

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Implementace procesního řízení

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub PRYTOLUK**
Osobní číslo: **E16N0022P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Implementace procesního řízení**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Přehled současného stavu v oblasti procesního řízení ve vazbě na koncept Průmysl 4.0.
2. Způsob zavádění procesního řízení a jeho klíčové fáze.
3. Případovou studii, jejíž cílem bude ukázka zavádění procesního řízení.
4. Doporučení pro praxi.



Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **40 - 60 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Jeston J, Nellis J. Business Process Management**
2. **Šmída, F. Zavádění a rozvoj procesního řízení ve firmě**
3. **Elektronické informačné zdroje (IEEE, Sciencedirect, Intechopen apod.)**

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing. Jiří Tupa, Ph.D.

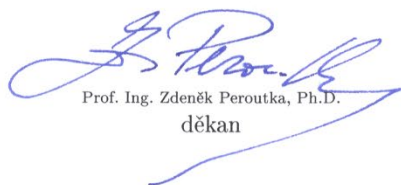
Katedra technologií a měření

Datum zadání diplomové práce:

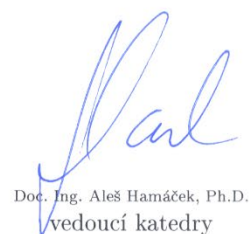
5. října 2018

Termín odevzdání diplomové práce:

30. května 2019



Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 5. října 2018

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na přehled současného stavu podniku Parker Hannifin Industrial s.r.o. a jeho analýzu. V teoretickém rozboru práce jsou vysvětleny, kam směřují trendy ve světě a vytváří analýzu současného stavu klíčových technologií Průmyslu 4.0. Další část práce je věnována spolupráci štihlé výroby a Průmyslu 4.0. Třetí kapitola se snažila představit ucelený rámec technologického plánu Průmyslu 4.0, který by zahrnoval strategickou fázi a fázi vývoje nových produktů a procesů. Následuje praktická část, která se zabývá analýzou procesů v podniku. Začátkem této kapitoly je představení podniku a jeho historie, jaké produkty podnik vyrábí a v jakém oboru podniká. V rámci případové studie se práce zaměřuje na to, jaké jsou v současné době zmapované a zanalyzované procesy v oblasti výroby a podpůrných procesů. Na základě výsledků analýzy je v práci navrženo zlepšení procesů a doplnění o nové atributy, které by byly použitelné pro koncept v rámci Průmyslu 4.0.

Klíčová slova

Průmysl 4.0, big data, internet věcí, 3d tisk, štihlá výroba, proces, podnikový proces, modelování, podnik, procesní řízení, technologický plán, plánování, výroba, MES

Abstract

The presented diploma thesis is focused on the current state of Parker Hannifin Industrial s.r.o. and his analysis. The theoretical analysis of the thesis explains where the trends in the world are heading and analyzes the current state of key technologies of Industry 4.0. The next part is devoted to cooperation of lean production and Industry 4.0. The third chapter presents a comprehensive framework of the Industry 4.0 Technology Roadmap, which includes the strategic phase and the development phase of new products and processes. Next is a practical part, which deals with the analysis of processes in the company. The beginning of this chapter is to introduce the company and its history, what products the company manufactures and in what field it operates. In the case study, the work focuses on what production processes and support processes are currently being mapped and analyzed. Based on the results of the analysis, the work is designed to improve processes and add new attributes that would be applicable to the Industry 4.0 concept.

Key words

Industry 4.0, big data, internet of things, 3d printing, lean manufacturing, process, business process, modeling, enterprise, process management, technology roadmap, planning, production, MES

Prohlášení

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 28.5.2019

Jakub Prytoluk

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Tupovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále děkuji společnosti a zaměstnancům Parker Hannifin Industrial s.r.o., zvláště Ing. Michaelovi Kubovi, za poskytnuté informace a konzultace.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
ÚVOD	11
1 PRŮMYSL 4.0	12
1.1 KONCEPT PRŮMYSLU 4.0.....	13
1.2 ZAHRANIČNÍ INICIATIVY REAGUJÍCÍ NA 4. PRŮMYSLOVOU REVOLUCI.....	15
1.3 TRENDY VE SVĚTĚ	16
1.3.1 Fyzické trendy.....	16
1.3.2 Digitální trendy.....	18
1.4 SOUČASNÝ STAV KLÍČOVÝCH TECHNOLOGIÍ.....	19
1.4.1 Analýza velkých dat (Big Data)	19
1.4.2 Autonomní roboty	21
1.4.3 Komunikační infrastruktura.....	22
1.4.4 Datová úložiště a cloudové výpočty.....	24
1.4.5 Aditivní výroba.....	26
1.4.6 Senzory.....	27
1.4.7 Virtualizační technologie.....	28
2 SYSTÉMY ŠTÍHLÉ VÝROBY PRO PRŮMYSL 4.0	30
2.1 METODOLOGIE	30
2.2 INTEGRACE ŠTÍHLÉ VÝROBY A PRŮMYSLU 4.0.....	33
2.2.1 Faktory dodavatele	34
2.2.2 Faktor zákazníka.....	37
2.2.3 Faktory procesu	38
2.2.4 Kontrolní a lidské faktory	40
3 IMPLEMENTACE PROCESNÍHO ŘÍZENÍ	44
3.1 TECHNOLOGICKÝ PLÁN	45
3.1.1 Návrh technologického plánu	46
3.1.2 Strategická fáze.....	48
3.1.3 Fáze vývoje nových produktů a procesů.....	49
4 PŘÍPADOVÁ STUDIE	52
4.1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI PARKER HANNIFIN.....	52
4.1.1 Parker Hannifin Industrial s.r.o. v Chomutově	52
4.1.2 Parker divize PDE	53
4.1.3 Organizační struktura divize PDE.....	54
4.2 PODNIKOVÉ PROCESY DIVIZE PDE	55
4.2.1 Popis a mapa procesu.....	55
4.2.2 Řízení dodavatelského řetězce	58
4.2.3 Logistika.....	62
4.2.4 Nákup materiálu	63

4.2.5	<i>Plánování výroby</i>	64
4.2.6	<i>Zákaznické služby</i>	66
4.2.7	<i>Procesy ve výrobě</i>	67
4.2.8	<i>Kontrola kvality</i>	67
4.3	SHRNUTÍ ŘÍZENÍ VÝROBY.....	73
5	DOPORUČENÍ PRO PRAXI	74
5.1	NÁVRH NA ZAVEDENÍ VÝROBNÍHO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU (MES).....	74
5.1.1	<i>Sběr dat</i>	75
5.1.2	<i>Interakce s uživatelem</i>	76
5.1.3	<i>Konfigurace</i>	76
5.1.4	<i>Vizualizace ve výrobě</i>	77
5.1.5	<i>Reporting</i>	77
5.2	PRŮMYSLOVÉ IOT.....	78
5.2.1	<i>IoT hardware</i>	78
5.2.2	<i>IoT aplikace</i>	78
5.3	NOVÝ SW PRO POKROČILÉ PLÁNOVÁNÍ.....	79
5.4	SHRNUTÍ A PŘÍNOSY.....	79
5.5	DALŠÍ DOPORUČENÍ.....	81
5.5.1	<i>Elektronický systém pro proškolení</i>	81
5.5.2	<i>Systém e-Kanban</i>	81
5.5.3	<i>Automatizace v zabraňování chyb</i>	81
5.5.4	<i>Digitalizovaná Heijunka</i>	82
5.5.5	<i>Prediktivní údržba</i>	82
5.5.6	<i>Aditivní výroba</i>	82
5.5.7	<i>Efektivní energie</i>	82
	ZÁVĚR	83
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	84
	PŘÍLOHY	91

Seznam symbolů a zkratek

AES.....	Advanced Electronic System
AR	Augmented Reality
ARIS	Architecture of Integrated Information Systems
B2C.....	Business to Consumer
BPM	Business Process Modeling
BPMN.....	Business Process Modeling Notation
CPS.....	Cyber-physical System
CR.....	Customer Request
CT	Cycle Time
DD.....	Delivery Date
ERP	Enterprise Resource Planning
HUD.....	Head-up display
IIoT	Industrial Internet of Things
IoT.....	Internet of Things
IP.....	Internet Protocol
JDE.....	JD Edwards AR 400
JIT	Just In Time
M2M	Machine to Machine
MES	Manufacturing Execution Systems
MRP.....	Manufacturing Resource Planning
NFC.....	Near-field Communication
PDE.....	Pneumatic Division Europe
QFD	Quality Function Deployment
RFID	Radio Frequency Identification
TPM.....	Total Productive Maintenance
VR.....	Virtual Reality
WIP	Work-in Process
WO.....	Work Order
WSN.....	Wireless Sensor Networks

Úvod

Z mnoha rozmanitých a fascinujících výzev, kterým dnes čelíme, je nejintenzivnější a nejdůležitější to, jak porozumět a utvářet novou technologickou revoluci, která neznamena nic jiného než transformace lidstva. Jsme na počátku revoluce, která zásadně mění způsob, jakým žijeme, pracujeme a navzájem se ovlivňujeme. V takovém rozsahu, váze a složitosti, co považují za čtvrtou průmyslovou revoluci, lidstvo ještě nezažilo.

Při psaní této diplomové práce bylo mým záměrem nastínit důležité parametry a klíčové technologie čtvrté průmyslové revoluce – co to je, co to přinese a jaký to může mít dopad.

Technologie není vnější silou, nad níž nemáme žádnou kontrolu. Nejsme omezeni binární volbou mezi „přijmout a žít s tím“ a „odmítnout a žít bez toho“. Místo toho si vezměte technologické změny jako výzvu k zamyšlení nad tím, kdo jsme a jak vidíme svět. Čím více přemýšlíme o tom, jak využít technologickou revoluci, tím více budeme zkoumat sebe a základní sociální modely, které tyto technologie ztělesňují a umožňují.

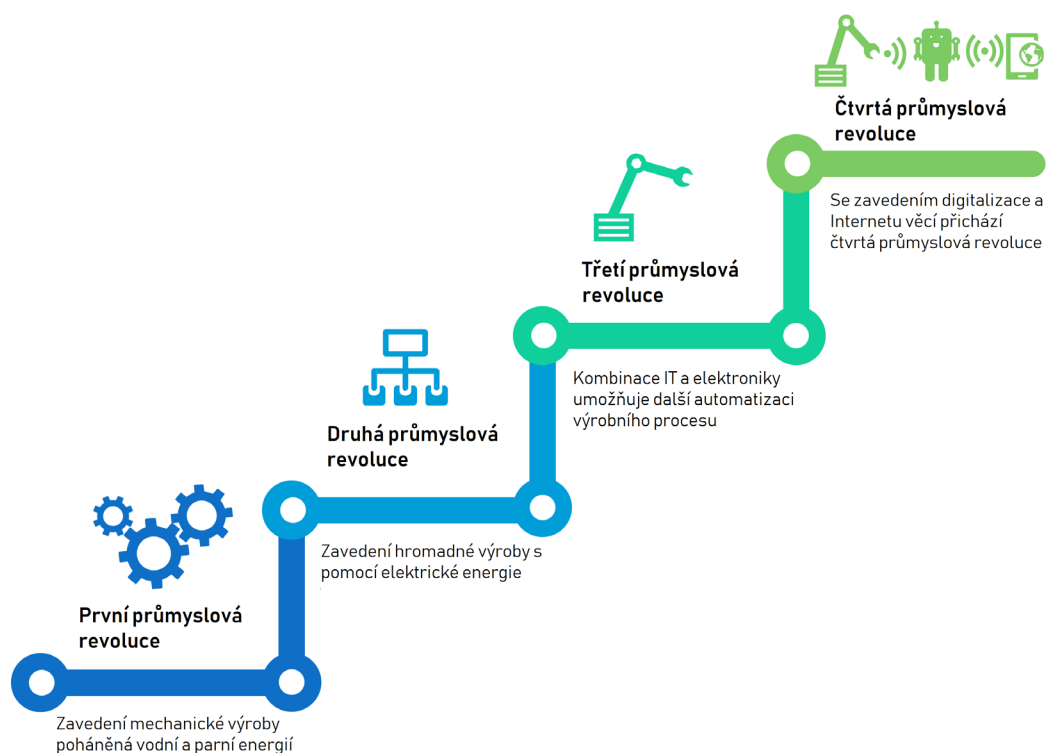
Tato práce rozděluje teoretickou část do tří kapitol. První je přehled o čtvrté průmyslové revoluci. Popisuje, kam směřují trendy ve světě a vytváří analýzu současného stavu klíčových technologií Průmyslu 4.0. Druhá kapitola představuje spolupráci štihlé výroby a Průmyslu 4.0. Třetí se zabývá implementace procesu pomocí technologického plánu. Ze strategického i technologického hlediska zobrazuje technologický plán Průmyslu 4.0 každý další krok na cestě k zcela digitálnímu podniku. Pro dosažení úspěchu v procesu digitální transformace je nutné připravit technologický plán co nejpřesnějším způsobem. Záměrem této kapitoly je představit technologický plán pro transformaci na Průmysl 4.0, který usnadní proces plánování a implementace.

Praktická část se bude zabírat případovou studií, jejíž cílem je implementace procesního řízení. Začátkem této kapitoly bude představení podniku a jeho historie, jaké produkty podnik vyrábí a v jakém oboru podniká. V rámci případové studie se práce zaměřuje na to, jaké jsou v současné době zmapované a zanalyzované procesy v oblasti výroby a podpůrných procesů. Na základě výsledků analýzy je v práci navrženo zlepšení procesů a doplnění o nové atributy, které by byly použitelné pro koncept v rámci Průmyslu 4.0.

1 Průmysl 4.0

Průmysl a celá ekonomika prochází podstatnými změnami způsobenými zaváděním informačních technologií, kyberneticko-fyzických systémů a systémů umělé inteligence do výroby, služeb a všech odvětví ekonomiky. Dopad těchto změn je tak zásadní, že se o nich mluví jako o 4. průmyslové revoluci. [1]

První Revoluce znamenala mezi lety 1760 a 1830 přechod od manuální výroby k mechanizaci. Druhá, okolo roku 1850, přinesla elektřinu a umožnila hromadnou výrobu. Na třetí průmyslovou revoluci jsme museli počkat až do poloviny 20. století s příchodem elektroniky, informačních technologií a telekomunikací. [2, 3]



Obr 1.1 Průmyslové revoluce (upraveno z [3])

Očekávané přínosy čtvrté průmyslové revoluce (nazývána také Průmysl 4.0 v Evropě nebo Smart Industry v USA) vycházejí z nových možností tvorby přidané hodnoty umožněné především na bázi využití dat z propojených systémů a zvýšené schopnosti automatizovaných rozhodovacích mechanismů v průmyslové praxi a ve službách. Z hlediska firem lze očekávat zvýšení produktivity a výrobní efektivity, ale též pokles energetické a surovinové náročnosti výroby, ale zcela i nové možnosti optimalizace logistických tras, technologická řešení pro decentralizované systémy výroby nebo distribuce energie. [1, 2]

1.1 Koncept Průmyslu 4.0

Smyslem tohoto konceptu je vytvoření inteligentní komunikační sítě pro stroje, produkty a polotovary, pracovníky a další systémy, skrze výrobní, ekonomické, obchodní, logistické a další celky, jejíž subsystémy zároveň fungují autonomně, vzájemně komunikují a improvizovaně reagují. Informace tedy neplyne odspodu nahoru přes komunikační pyramidu, ale síť umožňuje komunikaci kohokoliv s čímkoliv. Aby k této komunikaci mohlo docházet, jsou fyzické prvky, které samy neumí komunikovat, reprezentovány softwarovými moduly, které jednájí za ně (Internet of Things). Avšak koncept Průmyslu 4.0 obsahuje mnohem více, tento pojem uvádí také cloudová úložiště, datová centra, 3D tisk, tzv. chytré sklady atd.

Se čtvrtou průmyslovou revolucí souvisí i **trojpilířová průmyslová integrace**:

- Integrace **horizontální** (hodnotového řetězce), jež zabezpečuje koordinaci od dodavatelů přes naplánování výroby až po distribuci a servis,
- integrace **vertikální** (vnitropodniková) - od výroby v reálném čase až po rozhodování ve vrcholovém managementu,
- digitální integrace **inženýrských procesů** – podpora životního cyklu výrobku od prvotního návrhu, výzkumu a vývoje, přes prototypování, rozvrhování výroby, distribuci až po získávání zpětné vazby. [2, 4]

Štíhlá výroba (Lean Manufacturing) je filozofie, která se snaží zlepšit a optimalizovat výrobní systémy tím, že eliminuje plýtvání. V tomto případě pojmenováním plýtvání jsou myšleny procesy, které využívají více zdrojů, než je třeba. Štíhlá výroba nezmizí s průmyslem 4.0, naopak; principy štíhlé výroby se pravděpodobně stanou důležitějšími. Průmysl 4.0

- umožňuje lepší porozumění poptávce zákazníků a umožňuje okamžité sdílení informací. Proto můžeme vyrábět rychleji, s menším množstvím plýtvání a vyrábět přesně to, co zákazník potřebuje. Cílem je vyhnout se nadprodukcí, ztrátám času, nadbytečným zásobám a zbytečným pohybům.
- převádí fyzické, monotónní a opakující se práce do úkolů dohledu a kontroly. Cílem je zabránit nedostatečnému využití lidského potenciálu.
- používá výrobní modely, kde jsou inteligentní stroje vybavené strojovým učením nebo schopností samoučícím a jsou regulovány a upraveny speciálně pro výrobu 100 % kompatibilních produktů. Cílem je vyhnout se plýtvání a šrotu.

Sečteno a podtrženo, technologie Průmyslu 4.0 může být přesně to, co je potřeba ke konsolidaci štíhlé výroby na všech úrovních. [2]

Továrna budoucnosti

Trendy v oblasti výroby se neustále mění a stávajícími oblastmi zaměření jsou automatizace a výměna dat pod hlavičkou Průmyslu 4.0. Průmysl 4.0 definuje "inteligentní továrnu" s kyberneticko-fyzickými systémy (CPS), internetem věcí (IoT), cloud systémy a kognitivní výpočetní technikou.

Jaká je však vize průmyslu 4.0? Co je inteligentní továrna? Základními prvky ve výrobním závodě se stávají takzvané kyberneticko-fyzické zařízení, které mají ve srovnání s dnešními stroji vyšší inteligenci a schopnost komunikovat. S těmito schopnostmi mohou CPS vzít část plánovacích a řídicích úkolů. Stroje se starají o přiměřenou dodávku materiálu, změnu způsobu výroby na optimální pro aktuální výrobek nebo samostatně zjišťují nové metody (self-learning machine). [5]

V tomto novém továrním modelu se výrazně sníží celkové výrobní náklady a může se dosáhnout dalších výhod, jako je větší flexibilita, kvalita, rychlost a komunikace.

Ve zprávě o Průmyslu 4.0 uvádí společnost Tecalia [6] šest sociálně-ekonomických trendů, které vyzdvihují projekt Továrna budoucnosti:

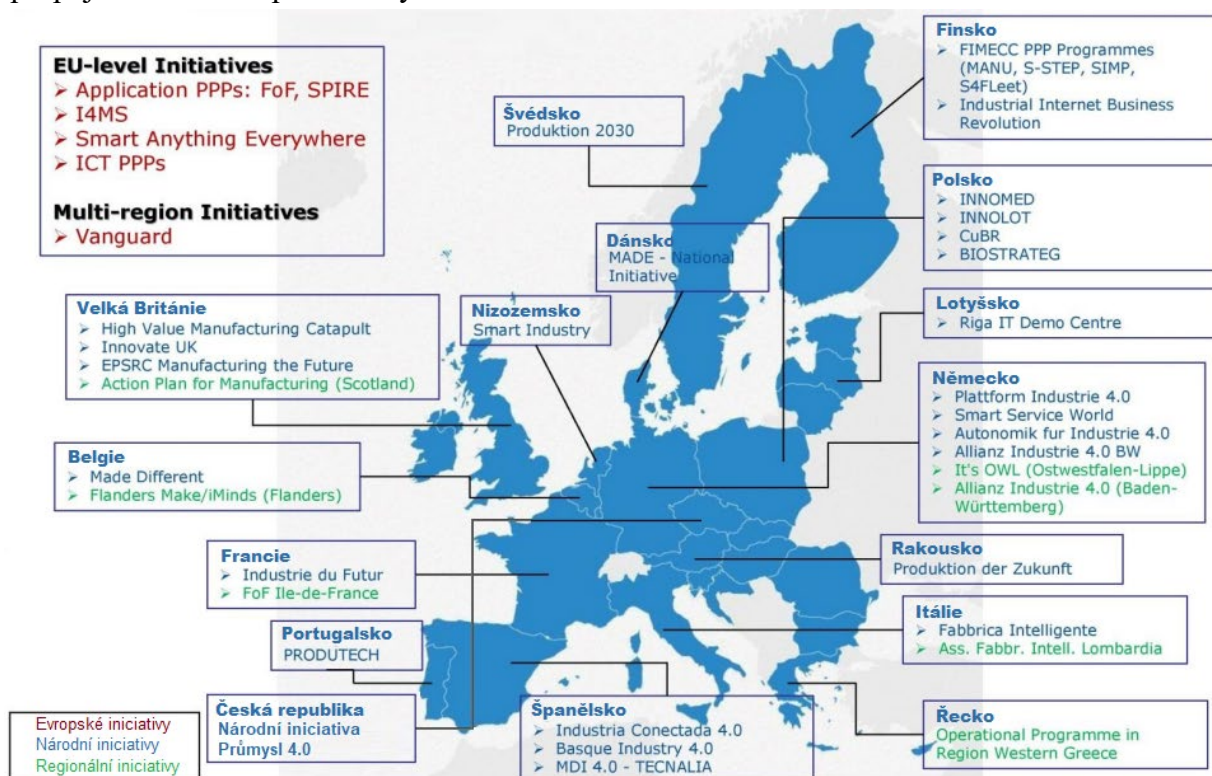
- I. **Dostupnost nové technologie**, která nám umožní dosáhnout dosud nemyslitelných cílů.
- II. **Nedostatek přírodních zdrojů** – účinnost je zásadní pro vypořádání se s toutle situací.
- III. Je nutnost přijmout opatření pro **snížení dopadu na životní prostředí**.
- IV. **Stárnutí populace a pozdější odchod do důchodu** snižuje účinnost fyzické práce, proto je potřeba nahradit náročnou fyzickou práci výrobními roboty.
- V. **Specializace zaměstnanců** v určitých oblastech továrny bude stále více potřebná v závislosti na její činnosti, která neustále vyžaduje přizpůsobení úrovně kvalifikace pracovníků.
- VI. **Přizpůsobení** – poptávka po produktech přizpůsobených specifickým potřebám každého klienta je již realitou, nicméně se střetává s tradiční hromadnou výrobou zaměřenou na výrobní řetězec na rozdíl od produktu.

1.2 Zahraniční iniciativy reagující na 4. průmyslovou revoluci

Čtvrtá průmyslová revoluce již začala v ekonomicky nejrozvinutějších státech – sice pod jinými názvy, ale se stejnou snahou o udržení a posílení konkurenceschopnosti a technologického prvenství na světových trzích a snahou o převzetí větší kontroly nad celým hodnotovým řetězcem. Publikace Vladimíra Maříka [4] uvádí několik iniciativ zavádějící Průmysl 4.0 pod svými názvy.

První vize německé vlády o dalším vývoji průmyslu byla představena na veletrhu v Hannoveru v roce 2011, o dva roky později byla oficiálně spuštěna národní platforma „Industrie 4.0“. Do platformy je zapojena jak ministerstvo hospodářství s ministerstvem pro výzkum, tak průmyslová oborová sdružení, odbory a výzkumné instituce.

Pětice nadnárodních firem založila v březnu 2014 v USA „Industrial Internet Consortium“, platformu propojující komerční, akademickou a vládní sféru s cílem urychlit rozvoj, adaptaci a široké užívání technologií průmyslového internetu. Důraz je kladen na zajištění vzájemné propojitelnosti a bezpečnosti systémů.



Obr 1.2 Mapa iniciativ evropských zemí reagujících na 4. průmyslovou revoluci (upraveno z [7])

Francie spustila v květnu 2015 vlastní program pod jménem „Industrie du Futur“. Je stanoveno devět strategických oblastí, na které se chce Francie tímto programem zaměřit – nové zdroje materiálů a energie, doprava zítřka, správa dat, smart cities, inteligentní přístroje,

digitální bezpečnost, eko-mobilita, zdravotnictví budoucnosti, zdravé stravování.

Vlastní program spustila také čínská vláda z důvodu uvadající výhody v podobě levné pracovní síly a klesajícího výkonu ekonomiky. Program pod názvem „Made-in-China 2025“ si klade za cíl do roku 2025 zvýšit podíl vyrobených komponent a materiálů ve vyráběných produktech na 70 %.

V červnu 2015 na základě spolupráce 30 firem zahájila iniciativu rovněž v Japonsku pod jménem „Industrial Value Chain Initiative“. Zaměřují se zejména na vytvoření technologických standardů pro propojení továren a jejich internacionalizaci.

V České republice byl v červenci 2015 zahájen program z iniciativy Ministerstva průmyslu a obchodu, Národní iniciativa Průmysl 4.0 snažící se o spolupráci všech odborů na podporu zavedení revoluce. [4]

1.3 Trendy ve světě

K sestavení široké škály technologických trendů pohánějící čtvrtou průmyslovou revoluci byl sestaven seznam do tří skupin: fyzických, digitálních a biologických. Všechny tři skupiny jsou hluboce propojené a různorodé technologie jsou z důvodu objevů a pokroku navzájem prospěšné. [8]

1.3.1 Fyzické trendy

Existují čtyři hlavní fyzické projevy technologických trendů, které jsou snadno viditelné díky své hmatatelné povaze:

- autonomní vozidla
- 3D tisk
- pokročilá robotika
- nové materiály

Autonomní vozidla

Bezpilotní auta dominují dnešní zprávy, ale v dnešní době existuje mnoho dalších autonomních vozidel, včetně nákladních aut, dronů, letadel a lodí. Díky technologiím, jako jsou například senzory a umělá inteligence, se schopnosti všech těchto autonomních strojů rychle vylepšují. Je jen otázka několik let, kdy nízkonákladové, komerčně dostupné drony, budou používány v různých odvětvích. [8]

Jak drony budou schopny snímat a reagovat na okolní prostředí (změna dráhy letu kvůli vyhnutí se kolizi), budou moci provádět úkoly, jako je kontrola elektrického vedení nebo

dodávání zdravotnických potřeb ve válečných zónách. V zemědělství budou drony například v kombinaci s datovou analýzou využívány pro přesnější a efektivnější hnojení a zavlažování. [8]

3D tisk

3D tisk neboli také aditivní výroba je proces tvorby třidimenzionálních pevných objektů z digitálního souboru (Additive Manufacturing File – AMF). V aditivních procesech je objekt vytvořen pokládáním souvislých vrstev materiálu, dokud není celý projekt dokončen. Je to opak subtraktivní výroby, podle které byly věci vyráběny doteď, kdy vrstvy byly odstraňovány po kusech z celistvého materiálu, dokud nebyl dosažen požadovaný tvar. Více v kapitole 1.4.5 Aditivní výroba. [8, 9]

Tato technologie se používá v široké škále aplikací, od velkých (větrné turbíny) po malé (lékařské implantáty). Prozatím se omezuje především na aplikace v automobilovém, leteckém a lékařském průmyslu. Na rozdíl od hromadně vyráběných výrobků mohou být 3D tiskové produkty snadno přizpůsobitelné. Vzhledem k tomu, že současná velikost, rychlost a náklady jsou postupně překonávány, 3D tisk bude brzy častěji zahrnovat integrované elektronické součástky, jako jsou desky plošných spojů, a dokonce i lidské buňky a orgány. Výzkumníci již pracují na technologii 4D. Tento proces by vytvořil novou generaci produktů, který by na základě vnějších vstupů (teplota, vlhkost ad.) dokázal měnit svůj tvar. Tato technologie by mohla být použita v oděvech nebo obuvi, stejně jako ve zdravotních pomůckách, jako jsou implantáty určené pro lidské tělo. [8, 10]

Pokročilá robotika

Až donedávna bylo používání robotů omezeno na úkoly vyžadující přesnost převážně v automobilovém průmyslu. Dnes se však roboty stále více využívají ve více odvětvích od zemědělství až po zdravotnictví. Rychlý pokrok v oblasti robotiky brzy umožní spolupráci mezi lidmi a stroji každodenní rutinou. Navíc díky dalším technologickým pokrokům se roboty stávají adaptabilnějšími a flexibilnějšími.

Pokroky v oblasti senzorů umožňují robotům lépe porozumět a lépe reagovat na okolní prostředí a zapojit se do širšího spektra úkolů, jako jsou například domácí práce. V minulosti, kdy musely být roboty naprogramovány pomocí autonomní jednotky, mohou nyní roboty přistupovat k informacím dálkově přes cloud a mohou být připojeny ve stejné síti s ostatními roboty. Až se objeví nová generace robotů, bude pravděpodobně odrážet rostoucí důraz na spolupráci člověk-stroj. [8]

Nové materiály

Na trh přicházejí nové materiály s atributy, které se před několika lety zdály být nedosažitelné. Celkově jsou lehčí, silnější, adaptivní a recyklovatelné. Už nyní existuje využití pro „inteligentní materiály“, které jsou samoregeneračního typu, kovy s pamětí navracející se k původním tvarům, keramika a krystaly, které přetvářejí tlak na energii a tak dále. [8]

Další nové materiály by mohly hrát významnou úlohu při zmírňování globálních rizik, kterým čelíme. Nové inovace v termosetových plastech by například mohly nahradit materiály, které byly považovány za téměř nemožné recyklovat, za nové materiály, které se dají opakovaně používat a se používají ve všem, od mobilních telefonů a desek plošných spojů až po části leteckého průmyslu. Nedávný objev nových tříd recyklovatelných termosetových polymerů, nazývaných polyhexahydrotriaziny (PHT), je významným krokem směrem k „cyklické ekonomice“, která pracuje tak, že zahrnuje potřeby společnosti a přírodních zdrojů. [8, 11]

1.3.2 Digitální trendy

Jedním z hlavních můstků mezi fyzickými a digitálními aplikacemi, které umožnila čtvrtá průmyslová revoluce, je internet věcí (IoT). Ve své nejjednodušší podobě může být popsán jako vztah mezi věcmi (produkty, služby, místa atd.) a lidmi, který je umožňuje propojit technologie různých platforem. Více je o tom zmíněno v kapitole 1.4.3.

