarovým modulem. To je technologicky umožněno prudkým rozvojem v oblasti komunikačních technologií, informačních a výpočetních technologií, ve sféře metod a technik kybernetiky a umělé inteligence a v oblasti nových materiálů a biotechnologií. Iniciativa Průmysl 4.0 je velmi často zaměňována za digitalizaci nebo napojení strojů na internet. To je velmi zjednodušující a silně deformovaný pohled na Průmysl 4.0.

Výrobní celky (včetně obchodních, ekonomických a manažerských jednotek) chápe Průmysl 4.0 ze systémového pohledu jako složité distribuované systémy vzniklé “inteligentní” integrací dílčích, samostatně operujících částí (autonomních subsystémů). Integrace je zabezpečována především vhodnou komunikací každého s každým dle okamžité potřeby, vzájemným dohadováním, koordinací činnosti a kooperací mezi autonomními subsystémy. V tomto pojetí mizí smysl centrálního hierarchického řízení a veškeré procesy komunikace a koordinace nabývají decentralizovaný charakter. V extrémních případech může celý výrobní systém fungovat bez centrální řídicí autority.

Pro koncepční řešení projektů Průmysl 4.0 je klíčovým aspektem to, že autonomní jednotku v rámci složitého výrobního systému tvoří nejen výrobní úseky, výrobní stroje a jejich nástroje, nýbrž i transportní vozíky a pásy, roboti, ale zejména i výrobky, částečně zpracované výrobky, dávky vstupního materiálu. Za součást výrobního systému jsou považováni i lidé, někteří z nich ani nakonec nemusí sedět ve výrobním závodě. Očekává se, že všechny tyto autonomní jednotky spolu mohou nepřetržitě flexibilně komunikovat, vyjednávat, spolupracovat. Aby k takovéto silné komunikační a interakční spolupráci mohlo docházet i přesto, že některé prvky ani neumějí samy komunikovat, mohou být všichni aktéři reprezentováni softwarovými moduly/agenty, kteří jednají za ně a místo nich. Vzniká tak představa o propojení dvou světů – světa reálných fyzických objektů (strojů, zařízení, robotů, výrobků, lidí) a světa virtuálního, kde může být každá fyzická jednotka v té či oné podobě dostatečně virtuálně reprezentována, zastupována a její chování simulováno softwarovým modulem. Již dnes dochází doslova k prorůstání obou světů. Předpokládá se, že prvky fyzického světa budou propojeny navzájem prostřednictvím napojení na internet, kde každý takovýto fyzický prvek má svoji individuální IP adresu – pak se hovoří o Internetu věcí (Internet of Things – IoT). Softwarové moduly, reprezentující fyzické elementy ve virtuálním prostoru, společně řeší úlohy, koordinují svoji činnost a rozhodují s využitím služeb, které si navzájem poskytují či které si vyvolávají prostřednictvím internetu služeb (Internet of Services – IoS). I když se z hlediska metodického hovoří o dvou internetech IoT a IoS, ve skutečnosti se často fyzicky používá internet jediný s jedinou páteří infrastruktury v rámci celého výrobního úseku a realizovanou ve formě ESB (Enterprise Service Bus). Pro roboty a lidi je nutno počítat se speciálními rozhraními, umožňujícími mobilní komunikaci, a to i na bázi přirozené řeči, vizuální či hmatové informace - dochází tedy k napojení i na třetí typ internetu, internet lidí (Internet of People – IoP).

Cílem činnosti složitých výrobních systémů i poskytovaných služeb je globální optimalizace. I zde musí umělá inteligence a kybernetika přinášet adekvátní řešení, zejména v oblasti učících se, samoučících se, samooptimalizujících se, samodiagnostikujících se, samoopravujících se a samorekonfigurujících se systémů v distribuovaném prostředí. To jsou úlohy mimořádně těžké, teoreticky i výpočetně náročné. Jejich zavádění do průmyslové praxe bude vyžadovat hodně motivace a odvahy. Globálním cílem veškerého výzkumného úsilí musí být vývoj softwarových prostředí pro kooperaci a systémovou integraci, vývoj modulárních CPS systémů společně s otevřeným katalogem modulů. Tak bude vytvořen základ pro modulární budování plně popsatelných, transparentních, řiditelných, kontext vnímajících a samoučících se výrobních systémů.

Koncept Průmysl 4.0 je založen na hluboké **průmyslové integraci** prostřednictvím informačních technologií a s ní spojeném zpracování dat v reálném či takřka reálném čase, sdílení informací a kontinuální komunikaci. Tato integrace má tři základní pilíře:

1. **Vertikální integraci výrobních systémů** se rozumí informační provázání napříč hierarchickou a řídicí strukturou podniku. Rámcem vertikální integrace je primárně samotný výrobní podnik. V oblasti vertikální integrace se setkávají dvě klíčová znalostní odvětví řídicí techniky a automatizace s odvětvím vývoje informačních systémů.
2. **Horizontální integrace** napříč dodavatelským řetězcem propojuje všechny články dodavatelско-odběratelského hodnototvorného řetězce od dodavatelů přes výrobce až po distribuci koncovému zákazníkovi a následný servis. Sdílení informací a dat napříč dodavatelským řetězcem zvyšuje flexibilitu celého procesu, optimalizuje výši zásob a výrazně snižuje výrobní náklady, ale zároveň silně závisí na vysoké dostupnosti a kvalitě infrastruktury vysokorychlostního internetu.
3. **Integrace všech inženýrských procesů**, která je specifickým příkladem horizontální integrace, se odehrává z významné části v rámci výrobního podniku. Jedná se o integraci všech inženýrských procesů v rámci celého životního cyklu produktu. Od samotného plánování životního cyklu, přes hrubé zadání, design, vývoj, realizaci, testování, verifikaci až po poprodejní služby. Integrace inženýrských procesů je základním nástrojem pro získávání zpětné vazby a řízení hlavních procesů zajišťujících optimalizovanou dodávku dle individualizovaných zákaznických požadavků.

Komunikaci v průmyslových systémech rozumíme vertikální a horizontální integraci (viz Obrázek 5 v Příloze ke kapitole 3). Se zavedením protokolu IPv6 v roce 2012 vznikl prostor pro připojování velkého množství nových zařízení k Internetu, protože IPv6 k tomu nabízí dostatečný rozsah adres. V průmyslové automatizaci je zhruba v posledních deseti letech vidět odklon od klasických průmyslových sítí, jejichž nástup a masivní rozvoj se projevil v devadesátých letech 20. století, k průmyslovým sítím založeným na Ethernetu. Dnes existuje řada řešení postavených na mezinárodních standardech IEEE a IEC, které jsou otevřené, neustále dále rozvíjené a podporované stále narůstajícím množstvím světových výrobců. Tato řešení průmyslového Ethernetu s komunikací v reálném čase, což je nutná vlastnost pro automatizační řešení řízení průmyslových procesů, umožňují také komunikaci zařízení z okolního světa Internetu právě prostřednictvím protokolu IP (zatím tedy IPv4). Již dnes je například možné spustit webový server na řídicím systému, který vedle toho řídí přesné polohování výrobního stroje s několika pohybovými osami.

Dalším prvkem průmyslové integrace je integrace inženýrských procesů. Již v dnešní době existuje poměrně rozsáhlá podpora digitálního návrhu výrobků, vývoje software i procesů služeb ze strany různých, převážně velkých výrobců s celosvětovým záběrem. Existuje celá řada CAD systémů, které umožňují navrhovat výrobky od fáze prvního nápadu až po fázi komplexní výrobní dokumentace. Existuje také celá škála softwarových nástrojů, které takto navržené výrobky, resp. jejich výrobní dokumentaci dále zpracují a rozšíří tak, aby příslušný výrobní stroj, skupina strojů či celá výrobní linka mohly navržený výrobek vyrobit. Existují možnosti, jak takovou výrobní linku navrhnout a nasimulovat pro daný výrobek. Na základě takto navržené linky je možné postavit linku fyzickou už

na konkrétním místě v konkrétní výrobní hale. Výrazně se tak zkracuje čas nutný pro uvedení linky do provozu. Při uvedení do provozu se k lince připojí řídicí systém, který ovládá a koordinuje operaci dílčích částí linky. Tento postup je možné dále zkrátit a tak i zlevnit tím, že se provede tzv. virtuální zprovoznění, kdy se řídicí systém připojí k simulované lince a jeho chování se odladí již v této fázi. Ta může probíhat současně s konstrukcí a montáží linky fyzické. Konečné uvedení do provozu víceméně potom spočívá v jemném nastavování parametrů systému, které může být dané například nepřesností simulačního modelu, odlišností fyzické instalace od sestavení virtuální linky apod.

Koncept Průmysl 4.0 je postaven také na **analýze velkých dat** (Big Data). Za velká data se obvykle považují data v rozsahu peta bytů (10^{15} bytů) a více, která přesahují možnosti současných databázových technologií. Zpracování a analýza velkých dat v oblasti průmyslu přináší zásadní inovativní impuls pro uskutečnění vize čtvrté průmyslové revoluce. Jedná se především o obrazová data, ale i o textová data z internetu, obchodní, lékařská a bezpečnostní data, různé zdroje signálů a měření, ale i kombinovaná multimodální data, která jsou typická například pro systémy autonomního řízení aut, zábavní průmysl a média, finanční sektor, dopravu nebo prodej výrobků.

Robotizace průmyslu **autonomními roboty** coby součást konceptu Průmysl 4.0 je jednou z metod, která cílí na zvýšení produktivity práce. Vliv robotizace na zvyšování produktivity se nebude omezovat jen na strojřemství. Rozvoj robotizace bude třeba současně podpořit budováním potřebné infrastruktury na všech úrovních.

S rostoucími požadavky na sofistikované procesy, které jsou pilířem iniciativy Průmysl 4.0, rostou i nároky na kvalitu elektronické **komunikace a komunikační infrastruktury**. Průvodním jevem automatizace procesů je především nárůst nepersonální komunikace, spojený s obsluhou velkého počtu senzorů a spolupracujících zařízení, a dále přenosem a zpracováním velkých objemů dat. Obecným požadavkem jsou proto spolehlivé a bezpečné vysokorychlostní komunikace, prostřednictvím pevných i bezdrátových sítí.

Jedním z pilířů konceptu Průmysl 4.0 je také sběr a vyhodnocení dat z různých zdrojů ať již z oblasti Internetu věcí (IoT), z firemních informačních systémů či přímo z výrobních strojů či Machine2Machine komunikace. Tato data jsou ukládána do **datových úložišť** a mohou být zpracovávána pomocí **cloudových výpočtů**. Mezi základní charakteristiky cloudu patří to, že se jedná o sdílené zdroje (HW, SW), u kterých je možná vysoká škálovatelnost. Tyto zdroje jsou uživateli přístupné podle jeho potřeby odkudkoliv a kdykoliv pomocí připojení přes internet a uživatel platí jen za ty zdroje, které využívá. Ke sběru, uchování dat, zpracování a zálohování mohou podniky použít veřejná datová úložiště sdílená a dostupná komukoliv, soukromá úložiště provozovaná přímo nebo třetí stranou, ale pouze pro potřeby daného podniku, nebo mohou také použít tzv. hybridní model, který je kombinací veřejného a soukromého úložiště. Posledním modelem nasazení je komunitní cloud, kde je infrastruktura sdílena několika podniky, které může spojovat oblast zájmu nebo bezpečnostní politika.

Klíčovou technologií, která umožní změnu výrobních postupů a přinese výrazné zvýšení flexibility je **aditivní výroba**. ASTM International Committee definuje aditivní výrobu jako proces spojování materiálu dle 3D digitálních dat, nejčastěji vrstvu po vrstvě⁹. Aditivní výroba (AM) je oficiální termín dle ASTM a ISO, ovšem označení „3D tisk“ je častěji používaným synonymem. Aditivní technologie schopné zpracovávat kovy, plasty a keramiku představují flexibilní, široce uplatnitelné výrobní systémy pracující přímo s 3D digitálními daty. Systém práce se vstupními daty umožňuje multioborové využití na úrovni jak prototypové výroby, tak uživatelsky přizpůsobených (kustomizovaných) dílů a finálních produktů. Technologie umožňuje vyrábět tvarově složité výrobky, které mohou kombinovat více funkcí nebo nahrazovat celé sestavy jediným dílem. Z hlediska obsluhy

⁹ Additive fabrication, additive processes, additive techniques, additive layer manufacturing, freeform fabrication

nevyžadují AM technologie vysokou časovou dotaci na přípravu výroby, příprava dat je poloautomatická a samotná výroba je v podstatě autonomní. Současné AM výrobní systémy jsou již napojeny na internet a začínají vytvářet tzv. Internet of Things. Jasná identifikace v síti umožňuje distribuovat výrobní data automaticky a procesovat i služby do jednoho celku. Virtuální navrhování (virtual prototyping) je poměrně často skloňovaný pojem v oblasti vytváření a přenosu „nejen“ výrobních dat. Stejně tak pojem „Electronic Product Definition (EDP)“ reflektuje potřebu generovat 3D data nejen z hlediska geometrie, ale i z hlediska technologických postupů, meta dat a systémové a výrobní integrace. Oblast IT pro aditivní technologie reflektuje potřebu nového přenosového formátu prostřednictvím „3MF consortium“. Konsorcium pracuje na novém typu digitálního formátu, který umožní načítání dat různými 3D tiskárnami a výrobními platformami, eliminuje problémy současných formátů a umožní uživatelům navrhovat díly s důrazem na funkci a ne na technologická omezení, jak je tomu u konvenčních technologií.

Charakteristickým prvkem konceptu Průmysl 4.0 je propojení fyzického a virtuálního světa. Rozšíření lidského vnímání světa o nové informace, které nejsme schopni dostatečně rychle či dokonce vůbec rozpoznat se zabývá oblast **rozšířené reality** (AR - augmented reality). Hlavní doménou AR je přidávání vizuálních informací, tj. obohacení zrakových vjemů. Doplnkovým informačním kanálem je zvuk, obvykle v navigačních systémech a výukových aplikacích. Přidávání dalších informací, např. hmatových nebo čichových, není pro AR typické a objevuje se spíše v aplikacích Virtuální reality. Rozšiřující vizuální vjemy mají v jednoduchých AR systémech charakter textových popisů umístěných kdekoli v zorném poli, v pokročilých systémech je augmentace vizuálně bohatá (2D, 3D) a je umístěna přesně do prostoru sledovaných objektů nebo je dokonce překrývá a nahrazuje.

Potřeba vzájemné interakce člověka a stroje nebo strojů mezi sebou klade velké nároky na sofistikované **senzory**. Sensorika, jakožto obor zahrnující metody a nástroje měření a snímání fyzikálních veličin, v širším pojetí také obrazové a spektrální informace a také detekce chemického složení látek je nezbytnou, dalo by se říci klíčovou součástí všech systémů průmyslové automatizace. Vize a cíle konceptu Průmyslu 4.0 představují změnu paradigmatu v průmyslové výrobě, kvalitativní skok, který bude také na poli sensoriky znamenat přijetí zcela nových metod, konceptů a řešení. Výzkum a vývoj nových snímačů, senzorů, měřicích a zobrazovacích metod probíhá jednak v podobě dílčích vylepšení, zvláště v přesnosti. Změny v oboru, které by představovaly skutečné posuny paradigmatu a přinesly by nové koncepty, lze shrnout takto:

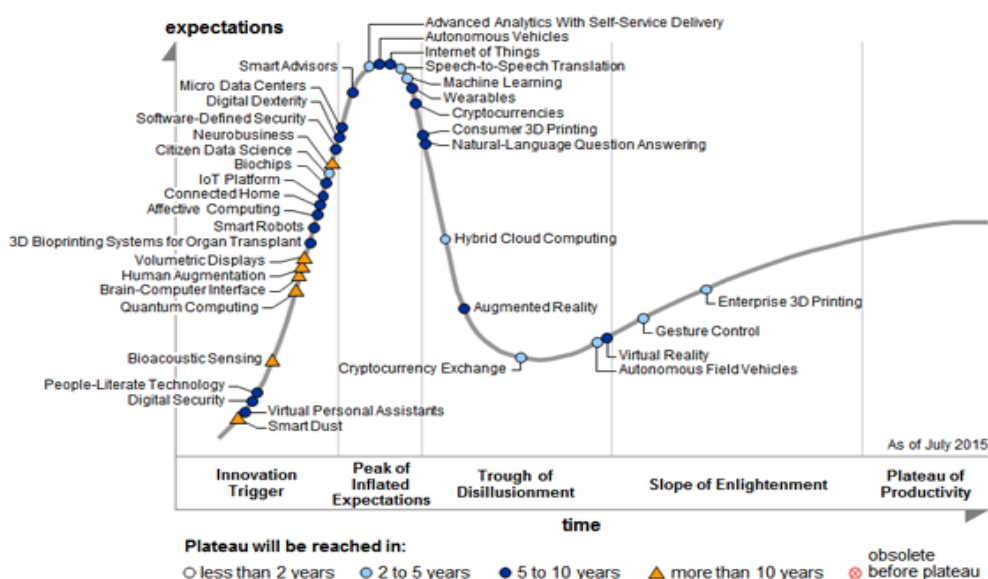
- snímání a měření tvarů a dimenzionálních veličin - i na průmyslové úrovni (nejen laboratorní, metrologické) se stává stále více doménou světla a optických metod a elektromechanické snímače polohy, délky, rozměrů a tvarů lze považovat za zastarávající;
- strojové a robotické vidění - klíčovými problémy jsou optika a optoelektronika snímání obrazů ve 3D a pak zpracování a rozpoznávání obrazové informace;
- masivní nástup optovláknových snímačů - ty jsou schopné měřit řadu veličin, mechanických, napětí, tlak, vibrace, ale i chemických aj., optovláknové snímače elegantně řeší i problém přenosu měřené informace (vlákem);
- biochemické metody, tzv. biosenzory – ty se stále více prosazují v oblasti analýzy chemického složení;
- možnosti prediktivní diagnostiky a údržby na základě internetového propojení a komunikace mezi relativně autonomními senzory.

Vlastní myšlenkové, filosofické i teoretické jádro pro budování systémů Průmyslu 4.0 představují **kybernetika a umělá inteligence**. Tyto disciplíny poskytují klíčové technologie pro řešení systémů Průmysl 4.0. Jedná se jak o teoretické principy organizace, řízení, rozhodování a učení se ve složitých systémech strukturovaných jako soubor volně sdružených autonomních podsystémů, tak i o praktické

nástroje a postupy k integraci autonomních systémů, pro automatické řízení výrobních strojů, organizaci inteligentní komunikace a zabezpečování stability globálních řešení.

Předešlý výčet technologií a vědních oborů není zdaleka konečný. V procesu implementace Průmyslu 4.0 budou své uplatnění nacházet dosud nevyužité technologie a budou vznikat technologie nové. Pro základní zmapování technologií a k rozlišení takzvaných bublin (zveličených informací) od reality slouží Hype křivka nových nebo rodících se technologií, kterou od roku 1995 pravidelně zveřejňuje analytická společnost Gartner. Křivka přidává jednu dimenzi k modelům životního cyklu (S-křivka, křivka akceptace), a tou je vztah lidí k technologiím. Vedle pozice technologie v jejím životním cyklu (na horizontální ose) proto zobrazuje úroveň publicity této technologie (na ose vertikální). Vyspělost technologie a doporučení pro její adopci neznamená, že pokud je ve stavu dospělosti, musí ji implementovat úplně všechny firmy. U každé investice musí být hodnocen konkrétní přínos pro konkrétní firmu. Nicméně hype křivka přehledně ukazuje, jaké technologie jsou připravené k implementaci¹⁰. Současně reflektuje právě vznik nových technologií především kombinací stávajících technologií v závislosti na jejich interakci se společností a naopak.

Obrázek 1: Hype křivka nových technologií rok 2015¹¹



Zdroj: Gartner

3.1. Současný stav

3.1.1. Systémová integrace

V podmínkách řady českých výrobních podniků je oblast samotných úvah o úrovni budoucího rozsahu integrace a koncepční přístup k logice uspořádání výrobních a logistických procesů často stále jen na začátku. Obdobně je v podmínkách českého průmyslu zatím velmi omezené sdílení dat mezi podniky, která jsou nezbytným předpokladem pro vytvoření integrovaných modelů spolupráce. Ze statistik ČSÚ vyplývá, že méně než 10 % malých podniků, méně než 15 % středních podniků a

¹⁰ KPC-Group: Hype křivka – model pro hodnocení životního cyklu technologie. Zdroj: http://kpc-group.cz/wp-content/uploads/2012/11/hype_definice.pdf

¹¹ Gartner: Gartner's 2015 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies the Computing Innovations That Organizations Should Monitor. Zdroj: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3114217>

přibližně 30 % velkých podniků realizuje komunikaci EDI (Electronic Data Interchange) v oblasti nákupu a prodeje. Podobný stav je v případě využití různých informačních systémů typu ERP (Enterprise Resource Planning), CRM (Customer Relationship Management) a identifikačních systémů typu RFID. ERP systémy používá necelých 20 % malých podniků oproti více než 80 % velkých podniků, CRM systémy používá necelých 15 % malých podniků oproti téměř 42 % velkých podniků. To, že podnik nepoužívá systém ERP či CRM, naznačuje chybějící digitální a především automatizované komunikační kanály na úrovni plánování výroby a vazby na odběratelsko-dodavatelské řetězce. Tyto údaje ukazují, že integrace mezipodnikové komunikace je především u malých a středních firem problematická a její nízká míra podpory je spojena s vysokými náklady na její zavedení.

V případě využití systémů automatické identifikace, označovaných RFID, pro sledování skladových zásob, pohybu dílů a výrobků ve výrobních fázích životního cyklu apod. je situace ještě horší: tyto systémy využívají přibližně 3 % malých podniků, 13 % středních podniků a necelých 27 % velkých podniků. Naproti tomu ve využití přenosných zařízení (mobilní telefony, tablety) jsou na tom lépe malé podniky s 18 %, přičemž střední a velké podniky tato zařízení využívají v 15 % případů¹². Lze odhadovat, že malé podniky jsou nakloněné k využití moderních technologií a jsou schopny je adoptovat do svých procesů, pokud s tím spojené investiční náklady nejsou příliš vysoké.

Nedostatečné využití a především standardizace výše zmíněných komunikačních prostředků souvisí také se skutečností, že v České republice jsou velmi zřídka provázány prognózovací či plánovací procesy a ve velmi málo případech lze mluvit o automatické optimalizaci. Je tedy zřejmé, že horizontální vazby jsou nedostatečné a málo rozvíjené, a jejich posílení v rámci iniciativy Průmysl 4.0 je jednou z hlavních priorit.

3.1.2. Analýza velkých dat (Big Data)

Objem dat exponenciálně narůstá a tím i potenciální množství v nich obsažené využitelné informace, zatímco cena jejich snímání naopak ve většině oblastí rychle klesá. Schopnost získávat praktické informace a znalosti z těchto dat je ale stále velmi omezená a většina takových znalostí zůstává obsažena v datech bez jakéhokoliv využití.

Rychlejšímu pokroku v analýze velkých dat brání některé zásadní nedostatky ve vědeckém pokroku v nezbytných oblastech matematiky a informatiky a velmi omezené personální kapacity příslušných odborníků. Jen ve Velké Británii v roce 2012 chybělo 3 790 odborníků v oblasti analýzy velkých dat a očekávaný nárůst požadavků na tyto odborníky je 13 - 23 % ročně. V roce 2017 bude ve Velké Británii 28 000 stálých pracovních míst v této oblasti a během pěti let do tohoto roku se jedná o 132 000 pracovních příležitostí¹³. Největší poptávka po datových odbornících je ve Velké Británii v bankovním sektoru, reklamě, průmyslu her, obchodu a telekomunikacích. Podobná situace je i v ostatních vyspělých státech světa. IDC očekává růst trhu v oblasti velkých dat z 3.2 miliardy dolarů v roce 2010 na 16.9 miliard dolarů v roce 2015¹⁴.

Zdroji velkých dat jsou data z provozu na internetu, data z různých čidel sledujících výrobní proces a logistiku výrobních závodů, sociální sítě, inteligentní senzory a měřicí sítě, CRM (Customer

¹² Zdroj: ČSÚ, Informační společnost v číslech – 2015, https://www.czso.cz/documents/10180/20561093/061004-15_D.xlsx/e5d8d442-9fc7-476d-a453-1d4f37d7d447?version=1.0

¹³ Zdroj: Big Data Analytics, An assessment of demand for labour and skills, 2012-2017, SAS report, January 2013.

¹⁴ Zdroj: Worldwide Big Data Technology and Services 2012-2015 Forecast, IDC, 2012; Dan Vesset, Benjamin Woo, Henry D. Morris, Richard L. Villars, Gard Little, Jean S. Bozman, Lucinda Borovick, Carl W. Olofson, Susan Feldman, Steve Conway, Matthew Eastwood, Natalya Yezhkova

Relationship Management) systémy, teleskopy, satelitní pozorování, lékařské obrazové systémy (tomografie), genové analyzátoři, bezpečnostní kamery.

Zpracování velkých dat v průmyslu slouží především k optimalizaci vlastní výroby, souvisejících služeb, podpůrných činností a distribuce. Praktické aplikace analýzy velkých dat se objevují v průmyslu při optimalizaci výroby, souvisejících služeb, podpůrných činností a distribuce nebo při digitální konstrukci a výrobních simulacích. V oblasti optimalizace distribuce a logistiky se ve světě hojně využívá skladových senzorů a propojení konkrétních dopravních prostředků s okolím. Analýza velkých dat zahrnující informace o aktuální spotřebě energie, opotřebení, prostojích apod., pomáhá dále zvyšovat dostupnost materiálu podle potřeby výroby a snižovat náklady na údržbu.

Současným trendem, který se začíná prosazovat i v České republice, je snaha zapojení analýzy velkých dat pro snadnější přizpůsobování a inovace překonávající výhody levné masové produkce a levné pracovní síly¹⁵. Naopak dosud nevyužitým potenciálem zůstává analýza velkých dat pro nové pomocné technologie, které by dokázaly nasměrovat konkrétní pracovníky v rámci individualizovaného výrobního procesu. Integrace velkých dat ve světě lépe zvládá také propojení konkrétních výrobních kroků s obchodními procesy. Zde je nutná především integrace dat spojená s ochranou duševního vlastnictví v nich obsaženého, pokud dochází k integraci napříč celým dodavatelským řetězcem.

Využití velkých dat v oblasti energetiky je úzce provázáno s liberalizací trhu a změnou způsobů, jakým jsou energie získávány, dodávány a spotřebovávány. Motivací pro nasazování nových technologií je snaha o optimalizaci a automatizaci provozu. Společným rysem, který energetika sdílí s aplikacemi velkých dat v oblasti výrobního a zpracovatelského průmyslu, je potřeba analýzy toků dat v reálném čase, případně s minimálním časovým zpožděním. To je nejviditelnější v rámci otevřeného evropského trhu s elektrickou energií, kde je z pohledu ČR klíčová potřeba snižování rizika spojeného s přeshraniční distribucí energie naší soustavou.

3.1.3. Autonomní roboty

Roboty nacházejí uplatnění především v hromadné výrobě a představují významný prostředek pro zvýšení produktivity. V současnosti jsou výrobní linky ČR vybaveny především roboty, které jsou navrženy pro specifické úkony v rámci výrobního procesu, nejsou obvykle univerzální, nemají schopnost se rozhodovat autonomně, nemají žádnou nebo omezenou inteligenci. Pokrok ve vývoji robotů pokračuje a začínají se objevovat i univerzálnější, inteligentní roboty. Velké firmy, např. automobilky, se na robotizaci soustřeďují a zavádějí ji z důvodu zkvalitnění produkce a úspory pracovních sil. Zavádění robotů do podniků vyžaduje vysoké iniciální investice, a nové typy profesí.

Pro firmy všech velikostí je velmi obtížné odhadnout Return On Investment (ROI). Pro podniky, které s robotizací nemají zkušenosti, je nesnadné odhadnout cenu zavedení a provozování robotů ve srovnání s cenou stejné práce zastávané dělníky, což je hlavní faktor pro rozhodování. Všeobecně je nedostatek pracovníků specialistů, kteří programují, seřizují, udržují, provozují roboty, jsou drazí a nejsou k dispozici ve všech lokalitách. Jejich potřeba do budoucna nadále poroste.

Řada podniků v ČR neprodukuje výrobky ve velmi velkých množstvích. Často mění výrobu, jsou flexibilní, přizpůsobují se potřebám trhu. Flexibilní výrobní programy představují vysoké nároky na roboty. Buďto musí být velmi univerzální, rychle přeprogramovatelné nebo se jednoduší roboty musí často vyměňovat.

¹⁵ Zdroj: Zillner, S. a kolektiv. Project Big Data Public Private Forum (BIG, 318062), Deliverable D2.4.2 Final version of Sector's Roadmap, 2014.

3.1.4. Komunikační infrastruktura

Pro komunikaci IoT, označované také zkratkou M2M (Machine-to-machine communication), je charakteristické využívání rádiového spektra. Dosavadní zařízení¹⁶ typu M2M obvykle využívala kmitočty pod 1 GHz. Na nastupující generaci zařízení IoT/M2M jsou kladeny požadavky na latenci mezi zařízeními v jednotkách ms a na rádiovém rozhraní pod 1 ms a spolehlivost blízkou 100 %. Jedno z možných perspektivních řešení přenosové kapacity je rozvoj optických komunikačních systémů ve volném prostředí, kde se nabízí téměř neomezený rozsah optických frekvencí/ kanálů.

Zařízení M2M je rozmanitá množina datových stanic, které vzájemně předávají informaci přenášenou relativně malou přenosovou rychlostí mezi zařízeními či stroji, např. do centrální databáze, nebo jde o komunikaci mezi zařízením a člověkem. Využití M2M je od individuálního řízení domácnosti, přes senzory, kamerové dohledové systémy, zabezpečovací systémy až po systémy podílející se na účtování dodávek v energetických sítích a jejich distribuovaného řízení (decentralizace výroby energií, inteligentní sítě). Zařízení M2M reagují na určité změny v reálném čase; příkladem jsou měřiče energií a systémy automatizace rozvodných sítí (Smart Grid), spotřeby, teploty, aplikace v dopravě, obchodu či moderní lékařské aplikace MBAN diagnostikující zdraví pacientů (e-Health).

Dalšími příklady M2M je telemetrická komunikace v průmyslu, metropolitní sítě používané při ovládání pouličního osvětlení, parkovacích automatů, monitoringu kvality vzduchu, aplikace v automobilovém průmyslu, bezpečnostní komunikace mezi vozidly apod.

Mimo bezdrátových sítí se uplatní v iniciativě Průmysl 4.0 vysokokapacitní komunikační trasy, vyžadované nasazením procesů založených na zpracování velkého objemu dat (Big Data), computingu s využitím datových základů (cloud). Opatření přijímaná na národní úrovni k podpoře výstavby sítí nové generace (NGA), která povedou k rozvoji vysokorychlostních a ultravysokorychlostních sítí, přispějí v určité míře i k naplnění cílů iniciativy Průmysl 4.0. **Cíle formulované státní politikou Digitální Česko¹⁷ pro přístup domácností k internetu v roce 2020 však z hlediska potřeb průmyslu nelze považovat za postačující.**

3.1.5. Datová úložiště a cloudové výpočty

Stále více poskytovatelů také nabízí tzv. geograficky oddělená datová centra dostupná po celém světě, která zajišťují vyšší dostupnost služeb. Velký důraz je tak kladen na schopnost rozlišit úroveň a skutečnou schopnost jednotlivých poskytovatelů dodržet deklarované parametry datových center a poskytovaných služeb. To je možné např. s pomocí stávajících standardních certifikací určených pro datová centra, které již nyní přesně definují dostupnost služeb datových center, případně nových národních standardů a norem jasně definujících bezpečnost, dostupnost a případně vhodnost pro typické nasazení či typ dat.

Spolu se vzrůstajícími požadavky na uložení dat, rostou i požadavky na jejich rychlé a bezpečné zpracování. Datová centra v tomto směru dokážou nabídnout řadu dalších služeb jako je poskytování software jako služby (SaaS – software as a service), poskytování platformy jako služby (poskytování HW a SW), ale také poskytování samotného výpočetního výkonu pro specializované aplikace, ve kterých je potřebné provádět náročné komplexní výpočty.

Využívání cloudových řešení otevírá široké možnosti pro růst produktivity a optimalizaci nákladů na IT nejen ve velkých firmách, ale i pro malé a střední podniky, pro které by budování vlastních

¹⁶ V legislativě (plán využití rádiového spektra, všeobecná oprávnění) a inženýrské praxi jsou zařízení M2M provozně shodná s pojmy „datové spoje“, „datové stanice“, „povelové spoje/stanice“, „datová komunikace přenosných stanic“, „stanice pro přenos dat“, „lokální paging“ apod.

¹⁷ Přístup k internetu s datovým tokem min. 30 Mb/s pro každého občana a min. 100 Mb/s pro alespoň 50 % domácností.

datových a výpočetních center nebylo ekonomicky schůdné. Využití cloudových služeb je také vhodné pro firmy, které velké výpočetní kapacity potřebují jen zřídka. Tyto podniky mohou využívat služby datových a výpočetních center podle svých aktuálních potřeb s možností vysoké škálovatelnosti výpočetního výkonu. Tento výpočetní výkon lze využívat i ze zařízení (IoT) podporujících koncept Průmysl 4.0. Připojení takovýchto zařízení neznamená pouze možnost vysoké rychlosti zpracování, ale i možnosti sdílení získaných dat a poskytnutí okamžité zpětné vazby na základě provedených výpočtů. Obrovské možnosti se nabízejí i v oblasti výzkumu a školství. Simulace náročných technologických procesů nebo složitých fyzikálních jevů mohou probíhat prakticky v reálném čase za použití výpočetních kapacit dostupných po celém světě.

Tento nový způsob přenosu informací ve výrobě vytváří nové, náročné požadavky na bezpečnost přenášených dat, procesů a IT služeb a zároveň s těmito požadavky přímo souvisí kybernetická bezpečnost – ochrana kritických průmyslových systémů a výrobních provozů před kybernetickou hrozbou. Velký důraz tak musí být kladen na bezpečnou, spolehlivou komunikaci, sofistikovaný management identity a přístupové oprávnění jak strojů, tak uživatelů. Riziko zneužití nebo zcizení dat významně roste i v důsledku využívání datových center v různých geografických oblastech, které mohou mít různé legislativní rámce pro zacházení s daty.

Míra využívání cloudu českými podniky je dána nejenom důvěrou v bezpečnost vlastních dat, ale také nabídkou služeb a aplikací, které jsou poskytovatelé schopni nabídnout. Z průzkumů ČSU vyplývá, že využívání cloudových služeb se v roce 2014 pohybovalo od 14,7 % u malých firem až po 19,4 % u velkých firem. Nejvyužívanější službou byl e-mail, a to ve 12 % případů. Nejvýznamnější překážky limitující využívání cloudu byly obavy z narušení bezpečnosti (47 %), nedostatečné znalosti (47 %) a nejistota ohledně umístění dat (41 %).¹⁸ Cloudových služeb a odpovídajících zdrojů (kapacita HW) je v současné době na českém trhu k dispozici dostatek, cloudové služby provozované českými subjekty jsou z pohledu cen a technického řešení na světové úrovni. Chybí dokonalejší legislativa, která by např. umožnila uživatelům na cloudových službách ukládat a zpracovávat citlivá data, a to včetně cloudových služeb fyzicky zajišťovaných ze zahraničí atd. Není zcela dobře propracován systém technických a bezpečnostních certifikací cloudových služeb. V současné době je na území ČR pouze několik certifikovaných datových center. Jedná se převážně o datacentra velkých firem, často budovaných pouze pro vlastní potřebu.

3.1.6. Aditivní výroba

Celosvětově meziroční nárůst příjmů z oblasti AM produktů vzrostl z 1,518 miliard dolarů v roce 2013 na 1,997 miliard dolarů v roce 2014. Služby rostly v roce 2014 o 39 % proti roku 2013 na hodnotu 2,105 miliard dolarů. V roce 2014 bylo za materiály určené pro aditivní výrobu utraceno 640 milionů dolarů, což představuje 29,5 % nárůst oproti roku 2013. Celosvětově se oblasti profesionální aditivní výroby věnuje cca 30 firem, které vyrábí stroje a zařízení. Další cca 80 firem se celosvětově zabývá službami. Kromě těchto firem existuje celá řada malých společností, které vyrábí cenově dostupné stroje.¹⁹

Oblast aditivní výroby je na úrovni aplikací v ČR rozvíjena několika firmami cca 15 let. Jedná se především o oblast zpracování polymerů. Vlastní vývoj polymerních 3D systémů českými firmami je realizován teprve několik posledních let. Aditivní výroba kovů však zůstala, na rozdíl od západní Evropy a Ameriky, značně opomíjeným segmentem trhu a vlastního vývoje. Je to dáno i potřebou

¹⁸ Zdroj: ČSÚ, Informační společnost v číslech – 2015,
https://www.czso.cz/documents/10180/20561093/061004-15_D.xlsx/e5d8d442-9fc7-476d-a453-1d4f37d7d447?version=1.0

¹⁹ Zdroj: Wohlers Report 2015: 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report. Wohlers Associates. ISBN 978-0-9913332-1-9

několikanásobně vyšších investic do vývoje než v případě polymerních technologií. Česká republika vstoupila díky evropským financím do období investic do infrastruktury jak na státní, tak na podnikové úrovni. Technologie aditivní výroby kovů jsou instalovány na dvou vysokoškolských pracovištích a v několika velkých firmách. V roce 2011 byla provedena instalace jediné průmyslové AM technologie pracující s kovovými materiály. V roce 2014 je již situace o něco příznivější, avšak v porovnání s vyspělými evropskými státy je instalovaný počet zařízení nízký. Celková informovanost o průmyslové aditivní výrobě není dostatečná. Vysoké školy zatím nezareagovaly na přicházející potřebu průmyslu na absolventy se znalostí nejen technologií aditivní výroby, ale i se znalostí procesních a technologických parametrů, znalostí softwarových nástrojů, CAD modelování pro tvorbu strukturovaných dílů, simulačních nástrojů, jako je topologická optimalizace, apod.

3.1.7. Rozšířená realita

V oblasti AR má ČR v současné době obdobné startovní podmínky pro rozvoj jako jinde ve světě. To je dáno tím, že teprve v posledních několika letech dosáhl vývoj vhodného hardwarového vybavení úrovně potřebné pro AR, současně došlo k nárůstu výkonu mobilních zařízení (chytré telefony, tablety) a objevily se dostatečně lehké a prakticky použitelné průhledové brýle a náhlavní displeje (head-mounted display). Experimentální, hardwarově náročné sestavy využívající poloprůhledných zrcadel a stereografické projekce nejsou nyní dosti praktické pro reálné využití v průmyslové oblasti, ačkoliv si možná naleznou uplatnění pro některé scénáře výuky nebo mikro-prací (např. hodinář).

Při kombinování reality a její augmentace se používají dva principy, s různými klady i zápory:

- **Video see-through (mobil, tablet)** - generované vizuální objekty jsou vkládány do videosignálu zasílaného na obrazovku. Augmentace je vizuálně přesnější (+), záběr ze zařízení není vždy totožný s pohledem uživatele (+ i -), zařízení je třeba držet v ruce či pomocí držáků (-), obraz na obrazovce může být mírně zpožděn oproti pohledu na reálný svět (-).
- **Optical see-through (průhledové brýle)** - vizuální informace jsou přidávány přímo do cesty, kterou prochází obraz reálného světa do očí uživatele. Uživatel má volné ruce (+), při rychlých změnách pohledu však může docházet k rušivým chybám vizuální synchronizace (-).

Z technického hlediska musí systémy AR řešit v reálném čase dva (prostorové) problémy - KDE je uživatel a CO vidí/sleduje. Využívají se kombinace senzorů (GPS, gyroskopy, akcelerometry, Wi-Fi a Bluetooth) a především výpočetně náročné algoritmy počítačového vidění. Zatímco pro obecné úlohy AR je nutné využívat výkonné servery, předem známé a prostorově omezené reálné prostředí, např. výrobní hala, usnadňuje řešení výše uvedených problémů a dovoluje využít i odlehčené, mobilní výpočetní prostředky.

Současné aplikace jsou zaměřeny na chytré telefony a tablety. Objevují se v oblastech: zábava a reklama (reklama v katalogu, plakáty, které ožívají, pohlednice, vizualizace domů, nábytku, produktů, hry), výuka (rozšíření papírové učebnice o modely, vizualizace fyzikálních jevů, anatomie), postup složení výrobku (dětské stavebnice, nábytek). Pro výcvik hasičů a armády se využívá umístění virtuálních cílů do reálného prostředí. Další doménou je automobilový průmysl (projekce informací na čelní sklo). Jsou prováděny studie zaměřené na výrobu a servis - skládání komplexních sestav výrobků, ukázání kontrolních míst při údržbě či opravách apod. V průmyslu se AR používá dosud jen v testových případech, v běžném provozu se téměř nevyskytuje. Efektivní využití AR je tedy otázkou (blízké) budoucnosti.

3.1.8. Senzory

Senzorika je v ČR velmi živým sektorem, kde působí nepřeberné množství převážně malých a středních firem, z nichž řada disponuje i vlastními vývojovými kapacitami. Řada výrobců senzorů a

snímačů působí také na poli průmyslové automatizace a snímače dodávají jako součást sofistikovanějších a provázaných automatizačních systémů. To představuje de facto realizaci konceptu inteligentního senzoru.

Oblasti výzkumu se vyznačuje velkou šíří záběru výzkumných subjektů na poli měřicí techniky a senzorů, a to u obou klíčových hráčů ve vědě a výzkumu: Akademie věd ČR a vysokých škol. Výzkumné úsilí se zaměřuje jak na víceméně aplikovaný výzkum v režimu již existující spolupráce mezi výzkumnou organizací a firmami, tak také základní, či spíše cílený výzkum, který nabízí opravdu nové koncepty detekce, snímání, měření apod. Na ně navazují koncepty prediktivní diagnostiky a údržby s využitím sítí inteligentních senzorů.

Podle údajů ČSÚ se v oblasti senzoriky mezi lety 2010 a 2014 v ČR vydalo na výzkum celkem více než 6 mld. Kč. Rozhodující podíl na celkové sumě tvořily neinvestiční výdaje – více než 90 % všech nákladů. Výzkum a vývoj v oblasti senzoriky byl mezi roky 2010 a 2014 prováděn na 457 různých pracovištích, přičemž všechna náležela do soukromého sektoru. Počet výzkumných zaměstnanců zvýšil z necelých 1 300 v roce 2010 na 1 743 v roce 2014.

3.1.9. Kybernetika a umělá inteligence

Základním teoretickým východiskem pro organizaci a řízení složitých systémů je oblast multiagentních systémů. Zde jsou řešeny otázky autonomního chování, inteligentní interakce vedoucí nejen k výměně dat, ale zejména ke koordinaci a kooperaci autonomních jednotek s ohledem na sdílené globální cíle, dále pak využívání sémantické informace a znalostních ontologií pro lepší chápání globálního stavu složitého systému a konzistentní interpretaci událostí a komunikačních scénářů.

Na nejnižší úrovni řízení v reálném čase se začíná uplatňovat koncept reaktivních holonických řešení na bázi standardu IEC 61499, na vyšších úrovních se pak jedná obvykle o kombinaci “klasického” automatického řízení s agentními přístupy. Agenti se zde opírají o poměrně rozsáhlé soubory znalostí a o jednoduché principy rozhodování. Optimálních, adaptivních a stochastických algoritmů automatického řízení výrobních strojů a procesů je k dispozici poměrně hodně, jenom málo z nich se však uplatňuje v širší průmyslové praxi.

V oblasti plánování a rozvrhování výroby se též začínají – na rozdíl od dosud převažujícího plánování klasickými metodami operační analýzy – nesměle prosazovat velmi flexibilní metody dynamického agentového plánování, které jsou schopny permanentně upravovat plány a rozvrhy podle vznikající a často se měnící situace. Důležité je, že agentový, decentralizovaný způsob myšlení začíná pozvolna pronikat i do oblasti logistiky a systémové integrace horizontální i vertikální, v poslední době i do integrace napříč řetězcem podpory inženýrských prací (od návrhu přes přípravu a rozvrhování výroby až k samotné výrobě).

Umělá inteligence poskytuje technologie a techniky pro strojové vnímání a obecněji pro interakci člověk-stroj a komunikaci v přirozeném jazyce jako významná podpora autonomní robotice. Dále se rozvíjejí metody strojového učení pravidel ze souboru naměřených či jinak získaných dat jako teoretická podpora datové analýzy v oblasti velkých dat (Big Data), a to zejména v souvislosti s datovými úložišti a cloudovými výpočty.

3.1.10. Nové technologie

V hype křivce společností Gartner uvedené v úvodu kapitoly 2. můžeme nalézt většinu technologií, které jsou v předchozích oddílech zmíněny jako důležité technologické předpoklady a vize pro implementaci konceptu Průmysl 4.0. Jedná se přitom o zcela nové nadějně technologie (Innovation Trigger), ale také technologie, které přestávají být středobodem médií (Augmented Reality) nebo jsou

postupně implementovány do reality (Slope of Enlightenment). V aktuální hype křivce již nenajdeme velká data, která se mezičasem stala běžnou součástí lidského života a průmyslové praxe (přešla za hranici dospělosti, Plateau of Productivity). Hnací silou poměrně rychlého rozvoje technologií v poslední době, jsou kromě velkých, kapitálově silných, firem nově vznikající malé a střední firmy. Tyto se tak stávají zásadním článkem právě v interakci mezi novými technologiemi a společností.

V křivce najdeme také technologie, které odkazují na takzvaný digitální humanismus – skutečnost, že lidé jsou středobodem vývoje v oblasti digitálního byznysu i digitálního pracoviště. Jedná se například o lidsky gramotné technologie (People-Literate Technology, PLTs) schopné převádět společný jazyk do počítačové inteligence, přímá komunikace mozku s počítačem (Brain-Computer Interface), kryptoměny (Bitcoin, Stellar, CAPTcoin, Latium, a další), technologie digitálního byznysu jako inteligentní domov využívající senzory, inteligentní roboty nebo nositelná zařízení. Podobně jako interakce člověka s technologiemi a používání technologií zcela nahrazujících lidskou práci, bude rozšíření těchto technologií od domácností po průmyslovou výrobu v nejbližších letech rychle stoupat.

V poslední době dochází k výraznému posunu od intenzivního k extenzivnímu rozvoji nových technologií založených na kombinaci těch stávajících. A to nejen ve smyslu pokročilého strojového učení (Advanced Machine Learning), kdy jsou stroje schopny pochopit a učit se principy fungování okolního prostředí a následně měnit své budoucí chování. Velmi těsné propojení technologií s člověkem a okolím je hnací silou rozvoje často zcela nových technologických oblastí. Jedná se například o již zmíněnou rozšířenou realitu (Augmented Reality), autonomní mobilitu (Autonomous Mobility), aditivní výrobu s pomocí nových materiálů včetně pokročilých slitin niklu, uhlíkových vláken, skla, vodivého inkoustu, elektroniky, léčiv a biologických materiálů (Bioprinting), či aplikace různých senzorů na končetinách k detekování pohybů prstů (technologie Skinput využívající bioakustické senzory, Bioacoustic Sensing). Dynamický rozvoj nových technologií podporuje také propojení biotechnologií s dalšími průmyslovými oblastmi prostřednictvím informačních technologií. Za všechny je možné zmínit aplikace genetických technologií v různých oblastech, jako je například bezpečnost (identifikace na základě DNA profilu během zlomku vteřiny), zemědělství (geneticky modifikované organismy), ale i energetika (sběr elektrické energie z živých organismů).

Podpora budoucích a vznikajících technologií²⁰ (Future and Emerging Technologies, zkráceně FET) představuje také jednu z klíčových aktivit programu EU Horizon 2020, který je realizován i v České republice. Tato aktivita slouží k podpoře multioborového výzkumu zaměřeného na excelenci ve vědě a technologiích a vznik nových přístupů napříč obory, prověření zcela nových, riskantních nápadů s ambiciózními cíli v nově vznikajících oblastech výzkumu. Horizon 2020 je v rámci FET otevřen nejen pro oblast informačních a komunikačních technologií (ICT), ale i pro další výzkumné oblasti s důrazem na interdisciplinární přístup.

Za pozornost stojí taky systém Blockchain, jakožto speciální distribuovaná decentralizovaná databáze, umožňující ukládat transakční historii tak, že je tato nepřesatelná. První klíčovou aplikací blockchainu byla kryptoměna Bitcoin - "elektronické peníze" se specifickými vlastnostmi umožňujícími rychlé obchodování přes geografické hranice a bez nutnosti prostředníků (banky). Dalšími aplikacemi jsou "chytré kontrakty" (jednoznačně definované digitální smluvní vztahy, kdy se obsah ujednání participujících stran zachycuje a následně realizuje přímo prostřednictvím softwarového kódu) a decentralizované autonomní organizace (soubory chytrých kontraktů operující na síti bez lidských zásahů).

Blockchain rozšiřuje možnosti současného internetu o plně elektronickou monetární komponentu a o decentralizovaný způsob validace elektronických transakcí. Jeho využití, ve vazbě na syntetickou

²⁰ Horizon 2020: Future and Emerging Technologies. Zdroj: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/future-and-emerging-technologies>

inteligenci a kyber-fyzické produkční systémy, je další možností plnohodnotného rozvoje digitální ekonomiky Průmyslu 4.0.

3.2. Směry dalšího vývoje

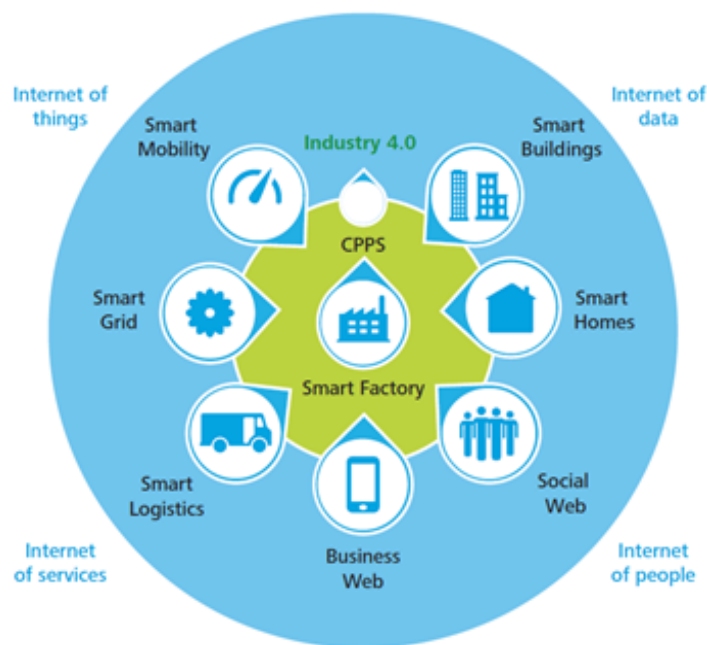
3.2.1. Systémová integrace

Koncept Průmysl 4.0, jehož nedílnou součástí je koncept tzv. „inteligentní výroby“, je založen na distribuovaném řízení a rozhodování, do kterého jsou zapojeny různé systémy, jak ukazuje níže uvedený Obrázek 2. Na rozdíl od současného stavu jsou jednoznačně viditelné vrstvy pro horizontální integraci a mezi nimi probíhá integrace vertikální, toto rozvrstvení se v konceptu Průmysl 4.0 stírá. Výroba - výrobní podnik nebo spíše celý dodavatelský řetězec - je středem dalším procesů, které především prostřednictvím horizontální a inženýrské integrace tvoří dohromady propojený ekosystém. Vertikální integrace i nadále zůstává v rámci jednoho podniku s tím, že horizontálně se další procesy integrují na všech úrovních.

Prostředí konceptu Průmysl 4.0²¹

Samotná výroba podle tohoto konceptu zohledňuje vnější faktory, jako jsou logistika, energetika a požadavky, plány či přímo objednávky zákazníků. Dále jsou na koncept navázány systémy mobility, inteligentních domů a budov, sociální weby apod. Koncept bývá také nazýván Internetem věcí, služeb a lidí, důležitou roli v něm hrají také data, resp. informace, které je možné z dat získat.

Obrázek 2: Schéma konceptu „Inteligentní výroby“



Zdroj: Deloitte Industry 4.0

²¹ Zdroj: Deloitte: Industry 4.0, Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies, 2015

Komunikace v konceptu Průmysl 4.0

Odlišné požadavky na komunikaci a výměnu dat není možné splnit s využitím Internetové komunikace postavené na adresách IPv6 a bude nutné integrovat především na úrovni „inteligentní výroby“ různé komunikační prostředky. Velkou roli budou hrát standardizační organizace, aby formalizovaly tento koncept a definovaly potřebná rozhraní, požadavky na kvalitu komunikace apod., aby se podle něj mohli výrobci zařídit a nabízet řešení akceptovatelná a udržitelná i v budoucnosti.

„Inteligentní výroba“ bude muset být postavena na vzájemné komunikaci dílčích komponent, podobně jako je tomu při její interakci s vnějšími entitami. V úzké návaznosti na simulaci výroby bude muset být detailně monitorován pohyb výrobků výrobním procesem, každý výrobek si s sebou ponese informaci o tom, s jakými parametry se má vyrábět, jestli je součástí většího celku a jakého atd. Už při výrobě se formuje historie každé součásti výrobku, která ovlivňuje jeho následné použití, resp. další fáze jeho životního cyklu. Nutným předpokladem je nový koncept komunikace mezi stroji, která již nebude centralizovaná, ale stroje budou částečně autonomní jednotky, které se budou rozhodovat o způsobu výroby na základě aktuálních informací od vyráběného výrobku. Procesy plánování výroby budou také hrát svou roli především s ohledem na výnosnost výroby nebo strategická rozhodnutí, ale nebude to už centrální rozhodovací faktor.

Na důležitosti budou nabývat procesy optimalizace a automatického plánování a rozvrhování výroby, což se bude týkat samotných komunikačních vazeb, logistických procesů, procesů řízení distribučních sítí, využitelnosti energie spotřebiteli apod. Při těchto optimalizačních procesech bude v řadě případů důležitá znalost modelu jednotlivých součástí celého systému. Ta je důležitá i při diagnostice a prediktivní údržbě, přičemž možnost sběru výrazně většího množství dat přes všechny fáze životního cyklu na různých úrovních (výrobek, výrobní součásti, výrobní celky, atd.) výrazně rozšíří možnosti prediktivní diagnostiky. Díky mnohem většímu portfoliu senzorů a tím i veličin, které je možné měřit, včetně širokých komunikačních možností samotných senzorů, se do historie výrobku dostane velké množství informací, které byly dříve nemyslitelné. Tím lze kromě diagnostiky a prediktivní údržby podpořit také získávání znalostí o využívání výrobků a ovlivňovat jejich charakteristiky a vlastnosti. Postupně vzniká celá vědní a inženýrská oblast nazývaná Prediktivní údržba 4.0.

Kromě interakce strojů mezi sebou dozná změn také interakce strojů a člověka, ať už se jedná o procesy ovládání výroby nebo o přímou účast ve výrobě a spolupráci se stroji. V případě ovládání výroby budou roli hrát mobilní a nositelná zařízení počínaje mobilními telefony a tablety, ale také různými senzory pohybu, polohy a dalších faktorů, přes prostředky rozšířené reality. V případě účasti ve výrobě jde hlavně o bezpečnou formu spolupráce člověka a především robota, aby se rutinní činnost přesunula na roboty a aby člověk fungoval jako ten, kdo výrobní procesy nastavuje, dohlíží na ně i na jejich kvalitu. Kooperativní činnosti mezi člověkem a robotem budou vyžadovat jiné paradigma řízení robotů, které umožní, aby svou činnost vykonávaly s dostatečnou rychlostí a tím i vysokou propustností vyrobených kusů, jako tomu je dnes u průmyslových robotů, ale na druhou stranu neohrožovaly bezpečnost okolního prostředí a člověka obzvláště, protože se budou vyskytovat a pracovat v jeho přímé blízkosti.

Horizontální integrace povede k rozšiřování partnerství na projektové bázi a obecně struktur pružně reagujících na tržní poptávku. To znamená, že partnerství budou dočasná, budou vznikat účelová konsorcia s cílem návrhu a vývoje určitého výrobku, která budou mít omezené trvání. Po dokončení vývoje konsorcium zanikne a vzniknou konsorcia nová s jinými partnery. Projektové řízení týmů, sestavených pro určitý projekt, se tak rozšíří mimo hranice jedné firmy. S tím souvisí i zkracování životního cyklu, zkracování doby pro uvedení výrobku na trh a zlevňování jednotlivých fází životního cyklu. I proto musí být návrhové a vývojové procesy mnohem flexibilnější.

Integrace inženýrských procesů

Vazba na zákazníka bude trvalejší a zákazník bude cenným zdrojem informací, které pomohou ve vývoji či optimalizaci následné péče o produkt. Koncové produkty budou více ovlivňovány jejich interním softwarem, který bude možné aktualizovat přímo u koncového zákazníka tak, jak se dnes děje v případě software na osobních počítačích nebo mobilních telefonech trvale připojených k Internetu. Postupně dojde ke kontinuálnímu propojení koncových výrobků a jejich uživatelů s výrobcem, designerem apod. Samotné výrobky budou komunikovat mezi sebou, aby si mohly sdílet informace a případně tím ovlivňovaly své chování.

Výrobci se budou snažit “hromadně” vyrábět personalizované produkty, které jsou součástí jedné, byť třeba i velké série, ale každý kus je svým způsobem unikátní, aby mohli vyjít vstříc zákazníkům a uspokojit jejich potřeby. V procesním průmyslu se typicky vyrábějí meziprodukty ve větších dávkách, ale vzhledem k měnícímu se charakteru následných zpracovatelských procesů, směřujících k diskrétní výrobě, bude i zde nutné přizpůsobit se požadavkům na variabilitu a flexibilitu.

Důležitým faktorem je existence modelu výrobního procesu, ať už se jedná o model diskrétní výroby nebo model spojitého procesu. Chování modelu je možné simulovat a popsat analyticky, a napojit na řídicí systém, resp. model řídicího systému. Při změně modelu procesu je nutné změnit parametry modelu řídicího systému, případně i model samotný. Na simulační model je přímo navázána fyzická realizace ať už výrobního procesu, tak i řídicího systému. Předpisy pro tyto realizace, resp. realizace samotné v případě software pro řídicí systém, jsou přímo generovány ze simulačního modelu.

Výrobní procesy musí být navázány na systémy a procesy plánování výroby, dodavatelské a odběratelské procesy. Významným rozšířením je navázání na modely chování zákazníka nebo i větších ekonomických či makroekonomických celků. K vytváření těchto modelů, resp. k jejich parametrizaci přispěje opět digitální obraz (SW modul nebo agent v terminologii umělé inteligence) výrobku, který se po opuštění výrobní linky „pohybuje“ a „chová“ spolu se skutečným výrobkem přes další fáze životního cyklu, z nichž lze díky Internetu věcí, lidí a služeb shromažďovat množství dat a zpětně ovlivňovat design (ať už vizuální nebo funkční), výrobní podklady, výrobu atd. Tím se vracíme zpět do dřívějších fází životního cyklu výrobku. Díky simulaci, popsané výše, lze tyto změny ověřit ještě předtím, než jsou promítnuty do skutečné výroby.

Klíčovým předpokladem pro úspěšnou realizaci jakékoliv integrace v podmínkách Průmyslu 4.0 je pak existence standardizovaného prostředí a definovaných komunikačních rozhraní. Aktuálně je v pokročilém rozpracování referenční model RAMI 4.0 (viz Obrázek 6 v Příloze ke kapitole 3).

3.2.2. Analýza velkých dat (Big Data)

Analýza velkých dat je typická oblast ne příliš náročná na materiálové zdroje s velkou přidanou hodnotou. Jako materiálové zdroje vyžaduje výkonnou výpočetní techniku zapojenou do rychlých počítačových sítí. Je naopak velmi náročná na lidské zdroje.

Cílovým stavem je zajištění dostatečného množství odborníků schopných analyzovat a využívat informace obsažené ve velkých datech. Cílem je vývoj robustních a spolehlivých metod strojového učení a rozpoznávání pro automatickou analýzu obchodních dat a procesů, logistiku a dopravu, automatické porozumění statickým nebo dynamickým obrazovým scénám, vyhledávání sémanticky podobných obrazových dat, interakce s obrazovými daty v aplikacích doplněné nebo virtuální reality, v lékařských, sociálních nebo bezpečnostních aplikacích. Dále se jedná o metody analýzy dat v reálném čase, komprese dat, sumarizace videa, automatické indexace signálů, klasifikace dokumentů, digitální konstruování v průmyslu, sledování objektů, analýzy chování a prevence kriminality, fúze multimodálních nebo multisenzorových dat. V oblasti energetiky se jedná o řízení rozsáhlých distribuovaných energetických sítí v reálném čase. Jedná se zejména o elektrickou energii a

plynové, ale i vodní sítě. Vzhledem k otevřenému evropskému trhu s elektrickou energií a orientaci Německa na obtížně řiditelné obnovitelné zdroje je důležitou aplikací analýza nebezpečných výkyvů, predikce možných závad a návrh hospodárných opatření, stejně jako podpora plánování kapacit. Z hlediska propojení s konceptem Internetu věcí (IoT) je klíčovým cílem analýza dat z tzv. paměti výrobků/objektů. Analýza dat v reálném čase má velký průmyslový potenciál, kde je výhodné využít komparativní výhody českých technologických týmů specializovaných na HW akceleraci výpočtů pomocí moderního HW. Cílem je rovněž vytvoření nových obchodních modelů postavených na inovativních užitích dostupných zdrojů dat a datových služeb. Zde je klíčový přenos dat a jejich mezisektorová analýza, kdy data z jedné oblasti podmiňují úspěch v oblasti jiné. Příkladem je energetika a některé typy dopravy, kde je již dnes infrastruktura oddělena od vlastní distribuce.

3.2.3. Autonomní roboty

Cílem rozvoje a zavádění robotizace v ČR je zvýšení produktivity a konkurenceschopnosti našeho průmyslu. Důraz musí být kladen na zjednodušení zavádění nové generace robotů, jako jsou např. autonomní roboty, které lze snadněji programovat, do provozů. Výhody nejnovějších generací robotů se projeví tam, kde se výroba často mění podle požadavků odběratelů, nebo v podnicích soustředujících se na výrobu v menších sériích nebo velmi specializovanou výrobu. Tato strategie v sobě zahrnuje mnoho aspektů. Prvním předpokladem je vzdělávání pracovníků a specialistů.

Z hlediska technologického vyžaduje efektivní zavádění nejnovějších autonomních, inteligentních robotů rozvoj mnoha souvisejících technologií, které jsou popsány v tomto dokumentu. Tyto technologie jsou klíčové jak pro vývoj a výrobu robotů, tak pro zavádění a prosazování robotizace ve výrobních procesech. Zcela zásadní je kvalitní pokrytí republiky komunikační infrastrukturou.

Jednou z cest k rozšíření robotizace by mohlo být vytvoření platformy pro sdílení robotů a prostředků pro jejich programování, testování a zařazení do výrobních procesů. Mnohokrát se osvědčil model pronájmu výrobních prostředků včetně know-how (např. „Internet as a Service“ v Cloud Computingu). Analogický model „Robot as a Service“ (RaaS) by dovilil sdílení robotů včetně SW mezi podniky, propojení robotů s cloudem by umožnilo sdílení a vylepšování programů, vzdálené administrování a sdílení standardů pak usnadnilo i vzdálenou simulaci a testování nových procedur. Pronájem by snížil nároky na iniciační investice, koncentraci odborníků potřebných pro zavádění robotů a zvyšuje dostupnost robotů v rámci všech segmentů průmyslu. Implementace tohoto modelu by však byla možná jen za předpokladu, že budou vyřešeny problémy, vyplývající z toho, že firmy využívající totožné vybavení budou vysoce pravděpodobně vzájemnými konkurenty, kteří nebudou ochotni sdílet zařízení natolik komplexní, že jeho senzorovou síť a vnitřní paměť by bylo velice jednoduše možné zneužít k průmyslové špiónáži.

3.2.4. Komunikační infrastruktura

Zařízení M2M představují velký potenciál – odhaduje se, že počet zařízení M2M celosvětově vzroste ze 124 mil. v r. 2012 na 2,1 mld. v r. 2021²². S rozvojem mobilních sítí se technologický vývoj soustřeďuje na množinu aplikací označovaných pojmem „IMT-2020“, která zahrnuje 3., 4. a 5. generaci mobilních komunikací. Oblast použití není omezena a zahrnuje široké využití od aplikací v průmyslu, v domácnosti, přes aplikace v dopravě až po energetiku.

Zavádění a rozvoj zařízení IoT/M2M předpokládá alokaci potřebných zdrojů, kterými jsou rádiové spektrum, číslovací a adresovací prostor a které proto vyžadují koordinaci v mezinárodním měřítku. Perspektiva IoT/M2M a jeho globální charakter se promítá do aktivit Mezinárodní telekomunikační

²² Zdroj: Analysys Mason, 2012

unie (ITU), která přijala v říjnu 2015 rezoluci²³ k iniciaci konkrétních technických studií s cílem ukořistit základní principy IoT/M2M přijetím globálního konceptu. Dosažení efektivního postupu v regulačních otázkách komunikací iniciativy Průmysl 4.0 je cílem také sdružení evropských regulátorů BEREC a jeho expertní základny. Dynamika vývoje IoT/M2M komunikací vyžaduje minimální regulační intervence na trhu. Cílem je vysoce soutěžní prostředí, v němž se uplatní jen nezbytná míra harmonizace a standardizace, zejména k zajištění úspor z rozsahu, interoperability, bezpečnosti a kvality.

3.2.5. Datová úložiště a cloudové výpočty

Do budoucna lze předpokládat velký rozvoj v rozšiřování datových úložišť a cloudových služeb ať už z pohledu kapacity, tak i z pohledu nabízené funkčnosti. Cloud bude stále více využíván jak podniky, a to nejen průmyslovými, tak i jednotlivci a ve spojení s rozvojem Průmyslu 4.0 se zvýší i využití cloudu autonomními zařízeními (IoT). Rozšíří se používání veřejných i soukromých cloudů pro jednotlivé pracovní úkoly a tím vzroste i potřeba zpracovávat data odkudkoliv a kdykoliv.

Budou vznikat také komunitní cloudy zaměřené na skupiny podniků a jednotlivců, které mají společné zájmy. Služby poskytované na těchto cloudech budou zaměřené oborově (například na automobilový průmysl) a budou představovat výraznou přidanou hodnotu pro všechny zapojené účastníky, ať už se bude jednat o výrobce, dodavatele, či koncové zákazníky.

Je nezbytné se zaměřit nejen na zvyšování kapacit a rychlostí, ale také na kvalitu nabízených služeb. Cloud computing lze vidět i jako příležitost pro ČR, kdy máme možnost se podílet na přípravě nových technologií a standardů. Aby to bylo možné, je nutné vychovávat dostatečný počet odborníků na špičkové úrovni, kteří budou mít znalosti nejenom z oblasti HW, ale budou také schopni přinášet nové poznatky při vývoji aplikací, například v oblasti teoretického výzkumu a vývoje algoritmů a principů cloudového ukládání a zpracování dat (operace nad šifrovanými daty, bezpečné ukládání a přístup k šifrovaným datům apod.).

Otázka bezpečnosti bude nadále růst na významu, protože s rozšiřování cloudových služeb poroste i počet pokusů o krádeže a zneužití dat. Bezpečnost dat bude nutné řešit nejenom na rovině technologické, ale také v oblasti standardizace a legislativy. Standardy jsou důležité i v oblasti výměny dat mezi různými zařízeními a výpočetními systémy. Chybějící standardy a specifikace by mohly omezit budoucí rozvoj těchto technologií a zpomalit jejich masové nasazení. Kvalitní legislativa a systém certifikací datových úložišť a cloudových služeb je nutný předpoklad pro zajištění důvěryhodnosti a použitelnosti pro koncové uživatele.

3.2.6. Aditivní výroba

Díky eliminaci náročné technologické přípravy výroby, zkrácení fáze návrhu a výroby prototypu je v případě aditivních technologií možné zásadně zkrátit uvedení výrobku na trh. Vývojový proces se stává kontinuální bez technologických omezení. Schopnost číst digitální data umožňuje zefektivnit plánování ve vztahu výrobní čas – materiál – výrobek. Přesný odhad množství materiálu a simulace výrobního procesu optimalizuje skladové hospodářství a řízení zakázek. Využití AM technologií vede na redukci nákladů na vývoj a zrychlení vývojového cyklu. Aditivní výroba přináší řadu výhod v oblasti „Material Requirements Planning (MRP, MRP II, ERP)“. Jelikož proces výroby je realizován aditivně, tedy postupným přidáváním materiálu, je možné poměrně přesně určit, kolik materiálu a výrobních prostředků je potřeba.

²³ Rezoluce ITU-R [IoT] Studies related to wireless systems and applications for the development of the Internet of Things (IoT), kterou přijalo Radiokomunikační shromáždění sektoru ITU-R.

Zavedení plně digitální výroby umožňuje vzdálenou správu a možnost zapojení pracovníků z odlehlých regionů s flexibilní formou práce. S nástupem AM technologií jsou vytvářeny nové pracovní pozice a příležitosti. Jedná se o technické obory, IT služby, dodavatelské služby, ale sekundárně i pozice ve výzkumu. Oblast aditivní výroby v současném stavu je z hlediska lidských zdrojů v deficitu a poskytuje nové příležitosti především v technických a IT oborech.

Aditivní technologie umožňují vyrábět tvarově různorodé díly bez nutnosti hardwarové rekonfigurace stroje a bez nutnosti zdlouhavé programovací softwarové přípravy. Je tak možné do sériové výroby zavést přizpůsobení každého výrobku specifickým potřebám zákazníka. Typickým příkladem mohou být náhrady lidského těla, ortézy apod.

Cílovým stavem by měla být situace, kdy dojde k propojení internetových rozhraní na úrovni software a hardware, logistických systémů, automatizace výroby, prediktivních systémů pro simulaci výroby a výrobních nákladů, kontrolních systémů do jednotného dodavatelského řetězce respektive ekosystému.

3.2.7. Rozšířená realita

Aplikačně: plně integrovat rozšířenou realitu do informačních systémů s cílem maximalizovat okamžitý tok informačních dat z (cloudových) systémů k individuálním uživatelům. Tím urychlit, zpřesnit a zefektivnit ty části průmyslových procesů, v nichž je důležitou součástí lidská, tj. ne-robotická práce. Využít AR pro celý životní cyklus výrobku, od výroby/montáže přes servis/opravy až po ekologickou likvidaci/rozebrání.

Technologicky: preference brýlí před ostatními technickými řešeními z důvodu volných rukou při nasazení v průmyslových aplikacích. Vývoj tzv. inteligentních čoček je nadějnou alternativou do budoucnosti.

V průmyslových aplikacích se aktuálně hledá využití AR pro níže uvedené scénáře. Většina z nich je realizovatelná v běžném nasazení v horizontu deseti let. U scénářů je kladen důraz na to, aby zařízení pro AR co nejméně omezovalo uživatele. Předpokládá se prostorově ohraničené, nikoliv obecné prostředí. Důležitým faktorem je to, že AR neklade požadavky na vzdělání uživatelů (pozitivní dopad na zaměstnanost v celém spektru populace).

Nové aplikace umožněné technikou rozšířené reality:

- Skladové a logistické operace - rozpoznávání objektů a čtení čárových kódů na velkou vzdálenost, dynamické změny rozložení skladu, a automatická navigace v takovém skladu.
- Doprava - projekce s informacemi o provozu a navigace na skle nebo v brýlích.
- Value-services (VAS) - dodavatel zařizuje montáž zboží, které přejímá od subdodavatelů, pracovníci vykonávající montáž budou navigováni pomocí AR a také tak bude kontrolován výsledek. Nebudou kladeny vysoké nároky na proškolení pracovníků a budou moci provádět více různých druhů montáží.
- Servis - pomoc při servisu od zkušenějšího pracovníka, postup servisu v AR (postup rozebrání a složení), vizualizace komponent výrobku před rozebráním, vizualizace informace o provozu.
- Automatický překladač manuálů, AR manuály jdoucí s výrobkem (AR manuál zamíří uživatel například na varovnou signalizaci a manuál mu sdělí, o jaký jde problém a jak jej řešit).
- Internet věcí (IoT) - vizualizace stavu věcí na tabletech či v brýlích.
- Likvidace a recyklace výrobků - demontáž cenných komponent naváděná AR aplikací.

S nasazením technologií AR je spojeno mnoho očekávání, která mohou skutečně přinést téměř revoluční změny v komunikaci mezi lidmi a technickými zařízeními. Úspěch je však podmíněn

i dořešením řady dílčích problémů, jak technických, tak např. i psychologických. Seznam těchto problémů je uveden v Příloha 3.1.

3.2.8. Senzory

Jednotčím cílem pro celý obor senzoriky je dát k dispozici kvalitativně novým automatizačním a robotickým průmyslovým systémům také kvalitativně nové nástroje měření, snímání a zobrazování. Toto nebude možné na bázi současných řešení, která jsou nyní na trhu, ani to nebude možné jejich pouhým inkrementálním vylepšováním.

Výrobu měřicích, zobrazovacích a detekčních přístrojů a systémů lze bezesporu řadit mezi high-tech průmyslové sektory. Dosažení vedoucí pozice na světových trzích (nebo alespoň přiblížení se k ní) na poli senzoriky je možné dosáhnout pouze produktovou nabídkou opravdu kvalitativně nových snímačů a měřicích systémů využívajících nových metod a principů. Důležitý je rozvoj metod prediktivní údržby s využitím sítí inteligentních čidel i inteligentní využívaní senzorických dat v systémech typu SCADA. Udržení se na světové vedoucí pozici pak vyžaduje vlastní průmyslový výzkum a vývoj a dlouhodobou spolupráci se špičkovými výzkumnými organizacemi. Podpora domácího high-tech sektoru výrobců senzorů by mohla být odpovědí nejen na potřeby Průmyslu 4.0, ale i vlastní výrobní náplně domácích výrobců. Výchozí pozice ČR, průmyslu i výzkumu, je pro to příznivá.

3.2.9. Kybernetika a umělá inteligence

Klíčem k širšímu prosazování myšlenek Průmyslu 4.0 jak v oblasti výroby, tak i služeb je nové nastavení myšlení inženýrské i neinženýrské komunity směrem k decentralizovaným systémům bez centrálních rozhodovacích prvků, tedy k akceptaci myšlenek moderní teorie složitých systémů opírajících se o multiagentní systémy jako modely chování takových složitých systémů. To výrazně usnadní flexibilitu integrace dílčích subsystémů různorodého charakteru, ať již horizontální, vertikální či v oblasti inženýrských prací. Vysoká modularita dílčích systémových komponent, jednoduchá standardizovaná komunikace mezi subsystémy, často organizovaná v rámci SOA (Service Oriented Architecture) představují klíčový trend v oblasti systémové integrace pro potřeby Průmyslu 4.0. Lze očekávat vznik několika málo široce akceptovaných softwarových referenčních architektur, které budou zajišťovat vysokou interoperabilitu relativně autonomních modulů a subsystémů. V takovýchto systémech bude poměrně jednoduše možné realizovat požadavky na strukturální bezpečnost, rozšiřitelnost a dynamickou rekonfigurovatelnost praktických řešení.

Lze očekávat výrazné zefektivnění výroby a lepší využití zdrojů díky agentovému plánování, které umožňuje dynamicky reagovat na probíhající změny. Rozsáhlé znalostní struktury ontologických dat budou nejen usnadňovat komunikaci a výměnu informací, ale stanou se též významnou součástí systémů výroby a služeb. V dlouhodobém horizontu se samy o sobě znalosti, spojené s výrobou či službami průmyslu 4.0 mohou stát obchodní komoditou.

Široké využití metod počítačového modelování a simulace s využitím dobře reprezentovaných znalostí povede ke zkrácení náběhové doby nových výrobních systémů, k efektivnímu ověřování nových metod a postupů ve výrobě i službách.

Metody strojového učení budou hrát významnou roli při inteligentním zpracování a využívání rozsáhlých souborů naměřených dat. Budou klíčové mj. pro zajišťování počítačové bezpečnosti i pro optimalizaci dlouhodobého rozhodování.

Metody interakce člověk-stroj s využitím moderní senzoriky povedou k výrazně realističtější komunikaci člověk stroj a k přirozenějšímu vnořování strojů, zejména robotů, do výrobního řetězce.

Budou rozvíjeny a zejména v širším měřítku uplatňovány metody automatického řízení výrobních systémů s cílem optimalizovat procesy, produkty a energetickou či zdrojovou náročnost jejich produkce.

3.2.10. Nové technologie

Nové technologie v interakci s člověkem i mezi sebou představují výzvu na globální i národní úrovni. Cílem českého průmyslu – na úrovni podniků i vlády – by měla být schopnost a připravenost flexibilně reagovat na rychle se měnící prostředí s ohledem na správné pochopení nových a rozvíjejících se technologií a jejich potenciálu pro společnost. Jak ve velkých korporacích, ale i v malých a středně velkých firmách nebo nově vznikajících společnostech (technologické spin-offy a start-upy). Pro tyto firmy může být Průmysl 4.0 příležitostí pro objevení nových metod a postupů podporujících implementaci nových technologií do reality. Zde je nutné podpořit zejména interdisciplinární přístup a sdílení znalostí a zkušeností mezi všemi aktéry (velké podniky, MSP a výzkumné organizace). Nutným předpokladem je existence a dostupnost relevantního technologického zázemí (hardware, software). Významnou roli zde můžou sehrát otevřené vědecké a technologické platformy, specializované laboratoře (například Fablaboratoře, TechShopy) a takzvané TestBedy (testovací platformy pro experimentální a výzkumné účely, které se skládají z reálného hardware a podléhají fyzikálním vlivů okolí), otevřené inovace, aplikovaný a mezioborový výzkum.

Průmysl 4.0 je velmi komplexní a interdisciplinární téma. Kromě pochopení podstaty nových či průlomových technologií bude důležitá schopnost kreativně je kombinovat se znalostmi v oblasti humanitních věd, vnímat je v širším kontextu sociálních a ekonomických souvislostí. Použití průmyslových aplikací a nových technologií nebude omezeno pouze na konkrétní odvětví nebo na výrobu, bude se prolínat širokým spektrem procesů, vztahů, produktů a služeb.

3.3. SWOT analýza

Silné stránky

- Rozvinutá průmyslová výroba.
- Provázanost dodavatelsko-odběratelských řetězců s předními společnostmi ve světě.
- Rozsáhlá výrobní základna výrobců standardních robotů a automatizace výroby. Zkušenosti s implementací, zavádění do výroby.
- Rozsáhlá výrobní základna senzorů a měřicích systémů.
- Vybudovaná infrastruktura pro základní i aplikovaný výzkum v oblasti aditivní výroby.
- Kvalitní výzkumná základna v Akademii věd ČR a několika fakultách vysokých škol v oblasti senzoriky a analýzy velkých dat.
- Kvalitní výzkum v oblasti kybernetiky, robotiky a umělé inteligence na několika fakultách technických vysokých škol.
- Kvalitní výzkum v oblastech počítačového vidění a počítačové grafiky, potřebných pro úspěšné nasazení rozšířené reality v průmyslu.
- Provázanost výzkumných institucí v oblasti aditivní výroby s aplikačním sektorem.
- Tvorba inovativních komunikačních aplikací s dopadem do globálního trhu.
- Světová úroveň poskytovaných cloudových služeb, odpovídající know-how a dostatečný počet odborníků v oboru datových uložišť a cloudových výpočtů.

