

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra ekonomie

Průmysl 4.0 v Automotive

Bakalářská práce

Autor: Daniel Divíšek
Studijní obor: Ekonomika a management

Vedoucí práce: Ing. Martina Hedvičáková, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 17. 8. 2018

Daniel Divíšek

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří mají podíl na vzniku této práce.

Děkuji především vedoucí mé bakalářské práce Ing. Martině Hedvičákové, Ph.D. za cenné rady, ochotu a vstřícnost, s jakou mi poskytovala konzultace a komentář k této práci.

Děkuji také své rodině a přátelům za velkou podporu projevenou během studia i v průběhu psaní této práce.

Anotace

Tato bakalářská práce pojednává o Industry 4.0 v Automotive analyzuje jeho dopad na automobilový průmysl, zejména na společnost Škoda Auto. První kapitola se zabývá základními principy a klíčovými technologiemi Industry 4.0. Další kapitola je věnována digitalizaci vozidel a souvisejících služeb, digitalizaci v automobilovém průmyslu, ve Škoda Auto. Aplikační část práce analyzuje připravenost společnosti Škoda Auto na čtvrtou průmyslovou revoluci a její ekonomické dopady. K tomuto účelu byla použita ekonomická analýza výsledků za posledních pět let a SWOT analýza. Ze zpracovaných publikací k tématu Industry 4.0 a analyzovaných ekonomických výsledků společnosti vyplývají jak pozitivní tak i negativní dopady. Škoda Auto výzvu Průmyslu 4.0 dosud využívá pouze částečně. Jednak z důvodu omezených investic společnosti v posledních letech a zároveň z důvodu realizace časově náročných státních projektů, především dopravní a datové infrastruktury, které jsou pro plné využití výzvy nezbytné.

Annotation

This Bachelor Thesis named Industry 4.0 in Automotive is focused on a literature review of the Industry 4.0 and its impact on the automotive industry, especially on the Škoda Auto Company. The first chapter deals with basic principles and key technologies of the Industry 4.0. The second chapter is dedicated to digitization of vehicles and related services, digitization in automotive industry, and digitization in the Škoda Auto Company. The application part of the thesis is focused on Škoda Auto's readiness to implement Industry 4.0. For this purpose, the economic analysis of the results over the last five years and the SWOT analysis were used. The published publications on Industry 4.0 and the analyzed economic results of the company show both positive and negative impacts. Škoda Auto's Industry 4.0 Challenge is still only partially used. Firstly, due to the limited investments made by the company in recent years and at the same time due to the implementation of time-consuming state projects, especially the transport and data infrastructure, which are necessary for the full use of the challenge.

Klíčová slova

Průmysl 4.0, kyber-fyzický systém, internet věcí, chytrá továrna, čtvrtá průmyslová revoluce, digitalizace, automobilový průmysl, SWOT analýza

Keywords

Industry 4.0, cyber-physical system, internet of things, smart factory, fourth industrial revolution, digitalisation, automotive industry, SWOT analysis

Obsah

Úvod	1
Cíl a metodika práce	2
Literární rešerše	3
1. Industry 4.0	3
1.1 Čtvrtá průmyslová revoluce	3
1.2 Koncept Industry 4.0 a základní principy	4
1.3 Základní složky Industry 4.0	4
1.4 Technologie klíčové pro Industry 4.0	6
1.4.1 Velká data a jejich analýza	6
1.4.2 Cloudové výpočty a úložiště	7
1.4.3 Systémová integrace	8
1.4.4 Průmyslový internet věcí	10
1.4.5 Autonomní robotika	10
1.4.6 Umělá inteligence	12
1.4.7 Počítačové vidění a chytré kamery	13
1.4.8 Aditivní výroba (3D-tisk)	14
1.4.9 Simulace výroby a testování	15
1.4.10 Rozšířená realita	16
1.4.11 Kybernetická bezpečnost	18
2. Vliv Industry 4.0 na automotive	19
2.1 Digitalizace vozidel a souvisejících služeb	19
2.1.1 Budoucí vývoj internetu věcí	19
2.1.2 Propojování vozidel a infrastruktury	19
2.1.3 Komunikace s vozidly a infrastrukturou	21
2.1.4 Využití dat generovaných automobilem	21
2.1.5 Autonomní a asistovaná vozidla	22
2.1.6 Služby sdílené mobility	23
2.1.7 Automobilový infotainment	24
2.1.8 Výroba komponent vozidel 3D tiskem	24

2.2 Digitalizace automobilek a jejich ekosystému	25
2.2.1 Digitalizace výroby v autoprůmyslu	25
2.2.2 Automobilka budoucnosti	25
2.2.3 Analýzy a ukládání dat	26
2.2.4 Robotika, umělá inteligence, strojové učení	27
2.2.5 Propojený dodavatelský řetězec	28
2.2.6 Digitalizovaný maloobchod	28
2.2.7 Propojený servis a údržba	29
2.2.8 Transformovaný následný trh	29
2.3 Ekonomické dopady v autoprůmyslu	30
2.3.1 Snižování výrobních nákladů	30
2.3.2 Přesun výroby mimo továrnu, autonomní podnik	30
2.3.3 Změna obchodního modelu	31
2.4 Projekt digitální továrny ve Škoda Auto	31
2.4.1 Projekt digitální továrny	31
2.4.2 Virtuální realita při vývoji vozů	33
2.4.3 Kooperující roboty ve výrobě	34
2.4.4 Autonomní transportní robotika	35
2.4.5 Mobilní online služby pro konektivitu	36
2.4.6 Vývojové pracoviště pro digitalizaci	37
2.4.7 Podpora vzdělávání ve Škoda Auto	37
Aplikační část	38
3. Ekonomické výsledky a zaměstnanost ve Škoda Auto	38
3.1 Investice v letech 2013 až 2017	38
3.2 Lidské zdroje v letech 2013 až 2017	39
3.3 Výroba a prodej automobilů v letech 2013 až 2017	41
4. SWOT analýza: připravenost firmy pro Industry 4.0	42
Shrnutí a prognóza	45
Závěr	47
Seznam zdrojů	48
Seznam zkratk	54
Seznam obrázků	56
Seznam tabulek	56

Úvod

Termín „Industry 4.0“ je označení procesu, který již probíhá a který zahrnuje kompletní digitalizaci, robotizaci a automatizaci podstatné části lidských činností. Tato iniciativa vznikla původně v Německu. V České republice byla zahájena v roce 2016.

Zavádění inovací v rámci Industry 4.0 znamená v podstatě nástup čtvrté průmyslové revoluce, kterou charakterizují kyber-fyzické systémy, díky kterým vzniknou „chytré továrny“. Inteligentní zařízení převzou některé činnosti, které dosud vykonávali lidé. Očekává se, že by v příštích deseti letech měl být kompletně digitalizován celý výrobní proces, včetně vývoje a následného servisu.

V inteligentní továrně budoucnosti poběží výroba i logistika automaticky. Fyzickou práci člověka budou stále více nahrazovat stroje, které budou mít k dispozici všechny potřebné informace pro produkty a jejich výrobu, materiál i servis. Potřebné informace budou stroje dostávat nejen od lidí, ale také od jiných strojů a obráběných předmětů.

Digitalizace a automatizace bude mít dopad na celou společnost. Zvýší se poptávka po zaměstnancích s vyšší kvalifikací, kteří se budou starat o obsluhu strojů a současně se sníží poptávka po zaměstnancích s nižší kvalifikací. Dojde k restrukturalizaci zaměstnaneckého prostředí. Produkty budou přesnější, spolehlivější a levnější. Firmy budou flexibilnější. Materiály budou využívány efektivněji a budou šetrnější k životnímu prostředí.

V případě automobilového průmyslu bude digitalizován nejenom vlastní výrobní podnik, ale také celý s ním spojený „ekosystém“ – tj. dodavatelé, prodejci, servis a trh náhradních dílů. Digitalizován bude i vyráběný produkt – tj. automobil. Ten se stane součástí internetu věcí, podobně jako dopravní infrastruktura. Umožní to realizovat nové služby, založené na sdílené mobilitě. Konečným výsledkem této integrace bude plně autonomní vozidlo „bez řidiče“.

Aplikační část je zaměřena přímo na společnost Škoda Auto, její investice, odbyty a zaměstnanost ve sledovaném období 5 let. Postupnou implementaci Industry 4.0 do všech závodů s analýzou jejich dopadu.

Pomocí SWOT analýzy budou analyzovány silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby společnosti Škoda Auto, výzvy a strategie do budoucnosti.

Cíl a metodika práce

Cílem práce je analýza nových výzev, které přináší čtvrtá průmyslová revoluce a jejich vliv na automobilový průmysl. Vybrané ekonomické ukazatele aplikované na společnost Škoda Auto a její strategii do budoucna.

V části věnované literární rešerši je základním zdrojem kniha největšího českého průkopníka robotizace. Vědce, zakladatele a bývalého ředitele Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC) Českého vysokého učení technického v Praze, Vladimíra Maříka, Průmysl 4.0 – výzva pro Českou republiku. Byly využity články z časopisů: Sdělovací technika, MM Spektrum, IT Systems, Automa, Visions, Český autoprůmysl atd. Dále byly ve větší míře využity některé elektronické knihy.

V aplikační části jsou analyzovány a vyhodnoceny vybrané výsledky firmy Škoda Auto za posledních pět let. Pro stanovení strategie byla vytvořena SWOT analýza připravenosti na Industry 4.0. Tato část čerpala z výročních zpráv firmy za roky 2013 až 2017.

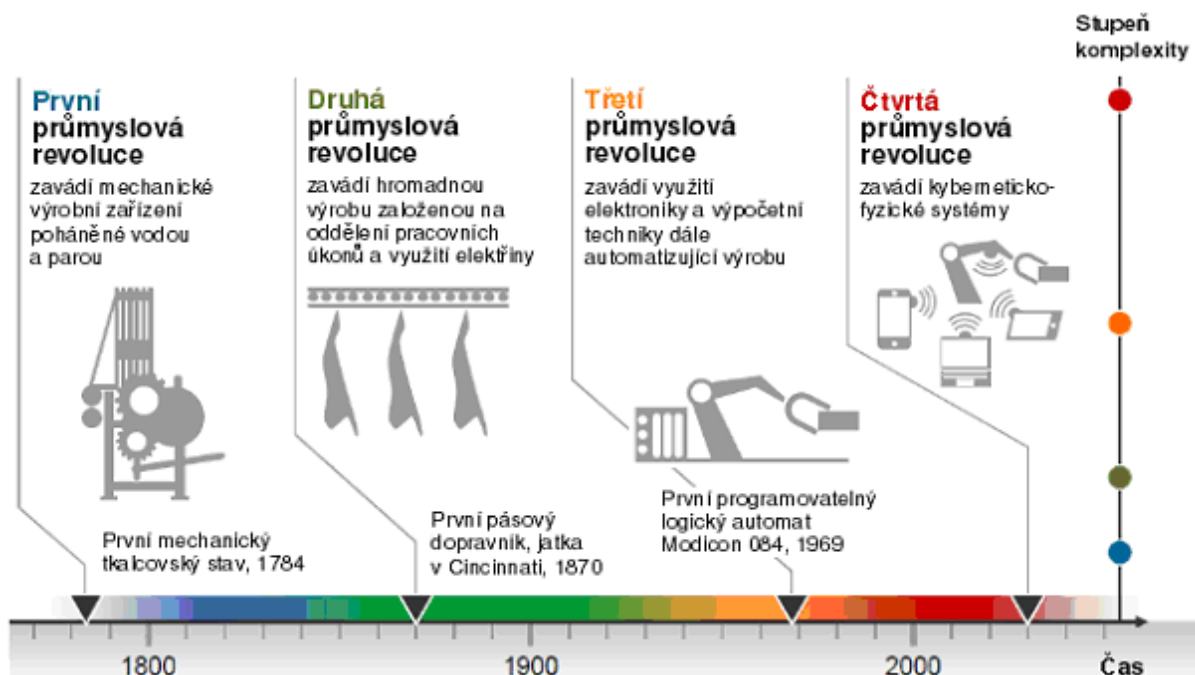
Literární rešerše

1. Industry 4.0

1.1 Čtvrtá průmyslová revoluce

První průmyslová revoluce v 18. století využívala energii vody a páry za účelem mechanizace výroby. Ještě v 19. století začala druhá průmyslová revoluce, která využívala elektrickou energii a montážní linky k realizaci hromadné výroby. Vzestup informačních technologií vedl v 70.tých letech minulého století ke třetí průmyslové revoluci – automatizace celosvětově výrobu zdokonalila a učinila ji efektivnější. Nyní probíhá čtvrtá průmyslová revoluce, označovaná také „Industry 4.0“, která se vyznačuje rostoucí digitalizací a propojováním hodnotových řetězců a obchodních modelů. Vzniknou „chytré továrny“ založené na kyberfyzických systémech, což výrobcům umožní řídit celou produkci z jediné platformy. [43, s. 7.]

Během čtvrté průmyslové revoluce se výrazně zvýší složitost výroby v důsledku konektivity, internetu věcí, pokročilých robotických technologií a složitých softwarových aplikací. Tato revoluce však bude vyžadovat méně výměn základního výrobního zařízení nežli předchozí revoluce, protože spočívá v propojování stávajících výrobních jednotek a digitalizaci stávajících výrobních procesů. [43, s.4-5]



Obrázek 1: Čtyři průmyslové revoluce (zdroj: Siemens Česká republika) [16]

1.2 Koncept Industry 4.0 a základní principy

Základem Industry 4.0 je dokument, který byl představen na veletrhu v Hannoveru v roce 2013. Základní vize tzv. čtvrté průmyslové revoluce se však objevily již v roce 2011. [37] Čtvrtá průmyslová revoluce přináší zásadní změny nejen pro oblast průmyslové výroby. Přináší celospolečenskou změnu zasahující průmysl, technickou standardizaci, bezpečnost, systém vzdělávání, právní rámec, vědu a výzkum, trh práce a sociální systém. [16, s. 6]

Budoucí výrobní podniky mají být založeny na globální síti propojující inteligentní stroje, skladové systémy a výrobní zařízení do „kyber-fyzických systémů“. Umožní to autonomní výměnu informací, spouštění různých akcí a vzájemně nezávislé řízení. Zdokonalí se průmyslové procesy v oblasti výroby, plánování, využívání materiálů, dodavatelského řetězce a řízení životního cyklu výrobku. [14]

K základním principům Industry 4.0 patří:

- Interoperabilita: kyber-fyzické systémy, lidé a všechny komponenty chytré továrny spolu mohou komunikovat prostřednictvím internetu věcí a internetu služeb.
- Virtualizace: fyzické systémy lze propojovat s virtuálními modely a simulačními nástroji.
- Decentralizace: rozhodování a řízení probíhá autonomně a paralelně v jednotlivých subsystémech.
- Práce v reálném čase: je nezbytná pro komunikaci a řízení v systémech reálného světa.
- Orientace na služby: jsou preferovány standardní služby na bázi servisně orientované architektury (SOA).
- Modularita: systémy musejí být co nejvíce modulární a schopné autonomní rekonfigurace na základě automatického rozpoznání situace. [16, s. 12]

1.3 Základní složky Industry 4.0

Kyberfyzické systémy

Termín „kyber-fyzický systém“ (CPS) označuje systém, který se skládá z fyzických entit řízených počítačovými algoritmy. Využívání CPS vyžaduje transdisciplinární znalosti z oboru kybernetiky, mechatroniky, konstrukční a výrobní vědy. Každá entita kyber-fyzického systému bude generovat velké množství dat o provozu a také o vlastním stavu. Zde se uplatní poznatky z oboru velkých dat, strojového učení a umělé inteligence. [16, s. 12-13]