Digitální revoluce vytváří radikálně nové přístupy, které způsobují převrat v tom, jakým si jednotlivci a instituce zapojují a spolupracují. Například blockchain, často popisovaný jako technologie distribuované účetní knihy („distributed ledger technology“), je zabezpečený protokol, kde síť počítačů ověřuje transakci dříve, než může být zaznamenána a schválena. Technologie, která je základem blockchainu, vytváří důvěru tím, že umožňuje lidem, kteří se navzájem neznají (a nemají tedy žádný podklad pro důvěru), spolupracovat. Nejznámější aplikací používající blockchain je Bitcoin. [8]

On-demand economy, tj. ekonomika postavená na přímé poptávce od zákazníka ukazuje, jakým směrem a způsobem se rozvíjí trh. Jedná se o nadstavbu ekonomiky sdílení (sharing economy). Platformy využívající on-demand economy, a které jsou i snadno použitelné na smartphonech, shromažďují majetek, lidi a data a vytvářejí zcela nové způsoby prodeje zboží a služeb. [8, 12]

Model aplikace Uber ztělesňuje převratnou sílu těchto technologických platforem. Toto podnikání se rychle rozšiřuje a nabízí nové služby od dělání domácích prací přes nakupování až po parkování, od nabízení několikadenních pobytů až po spolucestování na delší trasy. Má

to několik věcí společných:

- propojení nabídky a poptávky velmi dostupným (levným) způsobem,
- spotřebitelům se dodá různé zboží a služby,
- obě strany mohou vzájemně reagovat a poskytnout zpětnou vazbu, a tím tyto platformy nabírají na důvěře.

To umožňuje efektivní využívání nevyužitých aktiv – zejména těm, kteří si nikdy předtím neuvědomovali, že by mohli být dodavateli (tj. volné sedadlo ve svém autě, volná ložnice v jejich domě, obchodní spojení mezi maloobchodníkem a výrobcem, nebo mít čas a dovednost poskytovat služby, jako jsou doručování, domácí opravy nebo administrativní úkoly). [8]

On-demand economy vyvolává základní otázku: Co stojí za to vlastnit – platformu nebo aktiva? Jak napsal mediální stratég Tom Goodwin v článku TechCrunch [13] v březnu roku 2015: „Společnost Uber, největší světová taxislužba, nevlastní žádná vozidla. Facebook, světově nejznámější vlastník médií, nevytváří žádný obsah. Alibaba, nejhodnotnější prodejce, nevlastní žádný inventář. A Airbnb, největší poskytovatel ubytování na světě, nemá žádné nemovitosti.“

1.4 Současný stav klíčových technologií

Přeměna tradičních továren do inteligentních továren vyžaduje vývoj digitálních nástrojů (Technologie 4.0 neboli Klíčové technologie). Průmysl 4.0 má tu schopnost přeměnit data v informace a informace ve znalosti, se kterými je dále možnost vylepšovat proces rozhodování v podniku [14]. Pro úspěšnou implementaci Průmyslu 4.0 je důležité, aby tyto klíčové technologie byly součástí celého systému. V této sekci jsou vypsány detailní informace o podpůrných technologiích, které přispívají k lepšímu porozumění prezentované oblasti.

1.4.1 Analýza velkých dat (Big Data)

Každým dnem se objem dat generovaných a ukládaných v různých odvětvích řádově zvyšuje. Kde před lety stačily megabyty, nyní máme problémy s gigabyty a terabyty, o petabytech a více ani nemluvě. Jde především o obrazová data, různé zdroje signálů a měření, ale i o obchodní, lékařská a bezpečnostní data. Big Data je proto stále častější termín. Obecně lze říci, že pojmem Big Data se označují soubory dat, které nelze spravovat a zpracovat běžnými softwarovými nástroji v přijatelném čase. Nemusí však jít pouze o velikost dat, ale často jde o jejich složitost, (ne)strukturu a umístění. [4, 14, 15]

Objem dat v továrnách se za krátký časový úsek zvětší díky masivnímu sběru informací z

bezdrátových senzorů a přístrojů, jako jsou kamery, RFID čtečky atd. V digitální oblasti vše zanechává stopu, a to produkuje množství dat, které může předpovídat chování a rozhodovat se v předstihu a tím dosahovat maximální efektivity. [14]

Proces pokročilé analýzy

1. **Získávání dat** – měřiče a senzory (zachytávající fyzické nebo chemické veličiny a převádějící na data)
2. **Přeměna.** Dalším cílem je sběr dat na jednom místě, převedení na jeden formát a třídění.
3. **Skladování.** Umožňuje manipulaci větších množství informací.
4. **Analýza.** Jsou běžně používány tři techniky:
 - Hledání vztahů mezi různými proměnnými
 - Nalézání prediktivního chování
 - Rozdělení velkých skupin individualit do menších v důsledku nalezení spojitostí mezi nimi.
5. **Zobrazení.** Obraz může představovat více než tisíc slov nebo tisíc kusů informací. Jednodušší je zobrazit grafy nebo mapy než text a tabulky s čísly.

Zpracování velkých dat v průmyslu slouží především k optimalizaci výroby, služeb, podpůrných činností a distribuce nebo při digitální konstrukci a výrobních simulacích. Analýza velkých dat pomáhá zvyšovat dostupnost materiálu podle potřeby výroby a snižovat náklady na údržbu. [14]

„Není větší chyba než vytvářet si teorie, dokud neznáme fakta. Člověk pak začne nevědomky údaje upravovat tak, aby vyhovovaly jeho teorii, místo co by si vytvořil teorii, která by odpovídala faktům.“ Arthur Conan Doyle

Případová studie 1: Big Data používané v transportu a logistice: Sateliun

Oblast transportu a logistiky vytváří obrovské množství dat, které lze využít pomocí technologie Big Data. Společnost Sateliun kombinuje správu vozidel pomocí systémů GPS a Big Data a vytváří tak efektivnější trasy s úsporou času a paliva. Zobrazuje také aktualizovaný a reálný stav silniční sítě, což zvyšuje efektivitu, zejména ve velkých městských centrech. Sledování zboží je přesnější a nabízí spolehlivější předpověď poptávky po službě, takže společnost se může více zaměřit trh a efektivněji tak spravovat své pracovní zatížení. [14, 16]

Případová studie 2: Mercedes-Benz (Závod Vitoria-Gasteiz, Španělsko)

Závody společnosti Mercedes používají optické senzory ke shromažďování informací týkajících se kvality nátěru každého z 700 vozů, které opustí denně montážní linku. Tato data se používají k předvídání situací, identifikaci vzorků a také znalostem o tom, jak se stroj chová během procesu výroby. V tomto případě pomáhají ověřovat kontrolu kvality nátěru každého vozidla. [14]

Případová studie 3: Michelin Group & Inteligentní pneumatiky

Společnost Michelin nabízí pneumatiky s inteligentním systémem pod názvem MEMS Evolution3, který obsahuje voděodolné senzory poskytující informace o teplotě a tlaku. Tato pneumatika má 3G nebo ethernetové připojení a je schopna odesílat data v reálném čase, a dokonce má možnost poslat upozornění e-mailem nebo SMS, pokud jsou překročeny prahové hodnoty teploty nebo tlaku. V současné době je tento produkt určen pro těžké stroje v těžebním průmyslu, ale technologie by se mohla použít na jakýkoli typ kola. [17]

1.4.2 Autonomní roboty

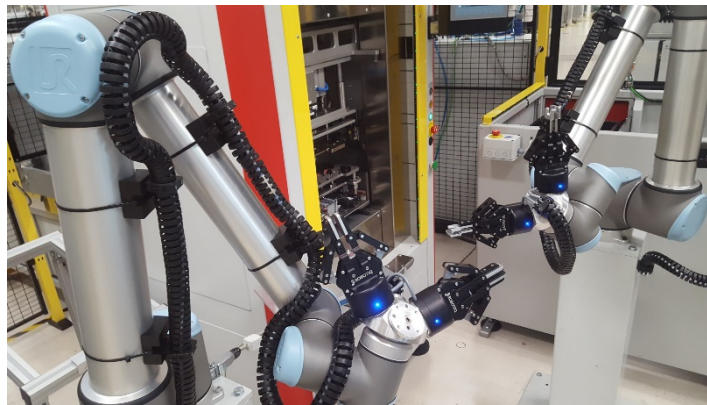
V důsledku propojení mikroprocesoru a umělé inteligence se produkty, stroje a služby stanou chytřejšími, a to nejen z důvodu, že mají výpočetní, komunikační a řídicí schopnosti, ale také mají autonomii. V tomto ohledu adaptivní a flexibilní roboty v kombinaci s umělou inteligencí umožňují snadnější produkci rozdílných výrobků pomocí rozpoznání určitých segmentů každého dílu. Tato segmentace nabízí snížení výrobních nákladů, zkrácení doby výroby a čekací doby v provozu. Jsou charakterizovány tím, že jsou lehké, flexibilní a snadno se instalují a jsou navrženy tak, aby spolupracovaly s lidmi ve společném pracovním prostoru bez nutnosti instalace bezpečnostních bariér. Autonomní roboty jsou navíc užitečné ve produkčních oblastech, zejména v konstrukčních, výrobních a montážních fázích. Například přiřazené úkoly jsou rozděleny na jednodušší dílčí problémy, které jsou pak sestaveny do sady modulů, které řeší každý ten dílčí problém. [2, 18, 19]

Příkladem ze skutečnosti může být robot s názvem YuMi, který je vytvořen pro výrobní operace společnosti ABB. Yumi má flexibilní manipulaci, mechanismus pro vkládání dílů, kamerový systém pro detekci místa a nejmodernější řízení pohybu, jak je uvedeno v ABB Contact [20]. Dalším příkladem může být robot Kuka KR Quantec, který rozdává výrobní materiál podle zakázek tak, že dodává objednané KANBAN boxy na místo určené pocházející z centrálního skladu [21]. Model "Workerbot", od německé společnosti PI4, má humanoidní

podobu se dvěma rameny, rotující horní část těla a je podporován kamerovými a obrazovými systémy. Tento kombinovaný mechanismus umožňuje na základě své paměti identifikovat požadované činnosti pomocí nezávislého rozpoznání předchozích pozic a charakteristice výrobních součástek [21].

Případová studie 4: Continental Automotive Spain (Rubi, Barcelona)

V roce 2016 se společnost rozhodla koupit několik univerzálních robotů modelu UR10 pro automatizaci výroby a manipulaci s deskami plošných spojů a zkrátila dobu výměny o 50 %, a to ze 40 na 20 minut ve srovnání s manuálně prováděnou prací. Přidání spolupracujících robotů do výrobní linky umožňuje snadnou integraci, protože není zapotřebí velké ochrany kolem strojů. Rovněž není zapotřebí mnoho senzorů kolem zařízení, což činí stroje efektivní a levné. [22]



Obr 1.3 Robot UR10 ve společnosti Continental Španělsko [22]

Případová studie 5: Böco Böddecker (Německo)

Společnost Böco Böddecker se specializuje na uzavíratelné, zamykací a pojistné systémy pro automobilový průmysl. Využívají plastové a kovové části k zajištění dveří a sedadel v automobilech od různých výrobců. Výzvou bylo jednotné označení dílů, protože jejich zákazníci požadovali, aby každý kus byl označen kódem. Takže automatizace této jednoduché a opakující se úlohy se stala velkou úsporou. Robot UR může označovat a štítkovat položky podle přísných požadavků při kontrolách kvality. [23]

1.4.3 Komunikační infrastruktura

Internet věcí (IoT) je koncept, který je založen na propojení produktu s jakýmkoli blízkým produktem. Pomocí komunikačních nástrojů a zařízení mohou stroje spolupracovat pro dosažení daných cílů, zaměřit se na začlenění inteligentních senzorů do reálného prostředí a procesů. Cílem je zajistit, aby všechna tato zařízení přenášela data do sítě bez lidského zásahu a tím byla inteligentnější a nezávislejší. To vyžaduje použití protokolu IPv6. Obrovský nárůst

IPv6 je důležitým faktorem při vývoji internetu věcí. Mohli bychom přiřadit IP adresu každé "věci" na naší planetě a stále máme adres víc než dost. Průmyslový internet věcí (Industrial Internet of Things – IIoT) je odkázán na inteligentní předměty a sítě a umožňuje také integraci fyzických předmětů do sítě ve výrobních a služebních procesech. [14, 18]

Hlavní požadavky pro komunikaci a vytváření sítí:

- distribuované a paralelní výpočty pro zpracování dat,
- Internet Protocol (IP),
- komunikační technologie,
- vestavěná zařízení včetně RFID čipů nebo Wireless Sensor Networks (WSN) [24]

Kromě těchto požadavků, Dieter Uckelmann [25] ještě zmínil Internet of People a Intranet/Extranet of Things, aby odrážel integritu vnitřních částí podnikání a zlepšil orientaci na služby s efektivním sdružením dalších zařízení. Na druhou stranu hlavním problémem integrace je vytvoření norem pro komunikaci různorodých zařízení. Společnosti také čelí dalšímu problému – bezpečnostním nedostatkům z důvodu ochrany údajů a soukromí [26].

Díky nedávným pokrokům snižující náklady na sítě senzorů, NFC, RFID a bezdrátové technologie se komunikace a vytváření sítí pro IoT staly nápadným tématem pro průmysl a koncové uživatele. Potenciál IIoT je významný: předpokládá se, že počet IIoT dosáhne v roce 2020 potenciálu 50 miliard, což dokazuje rozšiřitelnost IoT. [27]

Vzhledem k výrobním pokrokům podporovaným komunikačními a síťovými technologiemi jsou průmysly připraveny zlepšit výrobní procesy s analýzou velkých dat pro získání výhody vyššího výpočetního výkonu a získání know-how v průmyslu [28]. V důsledku proniknutí inteligence do výroby mohou výrobci zlepšit kvalitu a zvýšit výrobní výkon. Tato znalost poskytuje lepší přehled o odhalení příčiny problémů s produkcí a mapování vad, o monitorování výkonu stroje a snížení poruchy stroje a prostojů. IIoT nebo komunikační systémy proto nejsou považovány pouze za technologii Průmyslu 4.0, ale také jsou považovány za "obal", který obsahuje mnoho prvků z nástrojů Průmyslu 4.0. [18]

Rozdíl mezi IoT a IIoT

Zařízení IIoT jsou odolnější, protože musí pracovat za extrémních podmínek bez selhání a obvykle se nacházejí v místech s obtížným přístupem. Například musí odolat vyšším teplotám, musí být odolné proti korozi a být voděodolné. Proto musí obsahovat dlouhotrvající baterie a spotřebovávat co nejmenší množství energie. Musí jim být poskytnuta velká samospráva,

protože vyslání pracovníka údržby k zařízení je obvykle velmi nákladné a také mají vlastní ovládací a monitorovací systémy, které zabraňují předčasnému zhoršení. [14]

IIoT zařízení generují velký počet datových bodů (sledované proměnné), a proto potřebují zvýšit kapacitu, kdykoli to bude nutné. Někdy samotné to zařízení provádí předběžnou analýzu a zpracování dat před odesláním do hlavního řídicího systému, aby nedošlo k jeho nasycení. IoT, na druhé straně, není tak rozšiřitelný na vyšší kapacitu nebo nevytváří tolik dat. [14]

Zařízení IIoT mají své vlastní bezpečnostní systémy, které jsou silnější než bezpečnostní systémy IoT. Počítačový útok může být pro výrobu nebo zařízení fatální, protože IIoT je spojen s infrastrukturami a sítěmi důležitými pro provoz a průmyslové využití. [14]



Obr 1.4 Příklad IIoT komunikace [29]

1.4.4 Datová úložiště a cloudové výpočty

Cloud technologie je dalším důležitým tématem přispívající k lepší integraci síťového systému do transformace Průmysl 4.0. Termín "cloud" zahrnuje cloudové výpočty (cloud computing) i cloud manufacturing a design. Cloud manufacturing znamená koordinovanou a propojenou výrobu, která je postavena na výrobě „na vyžádání“. Výroba založená na poptávce využívá sbírku distribuovaných výrobních zdrojů pro vytváření a provoz konfigurovatelných kyberneticko-fyzických výrobních procesů. Zde je hlavním účelem zvýšení efektivity tím, že se sníží náklady na životní cyklus výrobku a umožní optimální využití zdrojů pro zákazníky s proměnlivou poptávkou. [29]

Jako důsledek pokroku v cloudových technologiích, jako je snižování množství reakčních časů, budou výrobní data ve cloudových systémech stále více praktikována, což poskytne více datově řízených rozhodovacích procesů jak pro služby, tak pro výrobní systémy [30]. Na druhou stranu, podle zprávy "From Industry 4.0 to Digitizing Manufacturing", předložené výrobním technologickým centrem, je třeba vzít v úvahu problémy týkající se ochrany soukromí a bezpečnosti, které vznikly ze systémových nedostatků, a za třetí by měly být pečlivě zváženy další skladovací potřeby, platební možnosti a fyzická umístění [31]. Současně se

produktivita zvyšuje předem: příkladem je společnost GE Digital, která navrhla "Brilliant Manufacturing Suite", která využívá inteligentní analýzy k vyhodnocení provozních dat a celková efektivita továrny je zvýšena o 20 a více procent. Uvedený systém lze dálkově provozovat jak na počítači pomocí prohlížeče, tak i na mobilních zařízeních. [18]

Požadavky na procesy v cloudu jsou uvedeny takto:

- Aplikace řízené daty jsou zpracovávány v cloud infrastruktuře a každý element dodavatelského řetězce je propojen s uživatelem prostřednictvím cloudového systému.
- Analýza dat v reálném čase pro oznámení abnormalit pomocí funkce nezávislých cloudových databází.
- Využití plné míry velkých dat (big data) pro optimalizaci výkonu systému v souladu s externími a náhlými změnami.
- Uživatelé potřebují mít zařízení k zobrazení potřebných informací o cloudu a mít přístup k aplikacím a datům po celém světě.
- Proaktivní funkce aplikace, jako automatický protokol řazení nebo nástroj pro změnu protokolu, vykonávají adaptivní řízení dodávek, detekuje kolize, monitoruje procesy a mnoho dalšího. [18]

Výhody:

- **Úspora nákladů.** Placení za užívání produktů a služeb, což eliminuje dodatečné náklady jako je nákup licencí, investice do IT infrastruktury, údržba a aktualizace zařízení.
- **Skladování a bezpečnost.** Jsou tu poskytovatelé, kteří nabízejí služby ukládání dat s prakticky neomezenou kapacitou. Kromě toho jsou k dispozici úložné a zálohovací služby spolu s úložištěm.
- **Jednoduchý přístup.** Sdílený a okamžitý přístup ke všem informacím odkudkoli a přes jakékoliv zařízení s připojením k internetu.
- **Snadné řízení.** Systém se integruje automaticky, takže se společnosti nemusí starat o řešení komplexních problémů technické kompatibility.
- **Automatické aktualizace.** Nejnovější verze softwaru je vždy k dispozici.
- **Přizpůsobivost.** Systémy v cloudu jsou přizpůsobeny podle požadavků a potřeb zákazníka. [14]

1.4.5 Aditivní výroba

Aditivní výroba je sada nově vznikajících technologií, které vyrábějí trojrozměrné objekty přímo z digitálních modelů pomocí aditivního procesu, zejména tvořením a spojováním výrobků vhodnými polymery, keramikou nebo kovy. Aditivní výroba začíná vytvořením CAD výkresu a jeho namodelováním, které uspořádá digitální vlastnosti produktu a předkládá popisy předmětů průmyslovým strojům. Stroje převedou přenesené popisy jako plán pro formování objektu přidáváním vrstev materiálu. Vrstvy (velikost jedné vrstvy je v řádech mikrometrů) se přidávají tolikrát, dokud nevznikne trojrozměrný objekt. Suroviny mohou být ve formě kapaliny nebo prášku a jsou zejména tvořeny plasty, jinými polymery, kovy nebo keramikou. V tomto ohledu se výroba aditiv skládá ze dvou úrovní – softwaru vytvářející 3D objekty a přidáváním vrstev materiálu. [18, 32]

Přestože se stále objevují ve stávající technologii překážky, zejména ve výrobních procesech, existují nesrovnatelné výhody využití 3D tiskáren a aditivní výroby. Například procesy aditivní výroby překonávají pro některé výrobky standardní výrobní mechanismy, včetně tvarování původně nemožných geometrických tvarů, jako je např. pyramidální mřížová konstrukce. Je zřejmé, že tiskový mechanismus snižuje materiálový odpad využitím pouze požadovaných materiálů. [33]

Je také nutné sledovat proměnné a parametry procesu na konkrétním rozhraní pro výběr vstřikování. Požadavky zákazníka se také podílejí na výrobním návrhu a potřebné komponenty pro výrobu těchto plastových dílů se shromažďují předem. Vstřikovací stroj zahrnuje kovové nože a informační systém pro konstrukční prvky propojuje jednotlivé kroky procesu návrhu se správnými operacemi aditivní výroby. Kromě toho je ve výrobní lince rovněž použito značení laserem. [32]

Případová studie 6: Stratasys (USA)

Přísady kovů se používají v leteckém průmyslu pro funkční části, jako jsou systémy vstřikování paliva či lopatky turbín. Optimalizace 3D tisku zlepšuje funkčnost a snižuje váhu. Některé lehčí části budou znamenat nižší spotřebu paliva. [14]

Robotické rameno „Demonstrator“, využívající FDM technologii, je určený k výrobě velkých lehkých dílů a používá se ve spolupráci s Boeing a Siemens v automobilovém a leteckém průmyslu. Infinite-Build 3D Demonstrator se zaměřuje na výrobu velkých termoplastických dílů a nástrojů, zatímco Robotic Composite 3D Demonstrator zahrnuje technologii Siemens pro automatizovanou výrobu kompozitních konstrukcí. [34]



Obr 1.5 Robotic Composite 3D Demonstrator [34]

1.4.6 Senzory

Senzory jsou základní technologií pro vestavěné systémy, protože celý systém získává řídicí jednotku (obvykle jeden nebo více mikrokontrolerů, které monitorují snímače nezbytné pro interakci se skutečným světem). Při adaptaci Průmyslu 4.0 se vestavěné systémy podobně skládají z řídicí jednotky, několika snímačů a akčních členů, které jsou připojeny k řídicí jednotce přes sběrníková pole. Řídicí jednotka provádí v těchto systémech funkci zpracování signálu. Vzhledem k tomu, že inteligentní snímače a akční členy byly vyvinuty pro průmyslové podmínky, snímače zpracovávají zpracování signálu a akční členy nezávisle kontrolují stav výroby a v případě potřeby je opravují. Tyto snímače přenášejí data do centrální řídicí jednotky, např. přes sběrníková pole. V tomto ohledu mohou být senzory definovány jako základní prvky pro celé vestavěné systémy. [35]

Příklad adaptace senzorů a akčních členů pro implementaci Průmyslu 4.0 lze provést pomocí inteligentního pneumatického systému užívané společností AVENTICS GmbH. V tomto případě jsou systémy řady Advanced Valve vybaveny pneumatickými ventily, senzory a akčními členy připojenými k centrální elektronice. Toto připojení propojuje vestavěný systém s řízením vyšší úrovně pomocí IIoT. AES (Advanced Electronic System) podporuje všechna běžná sběrníková pole a Ethernet protokoly pro implementaci preventivní údržby. Jiný příklad může poskytnout společnost Bosch GmbH, kde systém umožňuje monitorovat kvalitu výrobků v dodavatelském řetězci. V takovém případě jsou přepravní obaly vybaveny integrovanými senzory Bosch, které jsou připojeny k Bosch IoT cloud systému. Neustále zaznamenávají data, která jsou relevantní pro kvalitu výrobku, jako je teplota, rázy nebo vlhkost. [21]

1.4.7 Virtualizační technologie

Virtualizační technologie jsou založeny na VR a AR (virtuální realita a rozšířená realita) nástrojích, které podporují integraci počítačově podporovaného odrazu reálného prostředí s přídatnými a hodnotnými informacemi. Jinými slovy, virtuální informace mohou být zahrnuty do reálné prezentace světa s cílem obohatit lidské vnímání reality o rozšířené objekty a prvky. Pro tento účel existující VR a AR aplikace spojují grafické rozhraní s pohledem uživatele na aktuální prostředí. Podstatnou úlohou grafických uživatelských rozhraní je, že uživatelé mohou přímo ovlivnit vizuální reprezentaci prvků pomocí příkazů na obrazovce a komunikovat s těmito nabídkami. [36, 37]

Podle těchto účelů mají vizualizační technologie čtyři funkční požadavky:

- I. zachycení obrazu,
- II. identifikace obrazu,
- III. zpracování obrazu,
- IV. vizualizace obrazu.

Pro implementaci jsou tedy využívány hardwarové prostředky, jako jsou přenosné zařízení, stacionární vizualizační systémy, systémy prostorové vizualizace, displeje namontované na hlavě, chytré brýle a kontaktní čočky. Na druhé straně, klíčové výzvy pro přizpůsobení vizualizačních věcí představují prostředí s realistickými objekty pro lepší uživatelský komfort, přidávání nezbytných informací prostřednictvím meta grafiky a obohacení vnímání uživatelů pomocí saturace barev a kontrastu. V tomto ohledu jsou přístupy k zobrazení vizualizační technologie založeny na třech zaměřeních: [36]

- I. adaptace na základě videa podporovaná kamerou, která pomáhá informacím rozšířené reality,
- II. optická adaptace, kterou uživatel poskytuje pomocí speciálního displeje,
- III. projekce stanovených objektů.

Vizualizační technologie se dnes používají v různých oblastech, jako jsou videohry, turismus a v poslední době se toto téma začalo zvažovat v kontextu budování systémů managementu kvality, plánování montážní linky a organizování logistiky a dodavatelského řetězce pro inteligentní továrny. [36, 37]

Případová studie 7: HUD (head-up display)

V roce 2015 společnost **Digilens** představila systém, který může být integrován do motocyklové helmy BMW, aby řidiči poskytl relevantní informace, aniž by se podíval na

přístrojovou desku [38].

Společnost **Continental** také vyvinula tuto technologii v automobilu s cílem ukázat relevantní informace pro jízdu, kterou řidič může vidět na čelním skle [39].

Případová studie 8: Caterpillar Maintenance machines

Společnost Caterpillar vyvinula novou aplikaci se systémem rozšířené reality pro údržbu a opravy strojů. Obvyklý postup, kterým technik provádí diagnostiku a opravu, spočívá v přesouvání se na místo, kontrole postupu na papíře nebo PC a konečně provedení opravy. Toto řešení je založeno na programu, který vysvětluje postup provádění diagnostické kontroly a opravy stroje krok za krokem pomocí tabletu, smartphonu nebo brýlí s rozšířenou realitou. Brýle jsou nejlepší volbou, protože uvolňují ruce a umožňují ovládat program hlasem. [40]



Obr 1.6 Ukázka rozšířené reality (převzato z [40])

2 Systémy štihlé výroby pro Průmysl 4.0

Výroba v současném století svědčí o obrovských změnách oproti minulému. Již od počátku první průmyslové revoluce se odvětví rozrůstá ve všech jeho aspektech a získává stále více technologií v procesu. Se západním světem využívající automatizaci a počítačem integrované technologie ke zdokonalení výroby, japonské průmyslové odvětví vytvořilo výrobní metodu zaměřenou na zákazníky nazvanou štihlá výroba (Lean Manufacturing). Toyota Motor Corporation úspěšně implementovala štihlou výrobu a ukázala pozoruhodné zvýšení produktivity a snížení plýtvání ve své firmě. Od té doby se průmysl po celém světě pokoušel přetvořit své výrobní továrny na "štihlé" pro zisk zmíněných výhod. Významné odměny zaznamenaly evropské firmy touto snahou nejen ve výrobních odvětvích, ale také v oblastech služeb, jako je maloobchod, zdravotnictví, cestovní ruch a finanční služby. [41, 42]

Pravděpodobně by to nebylo přehánění, kdyby se říkalo, že se jedná o další revoluční systém řízení výroby, který se řídí Taylorismem (rozložení pracovních postupů na jednotlivé operace a úkony) a systémem společnosti Ford (masová produkce na montážních linkách). [18]

2.1 Metodologie

Štihlá výroba se zaměřuje především na odstranění všech činností, které spotřebovávají čas a zdroje, ale nepřispívají k fyzickému dokončení produktů. Tyto činnosti se nazývají plýtvání a pojmenováním plýtvání jsou myšleny procesy, které využívají více zdrojů, než je třeba a nepřidávají hodnotu. Hodnota je zde definována z hlediska pohledu zákazníka a specifikace produktu. Aktivita přidávající hodnotu je tedy ta, která přispívá k fyzickému dokončení produktu a za kterou zákazník bude chtít platit. Podle filozofie štihlé výroby je plýtvání zamýšleno odstranit. Někdy se však některé typy plýtvání stávají nevyhnutelnými se současnými technologiemi nebo výrobními aktivy. Například při přecházení z jednoho



Obr 2.1 Postup metody integrace (upraveno z [38])

produktu na jiný může být potřebný čas pro instalaci nevyhnutelný. Kromě toho existují další druhy plýtvání, které lze okamžitě odstranit zavedením nástrojů a technik štlhlé výroby. Navrhovaná metodika je zobrazena na *Obr 2.1.* [43]

Podle filozofie štlhlé výroby je v produkčních systémech sedm tradičních druhů plýtvání nebo činnosti bez přidání hodnoty. Jedná se o nadbytečnou výrobu, zbytečnou manipulaci s materiálem, neefektivní pohyby a manipulaci, čekání, velké zásoby, kontrolu kvality a opravy a přepracování [44]. Později Womack a Jones [43] navrhli, že produkty nebo služby, které nesplňují očekávání zákazníků, by měly být považovány za další druh plýtvání. Nadbytečná výroba zahrnuje výrobu položek, u nichž neexistuje objednávka nebo požadavek. Toto je nejhorší druh plýtvání, protože způsobuje další. Kvůli nadprodukcí se hromadí velké množství zásob, zaměstnává se přebytek pracovníků, nadbytečné skladovací prostory jsou obsazeny atd. Velké zásoby jsou spojeny s nadprodukcí a zahrnuje také nadbytečnou surovinu, proces zpracovávání (Work-in Process) a vlastnění hotového zboží. Kromě toho nadbytečná zásoba skrývá problém v rámci výrobního systému, jako jsou časté poruchy stroje, dlouhá doba instalace, vadné součásti. [18]

Plýtvání čekáním zahrnuje pracovníky sledující běžící stroje nebo čekání na požadované materiály, vozidla, náradí, a části čekající na dokončení zbytku ke zhotovení celku. To se často vyskytuje v důsledku nerovnováhy linek, nedostatku zdrojů, velké výrobní dávky nebo pozdního dodání materiálů dodavateli. Dopravní plýtvání zahrnuje manipulaci s materiálem na dlouhé nebo nadměrné vzdálenosti. K tomu dochází kvůli špatnému naplánování rozložení vybavení a použití centrálního skladu spíše než decentralizovaných menších skladů. Plýtvání opravami a přepracováním zahrnují nekvalifikované součástky nebo výrobky, kde některé z nich se šrotují a jiné mohou být opraveny přepracováním, ale tyto chyby způsobují použití dodatečných zdrojů buď k opětovné výrobě součásti nebo k přepracování. Navíc plýtvání neefektivními pohyby a manipulací zahrnují např. pohyby při hledání, dosahování nebo skladování nástrojů a dílů. [18, 45]

Na druhou stranu existují různé pokročilé technologie Průmyslu 4.0 a kyberneticko-fyzické systémy, které lze využít při odstraňování plýtvání v moderních výrobních systémech. **Aditivní výroba** (3D tisk) může usnadnit konstrukci a výrobu produktů přizpůsobených podle očekávání zákazníků a podle potřeb v potřebné konstrukční složitosti, přizpůsobení a velikosti. Z toho důvodu může být zkrácena doba výroby produktů a pomoci při zamezení čekání, nadbytečnému skladování, zbytečnému zpracování, nadprodukcí a chybným výrobkům. [46]

Adaptivní robotika je důležitým aspektem inteligentních továren, protože se roboty mohou přizpůsobit dynamickým podmínkám prostředí nebo parametrům výrobního systému.