- Výhodná poloha ČR pro výstavbu datových center z pohledu stabilního geopolitického a geografického umístění (meteorologické a geologické).

Slabé stránky

- Nedostatek finančního, materiálního (HW, SW), znalostního a lidského kapitálu pro zavádění a uplatňování technologických standardů Průmysl 4.0.
- Nedostatečná podpora vědeckého bádání pro získávání některých chybějících matematických a informatických poznatků v oblasti analýzy dat, nedostatek odborníků a jejich špatné finanční ohodnocení výzkumníků i analytiků.
- Nedostatečný zájem o studium na vysokých školách v oborech získávání znalostí z dat, počítačového vidění a počítačové grafiky, aditivní výroby.
- Nedostatečné kapacity soukromých výrobců investovat do dalšího vývoje senzorů.
- Nedostatečné využití výzkumné základny v oblasti aditivních technologií.
- Neexistující národní strategie pro rozvoj datových center z pohledu infrastruktury datových sítí, zálohovaných zdrojů energií a geograficky bezpečného umístění.
- Malá koordinace výzkumu v oblasti robotiky, špatné přenášení výsledku výzkumu do praxe. Výzkumné skupiny jsou malé a je obtížné akumulovat dostatečné financování.
- Velká náročnost českého průmyslu na lidské zdroje, nízké marže omezující investice.
- Pomalé zavádění robotiky ve výrobních firmách, které nemají dostatečně velké výrobní programy tak, aby robotizace byla levnější než pracovníci.
- Nízká míra využívání informačních systémů a jejich integrace v podnikové sféře, zvláště u malých a středních firem, nedostatečné využívání nástrojů k horizontální integraci (Electronic Data Interchange).

Příležitosti

- Zlepšení struktury české ekonomiky od málo náročné subdodavatelské průmyslové ekonomiky ke znalostní a vysoce výnosné ekonomice a tím přiblížení k ekonomické úrovni vyspělých států.
- Zvýšení konkurenceschopnosti firem díky integraci do dodavatelsko-odběratelských řetězců.
- Zvýšení flexibility výroby a reakce na zákaznickou poptávku, zrychlení inovačního cyklu díky aktivnímu řízení životního cyklu výrobku, možnost optimalizace návrhových, výrobních a dodavatelsko-odběratelských procesů.
- Vznik nových průmyslových a vědních oborů, kombinování různých technologií a vědních oborů (např. aditivní výroba s pomocí nových materiálů, spojení biotechnologií a informačních technologií).
- Možnost uplatnění pro mnoho softwarových vývojářů a začínajících firem v oboru rozšířené reality s potenciálem dosažení úspěchu nejen v ČR, ale i celosvětově.
- Velký potenciál pro rychlý rozvoj informačních technologií.
- Implementace směrnice EU pro zjednodušení výstavby širokopásmových sítí.
- Poskytování cloudových služeb v globálním měřítku umožňující dosahování zajímavých zisků.

- Zjednodušení, zefektivnění a zlevnění firemní IT infrastruktury díky intenzivnějšímu využívání cloudových služeb.
- Vznik a podpora nového tržního segmentu v oblasti aditivní výroby a vytvoření nových pracovních míst ve znalostní ekonomice.
- Propojení průmyslových podniků a VaV organizací na bázi clusterů za účelem rozšiřování a sdílení vědomostí a dovedností v odvětví aditivní výroby.
- Šance pro technologicky inovativní začínající malé a středně velké podniky pro expanzi do zahraničí.
- Využití nastávajících možností získávání znalostí z velkých dat a tím možné konkurenční výhody pro český průmysl.

Hrozby

- Nedostatečně pokrytá oblast kybernetické bezpečnosti a bezpečnosti zpracovávaných dat.
- Odchod talentovaných odborníků do zahraničí díky lepším pracovním podmínkám ve vyspělých zemích a zároveň vysoké poptávce po takových odbornících v těchto zemích. Důsledkem je i malá atraktivita pro práci špičkových zahraničních vědců v našich výzkumných institucích.
- Značná finanční a technologická náročnost kvalitního výzkumu v klíkových oborech kybernetiky, robotiky, umělé inteligence, sensoriky, strojového vidění a biosenzorech.
- Nedůvěra mezi výzkumnou a výrobní sférou a nefungující transfer znalostí a technologií.
- Silná konkurence globálních poskytovatelů cloudových služeb pro české firmy vlivem dobře propojeného a vysoce konkurenčního globálního trhu.
- Absence vlastního know-how v oblasti aplikací aditivní výroby. Vysoká zahraniční konkurence a technologický náskok v oblasti aditivní výroby.
- Nedostatečné informace o reálných vlivech realizace konceptu Průmysl 4.0 na pracovní síly a trh práce.
- Vytváření vlastních komunikačních standardů v případech, kde existuje nadnárodní ekvivalent.

3.4. Aktuální výzvy a jejich možná řešení

Významným atributem nové průmyslové revoluce jsou velmi rychlé a dynamické změny na trzích, na které je potřeba včas a flexibilně reagovat a nové tržní příležitosti soustavně monitorovat a v předstihu vyhledávat. K tomu by měl sloužit systém kontinuálního foresightu založený na soustavném sledování a analýze budoucích příležitostí, které mohou mít vliv na rozvoj konkurenceschopnosti výzkumné a aplikační sféry. Základním prvkem takového systému je soustavný (a částečně automatizovaný) horizon scanning zacílený na sledování a analýzu tržního prostředí a na shromažďování signálů spojených s technologickými rozvojovými změnami, které v tomto prostředí probíhají.

Výsledky horizon scanning lze následně využít v cíleném foresightu a upřesnit je podle konkrétních potřeb na vyhodnocení možného budoucího vývoje. Kontinuální foresight by měl umožnit zejména:

- Pozorování blížících se změn (paradigmat) v technologickém vývoji a ve vývoji trhů
- Umožnit rychlé změny v rozhodování o budoucích rozvojových strategiích

- Popis budoucích obchodních a výzkumných příležitostí
- Rozvoj nových myšlenek a konceptů
- Vytvoření vhodné expertní platformy spolupráce (zastoupení všech sektorů)

Významným předpokladem pro fungování systému kontinuálního foresightu je sdílení dat a informací z různých zdrojů veřejné správy v rámci jedné databanky.

SWOT analýza v kapitole 3.3 poskytuje ucelený pohled na slabé stránky a hrozby, ale také na příležitosti, které je třeba nepromarnit. Hlavní aktuální výzvy a jejich možná řešení lze shrnout do následujících skupin:

Podpora vědy a výzkumu a komercializace

- Nedostatečná podpora vědeckého bádání v oblastech matematických a infromatických poznatků analýzy dat, aditivní výroby, senzorů, rozšířené reality, kybernetiky a umělé inteligence
- Nedostatečné využití výzkumné základny v oblasti aditivních technologií.
- Malá koordinace výzkumu v oblasti robotiky, špatné přenášení výsledku výzkumu do praxe. Výzkumné skupiny jsou malé a je obtížné akumulovat dostatečné financování.
- Roztříštěnost výzkumného úsilí v důsledku účelového financování výzkumu prostřednictvím mnoha malých grantů a projektů, a tím obtížné dosažení kritické masy a skutečné excelence ve vybraných oborech.

Možná řešení:

- Podpora interdisciplinárního teoretického výzkumu a vývoje výzkumných programů s důrazem na řešení témat spojených s problematikou Průmyslu 4.0 jako rozšířená realita v průmyslu a interakce člověka s digitálními komponentami reálného prostředí, datové a komunikační technologie, aditivní výroba, robotizace, automatizace, kybernetika, umělá inteligence, průmyslová integrace, algoritmy a principy cloudového ukládání a zpracování dat. Podpora výzkumu materiálů určených pro aditivní výrobu, biomateriály, supravodiče, magnetické materiály, superslitiny, amorfni kovy, keramické kompozity, materiály s nanočásticemi a polymery.
- Podpora zakládání a provozu infrastruktur typu FabLabs, fast prototyping, TestBed (pro výzkumné nebo experimentální účely) a TestBed aliancí komerčních a vědecko-výzkumných organizací.
- Podpora zakládání a kapitálových investic/vstupů technologických start-upů či spin-offů.

Spolupráce průmyslu a výzkumných institucí

- Nedůvěra mezi výzkumnou a výrobní sférou v ČR a nefungující transfer znalostí a technologií.
- Nedostatečné kapacity soukromých výrobců investovat do výzkumu.

Možná řešení:

- Propojení podniků a VaV organizací na bázi clusterů za účelem rozšiřování a sdílení vědomostí a dovedností v odvětví aditivní výroby.
- Podpora znalostního transferu, spolupráce mezi firmami a výzkumnými organizacemi.
- Podpora firemního vývoje podniků, včetně jejich propojení s výzkumnými institucemi.

Vzdělávání a lidské zdroje

- Nedostatek znalostního a lidského kapitálu pro zavádění a uplatňování technologických standardů Průmysl 4.0.
- Nedostačující výchova odborníků na vysokých školách v oborech získávání znalostí z dat, počítačového vidění a počítačové grafiky, aditivní výroby, kybernetiky, automatizace, umělé inteligence, bezpečnosti
- Riziko odchodu talentovaných odborníků do zahraničí díky lepším pracovním podmínkám ve

Možná řešení:

- Nové nastavení vzdělávání s důrazem na vznik a podporu nových studijních oborů vycházejících z potřeb interdisciplinární integrace včetně rozšíření výuky rigorózních oborů (matematika, logika, programování, fyzika) a cizích jazyků (zejména angličtiny) od základního vzdělávání.
- Zlepšení vzdělávání na VŠ v oborech získávání znalostí z dat, rozpoznávání dat, modelování a strojového učení, integrace, testování, bezpečnosti a vizualizace dat, cloudová řešení a služby,

vyspělých zemích a zároveň vysoké poptávce po takových odbornících v těchto zemích.

- Malá atraktivita pro práci špičkových zahraničních vědců v našich výzkumných institucích.

počítačové vidění, počítačová grafika, rozpoznávání řeči, klasifikace dokumentů, dále pak v matematické oblasti.

- Posílení interdisciplinarit a získávání praktických zkušeností v procesu výuky.
- Podpora stáží odborníků především z Německa, Francie, Anglie, USA na českých VŠ. Posílení spolupráce se zahraničními univerzitami a výzkumnými ústavy, podpora mezinárodní mobility studentů a výzkumníků.
- Intenzivní využívání moderních technologií ve výuce na všech stupních (multimédia, interaktivní mobilní aplikace, rozšířená a virtuální realita, serious games, apod.).
- Podpora v oblasti celoživotního vzdělávání a rekvalifikace.

Komunikační a datová infrastruktura

- Administrativní překážky při výstavbě ultrarychlých komunikačních infrastruktur.
- Neexistující národní strategie pro rozvoj datových center z pohledu infrastruktury datových sítí, zálohovaných zdrojů energií a geograficky bezpečného umístění.

Možná řešení:

- Vytváření podmínek pro vznik vhodných lokalit splňujících požadavky na budování datových center.
- Podpora investic do nových síťových, senzorových a výpočetních technologií, datových úložišť a výzkumných a analytických lidských zdrojů.
- Podpora státu při budování klíčové sdílené ICT infrastruktury (vysokorychlostní sítě v celé ČR na úrovni fyzického, bezdrátového a mobilního zabezpečeného připojení).

Kybernetická bezpečnost a ochrana osobních údajů

- Nejasný regulační režim v oblasti ochrany osobních údajů.
- Nedostatečně pokrytá oblast kybernetické bezpečnosti a bezpečnosti zpracovávaných dat.

Možná řešení:

- Vytvoření systému technických a bezpečnostních certifikací.
- Tvorba legislativy umožňující firmám ukládat a zpracovávat na certifikovaných cloudových službách citlivá data. Definice standardů a legislativních opatření pro přechod mezi jednotlivými poskytovateli cloudových řešení.
- Definice standardů a legislativních opatření pro poskytování privátních datových úložišť třetí stranou pro komerční sektor i veřejnou.
- Vyřešit rozpor mezi ochranou osobních dat a sběrem a opakovaným využíváním dat.
- Stanovení požadavků na zabezpečení přenosu a správy dat IoT, efektivní ochranu osobních údajů.

Standardizace a normalizace

- Nevhodná praxe Vvytváření vlastních komunikačních standardů v případech, kde existuje nadnárodní ekvivalent.

Možná řešení:

- Podpora nezbytné míry harmonizace a standardizace, interoperability, bezpečnosti a kvality, aktivní zapojení do mezinárodních standardizačních komisí, překlad a implementace již existujících mezinárodních standardů, převzetí relevantních standardů/norem a jejich lokalizace.

Implementace

- Nedostatek finančního, materiálního, znalostního a lidského kapitálu pro zavádění a uplatňování

Možná řešení:

- Marketing celého konceptu Průmysl 4.0 u veřejnosti, včetně jeho přínosů.

technologických standardů Průmysl 4.0.

- Nízká motivace zaměstnanců pro zavádění a uplatňování standardů Průmysl 4.0 v praxi.
- Pomalé tempo zavádění technologií aditivní výroby, kybernetiky a robotiky ve výrobních firmách.
- Nízká míra využívání informačních systémů a jejich integrace v podnikové sféře, zvláště u malých a středních firem.
- Podpora multioborového technického vzdělávání pro ne-odborníky formou veřejných workshopů, FabLabů a technických festivalů.
- Plán investičních pobídek pro podniky zavádějící technologie dle standardů Průmysl 4.0.
- Zvážit založení státem podporované organizace, která by podnikům pomáhala zavádět robotizaci.
- Podpora vzniku klastrů zaměřených na jednotlivé technologie a související služby.
- Podpora vzniku nových školících center s vazbou na vysoké školy a testbedy, která umožňují rozvoj podnikatelských subjektů ve vazbě na Průmysl 4.0.

4. Nové požadavky na aplikovaný výzkum v ČR

Prof. Ing. Vladimír Mařík, DrSc., RNDr. Martin Bunčec, Ph.D., Mgr. Pavel Csank, Prof. RNDr. Jan Hajič, Dr., Ing. Jiří Kubalík, Ph.D., Ing. Michal Pazour Ph.D., Ing. Jan Proksch, Prof. Ing. Josef Psutka, CSc., Ing. Roman Šiser, Prof. Ing. Pavel Václavek, Ph.D., Prof. Ing. Miroslav Václavík, CSc., Doc. Ing. Jan Židek, CSc.

Tato kapitola nejprve stručně charakterizuje základní aktuální problémy aplikovaného výzkumu, zejména stále nízký podíl prostředků spotřebovaných na aplikovaný výzkum a experimentální vývoj především institucemi ve vládním sektoru, malý podíl v praxi uplatnitelných výsledků a nedostatečnou provázaností výzkumných kapacit veřejného a soukromého sektoru. Prvním úkolem je financování soustředit na oblasti klíčové pro Průmysl 4.0. K tomuto účelu je třeba analyzovat skutečné potřeby české průmyslové praxe a inventarizovat kapacity relevantního aplikovaného výzkumu a jeho růstový potenciál. Nezastupitelnou roli budou zde sehrávat technologie kybernetiky a umělé inteligence. Výzkumný prostor je třeba zásadním způsobem rekonstruovat tak, aby vznikla páteří síť Národních center, zaměřená na vybrané klíčové úlohy, financovaná částečně institucionálně, převážně však z prostředků průmyslu. V této síti lze postupně vybudovat systém experimentálních poloprovůzů nebo jejich částí (testbedy), sloužících k vývoji a ověřování myšlenek a algoritmů Průmyslu 4.0 v semireálných podmínkách. Budou tak vytvořeny podmínky pro to, aby i malé či střední firmy měly možnost využívat výsledků výzkumu bez nutnosti financovat investičně nákladný výzkum v oblasti Průmysl 4.0. Síť Národních center dobře poslouží i velkým globálním firmám a jejich výzkumně-vývojovým jednotkám v ČR. Iniciativa Průmysl 4.0 je významnou výzvou i pro aplikovaný společenskovední výzkum, jehož výsledky by měly napomoci absorpci myšlenek Průmyslu 4.0 celou společností ve snaze vyhnout se turbulencím na trhu práce a vytvoření nových pracovních příležitostí.

4.1. Současný stav

Přestože celkové výdaje na aplikovaný výzkum (AV) a experimentální vývoj (EV) v ČR v absolutním vyjádření dlouhodobě rostou, jejich podíl na celkových výdajích na VaV stagnuje, v mezinárodním srovnání je relativně nízký a zcela neodpovídá významnému postavení zpracovatelského průmyslu ve struktuře české ekonomiky.²⁴ Ani deklarované úsilí vládní výzkumné politiky o posílení aplikovaného výzkumu a vývoje nebylo dosud dostatečné, když podíl výdajů na AV a EV představoval pouze 49 % z celkových výdajů na účelovou podporu VaV v roce 2015 (bez započtení výdajů na infrastrukturu výzkumu). Od roku 2012 je rovněž patrný celkový pokles objemu účelové podpory poskytované v souhrnu z rozpočtových kapitol MPO a TA ČR, tedy klíčových subjektů, které podporují AV a EV pro potřeby průmyslu, viz podrobná analýza v Příloze 4.1.

Na současném nepříliš uspokojivém stavu AV a EV v ČR se podepsal také mimo jiné systém institucionálního financování výzkumu navázaný na hodnocení výsledků VaV. Současná metodika hodnocení výsledků VaV stimuluje výzkumné organizace k produkci publikačních výsledků a pouze v omezené míře k realizaci výzkumu pro potřeby podniků. Proto došlo v posledních letech k výraznému zvýšení publikační aktivity, nikoliv však s důrazem na vznik výsledků uplatnitelných v praxi. Omezená produkce výsledků VaV s mezinárodní průmyslově právní ochranou odkazuje ČR na pozici přejímatele nových technologií vznikajících v jiných zemích, což zužuje prostor pro využití konkurenční výhody na globálních trzích.

Omezený počet výsledků VaV uplatnitelných v inovacích je navíc umocněn nízkou mírou skutečného využití těchto výsledků v praktických aplikacích, o čemž svědčí minimální objem realizovaných

²⁴ Podrobněji je stav aplikovaného výzkumu v ČR popsán v příloze 4.1.

příjmů z licencí na patenty a užitné vzory. Limitujícím faktorem pro efektivní uplatnění výsledků aplikovaného výzkumu v inovacích je i slabá úroveň spolupráce vysokých škol a veřejných výzkumných institucí s podniky. Bez většího propojení těchto sektorů bude obtížné motivovat veřejný výzkum k produkci výsledků VaV uplatnitelných v inovacích.

V souhrnu lze konstatovat, že se nyní v ČR plně projevují důsledky likvidace (nebo minimálně výrazného omezení) základny aplikovaného výzkumu v 90. letech minulého století bez adekvátní náhrady. Poničené vazby podniků na výzkumné ústavy, které realizovaly výzkum na poptávku a podle potřeb těchto podniků, se nepodařilo nahradit vytvořením efektivních vazeb mezi podniky a vysokými školami či veřejnými výzkumnými institucemi. Dochází tak k výraznému oddělení vývoje veřejného výzkumu (a zaměření jeho výzkumných aktivit) a podniků (a jejich poptávky po výzkumu). To se projevuje ve slabé úrovni kooperačních vazeb vyjádřené objemem podnikových zdrojů financujících výzkum na vysokých školách a veřejných výzkumných institucích, ale také v nízkém počtu výsledků veřejného výzkumu uplatnitelných v inovacích. To vše společně s nízkou mezisektorovou mobilitou výzkumníků limituje efektivní vzájemný přenos nových poznatků a znalostí mezi veřejnými výzkumnými organizacemi a podniky, a tím i omezuje možné dopady veřejné podpory výzkumu na zvýšení přidané hodnoty české ekonomiky.

Z hlediska zaměření výzkumné a inovační politiky ČR je proto důležité, soustředit se na obnovení institucionální základny aplikovaného výzkumu a koncentrovat podporu do VaV v perspektivních oblastech odpovídajících specializaci české ekonomiky (viz kapitola 4.3.1). Obnovení institucionální základny aplikovaného výzkumu by nemělo být docíleno budováním nových výzkumných kapacit a týmů, ale transformací části existujících výzkumných kapacit ČR na kvalitní pracoviště (centra) aplikovaného výzkumu, která budou realizovat výzkum podle potřeb podniků a ve spolupráci s nimi, a kde budou vznikat poznatky s vysokým potenciálem pro přímé uplatnění v inovacích. Významnou část rozpočtu těchto center by měly tvořit příjmy z podnikového sektoru. Inspirací ze zahraničí pro fungování takových center mohou být dánské ústavy GTS²⁵ s regionální působností, které jsou zaměřeny na konkrétní technologické oblasti, či finská Strategická centra pro vědu, technologie a inovace (SHOK²⁶).

4.2. Směry dalšího vývoje

Iniciativa Průmysl 4.0 musí významným způsobem přispět k zásadní transformaci stávajícího prostoru aplikovaného výzkumu směrem k vysoce efektivnímu národnímu ekosystému aplikovaného výzkumu, opírajícího se o státem moderovaná silná národní centra aplikovaného výzkumu pro Průmysl 4.0 financovaná částečně institucionálně, ale převážně z prostředků průmyslu. Role státu spočívá především v metodické pomoci při analýze stavu a potřeb aplikovaného výzkumu, při stanovování cílů aplikovaného výzkumu v souladu s potřebami a možnostmi celé společnosti. Stát sehrává klíčovou roli při účelné koncentraci prostředků podpory pro realizaci transformace výzkumného prostoru a naopak zabraňuje roztržitosti této podpory do podkritického množství při orientaci na vytipovávání jednotlivých odvětví či výrobků k podpoře. Stát nese odpovědnost za výchovu a vzdělávání odborníků ve spojení s výzkumem pro Průmysl 4.0 na veřejných vysokých školách a za orientaci univerzit směrem k efektivní spolupráci s průmyslovou praxí. Podniká v tomto směru jasně zdůvodnitelné kroky. Vůbec nejdůležitější rolí státu v procesu transformace výzkumného prostoru je průběžná moderace dialogu všech účastníků tohoto procesu.

²⁵ [GTS - Advanced Technology Group](#) ("Godkendt Teknologisk Service" – akreditovaní poskytovatelé technologických služeb). Síť devíti nezávislých výzkumných a technologických neziskových organizací, které jsou odpovědným ministerstvem akreditovány na období 3 let.

²⁶ [Strategisen huippuosaamisen keskittymät](#). Šest neziskových organizací působících v klíčových odvětvích hospodářství.

Iniciativou Průmysl 4.0 zrekonstruovaný prostor aplikovaného výzkumu bude trvale napomáhat postupné transformaci průmyslu ČR z jeho tradiční podoby do inovované podoby s maximální implementací nejmodernějších nástrojů a principů z oblasti Průmyslu 4.0. Bude poskytovat národní výzkumnou infrastrukturu nabízející firmám s nedostatečným vlastním výzkumem a vývojem, zázemím či inovačním potenciálem podněty, pilotní studie a nástroje k posílení jejich konkurenceschopnosti. Vyšší konkurenceschopnost by měla být podnícena trvalým procesem inovativních změn v oblasti organizace, řízení a infrastruktury jejich výroby. Aplikovaný výzkum umožňuje a usnadňuje firmám implementaci moderních prvků do jejich řídicích procesů, výrobní infrastruktury nebo výrobků či služeb.

Standardní modulární a flexibilní prvky či řešení osvědčená u výrobců v ČR by se následně mohly samy stát produktem nabízeným dodavateli investičních celků, výrobních strojů a linek do světa. V nejlepším případě by mohly sloužit jako standardizované platformy využívané v zahraničí při konverzi průmyslu systémovými integrátory v daných zemích. Výrobní podniky v ČR by takto měly dostat podnět k implementaci stejných moderních principů i do svých výrobků.

Očekávané výstupy činnosti celého ekosystému aplikovaného výzkumu pro potřeby Průmyslu 4.0 lze kategorizovat takto:

1. Trvale upřesňované přehledové zprávy o vývoji technologií uplatnitelných v rámci národní iniciativy Průmysl 4.0 na celosvětové úrovni.
2. Případové studie jako výsledek výzkumných činností národních aplikačně orientovaných výzkumných center nebo jako výsledek transferu výsledků či znalostí od světových leaderů v dané oblasti, vzniklé ve spolupráci s průmyslem v rámci HW výzkumných platform (testbedů).
3. Metodické návody pro implementaci výsledků aplikovaného výzkumu do praxe, které by se týkaly:
 - a) implementace technologií ve výrobě
 - b) implementace technologií ve výrobcích a službách
 - c) licencí na technologie či SW, event. poskytovaných mimo ČR
4. Podpora systémové integrace pro kustomizaci standardních řešení dle potřeb konkrétního uživatele s využitím vybudované výzkumné infrastruktury.
5. Tato infrastruktura se opírá o páteří systém „Národních center aplikovaného výzkumu“ s mnoha experimentálními výzkumnými výrobními poloprovozy nebo jejich zárodky (testbedy) pro přímé využití k realizaci náročných výzkumných cílů dle potřeb malých, středních i velkých firem s dostatečnou výzkumnou kapacitou schopnou problémy průmyslu na odpovídající odborné úrovni řešit.

Vedlejší pozitivní efekty vzešlé z promítnutí iniciativy Průmysl 4.0 do činnosti systému Národních center by představovalo:

- vyšší zapojení výzkumných organizací do aplikovaného výzkumu s potenciálními návaznými komerčními kontrakty pro implementaci výsledků aplikovaného výzkumu v prostředí konkrétních podniků
- posílené kompetence výzkumných týmů a efektivní přenos znalostí mezi výzkumnými organizacemi a průmyslem
- nové technologické postupy a prototypy, o jejichž komerční využití se aktivně starají zkušení obchodníci s hlubokým vhledem do probíhajících technologických změn na světových trzích a se schopností přizpůsobit se novým obchodním modelům

- výchova špičkových absolventů vybavených pro úspěch v globální ekonomice a motivovaných k podnikání (čím více ambiciózních startupů následně vytvoří, tím více vznikne globálních firem řízených z ČR, což přinese zvýšení sofistikované poptávky po výzkumné spolupráci a schopnosti definovat dlouhodobé strategické cíle)
- nové vzdělávací programy na vysokých školách reagující na nové interdisciplinární potřeby firem a společnosti opřené o kvalitní aplikovaný výzkum (např. inženýr kybernetické bezpečnosti, inženýr e-health atd.)
- zvýšení příjmů výzkumných organizací ze smluvního výzkumu a dalších forem výzkumné spolupráce
- větší mobilita expertů mezi firmami a výzkumnými organizacemi

4.3. Klíčová témata

Prioritním úkolem je analyzovat skutečné potřeby průmyslu ČR s ohledem na trvalý růst konkurenceschopnosti. Je nutno analyzovat potřeby podle oblastí a soustředit se na relevantní podporu těch oblastí, které jsou pro českou ekonomiku nosné a rozhodující s přihlédnutím k možnostem a stavu výzkumné sféry a českého průmyslu. Je tedy nutné jasně formulovat klíčová prioritní témata aplikovaného výzkumu jako průsečíky potřeb průmyslové výroby a služeb (oborová orientace) a možností výzkumné sféry, a to v rámci technologií Průmysl 4.0 (výzkumná orientace). Výzkumné obory, v nichž dosahujeme nebo bychom mohli dosahovat významných výzkumných a aplikačních výsledků, musí cíleně podporovat ekonomicky klíčová odvětví výroby a služeb, viz Příloha 4.3.1.

Zvláštní pozornost musí být věnována výzkumu v oblasti kybernetiky, umělé inteligence, robotiky a automatického řízení, které tvoří jádro aplikovaného výzkumu pro potřeby iniciativy Průmysl 4.0 a poskytují klíčové technologie.

Ve středu našeho zájmu musí být i formy a zaměření budované výzkumné infrastruktury (typy institucí a projektů k podpoře, celkové směřování) ovlivňované ze strany státu formami podpory.

Mimořádně významnou a nezastupitelnou roli sehraje při realizaci iniciativy Průmysl 4.0 společenskovešdní výzkum. Postupná realizace této iniciativy je historicky největší výzvou pro tento segment aplikovaného výzkumu v historii a jeho výstupy mohou významným způsobem ovlivnit dopad čtvrté průmyslové revoluce v ČR.

4.3.1. Výzkumná orientace podpory aplikovaného výzkumu

Rozvinuté ekonomiky se vyznačují diverzifikovanou strukturou hospodářství. Uvnitř jednotlivých odvětví se vyspělé ekonomiky stále více specializují, což dokazuje neustálý růst mezinárodního obchodu uvnitř jednotlivých odvětví²⁷. Evoluční proces hospodářské specializace je tažen především firmami. Ty však pro svůj rozvoj využívají mnoha zdrojů z okolního prostředí²⁸. Stát může skrze cílené investice do vzdělání, výzkumu a specializované infrastruktury a také skrze cílenou regulaci (i) dynamizovat tento evoluční proces a také (ii) založit „znalostní“ základy pro novou specializaci. V kontextu zesilující globální konkurence, soutěže o talenty a zrychlujícího se technologického vývoje poroste význam státu jako strategického (spolu)tvůrce prostředí pro podnikání a inovace.

²⁷ Dicken, P. (2011): Global Shift: Mapping the Changing Contours of the World Economy. Guildford Press, New York.

²⁸ Nelson, R. et. al. (1993): National Innovation Systems: A Comparative Analysis. Oxford University Press, New York.

Jednou z významných oblastí, kde stát hraje důležitou roli, je zacílení veřejných investic do výzkumu. Není v silách žádného státu, natož státu velikosti a úrovně rozvoje ČR, realizovat dostatečně kvalitní výzkum ve všech potřebných oblastech. Zvláště důležitá je potřeba zacílení u aplikovaného výzkumu. Odpověď na otázku, jaký aplikovaný výzkum má daný stát/region podporovat, musí vycházet především z potřeb firem. Nicméně je třeba brát do úvahy i schopnosti a možnosti výzkumných organizací. Stát je odpovědný za transparentní „moderaci“ a koordinaci procesu opakovaného hledání této odpovědi a za promítnutí výsledků do konkrétních opatření.

O společenském a hospodářském přínosu veřejných investic do aplikovaného výzkumu rozhoduje způsob provedení celého procesu. S ohledem na hospodářské cíle by měly mít významné (ne však jediné) slovo firmy v pozici globálních technologických a tržních lídrů. Je však třeba zohlednit, že firmy s hlavním vlivem na politiky, mohou a často mají motivace ochranné, nikoliv inovační. Stejně principy různorodých zájmů při různém vlivu na tvůrce politiky platí v případě veřejných výzkumných organizací. Adekvátní koordinace a moderace procesu zacílení veřejných investic do aplikovaného výzkumu proto vyžaduje rozvinutou expertizu, bez níž je zajištění transparentnosti procesu obtížné. Významným prvkem pro zajištění transparentnosti je silný důraz na empirickou evidenci argumentů pro konkrétní zacílení podpory.

Součástí procesu zacílení veřejných investic do aplikovaného výzkumu je také otázka společné reakce soukromého a veřejného sektoru na hlavní společenské výzvy (např. demografické stárnutí, ochranu zdrojů a životního prostředí ad.). Globální inovační a technologičtí lídři jsou v tomto ohledu kritickým zdrojem strategických znalostí o vývoji trhů a podnikatelských příležitostí. Na druhou stranu dynamické MSP z nových technologických oblastí mohou účinně zastupovat nové rodící se oblasti podnikání. Role veřejného sektoru je vedle transparentnosti zajistit propojení strategických znalostí a zájmů vůdčích firem s dlouhodobými zájmy společnosti.

Na rozdíl od předních inovačních ekonomik (např. SRN, Švýcarsko, Švédsko, Nizozemsko apod.) není zastoupení centrál předních světových technologických firem v ČR vysoké²⁹. Řada z nich zde však umísťuje svá vývojová centra a významné výrobní závody (např. Siemens, ABB, Honeywell, Bosch atd.). Při této struktuře místní ekonomiky vyvstává otázka, jak zajistit adekvátní diskusi s podnikatelským sektorem. Přílišné spoléhání na aktuální potřeby firem, které nejsou v popředí technologického směřování světových trhů, obnáší nemalé riziko špatně stanovených priorit. V ČR by tedy proces cílení měl citlivě vyvažovat mezi globálními technologickými trendy a konkrétními potřebami místních firem. Expertní nároky na moderaci tohoto procesu jsou enormní. Je otázkou, do jaké míry je místní veřejný sektor schopen uvedené potřeby naplnit. Doporučeníhodnou příležitostí je proto vycházet ze stejného procesu na úrovni EU při cílení výzkumných priorit v rámci H2020 a navázat je na silné stránky místní ekonomiky a specifické společenské potřeby (jsou-li takové).

Tradiční hodnotové řetězce se zaměřují na efektivní pohyb zboží, povětšinou lineární a oborově izolovaný. S ohledem na rychlost a masovost nasazení nových řešení (internetová řešení) a nových obchodních modelů dochází k proměně firemního zaměření na výstupy a konečný užitek. V kontextu Průmyslu 4.0 je proto zásadní propojování oblastí a oborů (tj. ICT a společensko-vědní výzkum v automobilovém průmyslu anebo třeba zcela nové materiály (nano) ve strojírenství anebo biotechnologie v elektrotechnice). **Zaměření podpory aplikovaného výzkumu tedy musí vycházet z kombinace silného průmyslového zázemí (oborová struktura firemních investic do VaV či exportní výkonnost a přidaná hodnota), kvality a koncentrace veřejného výzkumu (existující výzkumná infrastruktura a kvalita výzkumného výkonu vědních oborů) a predikce technologického a společenského vývoje.** Kombinace analýz jednotlivých složek pak musí reflektovat koncepčně odlišné pohledy (členění dle NACE, členění dle oblastí nebo volněji

²⁹ EC (2014): The 2014 EU Industrial R&D Investment Scoreboard. IPTS, Sevilla
(<http://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard.html>)

definovaných sektorů, exportní členění či vědní obory). Interdisciplinarita je pak důležitým aspektem správně cílené podpory VaV a proto je potřeba **při výběru vycházet právě z kombinace těchto různých pohledů**. Mnoho vyspělých zemí provedlo foresightové studie za účelem identifikace příležitostí a výzev spojených s novými technologiemi. Výsledky pak slouží k identifikaci a prioritizaci široce pojatých sektorů a technologií místo tradičního úzkého cílení dle oborů.

Z pohledu průmyslového zázemí lze vycházet ze znalostní intenzity a exportní výkonnosti klíčových odvětví. Právě v nich je koncentrován důležitý objem strategických znalostí o vývoji trhů a nových podnikatelských příležitostech. Současně by měla být zohledněna míra přidané hodnoty vytvořená v ČR (na základě TiVA OECD databáze).

Současně je nezbytné hledat postupně se objevující dílčí obory, v nichž místní firmy patří ke světové špičce či dosahují silné růstové výkonnosti a současně značně investují do VaV. Mnoho nových oborů však nelze začlenit dle tradičního způsobu (např. statistické klasifikace dle NACE). Při identifikaci příležitostí a zaměření výzkumných priorit je proto nutno si položit následující otázky:

1. Jak budou tradiční a nové obory vypadat za 10 let?
2. V jakých nových oborech lze a bude možné (za 10 let) uplatnit klíčové kompetence z nosných oborů současnosti?
3. Které generické a v budoucnu očekávané technologie formují budoucnost nosných exportních oborů?

Hledání priorit aplikovaného výzkumu pro potřeby Průmyslu 4.0 bude vyžadovat detailnější foresight, dynamicky opakovaný – trvale se budou vyvíjet potřeby, technologie i znalosti. Proces zavádění Průmyslu 4.0 je procesem kontinuálních změn.

V SRN zavedený pojem Industrie 4.0 je v první řadě o tom, že technologická proměna oborů je a bude hnána dynamickým vývojem v oblasti ICT a kybernetiky. Oblast informačních a komunikačních technologií (ICT) spolu s elektronikou, robotikou a umělou inteligencí je jednak sama o sobě významným uživatelem a iniciátorem aplikovaného výzkumu, současně je ale hlavním hybatelem mnoha technologických změn napříč prakticky všemi obory. Pro ekonomiku ČR jsou klíčové zejména tyto technologické oblasti:

- automatizace a robotika,
- kyberneticko-fyzické systémy
- vývoj specializovaného SW (např. pro počítačovou bezpečnost, simulace, monitorování, počítačové vidění, pro práci s velkými daty – Big Data Analytics, pro 3D tisk apod.)
- vývoj prostředků systémové integrace, monitorování (SCADA)
- úzce specializované meziobory, např. výroba elektronických mikroskopů a optických přístrojů, výroba přístrojů pro mikro- a nano-mechanická měření a testování, fotonické systémy, výroba specializovaných senzorů
- mechatronika
- logistické systémy (důležité pro optimalizaci výrobních a dodavatelských procesů)

Při určení podporovaných oblastí výzkumu je třeba vycházet také z existujících výzkumných týmů/center. Můžeme být silní v něčem, co průmysl dosud nedocenil jako potřebnou technologii, je zde nutnost vize a výhledu i na delším časovém horizontu. Odpověď může dát i to, v jakých oblastech se naše výzkumné týmy dokáží uplatnit v mezinárodních projektech aplikovaného výzkumu, čím přispívají k úspěchu mezinárodních konsorcií. **Zkušené výzkumné týmy nadkritické velikosti najdeme např. v následujících technologických oblastech:**

- řídicí systémy a algoritmy automatického řízení

- inteligentní a průmyslová robotika, inteligentní systémy
- speciální senzory (nedestruktivní defektoskopie, vibrace, záření)
- pokročilé systémy řízení pohonů pro průmysl a elektromobilitu, obecně i další technologie pro elektromobilitu
- systémy monitorování a diagnostiky strojů, predictive maintenance, simulační nástroje
- HMI včetně interface hlasových, haptických, včetně systémů virtuální reality
- metody simulace a optimalizace,
- hluk, vibrace, dynamika strojů,
- aeromechanika (proudění),
- nové materiály (materiálové inženýrství), a to včetně nanomateriálů
- mikro- a nanoelektornika, fotonika, laserové technologie
- teorie i praktické aplikace systémové integrace
- průmyslový design

Při cílení aplikovaného výzkumu by měla být mj. řešena také vazba na vysokoškolské vzdělávání. Již dnes v řadě rostoucích oborů chybí globálně i v ČR velké množství specialistů. V kontextu demografického vývoje bude význam vazby na vzdělávání zesilovat. Navíc je-li ČR celosvětově v druhé či třetí lize z pohledu globálního postavení největších autonomních firem, může být **otázka kvality a zaměření vzdělávání relativně důležitější než otázka zaměření aplikovaného výzkumu.** Hlavní propojení místní ekonomiky na globální technologickou hranici totiž zajišťují především místní rostoucí VaV centra globálních technologických lídrů (např. Siemens, Bosch, Honeywell, Rockwell Automation, Red Hat a celá řada dalších)³⁰. Rozvoj (nejen) jejich VaV aktivit vytváří na trhu VŠ kvalifikovaných techniků a vývojářů rostoucí převis poptávky nad nabídkou. **Zajištění dostatku kvalifikovaných lidí pro podnikový VaV (včetně cílené imigrační politiky) by proto mělo být součástí debaty o rozvoji aplikovaného výzkumu v ČR.**

4.3.2. Klíčová role kybernetiky a umělé inteligence

Koncept Průmysl 4.0 představující čtvrtou průmyslovou revoluci je založen na plnohodnotném využití propojených kyberneticko-fyzických systémů vybavených prvky umělé inteligence, které budou autonomně ve výrobním procesu zabezpečovat vybrané činnosti, které dříve vykonávali lidé. Principy, na kterých je založen tento koncept, mohou být svázány jak s průmyslovou výrobou, tak i s poskytováním služeb.

Pro vývoj a implementaci takto moderně pojaté automatizace procesů bude zcela jistě nezbytný další rozvoj metod automatického řízení. Většina nových úloh však bude řešitelná pouze tak, že budou rozvíjeny a uplatňovány nejnovější poznatky z řady technických oborů: inteligentní sensorika, systémy strojového vnímání, inteligentní komunikace člověk-stroj a stroj-stroj, strojové učení, zabezpečená komunikace atd. Výstupy z těchto oborů umožní modelování a následnou náhradu lidských, zejména rozhodovacích činností, činnostmi strojovými.

Klíčovou roli zde však bude hrát kybernetika a umělá inteligence. Zejména tyto dva obory budou hledat a nabízet taková řešení, která budou maximálně efektivní, budou zajišťovat flexibilitu, budou

³⁰ Závěr projektu Mapování inovační kapacity ČR (INKA). Výstupy z projektu dostupné na TAČR na vyžádání.

schopna plně využívat sdílená úložiště dat (cloudová řešení) a plnohodnotně využívat koncept Internetu věcí (jednotlivá zařízení budou připojena k Internetu s možností vzájemné komunikace).

Základní charakteristikou řídicích a rozhodovacích systémů vhodných pro Průmysl 4.0 bude jejich automatizované chování s prvky umělé inteligence, otevřenost, schopnost integrovat se do rozsáhlých celků, schopnost inteligentně komunikovat s lidmi i mezi sebou, vysoké zabezpečení (ochrana dat a komunikace před kybernetickými útoky) a i to, že je bude možné vzdáleně monitorovat, diagnostikovat a spravovat jejich činnost.

Naplnění cílů Průmyslu 4.0 tak bude v dlouhodobém časovém horizontu vyžadovat zapojení a rozvoj kybernetických postupů a metod, které budou aplikovány v širokém spektru průmyslové a společenské praxe. Nové postupy v automatizaci průmyslových, ale i společenských procesů, a to procesů monitorovacích, řídicích, rozhodovacích, diagnostických, plánovacích apod., budou vyžadovat výzkum a vývoj například v následujících oblastech:

- Výzkum a vývoj inteligentních čidel poskytujících informace o průběhu výrobních procesů a monitorujících podstatné parametry výrobního procesu i výrobků;
- Rozvoj metod a prostředků inteligentního vnímání prostředí a nástrojů pro inteligentní komunikaci člověk-stroj (počítačového vidění, zpracování řeči a jazyka) a průmyslovou komunikaci stroj-stroj (např. bezdrátová komunikace pro mechatronické aplikace);
- Výzkum a vývoj pokročilých algoritmů řízení a nástrojů pro návrh řídicích systémů, včetně technologicky pokročilých způsobů sběru, přenosu a archivace dat a jejich sdílení v rámci celého výrobního procesu při současném zajištění spolehlivosti a bezpečnosti.
- Výzkum a vývoj metod analýzy nasbíraných dat umožňující efektivní řízení výroby jako součástí celého hodnotového řetězce (od vstupních komponentů/surovin až po maximální uspokojení potřeb zákazníka) - on-line i off-line zpracování rozsáhlých dat („big data“ , např. pro účely rychlého vyhledávání informací a vytěžování znalostí, pro oblast technické diagnostiky – identifikace atypického chování, predikce poruch apod.);
- Výzkum metod simulace a modelování jako základ efektivního propojení fyzického a virtuálního světa, bude nutno počítat s tím, že část řešení – zejména ve fázi náběhu výroby – bude simulována a postupně přenášena do fyzického světa výrobního úseku.
- Výzkum a vývoj metod umělé inteligence a jejich uplatnění při rozvoji pokročilých metod automatického rozhodování, diagnostiky a monitorování v oblastech technické a společenské praxe, výzkum a vývoj speciálních vysoce flexibilních/mobilních průmyslových robotů;
- Výzkum a vývoj inteligentních kooperativních a asistivních technologií (např. robotických) schopných přirozené interakce s uživateli apod.;
- Rozvoj metod systémové ochrany před kybernetickými útoky.

Lze očekávat, že nově vyvinuté metody a nástroje budou následně využity i v dalších, s Průmyslem 4.0 úzce svázaných oblastech, jimiž je například aktuální a celou společností pozorně sledovaná oblast bezpečnosti obyvatel (ochrana proti terorismu) nebo ochrana majetku a zdraví obyvatel (zde lze například očekávat využití výsledků z oblasti počítačového vnímání prostředí apod.). Další oblastí využití bude rozvoj služeb pro zdravotně handicapované a stárnoucí spoluobčany, kde se uplatní výstupy asistivních technologií, přirozené komunikace s těmito technologiemi apod.

Velmi důležitou výzkumnou oblastí, která se bezprostředně a v klíčovém rozsahu opírá o výsledky kybernetického výzkumu a která musí být v jádru pozornosti iniciativy Průmysl 4.0, je oblast systémové bezpečnosti zahrnující i otázky privátnosti informací a dostupnosti zdrojů. Zde je potřeba ještě mnohé vykonat, vybudovat relevantní výzkumné týmy a navázat na dosavadní výsledky

výzkumu a vývoje v ČR s mimořádně dobrými exportními výsledky. Této problematice se věnuje samostatná kapitola.

Kybernetické přístupy a modely mohou též přispět – ve spojení s moderními technologiemi - k vytváření nových obchodních modelů, zcela nových strategií v rámci distribuovaného a silně komunikačně provázaného trhu.

Aplikovaný výzkum v oblasti kybernetiky a umělé inteligence má tedy klíčový význam pro aplikaci myšlenek Průmyslu 4.0 – výsledky z těchto oblastí jsou doslova základem všech řešení Průmyslu 4.0. Proto lze tuto část výzkumu považovat za prioritní, nenahraditelnou a neoddiskutovatelnou.

Dlouhodobým úkolem kybernetiky a umělé inteligence je i predikce rozvoje technologií Průmyslu 4.0 do vzdálené budoucnosti - předvídání a vývoj technologií a směřování technologických trendů pro další průmyslovou revoluci. Ta by mohla nastat ve chvíli, kdy stroje/počítače začnou navrhovat a vyrábět nová výrobní zařízení samy, bez zásahu člověka, o své vlastní vůli. To by však vyžadovalo, aby stroje dosáhly sebeuvědomění. O možnostech strojů dosáhnout této schopnosti se zatím vedou rozsáhlé odborné diskuse, neboť by mohlo hrozit dosažení tzv. Kurzweilovy singularity, kdy stroje převzou vládu nad člověkem. Přesto směřování technologií k vysoce samostatné tvůrčí činnosti strojů je v rámci konceptu Průmyslu 4.0 samozřejmostí. Na hranici 5. průmyslové revoluce však bude muset být lidstvo velice obezřetné a nalézt cestu k udržení strojů/robotů pod kontrolou.

4.3.3. Typy projektů vhodných pro podporu

Pro plné pokrytí výzkumných a vývojových prací Průmyslu 4.0 se doporučuje realizovat projekty ve čtyřech hlavních skupinách:

- **Rozsáhlé projekty řešící výzkum a vývoj nových technologií a otevřených platform** (myšleno nejen v národním, ale i mezinárodním srovnání). Zde bude třeba připravit velké a dlouhodobé projekty, jejichž řešení bude prioritně svěřováno velkým Národním centřům ve smyslu virtuální infrastruktury dle evropských pravidel veřejné podpory. Tato centra mohou efektivně využívat výzkumné infrastruktury vybudované například v rámci projektů OP VaVpI (zejména center excelence a vybraných regionálních výzkumných center), jakož i zkušenosti a výstupy stávajících projektů kolaborativního aplikovaného výzkumu typu Center kompetence TA ČR. Projekty Národních center by měly sledovat ambiciózní cíle (FET) s potenciálně větším rizikem jejich případného nedosažení. Národní centra musí účinně propojovat výzkumné týmy pracující v oblasti základního a aplikovaného výzkumu. Problémy, které se objeví při řešení projektů s novými ambiciózními tématy, tak bude možné řešit na vysoké teoretické i aplikační úrovni. Samozřejmostí musí být spolupráce výzkumných organizací a průmyslu, a to například formou metodického řízení Národních center správní radou, která bude koordinovat vědeckovýzkumné zaměření a aktivity příslušného centra.
- **Projekty řešící konkrétní implementaci nově vyvinutých technologií či přizpůsobení otevřených platform konkrétním potřebám finálního produktu, finální zakázky nebo nové služby.** Projekty tohoto typu budou řešeny zejména formou kolaborativního výzkumu mezi kompetentní výzkumnou organizací (touto organizací může být i Národní centrum) a podnikem. Zde se předpokládá masivnější zapojení firem, které nemají svoje výzkumné týmy, ale mají zájem vyvinout nový produkt anebo provést inovaci některého ze svých stávajících produktů. Alternativně půjde i o podniky s fungujícími výzkumnými sekcemi, které budou pro vyřešení konkrétních výzkumných úloh vyžadovat vysokou odbornou expertizu, kterou disponují pracovníci některé z výzkumných organizací. Projekty tohoto typu, s relativně malou mírou rizika dosažení stanovených cílů, budou podporovány zejména programy aplikovaného výzkumu TA ČR, případně MPO, s přiměřenou výší spolufinancování ze strany průmyslu. Alternativně budou takové projekty řešeny i formou smluvního výzkumu.

- **Projekty podporující vývoj technologií pro vytváření nových trhů a zejména nových služeb.** Jedná se především o podporu vývoje inovativních technologických řešení měnících modely chování účastníků trhu, přetvářejících trhy produktů a služeb, vytvářející zcela nové obchodní příležitosti či zcela nové produkty a služby pro globální trh. Jde nejen o podporu technologických akceleratorů a start-upů pro potřeby dílčích řešení Průmyslu 4.0, ale také o projekty kombinující technologie s novým způsobem obchodně-ekonomického uvažování. Bude se tedy jednat o vysoce mezioborové projekty s relativně vysokým zastoupením aplikovaného společensko-vědního výzkumu.
- **Doprovodné projekty pro rozvoj lidských zdrojů v oblasti výzkumu a vývoje.** Projekty tohoto typu budou zaměřeny na posilování kompetencí výzkumných týmů, posílení spolupráce a přenosu znalostí mezi výzkumnými institucemi a též na mezinárodní a mezisektorovou mobilitu.

4.3.4. Formy podpory aplikovaného výzkumu

Podpora průmyslového výzkumu musí být orientována na základě analýzy potřeb koncových uživatelů aplikovaného výzkumu (firem) na straně jedné a kapacit, znalostí a možností výzkumného sektoru na straně druhé. Je však třeba respektovat česká specifika.

V ČR je minimum firem schopných definovat globálně atraktivní (nová) výzkumná témata s vysokým komerčním potenciálem (efekt stavu podnikové sféry). Proto je třeba opatrně postupovat při formulaci velkých dlouhodobých záměrů a uvědomovat si potřebu rovnováhy mezi selekcí témat a plošným přístupem.

Kromě stávajících dotačních programů je třeba rozvinout další formy podpory realizace průmyslového výzkumu (např. společné laboratoře – zejména se zahraničními globálními lídry; centra kompetence, kde se výzkum kloubí s profesním vzděláváním a oborovými poradenskými službami; posunování a doslova dotahování výsledků výzkumu co nejdále ve směru k plné technologické připravenosti a s tím spojeného zlepšení komunikace mezi různými etapami výzkumu ve směru od badatelského výzkumu směrem k průmyslovému).

Podnikový výzkum tvoří dnes hlavní základnu průmyslového výzkumu, české firmy jsou však z globálního pohledu malé, nemají prostředky na financování velkých výzkumných projektů. Na druhé straně se nabízí možnost soustředění a rozvoj potenciálu v Centrech kompetencí a v dalších centrech v klíčových oborech pro Průmysl 4.0, ideálně respektujícího i potřeby průmyslu v regionech. Důležité je vytvořit dlouhodobou diskusní platformu / fórum, kde by se klíčoví představitelé průmyslu (a komor/asociací) ve spolupráci s centry kompetence zabývali trendy, příležitostmi a zejména jasně definovali výzkumné a vývojové potřeby.

České firmy jsou spíše zvyklé inovovat na nižších řádech inovačních procesů. Významnou roli při formování kapacit průmyslového výzkumu v ČR sehrála a nadále budou sehrávat výzkumně-vývojová centra velkých zahraničních firem. Budou to velké světové koncerny, které mohou očekávat významnou spolupráci při realizaci myšlenek Průmyslu 4.0, a proto i jejich názory, vize a potřeby inovací vyššího řádu bude nutno při formátování výzkumného prostoru pro Průmysl 4.0 respektovat a využívat.

Podniky jsou státem podporovány především formou dotací relativně malých výzkumných projektů nejrozličnějších programů TA ČR (dříve Alfa, nyní Epsilon) či MPO (dříve TIP, nyní TRIO). Nastupují i další formy financování z OP PIK (např. program Aplikace). To vše jsou však spíše relativně krátkodobé a kapacitně značně omezené jednotlivé projekty. Jedinou výjimkou dlouhodobého účelového financování (ovšem nepříliš rozsáhlého) je program Center kompetence TA ČR, který lze

považovat za jakýsi prvotní pilotní program, ověřující možnosti a potenciál dlouhodobějšího účelového financování aplikovaného výzkumu.

Aplikovaný výzkum v zásadních technologických oblastech pro Průmysl 4.0 se však nemůže opírat jen o relativně malé, kapacitně slabé projekty (na 2-3 roky pro 2-3 výzkumníky), nýbrž na významu musí nabývat systémově budovaná centra aplikovaného výzkumu, která budou shromažďovat expertizu, nadkritickou výzkumnou kapacitu a budou dostatečně investičně vybavena. **Rekonstrukce prostoru aplikovaného výzkumu směrem od voucherů a jednotlivých, tematicky spíše nahodile vybraných projektů k cílenému a řízenému budování dlouhodoběji fungující infrastruktury aplikovaného výzkumu s dostatečným prostorem pro flexibilní menší doplňkové projekty, je v případě Průmyslu 4.0 nezbytností.** Je třeba vybudovat systém center/ústavů aplikovaného výzkumu na národní úrovni, který by převzal zodpovědnost za technologickou podporu naplňování cílů Průmyslu 4.0.

Primárním tvůrcem konkrétních zadání pro oblasti podpory by měl být průmysl ČR, ke kterému by měla tato státní podpora směřovat v následujících formách:

1. Přímá podpora iniciace spolupráce v oblasti výzkumu a inovací, např. formou inovačních voucherů snižujících riziko investic do inovací vyšších řádů na straně výrobců, motivující výrobce k inovacím vyšších řádů a akcelerující propojení poptávky po inovaci s výzkumnými kapacitami v aktuálních oblastech potřeb na straně výrobců. Oproti dnešnímu stavu vouchery by mohly umožňovat též navázání spolupráce mezi podniky (např. mezi pobočkou globální firmy v ČR a českým MSP). Vouchery by mohly mít výrazně větší hodnotu než dosud.
2. Dotační, ale i podmíněně dotační či revolvingové financování projektů v rozsahu dnešních projektů programů Epsilon či Trio. Bylo by vhodné uvažovat o programu (např. na TA ČR), který by měl průběžně otevřené přijímací řízení, ale přijímal by jen takové návrhy projektů, které mají vysokou šanci být úspěšné, přičemž časová prodleva při čekání na otevření příštího výzkumného programu či vyhlášení příští výzvy by mohla cíle znehodnotit.
3. Přímá i nepřímá podpora financováním a organizací vzniku národních otevřených celostátně koordinovaných aplikačně-výzkumných center sdružujících veškeré dostupné kapacity aplikovaného výzkumu v rámci ČR orientované k oblastem podle iniciativy Průmysl 4.0 nastavená tak, aby motivovala ke spolupráci, minimalizovala duplicity, vytvářela maximální synergie, s mimořádným důrazem na aplikovatelnost výsledků výzkumných aktivit v praxi. Při budování systému center aplikovaného výzkumu je možné se poučit z role a fungování Fraunhoferovy společnosti, která v SRN hraje významnou roli při realizaci myšlenek Industrie 4.0

Organizační struktura **Národních aplikačně orientovaných výzkumných center pro Průmysl 4.0** by měla podléhat diskusi vedoucí ke konsensu o orientaci a vymezení rozsahu činnosti jednotlivých center na národní úrovni. Národní výzkumná centra jako systémová infrastruktura by měla být metodicky řízena správním radou koordinující jejich financování a aktivity. Ve správní radě by měla být zabezpečena majorita zastoupení klíčových průmyslových firem, rada by měla zabránit neúčelným duplicitám financování a neúčelnému dohadování o prostředcích a potlačovat partikulární zájmy oslabující dosahování globálnějších cílů. Každé národní aplikačně výzkumné centrum by mělo mít rovněž svůj řídicí orgán se zastoupením regionálních středisek aplikovaného výzkumu v dané oblasti (opět s majoritním zastoupením klíčových průmyslových partnerů).

Národní centra - mají-li fungovat dlouhodobě a dlouhodobě udržovat fyzickou infrastrukturu (HW infrastrukturní platformy, angl. tzv. testbedy), musí být alespoň zčásti podporována formou institucionálního financování, tedy nejen účelově. Bude nezbytné, aby taková Národní centra byla masivněji finančně dotována než např. Centra kompetence.

Podpora by měla být směřována především do center, která by měla být zaměřena na výzkum a vývoj otevřených architektur, snadno rekonfigurovatelných zařízení, tedy například modulů, ze kterých by bylo možné (s případnými jednoduchými úpravami) skládat požadovaná řešení.

Národní centra by mohla vzniknout například organizačním rozšířením (či sloučením) stávajících Center kompetence, Center excellence, center VaVpI či jinak vzniklých center bez nutnosti umístění pracovníků v jednom místě, tj. došlo by pouze k integraci relevantních pracovišť v dané odborné oblasti a Národní centra by tak mohla mít charakter center virtuálních. V žádném případě se neočekává nutnost budovat nové budovy či prostory - těch je již k dispozici dostatek.

Důležité je, že Národní centra by mohla inkorporovat resp. obhospodařovat **investičně náročné HW infrastrukturní platformy, tzv. testbedy** (vláda SRN takových testbedů podporuje celkem 20). Jedná se v podstatě o malé výrobní linky nebo několik propojených výrobních strojů, na nichž lze provádět experimenty v oblasti automatického řízení, diagnostiky a zejména systémové integrace. Takovéto vybavení pro vývoj a ověřování technologických řešení a algoritmů si nemůže žádný malý či střední podnik pořídit, přesto je to vybavení v oblasti Průmysl 4.0 nezbytné pro úspěšný aplikovaný výzkum. Zmiňované HW platformy by mohly být budovány ve spolupráci s velkými podniky, vyvíjela a ověřovala by se na nich prototypová řešení či pilotní aplikace přístupné všem. Konkretizace řešení pro potřeby jednotlivých firem (kustomizace) by už mohly být financovány nebo spolufinancovány z prostředků malých a středních firem, třeba i s využitím inovačních voucherů.

Zdůrazněme: není třeba, a není to ani žádoucí, vytvářet nové kamenné instituce, naopak zapojení dnes již existující infrastruktury výzkumných center a laboratoří a jejich jasná dlouhodobá státem podporovaná a garantovaná profilace by měla přispět k jejich lepšímu a smysluplnějšímu využití. Prvním krokem by měla být profesionálně provedená sumarizace a katalogizace kapacit a výsledků práce vysokých škol a výzkumných organizací pro Průmysl 4.0, a mělo by být provedeno obdobné shrnutí výsledků výzkumu a vývoje v průmyslových a technologických firmách. Seriózní inventarizace zatím prostě chybí. Její výsledky by měly být následně porovnány s předpokládanými potřebami úspěšného zavádění myšlenek Průmyslu 4.0 do české průmyslové praxe. Proces porovnávání dostupných kapacit a výsledků s potřebami průmyslu by měl být katalyzován výše zmiňovanými platformami a jeho výstupem by měly být jasně definované realistické cíle a cesty k jejich dosažení. Tak by bylo možné efektivně definovat náplň práce a posléze realizovat kontrolu činnosti Národních center.

Systém Národních center, pokud by byl efektivně řízen, by mohl tvořit - společně s výzkumnými centry českých či u nás působících zahraničních firem dobře **fungující a prosperující výzkumný ekosystém s velkým potenciálem nejen pro český průmysl, ale i pro export know-how**.

Nezastupitelné místo mezi Národními centry budou jistě mít centra pro oblast výzkumu a vývoje platform pro kybernetiku, automatizaci a umělou inteligenci, jejichž výstupy budou využívány ve všech relevantních průmyslových oblastech i ve společenské praxi.

Vyvinuté otevřené architektury, případně jednotlivé moduly, pak budou uplatňovány v konkrétních úlohách řešených pro průmyslovou a společenskou praxi. Zde by měl fungovat osvědčený princip kolaborativní spolupráce, kde průmyslový podnik se spojí s výzkumnou organizací (tou může být např. výše zmiňované Národní centrum) s cílem vyvinout nový produkt s využitím dříve vyvinutých otevřených platform. Jinou možností může být přímo smluvní výzkum mezi podnikem a výzkumnou organizací.

Protože Průmysl 4.0 je národní iniciativa, která by měla být podporována delší dobu, budou spolupracující podniky (jak v kolaborativním, tak smluvním výzkumu) dávat jasnou zpětnou vazbu, které směry výzkumu a vývoje aktuálně podporovat, a které případně tlumit. Úspěšný může být ten aplikovaný výzkum, který vede k inovacím a končí uplatněním svých výstupů v praxi. Prostor na trhu pro uplatnění nových anebo inovovaných produktů výzkumu a vývoje hledají firmy. Chceme-li

odpovědět na otázku, jaké směry a průmyslové oblasti by měly být iniciativou Průmysl 4.0 podpořeny, pak odpověď není tak jednoznačná. Zcela určitě bude užitečná podpora v oblastech, kde ČR je dnes úspěšná. Bylo by však vhodné nalézt mechanismy pro podporu nových nápadů, netradičních řešení, které mají vysokou šanci nalézt uplatnění například i „mimo hlavní proud“, který je často obsazen „silnými zahraničními hráči“. Je třeba též nalézt vhodnou formu podpory pro vytváření start-upových firem v oblasti Průmyslu 4.0. Ty budou sehrávat významnou roli, zvláště v ČR, kde hnací silou ekonomiky jsou právě malé a střední firmy, z nichž mnohé vznikají přerodem ze start-upů.

Potřeby průmyslu, jakožto i výsledky a potenciál výzkumné sféry by měly být trvale periodicky hodnoceny, porovnávány a diskutovány. Jedině tak lze uspět ve stále se měnícím technologickém a výrobním prostředí, ve světě plném změn.

4.3.5. Úlohy společenskovo-vědního výzkumu

Čtvrtá průmyslová revoluce s sebou tedy přináší – kromě technologické integrace virtuálního kybernetického světa se světem fyzické reality – též významné interakce těchto systémů s celou společností, tedy se světem sociálním. Z pohledu moderní teorie systémů se proto v poslední době v čím dál tím větší míře v souvislosti se 4. průmyslovou revolucí hovoří o revoluci kyberneticko-fyzicko-sociální, způsobující dynamickou vzájemnou interakci složitých kybernetických virtuálních systémů, složitých systémů fyzického světa a složitých systémů sociálních. Společenskovo-vědní výzkum musí společnost na tyto interakce různorodých složitých systémů připravit.

V rámci aplikovaného výzkumu je třeba prioritně podporovat společensko-vědní výzkum zabývající se systematicky projevy a možnými dopady změn vyvolaných Průmyslem 4.0 na zaměstnanost, vzdělávání, příjmy a sociální klima ve společnosti. Důležitost podpory tohoto výzkumu je naprosto zřetelná, uvědomíme-li si, že na rozdíl od technického výzkumu, který je z velké části financován samotnými podniky, je společensko-vědní výzkum odkázán pouze na veřejné zdroje. Jeho zanedbání by přitom mohlo mít dalekosáhlé důsledky v podobě neovladnutí restrukturalizačních procesů na trhu práce a potřebných kvalifikačních změn, ale také v nebezpečí, že dojde k nahromadění sociálních bariér.

V celkové koncepci Průmyslu 4.0 hrají klíčovou roli informační a komunikační technologie jako podpora pro veškeré inovace založené na znalostech. Nový přístup ke znalostem vyžaduje nový přístup ke zdrojům těchto znalostí, které se nyní spíše než na patentových úřadech nacházejí ve všech možných formách včetně otevřených velkých dat („Big Data“), a to jak ve strukturované podobě (databáze, sémantický web), tak v podobě nestrukturované (text, audio, multimedia ve všech formách).

Vzhledem k tomu, že aplikovaný společensko-vědní výzkum je z velké části závislý na existenci, dostupnosti a kvalitě relevantních dat jak z různých výběrových šetření, tak ze statistických databází, je třeba tyto systematicky rozvíjet po stránce rozsahu i obsahu. Týká se to jak dat již dnes pravidelně sbíraných v rámci výběrových šetření, tak zajištění a rozšíření účasti ČR ve všech zásadních mezinárodních projektech sběru dat organizovaných OECD a EK. Dále je třeba umožnit přístup vědecké komunity k administrativním datům pro vědecké účely (podobně jako je tomu ve vyspělejších zemích EU) z oblasti vzdělávání, služeb zaměstnanosti, přímých daní, sociálního pojištění a podnikání.

Společenské a částečně i humanitní vědy hrají přitom dvojí úlohu:

- **Při tvorbě specializovaných dat** (ekonomická data, data ze sociologických průzkumů, anonymizovaná data o zdraví obyvatel, meteorologická data a data vývoji životního prostředí, analyzovaná jazyková data)
- **Při zpracování dat** (zejména se na tom podílí aplikovaná ekonomie, sociologie, politologie, jazykověda, vždy v mezioborovém spojení s informačními technologiemi)

Zpracování a analýza velkých otevřených i specializovaných dat jako zdroj nových znalostí, zejména jejich kombinace pro řešení společenských výzev, se používá horizontálně v řadě prioritních oblastí v Průmyslu 4.0. Jako již ověřené příklady je možno uvést aplikaci pro včasné rozpoznání lokálních i globálních epidemií na základě kombinace dat ze sociálních sítí a dat o šíření velkých pandemií v minulosti;³¹ podobně účinné je předpovídání lidského chování v obecných otázkách na základě otevřených dat statistických i textových.³² Znamé jsou i aplikace v oblasti autonomních systémů (např. auta bez řidiče, tzv. self-driving cars), kde se používají velmi rychlé učící a analytické algoritmy, používající jak okamžitá senzorická a multimodální data (včetně dat o chování a reakcích lidí v daném systému), tak data nasbíraná ve velkém množství takovými systémy v předchozím období.^{33,34}

Úloha některých oblastí společenských a humanitních věd, opět ve spojení s informačními a komunikačními technologiemi, je významná i z hlediska systémů interakce mezi člověkem a strojem,³⁵ která v kontextu Průmyslu 4.0 bude probíhat člověku bližším a přirozenějším způsobem. Multimodalita takové komunikace vyžaduje zapojení mnoha podoblastí umělé inteligence, zejména počítačového vidění, analýzy a syntézy obrazu, analýzy a syntézy jazyka a mluvené řeči, porozumění gestům, emocím, chování lidí ve stresových situacích a dalších. Přímé nové aplikace sociologie, psychologie a jazykovědy lze předvídat i v oblasti bezpečnosti - jak ekonomické, tak i ve vlastním smyslu bezpečnosti občanů a státu (sběr informací, zpravodajská a obchodní analytika na základě nestrukturovaných (textových) dat, analýza postojů a další oblasti).

Řada přímých aplikací zejména ve službách navazujících na hlavní průmyslová odvětví a obchod bude rovněž využívat technologií vycházejících ze spojení informatiky a společenských a humanitních oborů - v oblasti komunikace se servisními centry, pro analýzu dodržování regulací (např. v oblasti ochrany osobních dat), analýza produktivity lidských zdrojů ve službách, reklamy a prodeje apod. V evropském kontextu a jednotného digitálního trhu³⁶ bude důležitá zejména aplikovaná jazykověda v oblasti automatického překladu a obecně multilingvální komunikace.^{37,38}

Průmysl 4.0 v sobě zahrnuje i efektivní státní správu na všech úrovních a veřejné instituce (veřejnoprávní média, zdravotní pojišťovny, NGO a další), pro jejíž modernizaci jsou klíčové rovněž téměř všechny oblasti společenských a humanitních věd. Technologická podpora e-governmentu, e-justice, e-zdraví a dalších se neobejde bez interdisciplinárního přístupu za pomoci sociologie, politologie, ekonomie, etiky, jazykovědy, historie i filozofie.

Význam společensko-vědního výzkumu vzroste rovněž v oblasti hodnocení potenciálních dopadů nových technologií (pozitivních i negativních) na společnost. V souvislosti s Průmyslem 4.0 bude nezastupitelná role tzv. technology assessmentu, který představuje interaktivní vědecký proces, jehož cílem je formování politického a veřejného názoru na aplikaci nových technologií a jejich dopadu na společnost.

Realizace Národní iniciativy Průmysl 4.0 bude vyžadovat též velmi intenzivní a soustředěný společenskovědní výzkum v souvislosti se změnami na trhu práce a v systému vzdělávání. Iniciativa Průmysl 4.0 je totiž především o změně ve stylu myšlení lidí – aktivních účastníků veškerých

³¹ „Google Flu“ systém je schopen predikovat rozšíření lokální epidemie chřipky o 5-7 dnů dříve než CDC (Center for Disease Control, Atlanta, GA) jazykovou a frekvenční analýzou sociálních sítí.

³² Viz předpověď výsledků amerických voleb a jiných velkých společenských událostí (Nate Silver, 2008-2013)

³³ <http://www.cnet.com/news/tesla-bulks-up-engineering-staff-for-self-driving-car-project>

³⁴ <https://www.google.com/selfdrivingcar>

³⁵ HCI (Human-computer interaction), která je rovněž nedílnou součástí CPS – Cyber-physical systems a IoT – Internet of Things, i když velká část komunikace v těchto systémech probíhá na člověku nezávisle.

³⁶ DSM – Digital single market, <http://ec.europa.eu/priorities/digital-single-market>

³⁷ <http://www.rigasummit2015.eu>

³⁸ <http://www.euractiv.com/sections/innovation-industry/language-technologist-europe-needs-language-infrastructure-not-just>

(r)evolučních procesů. **Bez adekvátního společenskovědního výzkumu se zde společnost neobejde.** Bude nutné nejen posílit příslušné soustředění se na úlohy zaměřené na konkrétní celospolečenské potřeby. Programy TA ČR (např. program Omega), ale celý prostor společenskovědního výzkumu cíleněji a systémověji podporovat a orientovat. Bude to pro tento výzkum současně motivací a výzvou k většímu propojení se sférou průmyslové výroby.

Společensko-vědní výzkum by se měl zejména zaměřit na:

- Výzkum a vyhodnocování faktorů působících na změny v rozsahu, struktuře a charakteru zaměstnanosti v podmínkách trhu práce ČR, zejména pokud jde o pravděpodobnost a rychlost postupu automatizace a kybernetizace, s tím související zánik pracovních míst, vznik nových pracovních příležitostí, restrukturalizační procesy a flexibilitu trhu práce.
- Výzkum a vyhodnocování charakteru změn v profesních nárocích vyvolaných procesy průmyslu 4.0, redefinování profesních a vzdělávacích standardů, nalezení adekvátních způsobů přenosu těchto požadavků do profesní přípravy.
- Výzkum změn týkajících se organizace práce, pracovní doby, flexibilizace pracovních úvazků, práce na dálku, sebezaměstnání. Vyhodnocování jejich vlivu na profesní rozvoj, míru nezaměstnanosti, výši a stabilitu příjmu, sociální a zdravotní pojištění a další složky sociálních jistot. V rámci toho zkoumat i pracovní právní vztahy mimo formální firemní struktury (přímé vztahy mezi jednotlivci přes on-line zprostředkování) – a jejich dopady na kompenzace při ztrátě práce, nárok na dovolenou, mateřskou a rodičovskou dovolenou, náhrada za práce přes čas.
- Výzkum možností vzniku nových pracovních příležitostí ve veřejných službách ve vazbě na jejich zkvalitnění a možnosti širšího uspokojování společenských potřeb při respektování rozpočtových omezení. S tím souvisí i výzkum a přenos dobrých zkušeností s generováním dostatečných zdrojů a s aplikací nových forem spolupráce veřejného a soukromého sektoru při rozvoji veřejných služeb a ochraně životního prostředí.
- Zkoumání trendů příjmové diferenciace, faktorů jejího vývoje, vazeb mezi odměňováním a charakterem práce a zkoumání možností řešení negativních vlivů příliš hluboké příjmové diferenciace.
- Výzkum a příprava možných řešení v oblasti daňového systému pro snížení daňové zátěže pracovních příjmů tak, aby tato řešení podporovala růst zaměstnanosti a vznik nových pracovních příležitostí. Hledání možností náhrady výpadků rozpočtových příjmů jinými zdroji.
- Analýza požadavků na digitální znalosti a dovednosti odpovídající nárokům Průmyslu 4.0 a příprava moderního kurikula výuky ICT pro jednotlivé stupně vzdělávání, včetně dalšího vzdělávání a adekvátní příprava učitelů pro výuku tohoto předmětu.
- Výzkum zaměřený na zkvalitňování obsahu a forem výuky tzv. znalostí a dovedností 21. století ve vzdělávacích programech všech stupňů škol (kreativita, podnikavost, projektový management, digitální gramotnost, finanční gramotnost, řešení problémů, kritické myšlení, týmová práce, komunikativnost, vyjednávací a přesvědčovací schopnosti, ochota nést riziko a osobní zodpovědnost, nadšení pro učení se novým věcem, sociální inteligence, morální postoje apod.)

4.4. SWOT analýza

Silné stránky:

- Kvalifikovaný lidský potenciál pro vývoj inovativních řešení a jejich akceptaci v průmyslu, inženýři zvyklí na celoživotní studium a doplňování znalostí a dovedností
- Relativně silná výzkumná základna v oblastech relevantních pro Průmysl 4.0, s dlouholetou tradicí
- Velmi silná základna aplikovaného výzkumu v klíčových oblastech pro Průmysl 4.0, tedy v oblastech kybernetiky, automatického řízení, robotiky a umělé inteligence, velmi dobré a mezinárodně uznávané výsledky v oboru systémové, zejména počítačové bezpečnosti
- Solidní vybavení výzkumných center moderní technikou a přístroji pořízenými v rámci evropských a národních dotačních programů
- Potenciální schopnost transferovat výsledky výzkumu z výzkumných organizací do průmyslu, schopnost absorbovat tyto výsledky v průmyslu
- Významnou roli při stanovování trendů a výchově relevantních špičkových odborníků sehrály a sehrávají výzkumné jednotky globálních mezinárodních firem v ČR
- Velké procento malých a středních podniků připravených na technologický růst a inovace, doslova očekávají vstupní impulsy a směřování
- Velmi dobrá návaznost našeho aplikovaného výzkumu na analogický výzkum realizovaný v Evropě a zejména v sousedním Německu a Rakousku
- Viditelný zájem státu investovat do výzkumu a usměrňovat ho směrem ke zvyšování konkurenceschopnosti ekonomiky ČR
- Dobře připravené agentury (TA ČR, Czechinvest) pro implementaci podpory, dobré zkušenosti dalších poskytovatelů (MPO, MŠMT,...)

Slabé stránky:

- Institucionální podpora aplikovanému výzkumu téměř vymizela, účelová podpora není ani dostatečná, ani úplně vhodná, pokud se formy týká
- Výzkum silně roztržštěný, nedostatečná koncentrace směrem k cílenému dlouhodobému budování expertízy a výzkumně-vývojových kapacit
- V posledních 25 letech zcela vymizely některé instituce aplikovaného výzkumu (jako např. podnikové a rezortní výzkumné ústavy), což je zvláště citelné tam, kde se výzkum opírá o nemalé investice (drahý experimentální hardware)
- Chybí existence jasných priorit výzkumu: Před několika lety stanovené Národní priority orientovaného výzkumu pokrývají téměř vše, neumožňují skutečné směřování aplikovaného výzkumu
- Financování aplikovaného výzkumu ze SR se trvale snižuje, a to i díky nevhodnému hodnocení výsledků
- Chybí analýza potřeb průmyslu i objektivní inventarizace kapacit a infrastruktur aplikovaného výzkumu (a to nejen pro oblast Průmyslu 4.0)

- Na mnoha úrovních, včetně úrovně vládní, se redukuje 4. průmyslová revoluce na digitalizaci a zavedení rychlého širokopásmového internetu, tato revoluce je nedostatečně chápána jako revoluce kybernetická
- Celospolečenská nepřipravenost na akceptaci myšlenek 4. průmyslové revoluce, nedostatečně rozvinutý společenskovo vědní výzkum v této oblasti
- Nedostatečná komunikační provázanost mezi vládními orgány, podnikovou a podnikatelskou sférou a sférou výzkumnou, nedostatečný tah směrem ke společnému cíli
- Absence profesionální schopnosti transferovat výsledky výzkumu do praxe – chybí vzdělávací programy pro přípravu kvalitních manažerů center transferu technologií, kvalita těchto center je různorodá

Příležitosti:

- Včasné zachycení nástupu 4. průmyslové revoluce může znamenat významný impuls pro posílení konkurenceschopnosti ČR, směrem k zlepšení pozice v hospodářském světě se všemi pozitivními důsledky včetně plošného zvyšování životní úrovně
- Stát jako moderátor výzkumných aktivit, zodpovědný za optimální směřování aplikovaného výzkumu může v úzké součinnosti s podniky dosáhnout výrazné zvýšení konkurenceschopnosti české ekonomiky a současně výrazně vyšší ekonomické efektivity a návratnosti prostředků vkládaných do výzkumu
- Vhodnými formami státní podpory lze dosáhnout technologické stimulace malých a středních firem bez nutnosti vytváření (či obnovy) podnikových nebo rezortních výzkumných entit
- Bez větších prostředků, pouhou integrací (i virtuální) výzkumných center, center kompetence a excelence a dalších existujících jednotek, mnohdy vybudovaných z prostředků OP VaVpI a hledajících svoje uplatnění a životaschopnost, lze vytvořit prosperující Národní centra aplikovaného výzkumu – v této chvíli je k tomu ta nejlepší příležitost
- Z ČR lze postupně vytvořit zemi s vysokým výzkumným potenciálem, vhodnou jako sídlo výzkumných jednotek zahraničních firem, jako zdroj invencí, inovací a nápadů, jako exportéra myšlenek
- Možno ještě lépe využít propojenosti ČR a SRN, a to jak v průmyslové výrobě, tak i ve výzkumu a přebíráním nejlepších praxí a větší integrací výzkumu obou zemí dosáhnout kompetitivních výhod

Hrozby:

- Politické nepochopení významu iniciativy Průmyslu 4.0, neschopnost vytvoření jednotného akčního plánu na národní úrovni by vedlo k ekonomické stagnaci, v lepším případě k výrazně menší konkurenceschopnosti v relativně blízké budoucnosti
- Nedostatečná a neprovázaná, silně roztržitá oblast aplikovaného výzkumu, vývoje a inovací, tedy bez proběhlé restrukturalizace výzkumného prostoru, by byla velkou brzdou prosazování myšlenek 4. průmyslové revoluce v ČR
- Nedostatečný důraz kladený na výzkum a aplikace systémové a počítačové bezpečnosti by vedly nejen ke ztrátám na duševním vlastnictví a k významnému ohrožení ekonomického růstu, ale i k existenčnímu ohrožení naší ekonomiky

4.5. Aktuální výzvy a jejich možná řešení

Posílení financování aplikovaného výzkumu

Možná řešení:

- Posílit institucionální formu financování aplikovaného výzkumu soustředěním podpory na větší projekty
- Připravit nové formy financování aplikovaného výzkumu s vyšším podílem financování ze strany průmyslu a financování revolvingového adresně orientovaného na Průmysl 4.0
- Nastavit nový systém hodnocení výzkumných výsledků vhodný pro aplikovaný výzkum

Stanovení jasných priorit výzkumu a koordinační role státu

Možná řešení:

- Provést objektivní inventarizaci výzkumných organizací a týmů z pohledu obsahu a kvality výzkumu i z pohledu jejich vybavení, personálního složení a schopností realizovat transfer znalostí a technologií do průmyslu
- Provést obdobně detailní inventarizaci spojenou s analýzou potenciálu společenskovedního aplikovaného výzkumu pro potřeby Průmyslu 4.0
- Stanovit jasné priority jak pro orientovaný výzkum, tak specificky pro potřeby Průmyslu 4.0
- Stát by měl převzít roli moderátora směřování orientovaného výzkumu směrem k potřebám Průmyslu 4.0, a to zejména formou směřování cílených podpor
- Zavedení kontinuálního technologického foresightu

Rekonstrukce výzkumného prostoru aplikovaného výzkumu

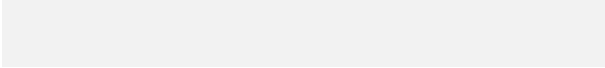
Možná řešení:

- Stanovené priority promítnout do plánu budování národní výzkumné infrastruktury, opírající se o systém vládou podporovaných Národních center aplikovaného výzkumu s adekvátním institucionálním financováním
- Přednostní (a snad i masivnější) financování Národních center doplnit podporou menších a časově kratších projektů účelové podpory
- Stanovené priority promítnout do výzev operačních programů OP PIK, OP VVV a výzev programů dalších poskytovatelů
 - Podporovat vznik a inkubaci start-upových firem pro potřeby iniciativy Průmysl 4.0
 - Podporovat mezinárodní spolupráci, navázat úzkou spolupráci s Fraunhoferovou společností, zejména v oblasti best practices

Zvýšit celospolečenskou připravenost pro realizaci výzkumu orientovaného na Průmysl 4.0

Možná řešení:

- Orientovat společenskovední výzkum na podporu celospolečenské připravenosti k realizaci vizi Průmyslu 4.0
- Filosofii Průmyslu 4.0 zakomponovat do studijních plánů všech vysokých škol

- 
- Myšlenky Průmyslu 4.0 stanovit jako součást osnov na úrovni regionálního školství

5. Bezpečnost systémů

Prof. Ing. Vladimír Mařík, DrSc., Ing. Hynek Beran, Ing. Jaroslav Burčík, Ph.D., Ing. Oto Sládek, Ph.D., Prof. RNDr. Václav Matyáš, M.Sc., Ph.D., RNDr. Petr Somol, Ph.D., Prof. Ing. Boris Šimák, CSc.,

Průmysl 4.0 není jen procesem transformace technologické, ale především společenské. Přináší nové potřeby, nová rizika a také nové výzvy. Na mnoha automatických systémech je společnost závislá už nyní, příkladem je elektronický platební styk nebo dálkové ovládání prvků kritické infrastruktury dopravních systémů. Když se cokoliv porouchá, vnikají problémy, mnohdy i neštěstí, děletrvající nefunkčnost některých sítí může přinést významnou společenskou nestabilitu během jednotek hodin až dnů.