Kyber-fyzické systémy zajišťují organizaci a optimalizaci výroby, přičemž se využívá komunikace mezi neživými objekty – tzv. internet věcí. Produkt, který se má stát výrobkem, má k dispozici veškerá data nezbytná ke své výrobě. Výrobní zařízení jsou vzájemně propojená a pořadí výroby se určuje flexibilně s ohledem na aktuální situaci. [10]

Kombinace kybernetických a fyzických prvků promění obyčejný produkt na „inteligentní produkt“, vykonávající užitečnější funkce. Inteligentní produkty lze jednoznačně identifikovat a lokalizovat. Znájí svoji historii, svůj aktuální stav a metody pro dosažení cílového stavu. [14]

Příkladem jednoduchého kyber-fyzického systému je relé, vyráběné v plně monitorovaném výrobním procesu (viz obr. 2). Pokud uložíme sériové číslo relé do QR kódu, můžeme tento kód používat k identifikaci. Z kódu lze zjistit, kdy a kde bylo relé vyrobeno a jak bylo dodáno zákazníkovi. Na plně digitalizované výrobní lince bude kód naskenován a v systému pak budou dostupné údaje o stáří, specifikaci, době životnosti a způsobu výměny tohoto relé. [14]



Obrázek 2: Údaje o relé zakódované do QR kódu [14]

Internet věcí a internet služeb

Internet věcí (IoT) je technologie umožňující propojit virtuální datový svět s reálným světem složeným z věcí, kterých se lze dotknout. Koncept IoT počítá s tím, že miliardy zařízení po celém světě budou vybaveny identifikačními značkami a připojeny k internetu, což jim umožní průběžně odesílat velká množství dat do cloudových úložišť. Zde se data analyzují a zpracovaná se vrátí zpět v podobě nějaké služby. [8]

Internet služeb (IoS) umožňuje výrobcům vytvářet nové služby nebo konzumovat dostupné služby. Tyto služby (jako je řízení zásob, logistika a chytrá doprava) snižují náklady, zvyšují efektivitu a následně i produktivitu. [4, s. 229]

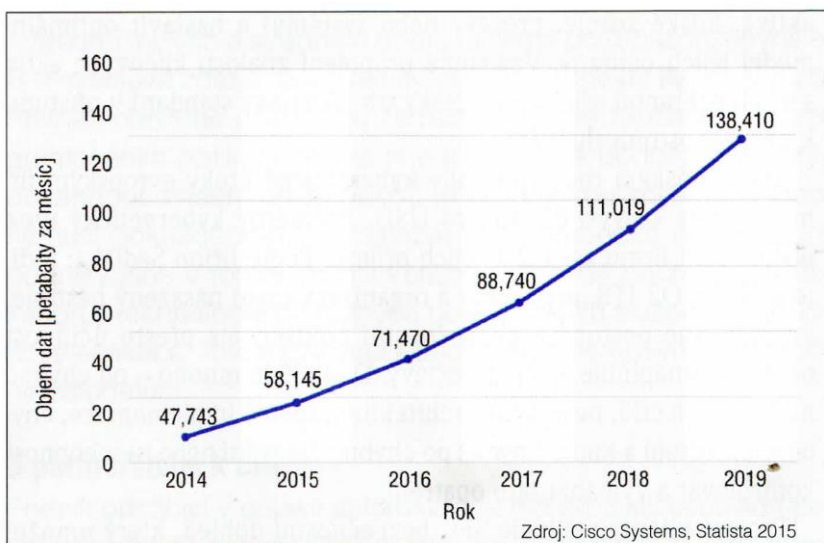
1.4 Technologie klíčové pro Industry 4.0

1.4.1 Velká data a jejich analýza

Termín „big data“ se týká zpracování velkého objemu dat (v řádu petabajtů, tj. 10^{15} bajtů). Podle definice to jsou tak veliké a složité soubory dat, že jejich sběr, zpracování a správu není možné zajistit v rozumném čase běžnými softwarovými prostředky. ^[9]

Velká data se vyznačují vlastnostmi, které byly označeny zkratkou 4V: objem (*volume*), rychlost (*velocity*), různorodost (*variety*) a věrohodnost (*veracity*). Objem dat produkovaných v rámci internetu či podnikových sítí je dnes mnohem větší než v minulosti – viz obrázek 3. Tato data také vznikají mnohem rychleji: denně vzniká téměř 2,5 exabajtů dat (tj. $2,5 \cdot 10^{18}$ bajtů). Data mohou být různorodá: textová či multimediální, strukturovaná či nestrukturovaná. Pokud data pocházejí z nespolehlivého zdroje, mohou být nevěrohodná. ^[9]

Zdrojem velkého objemu dat bývají: provoz na internetu, čidla sledující výrobní proces a podnikovou logistiku, inteligentní senzory a měřicí sítě, systémy pro řízení vztahů se zákazníky (CRM), bezpečnostní kamery atd. ^[1, s. 51]



Obrázek 3: Odhadovaný objem dat na internetu v letech 2014 až 2019 ^[9]

Škálování velkých dat je problematické – absolutní objem informací, které je nutné uložit a zpracovat je mnohem větší nežli zvládnou běžná podniková datová centra. Dnes však již existují výkonné technologie, poskytující analýzu v reálném čase. Obvykle jsou založeny na

systemu Hadoop, který škáluje a distribuuje úložný prostor i výpočetní výkon prostřednictvím výkonné sítě. Dokáže zpracovávat data strukturovaná i nestrukturovaná – včetně strojových dat ze senzorů a radiových identifikací (RFID). [9]

Aby bylo možné velká data skutečně aktivně využívat, je zcela nezbytný pokročilý analytický software. Analýzy umožní firmám určit oblasti pro zlepšování (např. kvalita výroby, spotřeba energie, využití technického zařízení, flexibilita, rozhodování, údržba, odpady atd.). [43, s.12]

1.4.2 Cloudové výpočty a úložiště

Výpočet v cloudu (*cloud computing*) je počítačový styl, ve kterém jsou potřebné kapacity informačních technologií poskytovány jako služby. Umožňuje to uživatelům přistupovat k těmto technologiím prostřednictvím internetové sítě, bez nutnosti expertních znalostí a řízení technologické infrastruktury, která tyto služby podporuje. [4, s. 22]

Tato koncepce umožňuje přistupovat k aplikacím, které jsou ve skutečnosti umístěny jinde než na místním počítači nebo na zařízení připojeném k internetu. Efekt „*cloud computingu*“ je, že využívané aplikace hostuje jiná společnost, která tudíž nese finanční náklady na servery a stará se o aktualizace softwaru, takže uživatel platí za příslušné služby méně. [3, s. 24-25]

Poskytovatelé služeb typu „*cloud*“ nabízejí různé technické i programové služby. Jsou to zejména služby pro řízení vztahů se zákazníky nebo pro infrastrukturu – zálohování a ukládání dat (pro obnovu po havárii), poskytování vývojových platform (tzv. hostování), výpočetní výkon procesoru apod. [4, s. 202]

Nejčastěji jsou poskytovány tyto cloudové služby:

- Software jako služba (SaaS) znamená poskytování softwarové aplikace, která běží na serveru poskytovatele služby. Klient se nemusí starat o její instalaci, správu či údržbu.
- Platforma jako služba (PaaS) znamená poskytování výpočetní a softwarové infrastruktury formou služby. Součástí je nejen hardware, ale také software (operační systém, webový server, databázový server apod.).
- Infrastruktura jako služba (IaaS) znamená poskytování výpočetní infrastruktury (typicky virtuálního stroje s odpovídajícím úložným prostorem a síťovou konektivitou) formou služby. Klient se nemusí starat o údržbu a provoz hardwaru. [5, s. 51]

1.4.3 Systémová integrace

Koncepce Industry 4.0 předpokládá:

- horizontální integraci všech subsystemů (přijetí a potvrzení objednávky, výrobní úsek, expedice produktu, zajištění záručního a pozáručního servisu, ukončení životního cyklu produktu);
- vertikální integraci všech subsystemů: od nejnižší úrovně automatického řízení fyzických procesů, přes management výrobního úseku, až po plánování podnikových zdrojů;
- integraci všech inženýrských procesů (hrubé zadání produktu, dále jeho návrh, vývoj, realizace, testování, verifikace a plánování životního cyklu produktu).^[15]

Horizontální integrace se týká integrace informačních systémů pro různé výrobní a plánovací procesy, mezi které patří toky materiálů, energií a informací (viz obrázek 4). Tyto toky mohou být interní i externí (partneři, dodavatelé, zákazníci, logistika, inovace apod.). Horizontální integrace tudíž představuje digitalizaci přes celý dodavatelský a hodnototvorný řetězec (od dodavatele k zákazníkovi) s využitím internetu věcí, analytiky a dat.^[44]

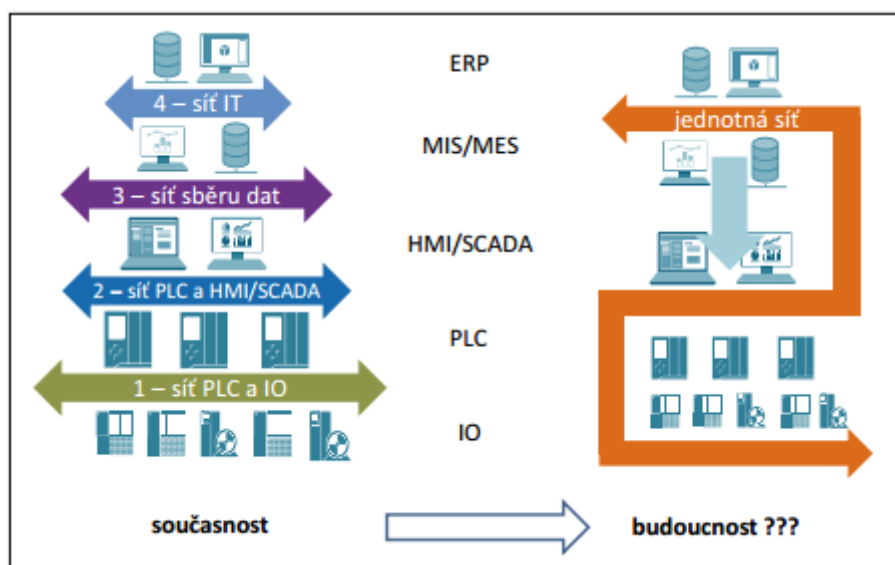
Je nepochybné, že horizontální integrace napomůže v horizontální koordinaci, spolupráci, úsporách nákladů, tvorbě hodnot a urychlení (umožní plynulé služby a provozní činnosti, ale také rychlejší uvedení produktu na trh a vyšší výkonnost pracovníků).^[44]



Obrázek 4: Horizontální integrace systémů^[44]

Vertikální integrace se týká integrace informačních systémů na různých hierarchických úrovních, kterými jsou: úroveň provozu (stýkající se s výrobním procesem skrze senzory a akční členy), úroveň řízení strojních systémů, úroveň výrobních procesů (kterou je nutné monitorovat a kontrolovat), úroveň řízení výroby (plánování výroby, řízení kvality atd.) a úroveň plánování podniku. [44]

Klasická koncepce řízení má na nejnižší úrovni vrstvu IO, na střední úrovni PLC spolu s HMI, a na nejvyšší úrovni MIS (případně MES) – viz obrázek 5. Využívá se horizontální propojení jednotlivých komponent sběrnici, určenými vždy pro specifickou úlohu. Jádrem této architektury je programovatelný logický automat (PLC). Ze strany řízeného procesu jsou k němu připojeny svorkovnice, frekvenční měniče a čidla – a to buď zadrátováním nebo průmyslovou vstupně/výstupní sběrnicí (Profibus, Profinet, DeviceNet apod.). Ze strany operátora jsou připojeny systémy rozhraní člověk/stroj (HMI), uživatelsky přizpůsobené k ovládní chodu výrobně-technologického systému. [30]



Obrázek 5: Změna síťové architektury vlivem Industry 4.0 [30]

V koncepci Industry 4.0 budou využity internetové technologie v horizontálním uspořádání. Veškerá zařízení budou na jedné úrovni sítě (internetu) a každé zařízení bude fyzicky napojeno na komunikační síť pouze jednou. Tato architektura nahradí současné komunikační standardy a sjednotí do jediné komunikační platformy všechny přenosy dat dříve realizované sběrnicemi Profibus či Profinet nebo sítí Ethernet. [30]

1.4.4 Průmyslový internet věcí

V průmyslovém internetu věcí má každá komponenta výrobního procesu (výrobní dílec, materiál, dopravní prostředek, zaměstnanec, organizační jednotka apod.) svoji inteligenci, vyjednávací pravomoc a prioritu. Komponenta volá podle potřeby „chytrou službu“ (*smart service*), kterou systém Industry 4.0 zajistí v reálném čase. ^[15]

Součástí průmyslových IoT jsou stroje, zařízení a výrobní linky (podobně jako u M2M), ale také jednoduché snímače nebo akční členy. Komunikace probíhá prostřednictvím standardní internetové sítě. Provozní data z těchto komponent jsou začleněna do informačního systému podniku, takže k nim mohou přistupovat všechny oprávněné podnikové aplikace. Umožňuje to optimalizovat podnikové procesy a realizovat nové výrobní modely, například koncepci „výroba jako služba“. ^[32]

Nasazení průmyslového IoT vyžaduje jeho integraci s pokročilou analýzou dat, neurálními sítěmi, strojovým učením, strojovým viděním a prediktivní analýzou. Celý systém pak může víceméně samostatně vyhodnocovat obrovské objemy dat. Díky tomu lze postupně zavádět automatizaci od úplného základu až k plně autonomním systémům. ^[24]

Předchůdcem internetu věcí je komunikace M2M (stroj se strojem). Obě platformy umožňují dálkový přístup k zařízení, který je však odlišně realizován. Zatímco komunikace M2M využívá vyhrazený hardware (vestavěné komunikační moduly a kabelové nebo bezdrátové sítě), systémy IoT využívají internet k propojení dat ze zařízení s cloudem pomocí volně přístupného „middlewareu“ v zařízení. ^[32]

Aplikací technologie M2M jsou senzory, kamerové dohledové systémy, zabezpečovací systémy, měřiče spotřeby energií, systémy automatizace rozvodných sítí, telemetrická komunikace, parkovací automaty, monitoring kvality vzduchu apod. ^[1, s. 53]

1.4.5 Autonomní robotika

Robot je příkladem kyber-fyzického systému, protože má zřetelné fyzické komponenty, které mohou ovládat jeho okolí. Roboty jsou vhodné pro rozpoznání předmětů, jejich uchopení, přepravu a umístění na požadované místo. V továrnách se používají k opakovaným úkonům, jako je obtížné zvedání nebo polohování velkých předmětů na montážní lince. ^[41, s. 37]

Roboty mají výpočetní, síťové a fyzické součásti umožňující běh softwaru pro vykonávání jejich úkolů jako je například čtení dat ze snímačů, aplikování algoritmů, odesílání řídicích informací servomotorům a akčním členům. Roboty také komunikují s provozními a řídicími servery a s bezpečnostními zařízeními na montážní lince. [41, s. 37]

Přestože současná robotika představuje nákladově efektivní způsob výroby, jsou roboty omezeny na určité standardizované pracovní úkoly s malou variabilitou. Naproti tomu autonomní roboty mají schopnost provádět více pracovních úkolů, a hlavně mají schopnost pracovat interaktivně a flexibilně s lidmi nebo jinými systémy. [43, s.10] Budoucnost robotiky spočívá v přímé spolupráci mezi člověkem a robotem. Ve všech oborech lidské činnosti dochází k rychlému nástupu inteligentních průmyslových a servisních robotů. [28]