Adaptivní robotika zlepšuje odstraňování několika druhů odpadů, včetně dopravy, pohybu, čekání, zpracování a defektů. [47]

Internet věcí (IoT) zlepšuje integraci fyzických systémů ve výrobním systému pomocí senzorů a bezdrátových komunikačních technologií. Proto může snižovat plýtvání čekáním, zbytečných zásob, nadprodukce a defektů. [48]

Cloud computing je paralelní a distribuovaný systém skládající se ze vzájemně propojených a virtuálních počítačů, které jsou založeny na dohodě poskytnutí služby mezi poskytovatelem a zákazníkem [49]. Poskytuje společnosti značný přínos tím, že je osvobozuje od nastavování základního hardwaru a softwaru a s tím související investice [50]. Tao a kol. [51] poukázali na to, že Cloud computing a IoT společně zvyšují inteligentní vnímání a komunikaci na bázi M2M a efektivně využívají zdroje ve výrobních systémech. Prostřednictvím efektivního využívání výrobních zařízení mohou být do jisté míry odstraněny plýtvání čekáním, zbytečného zpracování a pohybu.

Kontrola kvality a mechanismy zabraňující chybám (**Poka Yoke**) jsou další důležité aspekty systémů štíhlé výroby. Aby se zabránilo vadným dílům a výrobkům, lze technologii rozpoznávání vzorku použít k vizuálnímu zjišťování vadných částí kamerami. Kromě toho může být rozšířená realita použita pro poskytování instrukcí operátorům o operacích vizuálně, aby jim zabránilo plnit úkoly špatně. Sensory mohou být použity jako chybu vzdorné mechanismy (poka-yokes). [18]

Total Productive Maintenance (TPM) má za cíl zlepšit celkovou efektivitu zařízení, která zahrnuje snížení ztrát času, rychlosti a kvality. Časové ztráty jsou způsobeny především nastavením stroje a poruchami. Poruchám stroje lze zabránit automatickou údržbou a výměnou dílů, čímž selepší stav strojů a zpomalí jejich degradace. Během činností údržby může být rozšířená realita využita k tomu, aby vedla obsluhu k údržbě. Kromě toho snímače, které sledují vibrace, hluk a teplo, pomáhají operátorům detekovat abnormální podmínky před poruchou. [52]

Kanban je nástroj pro štíhlou výrobu, kde se provádí řízení výroby tahem. To znamená, že nová dávka výrobků se vyrábí pouze v případě, jestli je potřeba a kolik je potřeba (Satoglu a Ucan 2015). Tradičně je na kanban vytištěn čárový kód. Díky pokročilým Auto-ID technologiím však namísto skenování čárových kódů detekují čtecí zařízení RFID čipy. Tím může být dosažena rychlá komunikace mezi jednotlivými etapami. [53]

Pro snížení počtu pracovních procesů (Work-in Process – WIP) mezi stroji by měla být použita lepší komunikace M2M, IoT, senzory a analýza dat. Protože se provádí M2M komunikace pomocí senzorů, každý stroj zjišťuje stav dostupnosti následujícího stroje a

rozhodne se zahájit nebo zastavit výrobu, aby nepřekročila kapacitu skladovacího prostoru. Tento mechanismus v podstatě snižuje množství WIP. Navíc pomocí analýzy dat lze analyzovat časy cyklu a charakteristiky selhání strojů a přizpůsobit kapacitu skladovacího prostoru mezi stroji. [18]

Jidoka znamená automatizaci s lidským prvkem. Jinými slovy jde o výrobní systém využívající automatizační technologii pod dohledem pracovníků pro kontrolu výrobních defektů. Takže při implementaci Jidoky mohou být použity senzory a IoT. [54]

2.2 Integrace štihlé výroby a Průmyslu 4.0

Shah and Ward [55] provedli obsáhlou studii založenou na identifikaci dimenzionální struktury štihlé výroby a vyvinula spolehlivé ukazatele. Vyčíslili koncepční definici a měření štihlé výroby do deseti aspektů, jak je uvedeno níže.

1. *Zpětná vazba dodavatelům*: Kritika a výkonnost produktů a služeb získaných od zákazníků jsou pravidelně sdělovány dodavatelům, aby byl zajištěn efektivní přenos informací.

2. *Just-In-Time (JIT) dodávky*: Dodavatelé mají dodat pouze zákazníkům požadované množství produktů ve stanovenou dobu.

3. *Rozvoj dodavatelů*: Dodavatelé se rozvíjejí společně s výrobcem, aby se zabránilo nedůslednosti nebo nesouladu v úrovních kompetence.

4. *Zapojení zákazníků*: Zákazníci jsou hlavními hnacími silami podnikání, jejich potřeby a požadavky by měly mít vysokou prioritu.

5. *Výroba tahem*: Potřeba materiálu oznámená skrz systém kanban zahájí výrobní tok, počínaje JIT dodávkou.

6. *Kontinuální proces*: Zavedení zefektivněného toku výrobků bez větších zastávek po celé továrně.

7. *Zkrácení doby instalace*: Čas potřebný k úpravě zdrojů pro různé varianty produktů by měl být co nejmenší.

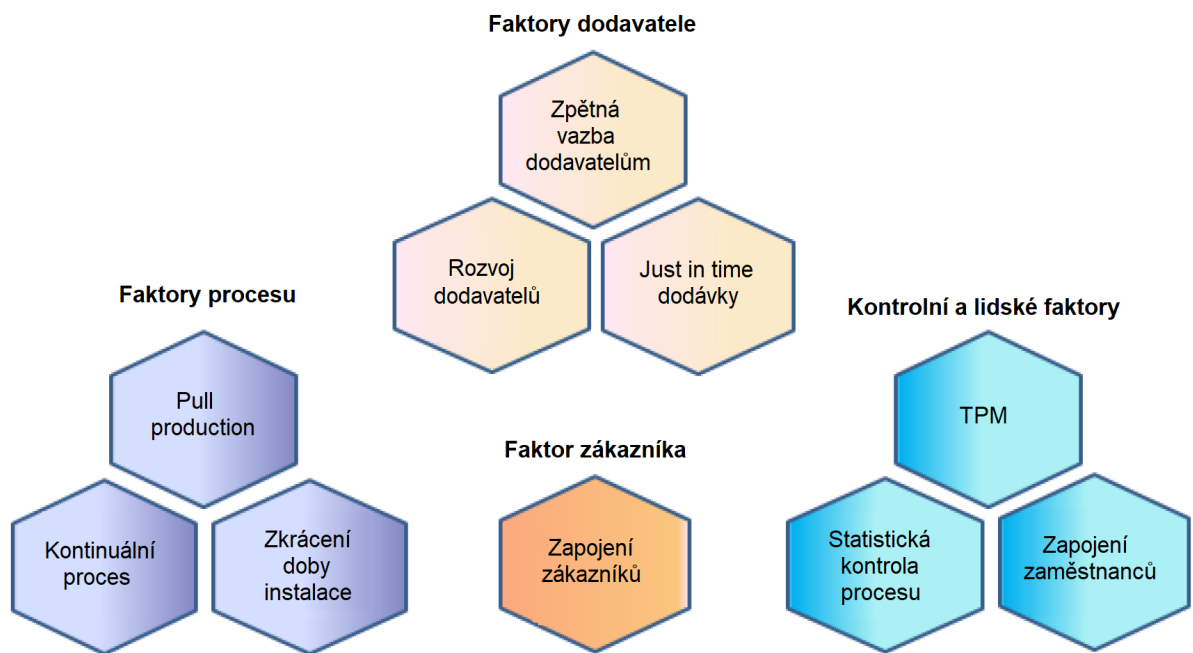
8. *Total productive maintenance (TPM)*: Poruchám strojů a zařízení by se mělo vyvarovat efektivní pravidelnou údržbou. V případě poruchy je třeba zachovat krátký čas nápravy.

9. *Statistická kontrola procesu*: Kvalita produktů má zásadní význam, žádný vadný výrobek by neměl projít z jednoho procesu na další.

10. *Zapojení zaměstnanců*: S adekvátní motivací a oprávněním mohou zaměstnanci přispět k celkovému podílu firmy.

Těchto deset aspektů je seskupeno do čtyř hlavních faktorů, v závislosti na subjektech zapojených do každého aspektu. Proto jsou faktory znázorněné na *Obr 2.2* následující:

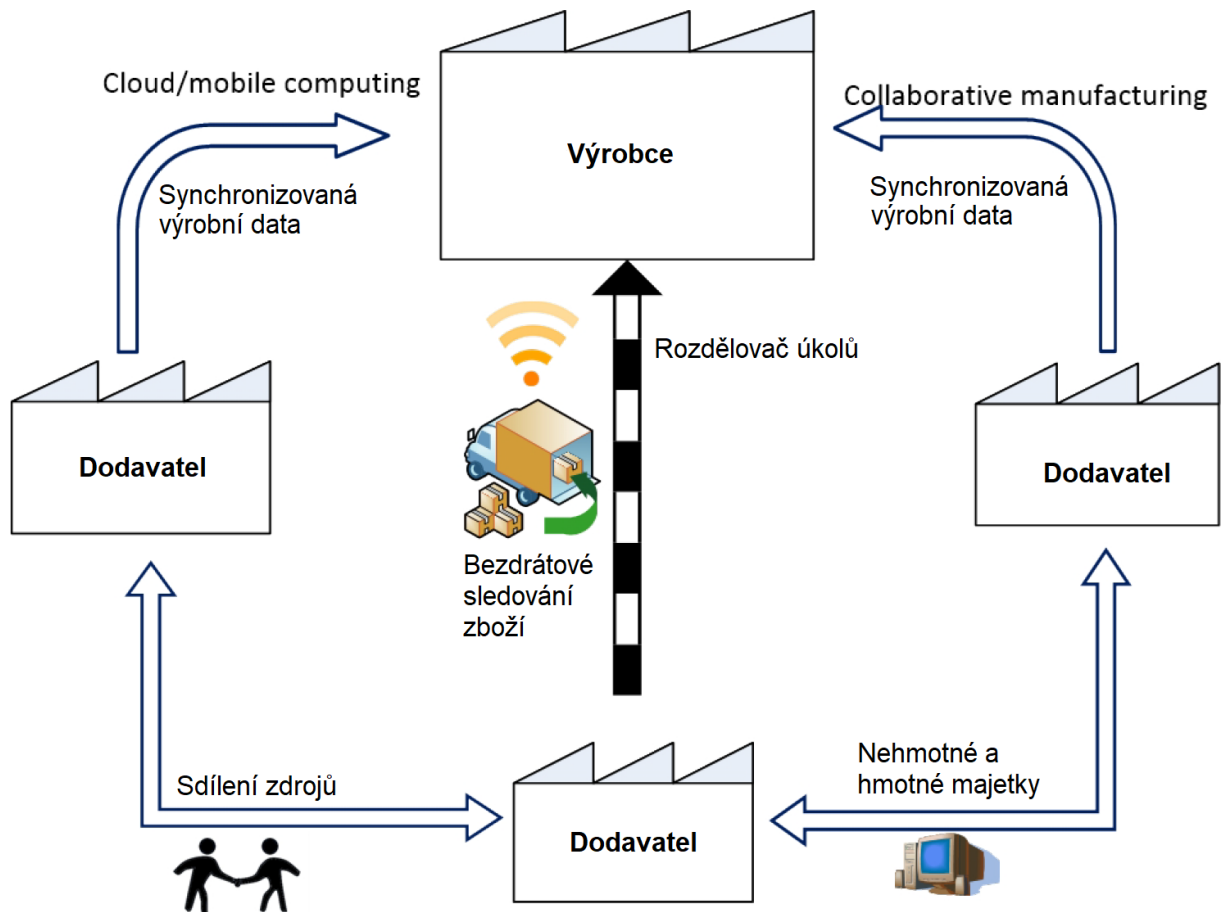
- Faktory dodavatele
- Faktor zákazníka
- Faktory procesu
- Kontrolní a lidské faktory



Obr 2.2 Seskupené aspekty štihlé výroby (upraveno z [41])

2.2.1 Faktory dodavatele

Faktory dodavatele se zabývají ohledně toku zboží a informací od dodavatele k výrobcí. Je nezbytné, aby se každý prvek v dodavatelském řetězci synchronizoval se změnami v podnikových procesech výrobce. V souladu s tím je projednávána zpětná vazba dodavatelům, vývoj dodavatelů a JIT dodávky. Dopad průmyslu 4.0 na tyto faktory je uveden na *Obr 2.3*.



Obr 2.3 Dopad Průmyslu 4.0 na faktory dodavatele (upraveno z [41])

Zpětná vazba dodavatelům

Nepřínosný přenos informací mezi výrobcí a dodavateli je významným zdrojem plýtvání s ohledem na proces i na výrobek. Dodavatelé musí být pravidelně informováni o stavu produktů a služeb, které poskytují. Tímto způsobem se připravuje cesta k okamžité reakci a přiměřená akce v případě jakýchkoli nesrovnalostí. Ale rozdíl v obchodních modelech, operacích a údržbě dat mezi výrobcí a dodavateli neumožňuje výrobcům snadno komunikovat s ostatními obchodními partnery. Každé odvětví nemůže mít odborné znalosti a zdroje ve všech požadovaných oblastech. Průmysl 4.0 poskytuje potřebné nástroje k okamžité a automatické zpětné vazbě dodavatelům, překonání byrokracie a neadekvátních komunikačních kanálů. [41]

Spolupráce výrobního a vývojového prostředí v kontextu Průmyslu 4.0 přiměřeně slouží těmto účelům, zejména pro malé a střední podniky s omezeným počtem zdrojů. Kombinované odborné znalosti spolupracujících firem rozšiřují obzory podnikání i zmírní rizika v případě katastrof. Data produktů a výrobních procesů jsou sdílána i za hranice jednotlivých průmyslových odvětví, což jim umožňuje velmi dobře synchronizovat [56]. Tradiční komunikační mechanismy mezi partnery v podnikání jsou obnoveny pomocí cloudových a

mobilních výpočetních služeb. Prostřednictvím obchodních partnerů by bylo možné zachovat snadnou integraci a lepší vztahy přes chytré telefony a tablety připojené k internetu a společný cloud. Spolupráce, synchronizace a lepší komunikační mechanismy slouží jako prostředek k udržení efektivní zpětné vazby dodavatelům. [57]

Just-In-Time dodávky

JIT filozofie, popularizovaná výrobním systémem společnosti Toyota, požaduje nulovou zásobu. Pouze požadované množství výrobků by mělo dorazit do výroby v pravý čas bez nutnosti uskladnění před použitím. V současných logistických systémech však toto včasné doručení není vždy možné z důvodů, jako je neúplný stav doručeného zboží, nesoulad mezi požadovaným a doručeným zbožím a neočekávané časové zpoždění při přepravě zboží. Internet věcí je vybaven různými integrovanými zařízeními pro komunikaci, které spravují informace o přepravovaném zboží. Každá uskladněná položka s dodacím listem by byla bezdrátově sledována o svém současném stavu, původu a cíli. Označování každé položky zajišťuje zaslání správných produktů do správného cíle a zkrácení doby distribuce. Tím je zajištěno nejen včasné doručení položek, ale také optimalizace tras cesty a spolehlivost logistiky. Dodavatel je oprávněn připomínat, kdy přesně jeho zboží dorazí k zákazníkovi, čímž zvýší důvěryhodnost a zvýší si hodnotu vůči zákazníkům. V případě, že v důsledku nepředvídatelné dopravní zácpy nebo jakékoli jiného omezení není možné včasné doručení, by přidělovač úkolů zahájil simulaci obchodního procesu, kdy je objednávka přerozdělena tak, aby uspokojila náročné časové omezení. Označení každé položky, bezdrátové sledování a inteligentní přerozdělování objednávek se tak projevuje tím, že výrazně podporují JIT dodávky. [41]

Rozvoj dodavatelů

Pro vytvoření štíhlého ekosystému a jeho neustálé zlepšování se spolu s výrobcem musí rozvíjet všichni partneři v dodavatelském řetězci. Pokud se pouze výrobce snaží implementovat štíhlou výrobu a dodavatelé dodržují starší provozní postupy, mohlo by to způsobit nesoulad toku zboží a informací a vést k nepříznivým účinkům. Nedostatečné zdroje a odborné znalosti brání růstu dodavatelů stejným způsobem jako s výrobcem. Prostřednictvím Průmyslu 4.0 se vytvářejí technologické sítě mezi různými spolupracujícími partnery. Tyto sítě napomáhají sdílení nehmotných aktiv, jako je výzkum a znalosti ve formě dat a informací, stejně tak i hmotné zdroje, jako jsou stroje, vybavení a odborníci na lidské zdroje. Tyto zdroje jsou součástí různých organizací, ale směřují k dosažení společného cíle. Takové virtuální organizace prospívají dodavatelským firmám v různých aspektech, a to nejen v outsourcingu, ale také

synergickou spoluprací od vývoje produktů až po výrobu a prodej. V tomto prostředí je důraz kladen na řízení informací pro rozvoj dodavatelů a být na stejné úrovni s výrobcem. [58]

Problémy s kompatibilitou hardwaru a softwaru mezi dodavateli a výrobcem jsou také důležitou nevýhodou pro rozvoj spolupráce. Nekompatibilní formáty dat mezi dvěma různými poskytovateli služeb, které brání bezproblémovému toku informací existují z důvodů jedinečnosti. Globální instituce pro standardizaci stanovují rozhraní mezi zařízeními, která podporují hardware a software podle příslušného prodejce. Mnoho poskytovatelů řešení automatizační technologie je ochotno standardizovat své jednotlivé subjekty a komunikační protokoly, a tak spolupracovat na společném cíli Průmyslu 4.0. Díky virtuálním organizacím a standardizovaným rozhraním se dodavatelé s integrovanými štíhlými systémy synchronizují s výrobcem. [59]

2.2.2 Faktor zákazníka

Faktor zákazníka se soustřeďuje na zajištění potřeb zákazníka a jejich začlenění do obchodního procesu, aby se dosáhlo štíhlé výroby. Účast zákazníka je popsána v následující části.

Zapojení zákazníků

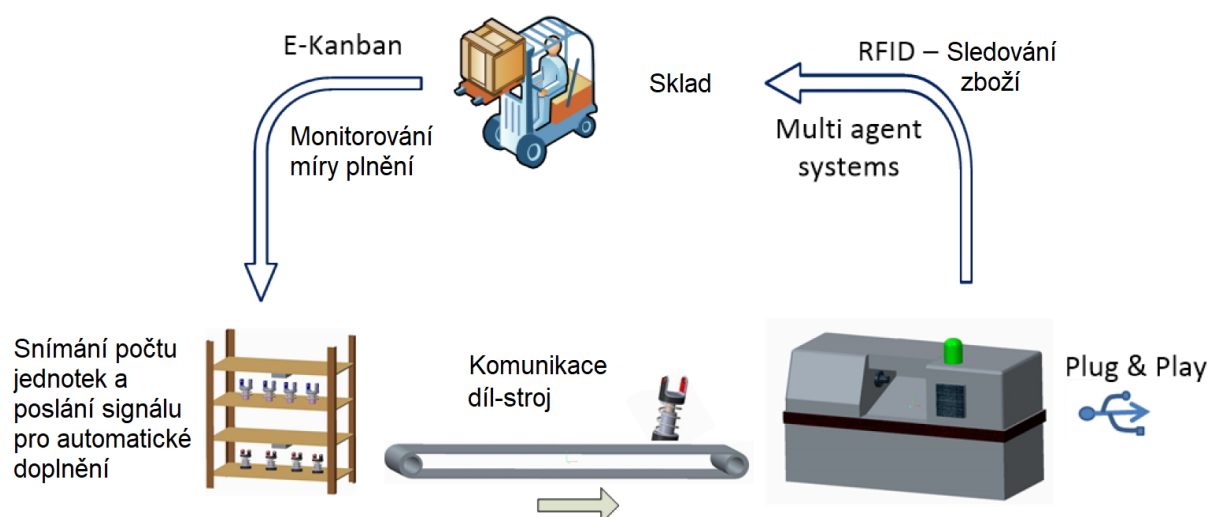
Proti rozšířenému trendu jen přímého dodávání produktů a řešení zákazníkům musí být zapojení zákazníků zavedeno již od fází vývoje produktu. Zákazníci jsou základem pro to, aby podnik přežil, a proto by jejich sdružení mělo být považováno za velmi důležité. Jakmile jsou však specifikace nastaveny pro výrobu, mají zákazníci velice malou flexibilitu, aby je později změnili. Prostřednictvím inteligentních systémů ve výrobě může být doba zmrazení, tj. období, ve kterém jsou výrobní parametry zmrazeny a nemohou být měněny, prodlouženo až do okamžiku, kdy jsou do produktu začleněny neměnné parametry. To je dosaženo poměrně lehce integrací různých systémů, jako je výrobní informační systém MES (Manufacturing Execution Systems), aplikace B2C (Business-to-consumer) apod. Tím je poskytován systém pro zákazníky, kteří jsou průběžně informováni o skutečné výrobní fázi a očekávaném dokončení zakázky. Už žádná „prodej a zapomeň“ mentalita se nenachází v myslích výrobců. Obchodní modely se přeměňují na poskytování produktů spolu se službami. Vylepšené služby, jako je upgrade a opravy, nachází nové zákazníky a zároveň udržují zákazníky stávající. [60, 61]

Průmysl 4.0 také využívá intenzivní techniky pro analýzu zákazníků a oblasti výzkumu trhu. Tradiční nástroje pro analýzu, jako je například quality function deployment (QFD), mají kromě nutnosti získat přesné potřeby zákazníků i omezení počtu požadavků zákazníků. Big

Data usnadňují extrémně komplexní výpočet a zpracování poměru mezi potřebami a funkcemi pro velký objem dat. Dokonce i produkty vyvinuté a prodávané zákazníkům jsou označovány jako inteligentní, což znamená, že jsou integrovány se zařízením, která sledují údaje o použití a odesílají do inteligentních továren. Výrobce pak shromažďuje a analyzuje data z těchto zařízení od různých kategorií zákazníků, což mu umožňuje lépe identifikovat potřeby a chování zákazníků s cílem poskytnout udržitelnější produkty a řešení. Výsledkem prodlouženého období zmrazení, zdokonalených služeb pro výrobky, vysokého objemu QFD a analýzy využití je možnost firmám lépe porozumět a pomoci zákazníkům. [62, 63]

2.2.3 Faktory procesu

Pořadí operací prováděných ve výrobě a tok produktů přímo od fáze surovin až po hotové výrobky jsou významnými faktory, které je třeba považovat za implementaci štihlé výroby. Tyto faktory jsou popsány níže a obrázek znázorňující vliv Průmyslu 4.0 na tyto faktory je uveden na *Obr 2.4*.



Obr 2.4 Dopad Průmyslu 4.0 na faktory procesu [41]

Výroba tahem

Operace v průmyslu by měla být prováděna pouze tehdy, je-li požadována. Požadavek by měl vzniknout od zákazníka, na jehož základě by měla být vytvořena výrobní objednávka. To znamená, že každá následující operace musí iniciovat činnost svého předchůdce. Normální výroba tlakem by vedla k dalšímu zaskladňování, neprodanému zboží v továrně, což vede k dodatečným nákladům na výrobu, údržbu atd. Nesprávné množství dodávaných materiálů na výrobní linku a změny v plánování po dodání materiálu vážně ovlivňují systém výroby tahem. Kanban je jednou z nejlepších metod implementace výroby tahem. Použitím informačních a komunikačních technologií systém e-kanban rozpozná chybějící a prázdné zásobníky a

automaticky doplní pomocí snímačů. Úroveň naplnění zásobníku lze také sledovat a data lze přenášet bezdrátově do systému řízení zásob v reálném čase. Dokud se počet reálných zásob a hodnota ve výrobním informačním systému (MES) shoduje, lze zabránit chybám z důvodu ztraceného kanbanu. Bezdrátové informační a komunikační systémy provádějí tyto sledovací operace prostřednictvím značek radiofrekvenční identifikace (RFID) ke sledování stavu, počtu a umístění materiálu. Změny v plánech mohou být také průběžně sledovány a parametry kanbanu mohou být aktualizovány prostřednictvím těchto technologií. Takže celkový výrobní tok se provádí do tahového systému prostřednictvím automatického monitorování doplňování materiálu, sledování plánů a zařízení Průmyslu 4.0 pro aktualizaci kanbanu. [64, 65]

Kontinuální proces

Tok surovin, polotovarů a hotových výrobků musí být kontinuální podle určeného toku hodnoty. Jako hlavní koncepce filozofie JIT by materiály měly být dodány pouze v době zahájení výroby a neměly by dlouho čekat nebo být uloženy jako zásoby. Každý proces musí přidávat hodnotu a vést k efektivnímu toku činností. V mnoha případech vzniká přerušování toku kvůli chybám v počítání zásob, nedostatku kapacity a centralizovaných kontrolních systémech, což vede ke zpoždění při rozhodování. Řešení Průmyslu 4.0 využívající RFID technologii pomáhá odstranit chyby související se zásobami pomocí přesného sledování zásob v reálném čase. Stav bezchybného zásobování pomáhá udržovat nízkou úroveň zásob a včas objednat zboží. Plánování časového harmonogramu výroby je možné mezi subdodavatelskými odvětvími. Například výrobce může sledovat kapacitu a pokrok objednávek dodavatele a v případě zpoždění přizpůsobit vlastní výrobu. S příchodem soběstačné výroby, využívající multiagentní systémy pro manipulaci s materiálem, plánování a kontrolu, systém získává více modularizaci a rozhodování se posune z centralizovaných hierarchických struktur na decentralizované agenty. Tito agenti řeší společně problémy, které přesahují možnosti a znalosti každého z nich. [66, 67]

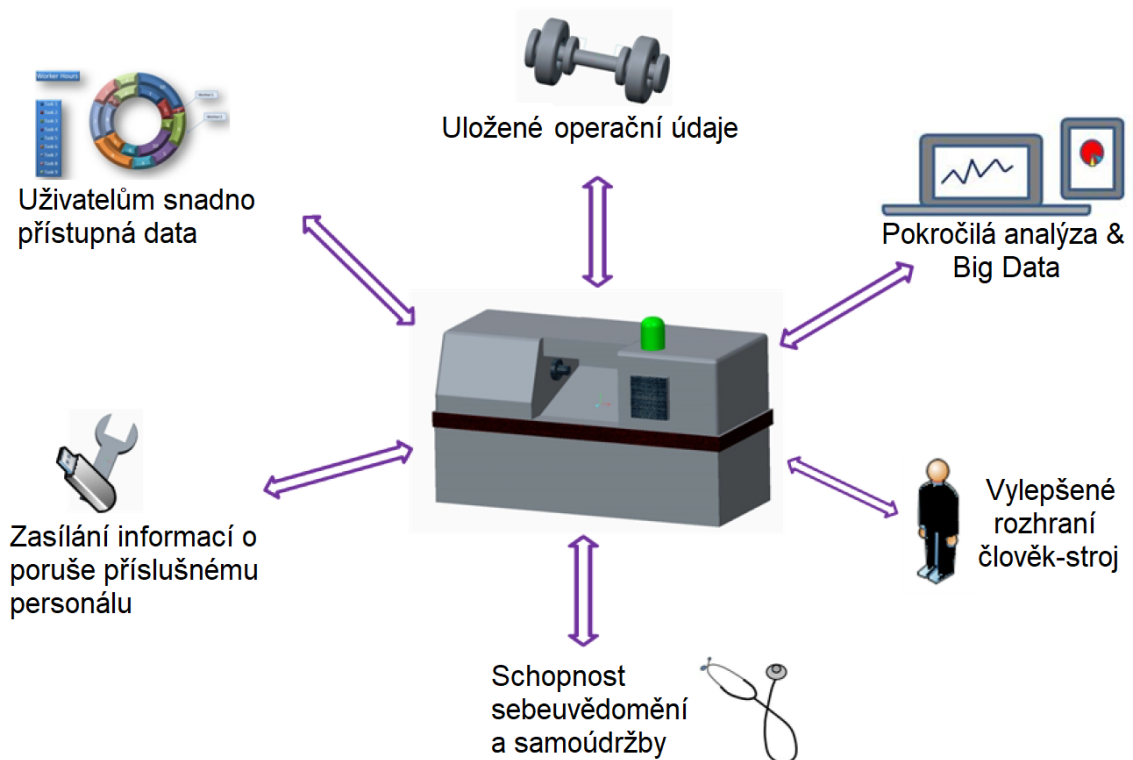
Wan, Zhu, Mu a Yu [68] navrhli metodu distribuce materiálu založenou na internetu věcí v JIT výrobním prostředí. Je sestaven matematický model pro distribuci materiálu na základě rozvržení výroby a informací o materiálu na každém stanovišti. Inteligentní optimalizační algoritmus byl vyvinut pro řešení tohoto modelu a vyústil v optimalizovaný plán distribuce materiálu. Odstraňuje přerušování, čekání ve výrobní lince a zpoždění časového harmonogramu. Tímto způsobem sledování zásob v reálném čase, subdodávky a decentralizované rozhodování vede ke kontinuálnímu efektivnímu procesu ve výrobní lince.