Čím je systém složitější, tím více může ublížit i nedostatečná znalost principů jeho fungování. Proto je bezpečnost, a to i ve smyslu upření pozornosti na nově se rodící a nutný bezpečnostní výzkum s tím spojený, integrální součástí iniciativy Průmysl 4.0.

Bezpečnost a spolehlivost systémů Průmysl 4.0 musí být chápány komplexně a systémově – od datové a komunikační bezpečnosti na nejnižší úrovni přes infrastrukturní spolehlivost a bezpečnost až po globální systémovou bezpečnost na úrovni výrobních podniků či jejich řetězců, a to při zachování informačního soukromí jednotlivců a práv intelektuálního vlastnictví.

Principů a technik Průmyslu 4.0 lze s výhodou využívat při řešení problematiky bezpečnosti, spolehlivosti a privátnosti dat v průmyslových výrobních sítích, i v sítích decentralizované energetiky a surovinového zásobování. Koordinaci a kooperaci mezi těmito sítěmi v oblasti bezpečnosti je třeba též věnovat náležitou pozornost.

Pozornost musí být věnována též principům bezpečnosti kritických infrastruktur. Definice těchto infrastruktur a jejich komponent by měly být rozšířeny dle potřeb Průmyslu 4.0.

Role státu je v oblasti bezpečnosti výrobních a energetických systémů nezastupitelná, zejména v oblasti systému certifikací a řešení problémů bezpečnosti kritických infrastruktur. Jednou z klíčových otázek zůstává výchova dostatečného počtu kvalifikovaných odborníků.

5.1. Současný stav

Dosavadní způsoby zajišťování bezpečnosti na úrovni výrobních systémů generace 3.0 jsou nedostatečné – jedná se spíše o datovou či počítačovou ochranu lokálního charakteru. Často jsou podniky nebo jejich výrobní úseky cíleně drženy v cílené komunikační izolaci.

V oblasti počítačové bezpečnosti musíme počítat s tím, že jde o trvalý souboj inovativních útočníků a obránců. Útočníci vždy mají výhodu kroku napřed a postupně přecházejí na sofistikovanější typy útoků spolu s tím, jak roste účinnost obrany (pozn. analogie rostoucí rezistence bakterií na nově produkována antibiotika).

Zároveň je nutno počítat s tím, že nikdo dnes nedokáže produkovat software s absolutní zárukou nezranitelnosti. Kvalita softwaru i příslušných infrastruktur se v čase zlepšuje. Objevují se první projekty pro automatizované hodnocení SW z pohledu jeho bezpečnosti pomocí metod umělé inteligence, nicméně doposud tento problém není vyřešen a nelze realisticky očekávat jeho spolehlivé vyřešení v dohledné době. Z toho plyne – potenciální útočníci stále budou schopni nacházet nové možnosti útoků.

Standardní a poměrně robustní bezpečnostní řešení počítačové bezpečnosti jsou založena vesměs na detekci signatur – neměnných sekvencí znaků či bytů v přenášených souborech či v jiné části síťového provozu, jejichž přítomnost indikuje příslušnou nákazu. Pokročilejší řešení pracují se signaturami na úrovni sekvencí systémových volání, seznamem nežádoucích síťových identifikátorů apod. Výhodou

signaturových řešení je dnes vysoká přesnost detekce (malé množství falešných poplachů). Nevýhodou je pak omezené pokrytí pole hrozeb vzhledem k reaktivní povaze signatur – signatura může být vytvořena specialisty pouze z již prozkoumaných pozorovaných nákaz. Statická povaha signatur pak dále omezuje jejich účinnost. Pokročilé útočné strategie jsou silně polymorfní, neopakují přenosy týchž binárních sekvencí, nepřistupují opakovaně na stejné servery atd. Tým analytiků produkující signatury pro bezpečnostní řešení, proto čelí rychle rostoucímu objemu analýz, který se snadno stává nezvladatelný.

V současnosti má většina infekcí stále charakter odhalitelný signaturovými metodami, to se však v čase mění a lze pozorovat rychlý přesun útočníků ke složitějším polymorfním technologiím. Polymorfní útoky a nákazy nelze odhalit standardními řešeními, je potřeba behaviorální detekce (detekce na základě celkového chování), která je však doposud méně zvládnutá než tradiční signaturové technologie, má nižší přesnost, pokrytí, i interpretovatelnost výstupu. Lze však předpokládat, že složitější infekce, které vyžadovaly větší investici na straně útočníka, také budou cíleny na závažnější cíle.

Přechod k většinově šifrovanému provozu akcelerovaný požadavky veřejnosti po aférách WikiLeaks a Snowden situaci výrazně zhoršuje – možnosti odhalit škodlivou aktivitu v šifrovaných kanálech jsou několikrát menší než v doposud většinových typech běžných protokolů.

Ve větších mezinárodních firmách se dnes obvykle vyplácí zajistit funkci bezpečnostního manažera včetně případně týmu bezpečnostních analytiků, a to bez ohledu na rozsah nasazených bezpečnostních řešení. Pokročilejší bezpečnostní řešení často poskytují komplexnější a náročněji interpretovatelné informace, což je cena za zvýšení bezpečnosti nad průměrný rámec. Nejnebezpečnější ale bývají právě nejsložitější typy infekcí, jejichž projev bývá pozorován často jen nepřímo, popř. nejednoznačně, někdy s množstvím velmi slabých identifikátorů – z tohoto důvodu zůstává prostor pro zkušené firemní bezpečnostní analytiku i při nasazení všech známých automatických obranných systémů. Takováto řešení si však nemohou dovolit malé a střední firmy.

Ve firmách se v nejlepším případě dbá na počítačovou či informační bezpečnost ve výše uvedeném, spíše lokálním smyslu. Obecně chybí celistvý pohled na bezpečnost, tedy vnímání bezpečnosti jako globální záležitosti v rámci všech úseků podniku, spolupracujících firem, dodavatelsko-odběratelského řetězce atd. Bez globálního pohledu na výrobně-ekonomickou síť kooperujících jednotek však dostatečnou bezpečnost, ani privátnost informací zabezpečit nelze.

Bezpečnost výrobních sítí těsně souvisí s bezpečností energetických a zásobovacích/surovinových řetězců a sítí – i toto pojetí, vycházející z koncepcí iniciativy Průmyslu 4.0, u nás ani v zahraničí zatím není v praxi implementováno.

Řada úloh zajištění bezpečnosti výrobních či energetických systémů má již charakter úloh ochrany kritických infrastruktur. Bohužel současné zákonem a dalšími předpisy stanovené definice kritické infrastruktury a jejích informatických a kybernetických komponent neodpovídají potřebám koncepce Průmyslu 4.0 a bude je nutno dopracovat. Stát se postupně (často z neznalosti) zřiká kontroly nad klíčovou komunikační infrastrukturou státu.

Role státu při certifikaci bezpečnostních řešení je dnes minimální. Bez bezpečnostní certifikace však nelze počítat s efektivní integrací bezpečnostních řešení ve výrobně-ekonomických i energetických sítích.

5.2. Směry dalšího vývoje

V cílovém stavu bude bezpečnost výrobních a energetických systémů, privátnost informací a s tím související ochrana duševních práv pevnou a významnou součástí všech řešení v rámci Průmyslu 4.0. Těmto otázkám bude věnována odpovídající pozornost a jejich řešení bude nedílnou součástí všech

navrhovaných systémů. V podnicích a dalších institucích se jim budou věnovat vysoce kvalifikované, dostatečně personálně vybavené týmy.

Přitom budou uvažovány nejen otázky počítačové bezpečnosti, nýbrž i otázky systémové, globální bezpečnosti související s celkovou architekturou, komunikačními pravidly a schopností systémů inteligentně vyhodnocovat komunikovaná data, atd.

Otázka bezpečnosti bude povinně uvažována již ve fázi návrhu složitých distribuovaných výrobních a energetických systémů jako organická součást celého návrhového procesu.

Budou rozpracovány metody a techniky automatizovaného vyhodnocování stupně bezpečnostního rizika metodami analýzy rozsáhlých souborů komunikačních dat, umožňující včas přepínat systémy či subsystémy do různých úrovní bezpečnostních opatření. Budou přitom využívány základní principy technologií Průmyslu 4.0.

Zvláštní pozornost bude věnována bezpečnosti kritických infrastruktur, jejichž definice bude podrobněji rozpracována na základě detailnější klasifikace komponent systémů Průmyslu 4.0. Stát bude mít pod kontrolou klíčovou komunikační infrastrukturu.

Dílejší subsystémy budou řádně certifikovány na stanovené stupně bezpečnosti v certifikačních místech dohlížených státem.

Budou k dispozici metody koordinace a kooperace mezi distribuovanými výrobními systémy Průmyslu 4.0 a energetickými sítěmi či sítěmi surovinového zásobování s cílem posilovat vzájemnou bezpečnost a robustnost. Samy energetické sítě a sítě surovinového zásobování budou organizovány dle principů Průmyslu 4.0, přičemž k zajištění bezpečnosti bude možné využívat analogických metod.

5.3. Klíčová témata

Klíčová témata k řešení v oblasti bezpečnosti musí vycházet z následujících výzev:

- Otevřenější a spolupracující sítě v oblasti Průmyslu 4.0 učinily systémy náchylnější k útoku.
- Lze očekávat další výrazný nárůst ekonomicky motivovaných a cílených útoků na podnikovou výrobní infrastrukturu.
- Nedostatečné odborné znalosti v oblasti průmyslových IT sítích omezují schopnost detekce a reakce.
- Ani použití stávajících IT bezpečnostních řešení nemusí v brzké době stačovat, lze totiž očekávat postupný přechod od hybridních řešení ke zcela novým síťovým architekturám.
- Velkou výzvou jsou postupně se prosazující implementace řešení z oblasti softwarově definované bezpečnosti (SDS), které budou plně integrovatelné do jádra komunikačních sítí.
- Chybí dostatečně rozpracované metodiky a metodiky globální systémové bezpečnosti a bezpečnosti kritických infrastruktur včetně definice základních prvků této bezpečnosti
- Výzvou je i systémové řešení bezpečnosti v interagujících sítích výrobních, energetických a surovinových.
- Je třeba dořešit bezpečnostní certifikaci garantovanou státem.

5.3.1. Globální bezpečnost

Řešení konzistentní s myšlenkami Průmyslu 4.0 představují velmi složité systémy vytvářející rozsáhlou síť nejrůznorodějších entit: osob, automatizačních systémů, IT systémů, výrobních strojů, transportních zařízení, datových skladů, fyzických skladů materiálu a produktů, kooperujících podniků. Síť má obvykle virtuální i fyzickou část – obě jsou propojeny a integrovány. Mezi všemi relativně autonomními komponentami trvale probíhá náročná komunikace, výměna informací, přenášejí se velké objemy často časově kritických dat. Přitom většina těchto procesů probíhá zcela automaticky.

V celé této síti, do níž principiálně patří i horizontální a vertikální řetězce, aktivně působí velké množství účastníků. Bezpečnost v této komunitě je proto globální úlohou a nelze ji chápat jenom na úrovni komponent či dílčích řešení. Bezpečnost je třeba vidět systémově, globálně, řešit ji jako významný proces napříč celou sítí různorodých entit. Ve složitém výrobním ekosystému ji nelze redukovat jenom na problematiku kybernetické či počítačové bezpečnosti – musíme ji chápat jako vhodnou **kombinaci systémové a počítačové bezpečnosti**. V některých případech klíčového průmyslu je nutno dokonce přistoupit k náročnějším metodám zajištění bezpečnosti kritických infrastruktur.

Ve složitých systémech lze očekávat velké množství interakcí, přičemž filosofie Průmyslu 4.0 předpokládá doslova možnost komunikace jakékoliv entity s jakoukoliv jinou napříč celým řetězcem či komunitou při zajištění bezpečnosti systému jako celku. Strategie, architektury a standardy pro takto rozsáhlé možnosti komunikace musí teprve být vyvinuty. Musí zahrnovat jak bezpečnost ve smyslu ochrany virtuálního prostoru dat a komunikace (např. pomocí šifrování, autentikace), tak i bezpečnost ve smyslu zabezpečení funkceschopnosti, zejména v případě časově kritických procesů, a dostupnosti zdrojů. Je třeba mj. sledovat zatížení komunikačních kanálů tak, aby lokální či dočasné přetížení neovlivnila zásadním způsobem globální chování systému (může vzniknout nechtěné, tzv. emergentní chování). Neméně důležitým aspektem v oblasti bezpečnosti rozsáhlých systémů je i ochrana osobních dat, soukromí a intelektuálních práv, ochrana proti pirátství. Ochrana osobních údajů bude zvláště důležitá v souvislosti s připravovaným, poměrně přísným nařízením EU.

V rámci integrovaného virtuálního a fyzického prostředí v globálních řetězcích se ukazuje, že je nutno věnovat pozornost i elektronické ochraně fyzických logistických operací. Jsou známy případy, že výrobky jsou během transportu bezkontaktně přeprogramovány či jinak pozměněna jejich funkčnost.

Aby mělo globální bezpečnostní řešení smysl, musí jeho principy akceptovat všechny komponenty systému, musí zde nastat konsensus napříč všemi řetězci (ať již fyzickými či virtuálními). Kvalita bezpečnostního řešení jako celku je dána kvalitou bezpečnostního řešení nejslabšího článku globálního řetězce. Navíc potřebná omezení na komunikační svobodu nesmí zasahovat do efektivnosti chování systému jako celku, nesmí bránit včasnému přenosu časově kritických informací ani narušovat soukromí a ohrožovat intelektuální vlastnictví. To bez akceptace základních principů bezpečnosti všemi komponenty systému dosáhnout opravdu nelze.

Velkým problémem, který může být ještě umocněn (možná i neúměrnými) požadavky na bezpečnost event. privátnost informací, je značné systémové přetížení komunikačních sítí v kritických okamžicích – v takovýchto případech zvažovat taková opatření jako je distribuce zatížení (přeliv), vytváření dočasných virtuálních komunikačních kanálů, filtrace posílaných zpráv, dočasná změna stupně bezpečnosti apod. Takováto opatření však vyžadují monitorování situace v komunikační síti z pohledu globálně systémového.

Jiným problémem, řešitelným obdobnými prostředky, může být porušení elektromagnetické kompatibility.

Předpokládaná schopnost efektivní komunikace mezi elementy celého systému/řetězce může být naopak využita i pro vývoj bezpečnostních strategií a architektur. V takovýchto globálních systémech je totiž možné provádět rozsáhlé monitorování a vyhodnocování komunikačních procesů s cílem detekovat podezřelé vzory chování, komunikace či interakce. Je možné a účelné přepínat mezi různými stupni bezpečnosti.

Vyvinuté strategie, architektury a standardy musí být nejprve ověřeny v konkrétních typických scénářích napadení a musí být připravovány na scénáře dosud neuvažované, neznámé. Na základě praktických zkušeností bude možné vytvářet referenční modulární architektury pro potřeby bezpečnosti. Zcela nezbytným se jeví požadavek certifikace bezpečnostních řešení z pohledu úrovně a kompatibility bezpečnostních opatření tak, aby mohla být zaručena stejná úroveň zabezpečení v celém řetězci.

Dalším přirozeným požadavkem je přidělení a užívání unikátního identifikátoru pro každý fyzický element distribuovaného systému (to je ostatně obvyklý požadavek v oblasti internetu věcí). V další fázi vývoje by mohl být každý z elementů vybaven bezpečnostním pasem ("security passport"), poskytujícím dalším komponentám klíčové informace o svém nositeli, využitelné v bezpečnostních procesech.

Zcela základním požadavkem je požadavek "Security by Design", předpokládající, že řešení bezpečnosti nebude doplňováno dodatečně, nýbrž se stane součástí návrhu systému již v době jeho návrhu. Již od samého prvopočátku vývoje a návrhu výrobního systému je totiž možné (a nutné) s bezpečnostními aspekty počítat a přímo je v návrhu respektovat. Je např. možné systém vhodně dekomponovat či segmentovat, fyzicky oddělovat některé subsystémy či vkládat mezi plně digitální systémy analogové subsystémy jako bezpečnostní štít, apod. Vyhodnocování dat globálního charakteru či dat na první pohled doplňkového charakteru ve vybraných modulech, duplikace klíčových informací v komunikačních kanálech i další techniky mohou sloužit k podpoře globální bezpečnostní strategie.

Při migraci systémů Průmyslu 3.0 k systémům charakteru Průmysl 4.0 nelze systémy bezpečnosti zavádět překotně – půjde spíše o postupné vylepšování těch řešení, která jsou již k dispozici. I u nově navrhovaných výrobních systémů je nutno postupovat uvážlivě tak, aby systémy bezpečnosti zůstaly uživatelsky přívětivé a nebrzdily normální fungování systému jako celku.

5.3.2. Kybernetická a informační bezpečnost

V důsledku výrazného růstu počtu kybernetických útoků, a to nejen na kritické infrastruktury, se kybernetická bezpečnost stává hlavním bodem zájmu v oblasti průmyslové automatizace a průmyslových komunikačních sítí pro potřeby jednoho podniku i jejich řetězců. Přehled všech potenciálních typů útoků a jejich zdrojů lze nalézt v Příloze ke kapitole 5.

Tyto útoky jsou zaměřeny na narušení podnikové výrobní činnosti a jsou vedeny osobami či organizovanými skupinami s různou motivací (ekonomický zisk, potlačení konkurence, politické cíle/hactivismus, osobní cíle-pomsta atd.). Kybernetické hrozby jsou zaměřeny především na průmyslové řídicí systémy, jako jsou distribuované řídicí systémy (DCS), programovatelné logické automaty (PLC, PAC) a jejich sítě, systémy sběru, regulace a dohledu dat (SCADA), systémy a rozhraní člověk-stroj (HMI) a to prostřednictvím různým bezpečnostních mezer/děr vycházejících ze špatného návrhu architektury, ze zanedbání péče o počítačovou bezpečnost nebo jen prostě ze zastaralosti komponent v systému používaných.

Přerod podniků ve 4. průmyslové revoluci bude z hlediska zajištění kybernetické bezpečnosti znamenat zejména vnitřní reorganizaci procesů, redefinici odpovědnostních rolí a posílení vnitrofiremní kultury směrem k porozumění potřeb počítačové bezpečnosti a chápání souvislostí mezi

vlastním konáním zaměstnanců a bezpečnostními riziky, které mohou svojí nedbalostí či neznalostí podniku způsobit. Platí i nadále, že nejslabším článkem bezpečnostního ekosystému je vždy člověk.

I v oblasti technického vybavení a nástrojů pro detekci/prevenici útoků bude potřeba výrazných změn. Bránit vnější perimetr již dnes nestačí. Je třeba počítat se zákeřnými útoky z vnitřních zdrojů, ať již od nespokojených zaměstnanců nebo dodavatelů. Ve výrobních podnicích, avšak nejen v nich, jsou odděleny informační a průmyslové sítě, přičemž ty průmyslové jsou ve většině případů dosud koncipovány jako uzavřené, propojené s podnikovými informačními systémy ve vybraných bodech. Koncept je to v principu jistě dobrý, avšak jeho nepříjemným vedlejším důsledkem je „falešné uspokojení“ vyplývající ze zkratky „není to připojené k internetu – není u toho potřeba příliš řešit kybernetickou bezpečnost a zvládne to běžný údržbář“. Tyto průmyslové sítě jsou tak často postaveny na spolehlivé, avšak z hlediska kybernetické bezpečnosti zastaralé technologii a jsou spravovány nedostatečně proškoleným (ve smyslu kyberbezpečnosti) personálem, který má i z hlediska správy podnikové IT nedostatečné či nevyvážené pravomoci a odpovědnosti.

Zatímco průmyslový sektor klade důraz na kvalifikované pracovní síly se zaměřením na výrobní/automatizované systémy s úzkou vazbou na produkt, poněkud zanedbává odborné znalosti a dostatečně kvalifikovaný personál v průmyslových počítačových sítích. Tento přístup pak oslabuje schopnost organizací, aby vytvořily komplexní ochranné a preventivní strategie pro zajištění kybernetické bezpečnosti a provozní spolehlivosti výroby. Při přechodu podniků směrem ke konceptu Průmyslu 4.0 tak bude nutností posílit týmy pro informační bezpečnost, a to jak u průmyslových, tak i dalších komunikačních sítí podniku. Lze očekávat vznik podnikových CERT/CIRT (Computer Emergency Response Team/ Computer Incident Response Team), jejich vybavení odpovídajícími analytickými nástroji a napojení do národního systému sledování kybernetických hrozeb.

V minulosti byly průmyslové sítě převážně budovány jako izolované systémy, běžící na proprietárních protokolech a specializovaném hardware či software, mimo jiné díky požadavkům na rychlost reakcí v řádu desítek milisekund. Nicméně, průmyslová architektura se v průběhu posledních let zásadně mění. Dochází k čím dál větší vnitřní i vnější integraci, sbírá se čím dál větší množství dat pro analýzu a rozhodování, vrcholové vedení vyžaduje přístup k datům v reálném čase, přechází se na jednotné protokoly, zejména Internet a Ethernet v průmyslu, roste množství bezdrátových komunikačních zařízení a tak se stupeň izolace průmyslových systémů výrazně snižuje. S tím však roste i jejich celková zranitelnost.

S nástupem rodiny internetových přenosových protokolů TCP/IP a podstatným zrychlením internetu dochází i k proměnám v topologii a architektuře průmyslových sítí. Proprietární řešení jsou postupně vytlačována technologiemi běžně používanými v IT prostředí. Pokud se však bavíme o plném přechodu na koncepci Průmyslu 4.0, nebude pouhá adaptace technologií z IT prostředí do prostředí průmyslových sítí stačit. I stávající „moderní“ přenosové sítě vykazují značné výzvy a nedostatky pro blízkou budoucnost. Jsou izolované od služeb, jejich jádrová zařízení jsou obtížně programovatelná pro specifické potřeby zákazníka, mechanismy nabízející komplexní (end-to-end) kontrolu bezpečnosti a kvality postrádají možnosti centralizované (natož distribuované) správy a řízení a jejich infrastruktura je celkově uzavřená a obtížně rekonfigurovatelná.

Nové typy síťových konceptů již nyní existují a bude záviset na rychlosti odstranění jejich „dětských nemocí“, aby mohly být nasazeny do průmyslového prostředí. Jedním z nadějných konceptů, kterému se prakticky věnují i všichni významní výrobci, jsou softwarově definované sítě (SDN). SDN by se daly popsat několika klíčovými znaky – jsou jimi otevřenost, virtualizace síťových funkcí a možnosti centrálního i decentralizovaného řízení. Inteligenci sítě lze díky tomu přesunout do řídicích center, neboť SDN umožňuje oddělit směrovací logiku od řídicí. Flexibilita SDN řešení umožňuje naprogramovat jak síťovou, tak řídicí a dohledovou vrstvu. Každá z nich je abstraktní a disponuje otevřeným API (Application Programming Interface). Uživatel se tak může pohybovat na různých

síťových vrstvách a vytvořit propojení mezi službami. Díky programovatelnosti a otevřenosti si tak uživatel bude moci přizpůsobit síť dle okamžitých požadavků.

Ačkoli jsou tyto sítě vyvíjeny pro potřeby velkých datových center, jejich vlastnosti je přímo předurčují pro nasazení do průmyslových sítí konceptu Průmyslu 4.0 a dále. Softwarově definované sítě rozšiřují výhody virtualizace na každou jednotlivou doménu průmyslové sítě (výpočetní, ukládací a síťovou) a současně i na všechny související služby, ať už v oblasti bezpečnosti, dostupnosti a přístupu. Softwarové řešení umožní to, že všechny hardwarové zdroje budou sloučeny a následně budou automatickými funkcemi jednotlivé zdroje přerozdělovány podle požadavků vysílaných aplikacemi. Umožní tak další stupeň automatizovaného řízení a sdílené zdrojů při komunikaci mezi stroji. S ohledem na vzájemnou kompatibilitu s technologiemi datových center pak nebude problém, v případě potřeby, slučovat celé výrobní celky virtuálně do cloudových infrastruktur.

V souvislosti s nasazením sítí SDN pak bude možno i plně implementovat řešení, která vycházejí z principů modelu softwarově definované bezpečnosti (Software Defined Security - SDS) a která výrazně napomohou při identifikaci a eliminaci nežádoucího chování v síti, na jež stávající moderní řešení založená na signaturním chování už přestávají stačit. Bude umožněno trvalé monitorování dynamicky se měnící situace v komunikační síti.

Masivní virtualizace včetně virtualizace serverů však s sebou nese i některé problémy, spojené s aspekty privátnosti a ochrany dat. Mnohdy lze jen obtížně dohledat, kde jsou data opravdu fyzicky uložena či komunikována. I zde je třeba ještě mnohé vykonat, a to jak v oblasti technologické, tak i legislativní (viz kapitola 7 týkající se legislativy).

Česká republika má velkou tradici ve vývoji systémů počítačové bezpečnosti a má tak přirozenou šanci přispět k řešení počítačové bezpečnosti a ochrany dat v celosvětovém měřítku s pozitivními dopady na zavádění těchto řešení v českém prostředí v rámci iniciativy Průmysl 4.0 i s přínosy pro českou ekonomiku.

5.3.3. Bezpečnost v kritických systémových infrastrukturách

Definice kritické infrastruktury (dle zákona č. 240/2000 Sb.): Kritickou infrastrukturou (KI) je prvek kritické infrastruktury nebo systém prvků kritické infrastruktury, narušení jehož funkce by mělo závažný dopad na bezpečnost státu, zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva, zdraví osob nebo ekonomiku státu.

Stávající pojetí kritické infrastruktury je poměrně konzervativní a je logicky poplatné původnímu chápání tohoto pojmu. Vymezení prvků kritické infrastruktury v kybernetických a informatických systémech v nařízení vlády č. 432/2010 Sb. neodpovídá potřebám Průmyslu 4.0. V souvislosti s Průmyslem 4.0 bude nezbytné toto vymezení dále detailněji specifikovat. Např. bude třeba dělit možnou kritickou infrastrukturu na následující typy

Fyzické systémy: Jedná se především o kritickou infrastrukturu v současném, základním pojetí, tedy např. fyzické objekty, které jsou důležité pro chod státu, nebo jeho součástí, ale také o fyzické objekty, které původní pojetí rozšiřují jako např. fyzické datové sítě, datová centra, ale také fyzické objekty robotického charakteru (drony, roboty, vozidla atp.)

Virtuální systémy: Pod touto kategorií rozumíme systémy s nefyzickou, tedy virtuální implementací jako je např. SW v současném pojetí obecně. Konkrétně se pak může jednat např. o virtuální systémy sociálních sítí, SW ovlivňující fyzickou kritickou infrastrukturu atp.

Autonomní systémy: V tomto případě se jedná o infrastrukturu, která funguje autonomně na základě vnitřního SW a která plní cíle zadané provozovatelem. V této oblasti lze očekávat prudký nárůst požadavků na bezpečnost v následujících letech. Na této kategorii systémů je postaven koncept Průmyslu 4.0.

Systémy s umělou inteligencí: Jedná se o systémy, které plní abstraktně definované úkoly a samostatně si upravují strategie k jejich dosažení. Protože tyto typy systémů mohou být součástí kritické infrastruktury např. v oblasti řízení energetických sítí, nebo v budoucnosti jakou součástí mobilních autonomních systémů, je třeba s nimi takto počítat.

Systémy s replikací nebo vytvářející další systémy: Pod touto definicí rozumíme systémy, které nějakým způsobem (fyzicky či virtuálně) vytváří další systémy a to buď formou replikace, nebo „výrobou“ systémů jiných. Uvedené systémy jsou integrální součástí Průmyslu 4.0 a zejména v kombinaci s předchozími dvěma typy systémů se jedná o velkou výzvu z pohledu zvládnutí správného přístupu k nim.

Rozšířená definice obsahující detailnější specifikaci systémů kritické infrastruktury přímo předpokládá existenci vyjmenovaných typů systémů a aktivně s nimi pracuje. Je nutno podotknout, že se uvedené definice typů infrastruktur mohou překrývat, tedy systém může být zároveň ve dvou i více skupinách.

Jak bylo již uvedeno, stávající pojetí kritické infrastruktury nebude stačit (a také už nestačí) pro současný rozvoj technologií. Proto musí být stát schopen zachytit dvě dynamiky:

1. Dynamiku obsahu pojmu kritická infrastruktura (systémy ze zařízení, které se trvale, nebo dočasně budou stávat její součástí).
2. Dynamiku kritické infrastruktury v prostoru a čase – zejména s ohledem na různou míru autonomních pohybujících se systémů.

Ve výše uvedených souvislostech bude nutné vybudovat zcela nový přístup z pohledu složek, které zajišťují bezpečnost a ochranu infrastruktur a také je postupně vybavit pro práci v nové situaci.

Pro jednotlivé resorty z předchozího vyplývá nutnost:

- Vnitřně určit typy nové kritické infrastruktury i s ohledem na systémy, o nichž je zřejmé, že v následujících letech budou zaváděny.
- Provést kategorizaci těchto systémů podle stupně důležitosti.
- Identifikovat případné vazby na další resorty.
- Definovat legislativní dopady z pohledu bezpečnosti uvnitř resortu.

Zákony definující kritickou infrastrukturu jsou poplatné době vzniku a v souvislosti s výše uvedeným zcela neobstojí. Bude tedy nezbytně nutné provést jejich rozšíření, zejména s ohledem na:

- Zachycení nového obsahu pojmu kritická infrastruktura (dynamika, autonomnost systémů s umělou inteligencí).
- Lepší vymezení vztahu stát – kritická infrastruktura a stát – provozovatel kritické infrastruktury.
- Podporu složek Integrovaného záchranného systému (IZS) pro interakci s nově definovanými součástmi kritické infrastruktury.
- Podporu silových resortů pro práci s kritickou infrastrukturou.

Velkou výzvu (z legislativního pohledu) může představovat případná nutnost státu dynamicky definovat kritickou infrastrukturu a vynucovat si na nestátních subjektech interakci s ní.

Každopádně je nezbytné, aby stát pečlivě zvažoval, do jaké míry uvolní ze své kompetence klíčovou komunikační infrastrukturu, aby měl dostatečný nástroj pro zásahy v kritických chvílích.

5.3.4. Bezpečnost energetických a síťových surovinových systémů

Žijeme dnes v relativně komfortním světě, kde rizika obvykle neřešíme, dokud není pozdě. Příkladem je voda z povodní v nukleárním krytu pražského metra nebo Krym bez proudu ve výjimečném stavu kvůli několika elektrickým sloupům.

Vlivem narůstající decentrální výroby energie se energetické hospodářství vrací do stavu rozvoje průmyslu, kdy měla každá továrna své vlastní energetické zdroje a centrální soustavy byly velmi omezené nebo nebyly vůbec. Existence centrálních soustav a také existence moderních řídicích technologií umožňuje do budoucna lepší kooperativní chování a také větší bezpečnost vyplývající z decentrálního charakteru výroby energie. Budou vznikat ostrovy energetické soběstačnosti, oddělující se nebo připojující se ke globální soustavě dle potřeby. Lokální zdroje, ať již spojené přímo či nepřímo s lokální průmyslovou výrobou zasíťovanou ve výrobním řetězci, budou sehrávat čím dál tím významnější roli.

Systémy decentralizované energetiky budou ve své podstatě řízeny metodami a principy Průmyslu 4.0 – půjde vlastně o decentralizovaný systém relativně autonomních energetických subsystémů (ostrovnů). Role centrálního řídicího systému může být potlačena či dokonce vymizí. Subsystémy spolupracují a ve vzájemné interakci optimalizují výrobu dle potřeb spotřebitelů. S využitím principů Průmyslu 4.0 lze v distribuovaných sítích detekovat napadení, poruchy zařízení a jeho poškození – tedy tyto principy a metody jsou s výhodou využitelné k řešení systémové infrastrukturalní bezpečnosti uvnitř energetických sítí.

Při řešení problémů bezpečnosti v rámci iniciativy Průmysl 4.0 je nutno zvažovat i vazby mezi výrobními průmyslovými systémy, energetickými systémy a event. systémy zásobování surovinami. Mezi těmito systémy v posledním období vzrůstá dynamická interakce, která je stimulována integrací na informatické úrovni. Pokud jak výrobní systém, tak systém energetický považujeme za systém distribuovaný a podléhající principům Průmyslu 4.0 (a směrem k takovému systému se postupně bude nezbytně vyvíjet energetická distribuční síť v rámci decentralizované energetiky), pak je nutno uvažovat různorodé dynamické interakce síťového systému výrobního a energetického. Bez elektřiny nefungují libovolná informační řešení, automatizace ani telekomunikace, s výjimkou takových, která mají záložní zdroje. Lze je využít ke zvýšení odolnosti, robustnosti a tím celkové bezpečnosti obou propojených sítí. Totéž platí o surovinové distribuční síti a jejím chování v budoucnosti.

Všechna síťová odvětví jsou dnes řízena automaticky a mnohdy na dálku. Jejich zranitelnost se zvyšuje s možným kybernetickým útokem namísto útoku fyzického. Takovýto útok se samozřejmě okamžitě projeví v propojené výrobní síti. Nastává však možnost dynamické obranné reakce díky vhodné interakci v rámci ekosystému obou propojených sítí.

Budoucí bezpečnostní řešení, zejména v případě výrobních či energetických systémů v rámci kritické infrastruktury, bude nutno chápat a zabezpečovat v rámci komplexního pohledu na úzkou dynamickou interakci dvou či dokonce více sítí. Vzhledem k tomu, že výzkum a praktická bezpečnostní řešení v tomto pojetí dosud téměř neexistují u nás ani ve světě, bude třeba je vyvinout, simulovat, zařadit jako součást české energetické politiky i do Národního akčního plánu inteligentních sítí. Zatím máme reálnou šanci být mezi prvními a využít této výhody i v exportu řešení.

5.3.5. Role státu a potřeba certifikací

Zavádění zabezpečení technologií pro Průmysl 4.0 bude vyžadovat celou řadu aktivních opatření ze strany firem, ale i státu. Pro co nejrychlejší zavedení bezpečnostních technik doporučujeme proaktivní roli státu a nepřímou a přímou motivaci pro firmy. Cílem by mělo být motivovat firmy k co nejrychlejšímu zavádění této kategorie technologií, aniž by to bylo vynucováno. Tímto způsobem pak

bude jednodušší přijmout nepsaný standard za standard skutečný a zavést potřebnou certifikační infrastrukturu.

Důležitou snahou by nicméně mělo být, aby se firmy vzájemně motivovaly ke splňování bezpečnostních požadavků a vznikl tak přirozený tlak na normalizaci a certifikaci firem. Certifikace by také měla probíhat především na privátní bázi (stát není schopen certifikovat sám).

Firmy a organizace lze rozdělit principiálně do dvou skupin:

1. Firmy a organizace, jejichž systémy mají vztah k fungování infrastruktury státu (kritické i ostatní), nebo jejichž systémy mají pro stát zvláštní význam
2. Ostatní firmy a organizace

Pokud stát bude vstupovat v interakci s výrobními, nebo jinými procesy, které jsou z jeho pohledu důležité, bude muset mít infrastrukturu pro řešení mimořádných a krizových situací a také musí mít informační přehled jak o organizacích, tak zmiňovaných systémech. Je také v tomto případě nezbytný větší dohled v oblasti certifikace bezpečnosti vč. možnosti nevydat, nebo pozastavit certifikaci.

Druhý případ se týká zejména organizací, které nemají kritický/bezpečnostní charakter z pohledu Průmyslu 4.0 a nejsou v tomto směru v obchodním vztahu se státními organizacemi.

Jak již bylo uvedeno, bude postupně nutné, aby firmy, které budou fungovat dle principů Průmyslu 4.0, mohly být certifikovány z pohledu bezpečnosti. Protože množství certifikací v tomto ohledu je z pohledu státu nezvládnutelné, bude řešením vydávání (soukromým i dalším subjektům) licencí na certifikace firem a systémových integrátorů, nebo ekvivalentní způsob řešení. Protože tento typ licencí má výrazně bezpečnostní charakter, bylo by vhodné, aby příslušnou zodpovědnou státní organizací byl v tomto případě NBÚ. Důvodem je především již fungující vydávání různých osvědčení v této oblasti, které by bylo pouze rozšířeno.

Proti čemu je nutno systémy Průmyslu 4.0 zabezpečit:

- Ztráta ovladatelnosti systému
- Ztráty systémové dostupnosti
- Zhoršování výkonu
- Manipulace a ztráty dat
- Poruchy s dopadem na lidské zdraví
- Poruchy s dopadem na životní prostředí
- Finanční ztráty

Pro všechny entity fungující v souladu s principy Průmyslu 4.0 jsou důležité následující 3 momenty zabezpečení:

1. Fyzické zabezpečení (zabezpečení proti fyzickému neautorizovanému přístupu a manipulaci se systémem a opatření k zamezení přístupu ke kritickým částem systému)
2. Síťové zabezpečení (síťové oddělení systémů, jejich ochrana)
3. Zabezpečení systémové integrity (prevence proti napadení systémů viry atp., prevence neautorizovaných přístupů uživatelů a systémů)

Existuje samozřejmě již dnes řada standardů, které lze ihned použít (např. IEC62433 / ISA99), nicméně i tyto přístupy bude nutné výrazně vylepšit.

Každý podnik s výrobou dle Průmyslu 4.0 bude nicméně nucen (a možná i povinen) mít definovaný bezpečnostní management, který bude provádět rizikové analýzy, upravovat bezpečnostní interní politiky, ty zavádět a trvale provádět validace a jejich zlepšování.

Bude nezbytné, aby vznikly oficiální doporučené postupy pro bezpečnost pro Průmysl 4.0.

I přes systém certifikací bude třeba, aby bezpečnostní složky mohly ověřovat zavedení a dodržování standardů. Toto nelze provádět jinak, než penetračními testy. V této oblasti nicméně existuje legislativně určené vakuum, které bude taktéž nutné vyřešit.

Zvláštní důraz bude nutno věnovat poruchám systémů s dopadem na lidské zdraví či životní prostředí. V tomto případě se jedná o interakce systémů a lidského činitele, které mohou mít potenciálně nebezpečný a dokonce i letální charakter.

Typickým případem jsou již dnes drony, autonomní vozidla, robotické aplikace ve zdravotnictví atp. Rozsah tohoto dokumentu tuto část neumožňuje blíže specifikovat, nicméně je zřejmé, že bude nutné v této oblasti provést řadu opatření legislativních, normalizačních, technických i organizačních na straně státu. V tomto případě se jedná o multiresortní problematiku, kterou je nutné bezodkladně začít řešit.

Implementace myšlenek Průmyslu 4.0 si nepochybně vyžádá od státu celou řadu aktivních opatření a posílení technické infrastruktury, aby bylo zavádění Průmyslu 4.0 efektivní. Zodpovědné organizace budou muset být technicky vybaveny tak, aby např. v případě nutnosti složky byly IZS schopné efektivního konání. Tomu v současnosti zcela není, neboť některé technologie nefungují dosud zcela autonomně. Nicméně lze předpokládat v této oblasti velkou změnu a stát musí být připraven provádět ve vynucených případech zásahy do systémů i jejich dozor a kontrolu.

Důležité je zdůraznit, že výše uvedené pravomoci stát nemůže na nikoho přenést a bude je vždy muset zajistit sám.

5.4. SWOT analýza

Silné stránky:

- ČR má poměrně významné postavení v oblasti vývoje a prodeje SW produktů počítačové bezpečnosti na světovém trhu
- ČR má inženýrský potenciál schopný absorbovat řešení počítačové i systémové bezpečnosti
- ČR má poměrně dobrou legislativu v oblasti bezpečnosti, lepší než řada evropských zemí

Slabé stránky:

- Počítačové bezpečnosti není věnována ve firmách dostatečná pozornost, chybí kvalifikovaný personál (čím kvalifikovanější odborníci, tím citelnější deficit) v nejlepším případě jsou výrobní úseky fyzicky odděleny od internetu
- Řada dnešních bezpečnostních řešení není použitelná běžnými uživateli
- Systémové globální bezpečnosti i koncepčním otázkám bezpečnosti je věnována téměř nulová pozornost
- Dosavadní definice kritické infrastruktury, a to i v dokumentech EU, zdaleka nevyhovuje požadavkům Průmyslu 4.0

Výzvy:

- Zavést systém certifikací bezpečnosti pro potřeby Průmyslu 4.0 pod dohledem státu
- Připravit nezbytnou legislativu pro zavádění moderních systémů Průmyslu 4.0
- Principy Průmyslu 4.0 v plném rozsahu implementovat i v oblasti energetických decentralizovaných sítí event. v oblasti zásobování surovinami
- Zintenzivnit výzkum v oblasti metod detekce a reakce na proměnlivé útoky s využitím umělé inteligence a kybernetiky, a to metod na základě monitorování a vyhodnocování celkové situace
- Nutno se vypořádat s rostoucí složitostí systémů ze subsystémů s umělou inteligencí, vytvářet adekvátní metody bezpečnosti a ochrany dat, vyvíjet systémy jednoduše ovladatelné běžnými uživateli
- Vychovat dostatek odborníků pro bezpečnost systémů Průmysl 4.0, vytvořit pro tento účel nové studijní programy a obory

Hrozby:

- Nedostatečná pozornost věnovaná bezpečnosti systémům Průmyslu 4.0 může vést k vážnému ohrožení výrobních systémů při nejružnějších druzích napadení, jejichž počet a paleta poroste, může vést až ke kolapsu kritických infrastruktur
- Pokud bezpečnost pro systémy Průmyslu 4.0 nebudeme umět vytvářet sami, tak s ohledem na význam bezpečnosti budeme tyto technologie kupovat a záviset silně na jiných.
- Nedostatečná pozornost je věnována poškození člověka či prostředí, ať již úmyslným či neúmyslným selháním složitého zařízení nebo výrobního systému

5.5. Aktuální výzvy a jejich možná řešení

Soustředění adekvátní pozornosti na řešení otázek globální bezpečnosti

Možná řešení:

- Otázkám systémové i počítačové bezpečnosti je třeba věnovat na všech úrovních, včetně úrovně vládní a rezortní, daleko větší a soustředěnou pozornost
- Nutno posílit bezpečnostní výzkum ve všech jeho aspektech
- Řešení otázek bezpečnosti se musí stát organickou, neopominutelnou součástí každého rozvojového nebo investičního projektu
- Vytvořit diskusní či koordinační platformy pohlížející na problematiku bezpečnosti z komplexního hlediska a dát jim možnosti k ovlivňování řešení i k orientaci výzkumných programů
- Bezpečnost, ochrana dat a zdrojů by se měly stát součástí učebních plánů ve všech oblastech vysokoškolského vzdělávání

Důsledné uplatňování a nasazování konceptů počítačové bezpečnosti

Možná řešení:

- Podporovat vývoj nástrojů počítačové bezpečnosti v rámci českého SW průmyslu
- Podporovat nasazování prostředků počítačové

	bezpečnosti v podnicích ekonomickými nástroji • Podporovat lepší ovladatelnost těchto prostředků běžnými uživateli (zjednodušení obsluhy, větší automatizace vyhodnocování)
Podpora přístupům komplexní počítačové bezpečnosti, zejména v kritických infrastrukturách	Možná řešení: • Požadovat, aby řešení systémové bezpečnosti a ochrany dat v podnicích byla řešena systematicky, globálně, a to již ve fázi návrhu řešení, se zohledněním nejen počítačové bezpečnosti • Vytvoření detailnější definice kritické infrastruktury a vhodnější a přesnější definice stupňů bezpečnosti z pohledu potřeb Průmyslu 4.0
Podpora ochraně energetických systémů a dalších zdrojů	Možná řešení: • V souvislosti s těsnými vazbami mezi výrobními systémy Průmyslu 4.0 a systémy decentralizované energetiky či surovinového zásobování zvažovat všechny interakce a řešit je metodami Průmyslu 4.0
Posílení role státu v otázkách bezpečnosti, informačního soukromí a ochrany IPR	Možná řešení: • Státem vytvořit a kontrolovat systém certifikačních autorit pro bezpečnost • Pozornost věnovat poruchám systémů (ať již neúmyslných či úmyslných) s dopadem na lidské zdraví a životní prostředí, provést řadu opatření legislativních, normalizačních, technických i organizačních na straně státu. • Podržet pod státní kontrolou a vlivem klíčové infrastruktury nutné pro zabezpečení funkceschopnosti všech bezpečnostních řešení všech uživatelů, to platí zvláště pro kritické infrastruktury • Každá státní dotace firmám by měla být umožněna jen tehdy, pokud vznikne výrobní zařízení či firma služeb opírající se o principy v oblasti bezpečnosti Průmyslu 4.0

6. Standardizace

Ing. Jan Prokš, Ph.D., Bc. Dalibor Tatýrek, Ing. Jiří Růžička, MBA, RNDr. Vratislav Datel, CSc., Ing. František Hýbner

V České republice patří oblast standardizace do gesce Úřadu pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, který se ve své činnosti řídí zejména zákonem o technických požadavcích na výrobky a zákonem o metrologii. ÚNMZ také vede seznam českých technických norem (ČSN) jako standardů pro požadavky na výrobky, procesy či služby. Původní české technické normy mohou být tvořeny pouze v oblastech, kde neexistují normy evropské nebo mezinárodní, tvoří proto pouze cca 10 % celkové roční produkce technických norem v ČR. K převzetí technických norem do českého systému může dojít překladem, převzetím originálu nebo schválením k přímému užívání. Na úrovni EU jsou aplikovány normy dobrovolně používané, doporučované či povinné, které vycházejí z různých legislativních zdrojů – zejména Evropského výboru pro normalizaci (CEN), Evropského výboru pro normalizaci v elektrotechnice (CENELEC) a Evropského ústavu pro telekomunikační normy (ETSI). V praxi bude převážná většina standardů vytvořena velkými nadnárodními společnostmi, ale na úrovni státu se může ČR zapojit zejména při schvalování a formalizaci těchto standardů. K tomuto má ČR zatím má dostatek odborníků, ty však bude nutné v této oblasti pravidelně vzdělávat.

6.1. Současný stav

Standard Průmyslu 4.0 je soubor pravidel pro výkon odborných činností spojených s životním cyklem výrobku (služby), který vzniká v průmyslu a je uveřejněn ve Věstníku.

Vytváření standardu Průmyslu 4.0 je proces zavádění výrobních prostředků a odpovídajících informačních a komunikačních technologií, včetně jeho právního, organizačního, znalostního a technického zajištění tak, aby byly pokryty všechny etapy a činnosti životního cyklu výrobku (služby).

Pojem norma, anglicky „standard“, je definován v ISO/IEC Guide 2:1996 jako jednoznačně uznávaný dokument odsouhlasený na základě shody normalizačními orgány, který obsahuje pro společná a opakovaná použití pravidla, direktivy nebo specifikace pro činnosti nebo jejich výsledky. Cílem je dosáhnout v daných souvislostech optimální řád.

Ustanovení norem nejsou, pokud není zákonem stanoveno jinak, právně povinná. Pro zajištění jednoznačných podmínek pro obchod, kvalitu, výrobu a servis jsou normalizačními orgány dohodnuty normy jako de facto dodržovaná ustanovení. Tato ustanovení pokrývají obecně mnoho oborů, jsou navzájem sladěna a konsistentní a neustále se vyvíjejí. Musí být stále aktuální a musí představovat nejvyšší úroveň know-how v dané oblasti.

Normy, ať již na světové, evropské nebo národní úrovni popisují konkrétní řešení, přičemž možných řešení jedné problematiky může být více. Proto existují, mimo normy, ještě tzv. **technické předpisy** ("regulation"), které povinně vymezují technickou specifikaci, jiné požadavky a pravidla pro služby, včetně příslušných správních opatření.

Směrnicí Evropského parlamentu a Rady č. 98/34/ES, o postupu poskytování informací v oblasti technických předpisů a pravidel pro služby informační společnosti ve znění směrnice 98/48/ES, je dodržování těchto technických předpisů při prodeji, poskytování služby, zřizování služby nebo používání v členském státě nebo na jeho větší části **povinné de iure** nebo *de facto*. Jde o technické předpisy vydané orgány, které jsou určeny členskými státy a jsou uvedeny na oficiálním seznamu.

Technické předpisy zahrnují zákony, právní předpisy nebo správní opatření členského státu, které odkazují na technické specifikace nebo jiné požadavky nebo profesní pravidla nebo pravidla správné praxe, které se opět samy odvolávají na technické specifikace nebo na jiné požadavky nebo na

pravidla pro služby, přičemž soulad s nimi je předpokladem shody s povinnostmi uloženými zmíněnými zákony, právními předpisy nebo správními opatřeními. Dále zahrnují dobrovolné dohody, v nichž je státní orgán smluvní stranou a které ve veřejném zájmu stanovují shodu s technickými specifikacemi nebo s jinými požadavky nebo s pravidly pro službu, kromě specifikací pro nabídkové řízení při zadávání veřejných zakázek. Nakonec technické specifikace nebo jiné požadavky nebo pravidla pro služby související s daňovými nebo finančními opatřeními ovlivňujícími spotřebu výrobků nebo služeb tím, že vyzývají ke shodě s těmito technickými specifikacemi nebo jinými požadavky (mimo národní systémy sociálního zabezpečení).

V členské zemi EU tedy vedle sebe existují nepovinné ISO, IEC, CEN a národní normy a povinné technické předpisy.

Položme si otázku: Musí se tvořit zvláštní standard, nestačil by pouze výběr z technických norem?

Tato otázka je sama o sobě dosti zjednodušená, protože neuvažuje jiné než technické předpisy. I když se omezíme pouze na technické normy, tak i zde je náhrada standardů Průmysl 4.0 výběrem z norem nereálná. Všechny standardy jsou tvořeny jako kompilát z technických norem, většinou z jejich částí, a to jejich spojením do konzistentního celku, při uplatňování zásady, že ustanovení technické normy je neměnné.

Typický příklad takové kompilace je Standard pro popis datových prvků. Pro splnění účelu, který tento standard má, nestačí vyjmenovat několik norem, ze kterých čerpá, protože je z každé vybrána pouze část. Např. z normy ČSN 97 4001-1, která předepisuje popis datového prvku se vyberou pouze některé atributy. Samozřejmě všechny povinné, dále pak výběr podle požadavků Informačních systémů veřejné správy (dále ISVS). Tyto atributy se doplní atributy běžně používanými v ISVS, které uvedená norma nespecifikuje. Je to možné proto, že norma používání jiných, než v ní uvedených atributů, nezakazuje. Obdobné je to u popisu složeného datového prvku. ČSN složený datový prvek pouze definuje a vede sborník složených datových prvků, ale strukturu popisu již exaktně nepředepisuje. Další problém spojený s datovými prvky je vedení katalogů datových prvků. Ve sbornících ČSN je pro každý prvek uveden jen úzký výběr z povinných atributů (z dvaceti uváděných v katalogových listech datového prvku), což je pro potřeby ISVS příliš málo. To bude platit i pro vytvářené standardy Průmysl 4.0.

Většina ustanovení technické normy je ve standardu ISVS navíc doplněna výkladem, vysvětlením nebo alternativou, které strohé definice normy objasňují.

Další velmi závažný problém (opět zejména v oblasti EDI) je skutečnost, že si některé platné normy vzájemně odporují. V součinnosti s Technickou normalizační komisí (TNK) se pak musí vybrat vhodné řešení.

Souhrnně z tohoto výkladu plyne nemožnost náhrady standardů výběrem norem pro jejich:

- neúplnost - normalizace v oblasti IT nepokrývá plně potřeby ISVS;
- obecnost - obsahují všeobecný výčet možností, který je nutno specifikovat;
- rozpornost - sice zřídka, ale někdy si navzájem přímo odporují nebo rozdílně definují stejný pojem;
- nedostatečnost - existující norma je ve svých vymezeních nedostatečná;
- nadbytečnost - existující norma je ve svých vymezeních příliš rozsáhlá.

Standardy mohou mimo normy obsahovat i části právních předpisů, návrhy norem, vyhlášky a jiná ustanovení, které technické normy nepokrývají.

Toto je hrubé rozdělení, nicméně nám dovoluje uvést několik základních technických norem, které bezpečně pokrývají alespoň některé části životního cyklu výrobku.

1. ČSN ISO 10303 Automatizované průmyslové systémy a integrace - Presentace dat o výrobku a jejich výměna - všechny části
2. ČSN ISO 9735 Elektronická výměna dat pro správu, obchod a dopravu (EDIFACT) - všechny části
3. ČSN ISO/IEC 11179 Informační technologie - Registry metadat - všechny části
4. ČSN ISO 7372 Výměna obchodních dat - Sborník datových prvků pro obchod
5. ISO/IEC 19763 Informační technologie - Rámec metamodelu pro interoperabilitu (MFI) - všechny části
6. ISO/IEC 20944 Informační technologie - Interoperabilita registrů metadat a vazby - všechny části.

Ve výčtu norem by bylo možno pokračovat např. výčtem norem pro oběh dokumentů, bezpečnost, e-learning atd., nebylo by to však produktivní. Za zásadní považujeme v nejbližší době vyvolat diskusi k bodům 1 a 2 v jednotlivých odvětvích průmyslu.

6.2. Směry dalšího vývoje

Průmysl 4.0 vytváří nové požadavky na standardizaci i unifikaci. Je to proces evoluční, pozvolný.

Standardizace (nebo též technická normalizace) je proces, který vede ke koordinaci, kompatibilitě a opakovatelnosti v kvalitě výroby a bezpečnosti formou vytváření standardů (nebo též technických norem). Vysoká úroveň standardizace umožňuje vysokou opakovatelnost výrobních technologií a postupů výroby, vede ke snižování počtu a opakovatelnosti určitých prvků. Toto sjednocení je unifikace. Unifikace je dobrovolným procesem, který vede ke snižování nákladů na opakovaná řešení, ale i k dalším ekonomickým efektům.

Je zřejmé, že společnost rychlými kroky směřuje k vytváření standardů napříč celým životním cyklem výrobků i služeb. V současné době jsou dílčími standardy pokryty v podstatě všechny části životního cyklu výrobku, s výjimkou užití výrobku/služby uživatelem. Trend zavádění standardů direktivními opatřeními (*de iure*) není žádoucí a využívá se pouze ve spojitosti s bezpečností výrobku a z důvodu ochrany osob, zvířat a majetku. Převažující část standardů vychází z rozšířeného užívání standardů jako dobrovolného nástroje (*de facto*). S tímto principem také pracuje zákon č. 22/1997Sb., o technických požadavcích na výrobky.

Jednotné předpisy a normy mohou mít význam pouze tehdy, když pro celý mezinárodní trh postačí jediný průkaz shody. Musí platit jednotná pravidla pro tento průkaz a musí existovat infrastruktura s místy prováděcími akreditací, certifikací, inspekci, zkoušením, kalibrací atd. World Trade Organization (WTO) – Světová obchodní organizace, jejímž je Česká republika členem, také jako signatář TBT (Agreement on Trade Barriers and Tariffs), plně podporuje rozvíjející se systémy regionálních a globálních dohod o vzájemném uznávání. Právě tyto dohody jsou základem a významným předpokladem uzavření mezistátních i mezinárodních dohod, které pomáhají odstraňovat technické překážky v mezinárodním obchodě.

Česká republika je prostřednictvím národního normalizačního orgánu (nyní Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví – ÚNMZ, do roku 2008 Český normalizační institut – ČNI) členem CEN (Evropský výbor pro normalizaci) a CENELEC (Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice) a má tak možnost spoluvytvářet evropské technické normy, které budou významným způsobem ovlivňovat výrobní technologie v rámci Průmyslu 4.0. Je to například oblast nanotechnologií. Dále je ČR prostřednictvím ÚNMZ zastoupena v ISO (Mezinárodní organizace pro normalizaci) a IEC (Mezinárodní elektrotechnická komise), v ISO dokonce na úrovni člena Rady ISO.

V České republice je v současné době více než 33.000³⁹ platných norem ČSN, viz následující tabulka.

Tabulka 1: Přehled typů normativních dokumentů k 31. 12. 2014

Přehled typů normativních dokumentů k 31. 12. 2014	
ČSN původní	6293
ČSN EN (vč. CEN, CR, CLC)	19354
ČSN ETSI	3839
ČSN ISO	2985
ČSN IEC	507
ostatní*	175
ČSN + TNI	33153

*TNI, ČSN OHSAS, ČSN DIN, ČSN BS, ČSN PN-A

Základním nástrojem standardizace je technická norma. Soustavu českých technických norem tvoří dle novely zákona 22/1997 zejména:

1. původní české technické normy,
2. evropské či mezinárodní normy přejaté překladem,
3. evropské či mezinárodní normy přejaté v původním jazyce a
4. evropské či mezinárodní normy přejaté schválením k přímému používání.

Ze současné klasifikace vyplývá, že v průběhu příštích deseti let bude nutné více než 50 % norem editovat s ohledem na Průmysl 4.0, ale také s ohledem na nové potřeby jednotlivých oborů, např. metrologie, kde vyvstávají požadavky zvyšovat automatizaci měření a výpočtů a reagovat takto na nové požadavky zpracovatelských odvětví. Mimořádný ekonomický význam má zejména měření elektrických a dalších fyzikálních veličin ve výrobě, v distribuci a spotřebě elektrické energie, v komunikacích, dopravě ale i ve vědě a dalších. Ve všech oborech je potom důležitým prvkem výzkum a vývoj pro inovační potenciál a konkurenceschopnost ekonomiky. Je nezbytný pro udržení tempa technického vývoje a pro uspokojování potřeb hospodářství, spojených s rostoucími požadavky na kvalitu výroby a služeb a s požadavky nově zaváděných technologií. Pozice českého metrologického systému v EU dovoluje využít všech výhod koordinace a spolupráce.

Přijetím zákona č. 22/1997 i jeho současnou novelizací byl zvolen princip nezávaznosti technických norem. Takto je standardizace vyvolána přímou potřebou jednotlivých odvětví. Proto v České republice stejně jako i v jiných státech EU mají významnou úlohu Technické normalizační komise (TNK), které koordinuje ÚNMZ a jsou poradním orgánem národní normalizační organizace.

Činnost TNK je založena na principu zainteresovanosti různých zájmových oblastí společnosti na dosažení vzájemně prospěšných normalizačních řešení, a to formou účasti pověřených zástupců příslušných orgánů, organizací a podnikatelů v TNK, kteří uplatňováním požadavků svých zájmových oblastí zabezpečují dosažení konsenzu v řešených normalizačních otázkách.

V technických komisích pracuje v ČR více než 2000 odborníků. Vzhledem k tomu, že veškerý zpracovatelský průmysl a část služeb budou dotčeny Průmyslem 4.0 a vzhledem k charakteru norem a počtu komisí bude nutné téměř 80 % těchto pracovníků proškolit k problematice Průmyslu 4.0. Koncepční dokumenty CENELEC dosud aktivity ve smyslu zavádění Průmyslu 4.0 neoznámily,

³⁹ Zpráva o činnosti ÚNMZ za rok 2014.

koncepce se vždy zaměřují na zvýšení odborné způsobilosti normalizačních pracovníků. Proto jedním z úkolů standardizace při zavádění Průmyslu 4.0 bude oblast specializačního vzdělávání těchto osob pro potřeby Průmyslu 4.0.

Jako výsledek vyhodnocení fungování tzv. Globální koncepce pro certifikaci a zkoušení byly Evropskou komisí navrženy legislativní změny, které byly završeny v roce 2008 přijetím tzv. Nového legislativního rámce, který je postaven na třech základních předpisech:

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 764/2008 ze dne 9. července 2008, kterým se stanoví postupy týkající se uplatňování některých vnitrostátních technických pravidel u výrobků uvedených v souladu s právními předpisy na trh v jiném členském státě.
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 765/2008 ze dne 9. července 2008, kterým se stanoví požadavky na akreditaci a dozor nad trhem týkající se uvádění výrobků na trh. Záměrem nařízení je vytvoření uceleného rámce pro akreditaci a stanovení zásad jejího fungování a organizace na úrovni Společenství (čl. 10 nařízení). Systém akreditace, který funguje podle závazných pravidel, přispívá k posílení vzájemné důvěry mezi členskými státy v odbornou způsobilost subjektů, a tudíž v osvědčení a protokoly o zkouškách, které vydávají (čl. 13 nařízení).
- Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 768/2008/ES ze dne 9. července 2008 o společném rámci pro uvádění výrobků na trh a o zrušení rozhodnutí Rady 93/465/EHS.

Harmonizace jednotlivých specifikací výrobků a služeb odbourává v rámci EU technické překážky obchodu mezi členskými státy. Zboží a služby, jež splňují požadované parametry, se mohou volně pohybovat v rámci vnitřního trhu, což znamená přístup podniků na celý trh EU, zjednodušení postupů a snížení nákladů při současném zajištění technické interoperability a vysoké úrovně bezpečnosti.

Technické požadavky dle nového přístupu jsou vztaženy na celý životní cyklus výrobku a normativně definovány připravovanou novelou zákona č. 22/1997 Sb., který kromě jiného definuje:

1. požadované charakteristiky výrobku, jako jsou úroveň jakosti, ukazatele vlastností, bezpečnost nebo rozměry, interoperabilita, ochrana zdraví a životního prostředí, včetně požadavků na výrobek pokud jde o jeho obchodní název, názvosloví, symboly, zkoušení a zkušební metody, balení, označování výrobku a postupy posuzování shody, jakož i o výrobní metody a procesy mající vliv na charakteristiky výrobků,
2. jiné požadavky nezbytné z důvodů ochrany spotřebitelů nebo životního prostředí po uvedení výrobku na trh, popřípadě do provozu, jako jsou podmínky použití, recyklace, opětovného použití nebo zneškodnění výrobku, pokud tyto podmínky mohou významně ovlivnit složení nebo charakteristiky výrobku nebo jeho uvedení na trh, popřípadě do provozu.

Technické normy a jejich šíření je zpoplatněno. Proto normy v oblasti Průmyslu 4.0 je nutné připravovat tak, aby vycházely z potřeb uživatelů. Takto již funguje celá řada oblastí v rámci kybernetického prostoru, unifikují se datová rozhraní, přenosy dat, identifikace materiálů a podobně.

Se standardizací úzce souvisí unifikace. Již v současné době jsme si zvykli na unifikované komponenty či části strojů, jako jsou například agregáty, hydraulické systémy, převodovky a další části strojů. V rámci Průmyslu 4.0 jsou tyto unifikované části doplňovány dalšími zařízeními pro sběr dat a komunikaci s okolím a nadřazenými systémy. Počátky Průmyslu 4.0 ukazují vhodnou unifikaci vyšších částí - výrobních uzlů, hnízd i linek. Je pouze otázkou času, na jaké úrovni tyto unifikované části strojů či linek budou pokryty samostatnými standardy.

Nutno podotknout, že technické normy nepopisují pouze vlastnosti výrobku, ale existují i další normy vztahující se k procesům, službám, pracovníkům, pracovním postupům, vzdělávání a zaměstnanosti. V této kategorii bude nutné vydefinovat nové pracovní pozice, které již vznikají a nadále budou vznikat. K těmto pozicím pak bude nutné připravovat jednotlivé studijní materiály a adaptační procesy. Právě

nástup konceptu Průmyslu 4.0 ukazuje, jak důležitá je například NSP (národní soustava povolání) a nutnost její pravidelné revize či kompatibilita s obdobnými systémy ve světě. Otázkou tedy zůstává, jak standardizovat vzdělávací proces, zda se více rozvinou soustavy NSK/NSP, za jakých podmínek vzniknou nové obory, bloky předmětů a předměty na školách, a to nejen vysokých a středních, ale i na základních.

Speciální pozornosti je hodna vyhláška č. 50/1978 Sb. Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice, která je pro zajištění bezpečnosti osob při práci s elektřinou velmi důležitá a dosud ji nelze nahradit celoevropskou normou, která by zaručovala stejný přístup bezpečnosti a volný pohyb služeb v elektrotechnice (a tedy i v Průmyslu 4.0) v rámci celého EU.

Již současné existující standardy pro komunikaci strojů, materiálů a výrobků vytvářejí konkurenční výhodu při prodeji hardware a software pro digitální továrny. V tomto směru vysoká aktivita, zejména německých sdružení (BITCOM, VDMA, ZVEI) a představení částí standardů způsobilo, že se asijské firmy připojují k tomuto modelu standardizace. Obdobně soupeří o uznání svých standardů další nadnárodní společnosti, zejména z USA, které vytvořily průmyslové internetové konsorcium (IIC).

6.3. Klíčová témata

Standardizace a s ní spojená technická normalizace pro Průmysl 4.0 nemá vytvářet nové jednotlivé dílčí standardy pro každý prvek Průmyslu 4.0, to je práce standardizace každého odvětví, ale musí se zaměřit na interoperabilitu jednotlivých prvků. Situace bude o to složitější, že se nejedná pouze o současné prvky Průmyslu 4.0, ale i ty, které nově vzniknou právě v přímé spojitosti s touto společenskou změnou. Cílem není vytvářet nějaký „český standard“, ale být zapojen v celoevropském a celosvětovém procesu přijímání těchto norem. I z tohoto důvodu doporučujeme, aby při ÚNMZ existoval poradní orgán, který bude koordinovat vytváření a editaci technických norem s ohledem na potřeby Průmyslu 4.0.

Průmysl 4.0 postihne všechny standardy vztahující se ke zpracovatelskému průmyslu. V tomto směru mají významnou úlohu standardy v oblasti energetiky, která bude muset rozvíjet Smart Grid jako takový v plné šíři (nikoliv jen jak je vnímán dnes a to jen inteligentním měřením), přeměňovat energetické toky dle aktuální spotřeby v reálném čase a také uchovávat či rekuperovat energii.

Obdobným průřezovým tématem jsou ICT služby, ovlivněné velkými daty a strojovým zpracováním jejich určitých typů, které z důvodu optimalizace ve výrobě budou muset být v datových strukturách standardizovány. Jejich ukládání v datových centrech je podstatnou částí Průmyslu 4.0. Jejich ohrožení zničením, ztrátou, zneužitím nebo odcizením je naprosto klíčovou otázkou v této oblasti. V dnešní době datová centra mají některé standardy definovány.

Se zpracováním a přenosy dat úzce souvisí i standardizace v oblasti kybernetické bezpečnosti. Tak jako jsou v jednotlivých oblastech Průmyslu 4.0 standardy už určitým způsobem řešeny, tak oblast kybernetické bezpečnosti je teprve hodně na začátku. Samozřejmě nejen Průmyslu 4.0, ale celospolečenský posun v komunikačních technologiích posouvá tuto oblast značně dopředu. Nicméně s tímto posunem roste i šíře nových způsobů komunikace a práce s elektronickými daty, takže standardizace zase musí dohánět větší množství potřeb. Tuto oblast nicméně pokrývají jiné pracovní odborné skupiny (v EU třeba The Cyber Security Coordination Group pod hlavičkou organizací CEN/CENELEC/ETSI, celosvětově pak IEC CAB WG 17 pod hlavičkou IEC). Evropská komise se v rámci Strategie pro jednotný digitální trh EU zaměřuje i na oblast standardizace a v rámci svých iniciativ otevřela veřejnou konzultaci k plánu prioritních standardů pro ICT s cílem zlepšit systém standardizace na jednotném digitálním trhu. Výstupy z konzultace by měly sloužit jako podklad pro další aktivity Komise, které lze očekávat v r. 2016.

Standardizace je jedna z mála oblastí, ve které může Česká republika přispět (zejména na úrovni státu) k vytvoření jednotného celosvětového konceptu Průmysl 4.0 byť v omezené míře. Přestože se jedná většinou o standardy mající charakter dobrovolných nástrojů, z hlediska mnohých komerčních výhod dojde k silnému užití standardů vytvořených nadnárodními společnostmi, které se postupně promítnou v nových edicích technických norem pokrývajících zpracovatelský průmysl a služby.

6.4. SWOT analýza

Silné stránky:

- ČR zastoupena v nadnárodních orgánech v oblasti standardizace, metrologie a zkušebnictví,
- V ČR 2000 odborníků v Technických normalizačních komisích (TNK)
- zkušenosti s přípravou norem v oblastech, kde byla ČR garantem (např. nanotechnologie)
- široké zázemí odborníků pracujících s normami ve výrobních podnicích
- fungující systém posuzování shody
- systém metrologie zajišťující mezinárodní uznávání na úrovni NMI (národní metrologický institut)
- akreditační orgán je signatářem mnohostranných dohod o vzájemném uznávání

Slabé stránky:

- malá ekonomika a globalizace nás nutí přiklánět se k „velkým hráčům“,
- nemáme ambice vytvářet vlastní normy,
- nepříznivá věková struktura relevantních odborníků,
- není vytvořen systém školení, který bude potřebný z důvodu vysoké interdisciplinarity Průmyslu 4.0.
- různá úroveň užívání norem ve firmách
- dosud nejsou implementovány standardy pokrývající celý životní cyklus výrobku
- cenová politika přístupu k technickým normám (zvyšují se ceny norem)
- nízká ekonomická výkonnost neposkytuje finanční zdroje potřebné pro financování uvedených oblastí

Příležitosti:

- být proaktivními účastníky procesu tvorby technických norem na úrovni CEN/CENELEC/ETSI, které budou pracovat s novými poznatky a požadavky z Průmyslu 4.0.
- smluvně zajištěný přístup k tvorbě norem
- v ČR je vybudovaná velmi dobrá síť akreditovaných zkušeben, poskytující kvalitní a cenově dostupné služby
- dostupnost kvalifikovaných pracovníků v oblasti zkušebnictví a metrologie, kteří jsou schopni se zapojit do výzkumu v této oblasti

Hrozby:

- nebudeme v oblasti standardizace připraveni včas
- budeme nuceni podřídit se standardům, které budou mít nepříznivé ekonomické dopady
- z členství ČR v EU a mezinárodních organizacích (CEN/CENELEC/ETSI a dalších) vyplývají i závazky, tedy přebírání společných standardů a dalších předpisů – nebudeme jim schopni dostát

6.5. Aktuální výzvy a jejich možná řešení

Základní tabulka příležitostí a jejich možného využití

Aktivní přístup k tvorbě norem	Možná řešení: • Účast v mezinárodních standardizačních komisích CEN, CENELEC, ETSI a dalších
Relativně široké portfolio pracovníků Technických normalizačních komisí	Možná řešení: • Vznik poradního orgánu při ÚNMZ, který bude koordinovat vytváření a editaci technických norem s ohledem na potřeby Průmyslu 4.0.
Silnější zastoupení reprezentantů průmyslových podniků ve standardizačních procesech	Možná řešení: • Zapojení expertů z praxe, zejména z MSP, do normotvorného a standardizačního procesu.
Posílení subjektů ve využívání norem	Možná řešení: • Rozšíření dostupnosti norem, zvýšení obecného povědomí o standardizaci.
Naučení mladé generace jak pracovat s normami	Možná řešení: • Otevření relevantních kurzů/přednášek pro studenty technických oborů.

7. Právní a regulatorní aspekty

Mgr. Tereza Šamanová, JUDr. Jitka Hlaváčková, RNDr. Martin Bunčec, JUDr. Zdeněk Strnad

Vliv Průmyslu 4.0 a digitální ekonomiky vyžaduje vytvoření legislativy, která bude aplikovatelná v digitální praxi a současně bude reflektovat budoucí sociální změny. Pro vytvoření právních a regulatorních podmínek pro úspěšnou implementaci Průmyslu 4.0 v českém právním prostředí je třeba vycházet z aktuálního rámce strategických dokumentů a legislativních předpisů EU a současně i reflektovat české právní prostředí – jeho historii, aktuální stav, bezprostřední perspektivy a žádoucí vývoj z pohledu sociálních, kulturních a ekonomických změn, které přinese Průmysl 4.0.

7.1. Současný stav a směry dalšího vývoje

7.1.1. Úvod, historie a okolnosti tvorby českého právního řádu

Česká republika navazuje na tradici svých právních předchůdců – od první Československé republiky, přes válečný protektorát Čechy a Morava, přes Československou socialistickou republiku až po Česko-Slovenskou federativní republiku. Tomu také odpovídá složení jejího právního řádu – právní předpisy svých předchůdců přebírala, řada z nich však stále platí jako pozůstatky minulé doby: na území České republiky bylo od roku 1918 vydáno odhadem 60 000 právních předpisů, tedy zákonů, vyhlášek a nařízení. Dalších 10 000 předpisů převzala republika v roce 1918 od Rakouska-Uherska, mnohé z nich přitom nejsou ani zdokumentované. Podle odhadu nyní v České republice platí na 15 000 předpisů.⁴⁰ Současně je ČR od r. 2004 členskou zemí EU a na jejím území platí i veškeré legislativní akty Evropské unie, tedy dohody, směrnice, nařízení a rozhodnutí vzniklé činností jednotlivých institucí EU nebo v jejich vzájemné spolupráci.⁴¹

Právní řád ČR je natolik složitý, že státní správa není dlouhodobě s to sjednotit obsah platné legislativy do jednotného systému obsahujícího státem zaručené informace o platných právních předpisech ČR⁴² a informace je tedy možné získat jen v rámci komerčně provozovaných systémů právních informací.⁴³ Neexistují ani úplné a státem garantované výčty povinností firem vůči státu,⁴⁴ v každém roce nabývají platnosti a účinnosti nové právní předpisy, které zavádějí pro podniky nové povinnosti a ne vždy ruší povinnosti staré.

V takto nepřehledném právním prostředí je podnikání velmi obtížné a implementace důsledků jakýchkoli masivních technologicko-společenských změn nazývaných souhrnně jako průmyslová revoluce velmi rizikové.

Cílem této kapitoly nicméně není mapovat komplex existující legislativy, nýbrž zaměřit se na ty oblasti existující evropské a zejména národní české legislativy, které tvoří největší překážky pro úspěšnou implementaci důsledků probíhající tzv. 4. průmyslové revoluce a současně se zaměřit na

⁴⁰ Číselné údaje byly převzaty z webu České advokátní komory, www.cak.cz.

⁴¹ Počet aktuálně platných legislativních aktů EU lze sledovat v Rejstříku právních předpisů EU na webu EUR-LEX, www.eur-lex.europa.eu.

⁴² Realizaci projektu E-Sbírka zahájilo Ministerstvo vnitra ČR v r. 2006, v r. 2009 bylo oznámeno přerušení jeho realizace. Dle aktuálních informací je E-Sbírka zařazena mezi prioritní projekty eGovernmentu, s jejím spuštěním se počítá v r. 2019.

⁴³ Mezi nejrozšířenější patří např. ASPI, LegGalaxy, CODEXIS apod.

⁴⁴ Svaz průmyslu a dopravy ČR a ostatní podnikatelské reprezentace dlouhodobě apelují na vznik takového seznamu, dle posledních informací na něm momentálně pracuje MPO.

perspektivní legislativní počiny a současně i nové principy právo tvorby, které by mohly lepší percepci 4. průmyslové revoluce napomoci.

7.1.1. Komparace přístupu ke změnám regulace ve státech, které jsou evropskými leadery v oblasti digitalizace průmyslu

Pro úspěšnou reflexi všech aspektů 4. průmyslové revoluce v právním prostředí je dobré se inspirovat v zahraničí – po provedení srovnání je zajímavé zjistit, že ne vždy mají mezinárodní leadery v oblasti rozvoje digitalizace průmyslu zpracovány své národní strategie pro řešení a využití dopadů 4. průmyslové revoluce a i ve státech, které uznávané strategie aplikují, chybí speciální studie a implementační plány pro řešení právních aspektů jejich implementace. Jako podklad ke komparaci výchozí situace je však dále uvedená komparativní ministudie velmi zajímavá. Východiskem pro výběr států byl aktuální výčet států obsažených ve studii Think Act švýcarské konzultační společnosti Roland Berger jako Index připravenosti pro Průmysl 4.0⁴⁵.

Nutno říci, že ČR si v tomto srovnání nevede zle a nachází se přesně na nulové úrovni mezi „tradicionalisty“ a „vedoucími“, v rámci Evropy na 7. místě za Švýcarskem, Německem, Irskem, Švédskem, Finskem a Rakouskem. V každém takovém srovnání je však třeba reflektovat fakt, že podíl průmyslové produkce ČR na HDP je cca dvojnásobný oproti průměru celé EU a strategii příštího rozvoje průmyslu je tedy nutné v českém prostředí věnovat zvláštní pozornost.