Aby byla spolupráce člověka a robotem efektivní a bezpečná, musejí být roboty vybaveny vlastní inteligencí spolu s výkonnými senzory polohy a pohybu předmětů v okolním prostoru. To jim umožňuje přesně a rychle sledovat okolní dění a reagovat na ně. Dosavadní nákladné ochranné bariéry se tak stanou zbytečné. Inteligentní roboty přebírají komplexní úlohy (které dosud nebylo možné automatizovat), a vykonávají je spolehlivě, s velkou přesností a kvalitou. Navíc je lze snadno programovat a jsou schopny se i samy učit. [28]

Do nové generace průmyslových robotů patří robot YuMi (*You and Me*) od firmy ABB Robotics, který dokáže bezpečně spolupracovat s člověkem bez ochranných bariér (obr. 6). Byl vyvinut se zaměřením na pružnou a rychlou výrobu spotřební elektroniky. Díky svým dvěma dobře pohyblivým a ohebným pažím může montovat drobné součástky. [28]



Obrázek 6: Kooperativní robot YuMi (foto: ABB) [28]

Také ve firmě Kuka vyvinuli konstruktéři malý robot nové generace s obchodním označením „LBR iiwa“, určený pro všestranné použití, zejména v malých a středně velkých podnicích. Zkratka vystihuje jeho typické znaky: lehkou stavbu (LBR) a pracovní inteligenci (iiwa). Robot existuje ve dvou provedeních s maximální nosností 7 a 14 kg. [28]

1.4.6 Umělá inteligence

Termín „umělá inteligence“ (AI) zahrnuje algoritmy, které se snaží ve vstupních datech hledat nějaké vzory nebo automaticky provádět rozhodnutí. Nejúspěšnějším přístupem v AI jsou techniky tzv. „strojového učení“, což jsou algoritmy, které se učí přímo z dat. Znamená to, že místo ručního vkládání rozhodovacích kritérií se algoritmu poskytnou pouze vstupní data, a algoritmus sám dokáže nejdůležitější znaky a kritéria najít. [25]

V posledních letech bylo do vývoje umělé inteligence investováno velké úsilí a zdroje. První výsledky se již dostaly do praxe – například prediktivní řízení zásob. Díky doporučení ERP systému podnik optimalizuje stav zásob zboží na skladě. Systém se sám učí, vytěžuje data o prodeji a spotřebě, a zohledňuje různé faktory (sezónní vlivy, realizované akce). [22]

Umělá inteligence poskytuje technologie pro strojové vnímání a pro interakci člověk-stroj (včetně komunikace v přirozeném jazyce) na podporu autonomní robotiky. Rozvíjejí se také metody strojového učení pravidel ze souboru dat v rámci analýzy velkých dat, zejména v souvislosti s datovými úložišti a cloudovými výpočty. [1, s. 58]

Strojové učení a těžba dat (*data mining*) se dají využít také při řízení dopravy nebo při prediktivní údržbě strojů a zařízení. Umělá inteligence bude spojovat chytrou síť nejen s dopravci, ale i s konkrétními automobily, vagóny, loděmi, letadly, a dokáže zareagovat na konkrétní situace a rizika. [22]

Dále se umělá inteligence a strojové učení uplatňují při vizuálním rozpoznávání produktů a dílů na výrobních linkách a při vizuální kontrole kvality produktů nebo infrastruktury (např. elektrické sítě), a také při predikci časových řad a jiných sekvencí – např. senzorických dat ze zařízení internetu věcí. [25]

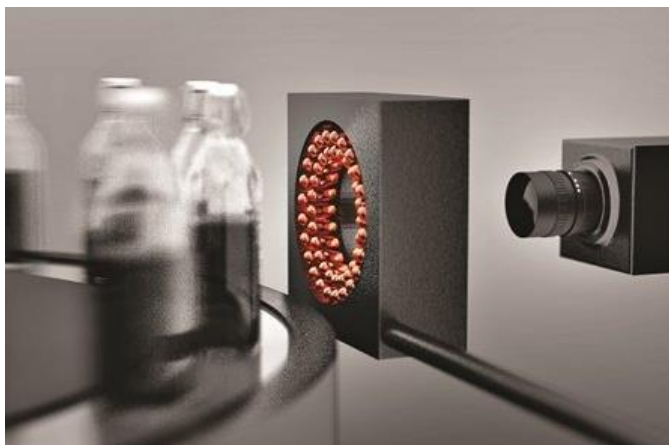
Přes umělou inteligenci a internet věcí (IoT) lze provázat informace s výrobními stroji, u nichž lze sledovat třeba zatížení, vibrace, teplotu a stav vstupních materiálů. Předejde se tak

poruchám a neplánovaným odstávkám, ušetří se za havarijní servis, bude se expedovat včas. A při problémech s dopravou produktů bude možné v reálném čase zvolit alternativní způsob dopravy místo nedodání zakázky. [22]

1.4.7 Počítačové vidění a chytré kamery

Počítačové vidění je obor, který se snaží technickými prostředky napodobit lidské vidění; typická je snaha porozumět obecné trojrozměrné scéně. Používají se značně složité postupy, zaměřené na interpretaci obrazových dat, která jsou nejčastěji reprezentována symbolicky. Jádrem pokročilejších postupů jsou znalostní systémy a metody umělé inteligence. [6, s. 11]

Zpracování a rozpoznání obrazu zahrnuje pět základních kroků: snímání a digitalizaci obrazu a jeho uložení do počítače, předzpracování, segmentaci obrazu na objekty, popis objektů, klasifikaci objektů. [6, s. 13] Na obrázku 7 je uveden příklad aplikace počítačového vidění při kontrole poškození obalu a správného množství obsahu. [21]



Obrázek 7: Aplikace počítačového vidění v praxi [21]

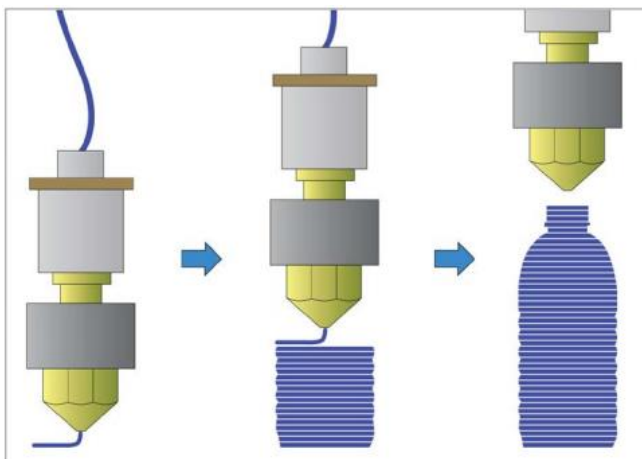
Počítačové vidění a chytré kamery jsou pro Industry 4.0 nezbytné, neboť chytré technologie vyžadují neustálé propojení všech výrobních celků. Kamery propojené s počítačem umožňují sledovat jednotlivé součástky a polotovary na výrobní lince, nejčastěji pomocí QR kódů nebo kódů datových matic. Operátoři tak mají přehled, kde se aktuálně nachází určitá součástka a v jaké fázi výroby je určitý polotovar. Vedle automatizace výroby se technologie počítačového vidění uplatňuje také v automatizaci kontroly kvality. [21]

Kamerová technologie může automaticky kontrolovat odchylky odstínů nebo fyzikálních či geometrických vlastností. Navíc jsou kamery schopné sloužit jako oči strojů a robotů. Tato vlastnost je obzvláště důležitá, protože umožní strojům flexibilní a autonomní interakci. [43]

Dále firmy využívají počítačové vidění v rámci seřizovacího softwaru, který pomocí analýzy obrazu v reálném čase získává charakteristiky obráběcích nástrojů u CNC strojů. Tyto charakteristiky se dále vyhodnocují, což umožňuje určit limity obrábění daným nástrojem nebo jeho opotřebení. Výsledná data jsou důležitá pro udržení přesnosti obrábění a mají zásadní vliv na jeho kvalitu. [21]

Další aplikace kamerové technologie jsou: kontrola orientace obrobku při automatickém zakládání do obráběcího stroje, kontrola dílců po ukončení automatické montáže, navádění robota při laserovém zavařování výrobku, snímání tvaru ostří obráběcích nástrojů, měření a analýza tvaru a přesnosti výrobků, vyhodnocování vad materiálu, kontrola přítomnosti nežádoucích prvků na obrobku, automatické ohýbání a rozpoznávání polohy dílce. [21]

1.4.8 Aditivní výroba (3D tisk)



Obrázek 8: Princip technologie 3D tisku [2]

3D tisk funguje tak, že se po jednotlivých tenkých vrstvách vytváří obraz jako počítačový soubor buď existujícího výrobku nebo CAD-návrhu. Dále se nanášejí všechny následující vrstvy, dokud není celá kopie předmětu nebo CAD-obrázku dokončena. Jakmile byl tento počítačový soubor vygenerován, může být zaveden do 3D tiskárny, která může interpretovat souřadnice a restaurovat návrh pomocí různých metod a substrátů pro vytvoření fyzické reprezentace předmětu. [41, s. 60]

Nejběžnějším typem 3D tisku je modelování depozicí taveniny (FDM). Tiskárny FDM vytvářejí objekty tak, že postupně přidávají jednotlivé vrstvy materiálu. Tenké plastové vlákno je vtahováno do části stroje nazývané „extrudér“, kde se za vysoké teploty (cca 200 °C) roztaví – viz obrázek 8. Tiskárna přitom ví přesně, kam má určitou vrstvu umístit. Zjistí to z údajů v digitálním souboru (tzv. „3D model“), který přijímá z počítače. [2, s. 12-13]

Využití v průmyslu je rozsáhlé, protože 3D tisk je vhodný pro všechny druhy rychlého prototypování a konstruování. Umožňuje také jednodávkovou výrobu zakázkových výrobků, protože stačí změnit pouze základní počítačový soubor šablon. To je velmi zajímavé ve výrobě, kde změna koncepce výrobku vyžadovala dříve týdny práce na přestavbě výrobních linek a rekonfigurování strojů. [41, s. 61]

Z hlediska obsluhy nemají technologie aditivní výroby velké časové nároky, příprava dat je poloautomatická a samotná výroba je v podstatě autonomní. Současné aditivní výrobní systémy jsou již napojeny na internet a začínají vytvářet internet věcí. Jasná identifikace v síti umožňuje distribuovat výrobní data automaticky a začlenit do jednoho celku i služby. [1, s. 46]

3D tisk se stal nedílnou součástí koncepce Industry 4.0. Má různé uplatnění – od vývoje prototypů až po samotnou výrobu, kde zvyšuje efektivitu a také snižuje riziko odstávky výroby v důsledku poruch. Například díky využití 3D tisku k pohotovému výrobě náhradních dílů není nutné provozovat celé sklady rychle zastarávajících náhradních součástí, ale stačí pouze digitální databáze jejich 3D modelů. [27]

1.4.9 Simulace výroby a testování

Výpočetní technika umožňuje testovat s využitím simulace navrhovaná technická zařízení, pracoviště, logistiku apod. Mezi hlavní přínosy simulace patří:

- možnost vytvářet a testovat hypotézy o tom, jak systémy fungují;
- lépe navrhovat a prověřovat nové systémy;
- ve virtuální realitě si nanečisto vyzkoušet dopady různých zásahů;
- předvídat budoucí chování a vývoj systémů. [33]

Se zaváděním Industry 4.0 souvisí i budování tzv. „testbedů“. Jsou to výrobní poloprovozy umístěné obvykle ve výzkumné organizaci a otevřené firmám, které se podílejí na jejich financování. V České republice byl testbed realizován Českým institutem informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC) a firmou Siemens. ^[10]

Využitím metody virtuálního zprovoznění získá výrobce „digitální dvojče“ svého stroje, což je virtuální prostředí umožňující simulovat a optimalizovat veškeré operace související se spouštěním, provozem a údržbou stroje. Díky tomuto řešení je možné významně zkrátit dobu potřebnou k uvedení stroje do provozu, což je kapitálově náročná etapa. Výrobce má navíc možnost objevit a odstranit případné koncepční chyby již ve fázi vývoje stroje. ^[31]

Koncept „digitálních dvojčat“ (tj. virtuálních modelů reálných objektů a procesů) umožňuje spojit dohromady technická data rozptýlená v různých úložištích a vytvořit z nich realistický model, umožňující předvídat chování výrobků. Protože digitální dvojčata budou součástí internetu věcí, budou mít možnost se postupně zdokonalovat a aktualizovat na základě zpětné informace o používání konkrétního výrobku. ^[38]

Díky využívání dat z různých zdrojů je možné u digitálních dvojčat provádět prediktivní inženýrskou analýzu. Umožňuje to předvídat reálné chování složitých výrobků a systémů během jejich životního cyklu. Nástroje PEA umožňují výrobcům změnit tradiční ověřování návrhu na proces podporující systémově řízený vývoj výrobků. Inovace složitých výrobků je tak možné realizovat rychleji a s větší jistotou. ^[38]

1.4.10 Rozšířená realita

Rozšířená realita (*Augmented Reality*) kombinuje záznam skutečného světa s prvky generovanými počítačem. Její princip je následující (viz obrázek 9):

- Scéna je snímána v reálném čase webkamerou (měla by mít funkci „autofocus“).
- Ve scéně jsou umístěny charakteristické značky (tzv. markery), pomocí kterých se nasnímaný obraz zpracuje.
- Do scény jsou v reálném čase zapuštěny 3D modely, obrázky, text, video apod.
- Scéna doplněná o nové objekty se zobrazí na displeji (počítače, mobilního telefonu, tabletu) nebo pomocí polopropustných či nepropustných brýlí vybavených kamerou. ^[23]



Obrázek 9: Princip rozšířené reality [23]

Ve výrobě nachází rozšířená realita uplatnění zejména v logistice, dále při plánu uspořádání výrobní haly, při prototypování a při virtuálním tréninku. Výhodou praktického nasazení rozšířené reality je, že má minimální pořizovací náklady. [23]

Rozšířená realita se dobře uplatní u skladovacích činností, především při kompletování zakázek a přípravě zboží k expedici. V současnosti se testují mobilní systémy s rozšířenou realitou, zahrnující displeje upevněné na hlavě (HMD), kamery, nositelná PC a sady akumulátorů. Software pro kompletaci dodávek dokáže rozpoznávat objekty v reálném čase, číst čárové kódy, navigovat a sdílet informace se systémem řízení skladu (WMS). [26]

Dále se rozšířená realita může uplatnit v nabídce služeb s přidanou hodnotou. Pracovníci v oboru montáží a oprav mohou nosit speciální brýle se softwarem pro podporu specifických úkolů. Pracovník tak může zrakem sledovat posloupnost pokynů pro správný průběh montáže nebo opravy, přičemž obě ruce má volné pro práci. Systém s rozšířenou realitou zároveň kamerovým snímáním hlídá kvalitu každého pracovního úkonu. Umožňuje to snížit náklady na školení nových pracovníků nebo na zavádění nové výroby. [26]

Využití rozšířené reality je vhodné všude tam, kde část reality fyzicky existuje a zbytek je dostupný pouze ve virtuální formě 3D modelů. Chybějící části prototypu je možné doplnit digitálními daty (například pro část výrobní linky, která je ve stadiu návrhu). Ověřování se provádí přímo v realitě, ale s virtuálními modely. Rozšířená realita totiž představuje velmi rychlou a levnou variantu. [23]