Zkrácení doby instalace

Vzhledem k tomu, že potřeby zákazníků jsou různorodé, přibývají i varianty dodávaných produktů. Toyota zpopularizovala koncept „Single-Minute Exchange of Die“, kde prokázala drastické zkrácení doby přechodu. Ale výroba vícenásobných variant s nejmenší dobou přechodu byla vždy výzvou. Moderní výroba postupuje směrem k masovému přizpůsobení a nemůže si dovolit, aby byly mezi jednotlivými variantami vysoké časové prodlevy. Adaptace procesů se obvykle provádějí na základě předchozích znalostí. Díky technologiím Průmyslu 4.0 jsou plug and play a distribuované systémy vybaveny vlastnostmi samooptimalizačního a strojového učení, které firmám umožňují přizpůsobit stroje podle výrobků a vyrábět efektivněji menší velikosti dávek. Činnosti, které mají být provedeny na dílu, jsou nejprve do toho dílu načteny pomocí RFID čipů. Jakmile díl dosáhne svého příslušného stroje, komunikuje přímo se strojem pomocí RFID přijímačů. Výsledkem je rychlejší přechod parametrů stroje podle instrukcí přečtených z dílu. V důsledku toho se podstatně zkrátí čas instalace prostřednictvím samooptimalizace strojů a komunikace mezi dílem a strojem. [41, 56]

2.2.4 Kontrolní a lidské faktory

V této kategorii jsou zohledněny faktory odpovědné za kontrolu kvality a vybavení společně s pracovním prostředím. Kontrolní a lidské faktory vycházejí z total productive



Obr 2.5 Dopad Průmyslu 4.0 na kontrolní a lidské faktory [41]

maintenance, statistické kontroly procesu a zapojení zaměstnanců. Ilustrace dopadu Průmyslu 4.0 na tyto faktory je znázorněna na *Obr 2.5*.

Total Productive Maintenance

Poruchy nebo selhání strojů během výroby vedou k nepříznivým vlivům na výrobní plán i na morálku zaměstnanců. Společnosti usilují o preventivní a pravidelné plány údržby, ale selhání strojů není vždy pod kontrolou. Produkce je narušena v případě poruchy stroje a často se věnuje značný čas, aby se zjistila příčina a vyřešily se problémy. Když se stroj porouchá v inteligentní továrně se stroji propojenými s informačními a komunikačními systémy, zasílá hlášení o chybě příslušnému personálu údržby. Údržbář pak zkontroluje kód chyby pro získání řešení a opatří si potřebné nástroje a součástky pro opravu. Mezitím může výrobní systém provést změnu plánu práce, aby se zmírnil dopad poruchy. [69]

Díky pokročilejší technologii analýzy a velkému datovému prostředí jsou stroje vybaveny tak, aby měly schopnost sebeuvědomění a samoúdržby. Takovéto stroje vyhodnocují svou vlastní životnost a degradaci a využívají data z jiných strojů, aby se vyhnuli možným problémům s údržbou. Schopnost předvídat potenciální poruchu a identifikovat základní příčinu musí být vytvořena v kontrolních systémech. Systémy pro plánování podnikových zdrojů (ERP) by například obsahovaly komplexní rámce pro prediktivní údržbu. Integruje se mezi data strojů, data ERP, senzorická data a prediktivní algoritmy. Takže systém předvídatelné údržby a komunikace mezi stroji a pracovníky údržby výrazně zlepšuje celkovou produkční a preventivní údržbu v podniku. [70, 71]

Statistická kontrola procesu

Kvalita produktů má zásadní význam pro jakýkoli výrobní průmysl. Procesy musí být vždy pod kontrolou a v oblasti řízení kvality bylo vyvinuto několik technik pro vyhodnocování procesů. Klesající životnost produktu, snižování doby vývoje, konkurenční ceny a zvyšující se komplexnost produktů uvádí řízení procesů pod vysoké riziko. Neznalost operátorů provádějících obsluhu a neschopnost sledovat proces při změnách významně přispívají k vadám na produktech. Ve scénáři Průmyslu 4.0 přicházejí inteligentní produkty s podrobnostmi o činnostech, které je třeba provést. Pořadí činností, které mají být provedeny na produktu, je již zavedeno na nosič toho produktu. Tyto informace pro automatické operace jsou již předány stroji a pro manuální operace jsou zobrazeny s lepším vizualizačním rozhraním. Vylepšené rozhraní člověk-stroj také prezentuje informace atraktivnějším způsobem a zabraňuje vzniku chyb při výrobních procesech. [72]

RFID umožňuje automatické snímání procesů pro změny čtením příslušných informací uložených v RFID čípech. IoT pomáhá při integraci různých procesů přidávající hodnotu spojením informací a dat z různých strojů. Pokročilé analýzy kombinují obchodní inteligenci spolu s řízením workflow procesů, a to pomocí výpočtu významných trendů a vztahů z dostupných dat. Tyto tři technologie společně přispívají k makrofázím Six Sigma prostřednictvím jejich vlastností, jako je sledovatelnost, viditelnost, paměť a lokalizace. Komunikace mezi dílem a strojem, vylepšené rozhraní člověk-stroj a sledování procesu, integrace a řízení zajišťují, že jsou vyráběny a prodávány zákazníkům výrobky bez závad. [73]

Zapojení zaměstnanců

Štíhlá výroba klade velký důraz na posílení postavení zaměstnanců. Zaměstnanci jsou zodpovědní za skutečnou práci a vytváření produktů a služeb, a proto by jim měla být poskytnuta dostatečná flexibilita a důležitost při uznání jejich nápadů a návrhů. Nesprávné rozdělení zaměstnanců na různé úkoly, nesprávné hodnocení výkonu a školení a monotónní práce významně přispívají ke špatné morálce v pracovním prostředí. [41]

V mnoha případech je pro pracovníky obtížné přednést své návrhy a zpětnou vazbu na současných pracovištích. V pracovním prostředí Průmyslu 4.0 poskytují výrobní dělníci okamžitou zpětnou vazbu o výrobních podmínkách prostřednictvím dat v reálném čase přes vlastní smartphony a tablety. Každý je vybaven chytrým ručním zařízením, který je integrovaný do sítě společnosti. To představuje mimořádně pohodlné prostředí pro zaměstnance, kde mohou zaznamenat své obavy a zpětnou vazbu přímo na pracovišti. [72]

Procesu přiřazování zaměstnanců k různým operacím na základě jejich dostupnosti pomáhá sociální médium, a to bez ohledu na prostorovou a časovou dostupnost rozhodovacího orgánu. Manažer je schopen kontrolovat dostupnost a přidělovat pracovníky různým operacím prostřednictvím chytrých kapesních zařízení. To velmi usnadňuje úsilí manažera v oblasti koordinace a udržování pracovní síly. Hodnocení pracovníků z hlediska rychlosti, přesnosti, výkonnosti a motivačních faktorů je také zjednodušeno prostřednictvím specializovaných systémů podpory pracovníků. To přispívá k rozvoji lepších rozhraní nebo specializovaných vzdělávacích procesů pro zaměstnance. [41]

Jedním z nejvýznamnějších faktorů pro nespokojenost zaměstnanců je monotónnost a provádění rutinních činností. Chytrá zařízení získávají data v reálném čase, autonomně provádějí rutinní úlohy a reprezentují jako čísla a grafy. Kognitivní získání těchto informací a zdokonalené rozhraní člověk-stroj odstraňuje pracovníky z rutinních úkolů a pomáhá zaměřit se na různorodé pracovní a učební úkoly. Monotónní a nekvalifikované činnosti jsou

automatizovány, což vede k posunu povahy práce, tj. pracovníci jsou vyškoleni k práci na kalibraci, zpracování dat a dalších takových neopakujících se úkolech. Zaměstnanci využívají své vlastní chytré zařízení pro vzájemné propojení; proto by odvětví 4.0 mělo být motivováno samotnými zaměstnanci, než aby byli nuceni vedením. Tudiž chytrá zařízení dodávající zpětnou vazbu, systémy podpory pracovníků a vylepšené rozhraní člověk-stroj usnadňují lepší zapojení a zapojení zaměstnanců do organizace. [41, 72]

3 Implementace procesního řízení

Hledání využití Průmyslu 4.0 přináší rozmanité technologické výzvy s vysokými vlivy na mnoho oblastí v dnešním výrobním průmyslu. Je proto nezbytné vypracovat strategii pro všechny subjekty zapojené do celého hodnotového řetězce a dosáhnout souhlasu v otázkách bezpečnosti před zahájením realizace. Mnozí autoři navíc uvádějí, že implementace Průmyslu 4.0 je těžká úloha a je pravděpodobné, že bude trvat deset nebo více let. Přijetí tohoto nového výrobního procesu zahrnuje mnoho aspektů a čelí mnoha typům obtíží, včetně vědeckých, technologických a hospodářských výzev, sociálních problémů či politických otázek. [74]

Nejnáročnějšími aspekty pro organizace, které chtějí tento nový přístup přijmout, jsou dovednosti a kvalifikace svých pracovníků týkající se např. dovednosti při řešení problémů, analýzy poruch, řešit neustálé změny a zcela nové úkoly. [75]

Jak se ukázalo, společnosti musí řešit tyto velké a složité výzvy. Jak? Na straně jedné musí přijmout komplexní strategie, které budou obsahovat všechny nezbytné oblasti pro digitální transformaci. Na straně druhé je nutné aplikovat spíše inovativní transformaci než převratnou transformaci. A nakonec aplikovat technologie, které jsou co nejvhodnější pro organizaci, a učinit je dostatečně pružnými, aby bylo možné dosáhnout rychlé transformace a relativně kontrolované z hlediska nákladů. Pokud se nezaměřuje na digitální transformaci z tohoto holistického přístupu a je domněváno, že pouhé uplatnění technologických změn je dostačující, vedlo by to k nenávratné situaci. [76]

Z tohoto pohledu se nabízí, že řešení Business Process Management (BPM) jsou ta, která by mohla vést a reagovat na mnohé výzvy a požadavky. Důvody jsou:

1. BPM umožňuje firmám ve svém globálním konceptu, aby byly proaktivnější, přizpůsobivější a agilnější, což umožňuje organizacím být schopny plnit nové regulační rámce a čelit výzvám snižování doby uvádění na trh nových produktů/služeb.
2. BPM poskytuje společnostem inteligentní procesy, které organizacím umožňují mít lepší viditelnost a přidávat hodnotu koncovému zákazníkovi.
3. Společnosti získávají end-to-end perspektivu a viditelnost v kritických podnikových procesech (hodnotovém řetězci), souhrnný pohled v reálném čase, spojení organizace, lidí a technologií (interní a externí).
4. Z organizačního hlediska vytvářejí globální formu a kulturu, snižují kulturní patologii, optimalizují nedostatek komunikace. Předávání úkolů se provádí prostřednictvím procesů (Talent Management 4.0). [76]

Tyto faktory bývají jedním z nejdůležitějších pro krátkodobou a dlouhodobou konkurenceschopnost podniků, umožňující se zaměřit na kritické a nezbytné informace, získávání různých scénářů v reálném čase a vytvářet prediktivní podnikání.

BPM řešení jsou prezentována jako nejlepší strategická, organizační a technologická možnost, jak hbitě a kontrolovaně řídit procesy a jak integrovat všechny činitele hodnotového řetězce a dosáhnout cílů Průmyslu 4.0. [76]

3.1 Technologický plán

Technologické plánování je důležitou metodou, která se stala nedílnou součástí vytváření a poskytování strategie a inovací v mnoha organizacích. Grafická a kolaborativní vlastnost plánů podporuje strategické sladění a komunikaci mezi funkcemi ve firmě a mezi organizacemi. Proces technologického plánování se zabývá identifikací, výběrem, získáváním, vývojem, využitím technologií (produktů, procesů a infrastruktur) potřebných k dosažení, udržení a růstu pozice na trhu a výkonnosti podniků v souladu s cíli společnosti. [77]

Daim a Oliver [78] definují plánování jako způsob, jak identifikovat a rozhodnout o budoucích cestách, aby se dosáhlo úspěchu, podobně jako tradiční mapa průvodce cestující do cíle. Základní principy se obvykle týkají tří specifických charakteristik – poskytnutí korporaci zobrazení současného stavu, žádoucího budoucího stavu a strategie k jejímu dosažení. Hlavní výhody technologického plánování jsou uvedeny jako:

- Sladění podnikových a technických strategií
- Zlepšení komunikace mezi týmy a organizacemi
- Zkoumání potenciálních konkurenčních strategií a způsobů implementace těchto strategií
- Efektivní řízení času a plánování
- Nalezení mezer mezi technologiemi, trhem a informacemi o produktu
- Upřednostňování investic
- Stanovení konkurenceschopných a racionálních cílů
- Řízení a vedení projektových týmů
- Vizualizace výstupů včetně cílů, procesů a postupů.

Průmysl 4.0 je v dnešním podnikání poháněn digitální transformací ve vertikálních/horizontálních hodnotových řetězcích a nabídkách produktů/služeb společností. Požadované klíčové technologie pro transformaci Průmyslu 4.0, jako je umělá inteligence, internet věcí, strojové učení, cloudové systémy, kybernetická bezpečnost, adaptivní robotika

způsobují radikální změny v podnikových procesech organizací. Výzvy pro transformování na Průmysl 4.0 jsou určeny jako:

- Nedostatek znalostí o technologiích a jejich možnostech
- Nejistota ohledně přínosů technologických investic do výrobků a procesů
- Nedostatek znalostí o poptávce zákazníků po nových produktech a obchodních modelech v rámci vize Průmyslu 4.0
- Omezené lidské a finanční zdroje
- Obtíže při hledání počátečního bodu a mezníků plánovacího horizontu
- Potřeba efektivního portfolia řízení pro investice do technologií
- Požadavky na stanovení priorit a rozvrhování nových procesních projektů a produktů
- Přidělení omezených zdrojů projektům a spolupráce se spolehlivými partnery
- Nedostatečná komunikace o přínosech transformačních projektů Průmyslu 4.0 prostřednictvím organizace. [18]

Strategie, kterou společnost uplatňuje při zavádění nových technologií do svých procesů a produktů, má zásadní význam. Jako první krok musí organizace vytvořit plán, který je komplexním nástrojem dlouhodobého plánování, který umožňuje stanovení strategických cílů a odhad potenciálu nových technologií, produktů a služeb. [79]

Cílem této části je obecné navržení technologického plánu pro transformaci Průmyslu 4.0. Tato kapitola navrhuje komplexní rámec pro plánování v Průmyslu 4.0. Hlavním cílem je překonat výzvy a obtíže, s nimiž se podniky potýkají v procesu digitální transformace.

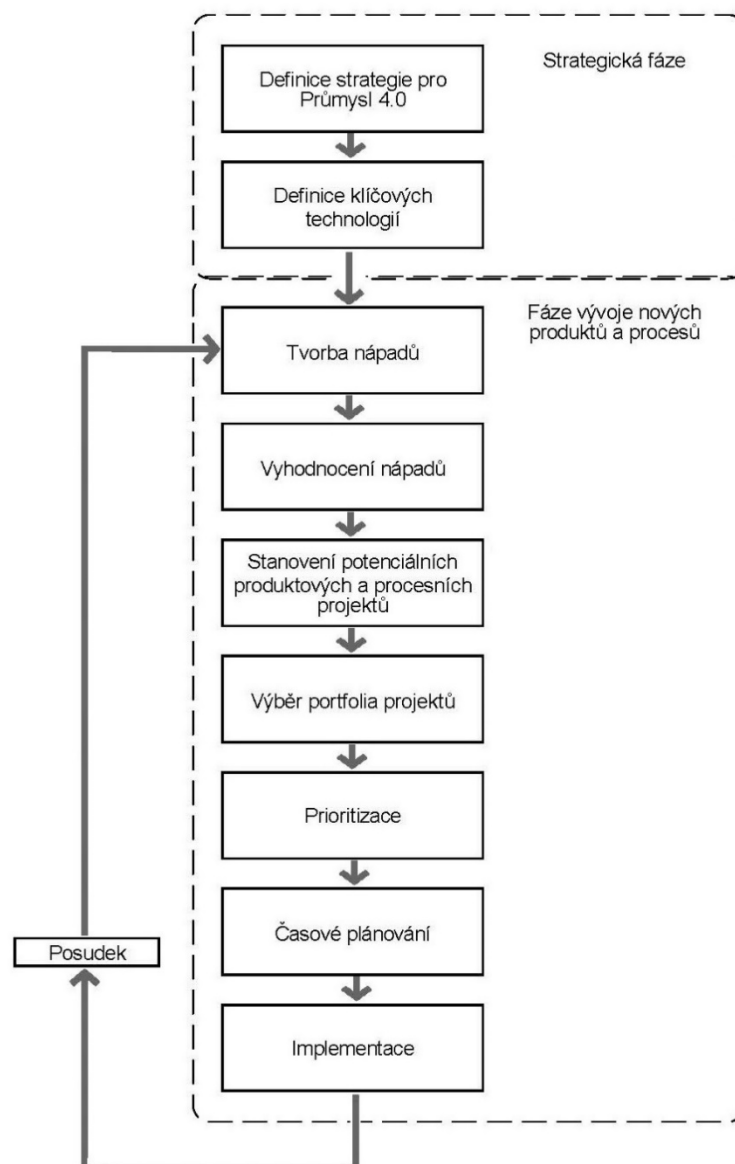
3.1.1 Návrh technologického plánu

V rychle se měnícím světě není vizualizace budoucnosti pouze dalším nástrojem pro strategické plánování, ale i nezbytnou praxí pro každou společnost. Rohrbeck a Schwarz [80] zdůrazňují, že včasné uvědomění a předpověď technologického potenciálu hrají klíčovou roli v podnikatelském prostředí, která se vyznačuje vysokou konkurenceschopností. Poznamenali také, že ignorování změn v globalizovaném světě má často za následek ztrátu příležitostí nebo selhání v reakci na hrozby. Úkolem vize budoucnosti je poskytnout manažerům a vládním orgánům různé způsoby, jak pochopit budoucnost a pomoci jim, aby vnímali možné důsledky sociálních a technologických změn.

Technologický plán umožňuje každému v průmyslu jednoduše porozumět každému pohybu a jaká rozhodnutí je třeba učinit, kdo je musí učinit a kdy. Tento postup je dekodován

do projektového plánu, specifikující charakteristiky práce v každém z přidružených fází vzniku. V navrhovaném rámci na Obr 3.1. jsou strategie a klíčové technologie definovány v první fázi plánu, následně se ve druhé fázi provádí vývoj nových produktů a procesů. [18]

Ve fázi vývoje nového produktu a procesu jsou nejprve vytvářeny nápady, následně jsou vyhodnoceny a některé potenciální nápady jsou vybrány pro realizaci. Vzhledem k některým omezením, jako je rozpočet, politika společnosti a neadekvátní lidské zdroje, lze některé z vybraných myšlenek promítnout do podoby jednoho nebo několika portfolií. Prioritizace projektu byla obvykle prováděna na základě jeho přínosů a přidaných hodnot. Časové plánování zobrazuje technologie, cíle, procesy a úrovně postupu. Posledním krokem plánování je implementace, která řeší definovaný produktové a procesní projekty a dynamicky je posuzuje



Obr 3.1 Technologický plán Průmyslu 4.0 (upraveno z [18])

ve srovnání s novějšími nápady, novými produkty, novými klíčovými technologiemi a lepšími procesy. Všechny kroky navrhovaného toku plánování jsou podrobně popsány v následujících kapitolách. [18]

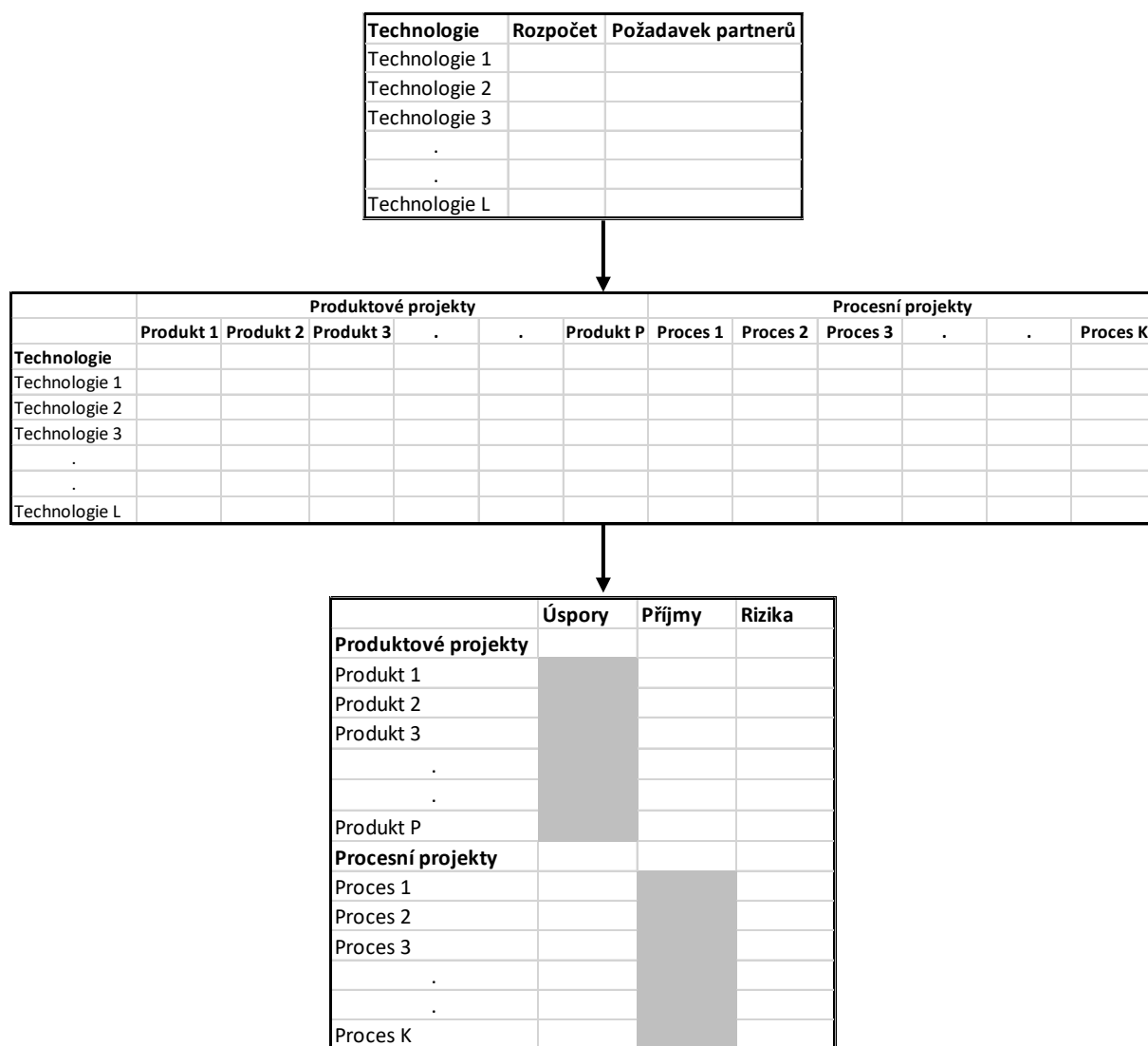
3.1.2 Strategická fáze

Strategie je definována v časovém plánu a podobě, kde se průmysl momentálně nachází, kam je třeba jít a jak se tam dostat. Strategická fáze plánu je postup spolupráce při plánování. Ve strategické fázi je třeba vzít v úvahu při přípravě plánu hodnocení podnikové digitální připravenosti pro stanovení jasných cílů na následující roky. Mnoho průmyslových podniků již začalo digitalizovat své podnikání, ale proces často začal na nižších úrovních organizace. Využití času k vyhodnocení úrovně připravenosti ve všech oblastech Průmyslu 4.0 může pomoci pochopit, jaké silné stránky lze již vybudovat a které systémy/procesy lze využít v budoucích řešeních. Současně se zamyslením, kam chce organizace v budoucnu směřovat, je třeba zvážit, co by organizace mohla získat spoluprací s klienty, dodavateli, technologickými partnery, dokonce i s konkurenty, aniž by se omezila vize založená na současných omezeních. Zaměření by mělo být mimo technické detaily a odhady dopadů nových aplikací na hodnotový řetězec organizace. Plán bude muset zvážit budoucí změny v chování zákazníků a způsob, jakým se změní vztah organizace s nimi. Posun ze současného do žádoucího budoucího stavu bude vyžadovat přesné kroky a jasnou prioritizaci. [18]

Strategie zodpovídá otázku, co je třeba udělat pro dosažení požadovaného výsledku. Na straně druhé technologický vývoj a požadavky trhu urychlují změny ve světě. Ze strategického hlediska se často ukazuje, že technologická inovace je klíčovým faktorem pro zlepšování výkonnosti a přežití podniku, kromě toho je rozhodujícím faktorem pro udržitelný ekonomický růst národů a zvyšování kvality života jejich lidí. [18]

Podle Rohrbecka a Schwarze [80] firmy trpí „slepotou“, která je způsobena především zaměřením se na vnitřní stranu společnosti a zlepšování postupů, které dělaly společnost úspěšnou v minulosti. Proto je zřejmé, že podniky se musí snažit věnovat pozornost tomu, aby se dívaly i mimo společnost a být si vědomi nadcházejících změn ve světě. Jinými slovy, schopnost přinášet hodnotu zákazníkovi silně souvisí s technologickým vývojem. Před zahájením nové fáze vývoje produktů a procesů by měly být klíčové technologie, které mají strategický význam pro společnost, pečlivě stanoveny.