SRN

Německá spolková Nová high-tech strategie Inovace pro Německo⁴⁶ neobsahuje zvláštní kapitolu k právním aspektům její implementace, požadavky na obsah právního řádu se nicméně prolínají jejím obsahem, přičemž zdůrazněny jsou:

- Tvorba takových předpisů o autorském právu, které vyhovují vzdělávacím a výzkumným potřebám.
- Zlepšování právního rámce a standardů v technické sféře.

Nutnost striktně se držet požadavků právního řádu je zdůrazněna také v kapitole věnované cloud computingu.

Německo nemá specifickou strategii na přizpůsobení právního řádu požadavkům Průmyslu 4.0, průběžně vznikající potřeba změn je diskutována na konferencích, workshopech a v odborném tisku k tématu Industrie 4.0.

Švýcarsko

Švýcarská konfederace nemá svou zvláštní strategii digitalizace průmyslu, vychází však ze Strategie federální rady pro informační společnost ve Švýcarsku⁴⁷, která obsahuje i odkazy na digitalizaci průmyslu. Mezi oblastí, v kterých si konfederace klade za cíl obzvláště vynikat v mezinárodním srovnání, jsou řazeny právní a technické záruky toho, aby Švýcarsko zastávalo vedoucí mezinárodní pozici jako lokace s maximální možnou mírou bezpečnosti dat. K tomuto cíli se Švýcarsko zavazuje

⁴⁵ RB Industry 4.0 Readiness Index, publikována 27. 5. 2015, dostupná online na:

http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Industry_4_0_Switzerland_20150526.pdf.

⁴⁶ Die Neue Hightech-Strategie Innovationen für Deutschland, Die Bundesregierung, 2014; celý text ke stažení na webu Spolkového ministerstva pro vzdělávání a výzkum:

https://www.bmbf.de/pub_https/HTS_Broschüre_Web.pdf

⁴⁷ Strategy of the Federal Council for an Information Society in Switzerland, březen 2014, k dispozici online na:

http://www.bakom.admin.ch/themen/infosociety/index.html?lang=en&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042lZ26ln1ad1lZn4Z2qZpnO2YUqZ26gpJCDe3x3g2ym162epYbg2c_JkKbNoKSn6A--

podnikat postupné kroky a podřizovat mu své legislativní počiny. Jako základní princip si přitom klade za cíl při tvorbě nové legislativy respektovat aktuální technologický a sociální vývoj informační společnosti.

Nizozemí

Nizozemí má svou národní strategii Smart Industry – Holandský průmysl připravený na budoucnost⁴⁸ od r. 2014, která vznikla v rámci společné iniciativy nevládní organizace TNO (založena za účelem spolupráce státní správy a byznysu), Ministerstva hospodářských záležitostí, VNO-NCW (Konfederace nizozemského průmyslu a zaměstnavatelů), Hospodářské komory a FME-CWM (průmyslový svaz sdružující společnosti z oblasti kovoprůmyslu, plastikářského, elektrického a elektrotechnického průmyslu); v listopadu r. 2014 k němu přibyl i Akční plán pro Smart Industry.

V reportu Smart Industry jsou legislativní aspekty zmiňovány v kapitole Obchodní modely. Jako zásadní otázky jsou přitom vnímány oblast bezpečnosti ochrany dat a ochrany soukromí, odpovědnosti za škodu a standardizace.

Akční plán pak zmiňuje jako kritické a potřebné další právní úpravy v oblastech organizace firem do výrobních řetězců, výměny dat, kybernetické bezpečnosti a kvality ICT infrastruktury.

Speciální potřeby práva pro Průmysl 4.0 nejsou ve strategických dokumentech Nizozemí reflektovány.

Velká Británie

Velká Británie má od r. 2008 svou Strategii pro výrobu vysoké hodnoty⁴⁹, jejímž autorem je iniciativa Technology Strategy Board (operující pod jménem Innovate UK), vládní agentura v gesci Ministerstva obchodu, inovací a dovedností (Department for Business, Innovation and Skills). Ani tato průmyslová strategie nemá ambice se právním aspektům vůbec věnovat.

Švédsko

Švédsko řídí své směřování v oblasti digitalizace průmyslu národní strategií Made in Sweden 2030 – Strategická agenda pro inovace ve výrobě⁵⁰. Stejně jako řada obdobných průmyslových strategií, ani tato neobsahuje zvláštní kapitoly ani jiné zmínky k právním aspektům její implementace.

Digitální leaderi bez národní strategie digitalizace průmyslu

Irsko, ač řazeno mezi „frontrunners“ v oblasti digitalizace průmyslu, nemá aktuálně zpracovanu národní strategii jeho digitalizace a tedy ani strategii přizpůsobování právního řádu tomuto procesu.

Ani Finsko nemá zpracovanu národní strategii digitalizace průmyslu, její principy jsou nicméně zachyceny v programu Industrial Internet – Business Revolution⁵¹, v jehož rámci jsou podporovány projekty, v nichž je digitalizace využívána pro nové modely obchodu a služeb s cílem zvýšení mezinárodní konkurenceschopnosti Finska. Program se nicméně nevěnuje právním aspektům digitalizace v průmyslu.

⁴⁸ Smart Industry – Dutch Industry Fit for the Future, k dispozici online na webu platformy Smart Industry: <http://www.smartindustry.nl/wp-content/uploads/2014/07/Opmaak-Smart-Industry.pdf>

⁴⁹ High Value Manufacturing Strategy – Key Technology Area 2008-2011, k dispozici online: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130221185318/www.innovateuk.org/assets/pdf/corporate-publications/tsb_highvaluemanu.pdf.

⁵⁰ Made in Sweden 2030 – Strategic Agenda for Innovation in Production, dostupné online na: <http://www.vinnova.se/PageFiles/750915348/Made%20in%20Sweden%202030-eng.pdf>.

⁵¹ Stránky programu lze navštívit zde: <http://www.tekes.fi/en/programmes-and-services/tekes-programmes/industrial-internet--business-revolution/>.

I v Rakousku běží vládní program podpory inteligentní výroby, a to v gesci vládní Agentury pro podporu výzkumu (FFG) pod názvem Výroba budoucnosti⁵²; právním aspektům v něm pozornost věnována není.

7.1.2. Relevantní legislativa a strategické materiály ČR a EU

Telegrafický přehled obsažený v této podkapitole si klade za cíl rekapitulovat nejdůležitější strategické dokumenty ČR a EU (vydané na úrovni EU zejm. ve formě sdělení Evropské komise, na národní úrovni pak ve formě vládních strategií, akčních plánů a jiných prováděcích dokumentů) a legislativní akty (na úrovni EU tedy dohody, směrnice, nařízení a rozhodnutí, v ČR zákony a podzákoné normy), které se dotýkají oblasti rozvoje digitalizace společnosti obecně a digitalizace průmyslu, resp. jednotlivých kapitol tohoto dokumentu, specificky.

Obecné dokumenty na podporu digitalizace

Základním strategickým dokumentem, který vymezuje směřování EU ještě v příštích několika letech, a které publikovala ještě Barrosova Evropská komise v r. 2010, je strategie Evropa 2020⁵³ a její stěžejní iniciativy, mezi nimiž je třeba zdůraznit Unii inovací⁵⁴, Integrovanou průmyslovou politiku pro éru globalizace⁵⁵ a zejména Digitální agendu pro Evropu⁵⁶.

Na ně pak navázala aktuální Komise předsedy Jeana-Clauda Junckera svou Strategii pro jednotný digitální trh v Evropě⁵⁷ publikovanou v květnu 2015, která navazuje na Digitální agendu pro Evropu a rozpracovává oblast podpory jednotného digitálního trhu jako jednu z hlavních priorit Junckerovy Komise.

Z této poslední stěžejní strategie Evropské komise pak vycházejí další iniciativy rozdělené do tří pilířů (Lepší online přístup k digitálnímu zboží a službám – Prostředí, v němž mohou digitální sítě a služby prosperovat – Digitalizace jako motor růstu).

Mezi iniciativy, které jsou v rámci implementace této strategie plánovány na léta 2015 – 2016⁵⁸, lze vyzdvihnout zejména následující:

- Legislativní návrh pro reformu práva EU v oblasti autorského práva.
- Zřízení smluvního PPP v oblasti kybernetické bezpečnosti.
- Iniciativy týkající se vlastnictví údajů, volný tok dat (např. mezi poskytovateli cloudových služeb) a zřízení Evropského cloudu.
- Revize směrnice o e-Privacy.

⁵² Produktion der Zukunft, web programu online: <https://www.ffg.at/produktionderzukunft>.

⁵³ Sdělení Komise ze dne 3. 3. 2010 Evropa 2020 – Strategie pro inteligentní a udržitelný růst podporující začlenění, celý text na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:CS:PDF>.

⁵⁴ Sdělení Komise ze dne 6. 10. 2010 Stěžejní iniciativa strategie Evropa 2020: Unie inovací (KOM(2010) 546 v konečném znění), text k dispozici na: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex:52010DC0546>.

⁵⁵ Sdělení Komise ze dne 28. 11. 2010 – Integrovaná průmyslová politika pro éru globalizace – Konkurenceschopnost a udržitelnost ve středu zájmu (KOM (2010) 614 v konečném znění), text k dispozici zde: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex:52010DC0614>.

⁵⁶ Sdělení Komise ze dne 26. 8. 2010 – Digitální agenda pro Evropu (KOM (2010) 245 v konečném znění), text k dispozici na: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:52010DC0245R\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:52010DC0245R(01)).

⁵⁷ Sdělení Komise ze dne 6. 5. 2015 – Strategie pro jednotný digitální trh v Evropě (KOM(2015) 192 v konečném znění), text k dispozici na: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52015DC0192&from=EN>.

⁵⁸ Viz Roadmap completing the Digital Single Market / Initiatives: http://ec.europa.eu/priorities/digital-single-market/docs/roadmap_en.pdf.

- Plán o ICT standardizaci a rozšíření evropského rámce interoperability.

Pokud se týče situace v ČR, nevýhodou při implementaci Průmyslu 4.0 může být fakt, že neexistuje ucelená národní digitální strategie a že existující strategické dokumenty nejsou dostatečně vzájemně provázané. Ambici pokrýt relevantní digitální témata měla svého času strategie Digitální Česko, ani v její aktualizované verzi⁵⁹ se však tuto ambici nepodařilo naplnit.

V srpnu roku 2015 vláda schválila Akční plán pro rozvoj digitálního trhu⁶⁰, jehož cílem je doplnit bezprostřední úkoly a potřebné kroky vlády v oblasti témat, která nepokrývá strategie Digitální Česko 2.0.

Neexistuje však ucelená matice agend a jejich gestorů, ve vládě není jmenován zastřešující koordinátor za digitální agendu a paralelně funguje několik vládních poradních a pracovních orgánů, které se zabývají oblastí rozvoje digitální ekonomiky a digitálního trhu, což způsobuje obtíže při implementaci horizontálních digitálních témat.⁶¹

- Aktuální stav:
 - V ČR neexistuje ucelená digitální agenda s jednoznačným vlastníkem, systém strategických materiálů na podporu digitální agendy a rozvoje digitální ekonomiky je roztržštěný, funguje několik pracovních a poradních orgánů vlády, které řeší digitální agendu, jejich činnost je však nekompatibilní. Obdobná situace panuje i v podnikatelském sektoru.
 - V EU je schválena a implementována Strategie pro jednotný digitální trh v Evropě a její jednotlivá opatření
- Optimální budoucí vývoj:
 - V ČR sjednocení gesce za oblast digitální agendy pod jediné ministerstvo či do rukou vládního zmocněnce. Revize a sjednocení strategických materiálů vlády na podporu rozvoje digitalizace. Revize a sjednocení činnosti vládních pracovních a poradních orgánů na podporu rozvoje digitalizace s cílem usnadnit úspěšnou implementaci Průmyslu 4.0. Vytvoření reprezentativní platformy podnikatelského sektoru, která bude monitorovat a koordinovat činnost soukromých podnikatelských subjektů v této oblasti a jednoznačně tuto sféru reprezentovat.
 - V EU důsledná implementace všech opatření Strategie pro jednotný digitální trh a využití příležitostí digitálního rozvoje pro zvýšení konkurenceschopnosti EU.

Problematika podpory výzkumu a vývoje, aplikovaný výzkum

Garanci výzkumu a vývoje na evropské úrovni zajišťuje článek 179 a násl. Smlouvy o fungování Evropské unie⁶². Na jeho základě existují programy Evropské unie, které implementují evropské programy a finanční mechanismy na podporu výzkumu, vývoje a inovací⁶³.

⁵⁹ Státní politika v elektronických komunikacích - Digitální Česko v.2.0 – Cesta k digitální ekonomice, vládou schválena dne 25. 3. 2013, celý obsah strategie k dispozici online na odkazu:

http://www.vlada.cz/assets/media-centrum/aktualne/Digitalni-Cesko-v-2-0_120320.pdf

⁶⁰ Akční plán pro rozvoj digitálního trhu ČR, vládou schválen dne 26. 8. 2015, k dispozici online na odkazu:

http://www.vlada.cz/assets/media-centrum/aktualne/ma_KORN9YAKXSHL_REV_2-fin.pdf

⁶¹ Např. tematiku rozvoje digitálního trhu aktuálně řeší jak Rada vlády pro informační společnost a její Pracovní výbor pro digitální agendu, tak i Rada vlády pro konkurenceschopnost a hospodářský růst a její Pracovní výbor pro digitální ekonomiku, kulturu a kreativní průmysly.

⁶² Konsolidované znění Smlouvy o EU a Smlouvy o fungování EU na:

<http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/CS/TXT/?uri=celex%3A12012E%2FTXT>

V ČR přehled aktuálně platné národní legislativy vede Úřad vlády, Sekce místopředsedy vlády pro vědu, výzkum a inovace⁶⁴, přičemž stěžejním právním předpisem je zákon č. 130/2002 Sb., o podpoře výzkumu, experimentálního vývoje a inovací z veřejných prostředků. Jeho garantem je dle stávajícího zákona Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy a od vzniku výše uvedené sekce Úřadu vlády se o tuto roli dělí.

V současné době je v legislativním procesu⁶⁵ novela zákona č. 130/2002 Sb., o podpoře výzkumu a vývoje z veřejných prostředků, jehož obsah by bylo nutné přizpůsobit mj. potřebám aplikace Průmyslu 4.0 v českém prostředí, nicméně podle předkladatele je jediným důvodem sjednocení s novými předpisy veřejné podpory.

Dále se v současné době vypořádávají na Úřadu vlády připomínky v rámci meziresortního připomínkového řízení k věcnému záměru zcela nového zákona o podpoře výzkumu a vývoje. Úřad vlády jako předkladatel předpokládá, že na jaře roku 2016 by mohl být první návrh paragrafového znění a nový zákon by platil od roku 2017, avšak aktuální vývoj jak samotné novely, tak věcného záměru spíše nasvědčuje tomu, že tyto termíny nejsou reálné.

Strategickým materiálem na podporu rozvoje digitalizace v oblasti VaV je Národní politika výzkumu, vývoje a inovací ČR na léta 2009 – 2015 s výhledem do roku 2020 a Národní strategie inteligentní specializace (RIS3 strategie). Žádný z těchto dokumentů však aktuálně neobsahuje podporu při zavádění Průmyslu 4.0

- Aktuální stav:
 - V ČR je podpora výzkumu a vývoje z národního rozpočtu řízena zákonem č. 130/2002 Sb. a nepřímo zákonem o daních z příjmů. K prvnímu jmenovanému zákonu je v současnosti v legislativním procesu návrh novely. Tento vykazuje řadu nedostatků, a proto je snaha v poslanecké sněmovně aktuální novelu značně rozšířit pomocí poslaneckých návrhů s cílem některé instituty (např. velmi důležité nové finanční nástroje) odzkoušet ještě před přijetím zcela nového zákona o podpoře výzkumu a vývoje, k jehož věcnému záměru se aktuálně na Úřadu vlády vypořádávají připomínky.
 - V EU výzkum a vývoj garantuje samotná Smlouva o fungování Evropské unie, na jejímž základě fungují jednak finanční nástroje EU na podporu výzkumu a vývoje (Horizont 2020) a dále výjimky z veřejné podpory společně s výklady neexistence veřejné podpory při financování výzkumu a vývoje představované Nařízením o blokových výjimkách a Rámcem.
- Optimální budoucí vývoj:
 - V ČR je cílem sjednocení státní podpory aplikovaného výzkumu a vývoje. Konzistentní spolupráce aktérů⁶⁶ za účelem efektivní implementace Průmyslu 4.0. Zákon musí být

⁶³ Např. nařízení Evropského parlamentu a Rady 1291/2013 ze dne 11. prosince 2013, kterým se zavádí Horizont 2020 – rámcový program pro výzkum a inovace (2014-2020) a zrušuje rozhodnutí 1982/2006/ES: http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/legal_basis/fp/h2020-eu-establact_cs.pdf.

⁶⁴ Přehled k dispozici online na: <http://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=680410>.

⁶⁵ Ke dni 15. 12. 2015 se návrh novely nacházel ve 2. čtení v Poslanecké sněmovně Parlamentu ČR (projednávání bylo přerušeno), přičemž odborná veřejnost k němu v průběhu projednávání uplatnila řadu připomínek a výhrad.

⁶⁶ Mezi důležité aktéry podpory výzkumu a vývoje v ČR patří: [Rada vlády pro výzkum, vývoj a inovace](#) – odborný a poradní orgán vlády pro oblast výzkumu, experimentálního vývoje a inovací; [Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR](#) – ústřední orgán státní správy mimo jiné pro podporu podnikání a investování v oblasti zpracovatelského průmyslu i průmyslového výzkumu a vývoje zahrnující také využití evropských fondů v této oblasti; [Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR](#) – ústřední orgán státní správy mimo jiné pro vědní politiku, výzkum a vývoj, včetně mezinárodní spolupráce v této oblasti; [Technologická agentura ČR](#) – zajišťuje

dostatečně flexibilní (zejména obsahovat maximum finančních nástrojů a ne jen dotace) a rovněž zjednodušit administrativu jak příjemcům, tak poskytovatelům. Podpora Průmyslu 4.0 musí být zakotvena do relevantních strategických dokumentů.

- V EU je cílem vysoká míra využívání komunitárních programů na podporu VaV, maximalizace blokových výjimek na úkor notifikací Komisi.

Standardizace

Systém evropských standardů je zrekapitulován na stránkách Evropské komise Vaše Evropa⁶⁷, systémově jsou na úrovni EU aplikovány normy dobrovolně používané, doporučované či povinné, vytvářené Evropským výborem pro normalizaci (CEN), Evropským výborem pro normalizaci v elektrotechnice (CENELEC) nebo Evropským ústavem pro telekomunikační normy (ETSI). Paralelně s nimi platí standardizační ustanovení právních předpisů EU, z nichž nejdůležitějšími jsou nařízení o vzájemném uznávání výrobků⁶⁸ nebo směrnice o bezpečnosti výrobků⁶⁹. Výčet platných evropských norem je k dispozici na stránkách evropských normalizačních organizací⁷⁰.

Evropská komise se v rámci Strategie pro jednotný digitální trh EU zaměřuje i na oblast standardizace a v rámci svých iniciativ otevřela veřejnou konzultaci k plánu prioritních standardů pro ICT s cílem zlepšit systém standardizace na jednotném digitálním trhu.⁷¹ Výstupy z konzultace by měly sloužit jako podklad pro další aktivity Komise, které lze očekávat v r. 2016.

V ČR je oblast standardizace v gesci Úřadu pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, který se ve své činnosti řídí zejména zákonem o technických požadavcích na výrobky a zákonem o metrologii⁷².

Problematika standardizace se vztahem k Průmyslu 4.0 je dále zevrubně popsána v předchozí kapitole tohoto dokumentu.

U systému platných norem platí totéž, co u legislativy obecně: často je kritizován pro svou roztříštěnost a nesourodost, na rozdíl od legislativy však existuje ucelený přehled platných norem⁷³, nahlížení do něj je ale zpoplatněno, což je často předmětem kritiky ze strany podnikatelů.

⇒ Aktuální stav:

- V ČR seznam platných národních norem (ČSN) vede ÚNMZ, nahlížení do seznamu je zpoplatněno.

státní podporu aplikovaného výzkumu a vývoje; [Grantová agentura ČR](#) – podporuje základní výzkum ze státních veřejných prostředků.

⁶⁷ Viz http://europa.eu/youreurope/citizens/contact/index_en.htm.

⁶⁸ Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 764/2008 ze dne 9. července 2008, kterým se stanoví postupy týkající se uplatňování některých vnitrostátních technických pravidel u výrobků uvedených v souladu s právními předpisy na trh v jiném členském státě a kterým se zrušuje rozhodnutí č. 3052/95/ES: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:218:0021:0029:cs:PDF>.

⁶⁹ Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/95/ES ze dne 3. prosince 2001, o obecné bezpečnosti výrobků: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0095:CS:HTML>

⁷⁰ CEN: <http://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=CENWEB:105::RESET,CENELEC:>
http://www.cenelec.eu/dyn/www/f?p=104:104:46824077059501:::FSP_LANG_ID:25 a ETSI:
[http://www.etsi.org/standards-search#Pre-defined Collections](http://www.etsi.org/standards-search#Pre-defined%20Collections).

⁷¹ Otevřena do 4. 1. 2016 na odkazu: <https://ec.europa.eu/eusurvey/runner/PISPSurvey2015>

⁷² Úplný výčet relevantních právních předpisů je k dispozici na webu ÚNMZ: <http://www.unmz.cz/urad/pravni-predpisy-r27>.

⁷³ Viz web ÚNMZ: <http://www.unmz.cz/urad/csn-online>.

- Systém evropských standardů je rozdělen dle jednotlivých organizací (CEN, CENELEC, ETSI)
- ⇒ Optimální budoucí vývoj:
- V ČR je vhodné zvážit možnost zavedení bezplatného nahlížení do seznamu platných českých technických norem, což by umožnilo jejich širší využívání ve firemní praxi.
 - V rámci Strategie pro jednotný digitální trh v Evropě Komise zvažuje sjednocení standardů v oblasti ICT, k tomuto účelu realizovala veřejnou konzultaci, která by měla napomoci přiblížení evropského systému norem v ICT požadavkům trhu.

Bezpečnost systémů a ochrana osobních údajů

Z hlediska implementace Průmyslu 4.0 jsou zcela stěžejními částmi legislativy evropský právní rámec ochrany dat a kybernetické bezpečnosti – v obou se k datu zpracování tohoto textu⁷⁴ chýlí k přijetí nových legislativních předpisů EU, které budou znamenat zcela zásadní přelom ve zpracování dat a přístupu k jejich zabezpečení.

Jde jednak o nové evropské nařízení o ochraně osobních údajů⁷⁵, kterým mají být nahrazeny nyní platné směrnice o ochraně dat z r. 1995⁷⁶, a směrnice o ochraně osobních údajů v odvětví elektronických komunikací z r. 2002⁷⁷, které však již, logicky, nevyhovují modernímu pojetí osobních údajů v datových tocích. Současně má Evropská unie zájem vypořádat se se zrušením tzv. směrnice o data retention⁷⁸ Evropským soudním dvorem v r. 2014.⁷⁹ Nové nařízení vstoupilo na konci r. 2015 do závěrečné fáze vyjednávání mezi Komisí, Radou a Evropským parlamentem, přičemž jeho schválení se předpokládá v I. Q 2016 a nabytí účinnosti pak od r. 2017. Ačkoli s přijetím tohoto nařízení spojuje Komise své naděje na úspěch jednotného digitálního trhu, předpokládané praktické dopady nařízení tomu neodpovídají – proti textu se již nyní vyhraňuje řada evropských průmyslových asociací⁸⁰ s poukazem na to, že nařízení by naopak mohlo pokrok, inovace a rozvoj investic svou rigidností zbrzdit.

Další podstatnou novinkou v oblasti evropské legislativy s úzkým vztahem k postupu 4. průmyslové revoluce je nová (a historicky první) evropská směrnice o kybernetické bezpečnosti⁸¹, která by měla zajistit v členských státech EU srovnatelnou a vyšší míru kybernetické bezpečnosti; na textu se v prosinci 2015 shodly instituce EU a v I. Q 2016 by měl být definitivně schválen Radou EU a

⁷⁴ Tj. ke dni 15. 12. 2015.

⁷⁵ Návrh nařízení Evropského parlamentu a Rady o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů, text návrhu není veřejný.

⁷⁶ Směrnice Evropského parlamentu a Rady 95/46/ES ze dne 24. 10. 1995, o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů.

⁷⁷ Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/58/ES, o zpracování osobních údajů a ochraně soukromí v odvětví elektronických komunikací nebo veřejných komunikačních sítí a o změně směrnice.

⁷⁸ Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/24/ES, o uchovávání údajů vytvářených nebo zpracovávaných v souvislosti s poskytováním veřejně dostupných služeb elektronických komunikací nebo veřejných komunikačních sítí a o změně směrnice 2002/58/ES.

⁷⁹ Rozsudek Soudního dvora EU v kauze C-293/12 Digital Rights Ireland Ltd proti Minister for Communications, Marine and Natural Resources a další a Kärntner Landesregierung a další.

⁸⁰ Např. Open statement DIGITALEUROPE ze 14. 12. 2015: http://www.digitaleurope.org/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?Command=Core_Download&EntryId=1073&PortalId=0&TabId=353, prohlášení BUSINESSEUROPE ze 14. 12. 2015: <https://www.buinesseurope.eu/policies/digital-economy/data-protection>.

⁸¹ Návrh směrnice Evropského parlamentu a Rady týkající se opatření zajišťujících vysokou společnou úroveň bezpečnosti sítí a informací v EU (NIS).

Evropským parlamentem. Členské státy pak budou mít 21 měsíců na její implementaci do národního práva.

Pokud se týče situace v ČR, platný zákon o ochraně osobních údajů⁸² vymezuje právní rámec pro ochranu všech dat, která obsahují jakékoli informace o identifikovaném či identifikovatelném subjektu údajů. Ústředním správním úřadem pro oblast ochrany osobních údajů je Úřad na ochranu osobních údajů, který také ve správním řízení rozhoduje o porušení zákona a uložení sankcí.

Aplikace zákona v českém právním prostředí, a to i v rámci podnikání, nezpůsobuje dle dostupných informací žádné větší právní obtíže a pro účely hladké implementace Průmyslu 4.0 by jej tedy nebylo nutné novelizovat. Větší zásah vynucený evropskou legislativou jej však čeká zřejmě po nabytí účinnosti nového evropského nařízení o ochraně osobních údajů⁸³, s nímž bude muset být zákon uveden do plného souladu. Vzhledem k očekávanému obsahu nařízení, který příliš nepřeje rozvoji automatizovaného zpracování dat, práci s daty v cloudech a transferům velkých dat, však lze zejména v této oblasti, která je pro úspěšný rozvoj Průmyslu 4.0 stěžejní, očekávat perspektivní obtíže při implementaci legislativy včetně potenciálních komplikovaných soudních sporů.

V oblasti kybernetické bezpečnosti platí v ČR od r. 2014 nový zákon o kybernetické bezpečnosti⁸⁴, který nabyl účinnosti od 1. 1. 2015 a byl první vlašťovkou v oblasti zajištění státem garantované bezpečnosti před kybernetickými útoky. Za tu je zodpovědné Národní centrum kybernetické bezpečnosti⁸⁵ při Národním bezpečnostním úřadu, jehož cílem je zejména koordinovat spolupráci na národní i mezinárodní úrovni při předcházení kybernetickým útokům a při navrhování a přijímání opatření při řešení incidentů i proti probíhajícím útokům. V současné době probíhá sběr prvních zkušeností z implementace zákona o kybernetické bezpečnosti a jeho prováděcích předpisů, v brzké době lze očekávat jeho novelizaci (a to i v souvislosti s transpozicí směrnice o kybernetické bezpečnosti do českého právního řádu).

- Aktuální stav:
 - V ČR Platí zákon o ochraně osobních údajů, kterým se řídí ochrana osobních dat i při jejich elektronickém zpracování. Od 1. 1. 2015 nabyl účinnosti nový zákon o kybernetické bezpečnosti, probíhá vyhodnocení prvního období jeho aplikace.
 - V EU je v legislativním procesu obecné nařízení o ochraně osobních údajů a směrnice o kybernetické bezpečnosti
- Optimální budoucí vývoj:
 - Oba výše zmíněné stěžejní české právní předpisy budou v nejbližší době novelizovány z důvodu implementace nové evropské legislativy (směrnice NIS a obecné nařízení o ochraně osobních údajů). Je třeba zajistit, aby znění novel nebránilo hladké implementaci Průmyslu 4.0 v českém právním prostředí a naopak ji podpořilo.
 - Na úrovni EU je cílem přijetí takového výsledného textu směrnice i nařízení, který napomůže rozvoji jednotného digitálního trhu EU a digitální ekonomiky; u směrnice důsledná implementace do vnitrostátního práva členských států, u nařízení jeho důsledná a konzistentní implementace

⁸² Zákon č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů.

⁸³ Viz podkapitola Relevantní legislativa a strategické materiály EU, bod Bezpečnost systémů a ochrana údajů.

⁸⁴ Zákon č. 181/2014 Sb., o kybernetické bezpečnosti a o změně některých zákonů.

⁸⁵ Též Vládní CERT – Computer Emergency Response Team.

Trh práce

V oblasti podpory rozvoje trhu práce se Evropská unie řídí svou strategií Nové dovednosti pro nová pracovní místa, kterou Evropská komise vydala již v r. 2008. Jejím cílem je zejména podporovat kvalitnější prognózy, které dovednosti budou na trhu práce potřeba, rozvíjet a adaptovat výuku a nácvik dovedností potřebám pracovního trhu a překlenout propast mezi vzdělávacím sektorem a pracovním trhem.

Praktickými opatřeními, která z ní vyplývají, jsou např. prognózy Evropského střediska pro rozvoj odborného vzdělávání⁸⁶ (CEDEFOP), analýza nových trendů na úrovni odvětví a rozvoj rad pro kvalifikace v jednotlivých odvětvích či Evropský rámec klíčových kompetencí pro celoživotní učení⁸⁷, definující osm základních schopností, které musí každý mít k tomu, aby se mohl ve společnosti založené na znalostech uplatnit⁸⁸.

Pokud se týče nejdůležitější evropské pracovněprávní legislativy, platí v této oblasti směrnice EU o pracovní době⁸⁹, která stanoví všeobecné minimální bezpečnostní a zdravotní požadavky na úpravu pracovní doby. Mimo jiné se zabývá denní dobou odpočinku, přestávkami v práci, týdenní dobou odpočinku, dovolenou za kalendářní rok a některými aspekty noční práce a práce na směny, v ČR se promítá v pracovněprávních předpisech, zejm. v zákoníku práce. Na základě proběhlé veřejné konzultace nyní Evropská komise pracuje na návrhu na novelizaci směrnice, která by měla více vyhovovat změnám potřebám regulace pracovní doby v moderním pracovním prostředí.

V oblasti rozvoje digitálních dovedností zaměstnanců má ČR svůj národní strategický dokument, a to Strategii digitální gramotnosti na období let 2015 - 2020⁹⁰, k níž je v současné době zpracováván implementační dokument - Akční plán pro implementaci Strategie digitální gramotnosti. Současně se MPSV při své činnosti v oblasti zaměstnanosti řídí Strategií politiky zaměstnanosti do roku 2020⁹¹, která ovšem ve své stávající podobě vůbec nereflexuje perspektivní vývoj spojený s implementací Průmyslu 4.0.

Základními předpisy regulujícími postavení zaměstnavatelů i zaměstnanců, a to i při řešení důsledků dopadů Průmyslu 4.0 na oblast zaměstnanosti, je zákon o zaměstnanosti⁹², vztahy mezi zaměstnavateli a zaměstnanci pak upravuje zákoník práce⁹³. Ačkoli ze strany některých aktérů⁹⁴ zaznívají žádosti o revizi stávající pracovněprávní legislativy v souvislosti s nutností a priori se připravit na řešení negativních dopadů implementace Průmyslu 4.0 v oblasti zaměstnanosti, objektivně tato potřeba nevystává: platný zákoník práce i zákon o zaměstnanosti obsahují zatím některé pružné instituty umožňující řešení flexibilních forem práce, využívání částečných úvazků či dohod o pracích mimo pracovní poměr tak, aby nastavení využití pracovní síly bylo umožněno vždy dle aktuálních potřeb zaměstnavatelů a zaměstnanců. Je však nutno zabránit tomu, aby připravovaná novela zákoníku práce

⁸⁶ K dispozici online na: <http://www.cedefop.europa.eu/en/events-and-projects/networks/skillsnet>

⁸⁷ Viz: <http://ec.europa.eu/ploteus/cs>.

⁸⁸ Úplný výčet opatření k dispozici na webu Evropské komise, GŘ pro zaměstnanost, sociální věci a sociální začleňování: <http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=822&langId=cs>.

⁸⁹ Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/88/ES ze dne 4. listopadu 2003 o některých aspektech úpravy pracovní doby.

⁹⁰ Strategie digitální gramotnosti ČR na období 2015 – 2020, úplný text online na: http://www.mpsv.cz/files/clanky/21499/Strategie_DG.pdf

⁹¹ Strategie politiky zaměstnanosti do roku 2020, vládou schváleno dne 15. 10. 2014, k dispozici online na: https://portal.mpsv.cz/sz/politikazamest/strateg_zam_2020/strategiepz2020.pdf

⁹² Zákon č. 435/2004 Sb., o zaměstnanosti.

⁹³ Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce.

⁹⁴ Zejm. odborových organizací.

neomezila stávající institut flexibilitních forem práce, ať už jejich zrušením nebo svazujícím vymezením.

Je však třeba vytvořit podmínky k vyššímu využívání flexibilitních úvazků, distanční práce, sdílených nebo zlomkových úvazků při zachování srovnatelných sociálních jistot pro všechny kategorie pracujících bez ohledu na formu úvazku. Zároveň je třeba motivovat zaměstnavatele⁹⁵, i zaměstnance ke společnému postupu pro zachování pracovních míst a pro zajištění pružných rekvalifikací u zaměstnanců, jejichž pracovní pozice budou v rámci nástupu Průmyslu 4.0 omezovány, přesouvány nebo rušeny. Zde je třeba rozvinout pozitivní roli odborů a dalších zaměstnaneckých asociací a spolků.

Bližší popis tématu i doporučení pro budoucí rozvoj v této oblasti obsahuje kapitola 8 tohoto dokumentu.

- Aktuální stav:
 - V ČR platné znění pracovněprávních předpisů (zejm. zákoníku práce) nebrání úspěšné implementaci Průmyslu 4.0, je však třeba podpořit zaměstnavatele i zaměstnance ve využívání flexibilitních forem práce a zabránit změně právní úpravy směrem k omezení flexibilitních forem práce. Problémy lze očekávat při skokových změnách struktury kvalifikací potřebných na trhu práce – tomu je třeba přizpůsobit systém rekvalifikací a dalšího vzdělávání, resp. celoživotního učení.
 - EU má svou strategii Nové dovednosti pro nová pracovní místa⁹⁶, současně platí set směrnic upravujících pracovní dobu, kolektivní vyjednávání, hromadné propouštění či situaci mladistvých zaměstnanců
- Optimální budoucí vývoj:
 - V ČR by v souvislosti s implementací Průmyslu 4.0 nemělo docházet ke zlomovým změnám pracovněprávní legislativy a legislativy v oblasti zaměstnanosti – zaměstnavatelé i zaměstnanci by spíše měli být motivováni ve využívání stávajících možností pro zajištění flexibility výkonu práce i změn kvalifikace zaměstnanců vyžádaných implementací Průmyslu 4.0.
 - Na úrovni EU by měl být zachován stávající stav evropské legislativy nebo, při eventuálních novelizacích, přijaty takové změny směrnic, které umožní maximální míru smluvní volnosti zaměstnanců a zaměstnavatelů a vyhoví požadavku na maximální flexibilitu pracovněprávních vztahů

Sociální zabezpečení

Oblast sociálního zabezpečení je na úrovni EU harmonizována zejména prostřednictvím nařízení o koordinaci systémů sociálního zabezpečení⁹⁷, úplný výčet platných právních předpisů EU je obsažen na webové stránce ČSSZ⁹⁸. Ze strategických dokumentů jsou na úrovni EU relevantní zejména agenda Nové dovednosti pro nová pracovní místa⁹⁹, která zahrnuje i koncept udržitelnosti sociálního systému v období demografických změn a současně i masivního vývoje technologií.

⁹⁵ Např. s využitím dotací z ESI fondů, OP Zaměstnanost.

⁹⁶ [Sdělení Komise](#) Evropskému Parlamentu, Radě, EHSV a Výboru regionů Nové dovednosti pro nová pracovní místa – Předvídání a zohledňování potřeb trhu práce a potřebných kvalifikací ze dne 16.2.2008.

⁹⁷ Nařízení (ES) č. 883/2004 o koordinaci systémů sociálního zabezpečení.

⁹⁸ Viz odkaz: <http://www.cssz.cz/cz/evropska-unie/legislativa.htm>

⁹⁹ Viz pozn.č.57.

V českém právním řádu je třeba pracovat s faktem, že provedení důchodové reformy je neustále oddalována (resp. podniknuté kroky minulé vlády byly s účinností od 1. 1. 2016 zrušeny)¹⁰⁰ a současně i s tím, že tradiční uspořádání systému sociálního zabezpečení, které vychází z ideálního modelu lineárního zaměstnání na celý úvazek v rámci jednoho zaměstnání, naprosto nevyhovuje podmínkám moderního pojetí pracovního uplatnění a nemůže obstát v podmínkách změn, které obnáší Průmysl 4.0. S touto informací je třeba pracovat při novelizacích základních právních předpisů, tedy zejména zákona o organizaci a provádění sociálního zabezpečení, zákona o důchodovém pojištění, zákona o nemocenském pojištění aj.¹⁰¹ Současně je nutné s respektováním těchto principů dokončit reformu důchodového systému.

- Aktuální stav:
 - V EU platí systém legislativy upravující koordinaci systémů sociálního zabezpečení v členských státech EU; současně se iniciativa Nové dovednosti pro nová pracovní místa vydaná komisí v rámci strategie Evropa 2020 zaměřuje i na strategický přístup při řešení změn v oblasti sociálního zabezpečení
 - V ČR platí systém konzervativních právních norem upravujících systém sociálního zabezpečení včetně důchodového pojištění, nemocenského pojištění a sociálních dávek. Důchodová reforma byla nastartována v r. 2013, s účinností od 1. 1. 2016 však významně zpomalena zrušením spoření ve II. důchodovém pilíři.
- Optimální budoucí vývoj:
 - V ČR je třeba bezodkladně a důsledně provést důchodovou reformu, která bude respektovat masivní změny na trhu práce a demografický vývoj a zajistí všem skupinám pojištěnců dostatečné pokrytí dávkami sociálního zabezpečení a pojištění. V rámci novelizace platných právních předpisů je třeba reflektovat potřeby technologického, sociálního a ekonomického vývoje spojeného s nástupem Průmyslu 4.0.

Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

V oblasti BOZP platí na úrovni EU set směrnic, které jsou transponovány do národního práva členských států EU. Z nejdůležitějších lze zmínit např. směrnice o zavádění opatření pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci¹⁰², směrnice o ochraně zaměstnanců před riziky spojenými s expozicí azbestu při práci, směrnice o ochraně zaměstnanců před riziky spojenými s expozicí hluku při práci či směrnice o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví na pracovišti.

Všechny z nich jsou aktuálně zahrnuty v českém právu a spadají do gesce MPSV, MZd nebo MŽP, aktuálně se nejedná o jejich změnách.

- Aktuální stav:
 - V EU platí řada směrnic upravujících bezpečnost a ochranu zdraví při práci.

¹⁰⁰Zákonem č. 376/2015 Sb. o ukončení důchodového spoření byl zrušen systém důchodového spoření ve II. pilíři, zavedený od r. 2013 zákonem č. 426/2011 Sb., o důchodovém spoření.

¹⁰¹Úplný výčet platné legislativy v oblasti sociálního zabezpečení je uveden na webu MPSV, viz: <http://www.mpsv.cz/cs/3459>.

¹⁰²Směrnice Rady 89/391/EHS ze dne 12. června 1989 o zavádění opatření pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=URISERV:c11113&from=CS>.

- Optimální budoucí vývoj:
 - V rámci připravované revize evropské legislativy o BOZP je třeba zajistit minimalizaci jejích změn, resp. zpříšňování regulace tak, aby evropská legislativa nebránila úspěšnému rozvoji Průmyslu 4.0.

Vzdělávání

Pro oblast vzdělávání přijala EU svůj strategický dokument v oblasti digitalizace kompetencí již v r. 2007, jde o iniciativu Elektronické dovednosti pro 21. století: Podpora růstu, konkurenceschopnosti a zaměstnanosti¹⁰³, která byla následována řadou dalších Evropskou komisí podpořených iniciativ na podporu rozvoje e-Skills a e-Leadershipu, z posledních např. Podpora e-Leadershipu v Evropě¹⁰⁴ spuštěná v září 2015.

Nejdůležitějšími evropskými legislativními akty v oblasti vzdělávání jsou směrnice o uznávání kvalifikací¹⁰⁵, jejímž cílem je vytvořit systém uznávání odborných kvalifikací v EU zaručující pružnější trh práce, další liberalizaci služeb, podporu automatického uznávání kvalifikací a zjednodušení správních postupů v členských státech EU.

Od r. 2014 má ČR i svou národní Strategii digitálního vzdělávání do roku 2020¹⁰⁶, jejímž cílem je reagovat na kontinuální vývoj digitálních technologií a plánovat postupné zapojování moderních technologií do obsahu výuky.

Nejdůležitějšími právními předpisy, které upravují počáteční vzdělávání, jsou školský zákon¹⁰⁷ a zákon o vysokých školách¹⁰⁸. Systém dalšího vzdělávání není upraven celistvým zákonem, uznávání dalšího vzdělávání je však obsaženo v zákoně o uznávání výsledků dalšího vzdělávání¹⁰⁹. Český systém vzdělávání a zejména způsob jeho financování je dlouhodobě kritizován zástupci průmyslových asociací a podnikatelských reprezentací – rozpočty škol jsou totiž vázány nikoli na úspěšnost absolventů, nýbrž na počet míst žáků a studentů bez ohledu na jejich reálnou uplatnitelnost i faktické uplatnění na trhu práce. V rámci probíhající reformy školství by se tedy MŠMT mělo zaměřit i na řešení této otázky.

V souvislosti s implementací Průmyslu 4.0 bude pak extrémně důležitá oblast předvídání budoucích potřeb trhu práce a oborové i obsahové zaměření výuky na „povolání budoucnosti“ či „pozice pro Průmysl 4.0“. Cesta však nevede tolik formou legislativních opatření, jako spíše prohloubení vazby složení studijních oborů a jejich obsahu na potřeby praxe, zintenzivnění spolupráce škol a firem v oblasti vzájemné výměny informací a zkušeností a poskytování

¹⁰³ Sdělení komise Radě, Evropskému parlamentu, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů - Elektronické dovednosti pro 21. století: podporovat růst, konkurenceschopnost a zaměstnanost (KOM)2007/0496 v konečném znění <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex:52007DC0496>.

¹⁰⁴ <http://eskills-scale.eu/news/single-view/press-release-promoting-e-leadership-skills-scaling-up-and-broadening-our-ambition-for-europe/>

¹⁰⁵ Směrnice Evropského parlamentu a Rady [2005/36/ES](#) ze dne 7. září 2005 o uznávání odborných kvalifikací.

¹⁰⁶ Strategie digitálního vzdělávání do roku 2020, vláda schválila dne 12. 11. 2014, úplný text k dispozici na: <http://www.msmt.cz/file/34429/>

¹⁰⁷ [Zákon č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání \(školský zákon\)](#).

¹⁰⁸ [Zákon č. 111/1998 Sb., o vysokých školách](#).

¹⁰⁹ [Zákon č. 179/2006 Sb., o ověřování a uznávání výsledků dalšího vzdělávání a o změně některých zákonů \(zákon o uznávání výsledků dalšího vzdělávání\)](#).

technické vybavení a praxe s cílem zvýšit pravděpodobnost uplatnění absolventů na trhu práce¹¹⁰. Teprve tam, kde tento systém selže, a výstupem vzdělávacího systému je osoba neuplatnitelná na trhu práce, by měl nastoupit systém dalšího vzdělávání. K využívání jeho existujících nástrojů by přitom měli být jako zaměstnanci, resp. absolventi, tak i zaměstnavatelé náležitě motivováni.

- Aktuální stav:
 - V ČR platí v oblasti počátečního vzdělávání školský zákon a zákon o vysokých školách, v oblasti dalšího vzdělávání pak zákon o uznávání výsledků dalšího vzdělávání. Problém při aplikaci těchto právních předpisů není tolik v obsahu právní úpravy, jako spíše v přístupu škol, které nekladou patřičný důraz na uplatnění absolventů v praxi.
 - EU má svou strategii Elektronické dovednosti pro 21. století, současně platí směrnice upravující vzájemné uznávání kvalifikací.
- Optimální budoucí vývoj:
 - V ČR cesta ke zlepšení aplikace stávající legislativy (a eventuelně drobných legislativních změn, které zaručí lepší vazbu výstupů vzdělávacího procesu na praxi) vede zejména prostřednictvím aplikace praktických nelegislativních opatření, která zaručí lepší vazbu obsahu počátečního vzdělávání na potřeby praxe. Tato opatření jsou podrobně popsána v kapitole 9 tohoto dokumentu.
 - V EU je cílem zachování stávajícího stavu evropské legislativy nebo, při eventuelních novelizacích, přijetí takového znění směrnic, které umožní maximální míru vzájemné interoperability kvalifikací pro Průmysl 4.0 v rámci EU.

Efektivita využívání zdrojů, energetika a životní prostředí

V oblasti využívání zdrojů implementuje Evropská unie od r. 2011 svou stěžejní iniciativu Strategie Evropa 2020 s názvem Evropa méně náročná na zdroje¹¹¹, která zahrnuje celou řadu legislativních aktů i strategických dokumentů, mj. např. strategii Energie 2020: Strategie konkurenceschopné, udržitelné a bezpečné energetiky, revizi směrnice o zdanění energií, Bílou knihu o budoucnosti dopravy či Energetickou cestovní mapu 2050.¹¹²

Komplex evropských strategických dokumentů i legislativy¹¹³ v této oblasti by měl směřovat k nižší energetické náročnosti Evropy a energetickým úsporám při respektování zásad udržitelného rozvoje a ochrany životního prostředí. V pracovním programu Evropské komise na r. 2016 figuruje závazek dále rozvíjet strategii Energetická unie z r. 2015, která je balíčkem opatření s cílem zajistit cenově dostupnou, bezpečnou a udržitelnou energii pro Evropu a její občany, a implementovat jednotlivá její opatření. I v nadcházejícím období lze tedy očekávat vysokou aktivitu EU při tvorbě legislativních a strategických dokumentů v této oblasti.

Čerstvou informací je dále globální dohoda dosažená na klimatické konferenci v Paříži, dle které se má lidstvo v tomto století zbavit závislosti na fosilních palivech, směřovat k zastavení růstu globální

¹¹⁰ Podrobný návrh opatření k zefektivnění vzdělávacího procesu v počátečním vzdělávání je uveden v kapitole 8 tohoto Akčního plánu.

¹¹¹ Sdělení Komise Evropa účinněji využívající zdroje – stěžejní iniciativa strategie Evropa 2020, text viz: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0021:FIN:CS:PDF>. Web Komise ke stěžejní iniciativě viz: http://ec.europa.eu/resource-efficient-europe/index_en.htm.

¹¹² Úplný výčet aktivit na straně EU i příklady národních aktivit jsou k dispozici na webu Komise ke stěžejní iniciativě: http://ec.europa.eu/resource-efficient-europe/index_en.htm.

¹¹³ Výčet aktuálně platné legislativy EU v oblasti energetiky je k dispozici na webu MPO: <http://www.mpo.cz/dokument148930.html>

teploty optimálně na hranici 1,5 stupně Celsia a nepřekročit hranici 2 stupňů. Před návrhem jakýchkoli legislativních kroků však bude třeba ratifikace dohody národními parlamenty členských států.

Základním strategickým dokumentem ČR v oblasti využívání zdrojů je aktualizovaná Státní energetická koncepce z r. 2015¹¹⁴ v gesci MPO¹¹⁵. Ta tvoří základ pro další směřování ČR v oblasti využívání energií, rozvoje energetiky a preferencí způsobů výroby a distribuce energií.

Legislativní rámec je pak tvořen zejména energetickým zákonem¹¹⁶ a dalšími právními předpisy upravujícími podnikání v energetických odvětvích a oblast výroby a distribuce energií¹¹⁷.

Pro ochranu životního prostředí jsou nejdůležitějšími právními předpisy zejména zákon o odpadech¹¹⁸, zákon o ochraně ovzduší¹¹⁹, zákon o posuzování vlivů na životní prostředí¹²⁰ aj.¹²¹

V oblasti dopravy v ČR platí strategie Dopravní politika ČR pro období 2014-2020 s výhledem do roku 2050¹²² v gesci Ministerstva dopravy, současně je v účinnosti i řada právních předpisů¹²³ upravujících silniční, drážní, leteckou a vodní dopravu a která vytváří právní bloky pro rozšíření technicky již možných forem dopravy¹²⁴.

Pro rozvoj smart cities jsou rozhodnými strategickým materiálem Strategie regionálního rozvoje ČR 2014-2020¹²⁵, Politika územního rozvoje ČR¹²⁶ a Politika architektury a stavební kultury ČR¹²⁷ v gesci MMR, které vymezují základní zásady urbánního rozvoje ČR na příštích několik let. Pro rozvoj regionů je stěžejním zejména zákon o podpoře regionálního rozvoje¹²⁸, pro územní plánování a stavebnictví pak stavební zákon¹²⁹. Všechny tyto právní předpisy je třeba brát v potaz v případě zjištění potřeby úpravy pro potřebu hladké implementace Průmyslu 4.0.

¹¹⁴ Úplný text k dispozici na webu MPO: <http://www.mpo.cz/dokument158059.html>.

¹¹⁵ Text aktualizace dostupný na webu MPO: <http://www.mpo.cz/assets/cz/2012/11/ASEK.pdf>

¹¹⁶ Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon).

¹¹⁷ Úplný výčet platné energetické legislativy je k dispozici na webu MPO: <http://www.mpo.cz/cz/energetika-a-suroviny/energeticka-legislativa/>

¹¹⁸ Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů.

¹¹⁹ Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší.

¹²⁰ Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí).

¹²¹ Úplný výčet platné i připravované environmentální legislativy je k dispozici na webu MŽP: <http://www.mzp.cz/cz/legislativa>.

¹²² <http://databaze-strategie.cz/cz/md/strategie/dopravni-politika-cr-pro-obdobi-2014-2020-s-vyhledem-do-roku-2050>

¹²³ Úplný přehled národní legislativy je k dispozici na webu MD: <http://www.mdcr.cz/cs/Legislativa/Legislativa/>.

¹²⁴ Více viz kapitola 10 tohoto Akčního plánu, nadpis Materiálová a lidská logistika.

¹²⁵ <http://databaze-strategie.cz/cz/mmr/strategie/strategie-regionálního-rozvoje-cr-2014-2020>

¹²⁶ <http://databaze-strategie.cz/cz/mmr/strategie/politika-uzemního-rozvoje-cr-ve-zneni-aktualizace-c-1-2015>.

¹²⁷ <http://databaze-strategie.cz/cz/mmr/strategie/politika-architektury-a-stavebni-kultury-ceske-republiky-2>

¹²⁸ Úplný výčet platných právních předpisů v oblasti podpory regionálního rozvoje viz web MMR: <http://www.mmr.cz/cs/Podpora-regionu-a-cestovni-ruch/Regionalni-politika/Pravo-Legislativa/Prehled-platnych-pravnych-predpisu/Oblast-regionalni-politiky>.

¹²⁹ Úplný výčet platných právních předpisů v oblasti územního plánování a stavebního řádu viz web MMR: [http://www.mmr.cz/cs/Stavebni-rad-a-bytova-politika/Uzemni-planovani-a-stavebni-rad/Pravo-a-legislativa-\(1\)/Prehled-platnych-pravnych-predpisu](http://www.mmr.cz/cs/Stavebni-rad-a-bytova-politika/Uzemni-planovani-a-stavebni-rad/Pravo-a-legislativa-(1)/Prehled-platnych-pravnych-predpisu)

- Aktuální stav:
 - V ČR oblast efektivity využívání zdrojů, energetiky, životního prostředí, rozvoje dopravy a urbanistiky v oblasti Průmyslu 4.0 zahrnuje široká škála strategických dokumentů a upravuje řada právních předpisů v gesci MPO, MŽP, MD a MMR.
 - EU má svou strategii Energetická unie, současně platí komplex legislativy upravující zejména oblast energetiky, environmentálních otázek a využívání zdrojů.
- Optimální budoucí vývoj:
 - Ačkoli v současné době v ČR nevzniká akutní potřeba změn v právu pro potřeby Průmyslu 4.0, v blízké budoucnosti tomu může být jinak – a to zejména v souvislosti s implementací inteligentních dopravních systémů, samoobslužných vozidel, systémů správy smart cities, vyšší míry regulace internetu věcí, služeb a lidí apod. Při jakýchkoli budoucích změnách legislativy je třeba reflektovat potřeby Průmyslu 4.0 a zejména zamezit tomu, aby nová legislativa blokovala jeho úspěšný rozvoj, na druhé straně však zajistit, aby mu stanovovala společensky přijatelné limity.
 - Na úrovni EU je cílem průběžné přijímání takové nové unijní legislativy, která umožní úspěšný rozvoj digitalizace průmyslu v rámci EU.

Podpora investic

Jedním ze stěžejních kroků nové Evropské komise bylo přijetí tzv. Junckerova investičního balíčku – tedy plánu na vytvoření Evropského fondu pro strategické investice, s jehož pomocí by měly být základní investice ve výši 16 miliard eur z rozpočtu EU a 5 miliard eur Evropské investiční banky multiplikovány a vyvolat nejméně 315 miliard eur dodatečných investic ze soukromé sféry v letech 2015 - 2017. Tento ambiciózní plán již doznává prvních praktických kroků – byl zřízen Evropský fond pro strategické investice (EFSI)¹³⁰, na národní úrovni vznikají implementační orgány (v ČR jím je Českomoravská záruční a rozvojová banka), vzniká Evropské centrum pro investiční poradenství¹³¹. Na národní úrovni již také probíhá výběr prvních projektů, rozjíždí se i jejich podpora. Pro jakékoli aktivity v oblasti podpory Průmyslu 4.0 se jedná o vysoce perspektivní formu státem i Evropskou unií zaručených investic.

Samostatnou kapitolou v oblasti podpory investic jsou Evropské strukturální a investiční fondy, jejichž implementace se řídí setem nařízení o zřízení a provozu těchto fondů¹³². Členské státy pak z nich čerpají v rámci národních operačních programů (více viz podkapitola Relevantní legislativa a strategické materiály ČR a EU).

Stěžejním právním předpisem je zde zákon o investičních pobídkách¹³³, v jehož rámci jsou pobídkami ve formě hmotné podpory vytváření nových pracovních míst a hmotné podpory rekvalifikace nebo školení nových zaměstnanců podporovány investice v oblasti zpracovatelského průmyslu, technologických center a center strategických služeb včetně datových center a call center zřizovaných na území ČR.

¹³⁰ Viz Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/1017 ze dne 25. června 2015 o Evropském fondu pro strategické investice, Evropském centru pro investiční poradenství a Evropském portálu investičních projektů a o změně nařízení (EU) č. 1291/2013 a (EU) č. 1316/2013 – Evropský fond pro strategické investice:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2015:169:FULL&from=EN>

¹³¹ <http://www.eib.org/eiah/>

¹³² Výčet aktuálně platných nařízení k problematice kohezní politiky je k nalezení na webové stránce MMR k ESI fondům: <http://www.dotaceeu.cz/cs/Fondy-EU/2014-2020/Dokumenty>.

¹³³ Zákon č. 72/2000 Sb., o investičních pobídkách a o změnách některých zákonů.

Strategické směřování státní podpory investic do zavádění Průmyslu 4.0 by také měla vymezit Národní strategie inteligentní specializace (Národní RIS3 strategie)¹³⁴.

Tradičním a hojně využívaným nástrojem na podporu investic je využívání kofinancování z ESI fondů, které je, vzhledem k pravidlům pro spolufinancování z vlastních zdrojů žadatelů pro programové období 2014 – 2020¹³⁵, v tomto období pro žadatele-podnikatele vždy nutné kombinovat s vlastními prostředky žadatele. Programem, který je potenciálně nejbližší obsahu potřeb implementace Průmyslu 4.0, je OP PIK, prvky využitelné pro podporu Průmyslu 4.0 lze nalézt v jeho programech podpory Aplikace, Inovace, Spolupráce, ICT a sdílené služby či Vysokorychlostní internet. Uvažovat však lze perspektivně i o zpracování nového programu podpory (proces by obnášel schválení Evropskou komisí) zaměřeného specificky na Průmysl 4.0.

V oblasti podpory investic funguje v praxi i celá řada dalších investičních schémat a pobídek, která jsou zrekapitulována v kapitole 11 tohoto dokumentu.

- Aktuální stav:
 - Platné znění právních předpisů ČR a schémata státní podpory i podpory z fondů EU nebrání podpoře investic do implementace Průmyslu 4.0.
 - EU zřídila Evropský fond pro strategické investice, současně investice do nových technologií a digitalizace průmyslu podporuje formou nástrojů kohezní politiky, kterými jsou zejména národní operační programy.
- Optimální budoucí vývoj:
 - V ČR je třeba provázat činnost státních institucí při rozhodování o způsobu a výši investiční podpory pro Průmysl 4.0 a současně i zajistit, aby bylo téma Průmyslu 4.0 zakotveno do národních strategických materiálů pro podporu investic (zejm. do Národní RIS3 strategie).
 - Na úrovni EU je cílem průběžné přijímání takové nové unijní legislativy, která umožní úspěšný rozvoj digitalizace průmyslu v rámci EU.

Autorské právo

Neposledním důležitým aspektem evropské legislativy s úzkým vztahem k oblasti pokročilé digitalizace průmyslu je oblast autorských práv. Platí zde celá řada směrnic EU¹³⁶, Evropská komise také čerstvě¹³⁷ předložila svůj návrh na vydání nařízení o zajištění přeshraniční přenositelnosti online obsahu na vnitřním trhu, jehož cílem má být lepší ochrana autorských práv na vnitřním trhu.

Ačkoli problematika autorských práv není obsažena v žádné kapitole tohoto dokumentu, přesto si svou pozornost na tomto místě zaslouží. Stěžejním právním předpisem je zde autorský zákon¹³⁸ a přizpůsobení jeho obsahu potřebám digitálního oběhu dat včetně informací chráněných

¹³⁴ <http://database-strategie.cz/cz/urad-vlady/strategie/narodni-vyzkumna-a-inovacni-strategie-pro-inteligentni-specializaci-ceske-republiky-narodni-ris3-strategie-2014>; ke dni 15. 12. 2015 byl dokument ve fázi po schválení první verze vládou a v procesu aktualizace v návaznosti na připomínky Evropské komise k jeho obsahu.

¹³⁵ Viz <http://www.strukturalni-fondy.cz/getmedia/495ea682-77ab-4053-a231-29550d532418/Pravidla-spolufinancovani-evropskych-fondu-v-PO-2014-2020.pdf>

¹³⁶ Výčet platných směrnic je k dispozici na webu Ministerstva kultury: <http://www.mkcr.cz/cz/autorske-pravo/evropska-unie-a-autorske-pravo/smernice-eu-o-autorskem-pravu-a-pravech-souvisejicich-s-pravem-autorskym-221466/>

¹³⁷ Návrh byl v prosinci 2015 předložen Komisí k projednání Radě EU.

¹³⁸ Zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

autorským zákonem. V rámci perspektivní novelizace tohoto právního předpisu je bezpochyby třeba věnovat pozornost tomu, aby se ani autorskoprávní legislativa nestala blokem pro úspěšnou implementaci Průmyslu 4.0, a současně reagovat na nově vznikající legislativu evropskou.

- Aktuální stav:
 - V ČR autorský zákon nepředstavuje blokaci pro úspěšnou implementaci Průmyslu 4.0, k řešení je otázka nastavení stropů pro odvod poplatků autorským svazům.
 - V EU platí řada směrnic upravujících autorské právo, které byly převedeny do vnitrostátního práva členských států. Byla také zahájena jednání o návrhu nařízení o zajištění přeshraniční přenositelnosti online obsahu na vnitřnímu trhu.
- Optimální budoucí vývoj:
 - V ČR i v EU je třeba dbát na přijímání pouze takových změn stávající legislativy, která neznemožní úspěšný rozvoj pokročilé digitalizace průmyslu. V ČR je třeba perspektivně řešit limity pro poplatkovou povinnost firem vůči autorským svazům.

Rozvoj vysokorychlostních internetových sítí

Oblastí, které se částečně dotýká kapitola 1 tohoto dokumentu a která se však prolíná i všemi ostatními kapitolami tohoto dokumentu, neboť je pro úspěšný rozvoj Průmyslu 4.0 zcela esenciální, je oblast rozvoje vysokorychlostních internetových sítí, a to jednak co do podpory investic ze soukromých i veřejných zdrojů do jejich výstavby¹³⁹ a současně i co do odstranění legislativních bariér pro usnadnění jejich výstavby.

Zatímco pro úspěšné zahájení čerpání evropských dotací z OP PIK nejsou dosud splněny formální podmínky¹⁴⁰ a dosud nebyl vládou schválen Národní plán rozvoje sítí nové generace, nutného legislativního řešení druhé z oblastí ve formě schválení zákona o opatřeních k usnadnění výstavby vysokorychlostních internetových sítí nebylo ani přes více než dvouleté projednávání problematiky na pracovní úrovni dosaženo¹⁴¹. Vedle zajištění ochrany dat a kybernetické bezpečnosti se přitom jedná o další z esenciálních předpokladů úspěšnosti implementace Průmyslu 4.0 v ČR – bez sítí nebude žádný tok dat a bez hladkého toku dat nebude úspěšný automatizovaný provoz.

- Aktuální stav:
 - Vláda dosud neschválila Národní plán rozvoje sítí nové generace jako jednu z předběžných podmínek pro čerpání z OP PIK a ani první verze plánu proto nebyla notifikována Evropské komisi. Na splnění předběžné podmínky přitom ČR zbývá čas do konce r. 2016. Česká republika také dosud netransponovala do svého národního práva směrnici o opatřeních k usnadnění výstavby vysokorychlostních internetových sítí¹⁴²,

¹³⁹ Stěžejním zdrojem financování je Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost a jeho prioritní osa 4, specifický cíl 4.1 a program podpory Vysokorychlostní internet. Na rozvoj internetových sítí je vyčleněn ekvivalent cca 14 mld Kč.

¹⁴⁰ Národní plán rozvoje sítí nové generace, který představuje předběžnou podmínku pro čerpání z OP PIK v programu Vysokorychlostní internet, byl k datu zpracování tohoto návrhu (15.12.2015) ve druhém meziresortním připomínkovém řízení, přičemž míra splnění jednotlivých požadavků Evropské komise obsažených v předběžné podmínce byla 0 %.

¹⁴¹ Zákon o některých opatřeních k usnadnění výstavby vysokorychlostních internetových sítí se ke dni zpracování návrhu (15. 12. 2015) nacházel po druhém připomínkovém řízení, přičemž většina připomínkovatelů uplatnila zásadní připomínky.

¹⁴² Směrnice Evropského parlamentu a Rady [2014/61/EU](#) ze dne 15. května 2014 o opatřeních ke snížení nákladů na budování vysokorychlostních sítí elektronických komunikací.

ačkoli tak byla povinna učinit nejpozději do 31. 12. 2015. V ČR tak nefunguje ani strategická, ani legislativní podpora pro výstavbu vysokorychlostních internetových sítí a vážne tak jak vynakládání soukromých investic do této oblasti, tak i čerpání z fondů EU.

- Optimální budoucí vývoj:
 - Je třeba co nejdříve zajistit schválení Národního plánu rozvoje sítí nové generace v podobě, která naplní všechny parametry předběžné podmínky č. 2.2 pro čerpání z fondů EU v období 2014 – 2020. Současně je nutné, aby ČR co nejdříve přijala legislativní opatření k usnadnění výstavby vysokorychlostních internetových sítí a současně i transponovala do svého právního řádu směrnici 2014/61/EU.

Soukromoprávní úprava odpovědnosti

Jako jedna ze stěžejních právních otázek se jeví řešení oblasti odpovědnosti za škodu způsobenou provozem plně automatizovaných autonomně fungujících kyberneticko-fyzických systémů. Této oblasti se prozatím české soukromé právo nevěnuje a je bezpodmínečně nutné s reálným nástupem plně automatických provozů řešit i tuto otázku tak, aby bylo možné předejít dlouhodobým soudním sporům o náhradu škody, v nichž podle stávajícího práva není jasné, kdo je stranou pasivně legitimovanou, tj. kdo je za škodu odpovědný.

Dle obecných principů obsažených v soukromém právu by za škodu byl odpovědný provozovatel systému, pokud neprokáže, že ke škodě nedošlo jeho zaviněním. Praktické situace vznikající při implementaci Průmyslu 4.0 však mohou přinést řadu variací způsobu vzniku škody a bylo by tedy na místě, aby se této oblasti věnoval v některé ze svých příštích novelizací občanský zákoník¹⁴³. Totéž se týká i otázky uplatňování práv z vad, způsobených autonomně fungujícími kyberneticko-fyzickými systémy.

Dále se jeví jako nutné řešit otázku vlastnictví, resp. obecně práv k takto „autonomně“ vznikajícím datům a otázky nakládání s takovými daty.

- Aktuální stav:
 - České právo dosud vůbec neřeší oblast odpovědnosti za škodu způsobenou v rámci činnosti autonomně fungujících robotických systémů a práv z vad, stejně jako práva ke zde vzniklým datům.
- Optimální budoucí vývoj:
 - S rozvojem Průmyslu 4.0 je třeba se touto otázkou zabývat v národním právu a při perspektivní novelizaci občanskoprávních a eventuelně i pracovněprávních předpisů záležitost legislativně ošetřit.

7.1.3. Principy právotvorby

Z doposud provedeného rozboru vyplývá, že potřeba změn v souvislosti s implementací a využitím důsledků 4. průmyslové revoluce není tolik akutní, jak by se zprvu mohlo zdát – je třeba zejména zamezit tomu, aby dalšímu úspěšnému rozvoji technologií a jejich využití k ekonomickému prospěchu ČR byly kladeny legislativní překážky, a současně je třeba, aby další rozvoj byl finančně podpořen z veřejných zdrojů¹⁴⁴.

¹⁴³ Zákon č. 89/2012 Sb., občanský zákoník.

¹⁴⁴ Myšleno státní rozpočet, rozpočty obcí a měst nebo ESI fondy.

Je však zcela nutné, aby právní řád ČR byl v návaznosti na implementaci principů a závazků vlády i Evropské komise v oblasti better regulation¹⁴⁵ dále zjednodušován a zejména aby se principy právotvorby v českém prostředí přizpůsobily potřebám dynamické reakce legislativy na aktuální technologický a společenský vývoj.

Jako zásadní se v této oblasti jeví zavedení následujících principů právotvorby:

- a) **Povinné hodnocení dopadů nových právních předpisů na digitální ekonomiku** (Digital Economy Impact Assessment) jako součást pravidel pro hodnocení dopadů regulace a nově zavedený prvek Obecných zásad pro hodnocení dopadů regulace. Zavedení tohoto principu by napomohlo lepší čitelnosti nové legislativy z hlediska jejích potenciálních dopadů i na digitalizaci průmyslu.
- b) **Povinné zavádění nových povinností občanů a firem vůči státu i veřejných služeb jako a priori digitálních** (digital by default): v moderní legislativě by měla být zcela vyloučena situace, že stát zavede vůči svým občanům novou službu nebo od nich bude vyžadovat novou povinnost, která není aplikovatelná v digitálním prostředí, tj. realizovatelná online, zpracovatelná digitálním způsobem či archivovatelná elektronicky. Ač tento požadavek zní automaticky, bohužel to v předkládaných legislativních návrzích stále není pravidlem. Jeho realizace si vyžádá doplnění Legislativních pravidel vlády.
- c) **Povinné hodnocení trvanlivosti nové legislativy ve vztahu k perspektivnímu technologickému a sociálnímu vývoji**: jakákoli nově vznikající legislativa by měla brát v úvahu vývojové trendy a zaměřit se na to, aby byla co možná nejdéle aplikovatelná ve vztahu k perspektivám rozvoje technologií a společnosti v nejbližším období. V praxi by se tedy nemělo stát, že je v rámci několikaměsíčního legislativního procesu přijat zákon, který je reálně aplikovatelný po dobu několika let, přičemž poté vyžaduje novelizaci vzhledem k zastaralosti svého obsahu. Jakýkoli nový legislativní návrh by měl být tzv. „future-proof“, tj. odolávající budoucím technologickým a sociálním změnám, přičemž předkladatelům by měla být stanovena povinnost ex ante hodnocení této trvanlivosti nejlépe Legislativními pravidly vlády. Otázce je též třeba věnovat pozornost v rámci předkládání parlamentních návrhů.

Pro úspěšné využití příležitostí, které nabízí 4. průmyslová revoluce české ekonomice, je také zcela esenciální, aby stát změnil svůj strategický přístup k digitální agendě a aby se vláda zaměřila na:

- **Sjednocení strategického řízení digitálních záležitostí v rámci vlády** – předseda vlády, Úřad vlády
- **Komplexní revizi legislativy a strategických dokumentů upravujících povinnosti občanů a firem vůči státu**, zpracování Rejstříku povinností občanů a firem (Ministerstvo vnitra) vůči státu
- **Zlepšení výkonu ČR v oblasti eGovernmentu** – Ministerstvo vnitra

¹⁴⁵ Na úrovni EU byla iniciativa zahájena Sdělením Komise ze dne 14. 11. 2006 Lepší právní předpisy v Evropské unii – strategický přezkum KOM(2006) v konečném znění (text k dispozici zde: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0689:FIN:CS:PDF>) a sérií na ni navazujících aktů, v ČR byl v letech 2005 – 2012 v gesci MPO realizován (Akční) Plán snižování administrativní zátěže podnikatelů, v jehož rámci měla být existující legislativa a z ní vyplývající administrativní povinnosti sníženy do r. 2012 o 25 % a dále do r. 2020 o 30 %. Po neúspěchu úvodní fáze byl cíl změněn na eliminaci 60 administrativních opatření do konce r. 2015, vyhodnocení jeho splnění proběhne v rámci Expertní skupiny pro snižování administrativní zátěže podnikatelů při MPO v nejbližší době.

7.2. SWOT analýza

Silné stránky

- ČR má ve své blízkosti a s bezprostřední geografickou i kulturní provázaností řadu zemí, z nichž lze čerpat inspiraci pro úspěšnou koncepci a implementaci národní strategie pro pokročilou digitalizaci průmyslu
- ESI fondy v období 2014 – 2020 skýtají možnost získání finanční podpory pro implementaci Průmyslu 4.0 ve firmách

Slabé stránky

- Průmysl 4.0, resp. téma pokročilé digitalizace průmyslu dosud nefiguruje explicitně v žádném národním strategickém dokumentu, pouze okrajově je zmiňuje Akční plán pro rozvoj digitálního trhu
- Národní legislativa ČR je roztržitá a nepřehledná, neexistuje jednotný státem zaručený přehled aktuálních právních předpisů ani seznam povinností firem a občanů vůči státu
- Národní strategické dokumenty v oblasti digitalizace jsou resortně, tematicky i chronologicky roztržitěné, neexistuje konzistentní hierarchie strategických dokumentů
- Systém vládních pracovních a poradních orgánů je roztržitý a nejednotný, téma Průmyslu 4.0 de facto tematicky spadá do gesce několika rad vlády¹⁴⁶, které se dále dělí do pracovních výborů a skupin, jež však spolu navzájem nekomunikují
- Chybí zastřešující koordinace za oblast digitální agendy v rámci vlády ani podnikatelské reprezentace => hrozba roztržitěné implementace legislativních změn v rámci iniciativy Průmysl 4.0
- Principy právo tvorby zakotvené v Legislativních pravidlech vlády a Obecných zásadách pro hodnocení dopadů regulace neskýtají záruky, že nově vznikající legislativa vyhoví požadavkům Průmyslu 4.0
- Nedostatečná strategická i legislativní podpora pro pokrytí území ČR rychlým internetem
- Stát není připraven na komunikaci s firmami fungujícími plně v rámci Průmyslu 4.0

Příležitosti

- Využít možnosti financovat v období 2014 - 2020 investice i přizpůsobování se nevyhnutelným společenským změnám souvisejícím s Průmyslem 4.0 z ESI fondů
- Zavést formou přijetí relativně jednoduchých opatření konzistentní zásady tvorby nové legislativy (Digital Economy Impact Assessment, Digital by default princip a Future-proof princip), které zajistí její kompatibilitu s potřebami Průmyslu 4.0

Hrozby

- Pokračující roztržitost strategických přístupů, legislativy, gescí a pracovních a poradních uskupení vlády a zejména s tím související absence zodpovědnosti za prosazování principů Průmyslu 4.0 v českém prostředí

¹⁴⁶ Rada vlády pro informační společnost, Rada vlády pro konkurenceschopnost a hospodářský růst, Rada vlády pro výzkum, vývoj a inovace, Rada vlády pro energetickou a surovinovou strategii, Rada vlády pro udržitelný rozvoj, Rada vlády pro veřejnou správu.

- Zpoždění při zavádění vysokorychlostního internetu může zbrzdit i úspěšný nástup Průmyslu 4.0 v ČR
- Obsah nové evropské legislativy v oblasti ochrany osobních údajů může zablokovat úspěšný rozvoj Průmyslu 4.0 v celé EU, ochraně dat v rámci Průmyslu 4.0 je proto nutné věnovat zvláštní pozornost
- Hrozí vysoké riziko kybernetických útoků a legislativa upravující kybernetickou bezpečnost proto nabývá na důležitosti
- Legislativa upravující podporu výzkumu a vývoje nedostatečně reflektuje potřeby Průmyslu 4.0

7.3. Aktuální výzvy a jejich možná řešení

SWOT analýza v kapitole 7.2 poskytuje ucelený pohled na slabé stránky a hrozby, ale také na příležitosti, které je třeba nepromarnit. Hlavní aktuální výzvy a jejich možná řešení lze shrnout do následujících skupin:

Národní strategické dokumenty

- Průmysl 4.0, resp. ani téma pokročilé digitalizace průmyslu dosud nefiguruje jako téma k řešení v žádném národním strategickém dokumentu, okrajově je zmiňuje jen Akční plán pro rozvoj digitálního trhu¹⁴⁷
- Národní strategické dokumenty v oblasti digitalizace jsou resortně, tematicky i chronologicky roztržité, neexistuje konzistentní hierarchie strategických dokumentů

Možná řešení:

- Je třeba téma reflektovat v relevantních strategických materiálech, např. Národní strategii inteligentní specializace (RIS3), ale i v materiálech průřezových (Strategie konkurenceschopnosti, Akční plán pro hospodářský růst a zaměstnanost, Akční plán pro rozvoj digitálního trhu – rozpracování a aktualizace tématu)
- Po sjednocení gesce provést revizi existujících strategických dokumentů s dopadem na oblast Průmyslu 4.0

Nepřehlednost legislativy

- Národní legislativa ČR je roztržitá a nepřehledná, neexistuje jednotný státem zaručený přehled aktuálních právních předpisů ani seznam povinností firem a občanů vůči státu

Možná řešení:

- Zavést eSbírku
- Komplexně zrevidovat legislativu a strategické dokumenty upravující povinnosti občanů a firem vůči státu, zpracovat Rejstřík povinností občanů a firem vůči státu

Vztah veřejné správy s klíčovými hráči

- Stát není připraven na komunikaci s firmami fungujícími plně v rámci Průmyslu 4.0

Možná řešení:

- Zlepšit výkony ČR v oblasti eGovernmentu

Koordinace digitální agendy

- Chybí zastřešující koordinace za oblast digitální agendy v rámci vlády a podnikatelské reprezentace ⇒ hrozba roztržitě implementace iniciativy pro Průmysl 4.0 i navazujících implementačních dokumentů
- Systém vládních pracovních a poradních orgánů je roztržitý a nejednotný, téma Průmyslu 4.0

Možná řešení:

- Zavést strategické řízení digitálních záležitostí v rámci vlády i podnikatelské reprezentace
- Po sjednocení gesce provést revizi existujících pracovních a poradních orgánů vlády, jejichž činnost souvisí s implementací Průmyslu 4.0 a sjednotit jejich činnost
- Schválit Národní plán rozvoje sítí nové generace

¹⁴⁷ Akční plán pro rozvoj digitálního trhu byl vládou schválen dne 26. 8. 2015.

de facto tematicky spadá do gesce několika rad vlády¹⁴⁸, které se dále dělí do pracovních výborů a skupin, jež však spolu navzájem nekomunikují

- Nedostatečná strategická i legislativní podpora pro pokrytí území ČR rychlým internetem

- Přijmout zákon o opatřeních na podporu výstavby vysokorychlostních internetových sítí

Principy právo tvorby

- Principy právo tvorby zakotvené v legislativních pravidlech vlády a Obecných zásadách pro hodnocení dopadů regulace neskýtají záruky, že nově vznikající legislativa vyhoví požadavkům Průmyslu 4.0

Možná řešení:

- Zavést principy právo tvorby vyhovujících legislativě pro Průmysl 4.0
 - a) Digital Economy Impact Assessment
 - b) Digital by default princip
 - c) Future-proof princip

Bezpečnost a ochrana dat

- Je třeba zajistit odpovídající ochranu dat zpracovávaných v rámci implementace Průmyslu 4.0
- Je třeba zajistit odpovídající bezpečnost dat zpracovávaných v rámci Průmyslu 4.0 proti kybernetickým útokům

Možná řešení:

- Upravit zákon o ochraně osobních údajů v návaznosti na nové obecné nařízení o ochraně údajů
- Novelizovat zákon o kybernetické bezpečnosti v návaznosti na směrnici o kybernetické bezpečnosti

¹⁴⁸ Rada vlády pro informační společnost, Rada vlády pro konkurenceschopnost a hospodářský růst, Rada vlády pro výzkum, vývoj a inovace, Rada vlády pro energetickou a surovinovou strategii, Rada vlády pro udržitelný rozvoj, Rada vlády pro veřejnou správu.

8. Dopady na trh práce, kvalifikaci pracovní síly a sociální dopady

PhDr. Miroslava Kopicová; Ing. Věra Czesaná, CSc.; prof. PhDr. Tomáš Sirovátka, CSc.; Ing. Zdeňka Matoušková, CSc., Doc. Ing. Daniel Munich, PhD., Ing. Miloš Rathouský

Vize Průmyslu 4.0 odrážejí obecný trend pohybu ke společnosti znalostí, který je stále více umocňován informatizací a kybernetizací všech procesů v oblasti výroby, služeb i fungování státu. Tyto změny budou mít zásadní vliv na požadované kvalifikace a na trh práce obecně, přičemž bude třeba uvažovat i sociální aspekty těchto dopadů. Budou se prosazovat nové principy organizace práce, bude docházet ke změně role zaměstnance, ke změnám ve struktuře i pracovní náplni většiny profesí, budou vyžadovány zcela nové dovednosti, projeví se dopady na vývoj zaměstnanosti a nezaměstnanosti. V důsledku toho bude nezbytné nově nastavit politiku trhu práce, vzdělávání a sociální politiku.