1.4.11 Kybernetická bezpečnost

Jakékoli zařízení, jehož fungování je odkázáno na software, může být ohroženo kyberútokem. Je-li zařízení zapojeno v síti, zvýší se počet potenciálních vstupních bodů a útok lze provést vzdáleně. Existují tři druhy kyberútoků:

- útoky na dostupnost: usilují o zastavení provozu systému nebo odepření služby;
- útoky na důvěrnost: usilují o extrakci informací a monitorování aktivity;
- útoky na integritu: usilují o vstup do systému a změnu nastavení. ^[11]

Zranitelnost systémů zvyšují různé problémy, mezi které patří: slabé zabezpečení a zašifrování, zděděné nezabezpečené systémy, špatná údržba, složité vzájemné závislosti, kaskádové efekty, lidské chyby a nespokojení (ex)zaměstnanci. ^[11]

Internet věci propojuje objekty, které lze strojově načítat a jedinečně identifikovat. Některé objekty jsou pasivní a lze je jednoduše prohledávat nebo snímat (například chytré karty s vloženými RFID-čipy určené pro vstup do budov). Některé objekty jsou aktivní: obsahují mikrokontroléry a akční členy. Dříve neinteligentní zařízení mohou být připojena na internet, mohou generovat informaci o svém používání a lze je dálkově řídit. Do zařízení lze navíc vložit senzory, které generují údaje o poloze, rychlosti, teplotě, tlaku, průtoku, zatížení atd. Senzory a mikrokontroléry jsou napadnutelné hackery a mívají málo účinné zabezpečení. ^[11]

V průmyslových podnicích bývají kybernetické útoky zaměřeny především na distribuované řídicí systémy (DCS), programovatelné logické automaty (PLC, PAC), systémy sběru, regulace a dohledu dat (SCADA), rozhraní člověk-stroj (HMI) atd. – a to prostřednictvím různých bezpečnostních mezer vycházejících ze špatného návrhu architektury, ze zanedbání péče o počítačovou bezpečnost nebo ze zastaralosti systémových komponent. ^[1, s. 64]

2. Vliv Industry 4.0 na automotive

2.1 Digitalizace vozidel a souvisejících služeb

2.1.1 Budoucí vývoj internetu věcí

První fáze internetu věcí (IoT) se zaměřovala především na přidávání senzorů do zařízení navržených pro poměrně izolované využívání, přičemž vytvářená data sloužila hlavně pro předávání zpráv. Stále to platí u většiny aplikací: příkladem jsou inteligentní měřicí přístroje v energetickém průmyslu a palubní záznamové nebo navigační systémy v automobilech. ^[17]

Vývoj internetu věcí směřuje k větší integraci a inteligenci. V blízké budoucnosti by měla vzniknout „sociální síť věcí“. Dřívější izolované výrobky s připojenými senzory jsou nahrazovány výrobky s vyšším síťovým výkonem, sociálním propojením, interoperabilitou systémů a robotickým hardwarem. V automobilu se to projevuje ve vývoji navigace: od starších systémů GPS k sociálně-řízeným aplikacím. V inteligentní továrně se to týká strojů, které dokážou předvídat potřebu svojí údržby a objednávat si náhradní díly. ^[17]

Automobily budou bezesporu patřit mezi největší a nejdražší „věci“ připojené k internetu. Důležité je, aby všechny „věci“ na internetu byly řádně zabezpečeny proti krádeži dat, což musejí zajistit poskytovatelé technologií a služeb. ^[13]

2.1.2 Propojování vozidel a infrastruktury

Vývoj směřuje k úplné propojitelnosti vozidel, dopravních a komunálních služeb (využitím senzorově vybavených silnic a infrastruktury) a zábavních či navigačních služeb (využitím mobilních zařízení ve vozidle nebo v rukou cestujících). Do roku 2020 má být propojeno více než 90% prodaných automobilů. ^[46, s. 9]

Cílem konceptu propojených vozidel a propojené silniční infrastruktury je zvýšit bezpečnost a plynulost silničního provozu, snížit dopady na životní prostředí, a poskytovat nové možnosti pro informační podnikání („infotainment“). ^[12]

Propojené vozidlo

Automobil propojený rádiovým prostředkem bude komunikovat se svým okolím. Tato komunikace bude pomáhat řidiči při řízení vozidla (například přizpůsobením jízdních vlastností vozidla stavu vozovky). Dále bude prostředkem k poskytování zajímavých informací nebo zábavy spolujezdcům. ^[12]

Do vozidel jsou stále častěji zaváděny rádiové technologie, které umožňují využívat různé aplikace: pomáhají řidičům při navigaci a řízení nebo poskytují různé informace (o počasí, o nejbližší čerpací stanici, o volných parkovacích místech). V současnosti již na trhu působí několik výrobců těchto aplikací. Problém je, že se k připojení využívají nejednotné standardy (WiFi, mobilní sítě). ^[12]

Typickým příkladem je technologie eCall – systém nouzového volání, který musí mít povinně zabudován každý automobil prodaný v Evropské unii od dubna 2018. Jeho účelem je přivolat okamžitou pomoc v případě vážné nehody. ^[45]

Propojená silniční infrastruktura

Spolu s vozidlem musí být propojena i silniční infrastruktura. Napojení vozidel na robustní datovou síť silniční infrastruktury zvýší především efektivitu a bezpečnost cestování. ^[12]

Efektivita se zvýší tím, že automobily vybavené rádiovým tagem (umožňujícím přístup k platebním údajům) budou moci automaticky jezdit po zpoplatněných silnicích, a to bez překážek a dopravní zácpy, což je výhodné jak pro řidiče tak i pro správu silnic a dálnic. ^[12]

Bezpečnost provozu se zvýší tím, že propojená dálnice bude moci odesílat propojeným vozidlům důležité informace o okolním prostředí (počasí, dopravní zácpy, havárie, objížďky, výluky apod.). Dále bude možné efektivně sledovat chování řidičů, což poskytne rychlejší odezvu v případě nehody. ^[12]

Vozidla budou schopna komunikovat nejen mezi sebou (vozidlo-vozidlo neboli V2V), ale také s pozemní infrastrukturou (vozidlo-infrastruktura neboli V2I). Senzory, transpondéry a čtečky RFID na silnicích, semaforech, mostech a parkovištích vytvoří integrovanou komunikační síť nepřetržitě se přesouvajících digitálních informací. ^[46, s. 18]

Při sdílení a shromažďování dat z automobilů je nutné rozlišovat, jestli jsou data využívána pro zájem komerční či veřejný, a jestli jde o data osobní nebo data spojená s provozem vozidla. Osobní data by pro poskytovatele služeb byla dostupná pouze v případě souhlasu řidiče a pouze pro ten účel, ke kterému dal řidič výslovné svolení. [45]

S přibývajícím konektivitou a umělou inteligencí automobilů roste nebezpečí kybernetických útoků. Je nutné zabránit tomu, aby útočník nemohl na dálku aktivovat brzdy, vypnout motor, odemknout vozidlo apod. Přímý přístup k datům generovaným vozidly by proto měli mít pouze výrobci. Poskytovatelé služeb se k datům dostanou buď přímo přes výrobce a jejich datová úložiště nebo přes neutrální servery, kam budou výrobci generovaná data ukládat. [45]

2.1.5 Autonomní a asistovaná vozidla

V novém dopravním prostředí budou existovat tři druhy automobilů. Některé budou plně automatizované, další budou mít jednoduché antikolizní a navigační systémy, další budou podobné dnešním automobilům. V takovém složitém prostředí budou muset být automobily i počítačové sítě sestaveny tak, aby byly adaptabilní, sebe-vnímající (*self-aware*) a schopné komunikovat v reálném čase mezi sebou i s lidmi. [17]

Vozidla s asistenčními systémy

Někteří výrobci automobilů již začali do svých modelů zavádět různé podpurné autonomní systémy (například automatické brzdění či parkování), ale celkovou kontrolu nad vozidlem mají stále řidiči. Tento hybridní model zůstane standardem po několik příštích let. [13]

Řidič sice může předat plnou kontrolu palubnímu počítači, ale může také převzít řízení (například v nouzové situaci). Autonomní řízení může být využíváno při jízdě v koloně a v jiných nepříznivých provozních podmínkách. [13]

Asistovaná jízda je již skutečností, ale stáří většiny silničních vozidel (9 až 11 let) zpozdí její kompletní realizaci. Mnohé funkce asistované jízdy, které nyní existují pouze v luxusních automobilech, budou ve střednědobém horizontu cenově dostupné a častější také u sériově vyráběných vozidel. [46, s. 12]

Plně autonomní vozidla

Autonomní řízení je nová, rychle se rozvíjející technologie. Mezi základní funkce, které bude tato technologie vyžadovat patří: navigace, situační analýza, plánování pohybu a řízení dráhy pohybu. Vyspělý systém autonomního řízení bude zahrnovat syntézu všech sensorových dat v rámci vozidla. Tato data bude nutné efektivně zpracovat, vyhodnotit a vygenerovat z nich výstupy, které budou umožňovat preemptivní dynamické řízení, na které se řidič bude moci spolehnout. V plně autonomním vozidle bude obsaženo mnoho různých technologií: například DSRC, radar, lidar a inteligentní kamerové systémy. ^[12]

Autonomní řízení je závislé na konektivitě vozidla s komunikační družicí a s technologií silniční krajnice, a také na cloudových serverech na internetu. Tato konektivita musí být spolehlivá, a musí být poskytována nepřetržitě. ^[13]

Samořiditelná auta už testují firmy Audi, BMW, Toyota, Mercedes a Google. K jejich uvedení do provozu však v blízké době nedojde, protože není vyjasněna odpovědnost za případné nehody. V brzké době se bude rozvíjet napojení vozidel i jejich navigací na GPS a zavádění chytrých systémů řízení dopravy včetně komunikace mezi automobily. ^[39]

Rozsáhlé komerční realizaci autonomních vozidel v blízké budoucnosti brání technická omezení, legislativní opatrnost, infrastrukturní bariéry, nepředvídatelné přijetí u zákazníků a náklady na vývoj. Výroba autonomních vozidel bude tudíž vyžadovat úplnou transformaci automobilového podniku a jeho podpůrného ekosystému. ^[46, s. 12]

2.1.6 Služby sdílené mobility

Nastupující „internetová“ generace bude mít menší zájem vlastnit auto. Mnohem více ji bude zajímat, jak se dostat z bodu A do bodu B. K tomu jí dopomohou chytré telefony, aplikace, nepřetržitý přístup k internetu a především koncepty sdílené mobility – tzv. carsharing. ^[39]

Carsharing funguje na principu „automobilem jedu tehdy, kdy ho potřebuji“. Služba se zaměřuje na občany, kteří automobil nevyužívají každý den – najezdí ročně méně než deset tisíc km. Ocení ji například rodiny, které občas potřebují mít k dispozici druhé auto, mladí lidé či studenti. ^[39]

Přístup k vozu je přitom možný kdykoliv – obvykle pomocí čipové karty, aplikace pro chytrý telefon nebo SMS. Jedná se tedy o levnější a flexibilnější autopůjčovnu: uživatel smlouvu podepíše jen jednou a platí jen za to, co skutečně ujede. Carsharing je již dostupný i v ČR. ^[39]

2.1.7 Automobilový infotainment

Technologie automobilového infotainmentu zaznamenala v nedávných letech výrazný pokrok. Primární výrobci se přesouvají od značkového softwaru k otevřeným systémům a k mobilně přístupným platformám, a také spolupracují s více partnery. ^[46, s. 9]

Již byly realizovány služby na bázi předplatného. Jsou však omezeny hlavně na bezpečnostní prvky jako je například silniční asistence. Globálně se očekává, že počet nových automobilů s těmito prvky instalovanými v továrně vzroste na 50,8 milionů v roce 2018. ^[46, s. 9]

Rozvíjí se také infotainment na bázi polohy a stavu: produkty nebo služby se dostávají k cestujícím podle toho, kde a s kým jsou a jaké mají preference. Služby založené na poloze, spolu s multimodálními integrovanými službami, umožňují zákazníkům chytré plánování trasy se všemi druhy dopravy (automobilové i neautomobilové). ^[46, s. 9]

2.1.8 Výroba komponent vozidel 3D tiskem

Technologie 3D tisku může významně ovlivnit některé činnosti v hodnototvorném řetězci vývoje automobilu: například návrhový cyklus, náhradní díly pro zákaznický servis nebo zákaznické spolunávrhy vozidel. Již dnes existují společnosti, které dokážou vytisknout vnější části automobilu. Vzniká tak nový typ hromadných zákaznických úprav. ^[17]

Pro majitele vozu je velkou nepříjemností nutná výměna součástí, není-li žádná součást snadno dostupná. Použití lokálně rozmístěných 3D tiskáren a vytváření komerčních služeb „tisku součástí na zakázku“ by mohlo změnit nejen zkušenosti zákazníků, ale také celou infrastrukturu dodavatelského řetězce a skladování. ^[17]

2.2 Digitalizace automobilek a jejich ekosystému

2.2.1 Digitalizace výroby v autoprůmyslu

Velkou příležitostí pro automobilový průmysl je tzv. čtvrtá průmyslová revoluce spočívající v digitalizaci. V praxi to znamená, že dojde k propojení všech inteligentních přístrojů, výrobních linek a výrobků, skladů, logistiky i servisu do jedné inteligentní informační sítě. Prostřednictvím této sítě budou chytré přístroje zákazníků, výrobců i dodavatelů navzájem komunikovat, a to v reálném čase. ^[39]

Za několik let lidé při koupi automobilu nepůjdou do autosalonu, ale doma si přes internet ze sestaví z různých součástek unikátní automobil na míru, který si nekoupí, ale pronajmou. ^[39]

Výrobní proces bude probíhat tak, že hned po objednání inteligentní systém automobilky zanalyzuje objednávku a vyšle požadavky k výrobcům součástek. Ti pomocí robotů automobil sestaví a hotový ho automaticky doručí. Výrobní linka také nebude ve vlastnictví továrny, ale bude zapůjčena od výrobců (na několik let či měsíců nebo několik zakázek). ^[39]

Výrobu budou realizovat tzv. chytré továrny, v nichž bude probíhat pokročilá robotizace a automatizace výroby, zavádění čipů, senzorů či 3D tiskáren; díky tomu vzroste produktivita odvětví. Role zaměstnanců bude spočívat především v kontrole a ve spolupráci s roboty. ^[39]

2.2.2 Automobilka budoucnosti

Do 80. let minulého století byl základním prvkem výroby člověk. V současnosti jsou to především hardwarové, softwarové, informační, řídicí a komunikační systémy. Jejich spojujícím prvkem se stala digitalizace, a to ve všech úrovních výrobního procesu. ^[33]

V budoucích automobilkách se budou nacházet pokročilé kyber-fyzické systémy:

- rozhraní člověk-stroj a kolaborativní robotika;
- sebe-vnímající stroje s autonomním řízením;
- síťové systémy, které mohou přímo ovlivňovat svoje prostředí;
- flexibilní systémy pro výrobu malých dávek;
- monitorování stavu a prediktivní údržba;
- inteligentní samočinně se organizující logistika. ^[17]

Zavedení principů a systémů digitální továrny se přímo projevuje na ekonomických a výrobních ukazatelích firmy, protože každá malá úspora realizovaná v etapě projektu se po zahájení sériové výroby mnohokrát znásobí. Proto je doba návratnosti investic vložených do digitální továrny poměrně krátká, především u velkých podniků. Přínosy a rozsah úspor v automobilovém průmyslu po zavedení digitální výroby uvádí tabulka 1. ^[33]

Přínosy	Rozsah úspor
rychlejší náběh výroby	až 15 %
celková vyšší produktivita	až 10 %
zvýšení produktivity současných výrobních zařízení	15 až 20 %
snížení počtu výrobních zařízení, nástrojů, periférií, pomocného materiálu	až 40 %
snížení investičních nákladů na nová výrobní zařízení	až 20 %
zlepšení kvality výroby	až 15 %
zlepšení zralosti produktů	5 až 10 %
zkrácení projektových dob	až 20 %
snížení počtu řízení změn	až 20 %
zvýšení účinnosti komunikace a spolupráce	až 35 %

Tabulka 1: Přínosy digitální továrny pro automobilový průmysl (Zdroj: CIMdata Inc.) ^[33]

V České republice je koncepce digitální továrny zatím realizována využíváním nástrojů virtuální reality. Ve světě je vývoj dál, v automobilovém a leteckém průmyslu se již digitální továrny stávají realitou. Používá se také termín „digitální podnik“, protože digitalizace již zahrnuje celý životní cyklus výrobku – od návrhu až po recyklaci. ^[33]

2.2.3 Analýzy a ukládání dat

Data jsou základem k pochopení zákaznických zkušeností a také výrobních procesů. Automobilový průmysl přitom patří k největším producentům dat na světě. Aby mohli výrobci automobilů využívat nové příležitosti datově řízené výroby, budou muset vyřešit infrastrukturu informačních technologií a výrobní systémy ve vztahu k datům. ^[17]

Velko-objemová data

Zdrojem dat velkého objemu v automobilovém průmyslu jsou: vlastní vozidlo a řidič, výrobní procesy, dodavatelský řetězec, poskytovatelé kontextu a technologií, interakce se zákazníky.