3.1.3 Fáze vývoje nových produktů a procesů

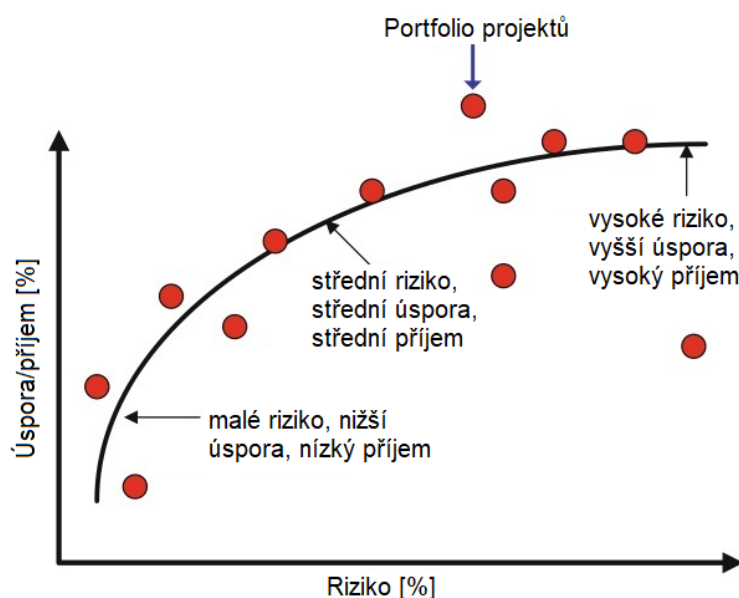


Obr 3.2 Matice priorit pro produktové a procesní projekty [18]

Fáze vývoje nových produktů a procesů umožňuje nastínit cíle a projekty (s ohledem na různé principy a omezení) na jednotlivých vrstvách oproti společné vizi. Pro tento účel se použije rozdělení do třech technických perspektiv: technologická omezení (rozpočet a partnerství), cíle (úspory, příjmy, rizika) a projekty. Tyto perspektivy představují tři vrstvy. Obr 3.2 znázorňuje tyto tři vrstvy pro výběr portfolia a stanovení priorit projektů. [18]

V tomto okamžiku vytvořené nápady vybírají a vyhodnocují experti na základě proveditelnosti produktů a procesů. Po vytvoření seznamu potenciálních projektů je naplněna fáze výběru portfolia projektů. Fáze prioritizace je prováděna s ohledem na úspory a rizikové faktory projektů pro vývoj nových procesů, nebo s ohledem na příjmy a rizikové faktory projektů pro vývoj nových výrobků. Obr 3.2 ukazuje tok matic z hlediska výběru projektů a tvorby portfolií. [18]

Je třeba poznamenat, že optimální portfolio by mělo spočívat na efektivní hraniční křivce, která představuje úspory a příjmy jako vertikální rozměr, zatímco horizontální rozměr znázorňuje riziko. Graf znázorněný na Obr 3.3 ukazuje, jak se tvoří optimální portfolio. Optimální rizikové portfolio je normálně definováno tak, aby se nacházelo ve středu křivky, poněvadž když se portfolio objeví nad hraniční křivkou, vzniká úměrně větší riziko za nižší přírůstek návratnosti. A naopak nízkoriziková portfolio s nízkou návratností jsou zbytečná, protože můžete získat podobnou návratnost investováním do bezrizikových aktiv. Je možno si v portfolio vybrat, kolik volatility podnik dokáže snést zvolením jakéhokoli bodu, který leží na efektivní hraniční křivce. To znamená, že to skutečně vybrané portfolio vám poskytne maximální úspory a příjmy za procento rizika, které hodláte přijmout. Stručně řečeno, portfolio nad hraniční křivkou jsou nedosažitelná a portfolio pod hraniční křivkou nejsou optimální, protože pro stejné riziko by bylo možné dosáhnout větší návratnosti. [18, 81]

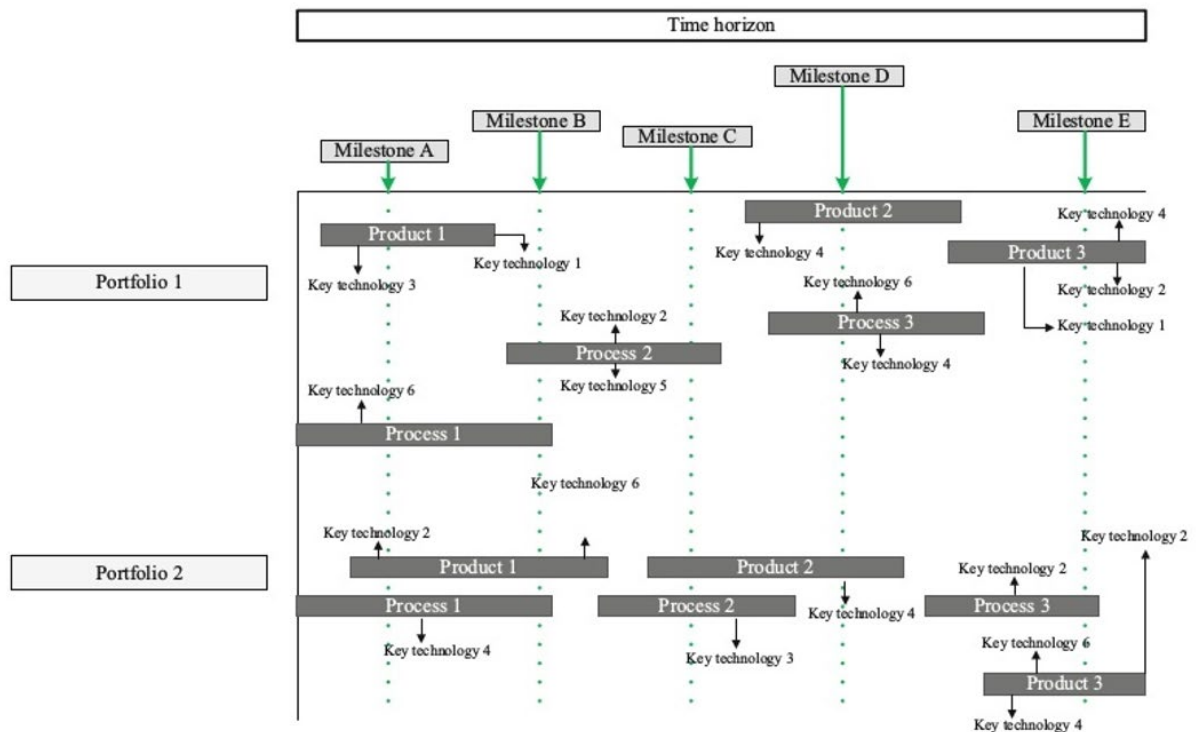


Obr 3.3 Efektivní hraniční křivka pro výběr portfolio (upraveno z [18])

Časové plánování je další fází definující milníky a stavy projektů. Výstupem této etapy je časově plánovaná mapa celkové představy konceptu Průmyslu 4.0 budující strategický rámec pro určité akce. Časový horizont pro naplnění vize Průmyslu 4.0 zajišťuje, zda si společnost vezme revoluční strategii nebo evoluční strategii. Obr 3.4 znázorňuje příkladný časový plán dvanácti projektů pro dvě portfolio se specifikovanými milníky a zadanými klíčovými technologiemi ve strategicky vymezeném časovém horizontu.

Každé pole v plánu představuje stav nebo projekt na cestě k vizi Průmyslu 4.0. Strategie k dosažení cíle je formována do milníků. Milníky jsou procento úspor, využití rozpočtu,

ukončených projektů, aplikované technologie atd. Požadované klíčové technologie se reprezentují na každém poli projektů. Časová dimenze je indikována hrubým časovým rámcem nebo konkrétním datem v závislosti na celkovém časovém horizontu společnosti. [18]



Obr 3.4 Ukázková časově plánovaná mapa Průmyslu 4.0 pro dvě portfolia [18]

4 Případová studie

Tato část práce se zabývá případovou studií v podniku Parker Hannifin Industrial s.r.o. Ve studiu bude představen podnik Parker, jeho historie a jaké výrobky podnik produkuje.

Cílem této případové studie je zaměřit se na zavedení procesního řízení, zejména na zmapování a analýzy současných procesů v oblasti výroby a podpůrných procesů. Na základě provedené procesní analýzy je navrženo zlepšení procesů v kontextu konceptu Průmysl 4.0. Je kladen důraz na popis procesů, obsažení všech důležitých atributů použitelných pro koncept v rámci Průmyslu 4.0.

4.1 Představení společnosti Parker Hannifin

Parker Hannifin je mezinárodním lídrem v oblasti technologií a systémů pro řízení pohybu, který poskytuje specializovaná řešení pro širokou řadu mobilních, průmyslových a leteckých oborů.

Roční obrat přes 14 miliard USD, dlouholetá zkušenost od roku 1917 a více než 55 000 zaměstnanců v 50 zemích po celém světě. Firma Parker již 62 let každoročně navyšuje počet dividend, které vyplácí svým akcionářům. To společnost řadí mezi top 5 společností, jež vykazují nejdelší růst dividend podle S&P 500 indexu.

Parker řeší největší světové technické výzvy, které pomáhají uspokojovat lidské potřeby a zlepšují kvalitu života lidí a komunit po celém světě, a to díky odborným znalostem v devíti technologiích: hydraulika, pneumatika, elektromechanika, filtrace, řízení procesů, manipulace s kapalinami a plyny, těsnění a stínění, klimatizace a letectví.

Parker je ve světě zastoupen 310 výrobními lokacemi, 119 distribučními centry a 157 obchodními a servisními kancelářemi, které poskytují odborné expertizy napříč devíti stěžejními technologiemi v oblasti řízení pohybu. Společnost Parker je přední světový dodavatel hydraulických, pneumatických a elektromechanických komponent a systémů s rozsáhlým výrobním a technickým zázemím v České republice. [82]

4.1.1 Parker Hannifin Industrial s.r.o. v Chomutově

Dnešní výrobní závod v Chomutově je výsledkem mnohaletého vývoje a rozvoje výrobní činnosti společnosti Parker Hannifin Industrial s.r.o., dále už jen Parker, v dnešním Ústeckém kraji.

Základy výrobního závodu v Chomutově byly položeny v pronajaté autobusové hale a prostorách společnosti Restamo v roce 1997. Tehdy zde pracovalo 45 zaměstnanců. V následující-

cím roce už kapacita prostoru firmy Restamo nestačila a začalo se s její rekonstrukcí a přestavbou na výrobní halu pro řezání kovů. Montáž se zároveň rozrůstala i v autobusové hale. V roce 1999 se výroba rozšířila o montáž dílů pro klimatizační zařízení. V soustružnické dílně se již vyrábělo na 8 šestivřetenových strojích a společnost měla 70 zaměstnanců.

Nové milénium přineslo i plány pro výstavbu nového výrobního závodu společnosti Parker Hannifin Industrial s. r. o. v Chomutově. S výstavbou první fáze se začalo již v roce 2000 a stavba byla dokončena v roce 2001. Do nového závodu byly přestěhovány veškeré technologie a výrobní kapacity z prostor společnosti Restamo i autobusové haly. Parker Hannifin Industrial měl již 350 zaměstnanců. V roce 2002 byla výroba rozdělena do šesti divizí a počet zaměstnanců se zvýšil na 476.

Rychlý růst společnosti následoval i během dalších let. Již v roce 2003 se začalo s výstavbou nových výrobních prostor a počet zaměstnanců stoupl na 542. V roce 2004 byl za přítomnosti amerického velvyslance v České republice Williama Cabanisse a dalších významných hostů slavnostně zahájen provoz nového výrobního závodu Parker Hannifin Industrial v Chomutově. Počet zaměstnanců v roce 2008 dosáhnul 820.

Ve společnosti Parker Hannifin Industrial dnes vyrábí pro sedm divizí ze čtyř skupin společnost Parker Hannifin Corp.: HTA + PFDE (Evropská divize výroby hadicových montáží, trubkových ohybů a divize Polyflexu), MSDE (Evropská divize hydraulických cartridgeových systémů), PDE (Evropská divize pneumatiky), HFDE (Evropská divize hydraulických filtrů), PMD (Divize čerpadel a motorů), EME (Evropská divize elektromechaniky) a FCDE (Evropská divize solenoidových ventilů). Stále patří k největším a nejvyhledávanějším zaměstnavatelům v regionu, v současné době zaměstnává 600 zaměstnanců. [83]

4.1.2 Parker divize PDE

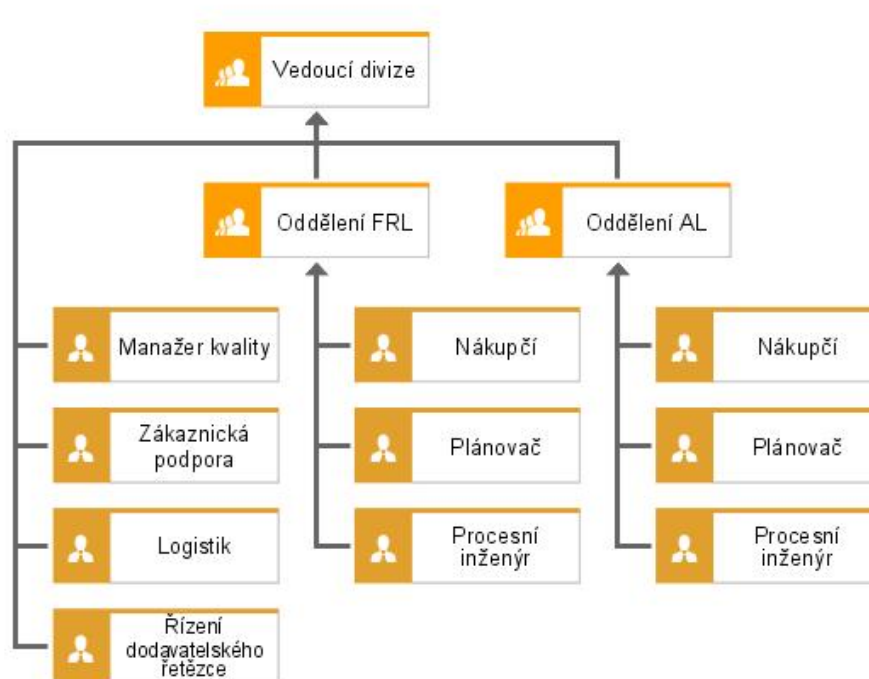
Divize PDE společnosti Parker Hannifin se zabývá převážně produkty a řešení v oblasti řízení pohybu. Nabízí široké spektrum výrobků pro použití v pneumatických obvodech, a to od kompresoru až po výkonové členy. Může jít o pohon pro rozjezd vozidla, pohyb válce nebo držák sběrače pro dojení krav. Využívají se všude, kde se nachází využití u všech druhů silničních vozidel — pomáhají s pohybem, zdviháním, nakládáním a nakláněním. Jednou z jejich hlavních specializací jsou návrhy a zakázková výroba řešení pro vzduch, plyn a kapaliny. Produkty společnosti Parker jsou dostupné u specializovaných distributorů zaměřujících se na pneumatická zařízení. Od ventilů, regulátorů a přípravy vzduchu k rychloupínacím přípojkám a k potrubím pro zákaznická řešení. [84, 85]



Obr 4.1 Pneumatické ventily pro různé aplikace (převzato z [85])

4.1.3 Organizační struktura divize PDE

Společnost je rozdělena na několik oddělení, které jsou v podřízenosti vedoucího divize. Každé oddělení má na starost určitou část činností při realizaci zakázek. Jednotlivá oddělení mezi sebou komunikují a předávají si potřebné informace.



Obr 4.2 Organizační struktura divize PDE

4.2 Podnikové procesy divize PDE

Ve výrobním podniku nalezneme mnoho klíčových procesů. Běžně se zavádí systémy řízení kvality, zdokonalují se výrobní postupy, implementují se informační systémy, které pomáhají řídit zásoby, plánování, prodej a další oblasti v podniku. Jak již bylo naznačeno výše, v rámci této části práce bude představena provedená analýza procesů podniku.

Jen pro upřesnění na začátek, vše se řídí podle centrálního komplexního systému JDE. ERP JD Edwards AR 400 je integrovaná sada aplikací pro řízení celého podniku. Jedná se o plně integrovaný a otevřený podnikový informační systém, který podporuje širokou oblast podnikových procesů. Systém obsahuje bohatou funkcionalitu pro ucelenou podporu procesů z oblasti řízení podnikových zdrojů (ERP), řízení vztahů se zákazníky a řízení a plánování dodavatelských řetězců, dále i nástroje pro sledování výkonnosti podniku a další manažerské pohledy.

Jelikož JDE systém není bezchybný a záleží na naprogramování tohoto komplexního systému, pracovníci si často usnadňují práci tím, že do programu Excel si buď automaticky nebo ručně kopírují důležité zakázky, materiály apod. a jejich parametry pro vlastní lepší přehlednost, analýzu, výpočty, zlepšené vyhledávání, pro seřazení podle lokací, dílu, počtu kusů.

Mapování současného stavu vybraných procesů je zpracováno pomocí metody BPMN – Business Process Modeling Notation. Analýza procesů se zaměřuje na obchodně-výrobní procesy související se získáváním zakázky, realizací a expedicí zakázky. Vychází z globálního Business Process Modelu (dále BPM) a postupně se zanořuje detailněji do jednotlivých procesů.

4.2.1 Popis a mapa procesu

Modely jsou tvořeny v programu ARIS. Tyto mapy umožňují snadnější náhled na celý proces, se kterým se pracuje v rámci této kapitoly.

Sledovaný proces můžeme rozdělit na několik subprocessů:

- Řízení dodavatelského řetězce
- Logistika
- Nákup materiálu
- Plánování výroby
- Zákaznické služby
- Procesy ve výrobě

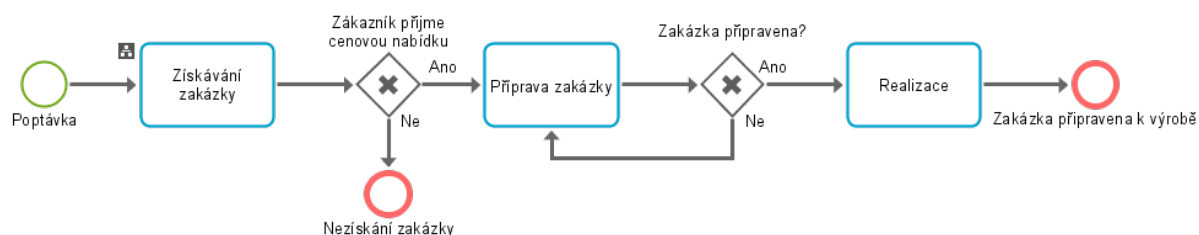
- Kontrola kvality

Celkový náhled procesu pro zajištění zakázky bez rozvinutých subprocesů lze vidět níže (Obr 4.3). Proces začíná přijetím objednávky zákazníka, které jsou vysvětleny v rámci detailního popisu tohoto subprocesu. Z tohoto důvodu jsou, byť na sebe přímo nenavazující, subprocesy podřazeny pod jeden celek. Celá mapa hodnotového toku popisující procesy v divizi je znázorněna v Příloze 1.

V rámci procesu je v textu odkazováno také na propojení přímo v procesních mapách s obchodními zástupci, jejichž činnosti jsou však mimo rámec vybraného procesu, a proto nejsou blíže analyzovány. Dále procesy zasahují i na úroveň zákazníka, jehož procesy jsou pro nás samozřejmě neznámé, a proto blíže nespecifikované.

Základní procesy společnosti

Model základních procesů společnosti přináší náhled na jedny z nejpodstatnějších procesů ve firmě. Jedná se o procesy získávání zakázky, příprava zakázky a samotná realizace. Model zobrazuje nejen uvedené procesy, ale i počáteční a koncové události. Počáteční událost začíná poptávkou zákazníka. Koncové události jsou dvě: nezískání zakázky z důvodu nedostatečných volných kapacit pro uskutečnění výroby nebo zakázka připravena k výrobě.



Obr 4.3 Základní procesy společnosti

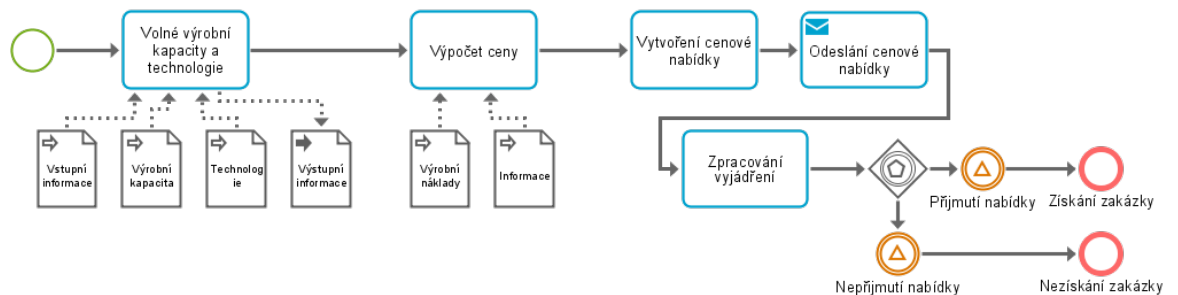
Získávání zakázky

Proces získávání zakázky je zahájen poptávkou. Po obdržení poptávky následuje proces volné výrobní kapacity a technologie. Tento proces žádá vstupní informace získané z popisu projektu, výrobní kapacity divize a technologie. Vstupní informace o výrobní kapacitě obsahuje, zda je divize schopna projekt ve stanoveném termínu splnit s ohledem na výrobní kapacitu strojů, počtu zaměstnanců atd. V drtivé většině případů je vždy schopna splnit, resp. proběhne propočítání výrobní kapacity s ohledem na zisk zakázky, případně nábor nových zaměstnanců, outsourcing atd. Vstupní data o technologiích obsahují informace o výrobních možnostech strojů, o vlastnostech a druhu materiálu, o způsobu výroby apod. Výstupní informace zahrnují všechna zpracovaná data vstupující do tohoto procesu.

Následuje proces výpočet ceny. Zákazník si vybere v katalogu produkt, který chce

objednat. Přibližná cena je uvedena v katalogu. Zákazník posílá požadavek se všemi parametry firmě. Cenová nabídka je odeslána zákazníkovi. Po obdržení vyjádření zákazníka a na základě obsahu vyjádření se postupuje dále.

Proces je založen na vstupních datech, které představují informace o výrobních nákladech, o informacích získaných průzkumem výrobních kapacit a technologií. Metoda výpočtu se nazývá přírážková kalkulace, kde základem je volba rozvrhové základny, kterou představují jednotlivé mzdy dělníků, náklady na materiál potřebný k výrobě a výrobní a režijní přírážky. Výsledkem jsou celkové náklady, ke kterým se přičte zisk a na jeho základě je vytvořena cenová nabídka.

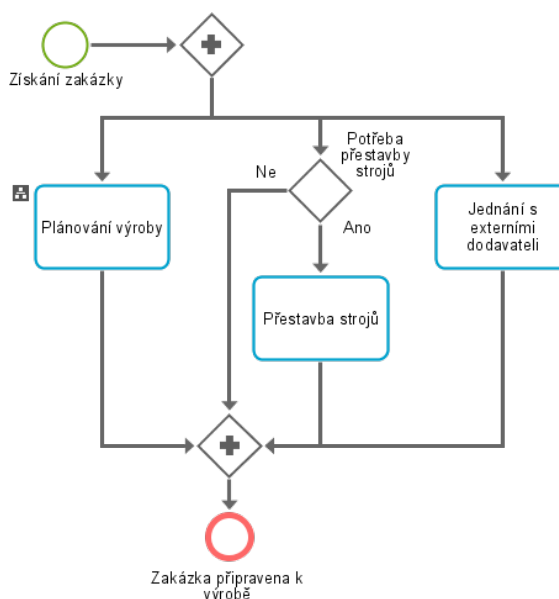


Obr 4.4 Model procesu – Získávání zakázky

Příprava a realizace zakázky

Tento proces je závislý, zda zákazník přijal cenovou nabídku. Pokud předchozí proces skončí událostí nezískáním zakázky, tak se tento proces nespustí. V opačném případě, kdy proces skončí získáním zakázky, se tento proces spustí.

Po získání zakázky se rozbíhá několik procesů najednou. Proces plánování výroby má na



Obr 4.5 Model procesu – Příprava zakázky

starosti plánovač. Tento proces je nevyhnutelný a musí s každou zakázkou proběhnout. Dalším procesem je přestavba strojů, který mají na starosti procesní inženýři. Při provedení tohoto procesu bude vedení společnosti vědět, že si daná získaná zakázka vyžaduje přestavbu stroje a také již zná přibližné náklady s tím spojené, které byly zohledněny při výpočtu ceny. V případě, kdy zmiňované procesy ukážou na to, že je potřeba stroj přestavět, je proces přestavba stroje spuštěn. V opačném případě nikoliv.

Posledním procesem je jednání s externími dodavateli. S tím se potýká oddělení řízení dodavatelského řetězce. Ke spuštění tohoto procesu dochází nejen v případě získání nové zakázky, ale spouští se v daných intervalech opakovaně. Podrobněji popsáno v kapitole 4.2.2. Po ukončení všech těchto procesů je vše připraveno k výrobě.

4.2.2 Řízení dodavatelského řetězce

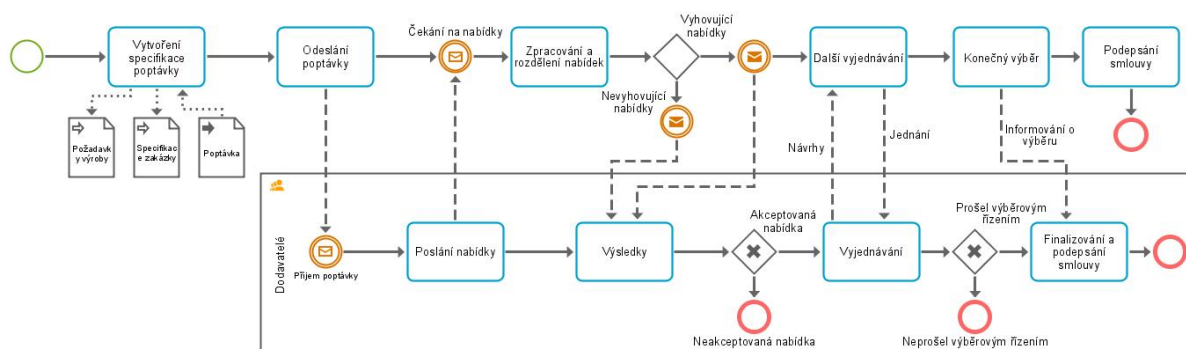
Na dodavatelský řetězec (supply chain) je nejlépe nahlížet jako na systém tvořený podnikovými procesy podílejících se na uspokojování zákazníka. Zahrnuje tedy nejen výrobce a dodavatele, ale také dopravce, skladové prostory i samotné zákazníky. K důležitým činnostem vykonávaným v procesech řetězce tak patří například výzkum a vývoj, plánování výroby, logistika, nákup nebo řízení služeb pro zákazníky. Tento pohled může mít dvě strany. Buď je na procesy nahlíženo jako na sérii cyklů, kdy každý cyklus vykonává funkci na rozhraní mezi dvěma úrovněmi řetězce, nebo je rozdělujeme podle toho, zda jsou prováděny principem tahu nebo tlaku.

Procesy, které jsou započaty zákaznickou objednávkou, jsou označovány jako tažné, zatímco ty, jež se provádějí před očekávanou objednávkou, popisujeme jako tlačné. Nahlížet na procesy v dodavatelském řetězci podle principů tahu a tlaku je prospěšné tehdy, kdy se zvažují strategická rozhodnutí, které se týkají návrhu řetězce nebo jeho inovace. Tento pohled dále poskytne možnost přesně určit odpovědnost za jejich fungování na jednotlivých úrovních řetězce, obzvláště tam, kde tlačný proces navazuje na proces tažný. To může tak značně pomoci při výběru a implementaci vhodného informačního systému.

Centralizace nákupu do dvou samostatných oddělení se vyplatí především u společností operujících v mezinárodním měřítku, což Parker splňuje. Separovány od sebe zůstanou procesy řízení nákupu a řízení vztahů s dodavateli, respektive zásobování. Přínosem tohoto řešení je, že člověk spravující vztahy s dodavateli se může lépe soustředit na využití kontraktů v mezinárodním měřítku. Řízení vztahů s dodavateli bývá totiž v porovnání se samotným nákupem podstatnějším procesem. [86]

Jednání s externími dodavateli

Proces jednání s externími dodavateli probíhá standardním způsobem. Vytvořená poptávka je odeslána v elektronické podobě vytipovaným dodavatelům z dané oblasti prodeje. Tito dodavatelé jsou povinni, pokud se chtějí zúčastnit výběrového řízení, zaslat svoji nabídku. Po uplynutí dané lhůty jsou příchozí nabídky zpracovány a rozděleny na vyhovující a nevyhovující. S dodavateli vyhovujících nabídek se zahájí dojednávání případné spolupráce a dalších detailů. Po zakončení všech vyjednávání se rozhodne o konečném dodavateli, se kterým se podepíše smlouva.



Obr 4.6 Jednání s externími dodavateli

Hlavní úkol oddělení zabývajícího se řízením dodavatelů spočívá v zajištění správy smluvních vztahů. Zjednodušeně platí, že čím větší (nadmárodní) kontrakt se podaří vyjednat, tím větší snížení ceny lze dosáhnout. Závisí ovšem na zboží, cena vstupu se může lišit dle jednotlivých zemí, nejistá může být také flexibilita reakce dodavatele. Nadnárodní kontrakty v každém případě pomohou vytvořit silnou vyjednávací pozici s lokálním partnerem. K dalším úkolům řízení vztahů s dodavateli patří zpracování poptávek, výběr dodavatelů, volba těch nejvýhodnějších kontraktů, zpracování smluv či kooperace na obchodních plánech.

Analýza skladových zásob

Hlavním cílem skladových (pojistných) zásob je možnost přizpůsobení se variabilitě poptávek zákazníků. Plánování výroby je totiž založeno na prognóze, která je (podle definice) odlišná od reálné poptávky. Zákazník si může objednat z katalogu a podnik na to musí být připraven. Přizpůsobením se těmto variacím poptávek skladové zásoby zvyšují úroveň kvality služeb.

Dodací lhůta, která je uváděna v katalogu, je nižší než reálný procesní čas výrobku díky skladovým zásobám, které si Parker udržuje. Procesní čas obsahuje – nákup a čekání na materiál, zaplánování plánovačem, čas na výrobu, expedici a čas na cestě k zákazníkovi.

Skladové zásoby se neudržují u materiálů, které se spotřebovávají výjimečně kvůli

zbytečnému skladování. K tomu se využívá ABC analýza.

System JDE si sám kalkuluje, jestli je díl runner, repeater nebo stranger. Podle XYZ analýzy (popsáno níže) jsou to kategorie X, Y a Z. Runner (kategorie X) jsou vysokoobrátkové a ty se neustále dodávají. Repeater (kategorie Y) se objednávají v pravidelných intervalech, protože se spotřeby opakují. Stranger (kategorie Z) znamená, že jsou namátkové a neudrží se na skladě.

Analýza ABC podle spotřeby

Nedává odpovědi na otázky "kdy a kolik objednat", analýza ABC je vysoce účinné vylepšení systému řízení zásob. Vychází z tzv. Paretova principu, který říká, že 80% důsledků způsobuje 20% možných příčin. [87]

Kategorie A: *Významné komponenty s ohledem na spotřebu.*

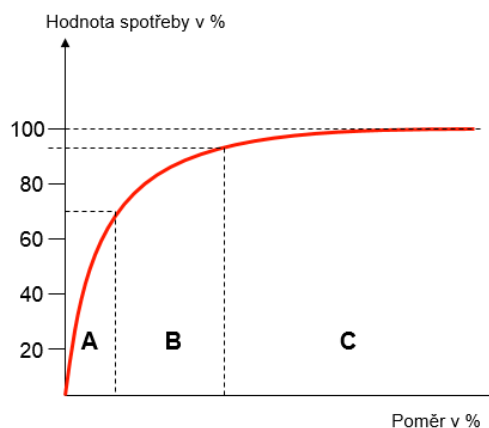
Díly, které se spotřebovávají ve velkém množství. „80% celkové hodnoty všech dílů připadá na cca 10% všech skladových zásob.“

Kategorie B: *Méně „významné“ komponenty (20% výrobků, 15% obratu).*

Díly, jejichž spotřeba se pohybuje ve střední sféře

Kategorie C: *„Nevýznamné“ komponenty (70% výrobků, 10% obratu).*

Díly, jejichž spotřeba je velmi malá, používají se zřídka anebo jsou levné. Na základě přímých požadavků.