Tato kapitola se soustředí na zmapování příležitostí a ohrožení a na změny v požadavcích na znalosti a dovednosti pracovní síly, které přináší průmysl 4.0. Nejprve je stručně charakterizována stávající situace pokud jde o strukturu zaměstnanosti, kvalifikační úroveň a vybavenost pracovní síly ICT dovednostmi. Jsou prezentovány demografické a další trendy, ze kterých vyplývá, že již na startu vývoje směrem k průmyslu 4.0 bude muset ČR překonat svou, v některých oblastech slabší pozici, vůči vyspělým zemím. Dále jsou diskutovány možné dopady, které lze očekávat na trhu práce v souvislosti s průmyslem 4.0 v oblasti charakteru práce, pohybu profesních struktur, nároků na kvalifikace a realokaci pracovních sil. Využití průmyslu 4.0 jako příležitosti k pozitivnímu vývoji na trhu práce si vyžádá přijímání rychlých a efektivních opatření zajišťujících flexibilitu trhu práce, přípravu osob uvolňovaných ze zanikajících profesí na profese nové nebo profese, jejichž výkon je spojen s novými znalostmi a dovednostmi, stejně jako opatření stimuluje tvorbu nových pracovních příležitostí. Předpokladem je tvorba včasných a spolehlivých informací prostřednictvím systému monitoringu a předvídání vývoje na trhu práce včetně kvalifikačních potřeb z hlediska pravděpodobnosti a rychlosti postupu automatizace a kybernetizace a jejich dopadu na zaměstnanost v jednotlivých sektorech, profesích a regionech. Z těchto informací budou odvozovány a přijímány nezbytné změny ve struktuře a způsobech výuky v počátečním i dalším vzdělávání, ve službách zaměstnanosti, daňovém i legislativním systému, systému sociálního zabezpečení. Celkově půjde hlavně o to vytvořit takové podmínky, aby se všechny změny staly příležitostí pro růst kvalifikace, flexibility a inovativnosti lidí jako výrobců i jako spotřebitelů a aby posílily konkurenční výhodu České republiky v mezinárodním prostředí a budoucí růst životní úrovně a kvality života.

8.1.Současný stav

8.1.1. Struktura zaměstnanosti, dosavadní trendy, srovnání s vyspělými státy EU

Míra industrializace a vázanost pracovní síly v průmyslu může být hodnocena jako příznivý faktor udržující technické znalosti na slušné úrovni, která může být dále aktivována za podmínky doplnění všech nezbytných IT znalostí, přenositelných dovedností, rozvoje inovativního myšlení, podnikavosti, apod. Na druhé straně však vysoký podíl průmyslu může znamenat velkou zranitelnost zde vázané pracovní síly a vysoké nároky na bezproblémové zvládnutí přechodu na platformu Průmyslu 4.0, zejména pokud je průmysl petrifikován velkou zátěží méně technologicky i kvalifikačně náročných výrob.

Zpracovatelský průmysl v ČR váže ve srovnání s malými vyspělými ekonomikami vysoký podíl pracovní síly (v roce 2014 24 % všech zaměstnaných), a to i přes pokles jeho významu z hlediska celkové zaměstnanosti (viz Obrázek 16 v Příloze ke kapitole 8). Zaměstnanost ve zpracovatelském

průmyslu je soustředěna do technologicky nenáročných odvětví (v roce 2014 55 % zaměstnaných ve zpracovatelském průmyslu pracuje v technologicky nenáročných odvětvích), do odvětví s vysokým podílem fyzické práce, která bude v budoucnu nejnáze nahraditelná příslušnými technologiemi. I když z hlediska rozdělení pracovní síly mezi odvětví technologicky vysoce a technologicky středně náročná je situace v ČR srovnatelná s malými vyspělými ekonomikami (viz Obrázek 17 v Příloze ke kapitole 8), ze zastoupení terciárně vzdělané pracovní síly na celkové zaměstnanosti v těchto odvětvích je patrné, že v ČR jsou soustředěna spíše nižší patra těchto výrob. O určitém posunu směrem k náročnosti na znalosti a dovednosti pracovní síly svědčí postupně narůstající podíl terciárně vzdělané pracovní síly, který je umožněn rostoucím zastoupením terciárně vzdělaných mezi mladou populací. Tento trend je však společný všem členským zemím EU a odstup ČR od vybraných vyspělých států EU se tak snižuje velmi pomalu, ve srovnání s Finskem se naopak prohlubuje (viz Obrázek 18 v Příloze ke kapitole 8).

O nižší vyspělosti technologicky vysoce a středně náročného průmyslu svědčí i podíl kvalifikačně náročných profesí, podíl specialistů a technických a odborných pracovníků, který byl nižší než v zemích s malou vyspělou ekonomikou (viz Obrázek 19 v Příloze ke kapitole 8) a současně byly tyto profese ve větší míře zastávány osobami s pouze středoškolským vzděláním. To vytváří relativně velký prostor pro uplatnění zejména technicky vzdělané pracovní síly.

Pro rozvoj nových aktivit, které jsou spjaté s průmyslem 4.0 je důležité i zázemí, které je vytvářeno znalostně náročnými službami. Pro vyspělé ekonomiky je charakteristická určitá míra přesunu zaměstnanosti z průmyslu do sektoru znalostně náročných služeb. Tento proces však ve větší míře v ČR ještě nenastal, i když úbytek pracovních míst v průmyslu jako celku, je do značné míry nahrazován přírůstkem pracovních míst ve znalostně náročných službách. Podíl zaměstnanosti v průmyslu poklesl v roce 2014 ve srovnání s rokem 2008 o 2,8 procentního bodu, zatímco podíl zaměstnanosti ve znalostně náročných službách se zvýšil o 2,5 procentního bodu. Ve srovnání s vyspělými ekonomikami členských států EU se však stále jedná o relativně nižší význam znalostně náročných služeb z hlediska zaměstnanosti (viz Obrázek 20 v Příloze ke kapitole 8).

Z pohledu zavádění technologického pokroku jsou důležitou složkou znalostně náročných služeb služby technologicky náročné, kam patří zejména telekomunikační činnosti, činnosti v oblasti informačních, automatizačních a kybernetických technologií, výzkum a vývoj¹⁴⁹. Jejich význam z hlediska podílu na celkové zaměstnanosti mírně stoupá a tyto služby jsou terciárně vzdělanými zaměstnanci relativně dobře vybavené. Je zřejmé, že tento sektor vytváří atraktivní místa pro terciárně vzdělanou pracovní sílu (viz Obrázek 21 a Obrázek 22 v Příloze ke kapitole 8).

Daří se i snižovat zaostávání ve vybavenosti podnikového výzkumu a vývoje pracovními silami, přesto je však podíl těchto zaměstnanců na celkové zaměstnanosti stále výrazně nižší, a to zejména ve srovnání s Finskem a Rakouskem (viz Obrázek 23 v Příloze ke kapitole 8). Pokud nemá průmysl lokalizovaný v ČR pouze přebírat technologie vyvinuté mimo naše území, lze očekávat zvýšenou poptávku po vysoce vzdělané pracovní síle schopné posouvat výzkum a vývoj kupředu.

8.1.2. Přípravenost lidských zdrojů na využívání ICT

Možnosti aplikace technologií průmyslu 4.0 a rychlost jejich rozšiřování budou ve značné míře ovlivněny robustností již vytvořené základny lidských zdrojů a jejich dovedností v oblasti komunikačních, informačních, automatizačních a kybernetických technologií, a to jak na straně producentů produktů a služeb, tak na straně jejich uživatelů.

¹⁴⁹ Do technologicky náročných služeb jsou v rámci EU zařazena podle klasifikace NACE následující odvětví: 64 – Spoje; 72 – Činnosti v oblasti výpočetní techniky; 73 – Výzkum a vývoj.

Dosavadní vývoj saturace ekonomiky informatickými a kybernetickými odborníky lze na základě dostupných dat vyjádřit velmi obtížně. Alespoň přibližně to však lze sledovat na základě vývoje zaměstnanosti v ICT sektoru služeb¹⁵⁰ a ve specifických profesích tak, jak je vymezuje statistická klasifikace¹⁵¹. Sektor ICT služeb se v minulém období vyznačoval stabilním růstem zaměstnanosti ve všech zemích EU, situace se však mezi jednotlivými zeměmi poměrně značně lišila. Podíl tohoto sektoru na celkové zaměstnanosti¹⁵² se pohybuje od 0,2 % v Rumunsku až po 2,4 % ve skandinávských zemích, které patří k evropským lídrům. V České republice se rozsah zaměstnanosti v ICT sektoru udržuje na evropském průměru, avšak pokud se týče jejího vývoje, řadí se ČR mezi nejrychleji rostoucí země (viz Obrázek 24 v Příloze ke kapitole 8). Rychlý růst v ČR byl mimo jiné ovlivněn i procesy outsourcingu nižších a středně kvalifikačně náročných ICT aktivit, jako je např. programování, údržba databází, apod. z vyspělých zemí do zemí střední a východní Evropy a dalších východních zemí. Naopak aktivity s nejvyšší přidanou hodnotou, jako je vývoj aplikací, vývoj informačních, kybernetických a automatizačních systémů apod. zůstávaly v centrálech mateřských společností. Důsledkem toho je skutečnost, že počet odborníků v sektoru ICT, automatizace a kybernetiky je v ČR na relativně slušné úrovni, avšak značná část z nich je vázána v méně kvalifikačně náročných činnostech.

Jiným aspektem zkoumání vybavenosti odborníky potřebnými pro Průmysl 4.0 je sledování výskytu ICT profesí napříč celou ekonomikou bez ohledu na odvětví, v nichž pracují. V roce 2013 byl v EU-28 podíl ICT profesí na celkové zaměstnanosti 2,3 %. Nejvyšší podíl měla z tohoto hlediska zejména severozápadní Evropa. Česká republika dosahující hodnotu 2,2 % se zařadila do druhé skupiny zemí (viz Obrázek 29 v Příloze ke kapitole 8). Je příznivé, že ČR společně s Estonskem (2,4 %) je na špičce zemí střední a východní Evropy a tudíž má v jejich rámci výhodnou konkurenční pozici, avšak za nejvyspělejšími skandinávskými zeměmi (3,2 % - 3,7 %) stále silně zaostává. Navíc se potřeba ICT odborníků v uživatelských odvětvích stále rozšiřuje. V EU, zejména v zemích severní a západní Evropy, bylo v letech 2008 – 2013 vytvořeno mimo samotný sektor ICT služeb na 381 tisíc nových ICT pracovních míst. V absolutním vyjádření byl největší nárůst ICT pracovních pozic v činnostech informačních služeb (71 tis.), konzultačních aktivit pro management (46 tis.) a ve veřejné správě a obraně (45 tis.). V relativním vyjádření byl významný relativní nárůst zaznamenán také v odvětvích administrativních a podpůrných činností (+ 88 %), dále v odvětvích profesních, vědeckých a technických činností (+ 86 %) a ve zdravotnictví (+ 61 %). V ČR nová pracovní místa také vznikala, ale jejich dynamika nebyla tak velká, aby převýšila zpětné toky vyčleňování ICT služeb z uživatelských odvětví do specializovaných agentur služeb. Lze z toho usuzovat, že dynamika digitalizace a komputelizace ekonomiky má v ČR určité zpoždění.

Počítačová gramotnost populace představuje jeden ze základních faktorů, které ovlivňují vstřícnost populace k přijetí a využívání nových technologií a nových forem poskytování služeb, ale i nových forem spotřebního zboží včetně možností jeho nákupu, způsobu používání atd. Je také obecným základem pro zvládání nových profesních nároků, které vyvstávají v souvislosti s trendy Průmyslu 4.0. Statistiky ukazují, že počet osob, které nejsou schopny zvládnout alespoň základní úkony na počítači, se postupně ve všech zemích snižuje, nicméně v ČR se stále jedná o relativně vysoký podíl počítačově negramotných lidí, a to zejména ve vyšším věku. K významnému posunu došlo v ČR zejména v podílu populace s vysokou úrovní počítačových dovedností, která se v roce 2014 na věkové skupině 16 – 74 let podílela 27 %, zatímco v roce 2006 pouze 14 %. Přesto však zaostávání vůči Finsku (46 %) je výrazné a bude třeba posílit tento typ výuky nejen na všech stupních počátečního vzdělávání, ale i

¹⁵⁰ Klasifikace NACE: 72 – Činnosti v oblasti výpočetní techniky

¹⁵¹ Klasifikace CZ-ISCO: 133 Řídící pracovníci v oblasti informačních a komunikačních technologií; 250 Specialisté v oblasti informačních a komunikačních technologií; 251 Analytici a vývojáři softwaru a počítačových aplikací; 252 Specialisté v oblasti databází a počítačových sítí; 351 Technici provozu a uživatelské podpory informačních a komunikačních technologií a příbuzní pracovníci

¹⁵² Dále uváděná data jsou vypočtena z databáze Eurostat

zvýšit nabídku a kvalitu takto zaměřených kurzů dalšího vzdělávání, např. formou mezinárodně akreditovaných kurzů ECDL (European Computer Driving Licence).

Rozvoj počítačových gramotností je vedle příslušného formálního nebo neformálního vzdělávání ovlivněn i dostupností počítačového vybavení, kvalitou internetového připojení, ale i rozšířením internetových služeb a internetové veřejné správy. ČR vůči vyspělým zemím EU zaostává, i když různou měrou, ve všech aspektech, které vstupují do indexu digitální ekonomiky a společnosti (viz Obrázek 25 v Příloze ke kapitole 8). Jedná se o přístup k vysokorychlostnímu internetu, příslušné dovednosti populace (viz Tabulka 3 v Příloze ke kapitole 8), míra využívání internetu k různým účelům, integrace digitálních technologií do jednotlivých odvětví, digitalizace veřejných služeb.

8.1.3. Potenciální zdroje zvyšování kvalifikace pracovních sil

ČR má z hlediska kvalifikační struktury populace výhodu v jednom z nejnižších podílů populace s maximálně ukončeným základním vzděláním, nevýhodu naopak v nižším podílu terciárně vzdělané pracovní síly, a to i v mladších věkových skupinách. Na tomto nepříznivém vývoji se do určité míry podílí i ve srovnání s ostatními zeměmi stále méně rozvinuté, ale i populací a zaměstnavateli méně poptávané nižší úrovně terciárního vzdělání, tedy vyšší odborné a bakalářské vzdělání (viz Obrázek 26 v Příloze ke kapitole 8).

V ČR je ve srovnání s vyspělými evropskými zeměmi méně rozvinuté další vzdělávání, které nabývá na svém významu s tím, jak se zvyšuje intenzita změn požadavků na znalosti a dovednosti nezbytné pro výkon jednotlivých profesí. I když se v ČR účast populace ve věku 25-64 let na dalším vzdělávání postupně zvyšuje, odstup od nejvyspělejších zemí, jako je např. Finsko, se nesnižuje. V roce 2014 se dále vzdělávalo v ČR pouze 9 % populace ve věku 25-64 let, zatímco ve Finsku to byla ¼ populace v tomto věku (viz Obrázek 27 v Příloze ke kapitole 8).

V ČR je naopak velmi příznivá situace z hlediska angažovanosti podniků ve vzdělávání svých zaměstnanců. V roce 2010, za který jsou k dispozici poslední údaje, se v ČR účastnilo kurzů odborného vzdělávání poskytovaného podniky v průměru za celou ekonomiku 61 % zaměstnaných, v průmyslu dokonce 65 %, což jsou nejvyšší podíly v rámci EU. Otázkou však je zaměření a kvalita těchto kurzů, i když lze předpokládat, že zaměstnavatelé další vzdělávání poskytují pouze tehdy, pokud jsou přesvědčeni o pozitivních přínosech pro výkon práce školených zaměstnanců. Druhý nejvyšší podíl vykázala Belgie, 52 % resp. 58 %, v ostatních zemích se účast na kurzech odborného vzdělávání pohybovala mezi 33 % - 39 % v průměru za celou ekonomiku a v rozpětí 34 % - 44 % v průmyslu. K vyššímu zájmu zaměstnavatelů o vzdělávání zaměstnanců jistě přispěla i podpora dalšího vzdělávání ze strukturálních fondů, kterou ČR, stejně jako ostatní země, v tomto období mohla čerpat.

Technologický pokrok je nemyslitelný bez dostatečné nabídky odpovídajícím způsobem kvalifikované pracovní síly. Rozhodující přínos k technologickému rozvoji lze očekávat zejména od pracovní síly s terciárním vzděláním technického směru, i když zastoupení osob s ostatními obory vzdělání, zejména přírodovědnými a manažerskými je neméně důležité. Ekonomika ČR zaznamenala v období let 2005 – 2010 poměrně strmý nárůst podílu absolventů technických a přírodovědných oborů ve věkové skupině 20 - 29 let. V posledních letech však růst zájmu mladých lidí o studium těchto oborů začal stagnovat, nicméně i tak si ČR udržuje relativně dobré postavení mezi srovnávanými zeměmi, vyšší podíly vykazují tři ze srovnávaných zemí, tj. Finsko, Slovensko a Německo (viz Obrázek 28 v Příloze ke kapitole 8).

Dostupnost vysokoškolsky vzdělané pracovní síly je ovlivněna nejen dostupností terciárního vzdělání, ale i demografickým vývojem. Právě nepříznivý demografický vývoj, absolutní pokles věkové skupiny typické pro vysokoškolská studia, se negativně projevuje na počtech studujících na vysokých školách. Vrcholu z hlediska počtu studujících ve všech formách studia bylo dosaženo v roce 2010, kdy

na vysokých školách v ČR studovalo 404 tisíc studentů, v roce 2014 pouze 352 tisíc. Absolutní pokles počtu studentů zaznamenaly všechny studijní obory, i když počátek klesající tendence se odehrál v různých oborech v různých letech. Nejpozději k němu došlo u zdravotnických, lékařských a farmaceutických oborů, a to až v roce 2014, u technických oborů to bylo již v roce 2006. Zájem o studium technických oborů se mezi mladou populací obnovil v roce 2012, kdy se začal prosazovat trend velmi mírného nárůstu podílu těchto studentů na celkovém počtu studujících a v roce 2014 dosáhl jejich podíl 22 %, absolutně se jedná o téměř 78 tisíc studentů. Pozitivně se vyvíjel po celé období let 2005-2014 zájem o přírodovědné obory, i když podíl studentů je poměrně nízký, v roce 2014 na úrovni 9 %. Ekonomické obory začaly po roce 2011 ztrácet určitou část své atraktivity a podíl studentů byl v roce 2014 dokonce mírně nižší než u technických oborů.

Podle studie Roland Berger Strategy Consultants, která hodnotila připravenost jednotlivých zemí na nástup průmyslu 4.0 (na základě sofistikovanosti průmyslové výroby, stupně automatizace, inovační intenzity a připravenosti pracovní síly, dostupnosti vysokorychlostního internetu, kvality inovačních vazeb), se Česká republika nachází mezi tradičními zeměmi, které mají vysoký podíl průmyslu, ale podprůměrnou úroveň připravenosti. Vedle ČR je v této skupině i Slovensko, Slovinsko, Maďarsko a Litva, Česká republika je však z těchto zemí hodnocena nejlépe. Nicméně silně zaostává za „předáky“ (země s vysokým podílem průmyslu i připravenosti) a zeměmi potenciálně nadějnými, které mají sice nízký podíl průmyslu, ale vysokou míru připravenosti.

8.2. Směry dalšího vývoje

Dopady průmyslu 4.0 na trh práce budou nejen velmi komplexní ale také protichůdné. Jejich zkoumání zatím v ČR nebyla věnována patřičná pozornost¹⁵³. Dále popisované faktory se snaží zachytit širší škálu vlivů než pouze bezprostřední dopady u ohrožení či tvorby pracovních míst v důsledku samotné digitalizace, jsou diskutovány i širší souvislosti podoby práce, pracovních úvazků a možností realokace pracovních zdrojů. K těmto úvahám byly využity poznatky soustředěné ve výzkumech realizovaných v zahraničí. Je však třeba konstatovat, že i tyto výzkumy jsou stále na začátku a v publikacích většinou převažují buď dílčí pohledy nebo naopak diskuse obecných trendů nad detailními rozbory a analýzami dopadů na profesní výkon a zaměstnanost, navíc, adekvátní sociologické studie téměř zcela chybí. Co je zřejmé, je skutečnost, že v budoucnu dojde jak ke změně charakteru práce, tak ke změně celkového počtu pracovních příležitostí, jejich struktury a také k proměně podoby většiny profesí včetně vzniku nových, které si dnes ještě neumíme ani představit.

8.2.1. Charakter a organizace práce

Tradiční organizace práce se pod vlivem nových procesů, které budou navzájem více propojené a kontinuální, přemění ze striktně oddělené dělby mezi profesemi a činnostmi do struktury, která bude výrazně plošná s decentralizovaným rozhodováním. Výkon práce bude kromě běžných pracovních činností vyžadovat samostatné rozhodování, které bude podporováno aplikací automatických, monitorovacích a optimalizačních systémů, a dále bude zahrnovat i koordinaci, kontrolu a návazné aktivity. To přinese zcela nové uspořádání na pracovištích a nový rytmus práce.

Pracovní týmy budou mít amorfnější strukturu, v daleko větší míře než nyní budou vznikat ad hoc týmy zaměřené na splnění určitého úkolu nebo řešení určitého problému. S využitím komunikačních technologií se bude jednat často o týmy založené na virtuálních vazbách, kdy mezi sebou mohou komunikovat a spolupracovat odborníci nejen v rámci jedné firmy či jejích regionálních poboček, ale i

¹⁵³ Jednou z mála výjimek je studie zpracovaná oddělením strategie a trendů EU Úřadu vlády ČR z prosince roku 2015. Chmelař, A. a kol.: Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU. Práce se zabývá pouze vlivy úzce pojaté digitalizace a pokouší se odhadovat ohroženost zaměstnanosti v profesních skupinách na základě koeficientů, které jsou převzaty ze studie zabývající se trhem práce v USA.

odborníci z jiných firem či samostatní specialisté. Velmi důležitou složkou kvalifikace se stane nejen schopnost pracovat v týmu a projektové myšlení, ale i schopnost zvládat jazykové a kulturní bariéry, které se zatím stále vyskytují.

Možnosti práce na dálku se značně rozšíří a v některých profesích se stanou zcela běžnými. Otevrou se tak další příležitosti pro pracovní uplatnění osob, které by jinak měly problémy s dojížděkou do zaměstnání ať z důvodu bydlení v odlehlějších lokalitách, zdravotního postižení či z důvodu péče o rodinné příslušníky. Společně s dalšími flexibilními formami práce (pružná pracovní doba, nepravidelná pracovní doba, částečné úvazky, apod.) může přispět k řešení problémů tzv. sendvičové generace, která je na vrcholu svého aktivního věku, ale je na ni kladena zátěž péče o nedospělé děti a zároveň starší rodiče, kteří postupně ztrácejí soběstačnost. Již v současné době začalo v důsledku využívání komunikačních technologií docházet ke stírání dosavadních ostrých hranic mezi pracovní dobou a volným časem. Tento proces se ještě urychlí tím, že lidé budou stále více nahrazovat fyzický společenský kontakt kontaktem virtuálním.

Vedle toho se stále častější možností pracovního uplatnění stane sebezaměstnání, které bude s využitím IT technologií jednodušší a budou jej využívat pracovníci ve stále větší škále profesí. Pracovník bude moci nabídnout své schopnosti více zaměstnavatelům, což mu bude poskytovat více příležitostí k zefektivnění práce, zvýšení příjmů a v neposlední řadě k získávání rozmanitějších zkušeností.

Nové technologie přinesou odstranění fyzicky namáhavé a rutinní práce a práce, která je životu nebezpečná, či její dlouhodobý výkon ohrožuje zdraví a způsobuje nemoci z povolání. Přinesou také možnost kvalitativního obohacení práce, jejího výkonu v zajímavějším pracovním prostředí, větší autonomii a více příležitostí pro profesní rozvoj a prostor pro inovativní myšlení. Tyto změny plně konvenují prioritám zejména mladé populace. Jak dokládá poslední Světová studie hodnot (WVS) a Evropská studie hodnot (EVS), zejména u mladé generace je patrný posun k post-materiálním hodnotám, ale i k alternativnímu stylu života. Výdělek již nestojí na prvním místě, důraz je kladen i na náplň práce, možnosti vzdělávání a růstu, kvalitu pracovního prostředí, charakteristiky pracovního týmu, firemní kulturu atp. V literatuře je dokonce v tomto ohledu signalizována zásadní mezigenerační proměna (generace X, generace Y, generace Z)¹⁵⁴. Zároveň je však třeba si uvědomit, že pro některé pracovníky, zejména starších ročníků, může tlak na větší flexibilitu, výkon náročnějších úkolů, postupující dematerializace a vizualizace pracovních procesů, apod. znamenat rostoucí psychickou zátěž.

Novými technologiemi usnadněná přímá komunikace výrobců se zákazníky bude mít také vliv na fragmentaci hodnotového řetězce. Tím se otevrou širší příležitosti pro malé firmy a rovněž vstup nových hráčů na trh bude snadnější. Umožní to také malým subjektům včetně jednotlivců se pracovní a podnikatelsky realizovat bez ohledu na lokalitu jejich bydliště. Budou tak moci profitovat na globální poptávce někdy i velmi úzce vymezených segmentů spotřebitelů. Tento charakter práce klade nároky nejen na odborné znalosti ale i na podnikatelské a marketingové dovednosti.

Individualizace poptávky povede k výrobě v menších sériích a k velmi specializované výrobě podle požadavků zákazníků. Bude vyžadována rychlá reakce v odpovědi na změny potřeb různých zákazníků, přičemž taková výroba bude s využitím robotů nejen rychle realizovatelná, ale i daleko efektivnější. Bude to však vyžadovat velkou profesní flexibilitu ze strany pracovníků, jejich neustálé vzdělávání a výchovu příslušných specialistů, které si každý podnik bude dovzdělávat podle svých potřeb.

¹⁵⁴ Zejména Douglas Coupland 1992 (Shampoo Planet through Life After God), 1991 (Generation X : tales for an accelerated culture).

8.2.2. Vlivy nahrazování práce technikou

Dopad automatizace nezbytně povede ke snížení zejména nízkokvalifikovaných pracovních míst v průmyslu a v dalších činnostech, nicméně o celkovém rozsahu tohoto snížení v ČR můžeme zatím spíše jen spekulovat, stejně tak jako není zřejmé, v jakém rozsahu a v jakých oblastech české ekonomiky budou nová místa vznikat. Historie nás přesvědčuje, že růst produktivity práce v určitých odvětvích/činnostech vedl k uvolňování pracovníků z těchto aktivit, ale také k vytváření nových pracovních příležitostí v jiných činnostech/odvětvích a k absorbování větší části uvolněné pracovní síly. Zdá se však, že historie se nemusí opakovat a že jsme, či v blízké budoucnosti budeme, svědky určitého zlomového období. Údaje o vývoji produktivity práce a zaměstnanosti v USA ukazují, že po roce 2000 se charakter technologického pokroku změnil, dokáže nahradit daleko větší rozsah a mnohem širší škálu činností než v minulosti¹⁵⁵. Úbytek pracovních míst se tak očekává větší než tvorba nových pracovních příležitostí. Podle některých studií je v důsledku automatizace a robotizace ohroženo až 50 % pracovních míst v tradičních odvětvích¹⁵⁶. Jiné studie však opouští, že technologické dopady na zaměstnanost jsou přeceňovány a často pojímány příliš úzce a izolovaně a že neberou v úvahu flexibilitu profesních změn a multiplikační efekty pro tvorbu pracovních míst, které nové technologie přinesou.

Robotizace již dnes nahrazuje zejména ty profese¹⁵⁷, které mají rutinní charakter a které jsou spojeny především s nízkými kvalifikačními nároky. Robotická zařízení mění charakter fyzické práce již od šedesátých let minulého století, ale až v posledních letech přestaly nahrazovat pouze monotónní fyzickou práci a staly se součástí pracovních kolektivů. V počátcích je tak aktivnější forma spolupráce člověka a robota, která vyvolá určité změny v nárocích nejen na tvrdé, ale i na tzv. měkké dovednosti.

Automatizace sníží i potřebu kvalifikovaných pracovníků vykonávajících některé nerutinní činnosti, pokud lze tyto činnosti algoritmovat a standardizovat. Často se možnost algoritmování a standardizace určitých činností mění s tím, jak se zdokonalují a zlevňují komunikační, výpočetní, kybernetické a automatizační techniky (např. zdokonalené senzory, schopnost počítače reagovat na mluvené slovo, možnost sběru a vyhodnocování velkého množství dat pro určení škály možných reakcí a jejich kombinací atd.).

Vývoj nových obchodních modelů vede k tomu, že firmy jsou schopny prostřednictvím propojených systémů více komunikovat se zákazníky, vtahovat je do procesu rozhodování a spoluurčování žádoucích parametrů výrobků. Výrobci budou také moci přímo komunikovat s konečnými uživateli a selektivně řešit jejich požadavky. Změna způsobu komunikace se zákazníky přinese úspory tradičních obchodních profesí (prodáváči, nákupčí) a povede ke zvýšení poptávky po profesích v oblasti ICT, kybernetiky a automatizace na podporu přímého napojení zákazníků, zpracování informací o zakázkách, uživatelích, apod., podpory zákaznické komunikace a vzdálených obchodně poradenských služeb, apod.

Z hlediska možného zavádění kyberneticko-robotických systémů jsou technikou nejméně nahraditelné ty profesní činnosti, které vyžadují vysoké kvalifikace, tvůrčí invenci a empatii a také ty činnosti, které jsou spojeny s bezprostředním stykem s jiným člověkem a u kterých je stroj nebo virtuální zařízení vnímáno jako neadekvátní náhrada. V tomto druhém případě může jít jak o sociální, zdravotnické služby či volnočasové aktivity, tak o aktivity podnikatelského charakteru jako je management, poradenství, vyjednávání o parametrech individualizovaných produktů, apod.

¹⁵⁵ Rotman, D.: How Technology is Destroying Jobs. MIT Technology Review, 2013.

¹⁵⁶ Frey, C.B., Osborne, M.A. The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation.

¹⁵⁷ Frey, C. B.; Osborne M. The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation. 2013, http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf.

Pravděpodobností ohrožení jednotlivých profesí digitalizací se v zahraničí zabývaly některé studie, které vycházely z dat o vývoji na trhu práce v USA. Obdobná studie byla zpracovaná i v ČR¹⁵⁸ a snaží se kvantifikovat dopady digitalizace na změny v poptávce po skupinách profesí na základě aplikace koeficientů ohroženosti jednotlivých profesí odvozených od koeficientů zpracovaných pro skupiny profesí na trhu práce v USA. Studie konstatuje, že v průběhu následujících 15 - 20 let digitalizace povede k většímu úbytku pracovních míst než k vytvoření nových pracovních míst. Jako nejohroženější profese byly podle trojmístného ISCO kódu identifikovány „úředníci pro zpracování číselných údajů“, „všeobecní administrativní pracovníci“ a „řidiči motocyklů a automobilů (kromě nákladních), tedy profese vyžadující střední až nízkou úroveň kvalifikace. Naopak jako profese s nejnižším indexem ohrožení profese, jejichž výkon je spojen s vyššími až vysokými kvalifikačními nároky byly identifikovány profese: „řídící pracovníci v maloobchodě a velkoobchodě“, „lékaři (kromě zubních lékařů)“, „všeobecné sestry a porodní asistentky se specializací“. Přehled dvaceti profesí s nejvyšším a nejnižším indexem ohrožení digitalizací je uveden v Tabulka 4 a Tabulka 5 v Příloze ke kapitole 8. Při interpretaci výsledků je třeba vzít v úvahu nejen to, že jsou zde aplikovány koeficienty odvozené z trhu práce USA, ale že jsou zahrnuty pouze úzce pojaté projevy digitalizace. I sami autoři konstatují, že studii je třeba brát pouze jako podklad pro diskuzi. V další diskusi a zejména hlubších výzkumech bude třeba vzít v úvahu nejen předpokládané rozdíly v nárocích na výkon jednotlivých profesí v USA a v ČR, ale i vliv celé škály dalších faktorů, které budou v podmínkách českého trhu práce hrát roli.

Přestože je zřejmé, že robotizace bude mít významný dopad na úspory pracovních míst, je třeba mít na zřeteli, že tento dopad bude rozložený v čase, a i když vývoj robotů jde rychle kupředu, v několika nejbližších letech nelze očekávat jejich masové rozšíření. Naopak v současné době zaměstnavatelé stále pociťují nedostatek pracovníků pro obsazení zejména technických pozic a tento nedostatek bude zřejmě přetrvávat i v několika následujících nejbližších letech. Proti trendu robotizace působí v ČR i mzdová hladina, která je oproti vyspělým zemím v ČR stále relativně nízká.

Kromě vlivu robotizace na tvorbu pracovních příležitostí je nutno vzít v úvahu také vlivy, které ovlivňují nabídku, respektive dostupnost pracovní síly, a to jak z hlediska počtu, tak požadovaných úrovní a oborového zaměření kvalifikace. Stárnutí populace představuje v ČR fenomén, který ovlivní rozsah i strukturu pracovní síly v následujících letech poměrně výrazně. Podle demografické projekce zpracované ČSÚ poklesne podle střední varianty celkový počet obyvatel v roce 2030 o cca 109 tisíc osob oproti stavu v roce 2012, v produktivním věku (15-64 let) dokonce o 706 tisíc. To podstatným způsobem sníží dostupnost pracovní síly a technologický pokrok bude představovat významnou možnost náhrady chybějící pracovní síly. Zvyšování průměrného věku pracovní síly je spojeno se snižujícími se fyzickými schopnostmi pracovníků a nutností přizpůsobovat pracovní prostředí tomuto faktu. I v tomto případě sehrává technologický pokrok významnou roli. Tyto skutečnosti umožňují chápat technologický pokrok nejen jako faktor vytěsňující lidi z trhu práce, ale i jako faktor nahrazující snižující se dostupnost pracovní síly z důvodu nepříznivého demografického vývoje.

8.2.3. Vznik nových pracovních příležitostí

Nové pracovní příležitosti v ICT profesích a v rozvoji zařízení a systémů nové generace

Jak je již v ekonomice i v celé společnosti výrazně patrné, technologie a procesy se rozšířily do všech sfér lidských aktivit a lze očekávat, že tento trend bude pokračovat se silící měrou. Rychlý růst a rozšíření poptávky po řešeních v rámci koncepce Průmysl 4.0 ve všech sektorech ekonomiky povede k rozvoji bezpočtu speciálních a unikátních aplikací, které budou vyžadovat nejrozumnější technologická řešení. Výrazně se bude dále rozšiřovat poptávka po zákaznických řešeních na míru, která už nyní vyvolává nutnost vývoje aplikačních modulů, z nichž je možné zákaznická řešení poskládat při snížení

¹⁵⁸ Chmelař, A. a kol.: Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU

pracnosti a nákladovosti na individuální řešení na straně dodavatele. Tento trend umožní ve větší míře uplatnění i menších firem, které byly často dodavateli globálních společností nebo se „živily“ v mezerách na trhu, protože jim usnadní jejich konkurenceschopnost. Sektor ICT je ve vyspělých zemích dynamickou lání malých progresivních firem. Např. v Německu dosahuje míra zakládání start-upů v tomto sektoru 7,2 %¹⁵⁹, což je násobně více než v jiných sektorech. Tento trend předpokládá, aby se i u ICT odborníků rozvinuly ve větší míře dovednosti v oblasti obchodování, odbytu a marketingu.

S tím, jak se informační, komunikační a kybernetické techniky rozšířily a dále budou šířit do všech oblastí ekonomiky a života společnosti vůbec a při nesteré užívatelské úrovni schopností tyto technologie používat a ovládat, budou stále ve větší míře kladeny požadavky na tvůrce všech systémů, aby zajistili užívatelské pohodlí, intuitivnost ovládání a bezpečnost těchto technologií. Důležitá je stabilita všech systémů a jejich automatické fungování. Snadná ovladatelnost, užívatelské pohodlí a „neviditelné“ vlastnosti jsou hlavními faktory, které musí dodavatelé moderních řešení přinášet, aby je mohli používat lidé na všech stupních užívatelských dovedností, včetně těch nejnižších. Z hlediska profesních požadavků to klade nároky zejména na profese designérů/architektů řešení a testovací pracovníky, kteří mají za úkol najít řešení přemostující či propojující svět technických řešení a svět často i málo zasvěcených uživatelů. Pochopit a přenést užívatelské potřeby v jednotlivých sektorech ekonomiky (znalost sektorového kontextu) do řešení Průmyslu 4.0 bude stále výraznějším úkolem jeho pracovníků. Vývojáři a analytici obchodních řešení s excelentní znalostí fungování specifického prostředí, v němž budou aplikace pracovat, jsou výrazně nedostatkovými profesemi, jejichž rapidně rostoucí potřebu je třeba naplnit. Jde o znalosti z oborů fungování technické infrastruktury, bankovníctví a telekomunikací atd. Jde o profese vysoce kvalifikované většinou netechnického charakteru nebo jen s nepříliš specifickým technickým základem a důrazem na obchod či podnikání, meziborové znalosti a prozákaznický orientované dovednosti. Rovněž poroste poptávka po systémových integrátorech vyvíjejících a zajišťujících propojení systémů, aplikací a datových úložišť podle potřeb uživatelů a po integrátorech ICT a znalostních služeb různých poskytovatelů.

Práce s rozsáhlými soubory dat (Big Data) je velmi náročná na kvalifikovanou pracovní sílu. V současné době již začínají vznikat specializované profese odborníků, kteří zajišťují sběr, uchovávání a přenos dat, a zejména odborníků zaměřených na analýzu a transformaci dat do aplikací využitelných ve výrobě i službách. Poptávka po těchto odbornících se bude stále zvyšovat a strukturovat tak, jak budou vznikat nové možnosti využití rozsáhlých souborů dat. Stále více bude vyžadována mezisektorová analýza umožňující využívání dat z jedné oblasti pro aplikace v oblasti jiné.

Zvýšená pozornost bude věnována i otázkám bezpečnosti jak uchovávání, tak přenosu dat včetně jejich šifrování. Otázkám počítačové bezpečnosti, ale i systémové globální bezpečnosti související s celkovou architekturou, komunikačními pravidly a schopností systémů inteligentního vyhodnocování komunikovaných dat, se budou věnovat vysoce kvalifikované, dostatečně personálně vybavené týmy. Specialisté na kybernetickou bezpečnost budou třeba nejen v týmech navrhujících globální systémovou architekturu podnikových systémů apod., ale i v týmech u uživatelů těchto produktů a systémů. Na užívatelské úrovni půjde o ochranu průmyslových systémů, bezpečnost kritických infrastruktur, vyhodnocování a řízení rizik, schopnost řešit krizové situace poruch či napadení počítačových systémů.

¹⁵⁹ Monitoring Report: Digital Economy 2014, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, Germany.

Nové pracovní příležitosti v ostatních profesích

Nové pracovní příležitosti budou vytvářeny i v samotném průmyslu. Podle studie, která se zabývala odhady dopadu Průmyslu 4.0 na zpracovatelský průmysl v Německu¹⁶⁰, se v tomto odvětví zvýší zaměstnanost v budoucích 10 letech poměrně výrazně. Nejrychlejší růst (až 0,9 % ročně) se logicky očekává ve strojírenství, které je producentem výrobních zařízení nové generace pro všechna uživatelská odvětví. Vyvolá to výraznou poptávku po nových profesích, které budou propojovat strojní inženýrství se znalostmi elektroniky, kybernetiky a informatiky. Vedle specialistů na mechatroniku a robotiku to jsou zejména návrháři a konstruktéři vestavěných systémů, které budou součástí inteligentních strojů, návrháři a konstruktéři aplikací řízení v reálném čase, apod.

Využívání nových zařízení vyvolá samozřejmě také vznik profesí, které se budou starat o jejich údržbu a seřizování, o údržbu a aktualizaci softwaru atd. Na druhé straně v odvětvích, která jsou již v pokročilé fázi zavádění robotizace, bude růst zaměstnanosti buď nevýrazný (typickým příkladem je např. automobilový průmysl), nebo bude docházet k uvolňování pracovních sil (to se předpokládá zejména v odvětvích lehkého průmyslu).

Zvýšení intenzity rutinních operací v rámci tradičních výrobních postupů v důsledku robotizace a komputelizace vyvolá doplňkové rozšíření vysoce kvalifikovaných činností a zaměstnanosti v kvalifikovaných profesích v rámci tradičních oborů. Toto rozšíření je spojeno s podstatným zvýšením produktivity práce v nízké a středně kvalifikovaných etapách výroby/služeb, což umožní věnovat více prostředků i času na posílení vysoce kvalifikovaných činností předvýrobního i povýrobního typu (výzkum a vývoj, technická podpora zákazníků, vyhodnocování potřeb zákazníků atd.).

Technologické změny umožní individualizaci produktů a služeb, která si vyžádá rozšíření takových profesí, které budou jednat se zákazníky, spotřebiteli produktů a služeb, budou se podílet na finálním designu a složení produktu vyhovující individuálním potřebám spotřebitelů. Tato individualizace vyvolá také zvýšenou poptávku po poradenských činnostech. Individuální využívání např. 3D tiskáren, které umožní jednotlivým uživatelům samostatné navrhování a vyrábění určitých produktů, bude vyžadovat určitou formu poradenství. Lze proto očekávat rozšíření tzv. after sale podpory, tj. technicko-poradenských služeb v souvislosti s prodejem určitého produktu. Z důvodu zesilující konkurence na trzích lze očekávat i zvýšenou poptávku po manažerech a prodejních specialistech, po profesích spojených s vyhledáváním nových tržních příležitostí, po procesních inženýrech, kteří postupně nahradí řemeslníky. Lze očekávat také zvýšenou poptávku ze strany rozvíjejícího se tzv. kreativního průmyslu, průmyslu zaměřeného na design, který bude v prodejní úspěšnosti hrát stále větší roli.

Předpoklad individualizace produktů, produktů „šitých na míru“ určité skupině zákazníků je spojeno s flexibilními výrobními systémy, s možnostmi jejich rekonfigurace, přenastavení, které vyvolá poptávku po středně až vysoce kvalifikovaných pracovnících. Tito pracovníci budou žádáni i v případě všech vysoce automatizovaných velkosériových výrob, neboť žádný systém nefunguje dlouhodobě bez závad. Budou proto muset být přítomni pracovníci schopni závady odhalit a odpovídajícím způsobem napravit. Rozvoj podpůrných technologií a procesů přispěje k tvorbě nových pracovních příležitostí pro středně náročné kvalifikace.

Zavádění nových technologií bude mít nejen bezprostřední dopad, ale může vyvolat i sekundární pozitivní vlivy na trh práce. Lze předpokládat, že nárůst efektivnosti u většiny výrob povede ke snížení cen dané produkce a tím k růstu reálných mezd a příjmů. To umožní zvýšení poptávky po

¹⁶⁰ Boston Consulting Group study

https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/

stávajících produktech nebo jiných produktech, ať již nově vzniklých nebo kvalitnějších, a povede k rozšíření či vzniku nových výrobních/tržních služeb a tedy i k tvorbě nových pracovních příležitostí¹⁶¹.

Nové pracovní příležitosti budou vytvářeny také v důsledku reshoringu – návratu výroby ze zemí s levnou pracovní silou zpět do Evropy, který je ovlivněn zejména změnou v nárocích na počet a kvalifikaci pracovní síly vyvolanou zaváděním nových technologií. Dalším aspektem podporujícím tento proces je blízkost koncovým zákazníkům umožňující rychlou reakci na jejich požadavky a zvyšující se význam dopravních nákladů v celkových nákladech vzhledem k tomu, že ceny technologií a elektřiny jsou/budou srovnatelné pro všechny hlavní konkurenty a význam mzdových nákladů bude klesat.

Jak bylo zmíněno evropskou komisařkou pro vnitřní trh, průmysl, podnikání a malé a střední podniky Elzbieta Bienkowskou na konferenci v červnu 2015 k průmyslu 4.0, stírají se hranice mezi průmyslem a službami, dochází k tzv. „servitizaci“ ekonomiky a společnosti. Pracovní síly se budou postupně přemisťovat do odvětví služeb spojených s užíváním určitých produktů.

Stále významnější bude oblast činností označovaná jako „welfare technologies“, vytvářející nová místa navázaná na sektor zdravotních a sociálních služeb. To zahrnuje rozvoj specifických komunikačních technologií (monitorování a informování pacientů či osob v péči, jejich sociální sítě), kompenzační a asistivní technologie (včetně bezpečnostních systémů, kognitivní výcvik aj.), pomoc v každodenních úkonech, monitorování a pomoc na dálku.¹⁶² Již nyní zde vznikají nové profese propojením znalostí technických oborů s obory medicínskými, jako jsou např. biomechanik, bioinformatik či inženýr asistivních systémů. Tyto procesy se budou dále prohlubovat a přinesou vznik dalších profesních specializací.

Rozšíření pracovních příležitostí v dosud nesaturovaných společenských službách

S růstem ekonomické vyspělosti, zvyšování životní úrovně, demografickými a sociálními změnami se v budoucnu očekává rozvoj pracovních míst v oblasti zdravotnických, sociálních a celé škály dalších služeb. V tomto ohledu má Česká republika velké rezervy. Uvolněné pracovní síly v důsledku robotizace a kybernetizace ekonomiky proto mohou být nasměrovány do služeb zaměřených na společenské potřeby, po nichž bude prokazatelně rostoucí poptávka, a to jak služeb hrazených z veřejných, tak ze soukromých zdrojů.

Podle demografické projekce ČSÚ bude v roce 2030 počet osob starších než 80 let 289 tisíc, což je více než dvojnásobek počtu v roce 2013. Stoupne zřejmě i poptávka po službách zaměřených na malé děti či handicapované občany, po personálních službách, službách spojených s volnočasovými aktivitami, ale i s osobnostním rozvojem, vzděláváním. Saturace těmito službami je v ČR výrazně pod úrovní vyspělých zemí. Podíl zaměstnaných např. v kulturních, rekreačních a sportovních činnostech je v ČR zhruba o čtvrtinu nižší než ve vyspělých zemích EU¹⁶³, ve zdravotnictví a sociálních službách dokonce o dvě pětiny.

Další výrazný prostor pro realokaci uvolňovaných pracovních sil je v oblasti ochrany životního prostředí, kde tlak na zlepšování jeho kvality povede ke vzniku pracovních míst jak ve veřejném sektoru, tak i v podnicích. Rozsah těchto pracovních příležitostí lze zatím obtížně odhadovat, je však možno vyjmenovat alespoň několik příkladů. V podnikové sféře se zvýší poptávka po odbornících specializovaných na vliv podnikových aktivit na čistotu ovzduší, vody, produkci odpadu apod. Tito specialisté budou zodpovědní za takové nastavení využívaných technologických procesů, aby byly

¹⁶¹ Viz např. studie Frey, C. B.; Osborne, M. The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation. 2013.

¹⁶² OECD 2012. Re-thinking elderly care: realising the potentials of new welfare technologies and user-driven innovation.

¹⁶³ Eurostat: Database, Employment by detailed economic activity

eliminovány negativní dopady na jednotlivé složky životního prostředí. Lze očekávat i zvýšenou poptávku po pracovních zajišťujících technologie a jejich provoz při recyklaci komunálního odpadu, jejíž rozsah bude muset být v souladu s novými směnicemi EU oproti současnému stavu několikanásobně větší. Rovněž v souvislosti s probíhajícími klimatickými změnami bude nezbytné posílit aktivity vedoucí k zadržování vody, budování vodních nádrží a celkově k hospodaření s vodou, včetně jejího čištění a recyklace. To bude spojeno se vznikem pracovních příležitostí nejen v oblasti vodního hospodářství ale i utváření krajiny, apod.

Stejně jako pronikání automatizace do jednotlivých ekonomických činností, i její pronikání do fungování měst bude mít obousměrné efekty. Zavádění prvků tzv. smart cities povede na jedné straně k úspoře pracovních sil v důsledku např. automatizace a optimalizace dopravní obsluhy či svozu a likvidaci odpadů apod., na druhé straně budou vznikat nové pracovní příležitosti například při vyhodnocování a údržbě detekčních systémů města, zajišťování stoprocentní recyklace, rozšíření volnočasových prostor a zařízení, zlepšování životního prostředí apod. Rozsah a rychlost zavádění principů smart city a zejména realizace aktivit, které by mohly přinést nová pracovní místa, bude velmi záviset na rozpočtech měst a na tom, zda města nebudou muset řešit jiné priority, jako např. sociální problémy vyloučených lokalit apod.

Je zřejmé, že prostor pro rozšiřování pracovních příležitostí ve službách veřejného sektoru, které by mohly být náhradou za zaniklá pracovní místa, je podmíněn dostatkem finančních zdrojů ve veřejných rozpočtech.

8.2.4. Možné vlivy polarizace trhu práce a příjmová diferenciac

Jaké bude mít automatizace a automatizace dopady na diferenciaci pracovních míst a příjmů, lze zatím odhadovat jen přibližně. Některé tendence, které se začaly projevovat ve vyspělých zemích, ukazují, že automatizace může vést k polarizaci trhu práce, a to nejen z hlediska poptávky po kvalifikacích, ale i z hlediska mzdového. Poptávka se může koncentrovat do krajních kvalifikačních nároků, tedy do poptávky po nízkých kvalifikacích a poptávky po vysokých odborných kvalifikacích. Tuto polarizaci lze znázornit rozdělením poptávky ve tvaru stále se zvyšujícího a rozevírajícího písmene U, kdy nejčteněji budou zastoupeny profese na obou krajních stranách kvalifikační škály. Tato tendence se začala projevovat již např. na americkém trhu práce¹⁶⁴, jak však upozorňují jiní autoři¹⁶⁵, je typická spíše pro „non-regulated economies“, nikoliv například pro ekonomiku Skandinávie či Nizozemska.

Uvolňování středně kvalifikovaných pracovníků a některých vysoce kvalifikovaných pracovníků z profesí, které je možné automatizovat nebo zastávat s menším počtem pracovníků, do profesí nízko kvalifikovaných, může vést i ke mzdové polarizaci, ke slábnutí střední třídy, která představuje určitý stabilizační prvek společnosti. Tato tendence může být posilována i přechodem středně kvalifikované pracovní síly do středně kvalifikovaných pracovních pozic vytvořených v sektoru služeb, které jsou však obvykle spojeny s nižším mzdovým ohodnocením. K příjmovému propadu může dojít i u nízko kvalifikovaných pracovníků, kteří nebudou schopni uspět v konkurenci s kvalitnější a početnější nabídkou středně kvalifikované pracovní síly mnohem lépe připravené, a tudíž mnohem více flexibilní k výkonu jakéhokoliv povolání. Nízko kvalifikovaní tak budou moci nalézt uplatnění v ještě nižších či příležitostných pracích nebo mohou být vytlačeni zcela mimo trh práce.

Naopak zavádění ICT technologií má prokazatelně pozitivní dopady na mzdy kvalifikovaných profesí v rozvojových segmentech ekonomiky. Zejména nově vznikající profese se budou těšit nadprůměrné

¹⁶⁴ např. Frey a Osborne 2013

¹⁶⁵ Hall, P.; Soskice D. Varieties of Capitalism: The Institutional Foundations of Comparative Advantage. Oxford: Oxford University Press. 2001.

mzdové prémii, neboť rychlost jejich rozvoje a poptávka po nich bude, tak jako v minulosti, převyšovat nabídku.

Bude důležité rychle reagovat na trendy atrofie středně kvalifikovaných činností v daných oborech tím, že se vytvoří prostředí neustálého doplňování kvalifikace. To by umožnilo zaměstnaným v těchto profesích držet krok s technickými změnami a alespoň části z nich by to umožnilo posunout se v rámci daného oboru vzhůru na kvalifikačním žebříčku, tj. získat nové znalosti a dovednosti informačních, komunikačních, kybernetických a automatizačních technologií a umět je zkombinovat s tradičními znalostmi v oboru. To by působilo nejen ve směru snižování nezaměstnanosti, ale i ke zmírnění příjmové polarizace. Vhodným způsobem zvyšování kvalifikace je princip uznávání výsledků neformálního učení, který umožňuje rychlejší změny kvalifikací na rozdíl od formálního (tedy institucionálního) vzdělávání – tj. využití Národní soustavy kvalifikací a principů zákona č. 179/2006 Sb.

Intenzivnímu doškolování bude třeba věnovat velkou pozornost, neboť zrychlování technologických změn přinese také rychlejší změny ve struktuře ekonomických aktivit a tudíž i rychlejší změny v poptávce po profesích. Zvyšuje se tak možnost strukturálních nesouladů mezi nabídkou a poptávkou po pracovní síle určitého zaměření a kvality a tím se může zvyšovat i úroveň přirozené míry nezaměstnanosti.

Některé studie upozorňují rovněž na to, že automatizace a robotizace vedoucí k náhradě pracovních sil se projevuje ve snižování podílu mezd na HDP, zatímco růst kapitálových zisků je rychlejší než HDP. Vedle toho lze na datech posledních několika dekád pozorovat rychlejší pokles mezd před poklesem sociálních dávek, jejichž podíl se na celkových příjmech domácností zvyšuje. Tyto trendy a jejich dopady je třeba do hloubky analyzovat, neboť jejich opomíjení by mohlo mít nejen nepříznivé sociální konotace, ale také vyvolat napětí ve veřejných financích a ve financování sociálních systémů.

8.3. Klíčová témata

Nástup čtvrté průmyslové revoluce a s tím spojené změny v zaměstnanosti jsou nevyhnutelné, je proto třeba se na ně dobře a včas připravit. Aby při restrukturalizačních procesech a změnách vyvolaných novými trendy průmyslu 4.0 nedocházelo ke snížení využití lidských zdrojů společnosti jako celku a k sociálně nepříznivým dopadům, ale naopak, aby tyto procesy byly příležitostí pro zvýšení efektivity zaměstnanosti a zlepšování kvality života, bude nutno reagovat adekvátním způsobem v oblasti celoživotního vzdělávání, politiky trhu práce, sociální politiky a v dalších oblastech.

Změny v poptávce po pracovních silách budou ovlivněny celou řadou faktorů, jejichž poznání musí být věnována náležitá pozornost, aby bylo možné odpovídajícím způsobem zaměřit příslušné politiky. To bude klást velké nároky na analytickou činnost, která bude zaměřena zejména na mapování očekávaných vlivů pronikání automatizace, komputelizace a kybernetizace do jednotlivých ekonomických činností. Základem pro analýzu dopadů těchto procesů na trh práce a sociální situaci musí být zpracované scénáře specifické pro české prostředí, které budou hledat odpovědi na tyto základní otázky:

- Ve kterých oblastech vzniknou a zaniknou pracovní místa a jak zajistit udržení dlouhodobě vysoké míry zaměstnanosti?
- Jaké budou požadavky na znalosti a dovednosti?
- Jak a kde budou tyto znalosti a dovednosti získávány?
- Jakým způsobem zvyšovat pracovní a profesní flexibilitu při zajištění odpovídajících mezd a rovného přístupu k výhodám přiměřené sociální záchrané sítě a sociálního pojištění?

- Jaké změny bude nezbytné udělat ve vzdělávací politice, politice zaměstnanosti a sociální politice a v legislativě upravující tyto oblasti?

Vedle těchto analýz faktorů a možností budoucího vývoje bude nezbytné, aby byly stále sledovány a vyhodnocovány reálně probíhající změny na trhu práce a aby na tyto změny bylo pružně reagováno připravenými nástroji aktivní politiky zaměstnanosti.

Na procesy uvolňování pracovní síly v důsledku zavádění automatizace a ICT technologií by měla reagovat politika zaměstnanosti ve dvou směrech. Jednak bude třeba podporovat poptávku po pracovní síle a tvorbu nových pracovních příležitostí mimo jiné i tím, že se budou snižovat celkové náklady na pracovní sílu. Cestou řešení snižování nákladů na pracovní sílu je zmenšení daňového klínu, kdy jde o snižování zdanění mezd a snižování parařiskálu, tj. odvodů na sociální a další pojištění. S ohledem na rostoucí výdaje SR na fungování penzijního systému, zdravotnictví, školství atd. bude tento úkol vyžadovat nové nastavení politik a jejich vzájemné provázání s fiskální politikou, která bude muset nacházet nové zdroje fiskálních příjmů, aby byl pokryt výpadek v důsledku snížení daňového klínu (např. zdanění spotřeby, nemovitostí, zdanění finančních transakcí, snížení daňových úniků,...).

Dále bude nezbytné, aby politika zaměstnanosti v daleko intenzivnější míře podporovala flexibilní vyhledání nového pracovního uplatnění, zajišťovala rekvalifikace a průběžný rozvoj lidského kapitálu a vytvořila pružné prostředí na trhu práce. Na stát budou kladeny zvyšující se požadavky na doplnění pracovních míst místy společensky účelnými, která nabídnou zejména první pracovní příležitost osobám nově vstupujícím na trh práce. Analýzy bude nutné zaměřit i na možnosti nového uplatnění uvolňovaných pracovníků z jiných odvětví v oblasti služeb, jejichž společenská potřeba není ještě saturována, jako jsou sociální služby, zdravotnictví, vzdělávání, služby volného času a zvyšování kvality života, ochrany životního prostředí apod. Je třeba hledat odpovědi na otázky, jaký je prostor v těchto službách, jaký počet pracovníků lze zde zaměstnat, aby ČR dosáhla úrovně špičkové obslužnosti těmito službami, srovnatelné s vyspělými zeměmi, jaké by byly fiskální dopady rozšíření těchto služeb, které jsou nyní hrazeny ze státního rozpočtu nebo z jiných veřejných zdrojů (zdravotní pojištění, ...) atd.

Zrychlení procesů změn v nabídce pracovních příležitostí, profesních struktur, rostoucí flexibilizace pracovního času, úvazků, apod. bude klást nároky taková opatření politiky zaměstnanosti, která tyto procesy usnadní, dynamizují a zamezí tím tvorbě vysoké strukturální nezaměstnanosti. Na druhé straně však musí být vytvořeny přiměřené podmínky pro všechny kategorie pracujících, aby nedocházelo k nezdravé polarizaci trhu práce i sociálních struktur. Bude proto nezbytné rozpracovat principy flexicurity včetně adekvátních opatření reagujících na nové trendy průmyslu 4.0. Vzhledem k tomu, že sebezaměstnanost a podnikání budou stále častější formou pracovního uplatnění ve stále širší škále činností a profesí, měla by kromě rozšíření možností příslušného vzdělávání být nastavena jejich podpora i formou daňových opatření, poradenství a záchranným systémem, který by snížil podnikatelské riziko při startu podnikání, atd.

Uvolňovaná, ale i stávající pracovní síla bude muset mít možnost doplňovat si průběžně chybějící znalosti a dovednosti, požadované novými pracovními místy a změnami ve výkonu profesí. Rozhodujícími budou zejména ICT dovednosti na různých úrovních propojené s různými profesními specializacemi. Vedle toho stále půjde i o klasické profesní rekvalifikace a o rozvoj obecných dovedností, jako je kreativita, podnikatelské dovednosti a schopnost spolupracovat s ostatními profesemi a zákazníky. Systém dalšího vzdělávání by proto měl být připraven na různorodé formy a nástroje přizpůsobené potřebám i úzkých skupin klientů různého profesního zaměření, různých úrovní dovedností a různého věku. Bude to vyžadovat nové metody a přístupy, včetně značného rozvoje e-learningu. Daleko větší roli by měly převzít univerzity, jejichž potenciál je v systému dalšího vzdělávání zatím velmi málo využit. Různorodost vzdělávacích potřeb a tudíž i výstupů z různých vzdělávacích aktivit včetně neformálního učení si pak vyžádá rozvinutý systém hodnocení a uznávání vzdělávacích výstupů, aby byla zajištěna průchodnost a návaznost různých vzdělávacích cest, která by

uspokojovala jak zaměstnavatele, tak samotné frekventanty. Bude také třeba posílit zapojení podniků při rekvalifikacích a při průběžném doškolování vlastních pracovníků a jejich účast při zabezpečování počátečního profesního vzdělávání cestou užší spolupráce se středními i vysokými školami. Současně bude třeba také zvýšit odpovědnost jednotlivců za svou pracovní a vzdělávací kariéru a rozvoj vlastního lidského kapitálu.

Všechna výše uvedená témata, která jsou průsečíkem požadavků průmyslu 4.0 a očekávaných změn na trhu práce, doplněná o další možná témata, která vyplynou z následných podrobnějších analýz, představují velkou výzvu pro příslušná ministerstva, zaměstnavatele, sociální partnery a ostatní zainteresované instituce, aby společně diskutovali a hledali shodu nad možnými opatřeními. Výchozí bodem pro diskuse týkající se zaměstnanosti musí být podložená a rozpracovaná představa Ministerstva práce a sociálních věcí. Inspirativní v tomto směru je např. iniciativa Federálního ministerstva práce SRN, které zpracovalo koncepční dokument Práce 4.0 v podobě tzv. zelené knihy.

8.4. SWOT analýza

Silné stránky

- Dlouhá tradice průmyslové výroby, solidní technické schopnosti a vyspělost zaměstnanců - tyto atributy vytvářejí dobré předpoklady pro vstřebání a aplikaci konceptu Průmysl 4.0.
- Rychlý růst zaměstnanosti v sektoru ICT služeb - ČR se v posledních pěti letech zařadila mezi země s nejrychlejší tvorbou pracovních míst a růstem zaměstnanosti v technologických sektorech, což svědčí o schopnosti rychle vstřebávat nové technologie. Rovněž nastavení mezd se stává příznivým pro přilákání nových talentů do profesí tolik potřebných pro Průmysl 4.0
- Kontinuální zlepšování úrovně kvalifikace pracovní síly ve prospěch podílu odborníků s terciárním vzděláním.
- Nízká míra nezaměstnanosti v evropském i světovém kontextu svědčící o dobré flexibilitě pracovní síly.
- Míra chudoby a sociálního vyloučení je v ČR zatím jedna z nejnižších v rámci vyspělých zemí. Je to relativně dobré východisko pro udržení sociálního smíru v podmínkách budoucích technologických a společenských změn. Tato rovnováha je však poměrně křehká.

Slabé stránky

- Poměrně velká dosavadní vázanost pracovních sil ve výrobních a profesních méně kvalifikačně náročných. Pracovní místa na nízké úrovni kvalifikace a pracovníci vykonávající rutinní činnosti budou postupně stále více ohroženi komputizací a automatizací zasahující do výroby i služeb, a to s důsledky do změn v sociálním postavení jednotlivců i celých profesních skupin.
- Malá připravenost politiky trhu práce a sociální politiky na řešení nových situací: Na rychlé změny na trhu práce v důsledku realizace Průmyslu 4.0 není dnešní politika trhu práce ani sociální politika připravena. To se týká jak programových nástrojů, tak kapacit a připravenosti jednotlivých příslušných a kompetentních institucí.
- Menší rozvinutost systému dalšího vzdělávání, nedostatečná angažovanost univerzit v rámci tohoto systému.
- Celospolečenská nepřipravenost na akceptaci čtvrté průmyslové revoluce: Aplikace Průmyslu 4.0 přinese zásadní změny v oblasti průmyslu a výroby. Neméně podstatné bude přehodnocení

sociálního statutu práce a změn dalších celospolečenských hodnot včetně etického a morálního rozměru všech těchto pohybů.

Příležitosti

- Vznik nových pracovních příležitostí ve vysoce kvalifikovaných nových profesích v průmyslu a v dalších sektorech.
- Zlepšení kvality a tvořivosti práce, pracovního prostředí a podmínek pro vlastní rozvoj pracovníků.
- Zlepšení podmínek pro sladění pracovního a osobního života a pro vyšší seberealizaci.
- Vytvoření vhodných podmínek pro realokaci pracovní síly do služeb zvyšujících kvalitu života a fungování společnosti - zejména do oborů sociálních, zdravotních, volnočasových a v ochraně životního prostředí.
- Vznik pracovních příležitostí při rozvoji nové organizace fungování měst „smart cities“.
- Vytvoření dostatečných finančních zdrojů pro realokaci uvolňovaných pracovníků do oblastí veřejných služeb, jejichž rozvoj je limitován stavem veřejných financí prostřednictvím změny ve fiskální a rozpočtové politice a uplatňováním principů spolupráce veřejného a soukromého sektoru.
- Zpružnění trhu práce rozšířením a zkvalitněním fungování úřadů práce a institucí služeb zaměstnanosti, zmodernizování nástrojů aktivní politiky zaměstnanosti s větším důrazem na rekvalifikace a doplňování kvalifikace tak, aby se pracovníci pružně přizpůsobovali novým pracovním nárokům a stále rychlejšími strukturálními změnám pracovních příležitostí.
- Nastavení sociální politiky – která by zamezila vzniku sociálních bariér a umožnila zvládnout možné trendy divergenci příjmů

Hrozby

- Nezvládnutí strukturálních změn na trhu práce: Rychlé změny v rozsahu a struktuře pracovních sil a v nárocích na jejich kvalifikaci mohou vyvolat problémy na trhu práce, zejména v případě nezvládnutí těchto procesů. Na tyto změny je třeba včas a prediktivně reagovat a připravit adekvátní nástroje v rámci politiky zaměstnanosti a sociální politiky.
- Systém vzdělávání, doškolování a rekvalifikací nebude schopen realizovat změny požadované implementací Průmyslu 4.0: Pokud se nepodaří zvýšit excelenci vzdělávacího systému s důrazem na znalosti a dovednosti nezbytné pro nové technologie a pro fungování moderního průmyslu a služeb, bude se prohlubovat strukturální nesoulad mezi existujícími a požadovanými znalostmi a dovednostmi pracovníků. To by vedlo k propadu ČR v hodnotových řetězcích, k odklonění kvalifikačně náročných investic jinam, k blokaci vzniku nových pracovních příležitostí za současné masivní ztráty pracovních míst v zastaralých provozech.
- Zanedbání sociálního a etického rozměru realizace Průmyslu 4.0 a ohrožení institutu práce bez vytvoření podmínek pro nové pracovní příležitosti by mohlo vést k sociální frustraci, k prohlubování rozdílů v příjmech a ke vzniku sociálních bariér různého typu.

8.5. Aktuální výzvy a jejich možná řešení

Pružnost trhu práce

- Poměrně velká dosavadní vázanost pracovních sil ve výrobních a profesních méně kvalifikačně náročných. Pracovní místa na nízké úrovni kvalifikace a pracovníci vykonávající rutinní činnosti budou postupně stále více ohroženi komputizací a automatizací zasahující do výroby i služeb, a to s důsledky do změn v sociálním postavení jednotlivců i celých profesních skupin.
- Vznik nových pracovních míst, pro která nebude na trhu práce dostatek odpovídajícím způsobem kvalifikovaných pracovních sil.

Možná řešení:

- Zvyšování pružnosti trhu práce, rozpracování principů flexicurity do systému opatření, která by podnítila žádoucí profesní a kvalifikační mobilitu při zajištění potřebných pracovních sociálních standardů.
- Podpora sebezaměstnání a podnikání a jejich medializace jako vhodného uplatnění pro kvalifikované, ale i další skupiny pracovníků, a rozšíření a zvýšení účinnosti vhodných nástrojů pro usnadnění startu podnikání jako je poradenství, koučování (zacílené granty, zvýhodněné půjčky, daňové odpisy, apod.)
- Zřízení platformy pro propojování nabídky talentů a poptávky po nich pro vytváření virtuálních a flexibilních týmů pracujících na bázi teleworkingu a telecommutingu.
- Posílení kapacit a zpružnění fungování poboček Úřadu práce, příprava a testování nových nástrojů aktivní politiky zaměstnanosti v návaznosti na charakter změn na trhu práce. Systematické vyhodnocování cílenosti a efektivnosti nástrojů APZ.
- Zavedení systému předvídání vývoje na trhu práce a kvalifikačních potřeb založeného na kvantitativních a kvalitativních metodách předvídání. Vývoj vhodných forem pro medializaci a zpřístupnění těchto informací uživatelům v oblasti veřejné správy, školám, zájemcům o studium, podnikům i široké veřejnosti.
- Zavedení systému pravidelného komplexního monitoringu nových pracovních míst a jeho využití.
- Posílení a zefektivnění poradenských služeb pro osoby, které hledají svou profesně vzdělávací dráhu nebo ji musejí/chtějí změnit (dospělí, studenti/žáci).

Sociální smír

- Malá připravenost politiky trhu práce a sociální politiky na řešení nových situací: Na rychlé změny na trhu práce v důsledku realizace Průmyslu 4.0 není dnešní politika trhu práce ani sociální politika připravena. To se týká jak programových nástrojů, tak kapacit a připravenosti jednotlivých příslušných a kompetentních institucí.
- Celospolečenská nepřipravenost na akceptaci čtvrté průmyslové revoluce: Aplikace Průmyslu 4.0 přinese zásadní změny v oblasti průmyslu a výroby i služeb. Neméně podstatné bude přehodnocení sociálního statutu práce a změn dalších celospolečenských hodnot včetně etického a morálního rozměru všech těchto pohybů.

Možná řešení:

- Využití výsledků monitorovacího systému a systému předvídání ke včasné identifikaci (a) profesí nejvíce ohrožených nástupem automatizace/robotizace, (b) profesí, pro které bude nejefektivnější rekvalifikovat uvolňované pracovníky, (c) nově vznikajících profesí, (d) změn v nárocích na znalosti a dovednost
- Zavedení monitoringu a vyhodnocování změn v charakteru pracovních úvazků a jejich možných dopadů na sociální jistoty pracovníků a nalezení způsobu vyváženého sociálního zajištění.
- Podpora tvorby pracovních míst snížením daňové zátěže práce, přičemž lze selektivně zvýhodnit zaměstnávání na pracovních místech nízké a středně kvalifikačně náročných ve službách, do kterých by se mohli přesouvat pracovníci z

profesí, které jsou nejvíce ohroženy.

Další vzdělávání a rekvalifikace

- Menší rozvinutost systému dalšího vzdělávání, nedostatečná angažovanost univerzit v rámci tohoto systému.

Možná řešení:

- Rozšíření a dynamizace systému dalšího vzdělávání, který by měl flexibilně reagovat na potřeby nových kvalifikací. Zavést přísnější parametry pro kvalitu dalšího vzdělávání, které je hrazeno nebo podporováno z veřejných zdrojů – zejména v rámci rekvalifikací či dotovaných kurzů u zaměstnavatelů. V rámci systému dalšího vzdělávání:
 - Co nejdříve spustit moderní vzdělávací a rekvalifikační programy na rozvoj digitální gramotnosti, jak pro celou populaci ve vazbě na rozvoj digitalizace veřejné správy a služeb, tak ve vazbě na potřeby Průmyslu 4.0 pro osoby zaměstnané, ohrožené ztrátou zaměstnání a nezaměstnané.
 - Příprava a včasné zajištění relevantních rekvalifikačních programů pro osoby uvolňované ze zanikajících profesí na profese identifikované jako vhodné pro tento typ pracovníků.
 - Efektivně propojit kariérové poradenství/bilanční diagnostiku s informacemi o předpokládaných vhodných profesích a požadovaných dovednostech s následnou zacílenou rekvalifikací.
- Stimulace vysokých škol, aby se staly důležitým prvkem systému dalšího vzdělávání a nabízely dostatečnou škálu kurzů pro doplnění znalostí nejen pro pracovníky v technických a ICT profesích, ale pro všechny typy kvalifikačně náročných profesí v uživatelských segmentech ekonomiky, které budou novými trendy ovlivněny. Kromě klasické podoby kurzů je také nutné podporovat vznik on-line kurzů typu MOOC, využívání moderních platforem jako jsou vzdělávací fóra, atd.
- Zajistit s použitím vhodných stimulačních nástrojů, aby další vzdělávání bylo zpřístupněno v daleko širší míře než dnes i sebezaměstnaným osobám či zaměstnaným s dílčími pracovními úvazky.

9. Vzdělávání

Prof. Ing. Michael Valášek, DrSc., Prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. hc.; Prof. RNDr. Jan Hajič, Dr.; PhDr. Miroslava Kopicová; Doc. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D.; Doc. Dr. Ing. Vlasta Radová; Ing. Miloš Rathauský; RNDr. Jana Straková, Ph.D.; prof. Ing. Petr Vavřín, DrSc.

Abychom obstáli nárokům na kvalifikace plynoucím z Průmyslu 4.0 jak v odvětvích, která vytvářejí nové technologie, tak v těch, která je využívají, bude nezbytné zásadně zkvalitnit celý vzdělávací systém. Kreativitu může úspěšně naučit jen kreativní učitel. Kvalita a dobré fungování vzdělávacího systému na všech úrovních budou kritickým faktorem úspěchu. Poznatky o Průmyslu 4.0 musejí proniknout do celé populace. To si vyžádá zavedení nových předmětů a studijních oborů. Poznatky potřebné pro výuku se získávají z výzkumu. Proto je třeba nejdříve financovat výzkum v oblasti Průmyslu 4.0.

9.1. Současný stav

Už dnes školní výuka nestačí současným nárokům na úroveň absolventů škol. Uplatnění Průmyslu 4.0 v celé společnosti vytvoří potřebu výuky nových znalostí a dovedností, neboť důsledky Průmyslu 4.0 se budou projevovat ve všech sférách života společnosti. Půjde nejen o to, že vzdělávání bude muset rychle reagovat na vznik nových profesí, ale půjde o podstatné změny v celkovém obsahu i formách vzdělávání na všech jeho úrovních. Pro školy, často rezistentní ke změnám, to je velká výzva. Budoucí vývoj Průmyslu 4.0 může mít různou dynamiku, ale oblast vzdělávání se musí připravit ihned, protože přizpůsobení má u vzdělávání dlouhé časové lhůty.

Potřebujeme motivované, podnikavé a kreativní absolventy škol, s kritickým myšlením, schopností řešit problémy a rozhodovat se. Úroveň dovedností žáků a studentů silně závisí na kvalitě učitelů. Postavení učitele bude naprosto zásadní! Je nezbytné získat pro učitelskou profesi nejlepší odborníky, dát jim dobrý plat a poskytnout jim kvalitní vzdělání.

Obecně se zvýší význam přenositelných dovedností, jako jsou schopnost pracovat s informacemi, vytvářet systémové koncepce, provádět analýzu a syntézu, řešit problémy, aplikovat matematické dovednosti, nacházet logické souvislosti, sociální dovednosti, atd. Důležité bude i pěstování postojů mladých lidí k aktivitě, samostatnosti, odpovědnosti, etickému chování, inovativnosti, dalšímu vzdělávání, apod. Nové možnosti dané novými technologiemi změní jistě i podobu obecných dovedností, příkladem může být schopnost řešit problémy spočívající méně v nacházení technického řešení, ale více v rozhodování na základě automatického vyhodnocování dat a schopnosti měnit konfiguraci těchto systémů. Správné využívání informačních technologií ve výuce bude mít dopad do organizace vzdělávacího procesu.

Všechny oblasti vzdělávání budou ovlivněny Průmyslem 4.0, ale z hlediska obsahu vzdělávání by měly být prioritně podporovány přírodní a technické obory z těchto důvodů:

- Struktura studentů absolventů je už nyní výrazně posunuta směrem k humanitním oborům a vytváří strukturální nesoulad s potřebami strategických odvětví.
- Také služby se tvoří a budou tvořit návazně na exaktní obory (technické, zdravotnické apod.).
- Studium bude muset poskytovat komplexnější základ, často v kombinaci s poznatky ze sociálních a humanitních oborů.

Rozhodující složkou této podpory by měla být motivace mladých lidí ke studiu technických a přírodovědných oborů. Tyto obory, ještě před 50 lety pro mladou generaci přirozeně a spontánně přitažlivé, tuto přitažlivost mezitím ztratily. Kromě jiného se na tom podílela i absence podpory pro popularizaci věd a techniky, pro mimoškolní aktivity typu studentských olympiád a ještě širších

programů. Přitom právě Průmysl 4.0 – jak opakovaně zdůrazňujeme – bude potřebovat techniky a vědce kreativní a samostatné, to znamená skutečně a vnitřně motivované. Nápravu nemohou zjednat jen samostatná organizační opatření, ale ani pouhá finanční či jiná vnější motivace.

I když je studium technických a přírodovědných oborů náročné, dává ucelený základ pro širokou škálu pracovních příležitostí na pomezí různých disciplín. Tento ucelený základ nelze vstřebat jindy než v rámci počátečního systematického studia, na které je pak možné navazovat praxí či samostatným studiem. U sociálních a humanitních oborů tento fundament není tak zásadní (nicméně – dobrého konstruktéra lze přeškolit na velmi úspěšného marketingového pracovníka, obráceně to bez znalostí technických základů udělat nelze).

Digitální technologie mění způsob, jak získáváme informace, jak vytváříme sociální vazby, jak pracujeme či komunikujeme. Současná mladá generace se setkává s digitálními technologiemi od raného věku. Školy toho musí využít a na tyto základy navazovat a dále je rozvíjet. Je třeba také dále prohlubovat schopnost pracovat v cizích jazycích a zlepšovat jazykovou výuku.

Solidní znalostní základ stojí pro většinu oborů na znalostech matematiky, která rozvíjí logické myšlení. Je zásadní správně matematiku učit a pěstovat v dětech pozitivní vztah k přírodovědným a technickým oborům. Pokud se nepodaří podchytit zájem studentů o tyto disciplíny na základní či střední škole, uzavírají se jim některé v budoucnu velmi perspektivní další vzdělávací cesty. Většina studentů na úrovni ZŠ či SŠ při tom může matematiku zvládnout.

Rychlý rozvoj moderních technologií a tlak na inovace přirostl boj o talenty. Nelze připustit ztrátu žádného talentu z důvodu nerovných šancí ve vzdělávání ovlivněných sociálním prostředím. I v ČR se péči o talentované mladé lidi musí věnovat zvýšená pozornost, vytvářet podmínky pro jejich vyhledávání a rozvoj, ale i získávání nadaných studentů, inženýrů a vědců ze zahraničí.

9.1.1. Současná situace v regionálním školství

Český systém regionálního školství se vyznačuje ve srovnání s vyspělými zeměmi průměrnými až nadprůměrnými výsledky v mezinárodně sledovaných oblastech (čtenářská gramotnost, matematika, přírodní vědy a řešení problémů v prostředí informačních technologií). Při retrospektivním pohledu můžeme konstatovat určité výkyvy a dlouhodobé vyrovnávání výsledků v matematice a čtenářské gramotnosti, kdy dochází k relativnímu zhoršování výsledků v matematice a relativnímu zlepšování čtenářských dovedností. Výsledky v přírodních vědách jsou v mezinárodním srovnání spíše nadprůměrné. Velmi dobré jsou rovněž výsledky v řešení problémů v prostředí informačních technologií. Tyto trendy jsou charakteristické pro celý vzdělávací systém a potvrzují je rovněž zjištění v populaci dospělých¹⁶⁶.

Systém se dále vyznačuje vysokými a rostoucími rozdíly ve složení a výsledcích žáků jednotlivých škol a jednotlivých typů škol a silnou vazbou mezi rodinným zázemím a výsledky vzdělávání. Z hlediska struktury systému je typická vysoká diferenciací vzdělávacích drah¹⁶⁷. V povinném vzdělávání se jedná o základní školy praktické na jedné straně a na druhé straně o rozmanité výběrové školy a třídy a víceletá gymnázia. Systém středního vzdělávání se větví na gymnázia, střední odborné školy a střední odborná učiliště, které mají diametrálně odlišný obsah vzdělávání.