Zpracování těchto dat vyžaduje chytré datové sklady a pokročilou „real-time“ analytiku. Analýza těchto dat má význam v celém hodnotovém řetězci zahrnujícím návrh výrobku, preventivní a prediktivní údržbu, prognózování dodavatelského řetězce. ^[17]

Malo-objemová data

Data malého objemu obsahují informace o činnostech jednotlivých osob: preference informačního a zábavního systému uvnitř vozidla, zvyklosti při cestování, zapojení do sociálních médií. Tato data mohou poskytnout hlubší pochopení mikro-trendů i makro-trendů. Aby firmy mohly tato data shromažďovat, musejí získat svolení dané osoby a musejí také jasně stanovit jejich předpokládané využití. ^[17]

2.2.4 Robotika, umělá inteligence, strojové učení

Ve výzkumu robotiky dochází k rychlému vývoji, zejména v oblasti kooperace člověk-robot. Nasazení robotů umožňuje rychlejší výrobní procesy s menší pravděpodobností nedodržení kvality. Obzvláště důležitá bude u robotů prediktivní údržba, která již byla zavedena jako zákaznická služba. ^[7, s. 577]

Průmyslové roboty se stávají součástí vývoje štíhlého výrobního procesu. Jejich hodnota roste, protože se stávají více inteligentními, kolaborativními a autonomními. Je to důsledek průmyslového internetu věcí s jeho technologiemi zabudovaných senzorů, velko-objemových dat, analýzy v reálném čase a strojového učení. ^[17]

Strojové učení a kognitivní výpočty

Strojové učení založené na datových vstupech a výstupech v rámci specifického kontextu je předpokladem pro vývoj autonomní robotické výroby a samo-řiditelných vozidel.

- Ve vozidlech vytvářejí trojrozměrnou reprezentaci světa kamery, snímače a specializované počítače, používané k bezpečné navigaci v nepřehledném provozu. Nastavená pravidla a schopnost provádět složitá rozhodnutí ve zlomku sekundy jsou výsledkem člověkem prováděného zásahu a také strojového učení systému.
- V továrnách mohou mít roboty schopnost autonomního režimu i režimu spolupráce s člověkem – v důsledku inteligence získané strojovým učením. Kognitivní výpočty pro jednotlivé roboty se rozšíří na výpočty pro celé výrobní procesy a továrny. ^[17]

Důležitou oblastí aplikace algoritmů strojového učení a umělé inteligence bude fúze senzorů u elektromobilů. Data z interních senzorů automobilu se musejí zkombinovat s daty z externích zdrojů (což jsou všelijaké digitální systémy), aby se zaručila maximální mobilita plně elektrického vozidla. [7, s. 573]

2.2.5 Propojený dodavatelský řetězec

Hlavním přínosem z propojení dodavatelského řetězce je snížení nákladů díky lepšímu řízení. V minulosti se dodavatelský řetězec vyznačoval dlouhými prováděcími lhůtami ve složité struktuře, zaměřené na dodání správné součásti do správné továrny ve stanovené lhůtě. V posledních letech však došlo ke strategickému rozhodnutí decentralizovat jak výrobu tak i dodavatelský řetězec. [46, s. 14]

Digitalizace zvýší transparentnost dodavatelského řetězce vlivem integrace partnerských systémů. Sběr a analýza dat sníží počet poruch a urychlí celý proces návrhu, výroby a dodávky součástí. Velká část této integrace bude usnadněna cloudem, ve kterém bude každý účastník řetězce vyhledávat stejná data, což přinese větší flexibilitu a stabilitu. [46, s. 14]

Decentralizovaný a propojený dodavatelský řetězec sníží výdaje na předpisy pro dovozní cla a na ochranářské předpisy. Dodavatelé a montážní podniky by mohly být situovány na velkých trzích, jako je Čína. Primární výrobci budou také schopni vyrábět lokálně požadovaná vozidla (např. čínský speciální požadavek na limuzíny s dlouhým rozvorem) a zajišťovat rozvoj značky na lokálním trhu („Vyrobeno pro vás“ a „Vyrobeno ve vaší zemi“). [46, s. 14]

2.2.6 Digitalizovaný maloobchod

Vztahy v celém maloobchodním sektoru se digitální revolucí mění. Primární výrobci, prodejci i zákazníci přehodnocují způsob, jakým spolu komunikují. Zákazníci více využívají digitální kanály výrobců (webová stránka, online konfigurator, call centrum, virtuální agent, online recenze) k porovnání obchodů, virtuálnímu testování a sestavování svých automobilů. [46, s. 15]

Dříve přicházeli kupující do obchodních zastoupení provést průzkum. Dnes již znají trh a požadovaný automobil, což jim umožňuje internet. Nyní má 81% maloobchodníků internetové stránky, přes které mohou zákazníci nakupovat zboží, a 75% maloobchodníků umožňuje transakce přes mobilní zařízení. [46, s. 15]

2.2.7 Propojený servis a údržba

Nepřetržitá analýza dat vytváří nové příležitosti pro preventivní údržbu. Stále sofistikovanější diagnostické systémy ve vozidlech, chytré součásti a všudypřítomná konektivita umožňují, aby vozidlo nebo jeho součásti signalizovaly, že potřebují údržbu nebo výměnu. Dramaticky se snižuje počet kritických, nepředvídaných poruch a snižuje se četnost svolávání vozidel do servisu („recall“). [46, s. 16]

Expanze levných senzorů snížila náklady na prediktivní údržbu a umožnila servis nové generace. Když bude ve vozidlech namontováno více senzorů, přesnost servisu se výrazně zlepší. Tyto datové toky poskytují primárním výrobcům příležitost udržovat jejich spojení se zákazníkem, i když se vlastnictví vozidla během doby jeho životnosti změní. Druhý vlastník zůstane napojen na primárního výrobce přes servisní a údržbářské činnosti. [46, s. 16]

Digitalizace změní celou koncepci servisu v tom, jak se provádí a kdo ho provádí. Servis se stále více stává nejen mechanickým seřizováním nebo výměnou součástí, ale také aktualizací softwaru, přičemž servisní technik působí spíše jako počítačový diagnostický expert. [46, s. 16]

2.2.8 Transformovaný následný trh

Automobily nyní vydrží déle a změna jejich vlastnictví je častější. Proto je prodej a servis ojetých vozidel důležitým zdrojem příjmů. Další vlastníci předpokládají, že všechny systémy vozidla budou moderní. Transformovaný následný trh jim umožní modernizovat navigační i infotainmentové součásti vozidla. Subjekty následného trhu přeorganizují prodej a služby tak, aby uspokojily tuto poptávku po aktualizacích, které spotřebitelé umožňují zůstat připojen. Aby se usnadnila modernizace softwaru a hardwaru, očekává se od výrobců a dodavatelů, že jimi poskytované systémy budou kompatibilní. [46, s. 17]

2.3 Ekonomické dopady v autopřemyslul

2.3.1 Snižování výrobních nákladů

Digitální továrny budou vyrábět produkty s vyšší kvalitou, s menším počtem vadných částí, s kratší dobou dodání na trh, a především s nižšími náklady. Těchto ambiciózních cílů lze dosáhnout sledováním trendu známého jako čtvrtá průmyslová revoluce. Fyzické objekty budou integrovány do informační sítě. Inteligentní stroje se přes internet propojí s výrobními systémy a procesy. ^[42]

Produktivita se zvýší nejen v průběhu výroby v továrně, ale v celém hodnototvorném řetězci: v inženýrských službách a vývoji produktu, v dodavatelském managementu, v logistice atd. Tyto změny povedou k lepšímu využívání kapacit a k vyváženému rozmístování technických zařízení i zaměstnanců. ^[42]

Automobilky budou usilovat o snižování nákladů a o efektivitu výroby, a to nejen ve svých továrnách, ale také u svých dodavatelů. Velké automobilky budou snižovat počet dodavatelů ve prospěch těch, kteří budou schopni dodávat globálně a inovovat svoje výrobky. ^[39]

Automobilky také budou svoje dodavatele více sledovat, především efektivitu jejich výroby a cenu komponent. Snahou je minimalizovat svolávání vozů do servisu (*recall*), za které mohou většinou dodavatelé a které automobilkám poškozují reputaci. ^[39]

2.3.2 Přesun výroby mimo továrnu, autonomní podnik

Výroba automobilů bývala dříve omezena převážně na montáž uvnitř jedné továrny. Současné technologické a zákaznické požadavky však brzy povedou k odstranění hranic mezi továrnami. Výroba bude založena na virtuálně propojených provozech a laboratořích ve více geografických oblastech. ^[17]

Industry 4.0 a sociální síť věcí povedou v blízké budoucnosti k plně autonomním výrobním podnikům a zařízením. Bude možné, aby podnik existoval v libovolné světové lokalitě a byl provozován z jiné lokality. Podle potřeby budou vysíláni technici, aby provedli opravy nebo údržbu. Předem budou vědět, co mají očekávat a jaké součásti či nástroje si mají přinést. ^[17]

Ostrá konkurence nutí výrobce snižovat náklady na výrobu a montáž při zachování vysoké kvality. Přitom tradiční odbytiště stagnují, zatímco nové trhy vykazují značný růst. Výrobci čelí také vnějším vlivům – zmenšování zásob surovin, zpřísnování ekologických zákonů atd. Tyto tlaky vedou k tomu, že automobilky přesouvají finančně náročné výrobní operace, jako je výroba součástí a konečná montáž, ze západní Evropy do východní Evropy a do Asie. ^[34]

2.3.3 Změna obchodního modelu

Očekává se, že automobilky budou stále více činností přesouvat na subdodavatele. Vedle hotových výrobků budou subdodavatelsky řešeny další operace, jako je organizace a řízení dodavatelských řetězců, náběh výroby apod. Výrobci automobilů tak postupně přejímají roli integrátorů, kteří dokážou efektivně řídit sítě dodavatelů. ^[34]

Spolupráce výrobců s dodavateli přerůstá ve strategické partnerství, kdy se subdodavatelé podílejí i na vývoji automobilů. To však klade velké nároky na počítačem podporovaný vývoj produktů, protože vlastní vývojová střediska automobilek jsou rozptýlena po světě. ^[34]

Podniky budou vytvářet obchodní modely pro celý životní cyklus automobilu. Vedle výroby vozidel budou zajišťovat i produkci náhradních dílů a poskytovat informace potřebné při opravách. Budou se starat o hustou servisní síť, aby byl zákazník v péči poprodejních služeb. Tvorba hodnot bude založena nejen na nabízení produktu, ale také na poskytování kompletního řešení rozšířeného o balíčky služeb. ^[34]

2.4 Projekt digitální továrny ve Škoda Auto

Škoda Auto patří k nejstarším světovým výrobcům automobilů. Historie společnosti se datuje od roku 1895, kdy Václav Laurin a Václav Klement zahájili spolupráci, která položila základy českého automobilového průmyslu. Dnes je Škoda součástí koncernu Volkswagen, který vyrábí sedm modelů automobilů: Citigo, Fabia, Roomster, Octavia, Yeti, Superb a Rapid. ^[35]

2.4.1 Projekt digitální továrny

Projekt digitální továrny (DF) byl ve společnosti Škoda Auto a. s. zahájen v roce 2004. Pilotně byl zaveden pouze na vybraných částech montáže, přičemž již v roce 2006 byly poprvé sériově využity nástroje DF při montáži automobilu Fabia. ^[36]

I přes poměrně vysoké vstupní náklady se očekává návratnost vložených investic, ale především výrazné celkové zefektivnění současných procesů, možnost flexibilně a ergonomicky navrhovat nové výrobní technologie a procesy, dále zvýšení konstrukční variability a modularity atd. Zefektivněním procesů se hlavně rozumí snaha co nejvíce vyloučit chyby a kolize, a minimalizovat tak počet předsériových vozů.^[36]

Projekt digitální továrny ve Škoda Auto je komplexní inženýrský přístup, který zahrnuje metody a nástroje určené k podpoře průmyslové výroby. Pomocí softwarových nástrojů vznikají digitální modely, simulace a 3D vizualizace, určené k plánování, realizaci, řízení a zlepšování výrobních procesů. Digitální továrna vytváří virtuální obraz výroby, což umožňuje okamžitě vyhodnotit proveditelnost a finanční náklady na nové procesy a produkty.
[35]

Různá podniková oddělení, například oddělení plánování výroby karoserií nebo oddělení nástrojů a logistického plánování, používají digitální nástroje systému Tecnomatix® společnosti Siemens PLM Software. Tento software se používá při plánování, simulaci, ověřování a optimalizaci. Umožňuje analyzovat a vyhodnotit výrobní koncepci již ve fázi plánu, ještě před výrobou fyzického prototypu.^[35]

Při plánování a zavádění výroby karoserií jsou v podniku využívány nástroje Process Designer a Process Simulate systému Tecnomatix (obr. 11). Pomocí těchto nástrojů chtějí vývojáři virtuálně naplánovat a nasimulovat celou výrobní linku pro výrobu karoserií.^[35]

Nástroj Process Designer se v podniku používá nejen při plánování, ale také při výrobě. Dovede zajistit, aby byl správný díl dodán na správné místo na výrobní lince. Dále tento nástroj zajišťuje správu kusovníku a správu výrobního procesu. [35]



Obrázek 11: Obrazovka systému Process Simulate [35]

Projekt virtuálního zprovoznění linky na výrobu karoserií má zkrátit dobu nutnou k jejímu uvedení do provozu. Je to důležité zejména při zavádění nového modelu automobilu do již provozované linky. Záměrem je minimalizovat prostoje na výrobních linkách začleněním nových nebo upravených výrobních zařízení do již existující linky. [35]

První projekt, při kterém bylo použito virtuální zprovoznění pomocí Process Simulate, bylo svařování bočního panelu u modelu Yeti. Jeho výroba musela být zavedena do již fungující linky tak, aby se zvýšila výrobní kapacita. [35]