Obr 4.7 ABC analýza [87]

Analýza XYZ může být použita jako doplňková analýza k analýze ABC. Rozděluje položky do X, Y, Z tříd podle pravidelnosti spotřeby skladových položek. Různé položky mají značně rozdílné spotřeby, některé se ve skladu „ohřejí“ jen pár dní, jiné tam leží běžně měsíc, půl roku i více. To je také důvod, proč není možné skladové zásoby řídit jednotnou metodou, ale je potřeba zvolit různé metody. Pro určení spotřeby je nejlépe vycházet z příjmů/výdajů nebo na základě předpovědí. [87]

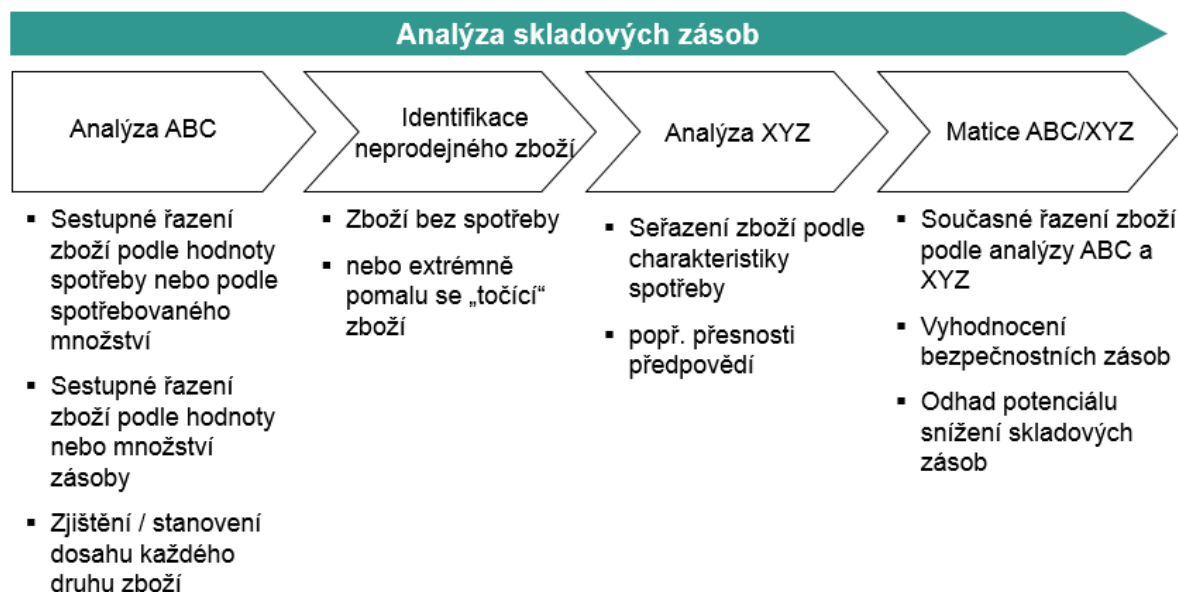
Kategorie X: vysoko obrátkové a pravidelné položky s velice dobrou předvídatelností

(mnoho se jich prodá a krátce se zdrží na skladě)

Kategorie Y: něco mezi, položky s častým prodejem, ale v jejich spotřebě nastávají výkyvy. Budoucí potřeba je předvídatelná se střední přesností

Kategorie Z: nízká obrátkovost, nemá význam vykonávat předpověď, objednávání až v případě potřeby.

Praktické využití této analýzy spočívá v informaci, že pro díly kategorie X stačí držet minimální skladové zásoby, aniž by to mělo neblahý dopad na zásobování.



Obr 4.8 Analýza skladových zásob [87]

Řešení nepohybujících se skladových zásob

Nejprve se identifikují zboží bez žádné spotřeby a následně se řeší, co udělat s materiálem ležícím na skladě nejdéle. Tento proces začíná vytvořením Non-Mover Checklistu, kde se vyplní požadované informace o materiálu a pokračuje hledáním způsobu, jak tento problém odstranit. Nejdříve odpovědná osoba podá žádost na zákaznické služby, kde se pokusí nabídnout materiál zpět dodavateli, který by to mohl nabídnout jinému zákazníkovi. Pokud požadavek bude zamítnut, tak po konzultaci s procesním inženýrem a vedoucím divize je probrána možnost upravit materiál a použít pro jiný projekt, případně jako náhrada za jinou položku. Pokud všechny tyto požadavky budou negativně vyhodnocené, tak zbývá jen zlikvidování. Dále se vyplní kritéria pro zlikvidování a pokud bude vyhověno, musí se odepsat ze systému a z katalogu a dochází k odstranění.

4.2.3 Logistika

Základním předpokladem efektivního provozu dodavatelského řetězce, a tedy přidávání hodnoty v podniku, je fungující logistika. Podniková, resp. divizní logistika představuje pouze část dodavatelského řetězce. Podniková logistika se skládá z několika základních částí: opatření materiálu, polotovarů, jejich skladování, případně přesun mezi sklady, interní výdeje na pracoviště, uskladnění hotových výrobků a jejich následná expedice. Všechny tyto činnosti by na sebe měly perfektně navazovat, aby byl splněn nejdůležitější požadavek, a to dodání zboží k zákazníkovi v dohodnutém termínu s co nejmenšími náklady. Divizní logistika úzce spolupracuje s centrální logistikou. Mají společné akční plány, starají se o příjem materiálu a expedici zhotovených výrobků.

Logistické subprocesy

Logistický proces lze rozdělit na nákupní, distribuční a výrobní logistiku.

Nákupní logistika se zakládá na opatrování materiálu, polotovarů a dílů za účelem uskutečnění výroby nebo prodeje. Zahrnuje objednávkový cyklus, dopravní pohyby materiálů od dodavatele, udržování zásob a je úzce provázána na řízení podpůrných procesů (účetnictví, fakturace, ceníky), pracovních toků a dokumentů. Více v kapitole 4.2.4.

Distribuční logistika se zakládá na prodeji materiálu, polotovarů a dílů za účelem realizace zisku. Zahrnuje objednávkový cyklus, dopravní pohyby výrobků k odběrateli, udržování zásob a je úzce provázána na řízení podpůrných procesů (účetnictví, fakturace, ceníky), pracovních toků a dokumentů. To se Parkeru moc netýká, jelikož odběratel si zajišťuje dopravu z expediční oblasti sám.

Výrobní logistika spočívá v přeměně hmotných toků. Jejím cílem je vytvořit a provozovat účelnou strukturu pro jejich řízení. Ta zahrnuje procesy a činnosti v oblasti manipulace, skladování a přepravy materiálu, polotovarů, dílů a dalších komponent nutných pro realizaci výrobního procesu. V této fázi probíhá tok surovin a veškerého materiálu z nákupní logistiky z centrálního skladu směrem k výrobě. Z výroby plynou hotové výrobky nebo polotovary, jakož i náhradní díly na expedici.

Výrobní logistika úzce spolupracuje s centrální logistikou, kde mají propojené sledování skladu a také mají společné akční plány. Je zajištěna spolupráce pomocí kanbanového systému a zakázek v heijunce (struktura vytěžovací tabule).

Jak je více zmíněno v Plánování výroby, centrální logistika vychystává materiál potřebný k uskutečnění výroby. Plánovač výroby připraví a vytiskne zakázky, přinese je na centrální sklad a vloží je dle heijunka systému do připravených boxů, které jsou rozděleny na hodiny,

kdy je zakázka potřeba vychystat. Centrální logistika podle zakázek vychystává materiál na elektrický vozík, přijede na divizi a na konkrétní linku přiveze z centrálního skladu materiál na aktuální den prioritně podle hodin. Navíc průběžně doplňují kanbanové pozice (tzv. 2bin/kanban systémem).

Veškerá kontrola a sledování materiálového toku se provádí pomocí Excel nástrojů. Právě pro výše uvedenou nedokonalost systému JDE se seznam materiálů a výrobků v JDE přepisuje automaticky do Excel souboru pro lepší přehlednost, analýzu, výpočty, zlepšené vyhledávání, ale také pro seřazení podle lokací, dílu, počtu kusů apod.

Také významná nevýhoda JDE pro logistiku pro objednávání materiálu je, že když někdo vytvoří objednávku v JDE ještě předtím, než se změní lokace, tak se ten materiál přijme na starou lokaci, která už neexistuje. Lokaci si přiřadí sama, která už je zrušená a ten materiál se automaticky ztratí a následně se hledá. V nastaveném základním prostředí JDE je nemožné se tomu problému vyhnout. Řešení spočívá ve změně lokace už v objednávkách.

Expedice

Po ukončení výroby operátor ukončí zakázku (WO – Work Order) v systému JDE. Po ukončení WO v JDE vytiskne na expedici Picklist a dodací list ve fyzické formě. Operátor výroby odveze vyrobenou zakázku na divizní expedici, kde se zakázka zabalí a přiloží štítky a příslušné vytisknuté dokumenty. Každou hodinu jezdí centrální logistika, která převezme zabalenou zakázku a odveze na centrální expedici.

4.2.4 Nákup materiálu

Klíčovým procesem uplatňovaným v rámci všech cyklů dodavatelského řetězce je nákup. Ten je vyznačován obzvláště vysokými náklady. Strategickým úkolem oddělením řídicího nákup je zabezpečit zásobování pro celou divizi. Kromě svého hlavního účelu nákupčí úzce spolupracují s člověkem spravující vztahy s dodavateli, poskytují podklady pro plánování, podílejí se svým odborným názorem na výběrových řízeních, realizují malé smluvní dodávky a vykonávají i některé další činnosti.

Doplňovací cyklus je započat v okamžiku, kdy nákupčí vystaví objednávku na doplnění zásob, aby pokryl budoucí poptávku.

Nákupčí má za cíl doplnit své zásoby s ohledem na ekonomické a efektivní využití skladů, spolu s vysokou dostupností komponentů potřebných pro výrobu.

Výsledkem by měl být vyvážený poměr mezi potřebnou dostupností zboží na skladě poskytující konkurenční výhodu a úrovní zásob z hlediska generování nákladů. Jde o

podstatnou pozici v řízení dodavatelského řetězce, neboť vyžaduje skloubení dvou protichůdných požadavků.

Nákupčí má mimo jiné za úkol zajistit dovoz od dodavatele. Vytváří Shortage report, který obsahuje díly chybějící pro výrobu. Vytváří MRP zprávy a report, který předpovídá budoucí nedostatek materiálu. Celkově zajišťuje komunikaci s dodavatelem. Zasílá požadavky pro předběžné nebo pozdější dodání, resp. nedodání a pro zaslání tracking number dodávacího materiálu. Řeší nedodávky a potvrzenky (potvrzení objednávek od dodavatele).

Sledují několik věcí kvůli potenciálním hrozbám, jestli u nákupu roste nebo klesá nepotvrzených objednávek. Nepotvrzená objednávka představuje problém, protože se neví, jestli jí dodavatel obdržel nebo že nesedí cena, nebo protože sami dodavatelé neví, kdy mohou dodat. Nepotvrzená objednávka představuje hrozbu, že nemusí dojít materiál včas.

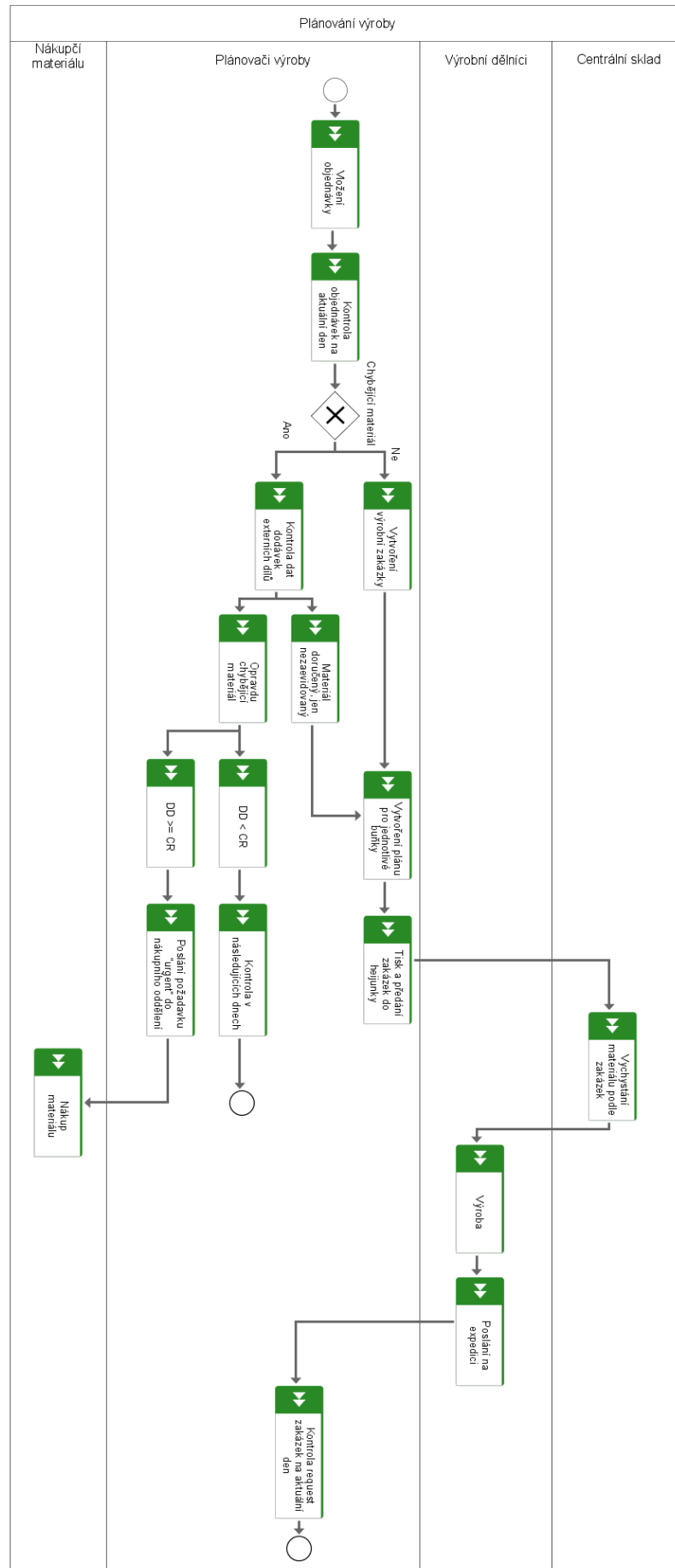
4.2.5 Plánování výroby

Plánuje se ručně, pomocí excelové tabulky. Obě sekce výroby mají svůj výrobní soubor – excelový soubor. Zdroj je pro celou výrobu stejný a je jím systém JDE. Tento systém, jak již bylo zmíněno, je málo pružný a plánovač musí často kontrolovat dostupnost materiálu.

Zákaznická služba přijímá objednávky a vkládá je do systému JDE. Plánovači poté provádí kumulaci objednávek. K tomu využívají excelový soubor s objednávkou (Order Book). Následně kontrolují požadavky všech objednávek a k tomu vhodně vytvoří plán výroby. Plán výroby je týdenní a edituje se každý den. Mimo to kontrolují, kde se požadovaný výrobní materiál nachází. Pokud nastal problém, že materiál chybí a dodací lhůta (DD – delivery date) vychází na pozdější termín, než je zákazníkům požadavek (CR – customer request), plánovači zašlou požadavek do oddělení nákupu pro urgentní objednávku chybějících dílů. Pokud je materiál na skladě nebo na cestě a jde vše podle plánu, následuje příprava a tisk zakázek (WO – Work Order). To probíhá v papírové formě, kdy je spotřebováno ohromné množství papíru a dalo by se nahradit elektronickou formou.

Následně kontrolují objednávky na týden dopředu a k tomu vhodně vytváří denní plány výroby pro jednotlivé buňky pomocí plánovací nástroje v excel souboru. Dále jsou zakázky předány do centrálního skladu a pomocí Heijunka systému vychystávají skladníci materiál ze skladu do výroby, podle zakázek na určitou hodinu.

Existuje číselník normovaných cycle time na jednotlivé výrobky (např. 10 sek/kus). Výrobky se slučují do rodin dle určitých podobností. Pořadí výroby jednotlivých zakázek volí plánovač dle pracnosti výrobků, velikosti zakázky a dostupnosti materiálu.



Obr 4.9 Model plánování výroby

4.2.6 Zákaznické služby

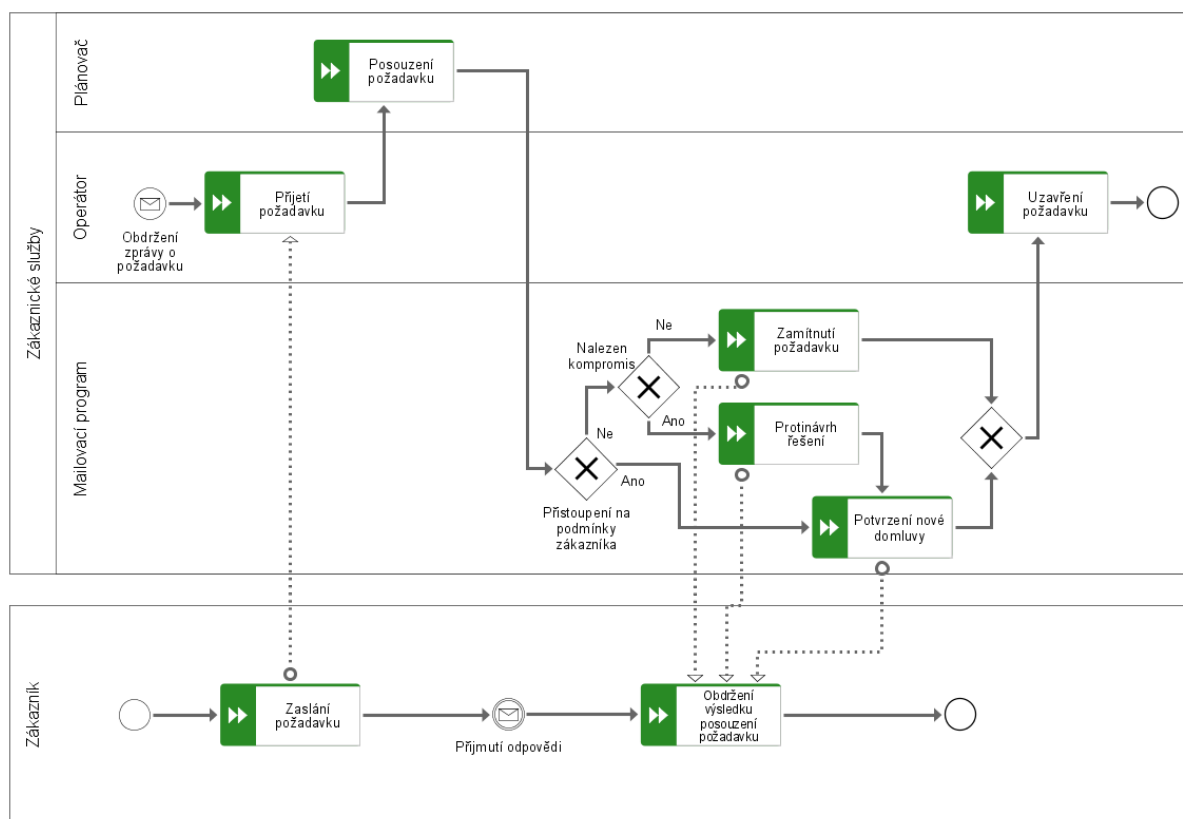
Divize provádí každý den „Run the business“ meeting, kde se schází všichni zainteresovaní členové a diskutují o výsledcích za uplynulé dny a o plánech budoucích.

Divize PDE má jednoho zástupce zákaznických služeb, který se denně stará o přípravu denních reportů a reportu o nejzpožděnějších zakázkách pro „Run the business“ meeting. To vytváří přehled, které zakázky jsou z hlediska hodnoty nejdůležitější a které jsou nejzpožděnější a proč.

Dále má na starosti příjem objednávek od zákazníka a vkládání objednávek do systému JDE. Zákazníci se většinou ozývají sami s požadavky. Zřídka se stává, že by podnik musel hledat zákazníky pro své produkty.

Emailová a telefonická komunikace se zákazníky za účelem vyřizování jejich požadavků, která je znázorněna modelem na Obr 4.10, je každodenní náplní práce zákaznických služeb. To obsahuje komunikaci s plánovacím oddělením kvůli posouzení zákaznických požadavků a následné buď zamítnutí, přijetí nebo nabídnutí protinávru řešení zákazníkům. Nebo také i případné stornování objednávek na základě požadavku zákazníka.

Oddělení zákaznických služeb se také zabývá zpracování analýz pro zákazníky a snižování lead time u dlouhodobých produktů pro klíčové zákazníky.



Obr 4.10 Model procesu zákaznické služby

4.2.7 Procesy ve výrobě

Výrobní proces je systém produkčních, dopravních, manipulačních a skladovacích operací, které se podílejí na výrobě určitého produktu. Výrobní operace se převážně provádí na jednom stroji, pracovišti, zařízení. Výrobou se rozumí systém výrobních procesů a jejich zabezpečení na určité organizační jednotce podniku. Je charakterizována ekonomickými kritérii řízení a hodnocení, jako jsou zisk, náklady, produktivita, cena apod. Nejběžnějším systémem realizujícím výrobní proces je montážní linka. Montážní linka představuje systém strojů, přípravků, testerů, sestavených v posloupnosti podle výrobního postupu, mezi kterými vazby zabezpečují prostředky dopravy, skladování a řízení.

Procesní inženýr hodnotí stav a funkci procesů a zařízení stávající výrobní technologie a navrhuje k inovaci nevyhovujících nebo zastaralých výrobních úseků. Analyzuje pracovní cykly, optimalizuje výrobu a materiálové toky. Účastní se aplikace výsledků výzkumu a vývoje do praxe a kontroluje jejich úspěšnost.

Kromě výroby zajišťuje veškerou dokumentaci elektronických a pneumatických schémat a výkresů (jejich změny, výkresy náhradních dílů), vytváří návody k obsluze pro operátory. Udržuje databázi produktů a procesů psaním počítačových programů a zadáváním dat.

Dále zajišťuje přesný popis každé pracovní činnosti, specifikování cycle time (čas na výrobu dílu) a takt time (požadavek od zákazníka na počet kusů). Výrobní linka je vyvážená, pokud cycle time je roven takt time. Pořadí konkrétních úkolů v krocích a seznam dílů, který je potřebný k provádění činnosti, je určeno s ohledem na lidský pohyb, aby se vytvořila efektivní posloupnost prací bez plýtvání. Takto organizovaná práce se nazývá standardní práce.

Také zajišťují ergonomii pracoviště. Ergonomie pracoviště je soubor technik, znalostí a prostředků, které mají za úkol přizpůsobit pracoviště fyzickým a duševním potřebám člověka.

Rozvíjí výrobní procesy studiem požadavků na výrobky; výzkum, navrhování, modifikace a testování výrobních metod a zařízení. Zlepšuje efektivitu výroby analýzou a plánováním pracovního toku, požadavků na prostor a uspořádání vybavení na pracovišti (5S). Zajišťují dodržování státních norem a nařízeních.

Udrží si odborné a technické znalosti účastí ve vzdělávacích workshopech. Udrží zařízení v provozu prostřednictvím koordinace služeb údržby a oprav a dodržováním pokynů výrobce a zavedených postupů (TPM). Školí techniky v údržbě a operátory ve výrobě.

4.2.8 Kontrola kvality

Reklamační řízení

Reklamační řízení má dvě strany. Na jedné straně se řeší reklamace výrobků a dílů

Logistická reklamáce nakupovaných výrobků

Oddělení nákupu s pracovníky vstupní technické kontroly jedná se zástupci dodavatele. Zástupcům dodavatele je povinnost provést umožnění prohlídky reklamovaného zboží, pokud je vyžádána. Pokud je podána žádost o opětovné kontrolní proměření, je pracovník vstupní technické kontroly ji povinen provést. Po projednání reklamáce se sepíše reklamační protokol, ve kterém se uvede způsob vzájemné dohody (vrácení materiálu, uhrazení naběhlých nákladů, dobropis, dodatečné posláni chybějících kusů apod.).

V případě, že se u dodavatele vyskytne opakovaná reklamáce, je projednáno s dodavatelem žádost o učinění účinných opatření k nápravě. Každá logistická reklamáce se projeví v bodovém hodnocení dodavatele a případně dochází ke snížení. Jako poslední krajní možnost zbývá hledání nového dodavatele a případné ukončení spolupráce se stávajícím dodavatelem.

Technická reklamáce nakupovaných výrobků

Technická reklamáce se provádí ve dvou stupních. První stupeň provádí pracovník vstupní technické kontroly, který mimo kvantitativního množství kontroluje, zda dodávka není vizuálně poškozena. V případě vizuálního poškození skladník informuje kontrolu kvality o vzniklé situaci. V každém případě podnik musí zboží převzít, jelikož je v dohodě, že odevzdáním zboží přepravci se převádí odpovědnost na Parker. Další řešení bude projednáno s dodavatelem nebo zda dodávka bude dodavateli reklamována.

Druhý stupeň technické reklamáce provádí kontrolor kvality ve spolupráci s procesními inženýry. Při novém dodavateli či novém výrobku k tomu potřebují dokumenty o dílech. Důležitý je podrobný výkres a náměrový protokol, ve kterém je každá položka výrobku. U každé dodávky pak v laboratoři kontrolor kvality vezme každou položku a přeměří, zda jsou v pořádku. Potvrzený dokument se nazpátek posílá dodavateli a zahájí se výroba.

V případě neshody kontrolor vystaví „Sdělení o vadné dodávce“, které slouží jako podklad pro zahájení reklamačního řízení. Dále kontrolor provede identifikaci neshody a sepíše zápis o neshodě a ten se pošle dodavateli. Případně 8D report, který se dělá pro nově objevené reklamáce u stálých dodavatelů.

Reklamáce může být vyřešena několika způsoby:

- doplněním zbývajících dodávek,
- opravou provedenou dodavatelem v odsouhlaseném termínu,
- opravou provedenou v Parker na účet dodavatele,
- slevou z prodejní ceny nebo navrácení nákupní částky,
- zaslání správné dodávky v případě, že nastala záměna.

V případě nesouhlasu dodavatele se zápisem o neshodě projedná manažer kvality s vedoucím divize stanovisko dodavatele s odbornými útvary. Na základě tohoto jednání se připraví dohoda o řešení reklamace, která se zašle dodavateli. V případě souhlasu dodavatele postupuje dle návrhu, v případě nesouhlasu je zahájeno arbitrážní řízení. Každá technická reklamace se rovněž projeví v bodovém hodnocení dodavatele a dochází k jeho snížení.

8D report

Pokud nastane chyba na straně dodavatele, existuje webové rozhraní, kde je seznam dodavatelů a jejich hodnocení, kontakt apod. Po zapsání čísla dílu, popisu problému, množství, volba zamítnutí nebo přepracování (většinou se volí zamítnutí, protože s tím bývají navíc problémy jako je přefakturování, riziko nenávratného poškození apod.) se vygeneruje 8D report. Ten se standardně volí při dodavatelských i zákaznických reklamaci. [88, 89]

- **D0: Základní popis problému, informace o dílu, o dodavateli a zodpovědných osob.**
- **D1: Vytvoření týmu pro vyřešení problému**
- **D2: Podrobný popis problému.**

Kompletní popis problému, pokud je relevantní, tak i s obrázky. Určení problému identifikováním v termínech, jako je kdo, co, kde, kdy, proč, jak a kolik.

- **D3. Izolace problému.**

Zavedení a dokumentace opatření izolace problému od zákazníka až po zavedení trvalého opatření. Jsou to akce, které se provádějí okamžitě – kontrola skladu, kontrola externích skladů, výroby. Zajištění následných případných problémů, aby se na výrobní linky dostávaly pouze shodné výrobky.

- **D4: Kořenové příčiny.**

Určení všech příčin, které by mohly vysvětlit, proč k problému došlo. Všechny příčiny musí být ověřeny nebo prokázány. Tento přístup využívá několik nástrojů, jako je metoda 5x Proč nebo Diagram příčin a následků.

- **D5: Nápravné opatření pro problém/nesoulad**

Volba nejlepšího nápravného opatření, které eliminuje daný problém.