Pozitivním aspektem českého vzdělávacího systému je v mezinárodním srovnání vysoká míra dokončování středního vzdělávání¹⁶⁸ viz Obrázek 30 v Příloze ke kapitole 9.

¹⁶⁶ Viz např. Straková, J., Veselý (Eds.). (2013). Předpoklady úspěchu v práci a v životě. Výsledky mezinárodního výzkumu dospělých OECD PIAAC. Praha: DZS.

¹⁶⁷ Viz např. ČŠI. (2014). Rovný přístup ke vzdělávání v České republice: situace a doporučení <http://www.csicr.cz/getattachment/808f9830-5b1f-49c8-a6c9-db019e69e0a2>

¹⁶⁸ Viz ročenky Education at a Glance <http://www.oecd.org/edu/education-at-a-glance-19991487.htm>.

Vývoj středního školství po roce 1989 se vyznačoval vysokým nárůstem podílu středoškoláků v odborných maturitních oborech (ze zhruba 30 % na více než 50 %) a vysokým úbytkem středoškoláků v učebních oborech bez maturity (z více než 55 % na 30 %)¹⁶⁹. Podíl gymnazistů zaznamenal v tomto období pouze mírný nárůst, viz Obrázek 31 v Příloze ke kapitole 9. Tak zůstává ČR zemí s jedním z nejvyšších podílů středoškoláků v odborném vzdělávání mezi zeměmi OECD¹⁷⁰, viz Obrázek 32 v Příloze ke kapitole 9. Ve srovnání zemí OECD je relativně vysoký i podíl středoškoláků v oborech bez maturity, které nemají přímou návaznost na terciární vzdělání. Naproti tomu učební obory v Německu a v Rakousku umožňují pokračovat ve studiu na určitém typu vzdělávacích institucí poskytujících terciární vzdělání technického směru¹⁷¹.

Spolu s výše uvedeným nárůstem absolventů maturitního studia, který se ve srovnání s rokem 1989 téměř zdvojnásobil, došlo v poslední dekádě k výraznému nárůstu mladých lidí vstupujících do terciárního vzdělávání. Tento podíl se v porovnání s rokem 1989 téměř ztrojnásobil a dosáhl více než poloviny populačního ročníku¹⁷².

Střední vzdělávání v ČR se vyznačuje vysokou mírou specializace, mladí lidé mohou volit mezi téměř 300 úzce zaměřenými obory, přičemž již záhy po ukončení studia pracuje více než polovina z nich v jiném než vystudovaném oboru, viz Obrázek 33 v Příloze ke kapitole 9. Vysoký počet absolventů oborů s maturitou navíc odchází do vysokoškolského studia, tedy úzká specializace je ve většině případů nevyužita.

Míra nezaměstnanosti absolventů středních škol je tradičně nejvyšší u učebních oborů bez maturity (E a H), kde v dubnu 2015 tvořila 12,6 %, u učebních oborů s maturitou (13,2 %) a u absolventů maturitní nastavby (15,2 %). Nejnížší nezaměstnanost pozorujeme u elektrotechnických a strojírenských oborů, nejvyšší naopak u služeb a gastronomie a hotelnictví. Maturitní obory vykazovaly v dubnu 2015 nezaměstnanost 9,6 %, přičemž k oborům s nejnižší mírou nezaměstnanosti zde kromě výše zmíněných patřilo ještě zdravotnictví a pedagogika a sociální péče. Nejvyšší míra nezaměstnanosti byla i zde v oboru gastronomie a hotelnictví. V gymnaziálních oborech byla míra nezaměstnanosti pouhých 3,8 %¹⁷³. V posledních letech dochází obecně k poklesu nezaměstnanosti absolventů středních škol¹⁷⁴.

Aktuální kroky vzdělávací politiky

Nárůst studentů v maturitním a vysokoškolském studiu vedl tvůrce vzdělávacích politik ke snaze omezit přístup k maturitnímu a vysokoškolskému studiu, zaměřit se na podporu technického vzdělávání a cíleně motivovat mladé lidi ke vstupu do učňovských oborů. V Dlouhodobém záměru vzdělávání a rozvoje vzdělávací soustavy ČR pro období 2011-2015¹⁷⁵ se explicitně uvádí, že „Je žádoucí, aby se podíl žáků přijatých do maturitního studia nezvyšoval a nepřesáhl (celostátně) hranici

¹⁶⁹ Viz Statistické ročenky školství <http://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/statistika-skolstvi/statisticka-rocenka-skolstvi-vykonove-ukazatele>.

¹⁷⁰ Viz ročenky Education at a Glance <http://www.oecd.org/edu/education-at-a-glance-19991487.htm>.

¹⁷¹ V ČR přímá návaznost není, ale je zde systémově nastavena možnost absolvovat nastavbové studium, které tuto návaznost zajišťuje. Nastavbové studium se však vyznačuje nízkou mírou ukončování a vysokou neúspěšností absolventů nastaveb u státní maturity. Ta je velmi pravděpodobně způsobena nízkou úrovní a relevancí všeobecného vzdělávání u učebních oborů. Otázku přímého přístupu absolventů učebních oborů do terciárního vzdělávání by měl řešit návrh systému Mistrovské zkoušky.

¹⁷² Viz Statistické ročenky školství <http://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/statistika-skolstvi/statisticka-rocenka-skolstvi-vykonove-ukazatele>.

¹⁷³ Tento údaj samozřejmě odráží skutečnost, že drtivá většina gymnazistů pokračuje ve studiu na VŠ.

¹⁷⁴ Úlovec, M., Vojtěch, J. 2015. Nezaměstnanost absolventů škol se středním a vyšším odborným vzděláním – 2015. Praha: NÚV.

¹⁷⁵ <http://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/dlouhodoby-zamer-vzdelavani-a-rozvoje-vzdelavaci-soustavy-1>

68 %“. Dlouhodobý záměr zároveň reguluje podíl mezi všeobecným (gymnaziálním) a odborným studiem s cílem zamezit obávanému nárůstu studentů v gymnaziálním studiu: „Hodnoty mezi všeobecným a odborným maturitním vzděláváním se navrhuje 25 – 32 % : 38 – 45 % s přihlédnutím ke krajským odlišnostem.“ Tedy hlavní strategický dokument vzdělávací politiky si v tomto období de facto kladl za cíl omezit přístup mladých lidí k maturitnímu a gymnaziálnímu vzdělávání, což je v mezinárodním kontextu velmi neobvyklé.

V září roku 2015 předložilo MŠMT vládě Zprávu o opatřeních na podporu technického vzdělávání¹⁷⁶. Obsahuje výzvu zástupcům zaměstnavatelů, aby vstoupili do tvorby Rámcových vzdělávacích programů (RVP) a obsahových úprav školních vzdělávacích programů příslušných oborů středního vzdělávání, vyslovuje podporu realizaci praktického vyučování žáků středních odborných škol na pracovištích zaměstnavatelů a zdůrazňuje význam kariérového poradenství. V rámci operačního programu OP VVV¹⁷⁷ zamýšlí rozšířit polytechnickou výchovu v mateřských a základních školách, zvýšit spolupráci škol a firem, podpořit další vzdělávání pedagogických pracovníků v prostředí firem a zvýšit kapacitu a kvalitu kariérového poradenství.

Z hlediska Průmyslu 4.0 jsou vysoce relevantní rovněž kroky v oblasti zkvalitnění práce s informačními technologiemi ve školách. Dokument Strategie digitálního vzdělávání do roku 2020¹⁷⁸, který rozpracovává priority Strategie vzdělávací politiky ČR do roku 2020 pro digitální prostředí, konstatuje, že „v letech 2007 – 2014 nebyla podpora technologií ve vzdělávání a ICT (digitální) gramotnosti v České republice v porovnání s ostatními státy EU na dostatečné úrovni“. Dokument stanovuje tři prioritní cíle: otevřít vzdělávání novým metodám a způsobům učení prostřednictvím digitálních technologií, zlepšit kompetence žáků v oblasti práce s informacemi a digitálními technologiemi a rozvíjet informatické myšlení žáků. Intervence směřují do sedmi směrů: zajistit nediskriminační přístup k digitálním vzdělávacím zdrojům, zajistit podmínky pro rozvoj digitální gramotnosti a informatického myšlení žáků, zajistit podmínky pro rozvoj digitální gramotnosti a informatického myšlení učitelů, zajistit budování a obnovu vzdělávací infrastruktury, podpořit inovační postupy, sledování, hodnocení a šíření jejich výsledků, zajistit systém podporující rozvoj škol v oblasti integrace digitálních technologií do výuky a do života školy a zvýšit porozumění veřejnosti cílům a procesům integrace technologií do vzdělávání.

V souvislosti s Průmyslem 4.0 vstupuje do popředí též celoživotní vzdělávání, které bude realizováno nejen na vysokých a středních školách, ale také prostřednictvím vzdělávacích institucí soukromé sféry. Lze očekávat, že budou vznikat a rozšiřovat se firmy specializované na celoživotní vzdělávání a rekvalifikace, bude to velmi důležitý a rostoucí segment soukromého podnikání, v němž se budou mimo jiné vytvářet nová pracovní místa.

9.1.2. Současná situace ve vysokém školství ve světě a u nás

České vysoké školství zatím zůstává za myšlenkou Průmysl 4.0 pozadu. Technické univerzity jsou sice na dostatečné odborné úrovni, aby realizovaly kvalitní výuku v jednotlivých technologiích, v jednotlivých úzce zaměřených oborech. Průmysl 4.0 je však mnohem více o zásadním myšlenkovém posunu směrem k interdisciplinárním systémovým přístupům než o výuce nových technologií. Důsledky myšlenek Průmyslu 4.0 se netýkají jen technických universit, ale všech vysokých škol.

Studium na vysokých školách technického směru se svým obsahem a svými studenty značně liší od studia a studentů na vysokých školách netechnického směru. Absolventi vysokých škol technického směru jsou v praxi velmi žádaní a prakticky všichni získají zaměstnání, přesto uchazečů o jejich

¹⁷⁶ <http://www.msmt.cz/ministerstvo/novinar/ministerstvo-skolstvi-podporuje-technicke-vzdelavani>

¹⁷⁷ <http://www.msmt.cz/strukturalni-fondy-1/op-vvv>

¹⁷⁸ http://www.vzdelavani2020.cz/images_obsah/dokumenty/strategie/digistrategie.pdf

studium není dostatek. Absolventi vysokých škol netechnického směru mohou mít v praxi problém se uplatnit a získat zaměstnání, přesto uchazečů o jejich studium je dostatek. Vnější a finanční motivace pro získávání studentů technických oborů tedy zřejmě nestačí. Od vyšších ročníků základních škol přes všechny druhy škol středních je proto potřeba studentům nabízet volitelné a přitažlivé popularizační a motivační programy, kde by si mohli vyzkoušet i vlastní nápady, a pro tuto činnost je třeba získávat nadšené a schopné vedoucí. Vedle učitelů a profesorů to mohou být i pokročilejší studenti vysokých škol, jak je to běžné například v Izraeli.

Oba směry vysokých škol pěstují výuku dovedností, kterých se druhému směru nedostává. Je to na straně vysokých škol technického směru znalost informatiky, systémového přístupu, matematiky a počítačových simulací. Na straně vysokých škol netechnického směru je to znalost jazyků, výchova k samostatnosti a kritičnosti, schopnost prezentace a komunikace. V obou směrech vysokých škol chybí další důležité aspekty vzdělání, jako kreativita, podnikání, odpovědnost aj. Vzdělání na vysokých školách technického i netechnického směru bude vystaveno požadavkům výuky nových znalostí a dovedností pro Průmysl 4.0.

Vzdělávání hraje vždy klíčovou roli při osvojování nových znalostí a dovedností. Proto vzdělávání sehraje klíčovou roli při vyrovnání se společnosti v ČR s Průmyslem 4.0. To je však možné jedině poté, co samotní profesori/učitelé budou mít patřičné znalosti. V případě technických aspektů Průmyslu 4.0 tomu tak mnohdy ještě úplně není. Proto například v EU nebo v USA kompletní předměty o Industry 4.0 nebo Industrial Internet in Action nejsou. Vzácně začínají být univerzitní předměty o stavebních kamenech Průmyslu 4.0, jako jsou kyberneticko-fyzické systémy a méně o Internet věcí. Výuka je založená na znalostech vyučujících, a tak v současné době ve světě nabízejí různé kursy častěji školící střediska předních firem nebo volné on-line kursy, např. na webu Coursera.org. Klíčové pojmy Průmyslu 4.0 se však objevují v tématech výzkumu univerzit, a tak lze očekávat přesun znalostí z výzkumu do výuky. To však vyžaduje financování příslušného výzkumu v oblasti Průmyslu 4.0.

V oblasti netechnických aspektů Průmyslu 4.0 je tomu podobně. Celkové předměty zabývající se například sociálními důsledky Průmyslu 4.0 nejsou vyvinuty, ale dílčí předměty zabývající se podnikáním a obchodováním na internetu z hlediska ekonomie a z hlediska práva již existují. Opět je zřejmé, že teprve probíhá v dané oblasti výzkum.

Stav školství je v ČR obdobný. Celkové předměty nejsou, dílčí předměty se objevují. Základní rozdíl ale je v absenci výzkumu v této oblasti dané absencí financování výzkumu pro Průmysl 4.0.

9.2. Směry dalšího vývoje

Jak již bylo uvedeno, koncepty a fungování Průmyslu 4.0 zasáhne celou společnost. To bude vyžadovat, aby znalost o systémovém fungování internetu, o možnostech jeho využití při výkonu jakékoliv profese, o výhodách aplikace nových technologií a nástrojů Průmyslu 4.0, včetně trendů budoucího rozvoje získali všichni absolventi vzdělávacích procesů. Samozřejmě všichni musejí mít znalost o celkovém systémovém fungování internetu a Průmyslu 4.0, ale technické detaily realizace budou mít jen absolventi příslušných technických oborů. Těžiště se však přesune do oblasti použití Průmyslu 4.0, spočívající například na analýze, modelování a syntéze aplikačních oblastí. Avšak vzhledem k předpokládanému rychlému vývoji celé společnosti pod vlivem Průmyslu 4.0, je nutné, aby absolventi všech typů škol byli vedeni a získali obecnou schopnost adaptace, aktivního přístupu ke světu, tvořivosti, dalšího vzdělávání.

9.2.1. Směry dalšího vývoje regionálního školství

V posledních desetiletích došlo ve světě k velkým změnám a tyto změny se budou dále prohlubovat. Změnil se nejen způsob práce a pracovní činnosti, ale i způsob soukromé i úřední komunikace, nakupování, trávení volného času. Za tyto změny je primárně zodpovědný obrovský rozmach informačních a komunikačních technologií, které rychle pronikly do pracovního i soukromého života.

Velice se zvýšily také nároky na flexibilitu pracujících. Ti se stále častěji musejí vyrovnávat s radikálními změnami pracovní náplně danými restrukturalizací pracovišť, s nečekanými změnami pracovního trhu provázenými nutností často měnit zaměstnání a s potřebou držet krok s novými technologiemi a materiály, tedy s potřebou stále se učit novým (a stále složitějším) dovednostem. To znamená, že všichni absolventi škol, včetně absolventů učňovských oborů, musejí být vybaveni dovednostmi, které jim umožní nejen vykonávat aktuální pracovní úkoly, ale zejména těmi, které jim umožní si efektivně osvojovat nové vědomosti a dovednosti spojené se změnou pracovních procesů danou technologickým vývojem nebo změnou zaměstnání.

V současné době je podíl žáků vstupujících do 1. ročníků učebních oborů bez maturity asi 30 %, dalších 7 % přichází do maturitního studia s odborným výcvikem, což představuje mj. přípravu vysoce kvalifikovaných dělníků či pracovníků na dělnických pozicích. To znamená, že 37 % mladých vstupujících do středního vzdělávání je připravováno pro řemesla a dělnická povolání. Je velmi pravděpodobné, že počet žáků v učebních oborech je odpovídající budoucím potřebám naší ekonomiky. Rozvinuté střední odborné vzdělávání s maturitou zahrnující přes 40 % populačního ročníku rovněž připravuje pracovníky, kteří se také mohou uplatnit v dělnických pozicích odpovídajících vývoji technologií, kde nejsou rozhodující jen manuální dovednosti, ale jsou potřebné rovněž dovednosti intelektuální. I přes uvedený velmi dynamický nárůst počtu osob s terciárním vzděláním patří Česká republika v porovnání s ostatními zeměmi EU stále mezi země s nižším podílem vysokoškoláků mezi zaměstnanými¹⁷⁹. Přístup ke vzdělávání tedy není potřebné ani rozumné omezovat, je však třeba dbát o zvyšování jeho kvality a relevance pro moderní pracovní trh. Výzkumy zaměstnavatelů napovídají, že řada požadovaných vědomostí a dovedností absolventům chybí, vědomosti a dovednosti absolventů však nejsou cíleně monitorovány.

Odborníci se shodují v tom, že pro uplatnění na moderním pracovním trhu roste význam kognitivních dovedností, jakými jsou řešení nerutinních problémů, systémové myšlení, kritické myšlení a využívání informačních technologií, ale také dovedností nekognitivních. Zde jsou nejčastěji zmiňovány intrapersonální dovednosti (např. schopnost stanovovat si cíle a reflektovat postupy k jejich dosahování, cílevědomost, angažovanost) a interpersonální dovednosti (zejména dovednost spolupracovat a domlouvat se, i s lidmi s jiným kulturním a jazykovým zázemím). Velmi je zdůrazňován rovněž význam tvořivosti a inovativnosti.¹⁸⁰

Úkolem školy však není připravovat mladé lidi pouze pro trh práce, ale také pro uplatnění v osobním životě, v obci a v širší společnosti. K tomu je třeba rozvíjet a kultivovat také občanské kompetence a občanské a morální ctnosti.

Budoucí vývoj velmi pravděpodobně povede k rostoucí diverzifikaci společnosti. Úkolem veřejného vzdělávání je snažit se zajišťovat společenskou soudržnost nejen budováním společných hodnot, ale také cílenou kompenzací znevýhodnění, která si žáci do školy přinášejí, a zajišťováním rovných šancí pro všechny bez ohledu na jejich kulturní a socioekonomické zázemí či rozmanité hendikepy.

¹⁷⁹ Viz ročenky Education at a Glance <http://www.oecd.org/edu/education-at-a-glance-19991487.htm>.

¹⁸⁰ Např. <http://atc21s.org/>, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK84218/>

9.2.2. Směry dalšího vývoje vysokého školství

Veškerá lidská činnost, podnikání i život společnosti začínají být významně měněny internetem. Z této skutečnosti vyplývá nezbytnost úprav vzdělávacích programů jednotlivých škol. Všichni studenti (nejen) vysokých škol by měli získat takové znalosti, aby všichni rozuměli změnám, které přináší průmysl 4.0. Jde o znalost internetu a jeho přeměny na internet věcí, služeb a lidí, o příslušné znalosti informatiky, nových způsobů podnikání, směrů sociálního vývoje společnosti. Dále jde o posílení kreativity, komunikace, prezentace vlastních projektů, kritické myšlení apod.. Potřebné změny se budou týkat jak technických tak netechnických studijních oborů vysokých škol.

Studium oborů vysokých škol technického směru by mělo být doplněno předměty, které poskytnou vedle znalostí specificky technických, jako je kyberneticko-fyzické systémy, telekomunikace, kybernetická bezpečnost, robotika, výpočty v sítích (cloudech), i znalosti netechnického zaměření, jako je podnikání a obchodování na internetu, internet věcí, služeb a lidí, právní aspekty související s internetem a automatizací, sociální vývoj společnosti, komunikační dovednosti, podporu tvořivosti, kritičnosti aj.

Studium oborů vysokých škol netechnického směru by mělo být doplněno předměty, které poskytnou znalosti o informatice, robotice, internetu, ekonomických, právních a sociálních důsledcích internetu, internet věcí, služeb a lidí aj.

Až na nepatrné výjimky u nás dosud chybí ucelený, komplexní interdisciplinární pohled na vize Průmyslu 4.0. Tyto vize znamenají zásadní změnu nejen v pojetí výrobních systémů a ve využití informačních technologií, ale především vyžadují zásadní změnu ve stylu myšlení inženýrů: dosavadní přístup opírající se o striktně centralizované hierarchické pojetí složitých systémů je nahrazen vizí decentralizovaných systémů s využitím automatizované organizace složitých systémů jako volného sdružení autonomních subsystémů bez jakéhokoliv centrálního řídicího prvku. Těžiště našeho zájmu se posouvá od dnešního ICT jako hybatele změn směrem k nejmodernějším kybernetickým principům a k silné interdisciplinaritě. To bude znamenat obrovský průlom ve stylu uvažování a myšlení.

Vzdělávání bude muset obsahovat daleko více informatických znalostí, a to na uživatelské i vývojářské úrovni doplněné o znalosti bezpečnosti digitálních systémů, práce s velkým rozsahem dat, cloudových řešení apod. Bude muset také lépe provazovat tradiční obory se systémovými znalostmi a reagovat na potřebu interdisciplinárních dovedností, na znalosti procesního a projektového řízení, podporu schopnosti nacházet inovativní řešení.

Informatičtí odborníci pro Průmysl 4.0 musí bezpodmínečně mít hlubokou znalost technologií a procesů v odvětví, kde působí. Technické vysoké školy musí proto urychleně připravit nové interdisciplinární výukové programy, zaměřené na horizontální integraci znalostí a zkušeností z různých oborů a zabezpečující systémový nadhled. Jedině tak bude zabezpečena výchova tolik potřebných odborníků pro horizontální, vertikální a inženýrsko-vývojovou integraci složitých systémů, která je jádrem myšlenek Průmyslu 4.0.

Na technických vysokých i středních školách však není možné vyčkávat na postupné zavádění nových oborů, ale je nutno co nejdříve seznamovat všechny studenty a posluchače, nejen studující technickou kybernetiku a průmyslovou automatizaci, se základními pohledy na kyberneticko-fyzické systémy okamžitým zařazováním nových kurzů a předmětů do stávajících učebních plánů, a to ve všech technických oborech. Významnou roli by měly sehrávat odborné stáže ve firmách.

Změny v obsahu výuky musí zasáhnout nejen téměř všechny obory na technických vysokých školách, ale téměř všechny vysoké školy. Jedná se skutečně o technologickou revoluci, na níž musí být připraveni nejen inženýři. Bude to znamenat skutečné propojení řady disciplín. Musí nastat zásadní změny i v řadě oborů ekonomických, právních a společenských. Každá vysoká škola musí tedy

do svých studijních programů zařadit výuku poznatků o Průmyslu 4.0 formou studijního programu, oboru nebo předmětu v rozsahu odpovídajícím souvislosti vyučovaného oboru s Průmyslem 4.0.

Průmysl 4.0 bude hýbat ekonomikou této země i celou společností. Jedná se skutečně o hluboký myšlenkový přerod, který musí zasáhnout celou společnost a naše školství jí na to musí připravit v plné šíři.

9.3. Klíčová témata

Soubory opatření je vhodné opět rozdělit na regionální a vysoké školství.

9.3.1. Návrhy opatření pro regionální školství

Regionální školství utváří vztah žáků k učení a poznávání a poskytuje základy pro celoživotní vzdělávání, na kterých budou žáci stavět v průběhu celého života. Je zodpovědné za maximální rozvoj potenciálu každého mladého člověka a pomáhá mu rozhodovat o jeho profesní dráze. Zároveň má klíčovou úlohu ve zmírňování vzdělanostních nerovností a v utváření hodnot, které ovlivňují život celé společnosti. Z toho důvodu musí být jeho kvalitě věnována odpovídající pozornost. Spočívá v první řadě v péči o kvalitu a odbornost lidí, kteří vzdělávací systém řídí a kteří v něm působí, a v péči o dostatečné personální a materiální zajištění vzdělávacího procesu. To konkrétně znamená více dbát o kvalitu a erudovanost pracovníků státní, regionální i lokální správy, klást vyšší nároky na kvalitu ředitelů a učitelů a poskytovat jim kontinuální podporu v průběhu jejich profesní dráhy, zajistit dostatečný počet dalších odborníků, kteří budou ve školách řešit úkoly, na které učitelé nestačí, vytvořit pro učitele kvalitní metodické a výukové materiály. Změny ve vzdělávacím systému je třeba provádět promyšleně v souladu s dlouhodobou vizí a empirickou evidencí, jejich dopady je třeba neustále monitorovat a odpovídajícím způsobem modifikovat implementační strategie. To vše vyžaduje přiměřené finanční zajištění a soustředěné dlouhodobé úsilí, které musí jít značně nad rámec výše uvedených dílčích strategií.

Pro implementaci Průmyslu 4.0 se jeví jako důležité zejména následující body:

- Cíleně dbát o maximální rozvoj každého žáka

To znamená eliminovat diferenciaci systému a zajistit ve školách materiální a personální podmínky pro individuální podporu všech dětí v rámci společného vzdělávání. To je mimo jiné zásadní i pro systematickou péči o talenty (nejlépe specifickou podporou v rámci hlavního proudu vzdělávání).

- Klást větší důraz na rozvoj intrapersonálních a interpersonálních dovedností
- Podporovat cílené a účelné využívání technologií ve výuce

Jedná se o nutnost zkvalitnění a rozšíření výuky ICT obecně a zejména ve vazbě na zaměření a obor vzdělání. Součástí výuky by měla být rovněž hodnotová orientace s důrazem na morální aspekty v zacházení s informacemi, moderními technologiemi, apod.

- Umožnit žákům více experimentovat a tvořit, podporovat podnikavost

Pro nové vzdělávací cíle je třeba učitele získat, patřičně je vzdělat a vybavit je výukovými materiály a evaluačními nástroji.

- Ve středním odborném vzdělávání (zejména u nematuritních oborů) zvýšit kvalitu a relevanci všeobecného vzdělávání, propojit odborné vzdělávání s praxí a v návaznosti na zvyšování profesní orientace VŠ studia redukovat počet oborů středního vzdělávání.

Jak bylo uvedeno v 1. části, žáci specializované vědomosti a dovednosti mnohdy nevyužívají, neboť se zaměstnávají v jiném oboru nebo pokračují ve studiu na vysoké škole. Pro osvojování nových

dovedností v jiném oboru a v dalším studiu potřebují však širší všeobecný a odborný základ. To platí i pro žáky nematuritních oborů, kteří si mnohdy stěžují na špatné vybavení v cizích jazycích a v práci s informačními technologiemi. Všeobecný základ musí být zároveň koncipován tak, aby byl pro žáky dostupný (tedy například výuka cizích jazyků musí být více zaměřena na běžnou a odbornou komunikaci než na výuku gramatických zákonitostí).

- Posílit spolupráci škol a firem

Velkou výhodou takové spolupráce je kromě autentického pracovního prostředí rovněž skutečnost, že žáci nezískávají odborné dovednosti na zastaralých zařízeních ve školách, ale na aktuálně používaných zařízeních v reálných provozech. To by potenciálně mohlo vést ke značným úsporám ve vybavování odborných škol.

- V gymnaziálním vzdělání klást větší důraz na rozvoj kompetencí k vědecké práci

V rámci gymnaziálního studia mají žáci zřídka příležitost k reálné vědecké práci. Neučí se formulovat hypotézy, navrhovat experimenty k jejich ověřování, realizovat vlastní experimenty. Nemohou tak získávat motivaci k práci v přírodovědných a technických oborech tak, že by v nich v rámci studia skutečně pracovali. Větší důraz na principy vědecké práce poskytuje také příležitost ke kultivaci kritického myšlení a argumentačních dovedností.

- Znovu zvážit způsob přijímacích zkoušek do maturitních oborů

Přijímací zkoušky do maturitních oborů je třeba organizovat tak, aby se zabránilo ztrátě jakéhokoli žáka. Hrozí reálné nebezpečí, že například jednotné přijímací zkoušky budou poškozovat žáky z méně podnětného rodinného prostředí, které rodiče ke studiu nepřihlásí. Již nyní jsou žáci z méně podnětného prostředí silně znevýhodněni při přechodu do maturitního vzdělání i při zohlednění jejich studijních schopností. Při zavedení jednotných přijímacích zkoušek hrozí reálné nebezpečí, že se jim učitelé ve vyšších ročnících navíc přestanou věnovat, neboť se zaměří na přípravu jejich spolužáků k přijímacím zkouškám. Navrhovaná úprava přitom umožňuje, aby se střední školy výsledkem jednotného testu neřídily, tedy de facto z hlediska přijímacího řízení umožňuje zachovat status quo. Může však vést k tomu, že do nematuritních oborů budou žáci vstupovat ještě s horší všeobecnou výbavou než nyní.

- Zavést povinnou maturitu z matematiky a zároveň pečlivě monitorovat dopady tohoto opatření

Matematika se stává čím dál tím důležitější pro porozumění matematickým argumentům a zákonitostím, se kterými se denně setkáváme. Každý maturant by měl disponovat základními matematickými znalostmi a dovednostmi. Současný model maturitní zkoušky, ve kterém žáci volí mezi cizím jazykem a matematikou, navíc silně znevýhodňuje žáky, kteří si volí matematiku, neboť se pro ně zkouška stává celkově obtížnější. Zároveň je ovšem třeba pečlivě sledovat, jací žáci ve zkoušce neuspívají a jaká byla jejich vzdělávací dráha (co neúspěchu předcházelo). O dopadech jednotné maturity na některé skupiny nemáme žádné poznatky a hrozí nebezpečí, že neúspěšní maturanti budou navyšovat skupinu mladých lidí, kteří dosáhnou pouze základního vzdělání.

9.3.2. Návrhy opatření pro vysoké školství

Pro přípravu vysokého školství na Průmysl 4.0 lze navrhnout tato opatření:

- Zavést nové studijní programy pro Průmysl 4.0 na některých fakultách: Na fakultách elektrotechnických, strojních a inženýrských vytvořit a zavést nové studijní programy zaměřené na problematiku Průmyslu 4.0. U těchto programů je kromě technologických znalostí a dovedností nutno věnovat mimořádnou pozornost systémovým pohledům a klást důraz na interdisciplinaritu. Jádrem výuky by měla být kybernetika, automatizace, robotika, umělá inteligence strojové vnímání, simulace a systémová integrace. Je potřebné zavést jeden

předmět popisující systémové fungování internetu a očekávané změny přinášené Průmyslem 4.0 do všech oblastí života lidí. Nedílnou součástí učebních plánů by měla být i smysluplně rozsáhlá část společenskovedních znalostí a měkkých dovedností (v rozsahu dalších cca 2 předmětů)

- Na všech fakultách a všech oborech technických vysokých škol nutno do osnov vnořit nejméně jeden shrnující předmět orientovaný na nosné myšlenky Průmyslu 4.0, poskytující přehled technologií, hlavních myšlenek s důrazem na interdisciplinaritu a systémový přístup, tak i přehled možných dopadů do oblasti trhu práce, vzdělávání a práva.
- Pro všechny druhy netechnických vysokých škol a všechny jejich obory (umělecké, humanitní, právnické, ekonomické) bude třeba zavést přehledové předměty, které stručně a výstižně sdělí studentům (úměrně jejich zaměření a dosavadnímu vzdělání), jaký je aktuální stav v oblasti komunikačních technologií, informačních a výpočetních technologií, v oblasti metod a technik kybernetiky a umělé inteligence a v oblasti nových materiálů a biotechnologií, jak lze znalosti z těchto oblastí využít v Průmyslu 4.0 a jaké to má dopady sociální, právní a ekonomické. Měly by to být ale předměty do jisté míry specifické pro konkrétní obory. Např. v právních oborech bude třeba vzdělávat odborníky na aspekty práv ve virtuální realitě internetu, v sociálních oborech odborníky zabývající se změnami struktury společnosti a trhu práce, v ekonomických oborech odborníky se zaměřením na internetové firmy a nové modely podnikání v souvislosti s nimi.
- Zajistit vysokým školám přístup k financování výzkumu pro Průmysl 4.0, aby mohly získat potřebné znalosti v oblasti Průmyslu 4.0

Ze studia stavu výuky ve světě vyplývá, že na vysokých školách takováto výuka vzniká přirozeně z výzkumu akademických pracovníků a z následného přenosu výsledků výzkumu do výuky. Proto je nutné podpořit rozšíření výzkumu v oblasti Průmyslu 4.0 v různých aspektech od sociálního, právního, ekonomického po technický. Výzkum je základ přípravy výuky.

- Pro výuku problematiky Průmyslu 4.0 vysoké školy vybavit laboratořemi s adekvátním zařízením

Výuka specialistů pro Průmysl 4.0 bude vyžadovat zřízení příslušných laboratoří. Protože programy FRVŠ byly zrušeny a převedeny na institucionální rozvojové programy kde však možnost podpory přístrojového vybavení je oslabena, bude nutné cíleně toto vybavení podpořit.

- Podporovat spolupráci vysokých škol s průmyslem pro vznik laboratoří Průmyslu 4.0. Jednou cest z budování potřebných laboratoří může být spolupráce vysokých škol a průmyslových podniků.
- Podpora praxe ve výuce studentů

Vliv praxe v podniku na aktivaci a výsledky studia je enormní. Podpora těchto forem výuky ze strany škol i podniků v praxi je velmi žádoucí a zaslouží si podporu.

- Podporovat rozvoj CŽV ve vazbě na Průmysl 4.0 pro průmyslové podniky

I když se zdá, že v dnešní době poznatky předních průmyslových podniků jsou dále než výuka na vysokých školách, v brzké době lze předpokládat opak. Pak vysoké školy budou moci vzdělávat pracovníky průmyslových podniků v potřebných znalostech Průmyslu 4.0. Dále vysoké školy budou moci svými kursy CŽV pomoci rekvalifikaci pracovníků na trhu práce po předpokládaných změnách, které přinese Průmysl 4.0

- Získávání většího počtu studentů technických oborů

Pro získání potřebných studentů technických oborů ve větším množství pro výchovu specialistů pro Průmysl 4.0 bude nutné hledat nové postupy. Jde o dlouhodobé působení ve společnosti v oblasti popularizace techniky a vědy, v oblasti individuální práce se studenty, žáky a talenty mezi nimi studenty z vyšších stupňů škol za metodické a věcné podpory jejich učitelů, v oblasti vytváření vhodných učebnic pro studenty a žáky na všech úrovních.

9.4. SWOT analýza

Silné stránky

- Tradičně kvalitní technické vzdělání
- Vysoká míra dokončování středního vzdělávání
- Solidní průměrná úroveň mezinárodně srovnávaných vědomostí a dovedností v žákovské i dospělé populaci je opakovaně prokázána.

Slabé stránky

- Dlouhodobě malý zájem o studium vysokoškolských technických oborů
- Podfinancované školství v běžných zdrojích lze prokázat pro všechny druhy škol.
- Vysoká rozdrobenost oborů vzdělávání
- Nízká úroveň učňovského školství
- Silná závislost výsledků vzdělávání a dosaženého vzdělání na rodinném zázemí se ukazuje ve všech průzkumech.
- Absence monitoringu včetně informací o výstupech jednotlivých oborů středního vzdělávání

Příležitosti

- Průmysl 4.0 otevírá nové obory.
- Možnost nového financování může být spojena s iniciativou Průmysl 4.0.
- Přizpůsobení systému středního vzdělávání potřebám moderního pracovního trhu a moderní společnosti a jeho zlevnění a zefektivnění může být iniciováno.
- Deklarovaná snaha snížit nerovnosti může uchovat žáky pro studium technických oborů.
- Individualizace přístupu k žákům včetně rozvoje talentů může přispět ke zvýšení počtu studentů technických oborů.

Hrozby

- Nezíská se dost studentů vysokoškolských technických oborů.
- Nebudou zdroje pro výzkum.
- Koncipování opatření bez empirických podkladů a komplexní dlouhodobé vize neumožní provedení potřebného zlepšení ve vzdělávání.
- Upřednostňování momentálních potřeb zaměstnavatelů před dlouhodobými potřebami společnosti a zájmy žáků a studentů neumožní rozvoj vzdělávání.
- Nedocenená úloha učitele a slabá metodická a systémová podpora učitelů při výuce i při výchově žáků neumožní změnit současný stav.

9.5. Aktuální výzvy a jejich možná řešení

Nedostatek technicky vzdělaných odborníků

- Malý zájem o studium techniky
- Nedostatečná výuka poznatků o Průmysl 4.0
- Nedostatečné znalosti zaměstnanců firem

Možná řešení:

- zlepšení dlouhodobého navýšení financování učitelů s diferencovaným odměňováním
- podporovat popularizaci techniky, vědy a Průmyslu 4.0
- podporovat vyhledávání a individuální práci s talenty
- podpora výzkumu ze všech dostupných zdrojů (národní a evropské) jako základu technologické kompetence, ale i podkladů výuky
 - podpora tvorby učebnic
 - podpora v oblasti celoživotního vzdělávání a rekvalifikace

Rychlé změny ve struktuře povolání a jejich obsahu

Možná řešení:

- Rozvinout kvalitní a široce dostupný systém celoživotního vzdělávání

Nedostatek znalostí o Průmyslu 4.0

- Učitelé nemají potřebné znalosti
- Studenti nezískávají potřebné znalosti
- Nedostatečné znalosti zaměstnanců firem

Možná řešení:

- Zavedení výuky (základní, střední školství, vysoké školství) o nových aspektech internetu ve vazbě na Průmysl 4.0 (e-skills, Internet of Things, Internet of Service, Internet of Man, cloudové služby, robotika)
- intenzivní využívání moderních technologií ve výuce na všech stupních (multimédia, interaktivní mobilní aplikace, rozšířená a virtuální realita, koncept tzv. serious games, apod.) tak, aby se tyto techniky staly přirozenou součástí získávání znalostí a uplatnění v praxi v průběhu života napříč celou populací
- zavedení výuky s vazbou na Průmysl 4.0 v oborech sociálních, právních, ekonomických, které by pokrývaly společenské důsledky a předpoklady Průmyslu 4.0
- zavedení nových studijních programů/oborů zaměřených na Průmysl 4.0 na pomezí oborů strojírenských, elektrotechnických a informatických
- zavedení nových předmětů a výuky pro podporu zaměřených na tvořivost, podnikavost, podnikání, samostatnou aktivitu
- podpora v oblasti celoživotního vzdělávání a rekvalifikace s cílem získávat nové znalosti a osvojovat si nové dovednosti v rámci adaptace na transformující se životní podmínky
- podpora výzkumu ze všech dostupných zdrojů (národní a evropské) jako základu technologické kompetence, ale i podkladů výuky

Nedostatečný transfer technologií

Možná řešení:

- Podniky nemají dostatečné povědomí o Průmyslu 4.0
- Podniky nemají partnery VaV pro inovace v oblasti Průmysl 4.0
- Podniky nemají zaměstnance vzdělané v oblasti Průmysl 4.0

- podpora výzkumu ze všech dostupných zdrojů (národní a evropské) jako základu technologické kompetence, ale i podkladů výuky
- podpora výzkumu malých a středních podniků, včetně jejich propojení s výzkumnými institucemi či velkými podniky
- podpora v oblasti celoživotního vzdělávání a rekvalifikace s cílem získávat nové znalosti a osvojovat si nové dovednosti v rámci adaptace na transformující se životní podmínky
- vytvoření a zavedení modelu kofinancování vzdělávacích aktivit soukromým kapitálem
- posílení spolupráce a mobility se zahraničními univerzitami a výzkumnými ústavami, podpora mezinárodní mobility studentů a výzkumníků
- posílení interdisciplinarit a získávání praktických zkušeností

Nedostatečné financování

- Školství je podfinancováno
- Výzkum je nedostatečně financován

Možná řešení:

- vytvoření a zavedení modelu kofinancování vzdělávacích aktivit soukromým kapitálem
- podpora výzkumu ze všech dostupných zdrojů (národní a evropské) jako základu technologické kompetence, ale i podkladů výuky
- podpora výzkumu malých a středních podniků, včetně jejich propojení s výzkumnými institucemi či velkými podniky

10. Průmysl 4.0 a efektivita využívání zdrojů

Ing. Eduard Palíšek, Ph.D., MBA; Ing. Hynek Beran; Ing. Rut Bízková; PhDr. Andrea Čirlićová; Ing. Dana Drábová, Ph.D; Ing. Petr Sochor; prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek; doc. Ing. Pavel Vrba, Ph.D.

Technologie konceptu Průmysl 4.0 umožní podnikům rychleji reagovat na potřeby zákazníků. Zvýší flexibilitu, rychlost, produktivitu a kvalitu výrobních procesů. Současně vytvoří podmínky pro vznik nových obchodních modelů a výrobních postupů. Díky tomu bude možné dosáhnout nové úrovně hromadné výroby zohledňující individuální přání zákazníků. Koncept Průmysl 4.0 současně sníží energetickou a surovinovou náročnost výroby, umožní maximální využití zbytkových materiálů jako vstupní komponent do následného výrobního procesu a zvýší efektivitu využití odpadu nerecyklovatelného uvnitř podniku. Přispěje k optimalizaci logistických tras, zvýšení přepravních výkonů, nabídne technologická řešení pro decentralizované systémy výroby a distribuce energie nebo inteligentní městskou infrastrukturu zvyšující bezpečnost a komfort cestujících.

Zavedení technologií Průmyslu 4.0 umožní významně zefektivnit využití zdrojů. V automatizovaných výrobních provozech budou produkovány i malé výrobní dávky, které budou reflektovat aktuální požadavky zákazníků. Současně dojde ke zkrácení času potřebného k přenastavení výroby stejně jako redukci nákladů s tím souvisejících. Tím by mohlo podle některých studií dojít ke snížení nákladů na zpracování výrobků až o 25 %, celkové náklady na výrobu by se pak mohly snížit až o 8 %; využití autonomních manipulačních vozíků přinese podstatné úspory i pro interní logistiku výroby, a to ve výši až 50 %¹⁸¹. Další úspor by zavedením prvků Průmyslu 4.0 mohlo být docíleno i v oblastech mzdových, provozních a režijní nákladů, v některých odvětvích až o 30 %. Technologie Průmyslu 4.0 významně zvýší bezpečnost práce a posílí ochranu zdraví zaměstnanců. Stroje budou pomocí senzorů schopny detekovat interakci s lidmi a upozornit na případná nebezpečí a zamezit jim. Odhaduje se, že tyto technologie by mohly snížit počet zranění ve výrobních provozech až o 25 %¹⁸².

Horizontální integrace, tzn. propojení celého hodnotového řetězce od dodávky dílů od sub-dodavatelů až po dodání finálního výrobku koncovému zákazníkovi, pak umožní další zvýšení efektivnosti firem. Dodavatelé, kteří budou mít k dispozici jednak digitální model dodávaných komponent, ale také informace o stavu skladových zásob a potřebách dodávky dílů ve finální výrobě v reálném čase, budou moci nejen optimalizovat svoje vlastní vertikální výrobní postupy, ale taktéž lépe plánovat výrobu, minimalizovat skladové zásoby a navrhnout optimální logistické trasy.

Strategickým odvětvím hospodářského ale i společenského rozvoje je energetika. Nastupuje éra obnovitelných zdrojů, inteligentních sítí a decentralizované energetiky, která má v České republice v budoucnu pokrývat třetinu potřeb celé země. To představuje zásadní změny při řízení i udržování energetické soustavy a její stability. Technologie Průmyslu 4.0 budou také provázány s technologiemi „inteligentních měst“ (Smart Cities). Implementace koncepce Průmyslu 4.0 bude mít přínos pro zefektivnění využívání zdrojů, snížení energetické a materiálové náročnosti výroby i zvýšení šetrnosti k životnímu prostředí napříč odvětvími. Bude zapotřebí, aby byly vytvářeny podmínky pro snazší využívání těchto technologií nejen v průmyslu, ale i ostatních oblastech, jako je energetika nebo doprava tak, aby bylo možné potenciálu Průmyslu 4.0 plně využít.

Současná společnost se mění, mění se potřeby společnosti a narůstá její závislost na stabilních a bezpečných dodávkách energie, mění se technologie a její možnosti, a to revolučním způsobem. Vznikají nové možnosti obnovitelné a decentralní výroby energie, což bylo vyvoláno regulačními

¹⁸¹ Zdroj: Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, The Boston Consulting Group, 2015

¹⁸² Zdroj: The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype; McKinsey Global Institute; 2015

opatřeními vlád reagujícími na změnu klimatu a stanovení (správných nebo problematických) nástrojů k ovlivnění současného stavu. Technologie Průmyslu 4.0 sehraji významnou roli při integraci decentralizovaných zdrojů do energetické soustavy a přinesou řešení pro její spolehlivé řízení. Například využití inteligentních čidel umožní včas odhalit defekty rozvodných soustav a zabránit tak dlouhodobým výpadkům v dodávkách i snížit náklady na případné opravy. S ohledem na pokračující vývoj je nutno především zajistit, aby nově vznikající decentralizovaná řešení byla schopna spolupracovat se stávajícími soustavami a zdroji, podporovala stabilitu jejich chodu a sloužila jako samostatná řešení pro případ blackoutu. Významným prvkem je Internet energií (IoE - Internet of Energy), který určuje, jak vhodně jsou využívány přírodní zdroje (elektřina, voda atd.).

V rámci konceptu Průmyslu 4.0 se předpokládá využití internetu věcí (IoT - Internet of Things) pro vznik inteligentních produktů (Smart Products). Dílčí komponenty produktu jsou vybaveny svoji vlastní inteligencí. Přidaná inteligence se využívá jak při vlastní výrobě produktu, tak i při další manipulaci až po kontinuální sledování celého životního cyklu výrobku (Smart Processes). Kromě IoT je pro Průmyslu 4.0 důležitý internet služeb (IoS - Internet of Services), který zahrnuje zejména inteligentní dopravní systémy¹⁸³. Inteligentní dopravní systém integruje informační a telekomunikační technologie s dopravním inženýrstvím tak, aby se pro stávající infrastrukturu zajistily systémy řízení dopravních a přepravních procesů, zvýšily se přepravní výkony, optimalizovala se energetická náročnost, stoupla bezpečnost a zvýšil se komfort cestujících.

Internet energií (IoE - Internet of Energy) určuje, jak vhodně jsou využívány přírodní zdroje (elektřina, voda, zábor země atd.), které hrají klíčovou roli v dopravě a logistice. Vzájemným propojením IoT, IoE a IoS lze očekávat změnu dopravně-přepravních procesů od návrhu dílčích logistických procesů, až po jejich on-line optimalizaci s ohledem na zvolenou kritériální funkci a aktuální informace z dopravní infrastruktury. Potřebné zdroje budou dopravovány pomocí různých druhů infrastruktur, které jsou též vybaveny inteligentními systémy, a proto hovoříme o inteligentních dopravních systémech¹⁸⁴, inteligentních energetických sítích (Smart Grids) atd.

Nasazení Průmyslu 4.0 se zákonitě projeví vyšší produktivitou výrobních podniků. Obecně platí, že zvýšení HDP se negativně projevuje zvýšením intenzity dopravy. Provázání informací z výrobního procesu na bázi Průmyslu 4.0 s inteligentními dopravními systémy by mohl tento trend vhodně kompenzovat, regulovat a výrazně přispívat k dalšímu udržitelnému rozvoji společnosti.

V kontextu Průmyslu 4.0 se nejčastěji skloňují termíny jako Internet věcí¹⁸⁵, Internet služeb či Internet energií. Společným jmenovatelem je Internet, což znamená, že jednotlivé komponenty jsou nějakým způsobem napojeny na Internet a mohou tak spolu vzájemně komunikovat. Hlavní myšlenkou principu Internetu věcí je, že jednotlivé fyzické objekty jsou vybaveny senzory, vestavěným mikropočítačem a připojením k internetu, což jim umožňuje sbírat, předzpracovávat, odesílat a přijímat data. Aplikace toho konceptu se neomezuje jen na vlastní výrobu v rámci inteligentní továrny, v níž jsou těmito objekty inteligentní senzory, stroje, pracovníci nebo samotné výrobky, ale uplatní se i v širším kontextu inteligentních továren. Ten zahrnuje např. inteligentní budovy (tj. budovy inteligentních továren), chytré energetické sítě (tj. prvky chytré sítě integrované v rámci vlastního výrobního podniku a také napojení výrobního podniku na příslušnou energetickou síť), dopravně-přepravní procesy v dodavatelsko-odběratelském řetězci (inteligentní vozidla, inteligentní logistické sítě, dopravní infrastruktury) a další.

¹⁸³ ITS - Intelligent Transport Systems

¹⁸⁴ Akční plán rozvoje ITS v ČR do roku 2020, který byl schválen vládou dne 15.4. 2015

¹⁸⁵ V roce 2014 bylo navíc založeno Konsorcium pro Průmyslový internet věcí, jehož posláním je „urychlit růst Průmyslového internetu koordinací různých ekosystémových iniciativ s cílem propojit a integrovat objekty s lidmi, procesy a daty za použití společné architektury, interoperability a otevřených standardů, které povedou k transformačním výsledkům v podnikání.“ Konsorcium má dnes (listopad 2015) 216 členů napříč průmyslovými odvětvími a vědeckou sférou z celého světa.

Je zřejmé, že aplikace konceptu internetu věcí povede ke generování velkých objemů dat pocházejících z různých zdrojů a v různých formátech, která bude potřeba efektivně sbírat, indexovat, ukládat a zpracovávat. Ukazuje se, že doposud používané přístupy, založené především na relačních databázových systémech, nevyhovují vzrůstajícím požadavkům souvisejícím s velikostí dat, rychlostí ukládání, možnostmi zpracování v reálném čase apod. Novou generaci systémů pro ukládání a zpracování dat tak bude potřeba postavit na základech konceptu tzv. velkých dat (Big data). Rostoucí objem dat, představuje ovšem pouze jednu z výzev, se kterou je potřeba se vypořádat. Tou další je heterogenita dat, kdy je potřeba uvažovat různé formáty a schémata a zahrnout často i méně strukturovaná data jako jsou texty, obrázky, popř. videa, a dále rychlost, se kterou jsou data generována a s jakou také často musí být zpracovávána.

Místo doposud používaných relačních databázových systémů založených na technologii SQL (Structured Query Language) a souvisejících vizualizačních nástrojích se proto začínají využívat např. databáze typu NoSQL, které používají jiné, méně strukturované způsoby uložení dat, a architektury založené na principu MapReduce, např. Hadoop, umožňující masivně paralelní zpracování dat. Dalším konceptem, který bude hrát důležitou roli v oblasti integrace dat, je Linked Data, který se zaměřuje na metody sémantického anotování a propojování dat pocházejících z distribuovaných zdrojů na internetu. To znamená, že se datům přiřazují sémantické značky, které identifikují jejich význam pomocí odkazu do určité znalostní domény, definované nejlépe pomocí tzv. ontologie. Ontologie poskytuje slovník či terminologii dané domény ve formě definice konceptů (stroj, výrobní operace, výrobek, objednávka, senzor ...) a jejich vazeb. Anotováním do standardizovaných slovníků, které jsou většinou zdarma dostupné na internetu, lze snadno dosáhnout integrace a propojování dat z různých znalostních domén, bez nutnosti data mezi jednotlivými formáty transformovat.

10.1. Současný stav

10.1.1. Energetika

Vývoj spotřeby elektřiny v ČR se za posledních 100 let zestonásobil (viz Obrázek 34 v Příloze ke kapitole 10), systematicky rostl s růstem průmyslové produkce a „elektrifikací“ země. Centrální zásobování teplem, kterým se ČR liší od většiny evropských zemí, v minulosti znamenalo efektivnější využívání energetických zdrojů, v současnosti – vzhledem k požadavkům na kvalitu životního prostředí, zejména ovzduší – ji činí ekonomicky zranitelnější ve vztahu k trendům decentralizace zdrojů a na ně navázané spotřeby.

Dalšími zvláštnostmi, jimiž se Česká republika liší od dalších evropských zemí, je podíl jaderné energetiky na celkových zdrojích energie, jenž je po desítky let (od začátku měření v roce 1986) doprovázena v Evropě nejvyšší podporou jaderné energie obyvatelstvem (stále přes 60 % populace¹⁸⁶), a podíl uhlí, zejména hnědého, na primárních energetických zdrojích i na výrobě elektřiny.

Na energetiku lze z hlediska průmyslu nahlížet ze dvou aspektů: je dnes klíčovým odvětvím, bez kterého žádný průmysl neexistuje, a je průmyslovým oborem sama o sobě. Např. elektrárna je továrna na elektřinu, ale také na teplo a případně i na druhotné suroviny (např. nové jaderné palivo nebo odpadové suroviny). Aktualizovaná státní energetická koncepce předpokládá rozvoj lokálních kogenerací elektřiny a tepla, obnovitelných zdrojů energie, inteligentních budov a elektromobility. Spolu s ní byl schválen národní akční plán pro inteligentní sítě.

V roce 2010 byly v ČR užity primární energetické zdroje ve výši 1854 PJ, z toho 760 PJ tvořilo hnědé a černé uhlí, 305 PJ jaderné palivo. Podíl obnovitelných zdrojů energie a druhotných zdrojů byl přes

¹⁸⁶ Zdroj: CVVM, Veřejnost o energetice – květen 2015,
http://cvvm.soc.cas.cz/media/com_form2content/documents/c1/a7392/f3/oe150609.pdf

119 PJ. Konečná spotřeba energie ve stejném roce byla 1 132 PJ, s největším podílem ropy a zemního plynu, a to v objemu 620 PJ. Podíl elektřiny byl okolo 20 %, 207 PJ. Z 85,9 TWh hrubé výroby elektřiny připadlo 42,9 TWh na produkci z hnědého uhlí a 28 TWh na jaderné zdroje (viz scénáře Aktualizované energetické politiky 2015).

Dominantním zdrojem tepla v domácnostech je plyn, vzrůstá však podíl zásobování energií z obnovitelných zdrojů. Energetická náročnost české ekonomiky klesla jen od roku 2000 o 35 %¹⁸⁷ (zdroj: zpráva o ŽP 2014). Tento trend je přitom výrazně patrný již od roku 1990.

10.1.2. Materiálová a lidská logistika

Smart City/Region

Provázanost koncepce Průmysl 4.0 a inteligentního města/regionu vyplývá nejen ze sdíleného užívání zdrojů a infrastruktury, ale také z integračního přístupu aplikovaného na řízení jednotlivých vrstev a komponentů. Stejně jako Průmysl 4.0, je inteligentní město vyjádřením strategického přístupu k řízení, který staví na principech účinného propojení a vzájemné podpory všech oblastí života města, mj. prostřednictvím Internetu věcí, a na ekonomické a environmentální udržitelnosti.

Ve světě již běží mnoho pilotních projektů Smart City, zahrnujících spolupráci mezi firmami, místní správou, univerzitami a lidmi. Zahrnují například systém automatického správy dopravy, monitorování městského rozpočtu, vybudování sítě elektrických nabíjecích stanic či monitorování energetické účinnosti budov, budování Smart Grid, inteligentní pouliční osvětlení či inteligentní parkování. Projekty také vhodně kombinují bydlení, práci, volný čas a kulturu. V České republice je zatím prvním pilotním projektem město Písek, kde se zvažuje vybudování prvního Smart City v ČR. Probíhají projekty správy budov pomocí Energy Performance Contracting (EPC), kdy se jedná o zainvestování do úsporných opatření, realizovaných bez finančního zatížení rozpočtu města, modernizaci energetických systémů a zavedením pravidelného energetického managementu na objekty ve vlastnictví města.

Logistický řetězec vstupních komponent

V současné době je vše ve fázi testování doručování zásilek internetovým obchodem zákazníkům pomocí bezpilotních letounů – dronů. Navrhuje se vytvoření zvláštní letové hladiny, kde by drony mohly létat, poloha zákazníka bude poskytnuta prostřednictvím Smart Phone. Pro přepravu osob a materiálu se testuje asistovaná jízda vozidel na dálnici a jízda v konvojích v linkové dopravě. Pro jízdu v konvojích se uvádí, že kromě snížení nehodovosti může ušetřit až 15 %¹⁸⁸ paliva. A v případě nepřítomnosti řidičů by další úspory plynuly z ušetřených mzdových prostředků. Kromě toho se již dnes používají plně autonomní nákladní vozidla v uzavřených areálech.

Vnitropodniková logistika

Budují se továrny, které disponují téměř automatickým procesem výroby, kdy téměř celý produkt je vyráběn prostřednictvím automatizované linky a robotů. Transport materiálu po továrně je prostřednictvím autonomních přepravníků, které jezdí po trasách vytýčených pomocí magnetických pásek. Podobné dopravní systémy jsou instalovány také v některých továrnách v ČR. Dopravníky AGV nikdo neřídí, dostane-li se něco do cesty, zastaví jej automatické čidlo. Jezdí po magnetických páscích a jsou naprogramované. Přesně vědí na základě komunikace s ostatními prvky systému, kam a komu dovézt díly, na jak dlouho se přesně zastavit, kdy bude dělník hotov a kdy k němu vyrazí další

¹⁸⁷ Zdroj: Zpráva o životním prostředí 2014

¹⁸⁸ Zdroj: Autonomní vozidla jsou budoucností logistiky, <http://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/autonomni-vozidla-jsou-budoucnosti-logistiky.htm>

vozik. V logistice se také využívají bezobslužné vozíky, automatizace skladů nebo se testují drony speciálně navržené pro logistické účely.

Přeprava zaměstnanců

Implementace Teleworkingu vede ke zvýšení produktivity podle odhadu až o 12 %¹⁸⁹. Zvyšuje také stabilitu pracovní síly. Systém umožňuje dosáhnout velkých finančních úspor. Současným trendem je také tzv. carsharing, kdy uživatel autem jede pouze tehdy, pokud jej skutečně potřebuje. Samofiditelná auta se již testují, jejich uvedení do provozu je zatím otázkou minimálně roku 2025 mimo jiné proto, že zatím není vyřešeno, kdo ponese odpovědnost za případné nehody.

Logistický řetězec odpadů

Existují již řešení, kdy je do daného kontejneru umístěn bezdrátový senzor, který monitoruje aktuální míru odpadu. Data z jednotlivých kontejnerů jsou shromažďována na centrálním serveru, kde pomocí optimalizačních algoritmů probíhá plánování nejkratších tras pro odvoz odpadu, v budoucnosti lze počítat i s decentralizací komunikace i algoritmů ve smyslu principů Průmyslu 4.0. Rovněž probíhají predikce v závislosti na minulých datech. Signály se prostřednictvím mobilní komunikační sítě odesílají do webové softwarové aplikace používané společností zajišťující svoz odpadu. Software vizualizuje kapacitu kontejneru formou systému semaforů, podle kterého se vytváří plán nejlepší trasy svozu odpadu. Popelářské vozy tak jezdí jenom k těm kontejnerům, které je opravdu potřeba vyprázdnit.

10.1.3. Vstupní materiály a odpad nerecyklovatelný uvnitř továrny

Ekonomika ČR je mimořádně náročná na materiálové zdroje. I když domácí materiálová spotřeba (DMC) klesla od roku 2000 o 13,9 % a od roku 1990 na polovinu, v roce 2013 dosahovala 155 mil. tun¹⁹⁰. V přepočtu na jednotku HDP to znamená, že v roce 2013 bylo spotřebováno 39 kg hmoty¹⁹¹ na tvorbu 1000 Kč HDP, což je třetinová hodnota proti začátku 90. let 20. století.

Skladba materiálových zdrojů se od roku 1990 zásadním způsobem nemění, hlavní podíl v ní mají stavební suroviny a těžba uhlí. Průmyslové nerostné suroviny, rudy a z nich vyrobené produkty nedosahují více než 10 %¹⁹² na celkovém objemu DMC. Vzhledem k tomu, že stále významně klesá celkový objem hmoty v DMC, znamená stále zastoupení jednotlivých komponent, že klesá spotřeba uhlí, rud i stavebních materiálů. Zvláštním materiálovým/energetickým zdrojem je voda hlavně proto, že dochází pouze k malému zadržování vody v krajině, přitom odběry povrchové vody jsou ve více než 40 % celého objemu užity v energetice, další pětina v průmyslu a při těžbě surovin¹⁹³. Zásoby podzemních vod klesají vlivem klimatické změny a většina této vody se čerpá pro veřejné vodovody. Nakládání s vodou je tedy významné pro chod celé ekonomiky ČR.

ČR je velmi chudá na jakékoli kovy či jiné chemické prvky a jejich sloučeniny, které jsou Evropskou komisí označovány jako superkritické: antimon, beryllium, fluorit, galium, germanium, grafit, indium, kobalt, hořčík, niob, skupina platiny, tantal, vzácné zeminy a wolfram. Jedinou strategickou palivoenergetickou surovinou, která se dosud na území ČR (a tím celé EU) těží, je uran. Superkritické suroviny jsou důležité pro hutnictví (výrobu různých slitin), sklářský a keramický průmysl, pro výrobu syntetického kaučuku, cementu, optických zařízení, elektrických a elektronických zařízení, v lékařství, leteckém a automobilovém průmyslu. Samostatnou kapitolou je těžba a zpracování titanových rud,

¹⁸⁹ Zdroj: Telework Case Studies, https://www.mysolutionis.com/hr-management/_images/CS-Telework_CaseStudies-102808.pdf

¹⁹⁰ Zdroj: Zpráva o životním prostředí 2014

¹⁹¹ Zdroj: Zpráva o životním prostředí 2014

¹⁹² Zdroj: Zpráva o životním prostředí 2014

¹⁹³ Zdroj: CENIA: ISSaR – informační systém statistiky a reportingu (www.cenia.cz)

kdy na titanu závisí velká část leteckého průmyslu, ale významný je také ve výrobě automobilů, počítačů nebo kloubních náhrad, jeho zdroj v Evropě je mimo Rusko a Ukrajinu jen v Norsku.

V průmyslu ČR se v relativně větším množství spotřebovává zejména hliník, olovo, zinek, měď, nikl, cín a wolfram, a to v rozmezí 80-180 kt/rok u nejvíce využívaných a do 700 tun ročně u nejméně užitých¹⁹⁴. Zdrojem těchto látek je jednoznačně dovoz, v ČR je lze získat pouze recyklací. Zároveň však v ČR vyrostly poměrně významné zpracovatelské kapacity a zpětné získávání vyjmenovaných látek patří k významným ekonomickým činnostem.

Z velkoobjemových druhotných surovin je pro průmysl nejvýznamnější kovový šrot - při výrobě oceli se jako surovina používá až z jedné poloviny (na 5,2 mil. tun oceli v roce 2010 se spotřebovalo 2,5 mil. tun šrotu¹⁹⁵), což je významné vzhledem k tomu, že celá EU je odkázána na dovoz rudy i šrotu z prostoru mimo EU. Za posledních 20 let klesla spotřeba kovových výrobků v ČR o 40 %¹⁹⁶, zdrojem šrotu zároveň reálně mohou být jen stroje s ukončenou životností a autovraky.

Z nízkoobjemových materiálů je ekonomicky nejdůležitější platina a tantal, oboje využitelné a zároveň získatelné ze zařízení, která se na území ČR vyrábějí a/nebo užívají ve velkém objemu – elektrická a elektronická zařízení, elektrická osvětlovací zařízení, počítače a periferie, spotřebiče pro domácnost. Je evidentní, že také spotřeba nově těžených stavebních materiálů je z části (cca čtvrtina až třetina) nahraditelná demoličním odpadem, tedy recyklací již jednou použitého stavebního materiálu. V roce 2013 tvořil demoliční odpad téměř 60 % všech v ČR vyprodukovaných odpadů¹⁹⁷.

10.1.4. Datové okolí továrny

Na světě i v ČR se začínají objevovat pilotní projekty, které ukazují možnosti skýtající využití velkých dat a pokročilé analytiky v průmyslové výrobě. Jde například o firemní projekt, který využívá senzory nainstalované v nákladních vozidlech ke sledování parametrů jako je spotřeba, rychlost, teplota, tlak v pneumatikách nebo jízdní styl. Tyto informace se v cloudové službě analyzují s cílem vytvořit zákazníkovi doporučení vedoucí ke snížení spotřeby pohonných hmot. Továrna v německém Amberku produkující elektroniku demonstruje v reálném výrobním prostředí možnosti, které představuje koncept kyberneticko-fyzických systémů. Fyzické výrobky a stroje spolu komunikují prostřednictvím svých „obrazů“ (SW modulů či agentů v terminologii moderní kybernetiky) ve virtuální továrně s cílem detailně monitorovat průběh výroby a domlouvat se, na které lince a na kterém stroji bude další krok výroby uskutečněn.

V České republice firma vyrábějící počítače a elektroniku spustila v roce 2015 novou výrobní linku na práškové lakování. Díly, které vjíždějí do linky, jsou vybavené čipy, v nichž je uložena informace o celé výrobě. Tyto čipy umí komunikovat se stroji výrobní linky o tom, jakou operaci a s jakými parametry (teplota, barva apod.) má stroj provést.

Jedním z technologických předpokladů pro zavádění konceptů internetu věcí je vhodná komunikační infrastruktura. Jeden z českých mobilních operátorů před nedávnem představil v pilotním provozu bezdrátovou síť pro internet věcí. Síť provozovaná paralelně s mobilní sítí je primárně určená pro přenos relativně malých objemů dat na velké vzdálenosti z koncových zařízení napájených bateriemi.

Přes zmíněné pilotní projekty existuje ve světovém i českém průmyslu stále celá řada bariér, které stojí v cestě rozšíření principů a metod Průmyslu 4.0 v praxi:

- Řídicí a SCADA systémy, výrobní informační systémy (MES) a podnikové informační systémy (ERP) nasazené v továrnách jsou obecně zastaralé a tím těžko rozšiřitelné nebo

¹⁹⁴ Zdroj: Surovinová politika ČR - dosud vládou neschválená verze - 2015

¹⁹⁵ Zdroj: Politika druhotných surovin ČR 2014

¹⁹⁶ Zdroj: Politika druhotných surovin ČR 2014

¹⁹⁷ Zdroj: Politika druhotných surovin 2014

modernizovatelné. Možnosti nasazení nových architektur a nástrojů pro práci s velkými daty jsou tak značně omezené.

- Horizontální interoperabilita mezi interními podnikovými systémy a externími systémy partnerů je též značně omezena. V této souvislosti se hovoří o tzv. informačních silech jakožto o ostrovních datových systémech, které nejsou kompatibilní a integrovatelné s jinými datovými systémy.
- Penetrace technologií Internetu věcí v podobě vestavěných systémů na úrovni senzorů, strojů a dalších výrobních zařízení je stále na nízké úrovni, od roku 2014 je však patrný významný nárůst.
- Návrhnost investic (ROI) souvisejících s Internetem věcí není jednoznačně doložitelná; chybí jasné obchodní modely a pilotní projekty.
- Technologie průmyslu 4.0 nejsou ještě dostatečně vyspělé, chybí standardy pro interoperabilitu, panují obavy o bezpečnost dat, chybí dostatečný počet kvalifikovaných pracovníků atd.

10.2. Směry dalšího vývoje

10.2.1. Energetika

Dlouhodobé cíle ČR jsou odvozovány od cílů energetické politiky EU. Ta klade důraz na udržitelný rozvoj prostřednictvím fungující hospodářské soutěže, podpory obnovitelným zdrojům a mechanismů zabezpečení dodávek, k zajištění hospodářského růstu Evropské unie jako takové. Vzhledem ke komplexnosti těchto cílů, které se dostávají i do vzájemného konfliktu, existuje velké množství evropských právních předpisů, které oblast energetiky regulují. Základem českého energetické koncepce je pokračování v jaderném programu, snížení spotřeby domácího uhlí, rozvoj obnovitelných a druhotných zdrojů a rozvoj flexibilních sítí a decentrální výroby v nich (viz Obrázek 35 v Příloze ke kapitole 10). Konkrétní opatření pro naplnění této koncepce, jsou obsažena ve vládou schválených Národních akčních plánech pro inteligentní síť nebo pro jadernou energetiku.

Za inteligentní síť se považuje elektrorozvodná síť, účinně integrující chování všech uživatelů na ni připojených – výrobce elektřiny, spotřebitele a ty, kteří elektřinu jak vyrábí tak spotřebovávají – aby byla zajištěna ekonomicky účinná a udržitelná elektrizační soustava, která se vyznačuje malými ztrátami a vysokou kvalitou bezpečnosti a stability dodávek. Projekty související s budováním inteligentních sítí se dělí do následujících osmi skupin dle rozvíjených nástrojů a řešení, resp. mechanismů, vedoucích k dosažení “inteligentní úrovně” integrace a řízení elektrizační soustavy.¹⁹⁸

- Řízení inteligentní sítě
- Integrace výkonově významných OZE
- Integrace decentrálních energetických zdrojů
- Agregace - virtuální elektrárny, odezva na poptávku
- Chytří zákazníci a inteligentní domácnosti
- Elektromobily a aplikace V2G (Vehicle2Grid)
- Inteligentní měření

¹⁹⁸ Zdroj: Joint Research Centre: Smart Grid Projects Outlook 2014; za zdroj definice je označena European Smart Grid Task Force

- Ostatní.

Současná společnost má největší spotřebu energie v budovách, dopravě a ve výrobě. Předpokládáme-li u sídel, dopravy a budov transformaci směrem k inteligentním (smart) řešením, nelze z takového procesu vyloučit také výrobu. Při vzniku větších průmyslových aglomerací bylo běžné, že ubytovací kapacity i energetická zařízení pro ně vznikaly právě u továren v rámci jedné investice. Podobnou korelaci lze očekávat i do budoucna, zejména bude-li možné sdílení jednotlivých komodit (např. elektřina, teplo, voda). Inteligentní továrna (smart factory) musí být schopna svojí logistikou reagovat i na podněty zvenčí, např. hydrologické poměry, cenu a dostupnost energie, ale i dopravní dostupnost. Uvažujeme rozšířenou integraci s okolím, možnost pružně reagovat na spotřebu nebo také energii vyrábět a dodávat, třeba i v době výpadku.

Cílem koncepce Průmyslu 4.0 je vertikálně-horizontální integrace procesů v rámci kyberneticko-fyzického prostoru. Průmysl energií spotřebovává, ale i vyrábí. Cílem není jenom dosažení celkového pokrytí potřeby (balance), ale i umění celý takový systém řídit. V rámci celkových změn, kdy má být část zdrojů obnovena, ale část také nahrazena zdroji decentralními, jde o zásadní problém.

10.2.2. Materiálová a lidská logistika

Smart City/Region

Koncept inteligentních měst bude využívat moderních informačních technologií pro management města takovým způsobem, aby docházelo k synergickým efektům mezi různými odvětvími (doprava, logistika, bezpečnost, energetika, správa budov atd.) s ohledem na energetickou náročnost a kvalitu života v daném městě. Průřezová témata v oblasti inteligentních měst a regionů jsou:

- **Udržitelná inteligentní městská mobilita** - např. přizpůsobení dodávek energií decentralizovaně vyrobených z obnovitelných zdrojů v budovách, elektrická vozidla pro veřejnou dopravu, využívání vodíku pro skladování energie a vyrovnávání poptávky po energiích na úrovni města.
- **Inteligentní budovy a čtvrti** - např. začlenění a řízení místních a obnovitelných zdrojů energie; vysokoúčinné inteligentní vytápění a chlazení (mimo jiné s využitím biomasy, solární tepelné energie, tepelné energie okolí a geotermální energie s akumulací tepla, rekuperací, kogenerací a centrálním vytápěním); inteligentní městské osvětlení; výstavba budov s téměř nulovou spotřebou energií a budov a čtvrtí s pozitivní energetickou bilancí; udržitelný stavební materiál (omezení spotřeby energie alespoň o 50 %¹⁹⁹), snižování uhlíkové stopy.
- **Inteligentní systémy nabídky/poptávky a služby pro lepší informovanost občanů** - např. informace o spotřebě/produkci energií, multimodální dopravě a službách mobility občanům a koncovým uživatelům; inteligentní měření produkce odpadů a související služby; optimalizace zajištění zásobování pitnou vodou, snížení provozních nákladů včetně nákladů na energie a zlepšení celého cyklu monitorování vodárenské infrastruktury; udržování distribuční soustavy v rovnováze; hospodaření s energiemi v reálném čase.
- **Inteligentní digitální infrastruktura** - např. zajištění bezpečnosti; využívání synergií mezi požadavky na inteligentní sítě a infrastrukturu širokopásmového připojení.

Systémy řízení samozřejmě využívají celou řadu senzorů počínaje dílčími detektory v budovách či na dopravní infrastruktuře a konče zpracováváním kosmických snímků (predikce počasí, teplotní mapy měst, emisní mapy). Součástí programu inteligentních měst jsou i pokročilé akční členy, jimiž mohou být jak fyzická zařízení na infrastruktuře, tak virtuální informační systémy nabízející výhodná řešení s

¹⁹⁹ Zdroj: Smart Cities and Communities; www.eu-smartcities.eu

ohledem na dostupné informace. Koncept Průmyslu 4.0 předpokládá, že každá komponenta systému (díl produktu, materiál, občan, organizace atd.) si vyžádá inteligentní službu (Smart Service) pouze po dobu, kdy ji požaduje. Optimalizační algoritmus kontinuálně vyhodnocuje všechny vzniklé požadavky a v reálném čase se snaží výhodně poskytovat tyto služby s ohledem na minimalizaci zdrojů při maximálním využití existující infrastruktury. Tímto způsobem je možno efektivně řešit sdílení zdrojů (např. optimalizace elektrické energie, prostor, frekvenčního pásma), infrastruktur (např. optimalizace využití dopravní infrastruktury, parkovacích míst, energetické infrastruktury), různých technických prostředků (např. optimalizace využití flotily dopravních prostředků, výpočetních systémů), až po maximální využití lidského potenciálu (virtuální týmy odborníků, které se mohou specializovat pouze na určitou činnost, teleworking).

Obecně nejde pouze o integraci Průmyslu 4.0 do dopravních a energetických sítí, ale dopad tohoto konceptu může být daleko širší. Jelikož výrobní procesy Průmyslu 4.0 vznikají v budovách nebo výrobních halách, tyto objekty budou postupně vybavovány inteligentními komponentami. Integrace všech inteligentních komponent (Průmyslu 4.0, Smart Buildings, Smart Grids, Smart Infrastructure atd.) v rámci uceleného územního celku vede na inteligentní čtvrť, inteligentní město nebo inteligentní region.

Podobně jako energetika vykazuje v současnosti výrazné trendy k částečné decentralizaci, může toto čekat i další průmyslová odvětví. Sofistikované řízené „smart“ prostředí může umožnit některé činnosti decentralizovat například do „smart“ sídlišť. Bude-li například energie dostupnější a levnější na venkově z obnovitelných zdrojů, mohou takto vznikat různé lokální výroby, franšízy apod. i jako integrální součásti vyvíjejícího se osídlení. Bezproblémový je v tomto softwarový vývoj, ale například i diagnostika obvodů. Část řídicích center je možno novými technologiemi řídit na dálku nebo také část výroby ze vzdáleného specializovaného pracoviště. Distribuovaná nebo virtuální továrna má velmi podobné charakteristiky jako skutečná, s výjimkou dopravních nákladů a dopravního zpoždění.

Průmysl 4.0 přináší nový způsob systémového myšlení, který je umožněn stávajícím technologickým vývojem a který vede na optimální prostorové i časové rozmístění dílčích aktivit (výroba, bydlení, vzdělávání, volnočasové aktivity), které budou vzájemně propojeny inteligentními službami poskytovanými vhodným a udržitelným způsobem všem aktérům tohoto procesu.

Logistický řetězec vstupních komponent

Továrna využívající Průmyslu 4.0 musí pružně reagovat na měnící se poptávku po produktech, které jsou zároveň výrazně přizpůsobeny individuálním potřebám zákazníků. Měnící se poptávce musí být logicky přizpůsobeny dopravně-přepravní procesy vstupních komponent. Logistický řetězec musí splňovat podmínky "just in time", protože se nepředpokládají velké skladovací prostory. Toho lze docílit pouze v případě, že je možno garantovat dopravu vstupních komponent obdobným způsobem, jako jsou dnes garantovány telekomunikační služby. K tomu je nutno definovat indikátor kvality dopravy, který musí být trvale vyhodnocován pomocí informací z inteligentní dopravní infrastruktury. S ohledem na životní prostředí i na provozní podmínky lze předpokládat masivnější nasazení elektrických dopravních prostředků, které budou v budoucnu autonomní a bez řidiče.

Vnitropodniková logistika

Propojení inteligence dílčích přepravovaných komponent včetně garantovaného času dodávky umožní optimalizaci a sdílení přepravních procesů uvnitř podniku. V Průmyslu 4.0 budou různě lokalizované komponenty požadovat přepravu v rámci podniku. Paralelní informace z výrobního procesu přesně určí, kdy a kde musí být daná komponenta použita ve výrobě. To dává prostor pro optimalizaci v rámci vnitropodnikové logistiky tak, aby byly co nejvíce sdíleny dopravní prostředky, byla optimalizována trasa svozu a rozvozu dílčích komponent, ale i vzniklých odpadů. Dopad Průmyslu 4.0 na vnitropodnikovou logistiku povede na lepší využití zdrojů, infrastruktury, ale i prostoru výrobního

podniku. Vnitropodnikovou logistiku bude možno realizovat s menším počtem dopravních a manipulačních prostředků, což ušetří velké množství zdrojů. Výše uvedené dopady povedou na lepší integraci výrobních podniků do konceptu města nebo regionu.

Přeprava zaměstnanců

Průmysl 4.0 naváže na využití lidského potenciálu, který se aktivně podílí na výrobním procesu. Jelikož převažuje vysoce kvalifikovaná pracovní síla, která ovládá celou řadu dálkově řízených výrobních postupů, je možno vytvářet virtuální pracovní týmy, které mohou vzájemně komunikovat prostřednictvím moderních informačních a komunikačních systémů. Tento přístup lze zvolit jak ve fázi návrhu produktu, ale také při jeho výrobě. Díky Průmyslu 4.0 vznikne řada nových pracovních míst, které nebudou vyžadovat dopravu do výrobního areálu a umožní výkon práce z alternativní lokality (teleworking, telecommuting). Nicméně, stále budou zůstat profese, které budou vyžadovat fyzickou přítomnost na pracovišti. Jelikož se výroba přizpůsobuje poptávce, lze očekávat výkyvy v potřebě pracovníků při výrobním procesu. Tyto výkyvy je nutno řešit vhodnou a garantovanou hromadnou dopravou osob, která na tyto výkyvy bude muset adaptivně reagovat. Ze systémového hlediska bude nutno řešit individuální dopravu klíčových pracovníků (např. pomocí automobilů přednostně elektromobilních, vybavených pokročilými asistenčními systémy, později s plně automatickým řízením), které budou mít garantovanou kvalitu. Během výrobního procesu, kdy zaměstnanci jsou na pracovišti, budou tato vozidla využívána k dalším přepravním činnostem (návštěvy u zákazníků, řešení reklamací atd.), aby byla maximálně využita jejich kapacita a nedocházelo ke zbytečnému zabírání místa na parkovišti. Pro hromadnou přepravu osob budou využívány prostředky hromadné dopravy, jejichž jízdní řád bude uzpůsoben požadavkům výrobního procesu. Jednotliví zaměstnanci budou součástí konceptu Průmyslu 4.0 a budou moci sledovat na svých chytrých mobilních telefonech parametry výroby a s tím spojené proměnné jízdní řády veřejných hromadných prostředků.