2.4.2 Virtuální realita při vývoji vozů

Pracovníci ve Škoda Auto mohou při vývoji vozidel využívat pracoviště virtuální reality nazývané „cave“ (jeskyně), které umožňuje dokonalý prostorový vjem. Jedná se o místnost se čtyřstrannou projekcí (tři stěny a podlaha) se čtyřmi dvojicemi projektorů. Interakci zajišťuje šestikamerový optický tracking, mapující polohu pozorovatele v prostoru. [49]

Díky virtuální realitě se podařilo výrazně snížit počet fyzických modelů a prototypů. K výhodám virtuální 3D prezentace patří možnost prezentovat různé stupně výbavy vozu

(rádia, navigace, barevné provedení interiéru) a porovnávat různé varianty řešení dílčích problémů. A to vše mnohem rychleji, než by umožňovala výroba fyzických modelů. [49]

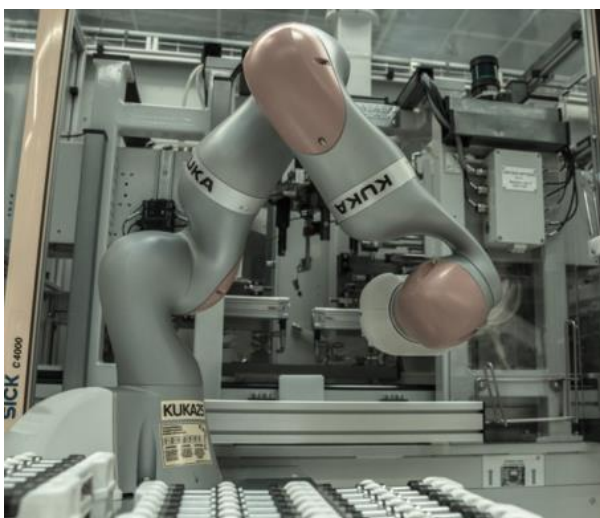
Pomocí „Cave“ lze vytvořit virtuální model interiéru a posadit se na skutečnou autosedačku. Takto lze získat dojem z vnitřního prostoru vozu a vyzkoušet ergonomii ovladačů nebo výhled z vozu. Pro větší přesnost a věrohodnost simulace dosahů se snímají polohy konečků prstů na každé ruce. [49]

Dále je možné „Cave“ použít i pro virtuální simulace montáže jednotlivých dílů nebo komponent do vozu. Například je možné zobrazit motorový prostor a ověřit, zda lze zamontovat potřebné součásti. Při kolizi se pohyb dílu zastaví, popřípadě na kolizi ještě upozorní změna barvy v místě dotyku nebo i zvukový signál. [49]

2.4.3 Kooperující roboty ve výrobě

V závodě Škoda Vrchlabí se vyrábějí moderní převodovky, vyžadující vysokou preciznost výroby. Proto zde byly nasazeny kooperující roboty Kuka LBR iiwa (viz obr. 12). Tuto moderní výrobní technologii zavedla Škoda Auto jako první v České republice. [47]

Roboty prokázaly nejen vysokou přesnost a kvalitu práce, ale také efektivitu výroby. Na výrobu převodovky jsou kladeny vysoké nároky, protože chybné založení pístu může vést k nefunkčnosti mechatroniky i celé převodovky. Práce robota toto riziko minimalizuje. Přitom prostoje tvoří méně než 1 % produktivního času. [47]



Obrázek 12: Kooperující robot [47]

Roboty kooperují přímo na montážních linkách se zaměstnanci. Díky své technické citlivosti a nízké hmotnosti je lze přesně a flexibilně ovládat. Díky vysoce citlivým sensorům zakládají píсты řazení s nejvyšší přesností. Tyto senzory registrují také případný kontakt se zaměstnanci, kteří pracují v bezprostředním okolí. Když se robota omylem dotknou, ihned se zastaví, nebo opakuje svoji operaci znovu. Tím je zajištěna bezpečnost zaměstnanců i přesnost výroby. [47]

Závod Škoda Vrchlabí disponuje nejmodernějšími technologiemi a vysoce profesionálním týmem zaměstnanců. Do jeho rozvoje investovala Škoda Auto více než 250 milionů eur. [47]

2.4.4 Autonomní transportní robotika

V továrně Škoda Auto ve Vrchlabí pracuje plně autonomní transportní robot (viz obr. 13). Dokáže se vyhnout překážkám a podle potřeby sám měnit svoji trasu. Tento transportní robot přepraví až 130 kg nákladu najednou. Je plně autonomní, správnou trasu si volí samostatně a nepotřebuje žádné pomocné navádění, ani pomocí magnetického pruhu na podlaze. Mezi obráběcími stroji a měrovým střediskem robot denně najezdí zhruba 35 kilometrů. [51]

Tento elektricky poháněný robot je také velmi učenlivý. Stačí mu jednou ukázat trasu, kudy má jet, a on si ji zapamatuje. Volí vždy nejrychlejší možnou cestu k cíli. Díky sensorům a laserovým skenerům umí rozpoznávat překážky. Vyhodnocuje rychlost, jakou se překážka blíží a dokáže vypočítat, zda hrozí kolize. V takovém případě se vyhne, nebo zastaví. Pokud se s překážkou na jednom místě setkává častěji, trasu změní trvale. [51]



Obrázek 13: Autonomní transportní robot [51]

2.4.5 Mobilní online služby pro konektivitu

Model Škoda Kodiaq přináší novou nabídku konektivity: mobilní online služby „Škoda Connect“. Ty se člení na dvě kategorie: „Infotainment Online“ pro získávání informací a navigaci, „Care Connect“ pro asistenci a vzdálený přístup k vozu. [48]

Ke službám „Infotainment Online“ patří online informace o reálné dopravní situaci na trase: v případě komplikací navrhne systém vhodnou alternativní trasu. K tomu se využívají funkce Google Earth a Google Streetview. Dále jsou dostupné informace o cenách pohonných hmot, obsazenosti parkovišť, zpravodajské novinky či předpověď počasí. [48]

Služby „Care Connect“ zahrnují tzv. proaktivní služby a vzdálený přístup k vozu. Data jsou přenášena pomocí speciální SIM-karty, integrované ve voze. Velmi důležité je nouzové volání (eCall): proběhne automaticky po nehodě, u které se aktivovaly ochranné systémy (airbag). Auto naváže telefonické a datové spojení s call centrem a jeho pracovník provede potřebná opatření. Součástí proaktivních služeb je i plánování servisních prohlídek. [48]

Vzdálený přístup k vozu probíhá přes aplikaci „Connect App“, tedy pomocí chytrého telefonu uživatele. Služba „Status vozu“ uživatele na dálku informuje o aktuálním stavu osvětlení, o stavu paliva v nádrži, o stavu dveří (otevřené nebo zavřené) apod. Pomocí funkce „Poslední parkovací pozice“ lze zobrazit, kde vůz stojí. Funkce „Houkání a blikání“ umožňuje aktivovat houkačku a varovné blikače vozu. [48]



Obrázek 17: Aplikace Škoda Connect [48]

2.4.6 Vývojové pracoviště pro digitalizaci

Škoda Auto posílila svou vývojovou kompetenci na poli digitalizace vybudováním specializovaného pracoviště Digital Lab v Praze. V této inovativní laboratoři kreativní týmy zkoumají a vyvíjejí nové obchodní modely. Cílem je větší zapojení digitálních technologií do výroby a vývoj inovativních řešení souvisejících s konektivitou a moderní mobilitou. ^[50]

Pilotní fáze fungování Digital Labu probíhala do konce roku 2016, následně pracoviště zahájilo plnou činnost jako samostatná obchodní jednotka společnosti Škoda Auto. V Digital Labu vyvíjejí kreativci z různých oborů nová řešení, která pak bude možné realizovat do praxe. Digitalizace, konektivita a nové služby související s mobilitou patří mezi základní pilíře „Strategie 2025“. ^[50]

2.4.7 Podpora vzdělávání ve Škoda Auto

Firma Škoda Auto se odbornému vzdělávání věnuje již 90 let: v roce 1927 otevřela vlastní učňovskou školu. V roce 2013 pak vznikla Škoda Akademie, která spojila odborné vzdělávání žáků a vzdělávání dospělých, takže si mohou zvyšovat kvalifikaci také firemní zaměstnanci. Škoda Auto se tak stala první soukromou společností v Česku, která vlastní odborné učiliště i vysokou školu. ^[40]

V období 2013 až 2016 investovala Škoda Auto do modernizace vybavení pro odborné vzdělávání studentů a zaměstnanců přes 260 milionů korun. Jako součást této rozsáhlé modernizace vzniklo například nové CNC centrum, laboratoř mechatroniky, jazykové centrum, multifunkční sál nebo jedno z největších center robotiky v celém koncernu Volkswagen. ^[40]

Firma preferuje vzdělávání, které kombinuje teoretické znalosti s praktickými dovednostmi. Nyní firma představila koncepci, kombinující bakalářské studium s dlouhodobou praxí v automobilce. Budoucí odborníci se tak cíleně připravují na reálné profesní požadavky, a současně mohou za určitých podmínek absolvovat vysokou školu. ^[40]

Aplikační část

3. Ekonomické výsledky a zaměstnanost ve Škoda Auto

V souladu s konceptem Industry 4.0 Škoda Auto ve svých závodech rozšiřuje a modernizuje výrobní i servisní technologie v duchu robotizace, automatizace a digitalizace procesů.

V roce 2016 představila společnost Škoda Auto dlouhodobý plán „Strategie 2025“, který je součástí globální vize koncernu Volkswagen. V rámci tohoto plánu bude investováno do digitalizace výroby, do technického vývoje a do nových služeb mobility a konektivity.

3.1 Investice v letech 2013 až 2017

Z tabulek 2 a 3 je vidět, že v uvedeném pětiletém období investice spíše klesaly či stagnovaly, přestože tržby, HDP a celá ekonomika výrazně rostly, teprve v roce 2017 se vrátila růstová tendence a zvýšily se investice zejména do technického vývoje.

Tento trend byl způsoben emisním skandálem koncernu Volkswagen, který se týkal také již vyrobených vozidel značky Škoda a vyžádal si servisní zásah. Na tuto akci byla v roce 2015 vytvořena finanční rezerva 3,2 miliardy Kč.

		2013	2014	2015	2016	2017
investice (kromě vývoje)	miliardy Kč	19,6	19,2	15,9	14,7	18,9
celkové tržby	miliardy Kč	268,5	299,3	314,9	348,0	407,4
míra investic (kromě vývoje)	%	7,9	6,4	5,0	4,2	4,6

Tabulka 2: Investice kromě vývojových

		2013	2014	2015	2016	2017
investice do vývoje	miliardy Kč	8,72	13,25	10,4	10,0	15,4
celkové tržby	miliardy Kč	268,5	299,3	314,9	348,0	407,4
míra investic do vývoje	%	3,2	4,4	3,3	2,9	3,8

Tabulka 3: Investice do vývoje

V období 2015 až 2016 proběhla dosud největší modernizace a rozšíření závodu v Kvasinách. Proběhly zde rozsáhlé stavební úpravy svařovny, montáže a stavba nového automatického logistického skaldu AKL. Výrobní kapacita závodu byla navýšena na 280 000 vozů ročně. Současně s tím se zvýšila automatizace, produktivita práce a vznikla nová pracovní místa.

Velká část investic souvisela s náběhem nových modelů osobních automobilů. V roce 2015 byla zahájena výroba nové generace modelu Škoda Superb, která nabízí vysokou míru komfortu a bezpečnosti, a také vyspělé asistenční a multimediální systémy.

V závodě Kvasiny se v roce 2016 začal vyrábět vůz Škoda Kodiaq, který jako první model Škoda nabízí plnou konektivitu a online služby. V roce 2017 se zde začal vyrábět také model Škoda Karoq.

V roce 2017 byla realizována investice do nové lakovny v závodě Mladá Boleslav, kde byl uplatněn vysoký stupeň automatizace a robotizace. Dále byl v závodě Kvasiny zprovozněn nový automatizovaný sklad menších dílů.

V souvislosti se zaváděním koncepce Industry 4.0 by bylo potřeba, aby se míra investic v budoucnu zvýšila, a to jak investice do výroby tak investice do technického vývoje.

3.2 Lidské zdroje v letech 2013 až 2017

Poptávka firmy po práci se odvíjí od poptávky po zboží, k jehož výrobě se výrobní faktor používá. Poptávané množství výrobního faktoru závisí na množství produkce, kterou je potřeba vyrobit. V návaznosti na již dlouho trvající konjunkturu a prosperitě nejen průmyslu, je celorepublikový trend nezaměstnanosti ve sledovaném období klesající. Na konci roku 2013 bylo v ČR 8,2 % nezaměstnaných, na konci roku 2017 již 3,8 %. V polovině roku 2018 dokonce 2,9 %. Což koreluje s náběhy nových modelů osobních vozů v závodech Kvasiny a Mladá Boleslav, kdy se zde v letech 2013 a 2017 zvyšovala zaměstnanost. V závodě Kvasiny se za sledované období počet zaměstnanců zvýšil více než dvojnásobně (viz Tabulka 4). Z tabulky je vidět, že se zatím nenaplnily obavy z toho, že zavádění pokročilých technologií připraví zaměstnance o práci, protože míra robotizace je v uvedených třech závodech ještě dost nízká. Poptávka po práci je obzvláště v krajích s výrobními závody Škoda Auto tak vysoká, že ji český trh nedokáže uspokojit a dochází ke svozům zaměstnanců nejen ze všech koutů České republiky, ale současně zvyšuje poměr zaměstnanců ze zahraničí. Nejvíce ze sousedních států, jako je Slovensko a Polsko, ale zároveň například z Maďarska, Rumunska, Bulharska, atd. Tito zaměstnanci pokrývají poptávku po dělnických profesích, které by do budoucna měly být zajištěny roboty. Což aktuálně ubírá kritikům, kteří hrozí, že se zaváděním Industry 4.0 přijde mnoho lidí v dělnických profesích o práci.

Poptávka po práci samozřejmě v této souvislosti klesne, ale přímý dopad by se v současnosti týkal především pracovní síly ze zahraničí.

Počet zaměstnanců výzkumu a vývoje se v roce 2017 výrazněji zvýšil (o 17%), v souvislosti s náborem do nově založeného výzkumného centra Škoda DigiLab v Praze. Toto centrum bude testovat nové modely vozidel a služeb.

		2013	2014	2015	2016	2017
celkový počet zaměstnanců	počet osob	23 689	23 748	24 567	27 462	30 690
závod Mladá Boleslav	počet osob	19 560	19 754	20 414	21 240	22 932
závod Vrchlabí	počet osob	755	754	779	831	861
závod Kvasiny	počet osob	3 374	3 240	3 374	5 391	6 897
počet zaměstnanců vývoje	počet osob	---	1 653	1 661	1 648	1 928

Tabulka 4: Počet zaměstnanců

Kvalifikační struktura zaměstnanců se za sledované období výrazněji nezměnila, protože dosud nebyly ve větším rozsahu zavedeny technologie vyžadující vyšší stupeň kvalifikace (viz Tabulka 5). Převládají vyučení zaměstnanci bez maturity. Zavedení koncepce Industry 4.0 si však v budoucnu vyžádá odborníky na datovou analýzu, robotizaci, umělou inteligenci, sensoriku apod. Při dlouhodobě vysoké produkci automobilů bude nutné robotizaci a automatizaci zavádět co možná nejrychleji, jelikož poptávka po výrobním dělníkovi je nyní tak vysoká, že poptávka již nyní křivý trh z pohledu mezd, veřejných služeb a cen nemovitostí.