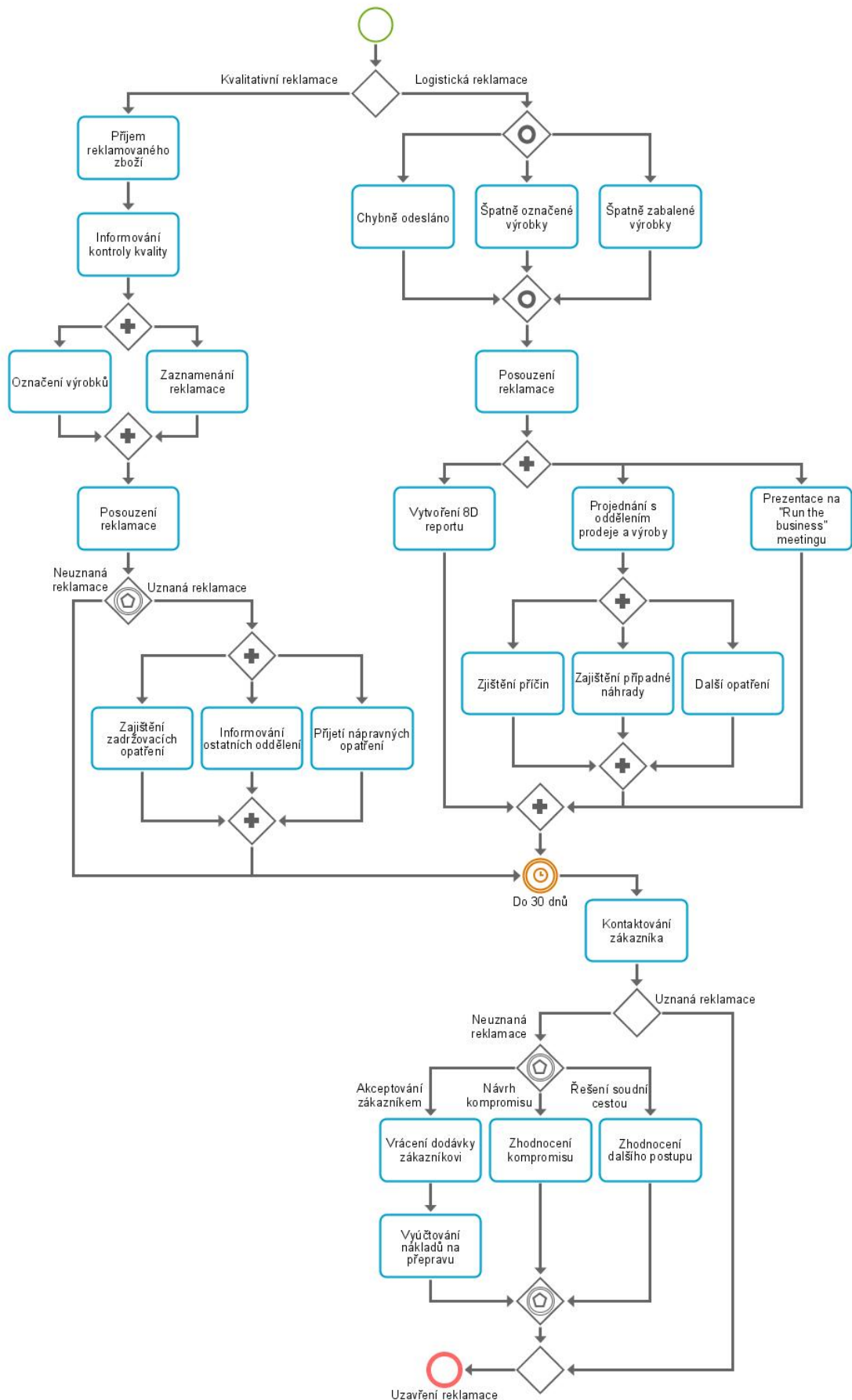
- **D6: Realizace nápravného opatření**

Dokumentace, záznamy a efektivnost nápravných opatření.

- **D7: Preventivní akce k zabránění opětovnému výskytu problému**

Analýza a případná změna stávajících procesů, metod, konstrukce, dokumentace a výrobních systémů k zabránění opětovnému výskytu řešeného problému.

- **D8: Vyhodnocení a ověření účinnosti opatření**



Obr 4.12 Reklamační řízení – prodej

Reklamacie výrobků dodávaných firmou Parker

Proces reklamování výrobků dodávaných firmou Parker se dělí na dvě větve. Model tohoto procesu je znázorněn na Obr 4.12.

Vrácený výrobek je uložen v zóně pro neskladové pozice. Náhodně vybraný vzorek je odeslán na inspekci do laboratoře kontroly kvality, kde je výrobek podroben zkouškám a zjišťováním příčiny vzniku reklamacie.

Logistické reklamacie se posuzují s ohledem na uzavřenou smlouvu, resp. všeobecné dodací podmínky podepsané s odběratelem. Logistická reklamacie může vzniknout balením, při kterém mohou být výrobky špatně zabaleny nebo špatným štítkem označeny, resp. nezabaleny do zákaznickově určených rozměrů přepravních boxů, nebo může případně vzniknout na expedici, kde může být zabalené zboží chybně odesláno jinému zákazníkovi. Postup řešení je pak následující:

- Reklamacie se nejpozději další pracovní den projednává s oddělením výroby a nákupu – zjištění příčin reklamacie, zajištění případné náhrady apod.
- Poté se zapíše do evidence reklamací všechny potřebné údaje, popř. vytvoří výše zmíněný 8D report, který bude obsahovat příčiny reklamacie, definice nápravného opatření, definice opatření pro omezení opakování reklamacie.
- Logistické reklamacie a způsob jejich vypořádání se prezentují na každodenní poradě „Run the business“.

Je potřeba vyřídit logistické reklamacie v co nejkratším termínu. Reklamacie musí být uzavřena nejpozději do 30 dnů dle platného občanského zákoníku [90].

Technickou reklamaci přijímá pracovník expedice a informuje oddělení kontroly kvality. Poté dochází k posouzení reklamacie.

V případě oprávněnosti reklamacie kontrolor kvality ve spolupráci s manažerem řízení kvality zajistí provedení okamžitých zadržovacích opatření. Při zjištění příčiny vzniku reklamacie je navrženo přijetí příslušných nápravných opatření. Plánovač výroby zajistí dodání náhradního plnění předmětu reklamacie z rozpracovaných výrobků, popřípadě musí zajistit vyrobení předmětu reklamacie v co nejkratším možném termínu.

Manažer kvality vyrozumí zákazníka nejpozději do 30 dnů. Opravené reklamované zboží je z výrobního střediska standardně předáno na expedici. Výrobky se v nejbližším možném termínu (podle dohody se zákazníkem) expedují. Dodávka je označena dle požadavku

zákazníka (požadavek zajistí kontrolor kvality).

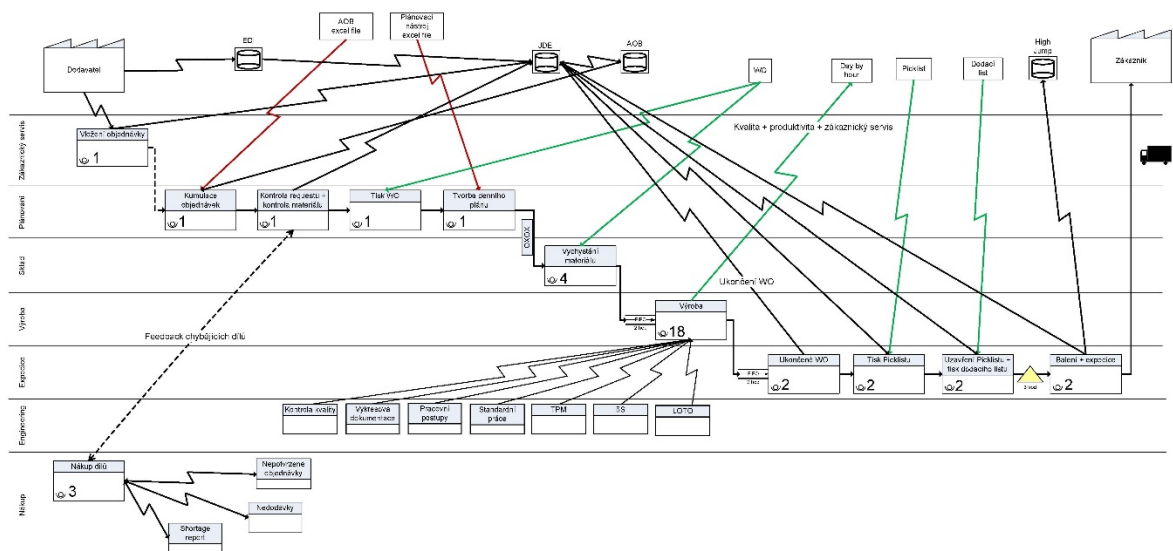
V situaci, kdy firma Parker shledá danou reklamaci jako neoprávněnou informuje o tom zákazníka do 30 dnů od přijetí reklamovaného výrobku. Zákazník na to může reagovat následujícími způsoby:

- Zákazník akceptuje zamítnutí reklamace a firma Parker vrací výrobek zákazníkovi a vyúčtovává mu náklady spojené s přepravou výrobku,
- zákazník navrhuje kompromis – o přijetí nebo zamítnutí kompromisu rozhoduje manažer kvality s vedoucím divize,
- zákazník chce řešit reklamaci soudní cestou – v této situaci o dalším postupu rozhoduje vedení Parker.

4.3 Shrnutí řízení výroby

Jak již bylo zmíněno, spousty těch úkonů vyžadují manuální práci, zdvojenou kontrolu, excel soubory nebo papírové formáty. Současný systém je velice málo pružný. Hodně se spoléhá na lidi, kde vstupuje lidský faktor, který je nespolehlivý. Je potřeba sbírat informace precizně a ohromné množství informací nelze ani ručně sbírat.

Pro přehledné zobrazení aktuálního stavu bylo pro současný stav procesů vytvořeno mapování toku hodnot (Value stream mapping), které se využívá k analýze a nastavení toku materiálu a informací potřebných k dodání výrobku zákazníkovi.



Obr. 4.13 Mapování toku hodnot aktuálního stavu (ve větším rozlišení v Příloze 1)

5 Doporučení pro praxi

Na základě provedené analýzy procesů je možné provést jejich zefektivnění. Součástí zefektivnění analyzovaných procesů je návrh jejich navázání na výrobní informační systém MES, který by dokázal odstranit většinu manuální práce, snížit množství akcí v papírovém formátu a celkově aby mohl výrobní systém pružně a efektivně fungovat.

A aby mohl výrobní systém efektivně fungovat, vyžaduje přesné a spolehlivé plánování a řízení, které umožňuje okamžitě reagovat na případné změny v procesech a poskytuje jasný přehled o stavu výrobních zakázek.

Představa ideální firmy – prostřednictvím systému MES, který je napojen na IoT platformu a ERP systém, který má propojené stroje, nástroje, lidskou obsluhu. Kde by bylo možné extrémně pružně měnit vstupy i výstupy výroby, precizně pozorovat kvalitu a proces výroby a vše zaznamenat do systému. Poloautonomní řízení by pak umožňovalo svižně měnit parametry výroby v řádu několika minut nebo hodin a zobrazovat v reálném čase důležitá data a předávat je připojeným informačním systémům. Takové ideální řešení je možné, ale v současnosti není v podniku, ani prakticky nikde na světě implementováno. [91]

5.1 Návrh na zavedení výrobního informačního systému (MES)

Cílem návrhu na zavedení výrobního informačního systému (MES) je získat online přehled o stavu výroby (výroba/prostoj, aktuální zakázka, hodinový výkon, evidence přihlášené obsluhy), zvýšit efektivitu výroby, zautomatizovat administrativu ručního přepisování dat o odvedené výrobě a vytvořit jednotný a snadno dostupný systém MES.

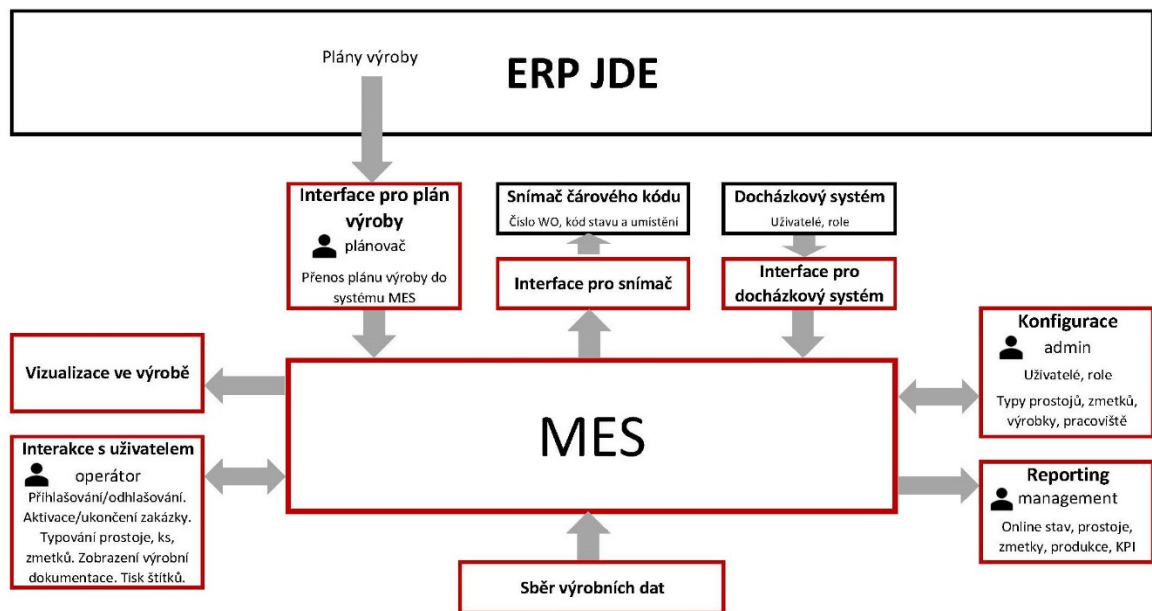
MES v době Průmyslu 4.0

Průmysl 4.0 může dopomoci ke značnější pružnosti výroby, a to i při požadavcích, jako je nárůst rozmanitosti produktů a efektivity výroby. Zejména pak Průmysl 4.0 využívá velké objemy dat získané z technologií a procesů pro práci s nimi v pokročilých systémech, což umožňuje data efektivně zpracovat a využít při rozhodování.

Například velice detailní a digitalizované výrobní procesy mohou být variabilně naplánovány a provozovány na různých výrobních linkách, pracovištích a zařízeních. Současně bude možné dynamicky měnit parametry výrobního procesu i při výrobě na základě vstupů z okolního světa prostřednictvím standardizovaného komunikačního rozhraní. Díky průmyslovému IoT bude možné získat více vstupů, než je tomu dnes, a snadněji integrovat zařízení a systémy z dodavatelského řetězce. [91]

Tyto přístupy samozřejmě povedou ke zvýšení objemu dat a zároveň i informací, které jsou

v nich ukryty. Ve srovnání s tradičními metodami, kdy je v roli analytika člověk, budou metody pokročilého vytěžování s následnou aplikací umělé inteligence stále více prosazovány. Konečným stavem bude využití automaticky vytěžených informací, které mají přímý vliv na průběh výroby prostřednictvím automatizované změny výrobních parametrů. [91]



Obr 5.1 Návrh systémové architektury MES pro Parker

5.1.1 Sběr dat

Služba by zajišťovala sběr dat z různých datových zdrojů a jejich následné zpracování MES systémem. Nad surovými (bez znalosti např. zakázky) výrobními daty ze serveru provádí business logiku, poskytuje je všem modulům a komunikuje s nimi. Na této úrovni by nedocházelo k interakci s uživatelem.

Sběr může probíhat tak, že operátor „načte“ čárový kód identifikující zakázku. Terminál data zpracuje a ihned je pošle do centrální databáze. Terminál lze ovládat s minimálním zaškolením a aplikace jsou navrženy tak, aby vzdorovaly nechtěným lidským omylům. Terminály by se umístily na pracoviště v takovém množství a na taková místa, aby pracovníky nezdržovalo přijít k terminálu a jej ovládat.

Při započetí výroby zakázky by operátor aktivoval WO skenováním čárového kódu. Poté si přestaví a připraví linku pro konkrétní zakázku a až by byla linka připravena, operátor by znovu oskenoval čárový kód nebo potvrdil tlačítkem na terminálu a začal s výrobou.

Pokud výroba překročí daný CT (čas na výrobu dílu), systém by automaticky vyhlásil prostor a operátor musí po ukončení výroby aktuálního dílu udat důvod zpoždění.

Přínos zavedení odvádění operací ve výrobě musí zdůvodnit počáteční investici. Ty

nejdůležitější benefity jsou:

- Snížení chyb při sběru dat a snížení administrativních požadavků. Takto přesná data v takovém množství by nemohla být shromažďována ručně.
- Možnost automatizace pohybu zásob (výdej materiálu, příjem hotových výrobků) v návaznosti na provedení operací. Stav skladu se stává aktuálnějším a přesnějším, což přináší lepší možnosti plánování.
- Získání informací o provozu strojů. Systém je možné propojit například s modulem údržby a plánovat odstávky, revize, doplňování kapalin a podobně.
- Možnost kapacitního plánování. Plánování kapacit má smysl pouze tehdy, znáte-li aktuální stav. Pokud se v průběhu dne něco pokazí, tento plán již neplatí. Proto je nutné znát realitu a použít aktuální data k přepočtu plánu.
- Neustálé zdokonalování norem spotřeby času. To výrazně zlepšuje plánování. Proto je žádoucí časové normy průběžně přezkoumávat a upravovat. Znalost skutečnosti je pro to důležitým předpokladem.
- Zpětná dohledatelnost výkonů jednotlivých pracovníků.
- Sledování průběhu výroby. [92]

5.1.2 Interakce s uživatelem

Výrobní modul je aplikací spuštěnou na přiřazeném pracovišti. Aplikace by sloužila jako uživatelské rozhraní a byla by primárně určena pro obsluhu na terminálech na pracovištích.

Uživatelské rozhraní aplikace by umožňovalo přihlášení/odhlášení obsluhy, aktivaci a ukončení zakázky, typování a komentování prostoje, zmetků a další funkce. SW modul je aplikace určená pro běh na libovolném terminálu. Při implementaci aplikace by došlo k optimalizaci vzhledu obrazovek tak, aby se pro obsluhu minimalizoval počet nutných úkonů (kliků) na terminálu.

Aplikace v terminálu by umožňovala zobrazit stav stroje, identifikace zakázky, CT plánovaný a skutečný, prostoje, zmetky a PDF podklady k výrobku. Dále by terminál dovoloval přihlášení/odhlášení (evidence času a ID přihlášené obsluhy na pracovištích), aktivaci a ukončení zakázky (skenem čárového kódu WO), automatickou detekci a manuální vyhlášení prostoje, tisk štítků na základě aktivního WO a tím i výrobku.

5.1.3 Konfigurace

Jedná se o konfigurační nástroj – modul pro uživatelskou administraci MES systému, ve kterém lze přidávat, editovat a mazat jednotlivé položky do jednotlivých číselníků. Přístup

k editaci má role Administrátor. Autorizovaní uživatelé budou moci tvořit a editovat informace o pracovištích a strojích, o výrobcích, skupiny prostoje a zmetků.

5.1.4 Vizualizace ve výrobě

Jedná se o obrazovku umístěnou přímo ve výrobě, která bude sloužit pro čtení pro operátory na pracovištích. Operátoři se přihlašují na terminálu pouze pasivně, to znamená, že nemají přístup k aplikaci na terminálu. Informačním zdrojem je pro ně tedy zde umístěná obrazovka.

Obrazovka bude zobrazovat přihlášenou osádku na lince dle jednotlivých pracovišť, hodinový výkon za směnu a aktuální denní plán pro danou linku.

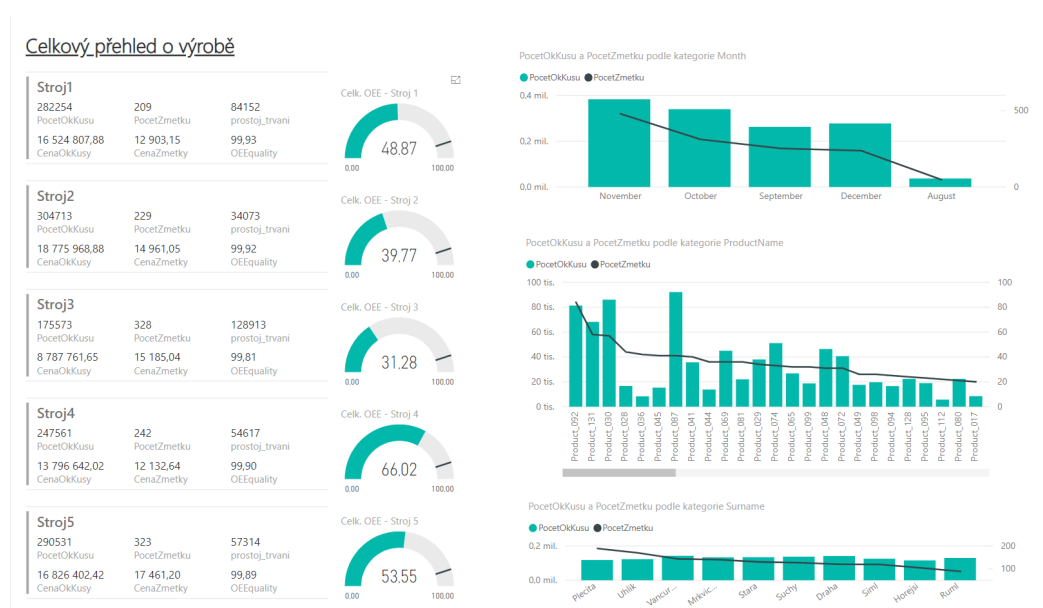
5.1.5 Reporting

Modul umožňuje v přehledné formě zobrazit centrálně uložená data formou tabulek a grafů. Uživatelé budou mít přístup k reportům přes webový prohlížeč v podnikové síti.

Report se dělí:

- **Online reporty**, které ukazují aktuální stav, na který je možné reagovat. Reporty se automaticky obnovují
- **Historické reporty**, které pomocí filtrů umožňují podívat se na historický časový úsek. Historické reporty budou zpracované po ukončení směny.

Dále se reporty dělí na **statické reporty**, které jsou předvytvořeny např. dodavatelem a umístěny na server, odkud si je mohou uživatelé zobrazovat přes webový prohlížeč. Statické reporty je možné pouze filtrovat přes vstupní filtry, např. datum od, do, stroj apod. A na



Obr 5.2 Příklad uživatelského dashboardu v Power BI

analytické reporty BI, které se oproti statickým reportům, umožňují snadnou uživatelskou změnu pohledu. Pro zobrazení se používají SW nástroje jako Excel kontingenční tabulka, nebo MS Power BI.

5.2 Průmyslové IoT

Myšlenka Internetu věcí se zakládá v přidání velkého počtu různých fyzických „věcí“ do Internetu s cílem zajistit sběr dříve nedostižných dat a jejich přenos po Internetu do cloudu. V průmyslovém prostředí jsou těmito „věcmi“ zejména různé výrobní zařízení, stroje nebo manipulační technika. S příchodem kapesní elektroniky (např. chytré hodinky) to mohou být i jednotliví zaměstnanci, jejichž pohyb a činnosti mohou být nepřetržitě monitorovány.

Jednotlivá zařízení prostřednictvím IoT vytváří data, která jsou přenášena přes Internet do cloudu. Hlavní přidaná hodnota je využití surových dat z IoT v kombinaci s daty z jiných zdrojů, jako jsou systémy MES nebo ERP, a jejich transformace do hodnotných informací, které se využijí k zefektivnění výroby. [93]

V průmyslovém IoT lze určit dvě hlavní složky – IoT hardware, který funguje jako komunikační brána mezi fyzickými zařízeními a Internetem, a IoT software ve formě komunikační IoT platformy, která se stará o odesílání a ukládání dat, a popř. analýzu v cloudu.

5.2.1 IoT hardware

V Parkeru na divizi PDE, jakož i v celém podniku, se lze v současnosti setkat s kombinací různých zařízení a strojů různého stáří a od různých výrobců. Vedle sebe tedy existují stará zařízení bez žádného sběru dat a nová zařízení, která již obsahují nějakou formu automatizace, tj. vybavenou senzory a PLC řízení. Jednotlivé technologie od různých výrobců používají různé komunikační sběrnice a protokoly, z nichž některé jsou vzájemně nekompatibilní.

IoT hardware pomáhá připojit jednotlivá zařízení a stroje do světa IoT. IoT zařízení je realizováno jako malá a levná elektronická součástka připojující se k fyzické věci, která obsahuje senzory, software, mikročip s pamětí, baterii a nabízí bezdrátové připojení k Internetu. [93]

5.2.2 IoT aplikace

Jak již bylo zmíněno, cílem zavedení průmyslového IoT je usnadnit sběr dat z jednotlivých výrobních zařízení a pomocí analýzy zefektivnit výrobní procesy. Data z IoT platformy jsou používána v celé řadě aplikací:

- Měření CT strojů – nejjednodušší, avšak velmi běžný způsob použití IoT, kdy se pomocí

- dodatečných snímačů rozpoznává začátek a konec operace stroje;
- měření a řízení spotřeby energií – integrace s měřidly energií včetně propojení se stroji a řízení několikaminutových intervalů spotřeby (záleží na určitém nastavení), které jsou důležité zejména pro energeticky náročnou výrobu;
 - vzdálený monitoring technologií – měření provozních parametrů na vzdálených místech, kde IoT senzory napájené z baterie přenášejí data přes bezdrátovou komunikační síť;
 - propojení výrobních technologií a nadřazených systémů, jako je MES nebo ERP – IoT v tomto případě odlišuje nadřazené systémy od specifík různých komunikačních sběrnic, protokolů a formátů a místo toho nabízí data v jednotném formátu;
 - prediktivní údržba [93]

5.3 Nový SW pro pokročilé plánování

Nástroj pro plánování do omezených (konečných) kapacit, který se stává základem plánování pro reálné kapacity výrobních jednotek (linek/strojů/pracovišť). Umožňoval by vytvoření plánu a jeho následnou editaci dle potřeby.

Modul by automaticky zobrazoval vstupní data pro plánování z ERP JDE. Zároveň by modul plánování byl napojen na automatický sběr dat ze strojů (MES), který online poskytuje zpětnou vazbu ze skutečného výrobního provozu.

Přínosy:

- Zjednodušení a zprůhlednění procesu plánování
- Operativní plánování s možností posouzení dopadu rozhodnutí
- Schopnost průběžně sledovat plnění plánu
- Okamžité informace o úpravě plánu všem zúčastněným

Vstupy:

- ERP plán, co se má vyrobit z JDE
- Číselníky z ERP JDE – WO, product, product item, ...
- WIP – data o stavu a umístění (linky) daného WO na hale

Výstup:

- Výstup plánu by byl importován do MES na základě tlačítka

5.4 Shrnutí a přínosy

Jedním z nejdůležitějších přínosů z doporučení je zavedení výrobního informačního

systemu MES a sběr dat pomocí IoT. Tento systém nám umožní také naplnit požadavek na řízení procesů v kontextu jejich měření a vyhodnocování.

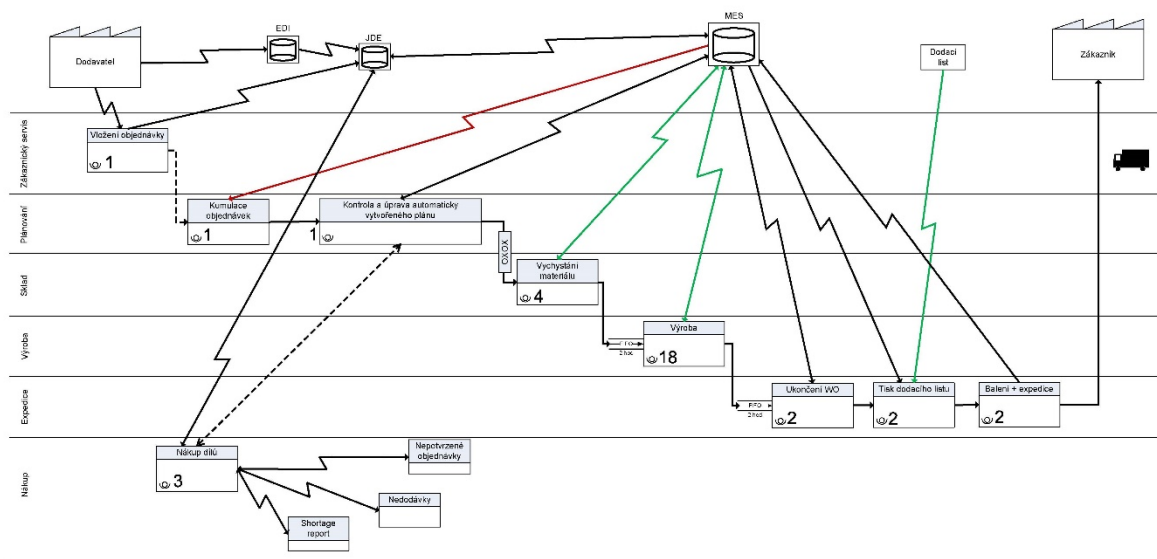
Jak lze z níže uvedeného obrázku vidět, všechny výrobní procesy by procházely přes jednotný a snadno dostupný výrobní systém MES. Zjednodušila by se metoda plánování. MES obsahuje vylepšený nástroj pro kapacitní plánování, který automaticky tvoří denní a týdenní plán podle pracovišť a podle počtu operátorů. Také dokáže kontrolovat dostupnost materiálu ve skladu, zda je možné plánovat a kdy materiál bude.

Dále by se zvýšila efektivita výroby sběrem dat prostřednictvím IoT a následnými analýzy a analytickými reporty v MES systému ukazující aktuální stav, na který je možné reagovat nebo historický časový úsek, který by ukazoval nejkritičtější místa.

Pomocí MES by se odstranila nutnost ručního přepisování dat o odvedené výrobě a dokázala by se zautomatizovat administrativa s online přehledem o stavu výroby.

Poté by na každé výrobní lince byla obrazovka s přehledem o výrobě a terminál, který by mimo jiné umožňoval zobrazit všechny informace důležité pro výrobu v digitální podobě (identifikace zakázky, CT plánovaný a skutečný a PDF podklady k výrobku), které jsou uloženy v databázi MES. Nahradilo by se tím velké množství papírových podkladů, které bývají většinou nepřehledné a nevyhovující a „digitalizovala“ by se současná magnetická tabule, kde se ručně zapisuje hodinové množství vyrobených kusů.

Na druhou stranu největší překážkou v zavádění inovací, resp. brzdou v rozvoji v rámci Průmyslu 4.0, se považuje vysoká finanční náročnost a nedostatečná kvalifikace zaměstnanců. Proto se podniky obecně začínají věnovat hlavně informačním technologiím a digitalizaci.