Logistický řetězec odpadů

V konceptu Průmyslu 4.0 budou maximálně využívány zbytkové materiály jako vstupní komponenty do následného výrobního procesu. Každý zbytkový materiál bude mít svoji identifikaci a bude k němu přístupováno jako ke vstupnímu materiálu výrobního procesu včetně návazné logistiky. Předpokládá se existence celé řady míst pro svoz odpadů (tj. dále nevyužitelných a nezpracovatelných zbytkových materiálů) s tím, že každé místo samo určuje kolik odpadu a v jakou dobu je ochotno přijmout podle schopnosti recyklace odpadů případně dalších omezení. Vzhledem k on-line informacím o vytvořených odpadech vzniká cílená poptávka po službě přepravy obdobně jako např. v případě inteligentních popelnic, které hlásí své naplnění a žádají o odvoz. Za předpokladu proměnného množství odpadu ve výrobním procesu (poptávka po službě odvozu odpadu) a zároveň proměnného množství/týpu přijatého odpadu na daném místě (nabídka svozu odpadu) je možno řešit dopravně-přepravní procesy odpadního hospodářství a to s ohledem na aktuální dopravní situaci případně další parametry. Přeprava odpadu nemá vysokou prioritu jako ostatní prvky výrobního procesu a lze ji odložit na jiné časové období (mimo dopravní špičku). Vzniká tak možnost další integrace se systémem Smart City/Region.

10.2.3. Vstupní materiály a odpad nerecyklovatelný uvnitř továrny

Základní strategický dokument EU – Evropa 2020 – uvádí jako zásadní potřebu dalšího rozvoje EU inteligentní a udržitelný růst, tedy ekonomiku založenou na znalostech a inovacích, konkurenceschopnější a ekologickou, s nižšími materiálovými nároky. Ve srovnání s dalšími významnými zeměmi ve světě je v Evropě málo podniků, které by produkovaly špičkové technologie. Také v Evropě roste poptávka po informačních a komunikačních technologiích, přitom jen čtvrtina je

pokryta z evropských podniků. Tato základní konstatování pak vedou k návrhům na „reindustrializaci“ Evropy. V této souvislosti je třeba upozornit, že zásadní roli v reindustrializaci Evropy bude hrát cena energie, zejména elektrické energie, která bude do procesů vstupovat. Podle prognóz IEA však Evropa patří v celosvětovém kontextu k „losers“ budoucího vývoje, a to zejména z důvodu zvyšování cen energie v zájmu dosažení dalšího evropského cíle – snižování emisí skleníkových plynů. Snahou o zabránění klimatické změně narůstá význam nakládání s vodou, její čištění a recyklace. Dostupnost vody jedním z největších problémů blízké budoucnosti.

Podle současných vládních strategií a závazků ČR vůči EU (snížení energetické a materiálové náročnosti, snížení emisí skleníkových plynů, snížení látek znečišťujících ovzduší, vysoká inovativnost ekonomiky, vyrovnávání příležitostí v regionech a mezi sociálními skupinami) by cílovým stavem měla být „Smart Cities“, „demand side“ přístup k vyrovnávání spotřeby a výroby energie, tj. naplňování potřeb spotřebitelů inteligentními cestami. Znamená to materiálově a energeticky nenáročné inteligentní stavby, inteligentní domácnosti, kanceláře a továrny, dopravní a jiné komunikace.

Lze očekávat další elektronizaci řízení výrobních zařízení, miniaturizaci výrobků, snižování objemu potřebných materiálů i spotřebu energie. Z hlediska použití materiálů v ekonomice ČR to bude znamenat (v souladu s platnými strategickými dokumenty vlády) snižování těžby a spotřeby uhlí, vyšší recyklaci velkoobjemových materiálů, zejména stavebních materiálů, železného šrotu, papíru, skla a dalších komodit, snižování objemu dále (momentálně) nevyužitelných odpadů. Hospodářsky a exportně nejvýznamnější odvětví průmyslu ČR – výroba automobilů, dalších dopravních prostředků, elektrických a elektronických zařízení, výroba skla a plastů – jsou relativně materiálově náročná, a to jak na velkoobjemové materiály (ocel, pryž, plasty), tak na materiály, jejichž strategický význam roste, byť objemem produkce a spotřeby nejsou převládající. Zaměření se na specifické materiálové toky (toky specifických nedostatkových materiálů) je příležitostí pro nové podnikatelské záměry. Nakládání s vodou jako významným energetickým a materiálovým zdrojem, zadržování vody v krajině, čištění a recyklace odpadních vod budou součástí všech nových průmyslových řešení.

Cílem koncepce Průmysl 4.0 je vertikálně-horizontální integrace procesů v rámci kyberneticko-fyzického prostoru. Zacházení s odpadem může být považováno za zrcadlové k zacházení s materiály vstupujícími do výrobního procesu. Pokud je jedním z hlavních cílů environmentálně-průmyslové strategie nejvyšší možná recyklace odpadů a cílem materiálové bezpečnosti EU znovuvyužití všech dostupných materiálů, pak je třeba přistupovat k odpadům jako k materiálům vstupujícím do jiného výrobního procesu. V rámci jednoho konkrétního řetězce přidané hodnoty budou tedy odpady (také odpadní vody) muset být monitorovány stejným způsobem jako materiálové vstupy a výrobky samotné. Důraz by měl být na nejvyšší možné oddělení částí odpadového mixu, které by mělo zajistit nejvyšší možnou hodnotu pro takový výstupní „materiál“.

10.2.4. Datové okolí továrny

Jednou z hlavních očekávaných přidaných hodnot, kterou přinese využití konceptu velkých dat v Průmyslu 4.0, je právě schopnost provádět pokročilou analýzu dat v reálném čase. Jednou z oblastí je prediktivní údržba (popř. prediktivní výroba), kde se pokročilá analýza dat v reálném čase používá při monitorování životního cyklu strojů s cílem naplánovat s předstihem údržbu tak, aby se omezily neplánované odstávky jednotlivých strojů, které mohou způsobit zastavení celých výrobních linek.

Další z přidaných hodnot konceptu velkých dat v Průmyslu 4.0 je kombinování dat ze senzorů z výrobního procesu s dalšími externími daty, např. s daty z podnikových informačních systémů, které se týkají např. objednávek, dodávek materiálu, směn pracovníků ve výrobě, zpětné vazby od zákazníků (vzdálené monitorování stavu výrobku, reklamace, ohlasy na sociálních sítích apod.), energetické efektivnosti výroby, popř. dalších nepřímo souvisejících skutečností jako jsou data

z bezpečnostních kamer, data o počasí, další data z internetu atd. Výsledkem takové analýzy může být odhalení dříve nerozpoznaných hodnot, popř. korelací mezi různými procesy a veličinami, které pak mohou posloužit k dalšímu zefektivnění výroby. Nalezenou korelací může být např. zhoršená kvalita určitých sérií výrobků související s méně kvalifikovanou prací konkrétní směny pracovníků, a to třeba jen v určitých dnech, ve kterých panovalo teplé počasí.

Horizontálně-vertikální integrace dat vedle optimálních výrobních procesů povede také k optimální nabídce pro zákazníka. Jeho individuální požadavky na výrobek budou určující pro celý proces od zajištění materiálu, přes nastavení výrobních prostředků, odeslání a přepravu až po sledování výrobku při plnění jeho funkcí do konce životního cyklu, k jeho recyklaci. Role zákazníka se tak výrazně mění a on se stává spolutvůrcem výrobního procesu a přidané hodnoty výrobku. Takto nastavený výrobní proces zároveň umožňuje, aby byly výrobky vyráběny jako jednotlivé kusy s individualizovanými parametry nebo ve velmi malých sériích při udržení kvality a rychlosti velkosériové výroby.

Sledování výrobku ve fázi jeho používání po dobu jeho životnosti, vč. reklamací a v kombinaci se sledováním informací o tomto či srovnatelných výrobcích publikovaných na sociálních sítích, vytváří důležitou zpětnou vazbu a umožňuje cyklický proces zpracování informací, který by měl umožňovat kontinuální zlepšování a inovaci procesů v rámci Průmyslu 4.0. Je nicméně třeba zmínit, že provázanost rozhodování zákazníka s výrobním procesem s sebou přináší i určitá rizika, a to jak pro výrobce, tak i samotného zákazníka. Výrobce si především potřebuje zajistit určité garance odběru a platby u individuálně specifikovaných výrobků, na straně zákazníka je třeba vyřešit „uzamčenost“ výrobku v rámci jeho životního cyklu, resp. možnosti otevření v rámci fungující hospodářské soutěže.

Koncept Průmyslu 4.0 zahrnuje značný potenciál pro tvorbu nových obchodních modelů typu *produkt-slужba*. Spolu s výrobkem, který je opatřen senzory pro online sběr dat, poskytuje výrobce dodatečné služby v podobě analýzy dat a následné optimalizace pro zákazníka. Se vzrůstajícím výkonem mikropočítačů, které budou vestavěny v objektech Internetu věcí, tj. např. ve zmíněných výrobcích, se otevírá možnost data agregovat a předzpracovávat přímo v místě jejich sběru před samotným odesláním. To přispěje ke značnému omezení velikosti zasílaných dat a také ke zvýšení kybernetické bezpečnosti, protože se místo kompletního balíku dat, ve kterém je možné „odposlechnout“ kompletní informaci o nasbíraných datech, odesílá pouze koncentrovaná a třeba ještě vhodně zakódovaná informace, ze které není možné původní data rekonstruovat.

10.3. SWOT analýza

Silné stránky

- V evropském kontextu mimořádně kvalitní vysoké školství v oblasti energetiky, logistiky, smart cities, v chemických a těžebních technologiích
- Vysoké procento recyklace výrobků s ukončenou životností/schopnost získávat určité druhy kriticky nedostatkových prvků/surovin.
- Vědecká základna schopná podpořit vytváření „best practices“ a standardů.
- Funkční robustní energetický systém.
- Schopnost prvotního zpracování/získávání uranu a obdobných materiálů.
- Znalosti se zpracováním jaderné energie.

Slabé stránky

- Nedostatečná ICT infrastruktura (datové centra, telekomunikační prostředí, pomalé zavádění technologií inteligentních sítí, atd.).

- Nízká znalost materiálových toků ekonomikou a prvků kritických pro průmyslovou výrobu.
- Nedostatečná dopravní infrastruktura.
- Nedostatečný aplikovaný výzkum v oblasti materiálových, zejména energetických zdrojů i v oblasti smart cities.
- Nevhodná implementace obnovitelných zdrojů do energetického systému.
- Nedostatečná úroveň investic do modernizace energetického soustavy.

Příležitosti

- Možnost transformovat celé odvětví energetiky, dopravy, logistiky, atd. do efektivnější podoby.
- Možnost podílet se na vytváření standardů, mimo jiné podporou inovativních pilotních projektů v rámci nadnárodních konsorcií.
- Zabezpečení dalšího udržitelného rozvoje ČR díky aplikaci konceptu Průmysl 4.0 a souvisejících technologií v oblastech inteligentních měst, inteligentní dopravy, atd.
- Využití stávajícího zájmu o projekty Smart Cities, Smart Grids nebo Inteligentních dopravních systémů a jejich zahrnutí do konceptu Průmysl 4.0.
- Možnost transferu know-how a dílčích komponent Průmyslu 4.0 nejprve v rámci střední a východní Evropy v budoucnu i do třetích zemí (Latinská Amerika).
- Výzkum a produkce maloobjemových technologií pro získávání prvků/surovin z již vytěžené hmoty („odvaly“ a druhotné suroviny z výrobků s ukončenou životností).
- Decentralizace energetické soustavy.

Hrozby

- Obtížná komunikovatelnost tématu Průmysl 4.0 ve vazbě na efektivitu využívání zdrojů pro politickou reprezentaci i pro širší veřejnost.
- Nezáměr energetických, dopravních a jiných firem změnit celkovou filosofii svého podnikání včetně implementace inovativních řešení.
- Nejednotné a roztržité dílčí pilotní projekty, které nepovedou k očekávaným cílům, a tím se zdiskredituje celý koncept Průmyslu 4.0.
- Nutná transformace českého vzdělávacího systému na požadavky konceptu Průmysl 4.0 v dílčích oblastech využití zdrojů (energetika, doprava, bezpečnost, logistika, atd.).

10.4. Aktuální výzvy a jejich možná řešení

SWOT analýza v kapitole 10.3 poskytuje ucelený pohled na slabé stránky a hrozby, ale také na příležitosti, které je třeba nepromarnit. Hlavní aktuální výzvy a jejich možná řešení lze shrnout do následujících skupin:

Podpora vědy a výzkumu

- Nedostatečný výzkum „smart“ technologií v oblasti hodnotových řetězců odpovídajících konceptu Průmysl 4.0.
- Nedostatečný aplikovaný výzkum v oblasti

Možná řešení:

- Výzkum algoritmů zpracovávajících i nestrukturovaná data o životním cyklu výrobku.
- Vývoj autonomních dopravních a manipulačních prostředků přizpůsobených proměnnému

materiálových, zejména energetických zdrojů.

výrobnímu procesu a nákladních vozidel využívající pravý pruh dálnice.

- Podpora výzkumu nových metod řízení centrálních a decentrálních soustav.
- Podpora výzkumu algoritmů modelování a simulace dopravního provozu včetně inteligentního řízení dopravy a výzkumu navigačních systémů, umožňující snížení energetické náročnosti dopravy.
- Vývoj mobilních aplikací pro veřejnost, které využívají prvky rozšířené reality pro zvýšení informovanosti o dopravě a dalších aktivitách spojených s konceptem Smart Cities.
- Podpora vývoje aplikací rozšířené reality při výrobě obnovitelných zdrojů energie s důrazem na flexibilitu návrhů využívajících prvků městské infrastruktury, podpora výroby komponent a součástí aktivních i pasivních prvků energeticky účinných budov.
- Podpora výzkumu nových metod dobývání a technologické úpravy, resp. získávání/recyklace strategicky významných materiálů.

Vzdělávání a lidské zdroje

- Nutná transformace českého vzdělávacího systému na požadavky konceptu Průmysl 4.0 v dílčích oblastech využití zdrojů (energetika, doprava, bezpečnost, logistika, atd.). Ubývá zkušených strojních a jaderných inženýrů i středoškolsky vzdělaných odborníků.

Možná řešení:

- Podpora udržování špičkových znalostí ve stávajících energetických oborech.
- Podpora vzniku virtuálních pracovních týmů na bázi teleworking a telecommuting.
- Programy studentských výměn na významná světová výzkumná pracoviště se zaměřením na nerostné suroviny a sekundární zdroje.
- Vytvoření kurzů navazujícího vzdělávání pro získávání znalostí využíváním publikačních výstupů výzkumu ve světě, získávání znalostí z procesu ochrany duševního vlastnictví.

Infrastruktura

- Nedostatečná ICT infrastruktura (datové centra, telekomunikační prostředí, nedostavěná dálniční síť, pomalé zavádění technologií inteligentních sítí, atd.).
- Nedostatečná dopravní infrastruktura.
- Nedostatečná úroveň investic do modernizace energetického soustavy.

Možná řešení:

- Podpora rozvoje on-line služeb elektronického obchodu včetně algoritmů statistického vytěžování informací o chování zákazníků.
- Podpora vybavení základní dopravní infrastruktury inteligentními systémy včetně senzorických sítí pro získávat on-line informace o dopravním provozu.
- Podpora hromadné dopravy osob s dynamickým jízdním řádem závislým na informacích z výrobního procesu včetně informačních systémů pro cestující.
- Zvýšení nasazení služeb místního e-governmentu s nástroji Internet of Things.
- Využití prostředků Internet of Things při správě měst a zejména objektů ve vlastnictví samospráv.

Energetika a hospodaření se zdroji

- Nízká znalost materiálových toků ekonomikou a prvků kritických pro průmyslovou výrobu.

Možná řešení:

- Zmapování materiálových toků v odvětvích národního hospodářství a kapacit pro získávání, zpracování a znovuvyužití kritických surovin.
- Zmapování pracovišť potřebných pro standardizaci materiálové efektivity v podnicích, získávání a využití surovin a druhotných surovin.
- Podpora využití konceptů velkých dat a pokročilé datové analýzy v energetice, např. pro odhalování rizikových situací, optimalizace a vyrovňování výroby a spotřeby el. energie v rámci mikrogridů s velkým podílem obnovitelných zdrojů energie.
- Vytvoření politiky státní intervence pro regulaci získávání a užití strategických/rizikových surovin.
- Přijetí nové státní surovinové strategie a její periodické aktualizace v duchu aktuálních strategických EU a národní iniciativy Průmysl 4.0.
- Zjištění potenciálu získávání dalších surovin z dnes těžených materiálů.
- Zavedení inteligentních komponent v oblasti odpadového hospodářství výrobního procesu včetně způsobu šetrné likvidace odpadů.
- Vytvoření konceptu uzavřeného cyklu užití zdrojů (nerostných i obnovitelných, užití a znovuvyužití energie vody a odpadních vod) v Smart Cities.

Bezpečnost

Možná řešení:

- Zdvojování klíčových signálních soustav (optika a HDO po silových linkách).
- Zavedení ostrovního provozu decentrálních soustav tak, aby zajišťovaly základní funkce.
- Propojení kybernetické s nekybernetickou (logistické, silové) bezpečností v době komfortní funkce a krizového stavu.
- Podpora výzkumu kybernetické ochrany všech fází získávání a užití kriticky významných surovin.
- Zvýšení bezpečnosti hromadné i individuální dopravy zavedením prvků Internet of Things a rozšířené reality do systému dopravy ve městech.

Implementace

- Obtížná komunikovatelnost tématu Průmysl 4.0 ve vazbě na efektivitu využívání zdrojů pro širší veřejnost včetně politické reprezentace.
- Nezájem energetických, dopravních a jiných firem změnit celkovou filosofii svého podnikání včetně implementace inovativních řešení.

Možná řešení:

- Vytvoření metodiky maximální efektivity podpory investic tak, aby vznikala nová řešení, která budou sama efektivně fungovat.
- Podpora budování výrobních hal vybavených inteligentními komponentami, které umožní provoz inteligentních dopravních a manipulačních prostředků v rámci výrobního podniku.
- Vyzkoušení systémového konceptu Průmysl 4.0 i na úrovni veřejné samosprávy měst a regionů včetně integrace na inteligentní budovy a vyhodnotit dopad těchto přístupů na udržitelnost.
- Podpora pilotního projektu smart city/smart

region, ve kterém bude navržena a prakticky vyzkoušena vzájemná komunikace mezi různými inteligentními prvky města/regionu včetně integrace informace z výrobních procesů do managementu města/regionu

- Podpora pilotního projektu nového logistického systému na bázi Průmyslu 4.0 v lokálně omezené oblasti, který ověří vzájemnou komunikaci objektu přepravy, dopravního prostředku, infrastruktury, a výrobního podniku a optimalizaci dodávek energie pro dopravu.
- Příprava metodiky nasazení nových metod vnitropodnikové logistiky s podporou státní správy jako součást energeticky efektivních řešení výrobních systémů.
- Podpora začlenění flotily firemních osobních automobilů, vybavených pokročilými asistenčními systémy, aby bylo možno tyto vozidla sdílet a optimalizovat prostoje těchto vozidel.
- Vytvoření systému „pozitivní regulatoriky“ - odlišení chování regulovaných subjektů, které konají v souladu s cíli státní politiky a nedotovat „rentabilitu“ zastaralých aktiv.

11. Investice podporující Průmysl 4.0

Doc. Ing. Jiří Krechl, CSc., Ing. Pavel Komárek, CSc., Ing. Bohuslav Čížek, Ph.D., Ing. Martin Hanzlík, LL.M.

Projekty související s koncepcí Průmyslu 4.0 budou investičně velmi náročné. Veřejný sektor má už nyní k dispozici řadu nástrojů, které jsou však využívány rozptýleně nebo přímo nahodile. Zdroje je třeba koncentrovat a jejich užití opřít o koncepční dokumenty. Je třeba nejdříve definovat strategickou roli státu, jak chce být angažován, a podle toho pak hledat investiční nástroje. OP PIK se jeví jako klíčový nástroj pro rozjezd aplikací Průmyslu 4.0 v příštích několika letech. Příležitosti a implikace Průmyslu 4.0 je nutné promítnout do Inovačních platform RIS3 strategie a následně do výzev v operačních programech na RIS3 strategii navazujících. Účelné však bude například v definici výzev bonifikovat projekty, které mají ke koncepci Průmyslu 4.0 blízko. Problémem ovšem je jednoduše tuto skutečnost definovat. Významný bude fond typu Proof of Concept, který by měl rozhýbat potenciál výzkumných institucí, zejména univerzit. Vedle investic do technických řešení a podpory inovací souvisejících s Průmyslem 4.0 bude třeba počítat také s finančními nároky programů, které nastartují potřebné změny ve vzdělávacím systému resp. v rekvalifikaci pracovní síly, a na trhu práce. Zde se jako nástroje nabízejí OP VVV resp. OPZ. Dalšími finančními nástroji disponuje Technologická agentura a MPO, v úvahu připadá i změna zákona o investičních pobídkách.

Projekty zavádějící technologie Průmyslu 4.0 budou z velké části investičně nesmírně náročné a je v zájmu společnosti, aby koncepce Průmyslu 4.0 byla uchopena rychle a v co nejširším společenském měřítku. Investiční náročnost zde chápeme nejen jako absolutní výši investovaných prostředků, ale také s ohledem na unikátnost řešení, a tedy i míru rizika s ním spojenou. Proto je účelné uvažovat o finanční podpoře z veřejných prostředků subjektům odvážně investujícím do takovýchto řešení. Současně je naprosto nezbytné počítat i s rozsáhlými investicemi do vědy, vzdělávání a do sociální oblasti. Finanční mechanismy mohou využívat řadu zdrojů, např. OP PIK a další relevantní operační programy či připravované finanční nástroje. OP PIK se jeví jako klíčový nástroj pro rozjezd aplikací Průmyslu 4.0 v příštích několika letech. Kromě programů Aplikace, Inovace, Spolupráce, ICT a sdílené služby či Vysokorychlostní internet, které lze aspoň částečně využít pro potřeby Průmyslu 4.0, by bylo možné uvažovat o vytvoření samostatného programu OP PIK s názvem Průmysl 4.0. Příležitosti a implikace Průmyslu 4.0 je nutné promítnout do Inovačních platform RIS3 strategie a potažmo ve výzvách v operačních programech navazujících na RIS3 strategii. Národní inovační platformy (NIP) jsou konzultační skupiny, které prostřednictvím Národního RIS3 manažera zřizuje Řídicí výbor RIS3. NIP jsou zřízeny pro navrhované domény specializace. NIP v sobě kombinují znalostní a hospodářské specializace. NIP představují fórum, které má iniciační a doporučující charakter. Výsledky jednání NIP jsou prostřednictvím Řídicího výboru předávány řídicím orgánům relevantních operačních programů k implementaci, která znamená zejména vyhlášení výzev v oblastech definovaných ze strany NIP. Prokazatelná schopnost pracovat v prostředí Průmyslu 4.0 navíc zásadně zvýší atraktivitu národního prostředí pro zahraniční investice, kde za jednu z dosavadních relativních výhod ČR kromě polohy, blízkosti trhů či tradice průmyslu byla považována i relativně levná kvalifikovaná pracovní síla, samozřejmě se zohledněním struktury a fází výroby a vazby na produktivitu práce. Je zcela nezbytné, aby MPO ve spolupráci s ÚVL, MF, MŠMT a TA ČR přistoupilo k návrhu, ověření a realizaci nových nástrojů financování aplikovaného výzkumu v oblasti Průmyslu 4.0, např. formou rizikového kapitálu, kombinace úvěru a dotace či financování revolvingového, zejména právě pro mimořádnou investiční náročnost výzkumu i průmyslových realizací.

Vedle investic do technických řešení a podpory inovací souvisejících s Průmyslem 4.0 bude třeba počítat také s finančními nároky programů, které nastartují potřebné změny ve vzdělávacím systému, zajistí příslušnou přípravu pracovníků na nové kvalifikační nároky, připraví vhodné podmínky na trhu

práce, v systému sociálního zabezpečení i v sociální politice. Získání prostředků adresně na tyto účely by mělo být jednou z priorit operačních programů OP VVV, OP PIK a OP Z v programovém období do roku 2020, případně programů TAČR a GAČR. Vzhledem k tomu, že všechny procesy změn, které se týkají lidí, jsou dlouhodobého charakteru, měly by se nové principy stát regulérní součástí politik Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy i Ministerstva práce a sociálních věcí a být financovány ze státního rozpočtu. Ministerstvo školství a Ministerstvo práce a sociálních věcí dosud jen s obtížemi reagují na současné potřeby, zaujmout stanovisko i k těm budoucím bude znamenat značný zásah do paradigmatu jejich uvažování.

11.1. Současný stav

Pokud se týká investic do výzkumu, orientační analýzou dat v Informačním systému VaV lze zjistit, že v pětiletém období 2010 – 2014 obdrželo přibližně 250 projektů veřejné prostředky na výzkum, který měl nějakou relevanci k tématům, která nyní nastoluje Průmysl 4.0. V těchto konkrétních letech tak bylo rozděleno přibližně 2.26 miliardy Kč z veřejných prostředků mezi zhruba 170 subjektů prostřednictvím 7 poskytovatelů. Lze konstatovat, že veřejné prostředky do relevantního výzkumu proudily, avšak v podstatě nahodile v podobě malých a krátkodobých projektů a ve zdrcující převaze do výzkumu na vysokých školách, kde je však naprosto převažující výsledek publikované sdělení a nepatrný přesah do relevantní praxe.

V oblasti lidských zdrojů by bylo možno podobně analyzovat například minulé operační programy OP VK (celková alokace 1.8 miliardy Kč, zde zejména prioritní osa 3 – Další vzdělávání) a OP LZZ (celková alokace přibližně 64 miliard Kč, zde zejména prioritní osa 2 – Aktivní politiky trhu práce)

11.2. Směry dalšího vývoje

- Je třeba nejdříve definovat strategickou roli státu, jak chce být angažován a podle toho pak hledat investiční nástroje.
- Systém sdílení best practices a zejména potřebných norem a standardů bude stejně důležitý jako přímá podpora.
- Realistické zdroje jsou ty stávající, tedy strukturální fondy, programy TAČRu a MPO, ty jsou relativně snadno dostupné a dobré projekty se k nim dostanou tak jako tak, bez nutnosti hlubších úprav. Účelné však bude například v definici výzev bonifikovat projekty, které mají ke koncepci Průmyslu 4.0 blízko. Problémem ovšem je jednoduše tuto skutečnost definovat.
- Finanční nástroje (typicky revolvingový investiční fond s účastí privátního kapitálu) se hodí jen na partikulární projekty malých a středních firem.
- Zásadní změny ve velkých podnicích bude třeba uvážit na úrovni individuálních pobídek na úrovni vlády.
- Významný bude fond typu Proof of Concept, který by měl rozhybat potenciál výzkumných institucí, zejména univerzit.
- V systému je rovněž zapotřebí počítat s mapováním institucí, která mají potenciál kompatibilní s konceptem Průmyslu 4.0 a aktivně je nabádat k tomu, aby své úsilí zaměřili tímto směrem. K tomu má nástroje zejména Technologická agentura ČR.
- Pro oblast lidských zdrojů a zaměstnanosti je třeba využít relevantní operační programy, konkrétně OP VVV a OP Z.

11.3. Klíčová témata

Rolí státu není jen přímá finanční podpora, ale především vytvoření potřebného prostředí, kdy lze skládat logickým způsobem malé sumy peněz a tvořit z nich systém. Vůbec nejdříve je tedy třeba definovat, kdo vlastně určuje finanční politiku v oblasti inovací, případně inovační politiku vůbec. Identifikovat neuralgické body, které má a může stát řešit. Do této pozice se staví Ministerstvo průmyslu a obchodu a musí svou roli naplňovat daleko důrazněji. Světoví leaderi v Průmyslu 4.0 své aktivity provádí i bez finanční podpory a ani stát by neměl dostatek finančních prostředků, aby projekty světových leaderů v konkurenceschopné podobě financoval. Proto jsou vhodné formy nepřímé finanční podpory. Platformou pro uplatnění přímé a nepřímé podpory, případně finančních nástrojů, pak musí být systemizovaný networking. Vhodné je například podpořit a propagovat funkční platformu, která bude tržištěm kapacit a nápadů. Pokud stát vytvoří systém, jednotlivé subjekty se pak mohou přihlásit k aktivitám státem vyvolaným. Finanční služby tedy nemají mířit na individuálního žadatele, ale musí změnit systém směrem k efektivitě. Role integrátora projektů – poskytovatele služby – je také v tom, že jednotlivé projekty formuje do větších celků, které jsou již zajímavé pro finanční investory.

Stejně důležitá jako přímá podpora bude i propojení firem a potřebných expertů. Firmy, které cestu Průmyslu 4.0 již nastoupily, například proto, že je k tomu stimulují jejich zahraniční mateřské centrály, by měly dostat prostor ke sdílení svých zkušeností s odbornou veřejností. Nezastupitelnou roli zde budou hrát profesní svazy a zejména Svaz průmyslu a dopravy ČR. Žádoucí je co nejširší medializace a osvěta, zejména co do hrozeb a příležitostí, tedy využití tisku a televize. Zde lze doporučit provedení předběžného průzkumu vnímání reálných hrozeb a povědomí o skutečných trendech u subjektů, které jsou Průmyslu 4.0 nejbližší s tím, jak reálně je pak ČR schopná se posouvat směrem k ekonomice s vyšší přidanou hodnotou v mezinárodní konkurenci. Spolupráce firemního a výzkumného sektoru musí být konečně povýšena na praktickou úroveň a ta centra, která jsou schopna ji opravdu zajistit, musí mít odpovídajícím způsobem navýšeny prostředky - to by mělo být úkolem jak centrálních, tak i krajských orgánů a municipalit. Musí zde však být respektována vazba úspěšnosti výzkumných center měřená schopností získat si prostředky komercializací výsledků. Na celostátní úrovni bude účelné vybudovat centrum rychlé výměny informací o potřebách a možnostech řešení, avšak nikoli cestou pasivního portálu, ale formou skupiny zkušených, patrně seniorních odborníků, vybavených co nejširším spektrem informačních zdrojů. Tento úkol by mohl navázat na aktivity Technologické agentury ČR v oboru zlepšování funkce státní správy. Zvláštní kapitolou pak budou banky, jejichž přístup k investicím je velmi konzervativní a odborná úroveň občas nízká, systematicky by měly dostávat podněty k tomu, aby si ujasnily, zda chtějí investovat peníze do projektů s jistou mírou rizika nebo dokonce do konkrétního prostředí.

Ke správnému zacílení podpory již dnes existuje řada vodítek. Národní priority orientovaného výzkumu definují nikoli prioritní sektory, ale výzkumné cíle. Mezi nimi lze identifikovat takové, které jasně směřují k záměrům Průmyslu 4.0, a ty dále dohledat v programech strukturálních fondů (OP PIK) a programech národních (Trio a Epsilon). Budoucí výzvy těchto programů pak nastavit tak, aby výše identifikované priority lépe respektovaly a prioritizovaly. Významným nástrojem, který již existuje, jsou programy Technologické agentury ČR Beta (naplňující výzkumné potřeby resortů, dosud hluboko pod odhadovanou absorpční kapacitou 3,2 mld Kč) a Omega pro společenskovední výzkum (absorpční kapacita kolem 7 mld Kč), které by si zasloužily pokračování i v budoucnosti. Zejména program na podporu aplikovaného společenskovedního výzkumu by měl dostat větší prostor, s ohledem na rozsah a závažnost problémů, které by měl pomoci řešit, a s ohledem na skutečnost, že veřejné prostředky jsou jediným zdrojem jeho financování.

OP PIK s celkovou alokací 120 miliard Kč by se měl stát klíčovým a ihned dostupným finančním nástrojem pro rozjezd a aplikaci Průmyslu 4.0 ve stávajícím programovacím období. Zde lze identifikovat jako vhodné zejména programy Aplikace, Potenciál, Inovační vouchery, Služby

infrastruktury, Spolupráce, Partnerství znalostního transferu, Pre-Commercial Public Procurement, Proof of Concept, ICT a sdílené služby a úplně jasná není situace kolem programu Vysokorychlostní internet. Bylo by žádoucí uvažovat o vytvoření samostatného programu Průmysl 4.0 směřovaného na systémovou kompatibilitu. Není však snadné stanovit jednoduché binární kritérium, který projekt by sem patřil a který nikoliv. Prioritní osa 1 – Rozvoj výzkumu a vývoje pro inovace – sama disponuje alokací 38,5 miliardy Kč, kterou je žádoucí s potřebami Průmyslu 4.0 propojit. Konkrétně můžeme hovořit o následujícím směřování:

- **Aplikace**

Cílem programu Aplikace je podpora průmyslového výzkumu a experimentálního vývoje vedoucích k zavádění inovací vyšších řádů a tvorbě mezinárodně konkurenceschopných produktů. Dotace v tomto programu jsou určeny pro podniky všech velikostí (samostatně či v konsorciu) a státem definované organizace pro výzkum a šíření znalostí. Program podporuje projekty částkou v rozmezí 1 - 100 mil. Kč. Výše dotace se odlišuje podle typu výzkumu a velikosti podniku. Maximální míra podpory na celý projekt je omezena na 70 %. Dotace se vztahuje na osobní náklady - mzdy výzkumníků, techniků a podpůrných asistentů, nákup nástrojů, přístrojů a vybavení formou odpisů, náklady na smluvní výzkum, poznatky a patenty zakoupené nebo pořízení v rámci licence z vnějších zdrojů, poradenské a rovnocenné služby využité výlučně pro účely projektu nakoupené pouze od výzkumných a vývojových institucí. Klíčové pro úspěch v soutěži je míra inovativnosti projektu, vysoký tržní potenciál a uplatnění vyvíjených produktů, milníky a výstupy, technická proveditelnost, kvalitně zpracovaný, podrobný a odůvodněný rozpočet projektu.

- **Potenciál**

Program Potenciál podpoří investice do kvalitního podnikového zázemí pro realizaci průmyslového výzkumu. Projekty by měly rovněž stimulovat aktivity prohlubující spolupráci firem s výzkumnými a vývojovými organizacemi. Dotaci mohou získat podniky všech velikostí, které již realizují, případně uvažují o svém vlastním průmyslovém výzkumu, projekt musí být realizován mimo území hl.m. Prahy. Na jeden projekt lze získat dotaci ve výši 2 - 150 mil. Kč. Dotace se vztahuje na potřebné výzkumné vybavení, především na pořízení strojů, technologií, hardware či sítí, na nákup pozemků a budov, novostavby i rekonstrukce či služby projektantů, na pořízení software, licencí, práv duševního vlastnictví. Malé a střední podniky mohou získat i dotaci na relevantní provozní náklady jako mzdy pro absolventy, pojistné s poradenské služby. Musí existovat reálný předpoklad, že výstupy výzkumu budou využity ve výrobě. Příkladem projektů mohou být kompletní výzkumná centra, centra pro sestavení, přípravu a zkoušky prototypů v rámci průmyslového výzkumu, výzkumné dílny, laboratoře vybavení CAD, CAM, simulace + hardware v rámci průmyslového výzkumu.

- **Inovační vouchery**

Cílem programu je poskytovat podnikům prostředky na nákup expertního know-how, které pomůže k rychlému rozvoji jejich podnikání. Dotace je určena pro podniky, podnikatelská seskupení, orgány státní správy a samosprávy, organizace pro výzkum a šíření znalostí a také pro neziskové organizace. Na jeden projekt je možné získat dotaci v rozmezí 80 - 500 tis. Kč a vztahuje se na externí služby poskytované organizací pro výzkum a šíření znalostí nebo na osobní náklady a vybrané provozní náklady provozovatele inovační infrastruktury. Podporované aktivity jsou pořízení poradenských, expertních a podpůrných služeb v oblasti inovací od výzkumných organizací.

- **Služby infrastruktury**

Program Služby infrastruktury podporuje projekty spolupráce podnikatelů a výzkumných organizací. Investice půjdou do rozvoje vědeckotechnických parků, inovačních center a inkubátorů. Programu mohou využít podnikatelské subjekty, sdružení podnikatelů, územní samosprávné celky a jejich

svazky, veřejné výzkumné instituce, vysoké školy a ostatní vzdělávací instituce, rovněž provozovatelé stávajících vědeckotechnických parků, podnikatelských inkubátorů a center pro transfer technologií. Projekt nesmí být realizován na území hl. m. Prahy.

- **Spolupráce**

Cílem programu je rozvoj inovačních sítí – klastrů, technologických platforem a dalších typů kooperačních sítí. Jedná se o nástroj pro zvýšení intenzity společných výzkumných, vývojových a inovačních aktivit mezi podnikatelskými subjekty a výzkumnou sférou. Podporované aktivity jsou zejména kolektivní výzkum - výzkumné a vývojové aktivity, které odpovídají inovačním potřebám malých a středních podniků daného průmyslového odvětví nebo specifické technologické oblasti v rámci klastru. Rovněž je podporována internacionalizace klastru - navazování spolupráce v evropském výzkumném prostoru, zapojování se do přeshraničních sítí excelentních klastrů (s důrazem na budoucí výzvy a klíčové technologie), koordinovaný přístup na třetí trhy, apod. Podpora je poskytována formou dotace ve výši 0,5 mil. Kč – 16 mil. Kč. Dotace pokrývá dlouhodobý hmotný a nehmotný majetek, osobní náklady, služby poradců, expertů, studie, náklady výzkumných a vývojových projektů, tj. zejména osobní náklady VaV pracovníků, smluvní výzkum a další nezbytné externí služby pro účely VaV projektu, semináře, konference, marketing.

- **Partnerství znalostního transferu**

Cílem programu je podpora spolupráce malých a středních podniků s výzkumnými organizacemi. Dotace v tomto programu je určena podnikům, podnikatelským seskupením a také organizacím pro výzkum a šíření znalostí jako jsou orgány státní správy a samosprávy, organizace pro výzkum a neziskové organizace. Jeden projekt může získat dotaci 0,5 - 3,5 mil. Kč. Dotace se vztahuje na osobní náklady pracovníků zapojených do realizace projektu a relevantní služby partnerské organizace. Podporovanou aktivitou je znalostní transfer realizovaný za účasti absolventa magisterského či doktorského studia přímo v provozovně podniku za dohledu vybraného expertního pracoviště.

- **Pre-Commercial Public Procurement**

Programu využívá zejména veřejný sektor, který díky němu může snížit riziko neefektivního zadávání veřejných zakázek. Program financuje vývoj inovativních řešení, dotace se tedy vztahují i na výzkumné a vývojové aktivity firem, jež tak mohou investovat do produktů či služeb, o které bude mít veřejný sektor doopravdy zájem. Dotaci mohou získat podnikatelské subjekty, výzkumné organizace, subjekty státní správy a územní samosprávy a přímo řízené organizace a organizační složky státu. Výhodou programu je lepší příprava na oslovení budoucích dodavatelů, investice do nových obchodních příležitostí je částečně hrazena z veřejných prostředků a pozitivní vliv soupeření vyplývající ze soutěže s ostatními dodavateli. Podporovanými aktivitami jsou veřejné zakázky na služby v oblasti výzkumu a vývoje, veřejný sektor poptává a zadává řešení VaV u podniků a následně sdílí rizika a benefity.

- **Proof of Concept**

Slouží k „ověřování koncepce“, v tomto smyslu ověřování komerčního potenciálu výsledků výzkumu a vývoje. Především se jedná o dodatečný výzkum s dodatečnými nároky na finanční zdroje. Patentová ochrana, finanční poradenství vytváření sítě kontaktů apod. by měly být obecně financovány v rámci činností pracovišť transferu technologií. Dotaci mohou získat podnikatelské subjekty (zejména malé a střední podniky) a výzkumné organizace.

- **ICT a sdílené služby**

Cílem programu je podpora všech typů podnikatelských subjektů, které se zaměřují na vývoj softwaru, provozování datových center anebo vytváří tzv. centra sdílených služeb. Podporovanými aktivitami jsou tvorba moderních a pokrokových digitálních služeb a aplikací, zřizování a provoz center sdílených služeb a budování a modernizace datových center.

- **Vysokorychlostní internet**

Cílem programu je modernizace a rozšiřování infrastruktury pro vysokorychlostní přístup k internetu, zejména pokrývání tzv. bílých míst, kde takový přístup zatím neexistuje. Předpokládané podporované aktivity budou modernizace, resp. rozšiřování stávající infrastruktury pro vysokorychlostní přístup k internetu využitím optických prvků, zřizování nových sítí sestávajících z části nebo plně z optických vedení pro vysokorychlostní přístup k internetu umožňující vysokou přenosovou rychlost a vytváření pasivní infrastruktury pro podporu budování sítí vysokorychlostního přístupu k internetu zejména v lokalitách předpokládaného budoucího stavebního rozvoje.

11.3.1. Další možnosti finanční podpory

Národní inovační fond

Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR rovněž připravuje Národní inovační fond (NIF) dotovaný 1,3 miliardou Kč s následujícími parametry: základní vizí projektu NIF je aktivizace trhu rizikového kapitálu vedoucí k pozvednutí podnikatelského ducha v České republice. Podstatou NIF je realizace nástroje státní podpory ve formě kapitálových vstupů, a to jak do vlastního kapitálu (ekvita), tak i s využitím dalších forem financování jako jsou konvertibilní půjčky, mezzaninové financování apod. (kvazi-ekvita).

Jedná se o návratnou formu podpory, kdy vynaložené prostředky budou moci být v budoucnu po ukončení prvního kola investic částečně navraceny a opětovně využity - investovány k podpoře dalších projektů. Primárně půjde zejména o investice do mladých inovativních firem a jejich projektů zaměřených zejména na komercializaci výsledků výzkumu a vývoje, jejichž přístup k financování běžnými komerčními úvěry nebo soukromými investory je omezený. Oblasti investiční strategie NIF, které v současnosti soukromé fondy rizikového kapitálu v ČR pokrývají pouze okrajově, se týkají např. prvotních (prototypových) fází a high-tech oborů mimo ICT s delší dobou návratnosti a vysokou kapitálovou náročností. NIF IS (investiční společnost) bude investovat vždy za spoluúčasti prověřených soukromých investičních partnerů a jejich kapitálu (s výjimkou podpory pre-seed aktivit veřejných VO, zmíněných v předchozím textu), čímž bude dosažena synergie se soukromým investičním sektorem a též podpořen výběr ekonomicky smysluplných projektů. Měl by být také vytvořen NIF Network jako podpůrná síť kontaktů pro high-tech firmy. Součástí podpory rizikového kapitálu by měl být též fond zaměřený na proof of concept, zmíněný v předchozím textu, a aktivity, které s ním bezprostředně souvisejí.

Zákon o investičních pobídkách

Stávající zákon o investičních pobídkách umožňuje podpořit kvalitní projekty, které jsou kompatibilní se směřováním Průmyslu 4.0. Investor z oblasti zpracovatelského průmyslu, strategických služeb a technologických center, nově přichodí i stávající, může získat slevu na dani z příjmů po dobu 10 let. Rovněž může čerpat hmotnou podporu na vytváření pracovních míst, školení a rekvalifikaci. Další formou je institut strategické investiční akce. To znamená, že kromě standardních investičních pobídek mohou takto označené projekty získat hmotnou podporu na kapitálovou investici až do výše 5 % nákladů. Tato podpora se týká zpracovatelského průmyslu a technologických center. O podpoře jednotlivých projektů, které splní podmínky, rozhoduje vláda České republiky. V případě koncepce

novely zákona, která by výrazněji bonifikovala projekty Průmyslu 4.0, je potřeba mít na paměti, že investiční pobídky jsou poskytovány zákonem a na zákon jsou v řadě aspektů kladeny vyšší nároky než na běžné programy podpory co se týče, přesnosti, jednoznačnosti a to tak, aby právo bylo předvídatelné, srozumitelné a každý si mohl dovodit, jaká práva a povinnosti mu plynou z platné právní regulace a jaká může mít legitimní očekávání. Základním problémem je tedy nutnost jednoduchého binárního kritéria, co projekt Průmyslu 4.0 ještě je a co už není.

Trio

Program Trio administrovaný Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR s předpokládanou alokací 3,7 miliardy Kč podporuje aplikovaný výzkum a experimentální vývoj. Jeho cílem je zvýšit využití výsledků výzkumu a vývoje v technologiích využívaných v podnikové sféře. Program také usiluje o posílení spolupráce mezi podniky a výzkumnými organizacemi. Oblastí podpory relevantní pro Průmysl 4.0 jsou fotonika, mikro- a nanoelektronika, nanotechnologie, pokročilé materiály a pokročilé výrobní technologie. Důraz bude kladen na ekonomické oblasti, ve kterých ČR disponuje významným růstovým potenciálem. Dotaci mohou získat podniky výzkumné organizace na celém území ČR, tj. včetně hl. m. Prahy. Dotace pokrývá osobní náklady nebo výdaje v rozsahu nezbytném pro řešení projektu - výzkumní a techničtí pracovníci a ostatní podpůrný personál, náklady nebo výdaje na služby, dodatečné režijní náklady, výdaje na materiál. Podporu je možné získat na projekty aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje, které budou využívat a dále rozvíjet potenciál v oblasti klíčových technologií. Jde o technologie náročné na znalosti a kvalifikovanou pracovní sílu, vyžadující zásadní podíl výzkumných aktivit a s rychlými inovačními cykly.

Mimořádně důležitou roli hraje v relevantní veřejné podpoře Technologická agentura ČR, a to svými programy Gama a Epsilon, případně dalšími, které nyní koncipuje.

Gama

Cílem programu je podpořit a významně zefektivnit transformaci výsledků výzkumu a vývoje do praxe. Dotaci mohou získat výzkumné organizace a podniky. Hlavním cílem programu je podpořit a významně zefektivnit transformaci výsledků výzkumu a vývoje, ke kterým došly výzkumné organizace – buď samy, nebo ve spolupráci s firmami. Program Gama podpoří i inovace v malých a středních podnicích, které budou mít možnost získat dotaci na využití výsledků již realizovaného výzkumu v laboratořích výzkumných organizací. Program je zaměřen na podporu ověření výsledků aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje z hlediska jejich praktického uplatnění a na přípravu jejich následného komerčního využití, především pomocí prodeje licencí a zakládání spin-off firem.

Epsilon

Cílem programu je podpora aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje. Dotaci mohou získat podniky a výzkumné organizace, program se vztahuje na celou ČR, včetně hlavního města Prahy. Program podporuje aplikovaný výzkum a experimentální vývoj. Je zaměřen na zlepšení pozice českého průmyslu pomocí podpory projektů, jejichž výsledky mají vysoký potenciál pro rychlé uplatnění v nových produktech, výrobních postupech a službách.

Za zmínku stojí i dobíhající programy Beta (veřejné zakázky ve výzkumu), Omega (projekty v oblasti aplikovaných společenských věd) a Centra kompetence (konsorcia se strategickými dlouhodobými cíli), které nastartovaly řadu aktivit, využitelných pro účely koncepce Průmyslu 4.0 i v budoucnu.

Nezbytné investice však musí zamířit i do vzdělanosti a přípravy lidských zdrojů.

Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání (OP VVV) dává Ministerstvu školství příležitost racionálně rozdělit celkem 75 miliard Kč. Relevantní pro potřeby Průmyslu 4.0 jsou zejména prioritní osy PO1: Posilování kapacit pro kvalitní výzkum, zaměřena na dosažení špičkové úrovně českého výzkumu v mezinárodním měřítku a PO2: Rozvoj vysokých škol a lidských zdrojů pro výzkum a vývoj, a také v části PO3 – zejména v rámci specifického cíle 2: Zlepšení kvality vzdělávání a výsledků žáků v klíčových kompetencích, a specifického cíle 5: Zvýšení kvality vzdělávání a odborné přípravy včetně posílení jejich relevance pro trh práce.

Operační program Zaměstnanost

Cílem Operačního programu Zaměstnanost (OP Z) v gesci MPSV je zlepšení lidského kapitálu obyvatel a veřejné správy v ČR, adaptability zaměstnanců a zaměstnavatelů, dalšího vzdělávání, což jsou všechno parametry, potřebné pro koncept Průmyslu 4.0, soustředěné zejména do Prioritní osy 1: Podpora zaměstnanosti a adaptability pracovní síly. Celková alokace programu OP Z je přibližně 70 miliard Kč.

Z uvedeného pohledu je zřejmé, že jsou k dispozici obrovské prostředky, které je však potřeba koncepčně napřít žádoucím směrem.

11.4. SWOT analýza

Silné stránky

- Obecně deklarovaný zájem státu investovat do podpory výzkumu a vývoje
- Existuje řada programů podpory, které mohou vhodnou interpretací podpořit investice do projektů Průmyslu 4.0 a to jak ve výzkumu, tak ve vzdělanosti a rozvoji lidských zdrojů.
- Lze očekávat, že zahraniční mateřské firmy budou investovat do svých tuzemských dcer ve smyslu přizpůsobení jejich platforem na potřebnou úroveň

Slabé stránky

- Průmysl 4.0 není zmíněn v základním dokumentu, jakým je Národní politika výzkumu, vývoje a inovací ČR na léta 2016 - 2020 s výhledem do roku 2025
- Průmysl 4.0 není součástí Národní výzkumné a inovační strategie pro inteligentní specializaci České republiky (RIS3)
- Chybí definice národní finanční politiky v oblasti inovací a resortu, který by za ni odpovídal
- Veřejné prostředky do relevantního výzkumu proudí, ale v nedostatečné míře a nahodile
- Veřejné prostředky na podporu vzdělanosti byly v minulosti investovány značně nahodile

Příležitosti

- Koncentrovat prostředky kolem nosných témat
- Koncentrovat výzkumné kapacity i lidský potenciál tak, aby se dosahovalo nadkritického množství obojího

Hrozby

- Nepochopení koncepce a hlavně nevyhnutelnosti Průmyslu 4.0

- Pokračující roztříštěnost politik a zodpovědností za jejich prosazování

11.5. Aktuální výzvy a jejich možná řešení

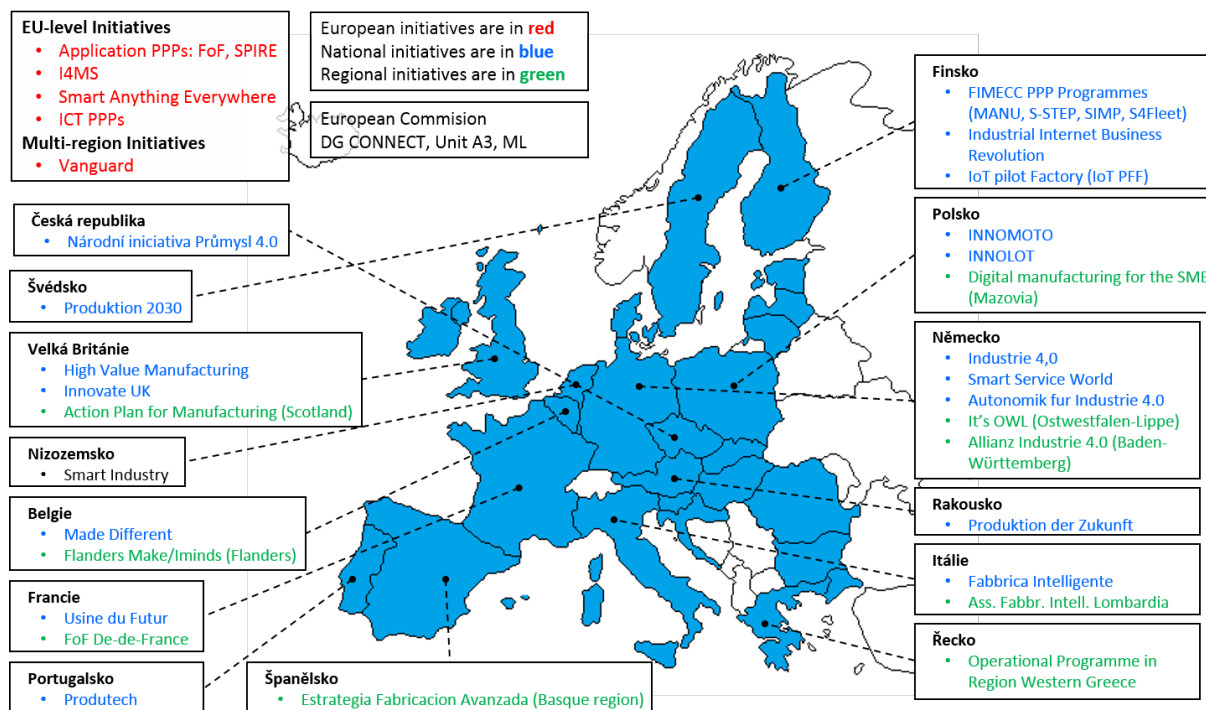
Chybí definice národní finanční politiky v oblasti inovací	Možná řešení: • Definovat národní finanční politiku v oblasti inovací tak, aby národní a evropské finanční zdroje cíleně směřovaly k řešení výzev, definovaných v tomto dokumentu a jejich využití bylo kontrolovatelné a zneužití postihnutečné
Chybí pověření určitého resortu zodpovědností za národní finanční politiku v oblasti	Možná řešení: • Pověřit Ministerstvo průmyslu a obchodu zodpovědností za národní finanční politiku v oblasti inovací
Prostředky do orientovaného výzkumu proudí nahodile	Možná řešení: • Stanovit parametry a kritéria, která umožní kvalifikované odlišení projektů kompatibilních s cíly Průmyslu 4.0 od těch, které to jen předstírají
Chybí kritická masa infrastruktury a lidských zdrojů, alokovaná na aktuální výzvy orientovaného výzkumu	Možná řešení: • S využitím výše uvedené parametrizace bonifikovat subjekty, které zaměřují orientovaný výzkum žádoucím směrem, a to i na úkor ostatních
Státní správa neumí definovat své výzkumné potřeby	Možná řešení: • Využít programy Beta a Omega k naplňování potřeb státní správy, souvisejících s konceptem Průmyslu 4.0, zejména analytických podkladů pro klíčová rozhodnutí
Banky jsou často velmi konzervativní v investování do nových technologií	Možná řešení: • Poskytnout bankovnímu sektoru dostatečnou osvětu
Investovat do výchovy mladých talentů a jejich příchodu ze zahraničí	Možná řešení: • Využít OP VVV
Investovat do rekvalifikace pracovní síly	Možná řešení: • Využít OP Z • Využít v relevantních případech prostředky aktivní politiky zaměstnanosti

Seznam doporučených opatření pro implementaci Průmyslu 4.0

Přílohy

Příloha ke kapitole 1

Obrázek 3: Mapa iniciativ evropských zemí



Tabulka 2: Situace v oblasti podpory výzkumu a vývoje pro Průmysl 4.0 v ČR a ve světě

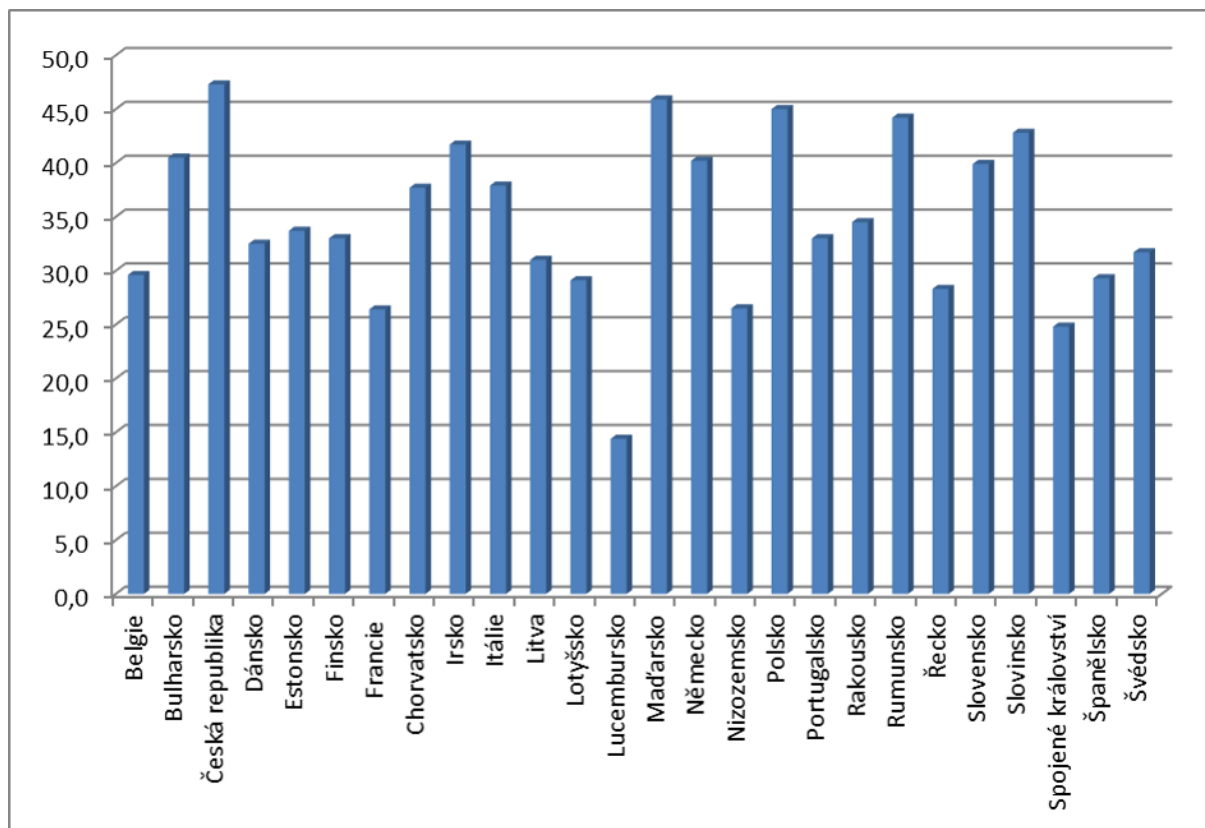
Země	Investice do Průmyslu 4.0	Zaměření	Obory	Řízení VaV pro Průmysl 4.0
Německo	200mil. EUR	Přenos Industrie 4.0 z výzkumu do praxe Standardizace a IT architektury IT bezpečnost Kvalifikace pracovní síly Nástroje pro posouzení a využití, best practices	Strojní výroba, elektrotechnika a chemický průmysl v první řadě, ale jinak výroba bez omezení	Platforma Industrie 4.0, pracovní skupiny, představenstvo a řídicí výbor (obsazeno klíčovými firmami), 20 „Testbets“, 80 partnerů, 200x best practice

Rakousko	Žádné specifické financování, témata zařazena do 2 existujících národních programů, 20 mil EUR věnováno na profesury, lidské zdroje, zapojení do kooperativních EU projektů	Vývoj technologií pro výrobní procesy Asistenční systémy pro kooperaci člověk-stroj Monitorování a řízení výrobních zařízení Integrovaný vývoj produktů a procesů CPS	Nebyly definovány	Existuje platforma řízená ministerstvem, velmi pestré zastoupení, silná pozice průmyslu
Nizozemí		Vestavěné systémy Mechatronika a výroba High-tech materiály Nanotechnologie ICT	Zemědělství, potravinářství Chemický průmysl Energetika High-tech systémy a materiály Zdravotnictví Logistika Vodní hospodářství	
Francie	Program „Invest for the Future“ – podpora a vratné půjčky ve výši 305 mil. EUR (program PIAVE), a 425 mil. EUR z fondu průmyslových firem (SPI), Masívní daňové odpisy	3 národní programy excelence: Pokročilá výroba s přidanou hodnotou Virtuální podnik a internet věcí Virtuální realita	Ekologická průmyslová výroba Chemické materiály Primární zpracování surovin Smart cities Eco-mobilita, automobilový průmysl Doprava budoucnosti Zemědělství Digitální ekonomika Chytré spotřební výrobky Digitální bezpečnost Medicina budoucnosti	Vytvořena Future Technology Platform umožňující firmám ověřovat moderní automatizaci a digitální výrobní technologie Síť regionálních platforem umožňujících totéž na regionální úrovni plus výchovu/trénink pracovníků

Švédsko	Industry 4.0 je jenom jedním z témat 3 inovačních programů, věnováno 5 mil EUR, zbytek od firem	3 národní inovační programy: Výroba 2030 Internet věcí Procesní IT a automatizace	Výroba Automobilový průmysl Elektronický průmysl Automatizační průmysl Zpracovatelský průmysl Letecký průmysl Softwarový průmysl	Projekty jsou financovány především formou Partnership Programmes, kde akademické instituce získávají 100% financování, a podniky vkládají vždy stejnou jako kofinancování. Proto projekty jsou stanovovány především průmyslem a výzkum má charakter kolaborativního výzkumu.
Finsko	€157M celkem: VTT ProIoT program €90M, Tekes €14,2M = 56 firemních projektů, €3M na 15 R&D projektů, €50M Ind. Internet	1. Informační management a analýzy, kybernetická bezpečnost 2. Konektivita 3. Propojené sensory 4.1 Globální správa aktiv (CBM, vzdálený monitoring, digitální součástky) 4.2 Inteligentní infrastruktury 4.3 Digitální společnost		VTT - produktivita IoT, Tekes - program pro Industriální internet, Digile SHOK (IoT, D2I), FIMECC (S-step, S4Fleet)
Japonsko		• ICT smart town • G-spatial city • Smart agriculture	ICT Robotika	Smart Japan ICT strategy – diskusní iniciativa průmyslu zaměřená na vývoj technologických standardů. Robot revolution
USA	700 mil EUR, Národní program má charakter zastřešující iniciativy pod níž se realizuje větší počet individuálně zaměřených iniciativ	Pokročilá výroba Digitální výroba a design Lehké a moderní materiály Nová generace výpočetních a výrobních prostředků Nové generace výkonové elektroniky Robotika	Všechna odvětví	Budování národních výzkumných center

Příloha ke kapitole 2

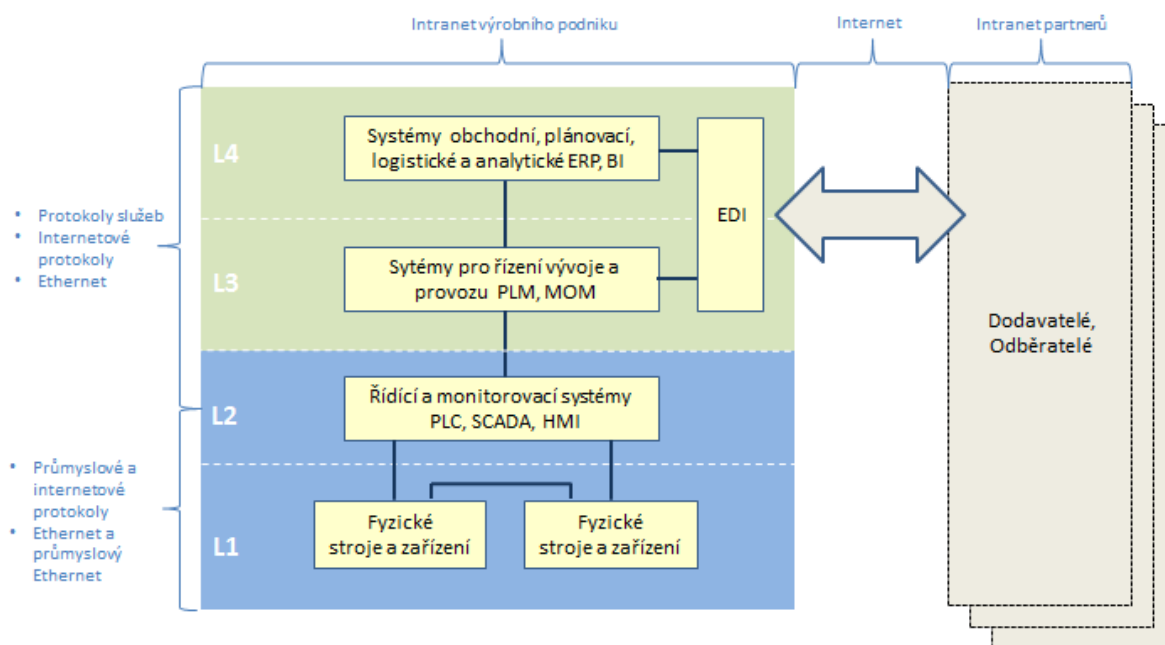
Obrázek 4: Postavení průmyslu v České republice - procentní podíl na celkové podnikové ekonomice státu měřený přidanou hodnotou v nákladech na výrobní činitele.



Zdroj: Eurostat

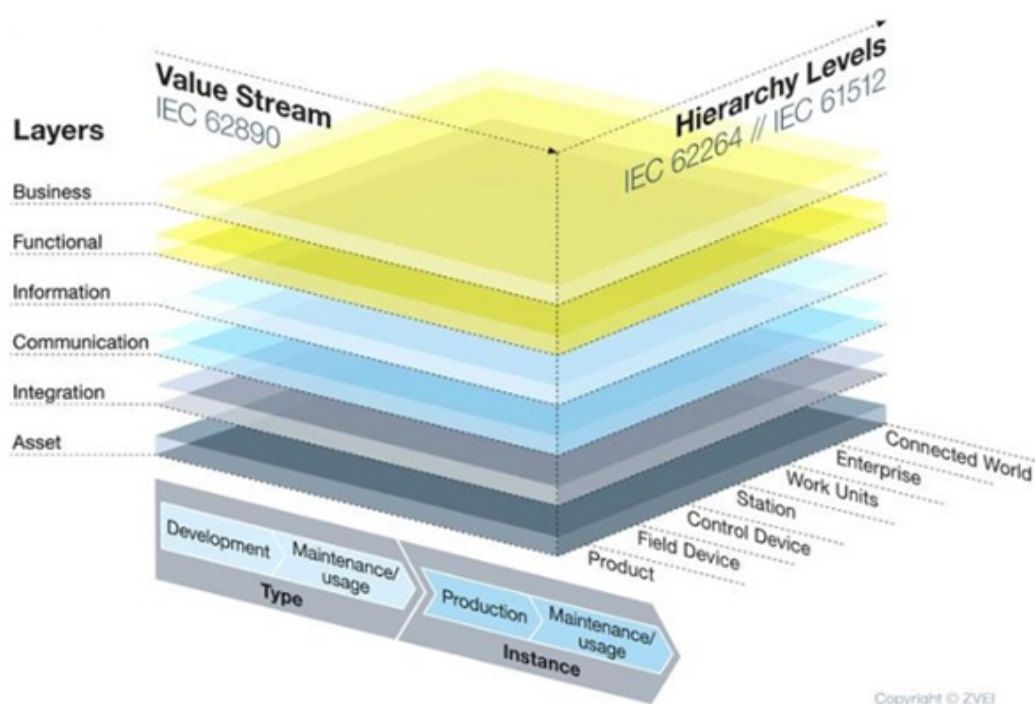
Příloha ke kapitole 3

Obrázek 5: Horizontální a vertikální integrace



Obrázek (dle ISA-95) znázorňuje **vertikální rovinu** v rámci jednoho výrobního podniku, na které lze stávající stav popsat ve čtyřech úrovních. Úrovně L1 a L2 znázorňují technologickou oblast řídicí techniky a automatizace, kde zařízení na L1 fyzicky vykonávají samotný výrobní proces a L2 jeho řízení, dohled a předávání dat nadřazeným informačním systémům. Komunikace v L1 a směrem k L2 je časově kritická, typicky nepřenáší příliš velké objemy dat a je často realizována prostřednictvím průmyslového Ethernetu a průmyslových protokolů. Protokoly Internetu se dostávají i sem, ale ne v takové míře jako při komunikaci na ostatních úrovních. Úrovně L3 a L4 znázorňují oblasti podnikových informačních systémů, kde je komunikace typicky realizována prostřednictvím komunikačních protokolů Internetu a protokolů standardizovaných služeb. Struktura datových zpráv, které si jednotlivé IT systémy mezi sebou vyměňují, není standardizována a obvykle je vyvíjena na míru dle konkrétních požadavků na integraci a dle nabízeného rozhraní, které mají jednotlivé systémy od výrobců implementovány.

Obrázek 6: Referenční model RAMI



Zdroj: Zvei, Reference Architectural Model Industrie 4.0,
http://www.channel-e.de/uploads/media/ZVEI_Referenzarchitektur_fuer_Industrie4.0.jpg

Model RAMI předkládá a nastavuje platformu, na které se dále počítá s vytvářením specifických odvětvových architektur pro Industrie 4.0 a jejich konkretizací.

Příloha 3.1: Problémy, které je třeba řešit před nasazením AR v průmyslu

- Volba technologie - brýle, poloprůhledná zrcadla, tablety, chytré čočky.
- Rozpoznávání obrazu (analýza big-data - veliký tok obrazové informace, otázka distribuce zátěže klient versus výpočetní server).
- Přenosy velkého množství dat bezdrátovou technologií.
- Přesná lokalizace ve 3D - jak pozice uživatele, tak měnícího se 3D okolního prostředí, rozmístění pomocných značek, RFID k objektům pro lepší rozpoznávání.
- Unifikované UI rozhraní, případně ovládání bez ovladače (leap motion, body tracking), potřeba rozšířit standardní nástroje o IT rozhraní a integrovat je do procesu práce v AR prostředí (inteligentní šroubovák předávající údaje o počtu otáček a vyvinuté síle, dávkovače mazadel, lepidel, apod.)
- Zdravotní problémy - často detekovaná nevolnost při delší práci s AR brýlemi.
- Definování a naplnění strukturovaných dat pro složité 3D modely (výrobky), které budou vhodné pro rozpoznávání a augmentování výrobku (při opravách/servisu).
- Metody pro vhodné zobrazování anotací a technologických postupů (problém úplnosti versus nepřehlednosti prezentovaných údajů).
- Proměnlivost okolního prostředí (změny osvětlení, pohybující se objekty, apod.) snižuje robustnost řešení a vyžaduje jak pokročilé zobrazovací metody zahrnující psychologické aspekty, tak rozpoznávací algoritmy s prvky umělé inteligence.

Příloha ke kapitole 4

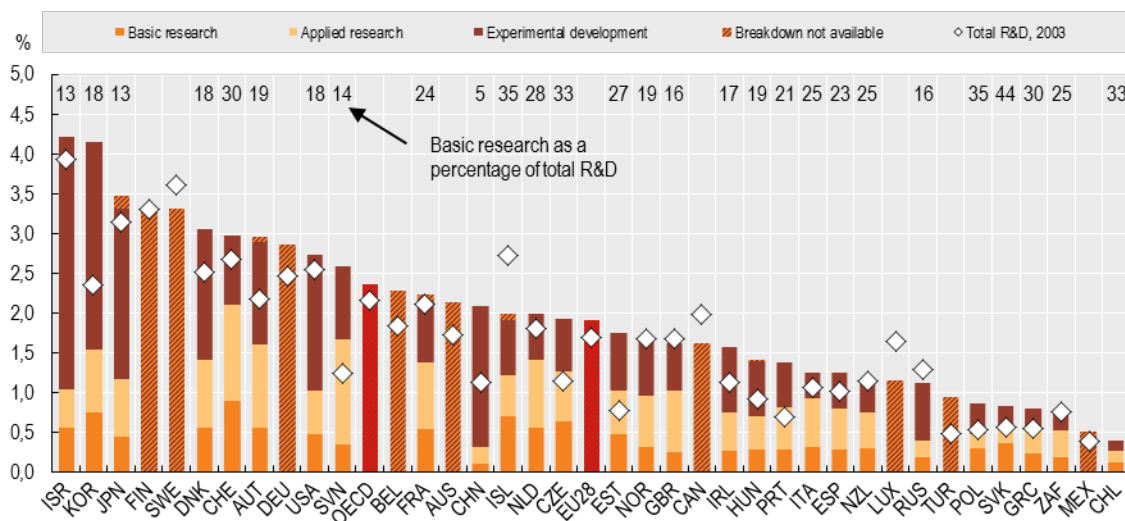
Příloha 4.1 Stav aplikovaného výzkumu

Cílem této přílohy je popsat současný stav aplikovaného výzkumu v ČR z několika úhlů pohledu. V první části je zhodnocen stav financování aplikovaného výzkumu v kontextu financování VaV v ČR, druhá část se věnuje posouzení vývoje počtu výsledků aplikovaného výzkumu v kontextu celkové produkce výsledků VaV a ve třetí části je naznačeno, jaké jsou v ČR podmínky pro transformaci výsledků aplikovaného výzkumu do inovací.

Pozice aplikovaného výzkumu v celkových výdajích na VaV

Celkové výdaje na VaV dosáhly v ČR v roce 2014 výše 85,1 mld. Kč, což představuje 2 % HDP. Z tohoto objemu výdajů na VaV bylo 69 % využito pro realizaci aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje a 31 % pro realizaci základního výzkumu. Tato struktura výdajů na VaV podle typu výzkumných činností je v ČR dlouhodobě stabilní a nevykazuje výraznější výkyvy. V mezinárodním porovnání však patří ČR k zemím s relativně nižším podílem výdajů na aplikovaný výzkum a experimentální vývoj ve struktuře celkových výdajů na VaV, což je vzhledem k výrazné průmyslové orientaci české ekonomiky pozoruhodné. Například v Rakousku vynakládají výzkumné organizace a podniky na AV a EV 81 % celkových výdajů na VaV, v Dánsku či Spojených státech 82 %, ve Velké Británii 84 % a v Izraeli dokonce 87 %.

Obrázek 7: Výdaje na VaV podle typu výzkumné činnosti, v roce 2013



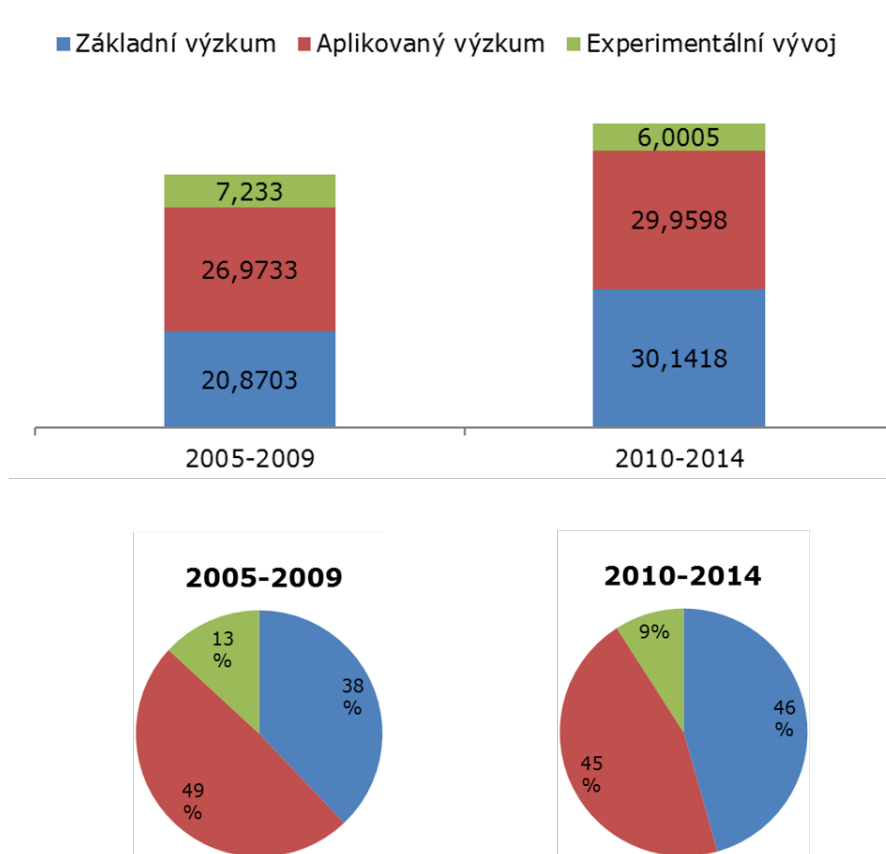
Zdroj: OECD, Main Science and Technology Indicators Database, www.oecd.org/sti/msti.htm, and Research and Development Statistics Database, www.oecd.org/sti/rds, June 2015.

Dominantní objem výdajů na AV a EV je v ČR realizován pochopitelně v podnikatelském sektoru (79 % celkových výdajů na AV a EV). Z hlediska sektorové struktury výdajů na AV a EV je však zajímavý nárůst podílu AV a EV realizovaného ve vysokoškolském sektoru, kde je realizováno 16 % výdajů na AV a EV a naopak pokles podílu vládního sektoru (dominantně AV ČR), kde je realizováno 5 % výdajů na AV a EV. Nárůst výdajů na AV a EV ve vysokoškolském sektoru je patrný zejména po roce 2010, což může souviset s investicemi vysokých škol do rozvoje aplikačně zaměřených regionálních center VaV a s intenzivnějším zapojením vysokých škol do programů Technologické agentury ČR.

Podpora aplikovaného výzkumu z veřejných prostředků

Podpora AV a EV ze státního rozpočtu v ČR příliš neodpovídá dynamice celkových výdajů na tento typ VaV aktivit. V porovnání období 2005 – 2009 a 2010 – 2014 sice došlo k růstu podpory na projekty AV a EV, konkrétně z 34 mld. Kč na 36 mld. Kč, ve struktuře celkové podpory na projekty VaV však došlo k relativnímu snížení podpory AV a EV ve prospěch základního výzkumu. Zatímco v období 2005-2009 tvořila podpora projektů VaV ze státního rozpočtu 62 % celkové projektové podpory, v období 2010 – 2014 se tento podíl snížil na 54 %.

Obrázek 8: Celkový objem podpory projektů VaV (v mld. Kč) a její struktura podle typu VaV aktivit (v %)

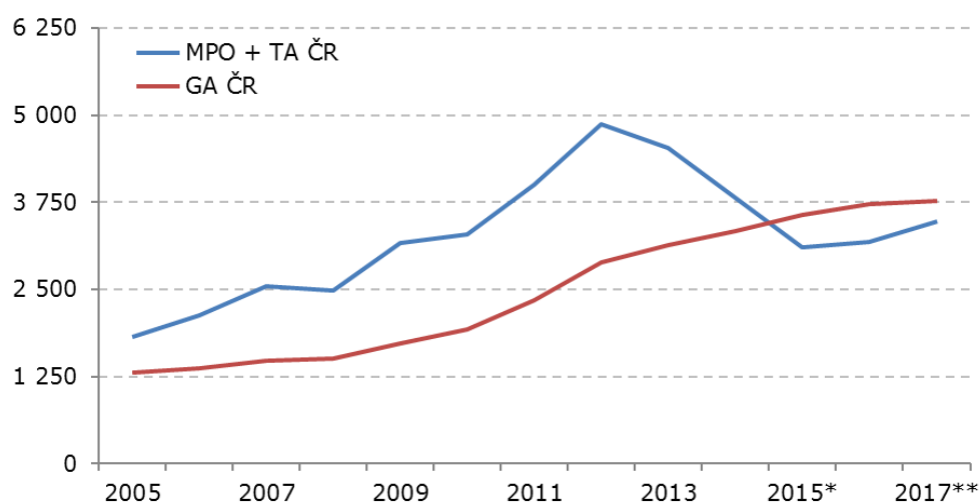


Zdroj: Vlastní výpočty podle IS VaVaI (CEP)

Také v mezinárodním srovnání je v ČR podíl veřejné podpory na AV a EV v celkové podpoře VaV poměrně nízký. Přestože přesné údaje nelze spolehlivě získat (např. institucionální podporu lze k jednotlivým typům aktivit VaV jen obtížně přiřadit), i hrubý odhad struktury projektové podpory z veřejných prostředků ukazuje, že v ČR tvoří podpora AV a EV z okolo 54 % celkové účelové podpory zatímco v zemích jako je USA, Japonsko nebo Čína je na podporu AV a EV vynaloženo více než 70 % celkové veřejné podpory.