	2013	2014	2015	2016	2017
vysokoškolské	14,2 %	14,1 %	14,3 %	14,1 %	14,2 %
střední s maturitou	34,1 %	34,5 %	34,3 %	34,1 %	33,2 %
střední bez maturity	47,0 %	46,7 %	46,4 %	46,5 %	45,4 %
základní	4,7 %	4,7 %	5,0 %	5,3 %	7,2 %

Tabulka 5: Vzdělání zaměstnanců

3.3 Výroba a prodej automobilů v letech 2013 až 2017

Průmysl má v ČR dlouholetou tradici a zásadně se podílí na tvorbě hrubé přidané hodnoty. Zejména zpracovatelský průmysl, který v roce 2016 tvořil podíl 27,1 %. Škoda Auto má v České republice tři výrobní závody. V rámci koncernu Volkswagen se automobily Škoda vyrábějí také v Číně, Indii, Rusku a na Slovensku. Část automobilů se také vyrábí u partnerských firem v Kazachstánu, na Ukrajině a v Alžírsku. V závodech Škoda Auto se vyrábí sedm modelů Škoda: Fabia, Rapid, Octavia, Yeti, Superb, Kodiaq a Karoq. V Mladé Boleslavi a Kvasinách se vyrábí také vozy Seat.

Rozhodující část produkce vozů značky Škoda pochází z tuzemských závodů v Mladé Boleslavi a v Kvasinách. Vrchlabský závod se po rozsáhlých investicích proměnil ze závodu na výrobu automobilů na jeden z nejmodernějších závodů s velmi vysokou mírou robotizace na závod výroby komponent (převodovky, motory, nápravy).

Počet vyráběných i prodávaných vozidel Škoda neustále roste. Firma čtyřikrát za sebou překonala hranici jednoho milionu vozů dodaných zákazníkům na celém světě, a také hranici jednoho milionu vozů vyrobených celosvětově ve firmách Škoda Auto.

Mezi největší trhy, kam jsou vyrobené vozy dodávány, patří: Čína, Německo, Česká republika, Velká Británie, Polsko a Rusko. Protože Velká Británie je pro české producenty automobilů důležitým trhem, mohou mít cla a obchodní bariéry spojené s brexitem negativní dopady během dalších let.

	2013	2014	2015	2016	2017
dodávky vozů zákazníkům (celosvětově)	920 750	1 037 226	1 055 501	1 126 477	1 200 535
odbyt vozů (dodávky vozů prodejcům)	682 402	773 791	778 416	799 938	909 567
výroba vozů (celosvětově)	931 969	1 049 409	1 039 321	1 152 308	1 232 042
výroba vozů (v tuzemsku)	639 889	735 951	736 977	765 171	858 103

Tabulka 6: Výroba a prodej automobilů

Na rostoucím odbytu vozidel se podílí zavádění nových modelů na trh související se Strategii 2025 a SUV ofenzívou (Kodiaq a Karoq). Navyšování kapacit výrobních závodů i přes

omezené investice posledních let. Vysoké nasazení zaměstnanců a rostoucí automatizace provozů. A zákaznicky výborně hodnocená přidaná hodnota značky poměr cena a kvalita. Kdy za přijatelné peníze obdrží VW kvalitu technologie. Nepopíratelný podíl na výsledcích odbytu má samozřejmě rostoucí ekonomika.

4. SWOT analýza: připravenost firmy pro Industry 4.0

SWOT analýza je jedním ze základních nástrojů strategického rozhodování, a proto je i součástí strategie společnosti Škoda Auto. Matice o čtyřech kvadrantech tvořených počátečními písmeny slov Strengths (silné stránky), Weaknesses (slabé stránky), Opportunities (příležitosti) a Threats (hrozby). Tato čtyři zdánlivě prostá slova umožní skutečně hluboké zamyšlení nad aktuálním stavem společnosti, ale především ukáže směr, kterým se vydat do budoucna.

Silné stránky

- Firma Škoda má více než 120-letou historii jako výrobce automobilů. Tato firma má dobrou reputaci v České republice i v zahraničí.
- Firma Škoda je více než 25 let součástí koncernu Volkswagen, v rámci kterého byl vypracován desetiletý plán „Strategie 2025“, zaměřený na digitalizaci výroby i produktů, a na rozvoj nových služeb.
- Firma vyrábí svoje automobily ve dvou výrobních závodech v ČR a v několika závodech v zahraničí. V posledních letech byl prodán rekordní počet automobilů Škoda.
- Všechny tři závody jsou ve velké míře automatizovány a robotizovány. Roboty se zde používají ve výrobě i v logistice.
- Firma již realizovala některé moderní technologie: například využívá virtuální realitu při návrhu automobilů.
- Portfolio vyráběných automobilů se neustále rozšiřuje. Nově vyráběné automobily již nabízejí služby mobility a konektivity.
- Životní cyklus automobilu Škoda (výroba, odbyt, prodej zákazníkům, využití) doprovázejí digitální data, což umožňuje nabízet zákazníkům digitální služby.
- Firma má rozsáhlou prodejní a servisní síť. K prodeji automobilů a komponent jsou využívány také digitální kanály, což umožňuje sbírat zákaznická data.

- Firma zajišťuje průběžné vzdělávání zaměstnanců. Kromě toho provozuje vlastní vysokou školu a střední odborné učiliště.
- Ve firmě roste počet pracovníků zaměřených na výzkum a vývoj. Firma má vlastní vývojové pracoviště, vybavené moderními technologiemi.

Slabé stránky

- Aférou Diesel Gate a s ní spojené finanční zatížení společnosti, poškození značky
- Nedostatek materiálových zdrojů pro uspokojení poptávky.
- Nedostatek lidských zdrojů pro realizaci inovací.
- Omezené kapacity výrobních závodů
- Modernizace tří závodů Škoda v tuzemsku neprobíhá stejným tempem. Nejvyšší technologickou úroveň má závod Vrchlabí.
- Malé využití některých progresivních technologií ve výrobě i v ekosystému (například rozšířená realita, 3D-tisk, umělá inteligence, strojové učení).
- Ve firmě chybí jednotný model využívání automobilových dat.
- V České republice chybí potřebná legislativa zaměřená na sběr automobilových dat a na kybernetické hrozby.
- V České republice není dostatečná dopravní a datová infrastruktura
- Malý výrobní sortiment: firma vyrábí pouze osobní automobily. Chybí další kategorie vozidel (například užitkové automobily).
- Malý vývoj alternativních pohonů oproti konkurenci
- Vývoj autonomního řízení na nízké úrovni

Příležitosti

- Propojení podniků poskytne příležitost přesunout montážní závody do zemí s nižšími náklady.
- Digitalizace výroby a ekosystému umožní expandovat na nové zahraniční trhy.
- Organizovaný sběr automobilových dat umožní reagovat na změny zákaznických preferencí a vyrábět zákaznický přizpůsobené automobily.

- Vzájemné propojení firmy a jejího ekosystému (dodavatelé, odběratelé, prodejci, servis, výzkum a vývoj) zvýší efektivitu práce a umožní sdílet znalosti a zkušenosti.
- Ve výrobě se budou více zavádět progresivní technologie, které zvýší kvalitu a sníží náklady (umělá inteligence, datové analýzy, aditivní výroba, kolaborativní roboty)..
- Zahájení vývoje a výroby zcela nových produktů (například automobilů s plně autonomním řízením).
- Výrazné snížení ceny některých zařízení (chytré senzory, 3-D tiskárny) zvýší jejich dostupnost.
- Některé zrušené pozice ve výrobní sféře mohou být nahrazeny pozicemi ve sféře služeb.
- Využívání zkušeností ze zahraničního autopřemyslu. Podpora pracovních stáží odborných pracovníků v technologicky vyspělejších zemích.

Hrozby

- Riziko kybernetických útoků v souvislosti s propojováním výrobních zařízení, automobilů
- Velká finanční náročnost výzkumu v oboru kybernetiky, umělé inteligence, datové analýzy, strojového vidění apod..
- Nedostatečná kompatibilita technologického zázemí (hardware a software).
- Dodatečné náklady na technické vybavení, způsobené změnami právních předpisů.
- Nedostatek pracovníků s vyšší kvalifikací. Malý zájem o studium na technických školách.
- Zánik pracovních míst pro méně kvalifikované pracovníky v důsledku automatizace a robotizace.
- Harmonogram zavádění The Real Drive Emission (RDE) a WLTP

Značka Škoda Auto a členství ve skupině Volkswagen a.g. zajišťující zázemí silné společnosti si s sebou nese mnoho konkurenčních výhod a pozitivní výhled do budoucnosti. Nedávná historie však s aférou Diesel Gate ukázala, že zkomplikovaná struktura společnosti přináší i stinné stránky. Vizí společnosti je štíhlý podnik s plnou automatizací, kvalifikovaným personálem a vysokou produktivitou práce za udržení standardů kvality s maximálním zabezpečením dat.

Shrnutí a prognóza

V souvislosti se zaváděním koncepce Industry 4.0 dojde v automobilkách k propojení chytrých strojů, výrobních linek, výrobků, skladů, logistiky a servisu do jediné informační sítě. Umožní to vzájemnou komunikaci výrobců, zákazníků a dodavatelů v reálném čase. Tyto chytré továrny budou využívat kolaborativní robotiku, chytré stroje s autonomním řízením, prediktivní údržbu, analýzu velkých dat, umělou inteligenci, virtuální testování, aditivní výrobu, rozšířenou realitu a další pokročilé technologie.

Digitalizace výroby zvýší kvalitu a produktivitu práce, sníží výrobní náklady a umožní vyrábět zákaznický přizpůsobené produkty, a to i v malém počtu kusů. Stroje budou mít vyšší provozní výkonnost a méně prostojů. Zkrátí se doba náběhu nebo přechodu výroby. Tato digitální transformace bude zahrnovat nejen vlastní automobilku, ale i její ekosystém: dodavatele, maloobchodní prodejce, servis a údržbu, a také následný trh náhradních dílů, softwaru, hardwaru a automobilových dat. To povede ke změně obchodních modelů.

K internetu věci budou připojeny také automobily a silniční infrastruktura, což by mělo zvýšit bezpečnost a plynulost silničního provozu. Do vozidla budou přicházet informace o okolním prostředí a bude možné na dálku sledovat chování řidiče. Vozidlo bude schopné komunikovat s jinými vozidly nebo s infrastrukturou. Data generovaná jedoucimi vozidly budou využívána k vytváření specifických aplikací a služeb pro řidiče. Nově vyráběná vozidla již mají zabudovány informačně-zábavní služby (infotainment) nebo pokročilé asistenční služby (nouzové volání, parkování apod.). Další již realizovanou službou je sdílená mobilita (carsharing).

Vývoj směřuje k plně autonomním vozidlům (bez řidiče), která budou schopna se sama navigovat a řídit na základě softwarového kódu. Tato vozidla budou vybavena radary, lidary, kamerovými systémy a další vyspělou technikou. Komerční realizaci těchto vozidel však prozatím brání technická omezení, chybějící legislativa, nejisté přijetí u zákazníků a vysoké finanční náklady.

Společnost Škoda Auto v roce 2015 vypracovala (v rámci koncernu Volkswagen) desetiletý plán „Strategie 2025“, který se zaměřuje na digitalizaci, konektivitu a elektromobilitu. Tento plán také umožní zavádět nové prvky Industry 4.0. Vláda ČR se uvědomuje význam

automobilového průmyslu pro ekonomiku ČR, a proto 11. 10. 2017 podepsala strategický dokument zajišťujícím rozvoj a budoucnost automobilového průmyslu - Memorandum o budoucnosti automobilového průmyslu v ČR a Akční plán o budoucnosti automobilového průmyslu v ČR. Podepsaném ministrem průmyslu a obchodu Jiřím Havlíčkem pověřeným vládou a prezidentem Sdružení automobilového průmyslu Bohdanem Wojnarem, který je současně členem představenstva za lidské zdroje ve společnosti Škoda Auto.

Ve všech třech závodech v české republice se předpokládá další modernizace a rozšiřování výroby v souvislosti s rozšiřováním produktového portfolia vozidel, do kterého přibudou také elektromobily. Rozvíjet se bude technologie automobilového infotainmentu a autonomního řízení. Automobil zůstane i nadále důležitým prostředkem mobility, bude však poskytovat více bezpečnosti, ekologičnosti, komfortu a individualizace.

Podmínkou funkčnosti systému je zajištění ideálního prostředí pro fungování toho inovačně, logisticky a energeticky náročného prostředí. Jedním z kroků podporující úspěšné zvládnutí výzvy pro České republiky a udržení konkurenceschopnosti do budoucna je studie INICIATIVA PRŮMYSL 4.0 navazující na stručný dokument Národní iniciativa Průmysl 4.0. Z mého pohledu publikace velmi věcně a především uchopitelně popisuje výzvu, která ČR čeká a pomocí SWOT analýzy u každé kapitoly představuje silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby, které můžeme očekávat a na které se můžeme připravit a důsledně s nimi pracovat.

Industry 4.0 potrefuje celou společnost, nejen průmyslové prostředí. Společnost bude konfrontována nejen s vyzdvihovanými pozitivy jako je úbytek fyzicky náročných, monotónní a nebezpečné práce a zvýšená produktivita práce. Dojde k proměně pracovního prostředí a změně struktury poptávky po zaměstnancích. Poptávka po nekvalifikovaných zaměstnancích bude významně klesat, naopak vznikne prostor pro kreativní zaměstnance, s odbornou kvalifikací a vysokou mírou adaptability. Toto bych však nepovažoval za hrozbu krátkodobého horizontu vzhledem k pozvolnému vývoji a implementaci náročných inovací. Z tohoto pohledu se dá Industry 4.0 považovat i za evoluci, kdy postupným vývojem dojde k většinové adaptaci společnosti.

Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala důsledky zavádění konceptu Industry 4.0 do průmyslové praxe, se zaměřením na automobilový průmysl.

Úvodní část charakterizovala současnou epochu čtvrté průmyslové revoluce. Byly zde definovány základní vize konceptu Industry 4.0 a jeho hlavní součásti. První kapitola se dále podrobně zabývala technologickými změnami, které jsou klíčové pro nastávající období čtvrté průmyslové revoluce (kyberfyzické systémy, internet věcí a internet služeb, digitalizace výroby, analýza velkých dat, inteligentní roboty, počítačové vidění, technologie 3D tisku, rozšířená realita atd.). Byly popsány principy těchto nových technologií a možnosti jejich využití, zejména v průmyslové výrobě.

Druhá kapitola byla rozčleněna do čtyř částí. První z nich se zaměřila na inovační technologie ve vývoji vozidel (alternativní pohony, připojení vozidla nebo infrastruktury k internetu, asistenční systémy vozidel, autonomní vozidla, služby sdílené mobility aj.). Druhá část se zabývala digitalizací výroby automobilů a souvisejícího ekosystému (dodavatelé, prodejci, servis, trh náhradních dílů). Třetí část se zabývala ekonomickými dopady této digitální transformace. Poslední část této kapitoly se zabývala projektem digitální továrny ve společnosti Škoda Auto.

V aplikační části byly analyzovány a vyhodnoceny výsledky firmy Škoda Auto za posledních pět let z pohledu investic, lidských zdrojů, počtu prodaných a vyrobených automobilů. Pro strategické rozhodování a směřování firmy byla provedena SWOT analýza připravenosti na Industry 4.0. Z této plyne, že se jedná o výzvu s mnoha hrozbami a překážkami, ale zároveň k možnosti využití příležitosti, svých silných stránek a eliminace slabých stránek za nutnosti vysoké podpory vlády České republiky.