Z hlediska rozpočtu jednotlivých poskytovatelů podporujících VaV došlo od roku 2012 k výraznému poklesu objemu prostředků na účelovou podporu AV a EV Ministerstva průmyslu a obchodu (ukončení programu TIP), který nebyl dostatečně kompenzován navýšením objemu podpory poskytované Technologickou agenturou ČR. Objem účelové podpory na základní výzkum alokovaný prostřednictvím GA ČR tak v roce 2015 poprvé převýšil objem účelové podpory na AV a EV poskytovaný v součtu z rozpočtových kapitol MPO a TA ČR.

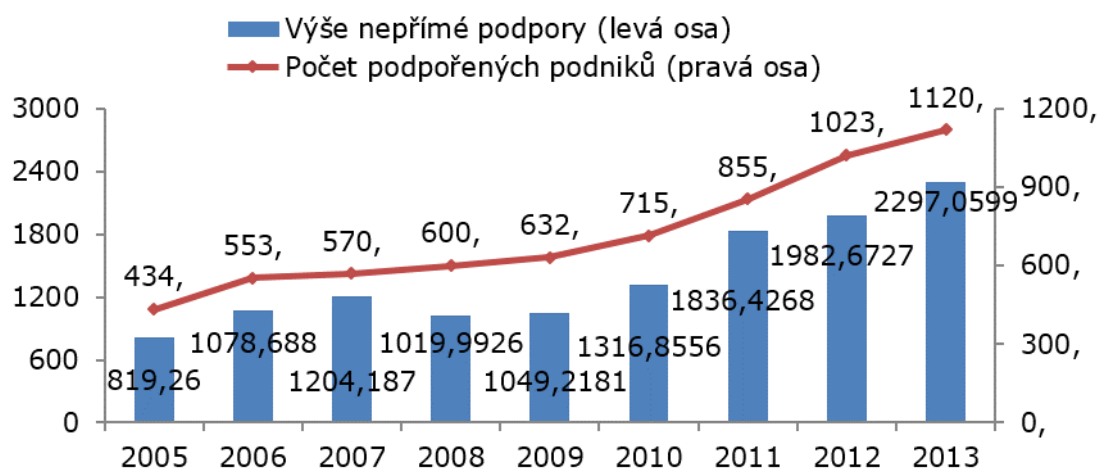
Obrázek 9: Účelová podpora VaV poskytovaná z rozpočtových kapitol MPO, TAČR a GAČR (v mil. Kč)



* Pro rok 2015 se jedná o schválený rozpočet, ** pro roky 2016 – 2017 se jedná o schválený rozpočet a střednědobý výhled rozpočtu. Zdroj: Státní závěrečné účty 2005-2014, Schválený rozpočet na rok 2015 a výhled rozpočtu na roky 2016 a 2017.

Kromě přímé podpory AV a EV je významným nástrojem pro stimulaci tohoto typu výzkumu také nepřímá podpora poskytovaná ve formě daňových úlev či zvýhodnění. V ČR je nepřímá podpora poskytována od roku 2005 prostřednictvím daňových odpočtů nákladů na realizaci projektů VaV od základu daně. S výjimkou krizových let 2008 a 2009 výše podpory poskytovaná formou daňových odpočtů trvale roste a v roce 2013 dosahovala téměř 2,3 mld. Kč. Přibližně 2/3 této podpory je využito podniky pod zahraniční kontrolou, 1/3 využívají domácí podniky. Z odvětvového pohledu je dominantní objem nepřímé podpory využit v automobilovém průmyslu, dále pak ve strojírenství a elektrotechnickém průmyslu, tedy odvětvích, které jsou zároveň tahouny průmyslové výroby v ČR.

Obrázek 10: Nepřímá podpora VaV (v mil. Kč)



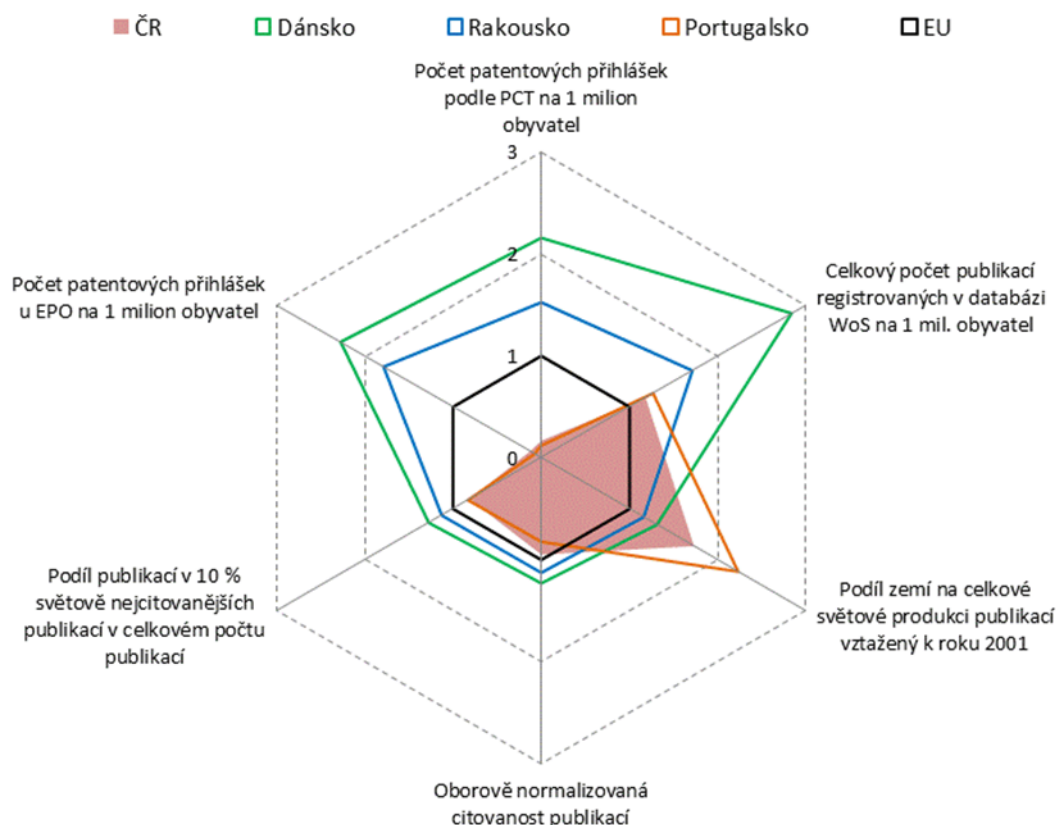
Zdroj: ČSÚ

Výsledky aplikovaného výzkumu

Jak ukazuje analýza trendu ve vývoji výsledků VaV, ČR patří mezi země s nejvyšším nárůstem publikační aktivity. Pozitivním jevem je, že kromě výrazného zvýšení počtu vědeckých publikací se dlouhodobě zvyšuje také jejich citovanost, což indikuje rostoucí kvalitu českého výzkumu. V kontrastu s vývojem publikačních výsledků však stojí patentová aktivita, kde je rozdíl mezi ČR a

technologicky vyspělými zeměmi propastný. Tuto skutečnost velmi dobře ilustruje následující obrázek, kde jsou porovnány 4 ukazatele publikační aktivity a 2 ukazatele patentové aktivity. Zatímco v ukazatelích publikační aktivity se může rovnat s průměrem EU, v počtu patentových přihlášek ČR jednoznačně propadá.

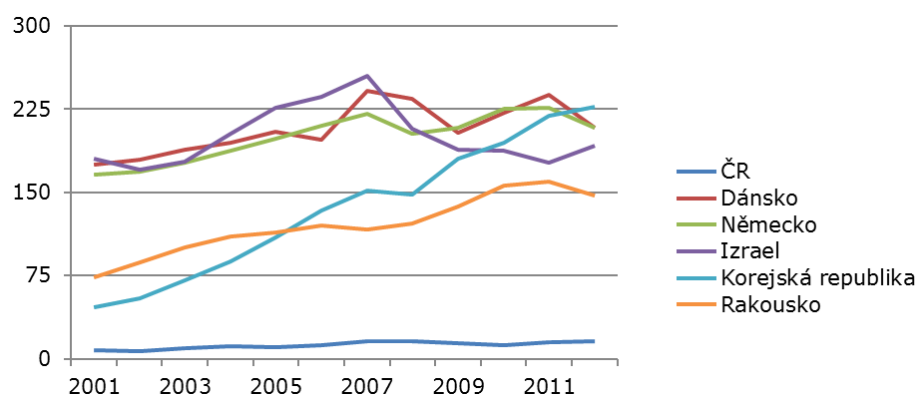
Obrázek 11: Mezinárodní porovnání výsledků VaV



Zdroj: Kučera, Pazour a kol. (2015): Vyhodnocení plnění Aktualizace Národní politiky výzkumu, vývoje a inovací České republiky na léta 2009 až 2015 s výhledem do roku 2020. Zpráva o zhodnocení pokroku při plnění cílů. Technologické centrum AV ČR.

Přestože počet mezinárodních patentových přihlášek (PCT) a přihlášek u Evropského patentového úřadu (EPO) mírně roste, v přepočtu na milion obyvatel bylo v ČR v roce 2012 podáno pouze 16 přihlášek podle PCT, zatímco v průměru EU je to téměř 100 přihlášek a v zemích, jako je Německo nebo Dánsko, je podáváno přes 200 patentových přihlášek podle PCT na milion obyvatel. Podobné rozdíly mezi ČR a zahraničím jsou i u patentových přihlášek u Evropského patentového úřadu (EPO). Nízký počet mezinárodních patentových přihlášek naznačuje, že v ČR dosud vzniká velmi omezený počet (technologicky) významných poznatků aplikovaného výzkumu, které by mělo smysl patentově chránit na mezinárodní úrovni.

Obrázek 12: Počet patentových přihlášek podle PCT na 1 milion obyvatel

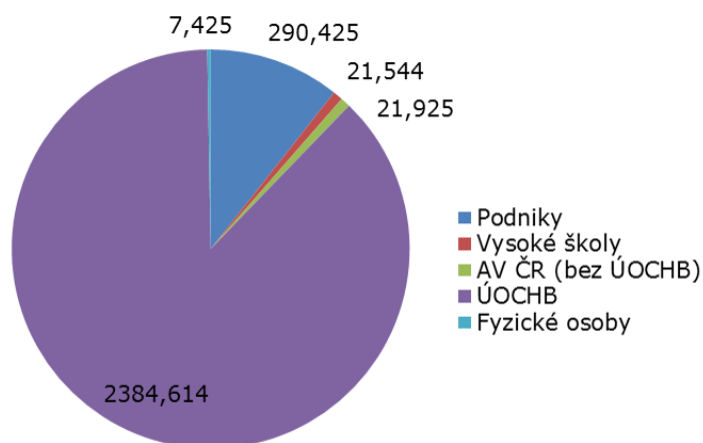


Zdroj: OECD, Main Science and Technology Indicators Database.

Uplatnění výsledků aplikovaného výzkumu v inovacích

Nízký počet průmyslově chráněných výsledků VaV vznikajících v ČR je navíc doprovázen omezeným využíváním těchto výsledků v inovacích. O tom svědčí mimo jiné malý počet prodaných licencí na patenty a užité vzory. Z celkového počtu platných patentů udělených přihlašovatelům z ČR bylo na konci roku 2014 licencováno pouze 2,6 %. Konkrétně se jedná o 67 prodaných licencí na patenty, z nichž 37 licencovaly podniky a pouze 11 vysoké školy a 11 veřejné výzkumné instituce. Také příjem z prodeje licencí je v ČR velmi omezený. Přestože celkové příjmy z prodeje licencí na patenty dosahovaly v roce 2014 výše 2,7 mld. Kč, dominantní podíl na těchto příjmech ve výši téměř 2,4 mld. Kč měl jediný ústav AV ČR (Ústav organické chemie a biochemie).

Obrázek 13: Příjmy z licencí na patenty v roce 2014 (v mil. Kč)



Zdroj: Český statistický úřad 2014, Roční šetření o licencích - Lic 5-01, Výroční zpráva ÚOCHB

Potenciál pro využití výsledků aplikovaného výzkumu v inovacích je limitován rovněž značnou uzavřeností veřejného výzkumu spolupráci s aplikačním sektorem. O tom svědčí například v mezinárodním srovnání velmi nízký podíl publikací vznikajících ve spoluautorství veřejného výzkumu a podniků. Tento podíl je ve srovnání s průměrem EU méně než poloviční a oproti zemím, jako je Švýcarsko, Dánsko a Švédsko, dokonce zhruba čtvrtinový. V této souvislosti je však pozitivní,

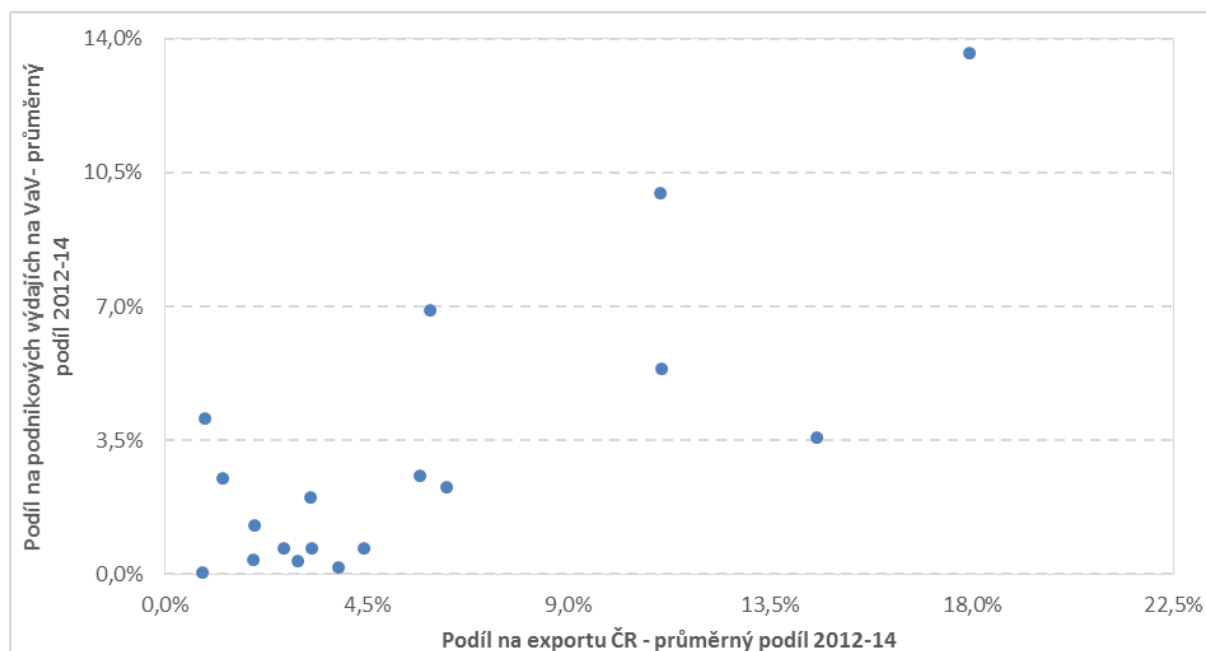
že oproti ostatním zemím v ČR počet publikací vznikajících ve spolupráci veřejného a soukromého sektoru roste rychleji než celkový počet publikací.

Skutečnost, že spolupráce veřejného a soukromého sektoru ve VaV je omezená, naznačuje i výrazně nižší podíl zdrojů z podnikatelského sektoru ve výdajích na VaV ve vládním a vysokoškolském sektoru. Ve srovnání s průměrem EU byl podíl zdrojů z podnikatelského sektoru ve vládním sektoru v roce 2012 (poslední dostupná data pro EU) v ČR méně než poloviční, v případě vysokých škol ještě nižší.

Příloha 4.3.1

V kontextu evropských výzkumných priorit promítnutých v H2020 by měla národní diskuse o prioritách aplikovaného výzkumu stavět na současných hnacích oborech místní ekonomiky. Těmi jsou především hlavní exportní obory (viz Obrázek 14: Podíl odvětví zpracovatelského průmyslu na exportu a výdajích podniků na výzkum a vývoj). Právě v nich je koncentrován rozhodující objem strategických znalostí o vývoji trhů a nových podnikatelských příležitostech. Současně by měla být zohledněna rozdílná znalostní intenzita a tím potřeba výsledků aplikovaného výzkumu. Graf X proto zobrazuje také podíl exportních odvětví na podnikových výdajích na výzkum a vývoj (dále jen VaV).

Obrázek 14: Podíl odvětví zpracovatelského průmyslu na exportu a výdajích podniků na výzkum a vývoj



Zdroj: ČSÚ. Převzato z výstupů projektu TAČR Mapování inovační kapacity 2014+ (dále jen INKA).

Pozn. Čísla označují kódy klasifikace odvětví zpracovatelského průmyslu NACE. Exportní data tříděná dle mezinárodní klasifikace SITC byla speciálním převodníkem vytvořeným v projektu INKA převedena na klasifikaci NACE. 01-03: Zemědělství; 05-09: Těžba a dobývání; 10-12: Potravinářský a nápojový průmysl; 13-15: Textilní, oděvní a obuvnický průmysl; 16-17, 31: Dřevozpracující a papírenský průmysl; 19-20: Petrochemický a chemický průmysl; 21: Farmaceutický průmysl; 22: Gumárenský a plastový průmysl; 23: Průmysl skla, keramiky, porcelánu a stavebních hmot; 24: Metalurgický průmysl - výroba základních kovů, hutní zpracování kovů, slévárnictví; 25: Výroba kovových konstrukcí a kovodělných výrobků; 26: Výroba počítačů, elektron. a optických přístř. a zařízení; 27: Elektrotechnický průmysl - výroba elektrických zařízení; 28 +331: Strojírenský průmysl; 29: Automobilový průmysl - výroba motorových vozidel; 30: Výroba ostatních dopravních prostředků a zařízení; 18+32+332: Ostatní zpracovatelský průmysl; 35-39: výroba a rozvod vody, elektřiny, plynu, tepla a činnosti související s odpady

Příloha ke kapitole 5

Obecné taxonomie síťových hrozeb, problémů, možností obrany

Kdo jsou útočníci?

Jednotlivci

Motivace mohou být různorodé:

- Dokázat vlastní schopnosti, např. za účelem získání práce v oboru
- Vlastní prospěch
- Osobní důvody,
 - o Pomsty
 - o Terorismus

I jednotlivec může napáchat neuměřené škody, co do kapacity objevování využitelných vulnerabilit či zranitelností (zneužitelných nedostatků bezpečnostních systémů, nedostatků standardních operačních systémů či jiných software na straně cíle útoku) bude ale spíše odkázán na nákup na černém trhu než na vlastní schopnost odhalovat zranitelnosti nové. Tzv. kity nebo botnety pro zneužití nedostatků bezpečnostních systémů jsou dnes předmětem nelegálního obchodu (viz níže) a jsou vytvořené skupinovými a profesionálními aktéry.

Nelegální obchodníci v cyberprostoru

V internetovém prostoru stále sílí aktivity nelegálního obchodu ve smyslu zneužití standardních technologií. Jde o různé formy

- Monetizace, ClickFraud (výdělky z falešného reklamního provozu)
- Ransomware (výdělky z vydírání např. po nechtěném zašifrování dat)
- Prodej BotNetů, exploit kitů a znalosti zranitelností (Zero-Day, nebo-li unikátní doposud zcela neznámé zranitelnosti jsou zvláště drahé)
- Zneužití kreditních karet apod.
- Zprostředkování ilegálního obchodu (SilkRoad, drogy, dětská pornografie, anonymizované zločiny na objednávku)

Obchodní provoz tohoto typu globálně dosahuje řádu desítek milionů dolarů a s velkou pravděpodobností řádu stovek milionů dolarů. Lze očekávat rychlý růst tohoto trhu, zejména v souvislosti s masivním rozšiřováním internetu i mimo běžné počítačové prostředí (Internet of Things apod.)

Standardní business subjekty

Útočníky jsou dnes také některé obvyklé business subjekty cílicí na

- IP (Intellectual Property) krádeže duševního vlastnictví
- Poškození reputace konkurentů
- Získání neregulérní výhody v obchodním styku

Pozn. Za určitou relativně mírnou formu lze považovat podvod s VW emisemi odhalený v roce 2015.

Šedá zóna standardního businessu

Mnoho aktivit na síti je v obchodním prostředí na hranici zákonnosti a na hranici či za hranicí etiky. Např.

- Zneužití osobních informací, např. nepovolený sběr dat o jednotlivcích zejména metodami umělé inteligence sloužící k získání výhody např. v obchodním styku (příklad: dva jednotlivci s identickým profilem (z hlediska práva) dostanou od téže pojišťovny diametrálně odlišné životní pojistné podmínky, protože ze stop v sociálních sítích a ostatní přítomnosti na

internetu lze – ne zcela přesně ale přesto významně – odhadnout pravděpodobnosti genových zatížení, ryze soukromé životní situace subjektů apod. Profilování uživatelů sítě se nepochybně může stát předmětem obchodu. V současnosti vzhledem k právním omezením není taková činnost známa, je ale technicky možná a lze předpokládat že se do určité míry děje.

- Síla nadnárodních informačních koncernů roste nade všechny meze a přesahuje možnosti států, ovšem bez občanské kontroly. Síla informací a zejména spojení informací různých druhů dnes činí z vlastnictví informace zásadní ekonomickou komoditu. Korporace často mají obecně podceňovanou možnost extrahovat množství citlivých dat o jednotlivcích, skupinách i státech – a to i bez využití špionážních či jinak explicitně nelegálních technik. Legislativa většiny zemí reaguje zpožděně, což je pochopitelné – vývoj v této oblasti je rychlý do míry, kterou je těžké sledovat i ze strany profesionála.

Subjekty s politickými zájmy

Existují týmy odborníků pro ovlivňování veřejného mínění prostřednictvím masivních vstupů do blogovacích serverů (tzv. trolling), zakládáním a etablováním účelových informačních serverů apod.

Státy, ideologické a náboženské skupiny

Z hlediska cyberwar (kybernetického válečnictví) jde především o státy, disponující značnými prostředky potřebnými k vývoji nejlépe utajitelných a nejvíce penetrantních útočných nástrojů. Doposud se projevují spíše drobné útoky bez dlouhodobějších důsledků (např. útoky na zdejší banky v posledních letech, útok Severní Koreje na Sony, odvěta USA na severokorejský internet, též Stuxnet útok na íránské centrifugy, a mnoho dalších).

Důležitá je vlastnost technologií kybernetického válečnictví: vesměs jsou použitelné jen jednou, protože obrana po útoku obvykle může odstranit zranitelnost využitou při útoku. Útočník proto potřebuje zásobu unikátních zranitelností, její doplnění může být značně náročné o obtížně plánovatelné – vzhledem k tomu, že průmysl, veřejnost i státy neustále vynakládají významné úsilí k vylepšování bezpečnosti relevantních technologií. Odtud plyne existence velmi rozsáhlých hackerských týmů financovaných některými významnými hráči světové politiky. Takové týmy jsou využitelné pro řadu účelů – příprava útoků, trolling, masivní krádeže dat apod.

Možnosti obrany

Obrana nutně musí být víceúrovňová. Moderní obranná řešení pokrývají fáze obrany před, v průběhu a po útoku. Je třeba:

- 1) Pochopení, povědomí, osvěta všech “občanů kyberprostoru”
- 2) Pasivní ochrana
 - a. Obezřetné chování, viz výše
 - b. Nepodcenění kvality hesla
 - i. Ochrana více typy kontroly (heslo plus biometrie apod.)
 - ii. Vyhnout se snadno zlomitelným heslům
 - c. Neděravá infrastruktura
 - i. Aktuální stav SW
 - ii. Podporovaný HW
 - iii. Neignorovat zprávy o nových vulnerabilitách, reagovat dostatečně rychle na nálezy vulnerabilit
- 3) Aktivní obrana
 - a. Antiviry
 - b. (možná důležitější) Firewally
 - c. Plně aktualizovaný OS a SW

- d. Na úrovni organizací využít kompletní řešení pro obranu perimetru pro všechny fáze útoku (prevence, obrana, monitorování provozu pro dodatečné odhalení úspěšných infekcí), včetně software typu
 - i. Sandbox
 - ii. Analytika chování, využití umělé inteligence pro identifikaci neznámých, ale podezřelých událostí na síti
- 4) Post-infection aktivita
 - a. Průběžná analýza sítě na projevy infekce, nezávisle na nasazení ochrany perimetru – je nutné předpokládat, že zlomek infekcí vždy aktivní ochranu úspěšně obejde. Pro vyšší bezpečnost je pak potřeba její dodatečné projevy detekovat.
 - b. Jakékoliv objevené infekce je potřeba odstranit – izolací, cíleným antivir scanningem, nejčastěji v korporátním prostředí však přeinstalací načisto.

Globální stav počítačových technologií z hlediska bezpečnosti

V počítačové bezpečnosti jde o trvalý souboj inovujících útočníků a obránců. Útočníci vždy mají výhodu kroku napřed a postupně přecházejí na sofistikovanější typy útoků spolu s tím, jak roste účinnost obrany. (Situaci lze přirovnat k analogickému problému rostoucí rezistence bakterií na nově produkována antibiotika.)

Bohužel nutno počítat s tím, že nikdo dnes nedokáže produkovat software s absolutní zárukou bezpečnosti. Důvodem jsou technologické obtíže (internet od základu nebyl navržen pro účely, ke kterým je dnes především používán) i náklady spojené s dosažením bezpečnosti kvality software. Ekonomická návratnost vede výrobce software k zajištění rozumné míry bezpečnosti, cena však rychle roste do enormní výše při zohlednění právě nejméně častých a zároveň nejsložitějších a nejpokročilejších hrozeb – které ovšem z hlediska států mohou být podstatně nebezpečnější než z hlediska malého podniku.

Zároveň platí, že kvalita software i příslušných vývojových infrastruktur se v čase zlepšuje, často i principiálně. Objevují se prvních projektů pro automatizovanou evaluaci software na chyby pomocí umělé inteligence, nicméně doposud tento problém není vyřešen a nelze realisticky očekávat jeho spolehlivé vyřešení v dohledné době.

Shrnutí – potenciální útočníci stále budou schopni nacházet nové možnosti útoků.

Obvyklé problémy a nedostatky v obraně

Nedostatečné povědomí o důsledcích přítomnosti v kyberprostoru

Především veřejnost, ale i menší a někdy i střední podniky, nerozumí důsledkům pohybu v kyberprostoru – chybí povědomí o možných způsobech nákazy i o důsledcích nákazy. Některá jednodušší nebezpečí jsou vágně známa – povšechná potřeba antiviru, potřeba chránit svá data “nějakým” heslem. Komplexnost problému je těžké pochopit i komunikovat, proto příliš mnoho “kyberobčanů” nerozumí nebezpečí a nezajímá se o svou roli, snadno pak dochází k incidentům popsaným níže.

Způsoby nákazy či jiných bezpečnostních incidentů

Příklady častých způsobů nákaz osobních počítačů:

- Facebook a sociální sítě
 - o Nechtěné úniky osobních dat
 - o Nepředvídatelné důsledky zneužití zdánlivě bezcenných dat – vzhledem k pokroku v umělé inteligenci (příklad s životní pojistkou)
- Scam mails (podvodná pošta, např. k vylákání peněz či přihlašovacích údajů)
- Nerozeznání stránek s nízkou reputací

- Důvěra v neznámé servery, přílohy atd

Ve firemním prostředí je vzhledem k nasazení korporátních bezpečnostních řešení situace obvykle lepší, přesto však i výše uvedené způsoby nákaz občas uspějí. V korporátním prostředí je běžné uživatele školit, i trénovat v běžném pracovním procesu prostřednictvím simulovaných útoků

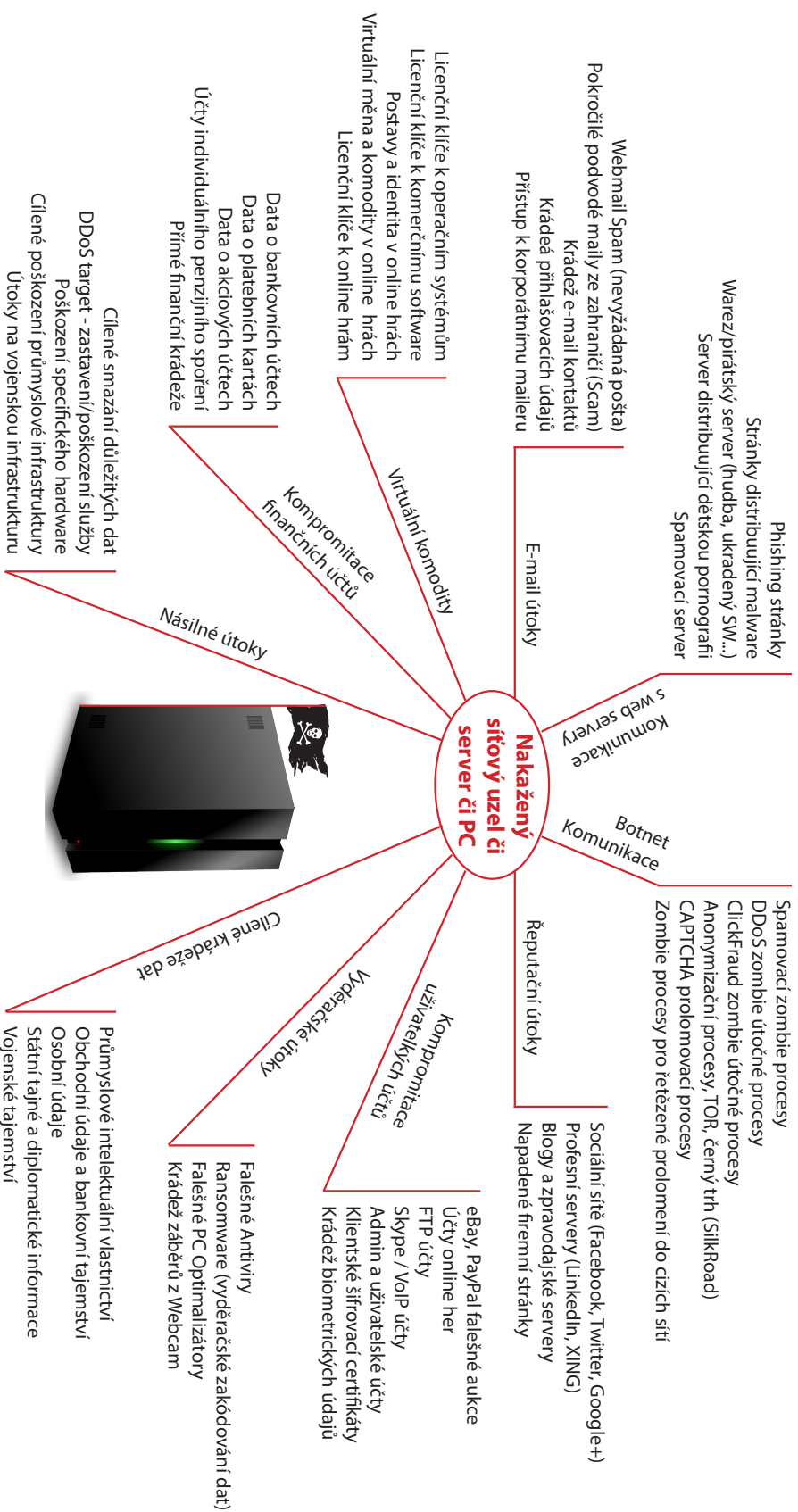
Důsledky nákazy či útoku - typy hrozeb, viz Obrázek 15: Přehled možných důsledků nákazy jediného zařízení v síti shrnujeme na následující ilustraci:

Důsledky nákazy mohou být různorodé a dalekosáhlé:

- infekce monetizační
 - o přímo – ransomware
 - o nepřímo – clickfraud
- infekce exfiltrační – krádeže dat
- infekce útočné
 - o proti infrastruktuře (DDoS apod)
 - o proti reputaci
 - falešná reklama
 - znehodnocení placené reklamy

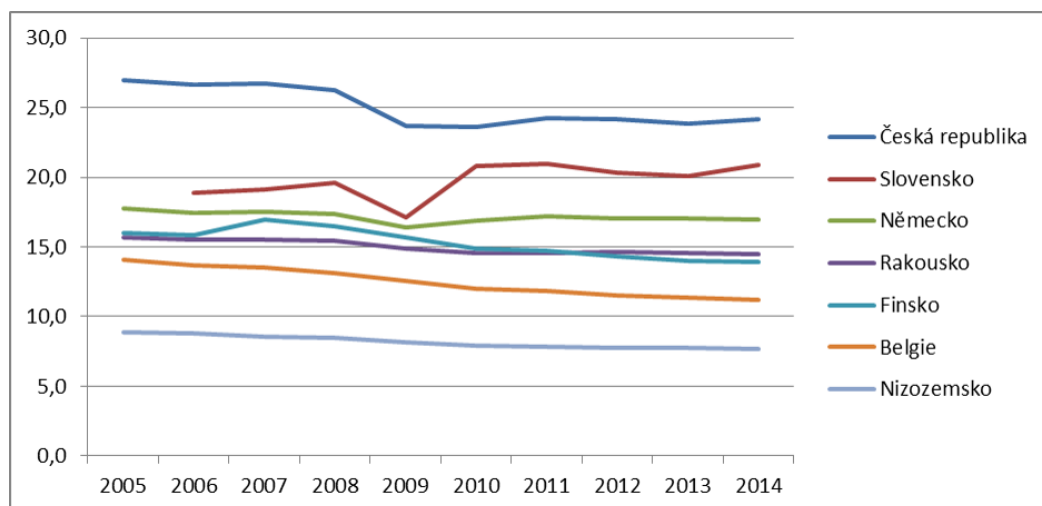
Možné důsledky nákazy či útoku na zařízení připojená v síti

(PC, pracovní stanice, telefon, server, tablet, v blízké budoucnosti též předměty denní potřeby v rámci Internet of Things)



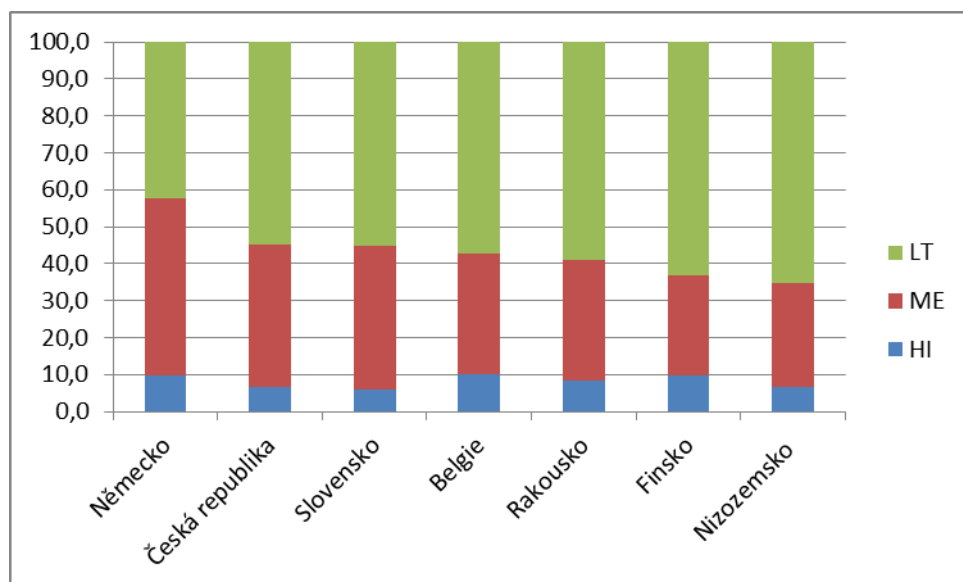
Příloha ke kapitole 8

Obrázek 16: Vývoj podílu průmyslu na celkové zaměstnanosti (% , 2005-2014)



Zdroj: Eurostat, Structural Business Statistics, vlastní výpočty

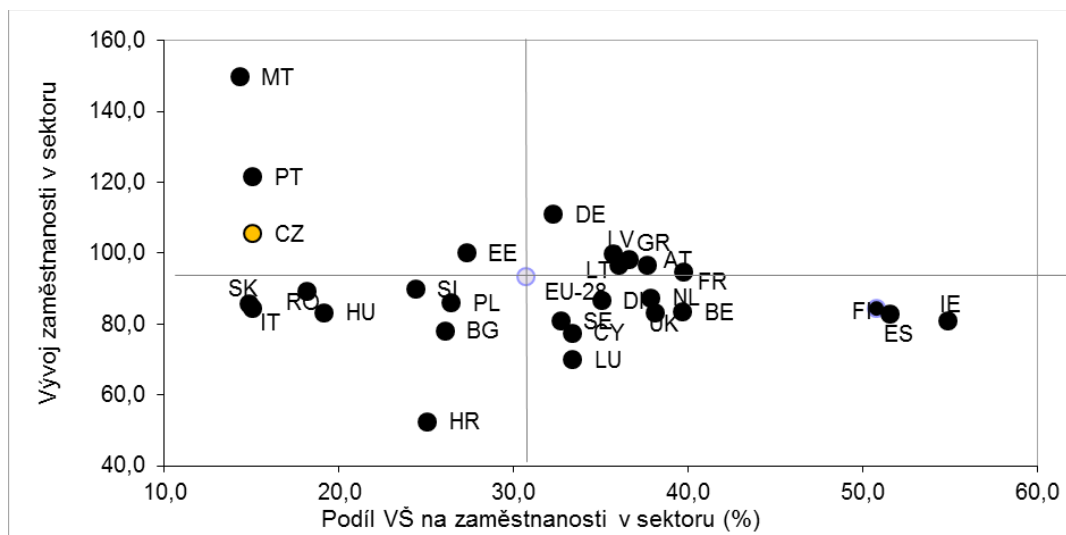
Obrázek 17: Struktura zaměstnanosti v průmyslu podle technologické náročnosti (% , 2014)



Zdroj: Eurostat, Structural Business Statistics, vlastní výpočty

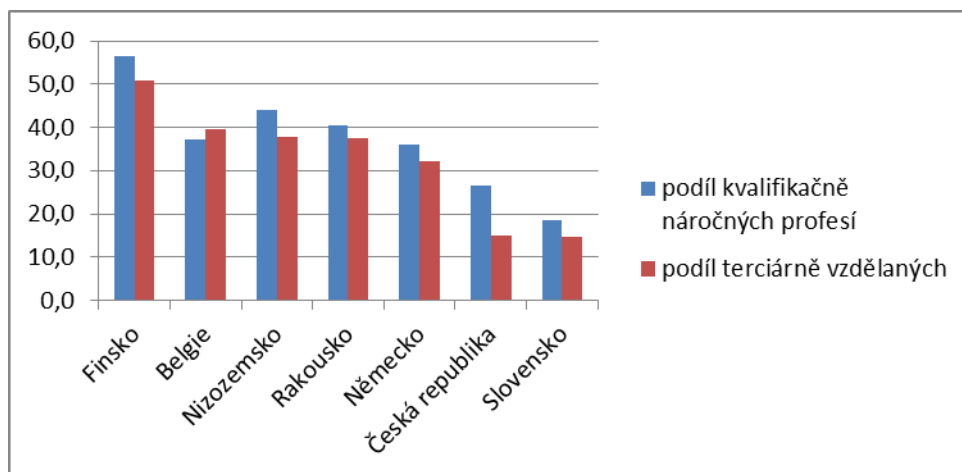
Vysvětlivka: LT- odvětví s nízkou technologickou náročností, ME – technologicky středně náročná odvětví, HI – odvětví technologicky vysoce náročná

Obrázek 18: Podíl terciárně vzdělaných na celkovém počtu zaměstnaných v sektoru technologicky vysoce a středně náročných odvětví průmyslu (2008-2014)



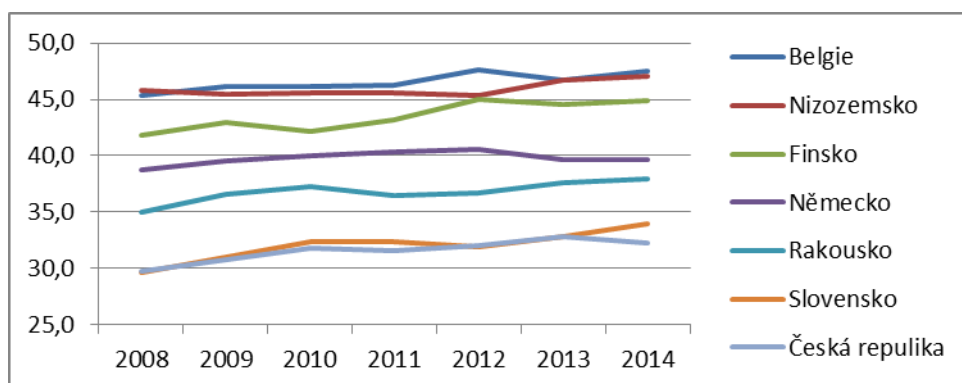
Zdroj: Eurostat, Science and Technology

Obrázek 19: Podíl kvalifikačně náročných profesí a terciárně vzdělaných na celkové zaměstnanosti v technologicky vysoce a středně náročném průmyslu (% , 2014)



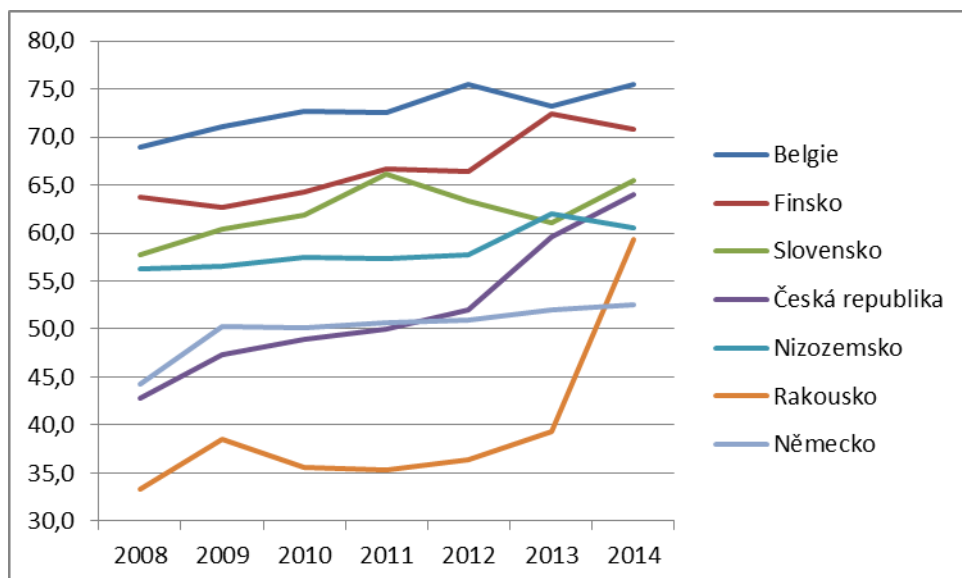
Zdroj: Eurostat, Science and Technology

Obrázek 20: Podíl zaměstnanosti ve znalostně náročných službách na celkové zaměstnanosti (% , 2008 – 2014)



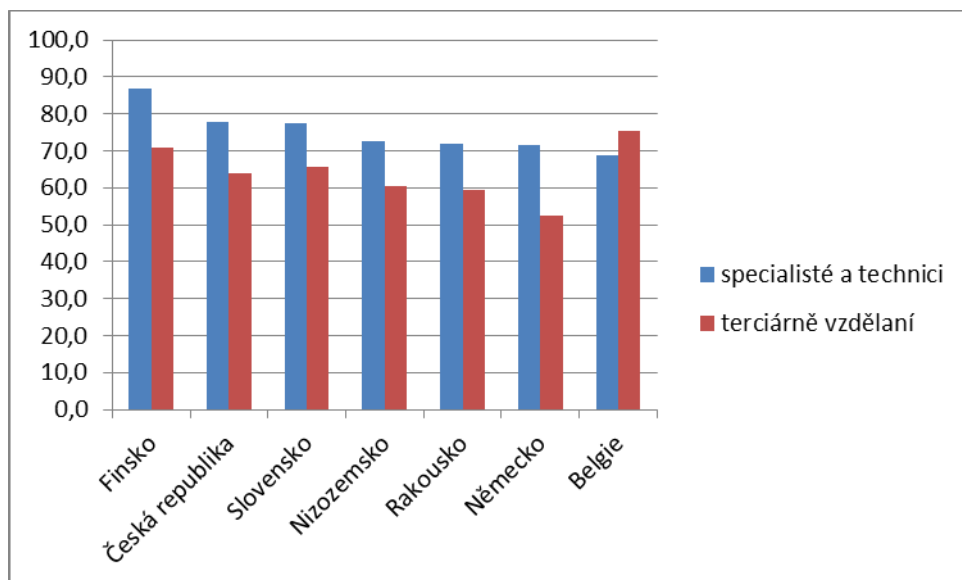
Zdroj: Eurostat, Science and Technology

Obrázek 21: Podíl terciárně vzdělaných na celkovém počtu zaměstnaných v technologicky náročných znalostních službách (% , 2008-2014)



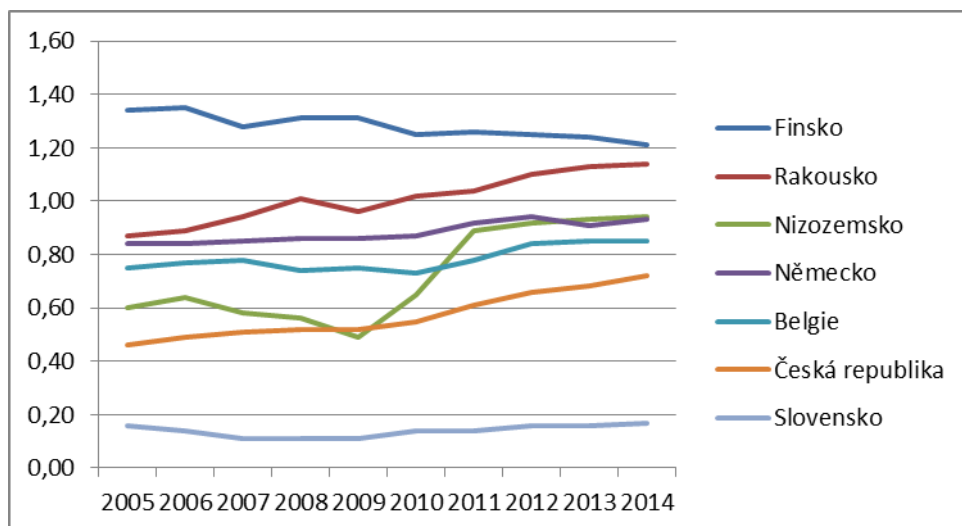
Zdroj: Eurostat, Science and Technology

Obrázek 22: Podíl kvalifikačně náročných profesí a terciárně vzdělaných na celkové zaměstnanosti v technologicky náročných službách (% , 2014)



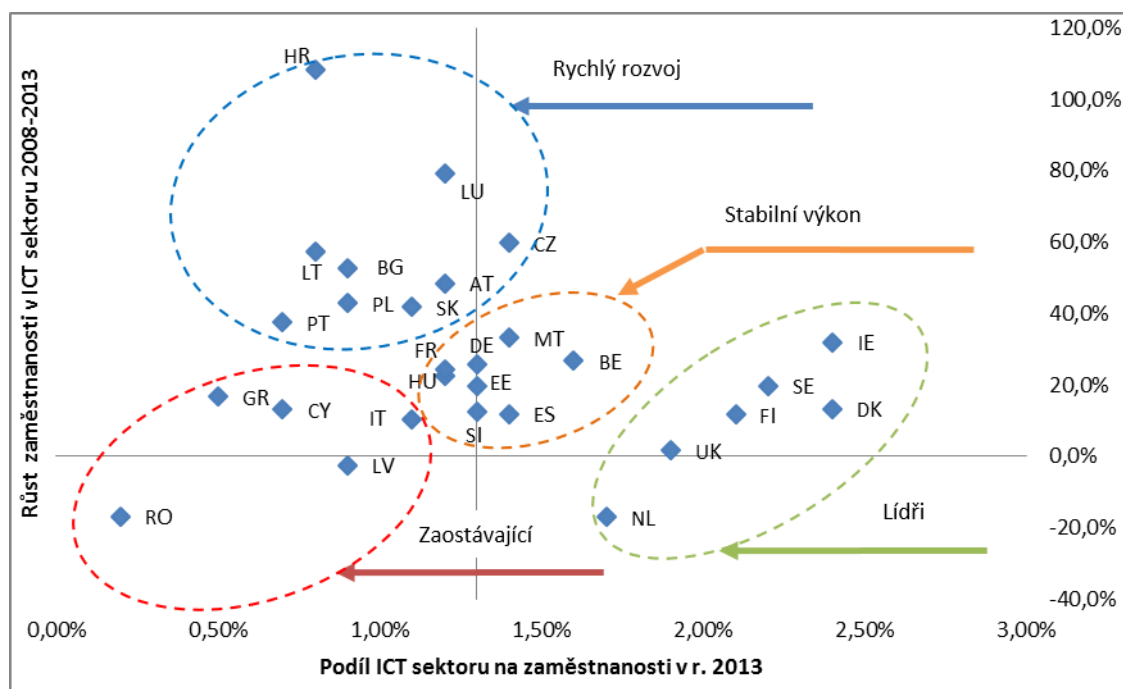
Zdroj: Eurostat, Science and Technology

Obrázek 23: Podíl zaměstnaných v podnikatelském výzkumu a vývoji (% FTE, 2005-2014)



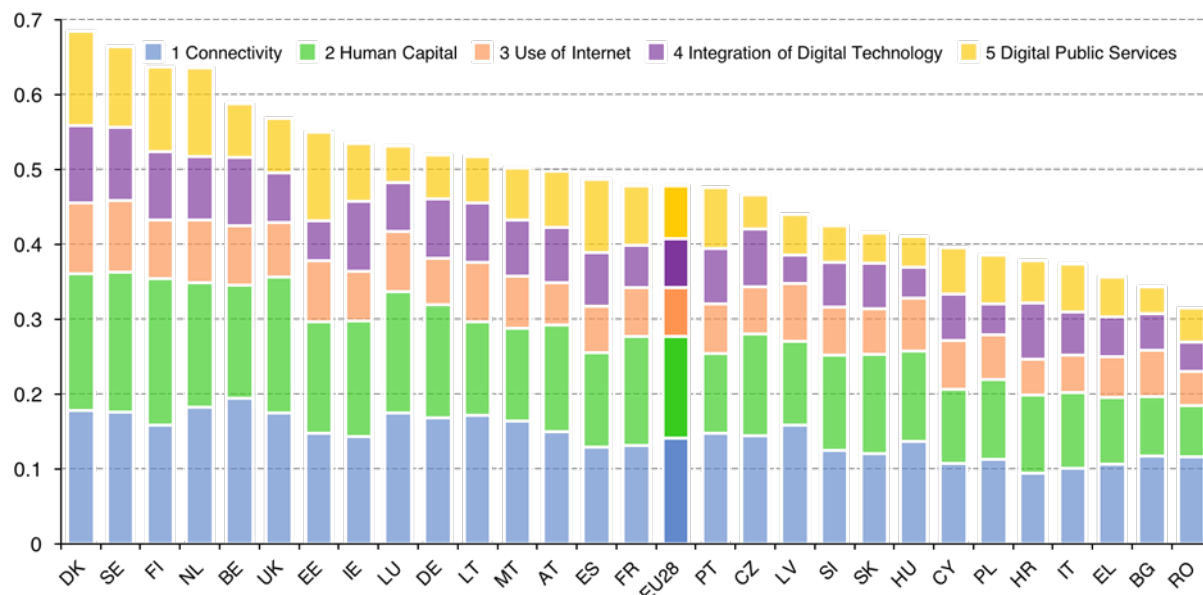
Zdroj: Eurostat, Science and Technology

Obrázek 24: Rozdělení zemí EU do skupin podle velikosti a dynamiky rozvoje zaměstnanosti v ICT sektoru



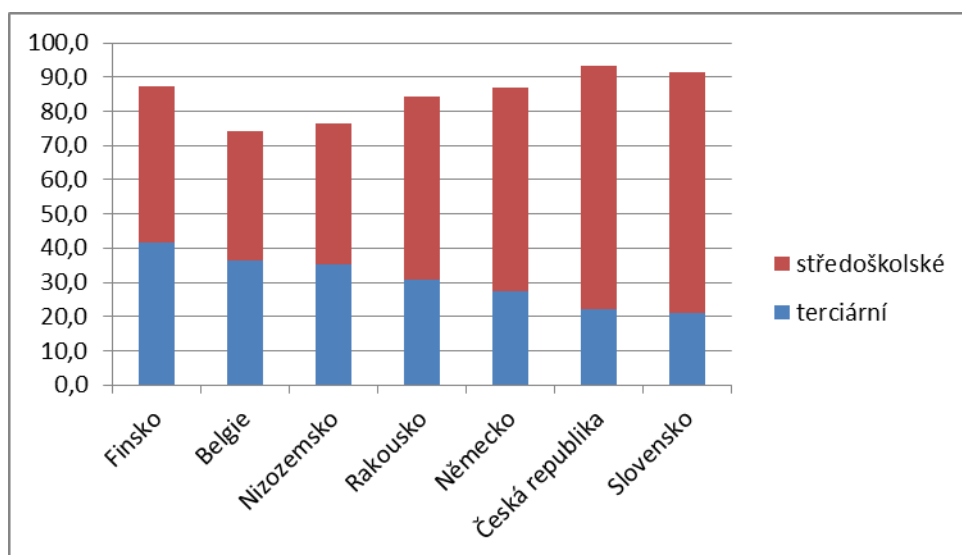
Zdroj: Eurostat, LFS, vlastní propočty

Obrázek 25: Index digitální ekonomiky a společnosti



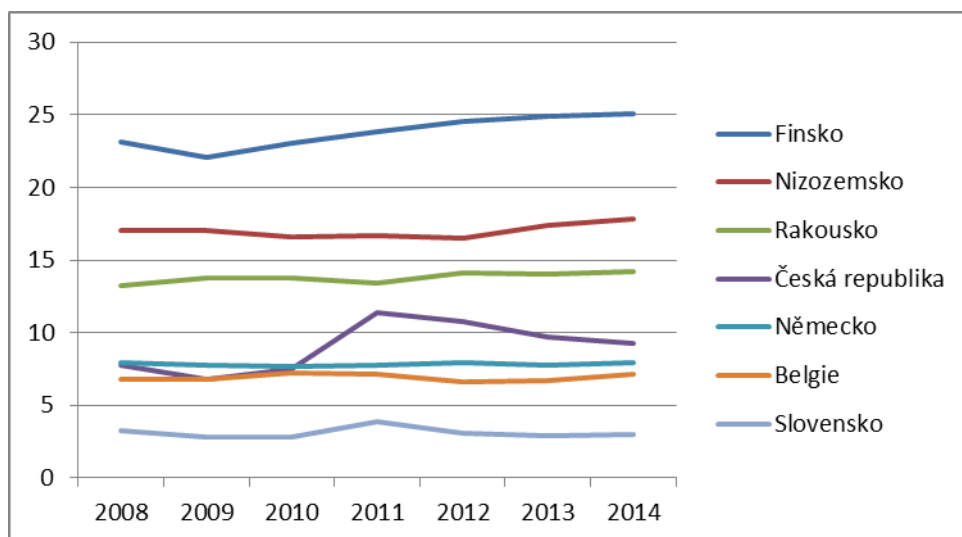
Zdroj: <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/digital-economy-and-society-index-desi>

Obrázek 26: Vzdělanostní struktura populace ve věku 25 – 64 let (% , 2014)



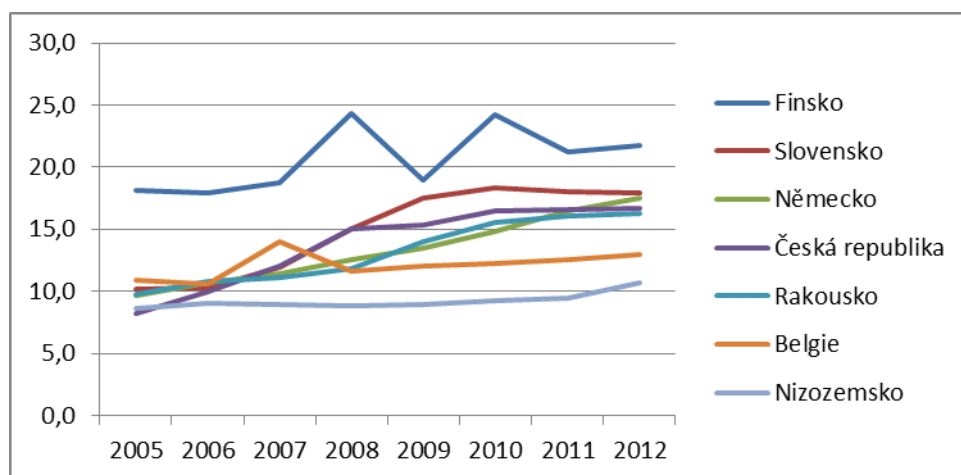
Zdroj: Eurostat, Population and Social Conditions

Obrázek 27: Podíl populace ve věku 25–64 let účastníci se vzdělávání v posledních 4 týdnech na této věkové skupině (% , 2008 - 2014)



Zdroj: Eurostat, Population and Social Conditions

Obrazek 28: Počet absolventů technických a přírodovědných disciplín na 1000 obyvatel ve věku 20–29 let



Zdroj: Eurostat, Population and Social Conditions

Tabulka 3: Podíl osob s nízkou, střední a vysokou úrovní počítačových dovedností na populaci 16–74 let (% , 2006, 2014)

	2006			2014		
	Nízká	Střední	Vysoká	Nízká	Střední	Vysoká
Finsko	15	29	29	13	27	46
Rakousko	12	24	31	15	29	34
Německo	17	31	27	18	31	30
Česká republika	16	22	14	18	23	27
Nizozemsko	16	29	33	22	32	27
Slovensko	18	30	17	20	32	25
Belgie	15	23	22	23	28	24

Zdroj: Eurostat, Population and Social Conditions

Tabulka 4: Dvacet profesí s největším indexem ohrožení digitalizací

ISCO-3 Kód	Název profese	Index ohrožení digitalizací
431	Úředníci pro zpracování číselných údajů	0,98
411	Všeobecní administrativní pracovníci	0,98
832	Řidiči motocyklů a automobilů (kromě nákladních)	0,98
523	Pokladníci a prodavači vstupenek a jízdenek	0,97
621	Kvalifikovaní pracovníci v lesnictví a příbuzných oblastech	0,97
722	Kováři, nástrojaři a příbuzní pracovníci	0,97
441	Ostatní úředníci	0,96
412	Sekretáři (všeobecní)	0,96
834	Obsluha pojízdných zařízení	0,96
612	Chovatelé zvířat pro trh	0,95
921	Pomocní pracovníci v zemědělství, lesnictví a rybářství	0,95
811	Obsluha zařízení na těžbu a zpracování nerostných surovin	0,94
814	Obsluha strojů na výrobu a zpracování výrobků z pryže, plastu a papíru	0,94
432	Úředníci v logistice	0,94
821	Montážní dělníci výrobků a zařízení	0,93
816	Obsluha strojů na výrobu potravin a příbuzných výrobků	0,93

961	Pracovníci s odpady	0,93
421	Pokladníci ve finančních institucích, bookmakeři, půjčovatelé peněz, inkasisté pohledávek a pracovníci v příbuzných oborech	0,93
831	Strojvedoucí a pracovníci zabezpečující sestavování a jízdu vlaků	0,92
818	Ostatní obsluha stacionárních strojů a zařízení	0,92

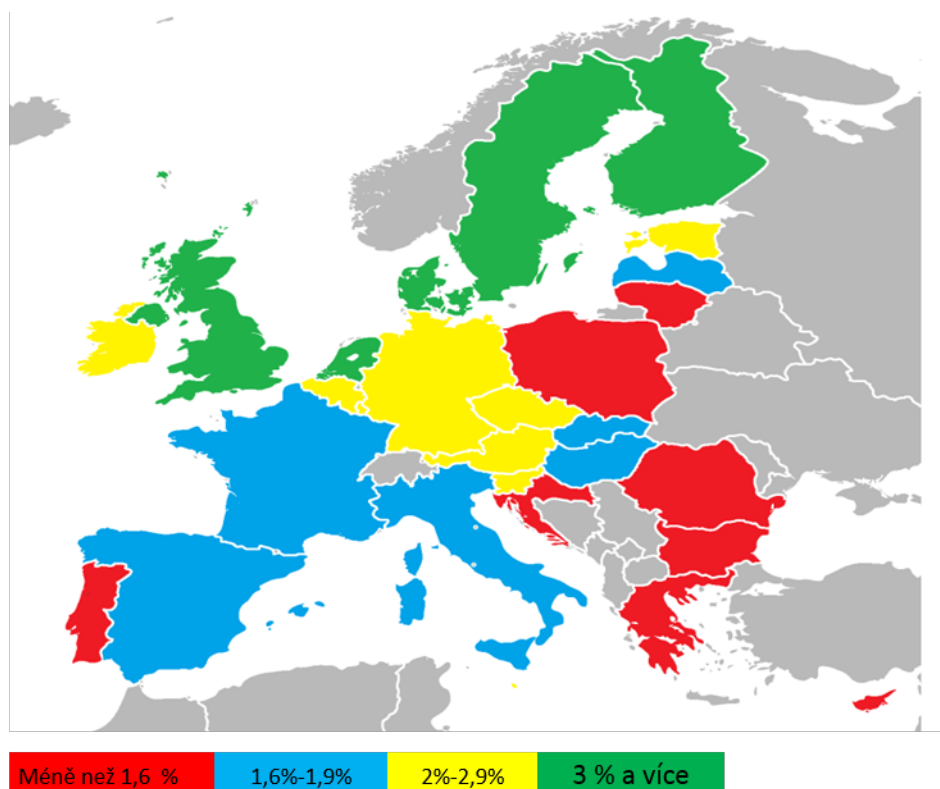
Zdroj: Chmelař, A. a kol.: Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU. Úřad vlády, prosinec 2015.

Tabulka 5: Dvacet profesí s nejnižším indexem ohrožení digitalizací

ISCO-3 Kód	Název profese	Index ohrožení digitalizací
142	Řídicí pracovníci v maloobchodě a velkoobchodě	0,000
221	Lékaři (kromě zubních lékařů)	0,001
222	Všeobecné sestry a porodní asistentky se specializací	0,002
134	Řídicí pracovníci v oblasti vzdělávání, zdravotnictví, v sociálních a jiných oblastech	0,002
122	Řídicí pracovníci v oblasti obchodu, marketingu, výzkumu, vývoje, reklamy a styku s veřejností	0,005
231	Učitelé na vysokých a vyšších odborných školách	0,008
133	Řídicí pracovníci v oblasti informačních a komunikačních technologií	0,008
141	Řídicí pracovníci v oblasti ubytovacích a stravovacích služeb	0,010
131	Řídicí pracovníci v zemědělství, lesnictví, rybářství a v oblasti životního prostředí	0,011
226	Ostatní specialisté v oblasti zdravotnictví	0,011
215	Specialisté v oblasti elektrotechniky, elektroniky a elektronických komunikací	0,015
252	Specialisté v oblasti databází a počítačových sítí	0,021
143	Ostatní řídicí pracovníci	0,021
312	Mistři a příbuzní pracovníci v oblasti těžby, výroby a stavebnictví	0,022
214	Specialisté ve výrobě, stavebnictví a příbuzných oborech	0,044
111	Zákonodárci a nejvyšší úředníci veřejné správy, politických a zájmových organizací	0,048
213	Specialisté v biologických a příbuzných oborech	0,050
263	Specialisté v oblasti sociální, církevní a v příbuzných oblastech	0,054
132	Řídicí pracovníci v průmyslové výrobě, těžbě, stavebnictví, dopravě a v příbuzných oborech	0,054
242	Specialisté v oblasti strategie a personálního řízení	0,056
264	Spisovatelé, novináři a jazykovědci	0,058

Zdroj: Chmelař, A. a kol.: Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU. Úřad vlády, prosinec 2015.

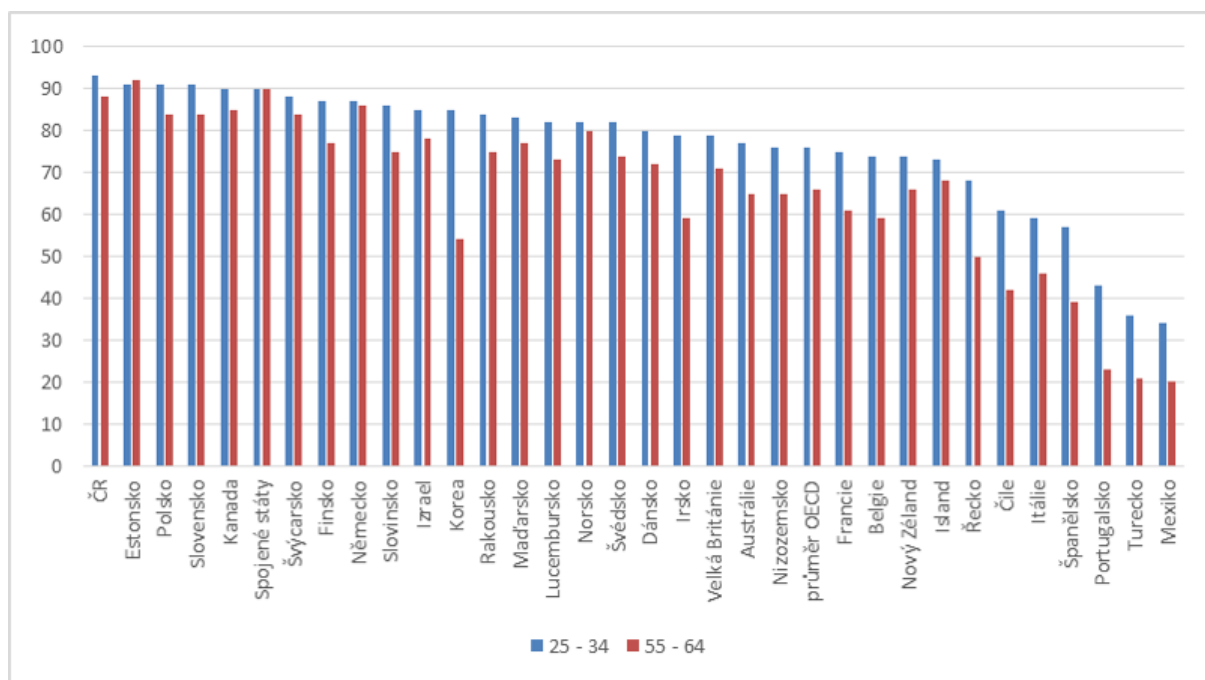
Obrázek 29: Podíl ICT profesí na celkové zaměstnanosti v zemích EU



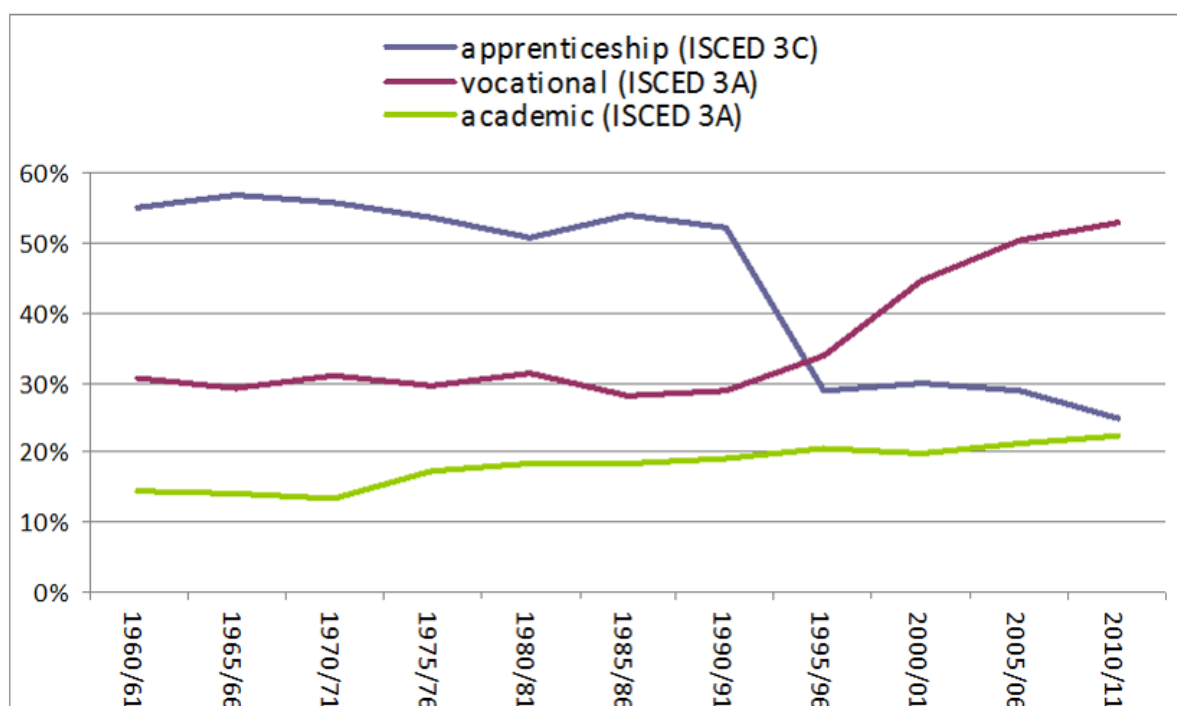
Zdroj: Eurostat, LFS, vlastní propočty a vizualizace

Příloha ke kapitole 9

Obrázek 30: Podíl populace s dokončeným středoškolským vzděláním v zemích OECD²⁰⁰

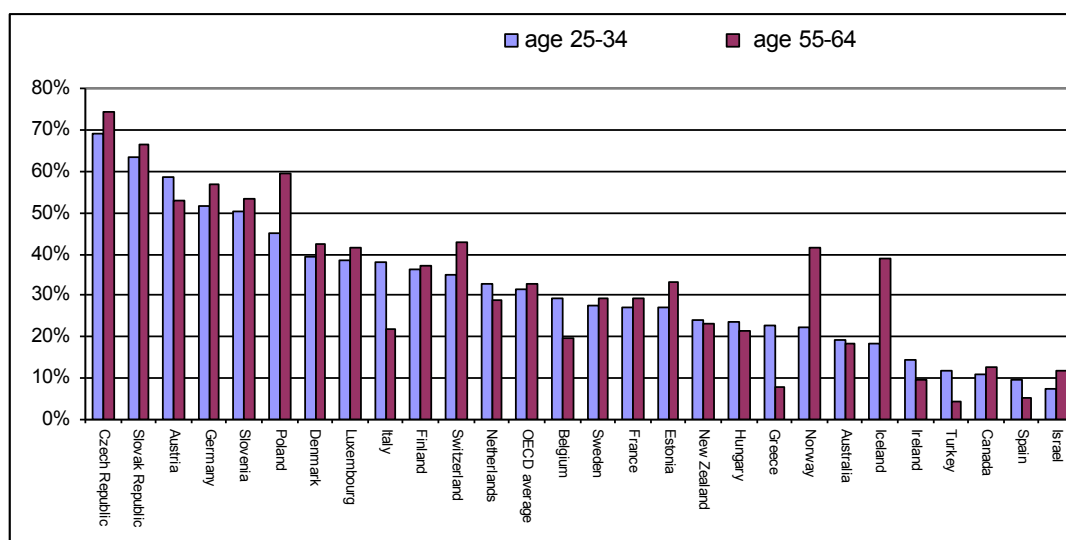


Obrázek 31: Vývoj zastoupení studentů v oborech středního vzdělávání

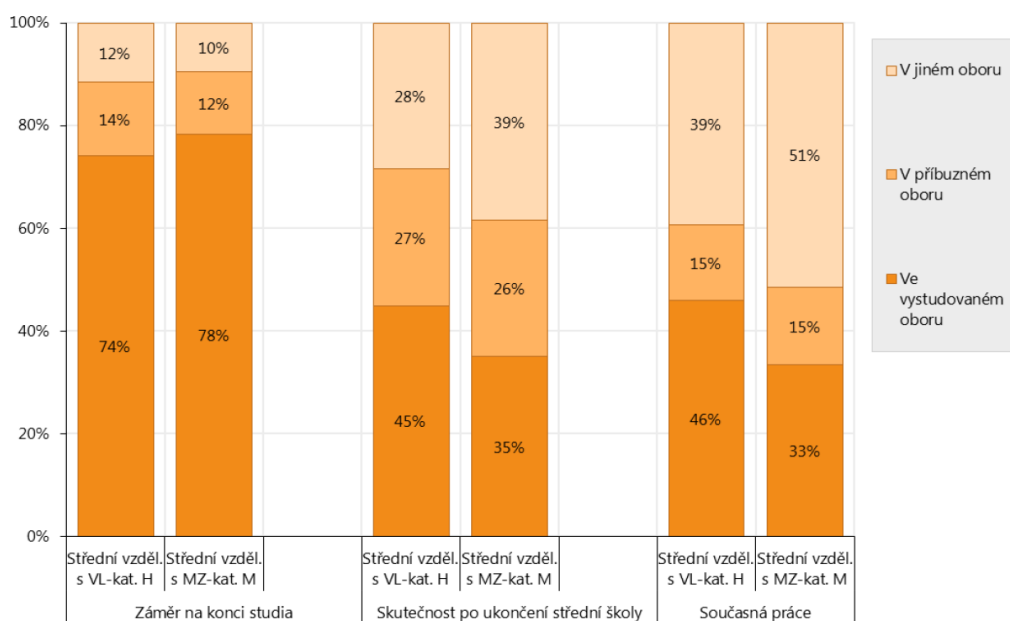


²⁰⁰ Education at a Glance 2015

Obrázek 32: Podíl absolventů středního odborného vzdělávání v zemích OECD²⁰¹



Obrázek 33: Uplatnění absolventů středních škol ve vystudovaném oboru s odstupem 3 let od ukončení studia²⁰²

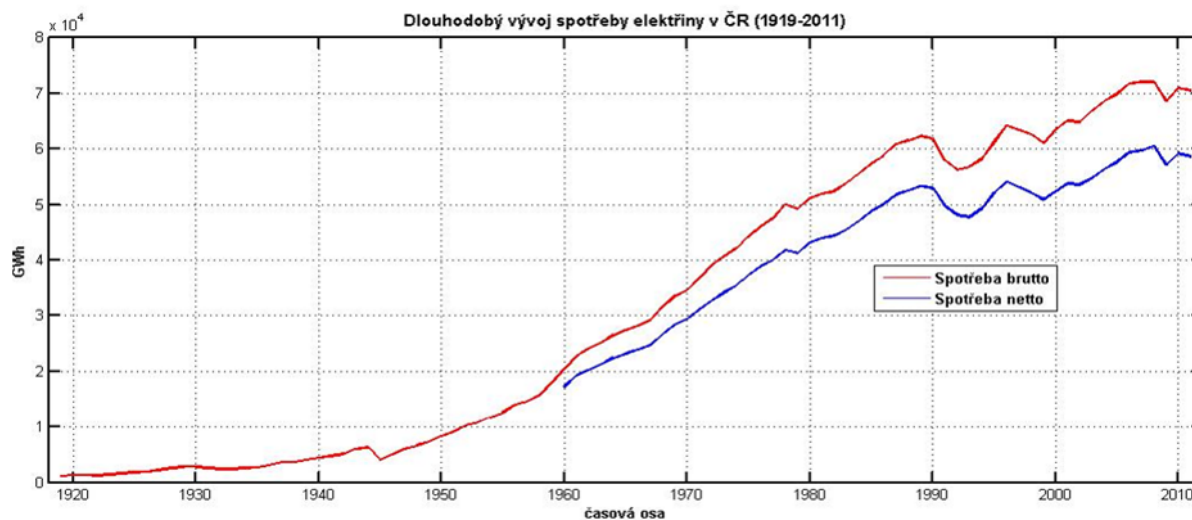


²⁰¹ Uvádíme informace z Education at a Glance 2013, neboť v následujících letech došlo ke změně vykazování: Jako odborné školy jsou v ČR vykazovány pouze učební obory H a L, což je v mezinárodním srovnání poněkud matoucí například proto, že na Slovensku se způsob vykazování nezměnil.

²⁰² Zdroj: www.infoabsolvent.cz

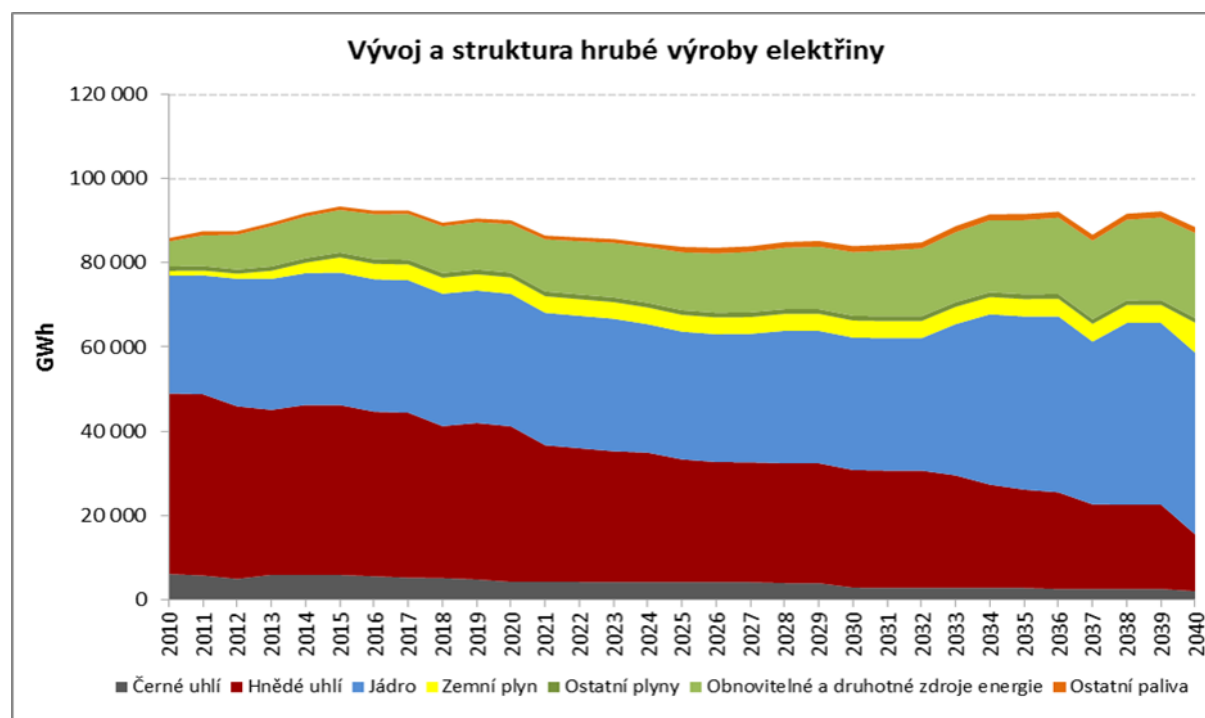
Příloha ke kapitole 10

Obrázek 34: Dlouhodobý vývoj spotřeby elektřiny v ČR (1919-2011)



Zdroj: EGU Brno, ERÚ

Obrázek 35: Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny



Zdroj: MPO, Aktualizace státní energetické koncepce ČR, prosinec 2014