Seznam zdrojů

- [1] Mařík Vladimír: *Průmysl 4.0 – výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.
- [2] Wallach Kloski Liza, Kloski Nick: *Začínáme s 3D tiskem*. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4876-1.
- [3] Velte Anthony T., Velte Toby J., Elsenpeter Robert: *Cloud computing – praktický průvodce*. Brno: Computer Press a.s., 2011. ISBN 978-80-251-333-0.
- [4] Burian Pavel: *Webové a agentové technologie*. Praha: Grada Publishing a.s., 2012. ISBN 978-80-247-4376-9.
- [5] Burian Pavel: *Internet inteligentních aktivit*. Praha: Grada Publishing a.s., 2012. ISBN 978-80-247-5137-5.
- [6] Šonka Milan, Hlaváč Václav: *Počítačové vidění*. Praha: Grada a.s., 1992. ISBN 80-85424-67-3.
- [7] Hofmann M., Meinzer S.: *Preface: Intelligent & Autonomous Enterprise*. In: Linnhoff-Popien C., Schneider R., Zaddach M.: *Digital Marketplaces Unleashed*, s. 571-580. Berlin: Springer-Verlag GmbH, 2018. ISBN 978-3-662-49275-8.
- [8] Cejnarová Andrea, Dvořák Leoš: *Svět IoT, svět, kde se věci starají samy o sebe*. In: *Visions* č.1/2018, s. 8-9.
- [9] Hrstka Jaroslav: *Jak big data transformovat na smart data*. In: *Sdělovací technika*, č. 5/2016, s. 14-16. ISSN 0036-9942.
- [10] Beneš Petr: *Průmysl 4.0 v praxi*. In: *Sdělovací technika* č. 10/2016, s. 20-23. ISSN 0036-9942.
- [11] Beneš Petr: *Rizika smart cities a daty řízeného urbanismu*. *Sdělovací technika* č.6/2016, str. 4-9.

[12] Hrstka Jaroslav: *Vize připojené silniční infrastruktury a připojených aut*. In: Sdělovací technika č.3/2016, s. 13-15. ISSN 0036-9942.

[13] Patterson Andrew: *Připojená auta se rychle stávají součástí Internetu věcí*. In: Sdělovací technika č. 11/2016, s. 15-18. ISSN 0036-9942.

[14] Hrstka Jaroslav: *Inteligentní továrna a digitalizovaná výroba*. In: Sdělovací technika, č. 10/2016, s. 4-8. ISSN 0036-9942.

[15] Beneš Petr: *Projekty a technologie pro chytrý svět*. In: Sdělovací technika č.1/2016, s. 12-17. ISSN 0036-9942.

[16] kolektiv autorů: *Průmysl, vzdělávání, práce, společnost 4.0*. Praha – Sondy s.r.o., 2017. ISBN 978-80-86809-23-6. Dostupné na:

<https://www.cmkos.cz/obsah/773/ucebni-text-prumysl-vzdelavani-prace-spolecnost-40/20839>

[17] Koushik Srini, Mehl Rainer: *The Automotive Industry as a Digital Business*. NTT Innovation Institute Inc. Dostupné na:

http://at.nttdata.com/uploads/tx_datamintsnodes/1508_EN_Whitepaper_Automotive_as_a_Digital_Business_V1.02.pdf

[18] Škoda Auto a.s. – Výroční zpráva 2015. Dostupné na:

<https://cdn.skoda-storyboard.com/2016/05/skoda-annual-report-2015-1.pdf>

[19] Škoda Auto a.s. – Výroční zpráva 2016. Dostupné na:

<https://cdn.skoda-storyboard.com/2017/04/skoda-annual-report-2016-cz.pdf>

[20] Škoda Auto a.s. – Výroční zpráva 2017. Dostupné na:

<https://cdn.skoda-storyboard.com/2018/03/skoda-annual-report-2017.c5a29f2a9b556d42158ef72031b710f3.pdf>

- [21] Štourač Radek: *Průmysl 4.0: Počítačové vidění a jeho použití ve strojírenství*. MM Průmyslové Spektrum, č. 3/2016, s. 54-55. ISSN 1212-2572. Dostupné na:
<https://www.mmspektrum.com/clanek/prumysl-4-0-pocitacove-videni-a-jeho-pouziti-ve-strojirenstvi.html>
- [22] Zeman David, Boháč Petr: *Umělá inteligence nastupuje do podnikových aplikací ve správný čas*. IT Systems č. 12/2017. ISSN 1802-002X. Dostupné na:
<https://www.systemonline.cz/clanky/umela-inteligence-nastupuje-do-podnikovych-aplikaci.htm>
- [23] Hořejší Petr: *Využití rozšířené reality ve výrobě*. In: IT Systems 2014. ISSN 1802-002X. Dostupné na:
<https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/vyuziti-rozsirene-reality-ve-vyrobe.htm>
- [24] Vrba Pavel: *Průmyslový internet věci chce 86 % firem*. IT Systems č. 1-2/2018. ISSN 1802-002X. Dostupné na:
<https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/prumyslovy-internet-veci.htm>
- [25] Šuhada Robert: *Úsvit revoluce – umělá inteligence a revoluce hlubokého učení*. IT SYSTEMS 4/2018. ISSN 1802-002X. Dostupné na:
<https://www.systemonline.cz/business-intelligence/umela-inteligence-a-revoluce-hlubokeho-uceni.htm>
- [26] Irena Mižďochová: *Nový trend na obzoru: rozšířená realita v logistice*. IT Systems, č. 9/2014. ISSN 1802-002X. Dostupné na:
<https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/rozsirena-realita-v-logistice.htm>
- [27] *3D tisk dobývá český průmysl*. IT Systems č. 4/2018. ISSN 1802-002X. Dostupné na:
<https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/3d-tisk-dobyva-cesky-prumysl.htm>
- [28] Kabeš Karel: *Rychlý nástup inteligentních robotů*. In: Automa č.2/2016, s. 29-30. Dostupné na:
http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/54538.pdf

[29] Simeonovová Ivana, Hofman Robert: *Automatizace, simulace a optimalizace, chytré továrny jako součást konceptu Průmysl 4.0*. Automa, č. 5/2016, s. 22-23. ISSN 1210-9592.

Dostupné na:

http://www.automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/54791.pdf

[30] Dub Miroslav, Novotný Radim: *Nastane s příchodem Industry 4.0 změna klasického vertikálního pojetí PLC + HMI/SCADA + MIS/MES?* Automa č. 8-9/2016, s.14-15. ISSN 1210-9592. Dostupné na:

http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/8951.pdf

[31] Siemens: *Na cestě k Průmyslu 4.0 – digitalizace ve výrobě obráběcích strojů*. In: Automa č. 8-9/2015, s. 15-16. ISSN 1210-9592. Dostupné na:

http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/53981.pdf

[32] Polsonettiová Chantal: *Internet věci přináší mnohem víc než komunikace M2M*.

Automa č.4/2014, s. 34-35. ISSN 1210-9592. Dostupné na:

http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/52633.pdf

[33] *Digitální továrna – mocný nástroj pro průmyslovou výrobu*. In: Automa č. 7/2008. ISSN 1210-9592. Dostupné na:

http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/37514.pdf

[34] *Vyhlídky automatizace v automobilovém průmyslu*. In: Automa, č.4/2008, str. 9-10. ISSN 1210-9592. Dostupné na:

http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/37016.pdf

[35] *Digitální továrna ve Škoda Auto*. In: Automa č. 8-9/2013, s. 20-21. ISSN 1210-9592.

Dostupné na:

http://www.automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/10588.pdf

[36] *Projekt digitální továrny ve Škoda Auto*. In: Automa č.7/2008. ISSN 1210-9592.

Dostupné na:

http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/37513.pdf

[37] Dub Miroslav, Novotný Radim: *Příspěvek k zavádění konceptu Industry 4.0 do průmyslových podniků v České republice*. Automa 8-9/2017, s. 27. ISSN 1210-9592.

Dostupné na:

<https://www.sidat.cz/download/Zavadeni-konceptu-Indsutry-4.0-do-prumyslovych-podniku-v-CR.pdf>

[38] Tabinová Syeda Tina, Cejnarová Andrea: *Budoucnost je v simulacích*. In: Visions, podzim 2017, s. 12-13. Dostupné na:

https://issuu.com/siemenscz/docs/visions_podzim_2017

[39] Kozelský Tomáš, Novák Radek: *Automobilový průmysl: Trendy budoucnosti*. EU Office, září 2015. Dostupné na:

https://www.csas.cz/static_internet/cs/Evropska_unie/Specialni_analyzy/Specialni_analyzy/Prilohy/sr_2015_09_automobilovy_prumysl_trendy_budoucnosti.pdf

[40] *Škoda Auto investuje do odborného vzdělávání stovky milionů*. Dostupné na:

<http://www.ceskenoviny.cz/zpravy/skoda-auto-investuje-do-odborneho-vzdelavani-stovky-milionu/1529281>

[41] Gilchrist Alasdair: *Industry 4.0 – The Industrial Internet of Things*. Apress: 2018. ISBN 978-1-4842-2047-4 (e-book).

[42] Winterhoff M., Keese S., Boehler C., Hoyes C.: *Digital factories: The renaissance of the U.S. automotive industry*. Roland Berger, 2016. Dostupné na:

https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_tab_digital_factories_20160217.pdf

[43] *Industry 4.0 – An Introduction to Industry 4.0*. Danish Institute of Industry 4.0, 2016.

Dostupné na:

https://s3.amazonaws.com/wix-anyfile/1SX0CeCzRpmmrkDi4jOk_Industry%204.0%20An%20Introduction%20to%20Industry%204.0.pdf

- [44] *Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0*. Dostupné na: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>
- [45] *Chytrá auta v sobě skrývají výhody i nebezpečí*. In: Český autoprůmysl – zpravodaj Sdružení automobilového průmyslu, č.1/2017, str.7-9. Dostupné na: <http://www.autosap.cz/wp-content/uploads/2017/02/cesky-autoprumsyl-1-2017.pdf>
- [46] World Economic Forum: *Digital Transformation of Industries – Automotive Industry*. https://www.accenture.com/t20170411T120057Z__w__us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/WEF/PDF/Accenture-Automotive-Industry.pdf
- [47] *Kooperující robot ve Škoda Auto založil již milióntý píst převodovky DQ 200*. Dostupné na: <http://infocube.cz/cs/kooperujici-robot-ve-skoda-auto-vrchlabi-zalozil-jiz-milionty-pist-prevodovky-dq-200/>
- [48] *S modelem Škoda Kodiaq přichází nová nabídka konektivity*. Dostupné na: <https://www.autoweb.cz/s-modelem-skoda-kodiaq-prichazi-nova-nabidka-konektivity/>
- [49] *Vývojové zázemí ve Škodovce se rozrůstá*. Dostupné na: <https://www.novinky.cz/auto/132748-vyvojove-zazemi-ve-skodovce-se-rozrusta.html>
- [50] *Vždy připojen*. In: Český Autoprůmysl č.1/2017, str. 10-11. Dostupné na: <http://www.autosap.cz/wp-content/uploads/2017/02/cesky-autoprumsyl-1-2017.pdf>
- [51] *Pozor, jede robot!* Dostupné na: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/inovace/pozor-jede-robot/>
- [52] *Škoda Auto a.s. – Výroční zpráva 2013*. Dostupné na: <https://az749841.vo.msecnd.net/sitesencom/alv1/af11dfef-f56c-4769-b9b9-279f133a6948/skoda-annual-report-2013.e0ecbb1ce652164b8c4f743491d96d70.pdf>
- [53] *Škoda Auto a.s. – Výroční zpráva 2014*. Dostupné na: <https://az749841.vo.msecnd.net/sitesencom/alv1/4829b942-d81a-4848-85b9-ecdf650ce70f/skoda-annual-report-2014.9434eb6531d1df7d1d698a10b00e3671.pdf>

Seznam zkratek

zkratka	anglicky	česky
3D	three dimensional	trojrozměrný
AI	Artificial Intelligence	umělá inteligence
CAD	Computer Aided Design	počítačem podporované navrhování
CIIRC	Czech Institute of Informatics, Robotics and Cybernetics	Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky
CNC	Computer Numeric Control	numerické řízení počítačem
CPS	Cyber-Physical System	kyber-fyzický systém
CRM	Customer Relationship Management	řízení vztahů se zákazníky
ČVUT	-	České vysoké učení technické
DCS	Distributed Control System	distribuovaný řídicí systém
DF	Digital Factory	digitální továrna
DSRC	Dedicated Short Range Communication	vyhrazené spojení krátkého dosahu
EMC	Electromagnetic Compatibility	elektromagnetická kompatibilita
ERP	Enterprise Resource Planning	plánování podnikových zdrojů
FDM	Fused Deposition Modeling	modelování depozicí taveniny
GPS	Global Positioning System	globální poziční systém
HMD	Head-Mounted Display	displej upevňovaný na hlavu
HMI	Human Machine Interface	rozhraní člověk-stroj
IaaS	Infrastructure as a Service	infrastruktura jako služba
iiwa	Intelligent industrial work assistant	inteligentní průmyslový pracovní asistent
IO	Input/Output	vstup/výstup
IoS	Internet of Services	internet služeb
IoT	Internet of Things	internet věcí
LBR	Leichtbau roboter (německy)	robot lehké konstrukce
LIDAR	Light Detection And Ranging	světelná detekce a měření
M2M	Machine To Machine	stroj se strojem
MES	Manufacturing Execution System	výrobní řídicí systém
MIS	Management Information System	manažerský informační systém
PaaS	Platform as a Service	platforma jako služba
PAC	Programmable Automation Controller	programovatelný logický automat

zkratka	anglicky	česky
PC	Personal Computer	personální počítač
PEA	Predictive Engineering Analysis	prediktivní inženýrská analýza
PLC	Programmable Logic Controller	programovatelný logický automat
PLM	Product Lifecycle Management	řízení životního cyklu výrobku
RADAR	Radio Detection And Ranging	radiová detekce a měření
QR	quick response	rychlá odezva
RFID	Radio Frequency Identification	radiofrekvenční identifikace
SaaS	Software as a Service	software jako služba
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	system sběru, regulace a dohledu dat
SOA	Service Oriented Architecture	servisně orientovaná architektura
V2I	Vehicle to Infrastructure	vozidlo-infrastruktura
V2V	Vehicle to Vehicle	vozidlo-vozidlo
YuMi	you and me	ty a já
WMS	Warehouse Management System	system pro řízení skladu

Seznam obrázků

Obrázek 1: Čtyři průmyslové revoluce	5
Obrázek 2: Údaje o relé zakódované do QR kódu	7
Obrázek 3: Odhadovaný objem dat na internetu v letech 2014 až 2019.....	8
Obrázek 4: Horizontální integrace systémů	10
Obrázek 5: Změna síťové architektury vlivem Industry 4.0.....	11
Obrázek 6: Kooperativní robot YuMi	13
Obrázek 7: Aplikace počítačového vidění v praxi	15
Obrázek 8: Princip technologie 3D tisku	16
Obrázek 9: Princip rozšířené reality	19
Obrázek 10: Místa ohrožení propojeného vozidla kyberútokem	23
Obrázek 11: Obrazovka systému Process Simulate	35
Obrázek 12: Kooperující robot	36
Obrázek 13: Transportní robot	37
Obrázek 14: Aplikace Škoda Connect.....	38

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přínosy digitální továrny pro automobilový průmysl	28
Tabulka 2: Investice kromě vývojových	40
Tabulka 3: Investice do vývoje.....	40
Tabulka 4: Počet zaměstnanců	41
Tabulka 5: Vzdělání zaměstnanců	42
Tabulka 6: Výroba a prodej automobilů	43