Obr. 5.3 Mapování toku hodnot budoucího stavu (ve větším rozlišení v Příloze 2)

5.5 Další doporučení

5.5.1 Elektronický systém pro proškolení

Cloudová aplikace, která by měla interface na základě časového razítka. Systém by obsahoval Skillmatrix – matici proškolení jednotlivých pracovníků dle pracovišť. Dá se využít pro prověřování oprávnění k práci na určitém pracovišti při přihlášení pracovníka na dané pracoviště.

5.5.2 Systém e-Kanban

V závislosti na implementaci takzvaného e-Kanban systému by byly chybějící nebo prázdné koše automaticky rozpoznány pomocí senzorů. Systém e-Kanban by posílal Kanban informaci ke spuštění doplňování. Kromě toho by šlo snadno provést úpravy v systému s ohledy na změnu velikosti dávek, procesů nebo CT. Thermo King, mezinárodní výrobce systémů pro regulaci teploty, implementoval aktivní RFID pro e-Kanban systém pro doplňování dílů ve svém podniku v irském Galway. Když dostupné díly na linkách klesnou na přednastavenou úroveň, operátoři jednoduše stisknou tlačítko, které je integrováno do aktivního RFID štítku. Signál je přijímán podnikovou bezdrátovou sítí. Zasláná informace obsahuje číslo dílu a umístění, kde vyžadují doplnění, a systémový software objedná dávku na příslušnou montážní linku. [18]

5.5.3 Automatizace v zabraňování chyb

Magna T.E.A.M. Systems široce využívají technologii čárových kódů, aby eliminovaly výrobní a lidské chyby. Všichni operátoři používají čárové kódy k přihlášení na svou pracovní linku, takže existuje záznam o tom, kdo staví jaký díl. Elektronické pracovní instrukce se zobrazují na obrazovce každé linky jako pro zabránění před chybami a slouží jako vizuální pomůcka pro operátory. Vzhledem ke všem drobným rozdílům, které se týkají montáže různých zakázek, musí operátoři neustále hledět na obrazovku, aby se ujistili, zda používají správný komponent pro zhotovení výrobku podle postupu a také ověřují na obrazovce hodnoty kroutících momentů získaných pomocí senzorů. Proces řízení a monitorování procesů v závodě Magna je řízen systémem MES. Celý proces sekvencování je automatizován, včetně všeho od přijetí objednávky až po odeslání dodacího listu. Kromě toho jsou do systému připojeny elektrické upevňovací nástroje, snímače čárových kódů a RFID štítky pro zabraňování chyb. [94]

5.5.4 Digitalizovaná Heijunka

Kromě flexibilního systému zásobování materiálu společnost WITTENSTEJN AG digitalizovala Heijunka nástěnnou desku. Heijunka popisuje způsob převodu zákaznických objednávek do menších opakujících se dávek. Namísto běžných nástěnných desek byly nastaveny displeje s grafickým uživatelským rozhraním (GUI), které jsou připojeny k výrobní lince a MES. Tímto způsobem lze zkrátit informační toky a usnadnit aktualizaci desky. [95]

5.5.5 Prediktivní údržba

Monitorování stavu, analýza dat a včasná predikce poruch zvyšuje dobu provozu a celkovou efektivitu zařízení. Za tímto účelem praktiky prediktivní údržby ve výrobních zařízeních přibýly. Název softwarové platformy je MAPR Distribution Including Hadoop®. V této architektuře softwaru jsou shromážděná data pomocí senzorů poslána do databáze v časových intervalech. Data v databázi jsou analyzována pomocí prediktivních algoritmů a při zjištění kritické úrovně je naplánována údržba. Kromě toho, pro všechny výrobní závody, jsou elektromotory základními prvky a jsou ovlivněny hlavně poruchami ložisek. Poruchy ložisek mohou být detekovány předem pomocí senzorů, které sledují trend vibrací. Výstražné, varovné a poruchové úrovně rychlosti vibrací jsou stanoveny tak, aby předčasně předvíдалy a zamezily selhání komponentů. [18]

5.5.6 Aditivní výroba

Společnost Mercedes-Benz Trucks v Německém Stuttgartu vyrábí náhradní díly pomocí 3D tisku. Zpočátku to byly plasty pro kabinu vozidla, ale nyní to jsou složitější kusy s náročnějšími zkouškami kvality, kde se ukázalo, že mají větší odolnost proti teplu a nárazu. [96]

5.5.7 Efektivní energie

System „co2st-tem“ společnosti CO2 Smart Tech je software pro monitorování, analýzu a řízení energií aplikovaný na průmyslové procesy a služby. Poskytuje komplexní přístup k řízení energie, který umožňuje identifikaci, kontrolu a optimalizaci faktorů souvisejících s energetickými úsporami a zdroji (elektrina, voda, plyn, pára, ...).

Jakékoli hodnoty tlaku, hladiny, průtoku, teploty nebo dat (výroby, jednotek, uživatelů atd.) mohou být zpracovány a analyzovány tak, aby bylo možné optimalizovat její využití a efektivitu. [97]

Závěr

Zjištění ukazují pozitivní soulad mezi zaváděním procesního řízení a Průmyslem 4.0. Každý problém implementace procesního řízení z pohledu integrace má řešení v klíčových technologiích spojené s Průmyslem 4.0. Tyto klíčové technologie řeší překážky ve všech faktorech – dodavatele, zákazníka, procesu, kontrolní a lidské. Výzkumy jednoznačně potvrzují, že využitím konceptu Průmyslu 4.0 jsou průmyslová odvětví schopna stát se štíhlou, aniž by musela udržovat vědomé a vytrvávající úsilí o štíhlost. Koncepce, provoz a údržba výrobního průmyslu se díky technologiím Průmyslu 4.0 značně zlepšují. Díky pokročilým informačním a komunikačním systémům spolu se štíhlou provozní strukturou má průmysl potenciál rozšířit nové obzory.

Nová průmyslová revoluce má silný vliv na procesní řízení, protože převádí výrobu z centralizovaného modelu na decentralizovaný. To vyžaduje rozsáhlé přijetí inteligentního propojení strojů a systémů, a to nejen ve stejném výrobním závodě, ale také v celém organizačním systému.

S ohledem na globalizovaný svět je hlavní otázkou realizace rozvojových strategií, které mohou trvale zaručit konkurenceschopnost podniků. V tomto kontextu se technologický plán Průmyslu 4.0 prezentuje jako vizuálně znázorněná cesta ke zvýšení konkurenceschopnosti podniků. Technologický plán Průmyslu 4.0 poskytuje přehled o aktuální situaci společnosti s výhledem do budoucna, který by měl být dosažen v daném časovém horizontu. Tato kapitola se snažila představit ucelený rámec technologického plánu Průmyslu 4.0, který by zahrnoval strategickou fázi a fázi vývoje nových produktů a procesů.

Případová studie tvoří praktickou část práce, ve které je vypracováno představení podniku a podrobná analýza procesů. Ta je vypracována ve spolupráci se zaměstnanci podniku Parker Hannifin Industrial s.r.o. divize PDE. Data pro analýzu a vypracování případové studie byla získána ústními pohovory a sledováním zaměstnanců při práci. Na základě sběru dat byly popsány a vymodelovány procesy z každé oblasti výroby. K modelování těchto procesů posloužily programy ARIS Express a Microsoft Office Visio kvůli intuitivnímu uživatelskému rozhraní.

Výsledkem je poslední část práce, kde je navrženo zavedení výrobního systému do podniku, který se stále potýká s ručním zpracováním výsledků výroby. MES by dokázal odstranit většinu manuální práce, vylepšit plánování, snížit množství akcí v papírovém formátu a celkově aby mohl výrobní systém pružně a efektivně fungovat. Kapitola dále obsahuje doporučení v podobě automatického sběru dat pro analytické reporty pomocí průmyslových IoT zařízení, vylepšeného pokročilého plánování, prediktivní údržby apod.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] *Průmysl 4.0 ve vazbě na kvalifikovanou pracovní sílu v oboru IT/ICT* [online]. Praha: Národní vzdělávací fond, 2016. Dostupné z: http://rskuk.cz/files/OP-Z/Prumysl-4.0-ve-vazbe-na-kvalifikovanou-pracovni-silu-v-oboru-IT_ICT-v-UK.pdf
- [2] YÁÑEZ, Fran. *The Goal Is Industry 4. 0: Technologies and Trends of the Fourth Industrial Revolution*. Great Britain: Independently Published, 2017. ISBN 9781973413172.
- [3] *Zukunftsprojekt Industrie 4.0* [online]. [vid. 2018-12-13]. Dostupné z: <https://www.roboyo.de/im-fokus/industrie-4-0/>
- [4] MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 9788072614400.
- [5] WITTENBERG, Carsten. Cause the Trend Industry 4.0 in the Automated Industry to New Requirements on User Interfaces? In: Masaaki KUROSU, ed. *Human-Computer Interaction: Users and Contexts*. Cham: Springer International Publishing, 2015, s. 238–245.
- [6] TECNALIA. *Factory of the Future* [online]. 2017 [vid. 2019-01-10]. Dostupné z: <https://www.tecnalia.com/images/stories/Catalogos/informe-fabrica-del-futuro-EN.pdf>
- [7] *Action Plan on digitalisation of industry - Sercobe* [online]. [vid. 2019-01-23]. Dostupné z: <http://www.sercobe.es/wp-content/uploads/2016/03/Digitising-European-Industry-complete-slide-set-v1.5.pdf>
- [8] SCHWAB, Klaus. *The fourth industrial revolution*. 1. New York: Crown Business, 2017. ISBN 9781524758868.
- [9] *3D tisk* [online]. [vid. 2019-01-17]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/3D_tisk
- [10] MASTNÝ, Gabriel. *Evoluce 3D tisku - 4D tisk* [online]. [vid. 2019-01-17]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/zpravodajstvi/hardware/evoluce-3d-tisku---4d-tisk>
- [11] *Regenerative design* [online]. [vid. 2019-01-23]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Regenerative_design
- [12] *CityOne - On demand economy* [online]. 2017 [vid. 2019-02-06]. Dostupné z: <https://www.cityone.cz/on-demand-economy/t6353>
- [13] GOODWIN, Tom. In the age of disintermediation the battle is all for the consumer interface. *TechCrunch* [online]. 2015 [vid. 2019-02-06]. Dostupné z: <https://techcrunch.com/2015/03/03/in-the-age-of-disintermediation-the-battle-is-all-for-the-customer-interface/>
- [14] YÁÑEZ, Fran. *The 20 key technologies of Industry 4.0 and Smart Factories*. 2017. ISBN 9781973402107.
- [15] ŠLIK, Libor. Big Data v bankách a různé přístupy k nim. *IT Systems*. 2017, (3), 23–24.
- [16] *Logística y transporte: la sensorización ha venido para quedarse - SATELIUN* [online]. [vid. 2019-01-16]. Dostupné z: <https://www.sateliun.com/2017/07/20/logistica-transporte-la-sensorizacion-ha-venido-quedarse/>
- [17] *Michelin earthmover - Michelin launches the MEMS Evolution3 | Michelin* [online]. 2015

- [vid. 2019-01-16]. Dostupné z: <https://www.michelin.com/eng/media-room/press-and-news/press-releases/Products-Services/Michelin-earthmover-Michelin-launches-the-MEMS-Evolution3>
- [18] USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKCAN. *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. B.m.: Springer International Publishing, 2017. Springer Series in Advanced Manufacturing. ISBN 9783319578699.
- [19] WANG, Shiyong, Jiafu WAN, Daqiang ZHANG, Di LI a Chunhua ZHANG. Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Computer Networks*. 2016, **101**, 158–168.
- [20] ABB CONTACT. Connecting the world - Industry 4.0, Customer news magazine by ABB. 2014.
- [21] VDMA. Industrie 4.0 in practice - Solutions for industrial applications. Industry 4.0 Forum. 2016.
- [22] LEE, Amanda. *Continental Automotive Pushes for Industry 4.0 With Robotiq and Universal Robots* [online]. 2017 [vid. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://blog.robotiq.com/continental-automotive-pushes-for-industry-4.0-with-robotiq-and-universal-robots>
- [23] *Böco Bóddecker optimises with collaborative robots UR* [online]. 2017 [vid. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://www.universal-robots.com/case-stories/boco-boddecker/>
- [24] BORGIA, Eleonora. The internet of things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications*. 2014, **54**, 1–31.
- [25] UCKELMANN, Dieter, Mark HARRISON a Florian MICHAHELLES. An Architectural Approach Towards the Future Internet of Things. In: Dieter UCKELMANN, Mark HARRISON a Florian MICHAHELLES, ed. *Architecting the Internet of Things*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, s. 1–24.
- [26] ZUEHLKE, Detlef. SmartFactory—Towards a factory-of-things. *Annual Reviews in Control*. 2010, **34**(1), 129–138. ISSN 1367-5788.
- [27] QIN, Jian, Ying LIU a Roger GROSVENOR. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Procedia CIRP*. 2016, **52**, 173–178.
- [28] PITTAWAY, Luke, Maxine ROBERTSON, Kamal MUNIR, David DENYER a Andy NEELY. Networking and Innovation: A Systematic Review of the Evidence. *International Journal of Management Reviews*. 2004, **5**, 137–168.
- [29] THAMES, Lane a Dirk SCHAEFER. Industry 4.0: An Overview of Key Benefits, Technologies, and Challenges. 2017.
- [30] RÜSSMANN, Michael, Philipp GERBERT, Markus LORENZ, Manuela WALDNER, Jan JUSTUS, Pascal ENGEL a Michael HARNISCH. *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries* [online]. 2015 [vid. 2019-02-25]. Dostupné z: https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx
- [31] WU, Dazhong, David ROSEN a Dirk SCHAEFER. Cloud-Based Design and Manufacturing: Status and Promise. In: *Cloud-Based Design and Manufacturing (CBDM): A Service-Oriented Product Development Paradigm for the 21st Century*. Berlin: Springer, 2014, s. 1–24.

- [32] GAUB, Heinz. Customization of mass-produced parts by combining injection molding and additive manufacturing with Industry 4.0 technologies. *Reinforced Plastics*. 2015, **60**.
- [33] FORD, Sharon. Additive Manufacturing Technology: Potential Implications for U.S. Manufacturing Competitiveness. *Journal of International Commerce and Economics* [online]. 2014 [vid. 2019-02-27]. Dostupné z: https://www.usitc.gov/journals/Vol_VI_Article4_Additive_Manufacturing_Technology.pdf
- [34] CONDON, Stephanie. *Stratasys partners with Siemens, Ford, Boeing* | *ZDNet* [online]. 2016 [vid. 2019-02-27]. Dostupné z: <https://www.zdnet.com/article/stratasys-partners-with-siemens-ford-boeing/>
- [35] JAZDI, Nasser. Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. *2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics*. 2014, 1–4.
- [36] PAELKE, Volker. Augmented reality in the smart factory: Supporting workers in an industry 4.0. Environment. *19th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA 2014*. 2014.
- [37] SYBERFELDT, Anna, Magnus HOLM, Oscar DANIELSSON, Lihui WANG a Rodney Lindgren BREWSTER. Support Systems on the Industrial Shop-floors of the Future - Operators' Perspective on Augmented Reality. *6th CIRP Conference on Assembly Technologies and Systems (CATS)*. 2016, **44**, 108–113.
- [38] *MonoHUD - DigiLens Inc.* [online]. [vid. 2019-03-24]. Dostupné z: <https://www.digilens.com/products/monohud/>
- [39] *Continental Head-up Display Augmented Reality HUD* [online]. [vid. 2019-03-24]. Dostupné z: <http://continental-head-up-display.com/>
- [40] CATERPILLAR. *Augmented Reality Brings Data to Life at Caterpillar [Video file]* [online]. [vid. 2019-03-24]. Dostupné z: <https://youtu.be/VGtCQWROytw>
- [41] SANDERS, Adam, Chola ELANGESWARAN a Jens WULFSBERG. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*. 2016, **9**, 811–833.
- [42] PIERCY, Niall a Nick RICH. Lean transformation in the pure service environment: The case of the call service centre. *International Journal of Operations & Production Management*. 2009, **29**(1), 54–76.
- [43] WOMACK, J P a D T JONES. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. B.m.: Free Press, 2010.
- [44] OHNO, T. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. B.m.: CRC Press, 1988.
- [45] SATOGLU, Sule Itir, M. Bulent DURMUSOGLU a Ibrahim DOGAN. Evaluation of the conversion from central storage to decentralized storages in cellular manufacturing environments using activity-based costing. *International Journal of Production Economics*. 2006, **103**(2), 616–632.
- [46] CONNER, Brett P., Guha P. MANOGHARAN, James W. LIMPEROS, Dakesha C. JORDAN, Ashley N. MARTOF, Lauren M. RODOMSKY a Caitlyn M. RODOMSKY. Making sense of 3-D printing: Creating a map of additive manufacturing products and services. *Additive Manufacturing*. 2014, **1–4**, 64–76.

- [47] MAHDAVI, Siavash Haroun a Peter J. BENTLEY. Innately adaptive robotics through embodied evolution. *Autonomous Robots*. 2006, **20**(2), 149–163.
- [48] GUBBI, Jayavardhana, Rajkumar BUYYA, Slaven MARUSIC a Marimuthu PALANISWAMI. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*. 2013, **29**(7), 1645–1660.
- [49] BUYYA, Rajkumar, Chee Shin YEO a Srikumar VENUGOPAL. Market-oriented cloud computing: Vision, hype, and reality for delivering IT services as computing utilities. *Proceedings - 10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, HPCC 2008*. 2008, (September), 5–13.
- [50] CALHEIROS, Rodrigo N., Rajiv RANJAN, Cesar A. F. DE ROSE a Rajkumar BUYYA. CloudSim: A Novel Framework for Modeling and Simulation of Cloud Computing Infrastructures and Services. 2009, (April).
- [51] TAO, Fei, Ying CHENG, Li Da XU, Lin ZHANG a Bo Hu LI. CCIoT-CMfg: Cloud computing and internet of things-based cloud manufacturing service system. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2014, **10**(2), 1435–1442.
- [52] AHUJA, I. P.S. a J. S. KHAMBA. Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*. 2008, **25**(7), 709–756.
- [53] SATOGLU, Sule Itir a Kirac UCAN. Redesigning the material supply system of the automotive suppliers based on lean principles and an application. *IEOM 2015 - 5th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Proceeding*. 2015, 1–6.
- [54] LIKER, Jeffrey K. a James M. MORGAN. The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*. 2011, **20**(2), 5–20.
- [55] SHAH, Rachna a Peter T. WARD. Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*. 2007, **25**(4), 785–805.
- [56] KELLER, Michael, Marius ROSENBERG, Niklas FRIEDERICHSEN a Malte BRETTEL. How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. 2014, **8**(1), 37–44.
- [57] SCHMIDT, Rainer, Michael MÖHRING, Ralf-Christian HÄRTING, Christopher REICHSTEIN, Pascal NEUMAIER a Philip JOZINOVIĆ. Industry 4.0 - Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results. In: *Business Information Systems*. B.m.: Springer International Publishing, 2015, s. 16–27.
- [58] TEPEŠ, Matic, Peter KRAJNIK, Janez KOPAČ a Brane SEMOLIČ. Smart tool, machine and special equipment: overview of the concept and application for the toolmaking factory of the future. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*. 2015, **37**(4), 1039–1053.
- [59] WEYER, Stephan, Mathias SCHMITT, Moritz OHMER a Dominic GORECKY. Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *IFAC-PapersOnLine*. 2015, **48**(3), 579–584.
- [60] CANNATA, A., M. GEROSA a M. TAISCH. SOCRADES: A framework for developing intelligent systems in manufacturing. *2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2008*. 2008, 1904–1908.

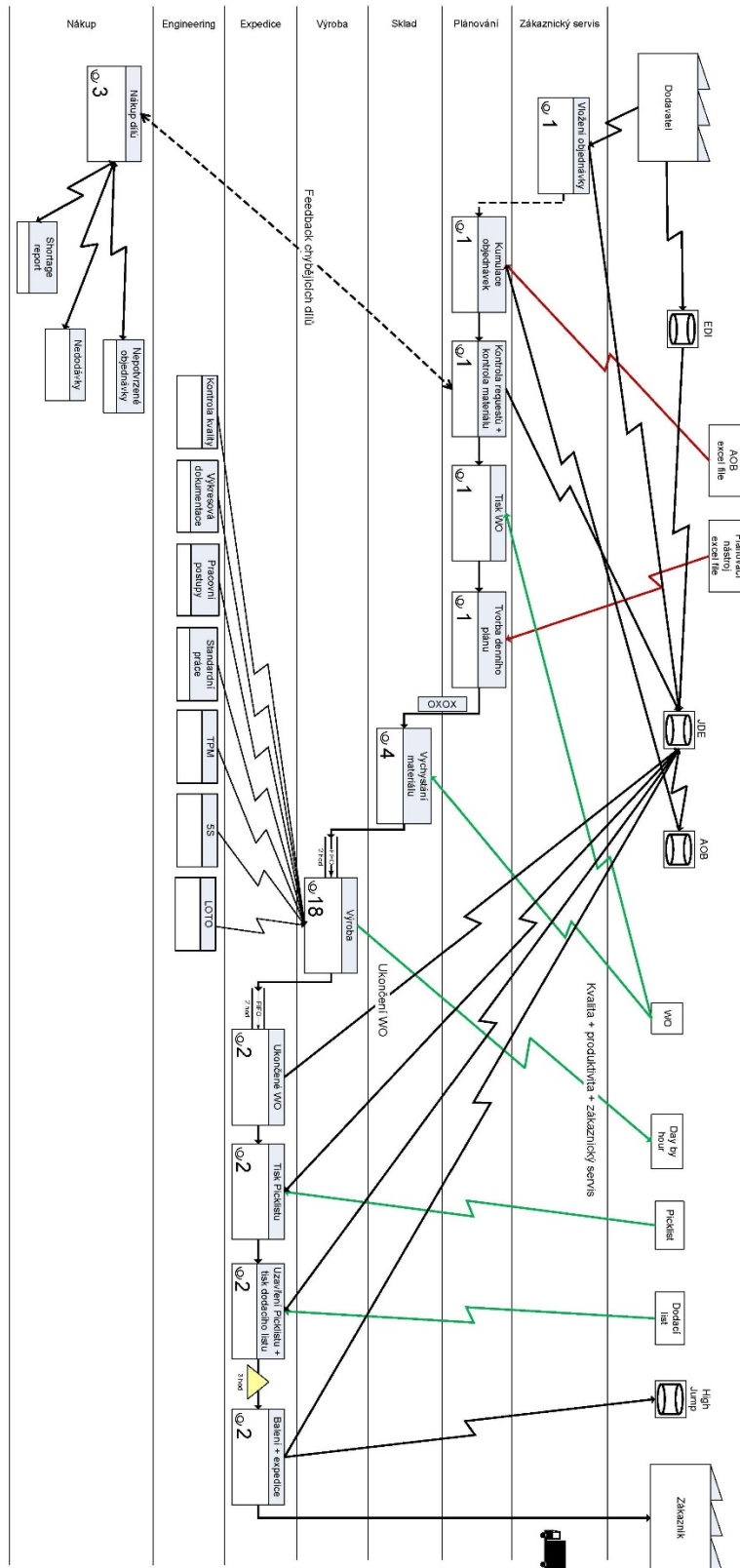
- [61] GANIYUSUFOGLU, Ö S. Chinese approaches to sustainable manufacturing. *11th Global Conference on Sustainable Manufacturing*. 2013, 4.
- [62] LI, Jingran, Fei TAO, Ying CHENG a Liangjin ZHAO. Big Data in product lifecycle management. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2015, **81**(1–4), 667–684.
- [63] SHROUF, F., J. ORDIERES a G. MIRAGLIOTTA. Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. 2014, 697–701.
- [64] KOURI, I. A., T. J. SALMIMAA a I. H. VILPOLA. The principles and planning process of an electronic kanban system. *Novel Algorithms and Techniques in Telecommunications, Automation and Industrial Electronics*. 2008, 99–104.
- [65] KOLBERG, Dennis a Detlef ZÜHLKE. Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnLine*. 2015, **48**(3), 1870–1875.
- [66] RAKI, Hamed. An application of RFID in supply chain management to reduce inventory estimation error. *Uncertain Supply Chain Management*. 2014, **2**(2), 97–104.
- [67] LEWANDOWSKI, Marco, Max GATH, Dirk WERTHMANN a Michael LAWO. Agent-based Control for Material Handling Systems in In-House Logistics - Towards Cyber-Physical Systems in In-House-Logistics Utilizing Real Size. *Smart Objects, Systems and Technologies (SmartSysTech), Proceedings of 2013 European Conference on*. 2013, (June), 1–5.
- [68] WAN, Y.-L., Haiping ZHU, Y.-P MU a H.-C YU. Research on IOT-Based Material Delivery System of the Mixed-Model Assembly Workshop. *Proceedings of 2013 4th International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation, IEMI 2013*. 2014, 581–593.
- [69] LUCKE, Dominik, Carmen CONSTANTINESCU a Engelbert WESTKÄMPER. Smart Factory - A Step towards the Next Generation of Manufacturing. In: *Manufacturing systems and technologies for the new frontier*. 2008, s. 115–118.
- [70] LEE, Jay, Hung An KAO a Shanhu YANG. Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*. 2014, **16**, 3–8.
- [71] HADDARA, Moutaz a Ahmed ELRAGAL. The Readiness of ERP Systems for the Factory of the Future. *Procedia Computer Science*. 2015, **64**, 721–728.
- [72] SCHUH, Günther, Thomas GARTZEN, Timon RODENHAUSER a Alexander MARKS. Promoting work-based learning through industry 4.0. *Procedia CIRP*. 2015, **32**, 82–87.
- [73] NICOLETTI, Bernardo. Lean and Automate Manufacturing and Logistics. In: *Advances in production management systems. Sustainable production and service supply chains*. B.m.: Springer Berlin Heidelberg, 2013, s. 278–285.
- [74] PEREIRA, A. C. a F. ROMERO. A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*. 2017, **13**(December 2017), 1206–1214.
- [75] UNGER, Hendrik, Frank BÖRNER a Egon MÜLLER. Context Related Information Provision in Industry 4.0 Environments. *Procedia Manufacturing*. 2017, **11**(December 2017), 796–805.
- [76] *Industry 4.0: the bpm challenge - Albatian* [online]. [vid. 2019-03-20]. Dostupné

- z: <https://albatian.com/en/blog-ingles/industry-4-0-the-bpm-challenge/>
- [77] *Roadmapping for Strategy and Innovation - Institute for Manufacturing (IfM), University of Cambridge* [online]. [vid. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://www.ifm.eng.cam.ac.uk/ifmecs/business-tools/roadmapping/roadmapping-at-ifm/>
- [78] DAIM, Tugrul U. a Terry OLIVER. Implementing technology roadmap process in the energy services sector: A case study of a government agency. *Technological Forecasting and Social Change*. 2008, **75**(5), 687–720.
- [79] VISHNEVSKIY, Konstantin, Oleg KARASEV a Dirk MEISSNER. Integrated roadmaps for strategic management and planning. *Technological Forecasting and Social Change*. 2016, **110**, 153–166.
- [80] ROHRBECK, René a Jan Oliver SCHWARZ. The value contribution of strategic foresight: Insights from an empirical study of large European companies. *Technological Forecasting and Social Change*. 2013, **80**(8), 1593–1606.
- [81] KRACÍK, Lukáš. *Jak se počítá riziko spojené s investováním? - Měsíc.cz* [online]. 2015 [vid. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://www.mesec.cz/clanky/jak-se-pocita-riziko-spojene-s-investovanim/>
- [82] *Parker - O nás - Parker Hannifin* [online]. [vid. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://www.parker.com/portal/site/PARKER/menuitem.c4407cd0fdcd0887697438c44256d1ca/?vgnextoid=b908cf7ca0de5610VgnVCM100000e6651dacRCRD&vgnnextchannel=87cdce74fa65e210VgnVCM10000048021dacRCRD&vgnnextfint=CS&vgnnextcat=Naše společnost>
- [83] *Výrobní závod Parker v Chomutově - Parker* [online]. [vid. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://www.parker.cz/parker/vyrobnni-zavod-parker-v-chomutove/>
- [84] *Parker One Pneumatic - Kompletní řada komponentů pneumatických systémů* [online]. Klecany: Parker Hannifin Czech Republic s. r. o. 2011 [vid. 2019-03-20]. Dostupné z: http://www.parker.cz/wp-content/uploads/2014/01/Parker-One-Pneumatic_2012_web.pdf
- [85] *Pneumatické systémy, pneumatika - Parker* [online]. [vid. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://www.parker.cz/produkty/pneumatika/>
- [86] *Procesy v dodavatelském řetězci* [online]. [vid. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/procesy-v-dodavatelskem-retezci.htm>
- [87] *Analýza skladových zásob - LEAN-FABRIKA* [online]. [vid. 2019-04-16]. Dostupné z: <http://www.lean-fabrika.cz/terminologie/analyza-skladovych-zasob>
- [88] *8D Report (Global 8D) - ŘÍZENÍ JAKOSTI* [online]. [vid. 2019-04-10]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=103>
- [89] *Eight disciplines problem solving - Wikipedia* [online]. [vid. 2019-04-10]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Eight_disciplines_problem_solving
- [90] *Reklamace zboží a služeb – Česká obchodní inspekce* [online]. [vid. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.coi.cz/pro-podnikatele/informace-pro-prodejce-zbozi-a-sluzeb/reklamace-zbozi-a-sluzeb/>
- [91] REZEK, Jan. *MES systémy a jejich digitální transformace* [online]. 2018 [vid. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/mes-systemy-a-jejich-digitalni-transformace.htm>

- [92] KLAPKA, Petr. *Odvádění operací s pomocí terminálů pomůže zejména menším firmám* [online]. 2019 [vid. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/odvadeni-operaci-s-pomoci-terminalu.htm>
- [93] VRBA, Pavel. *Jak na průmyslové IoT?* [online]. 2019 [vid. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/jak-na-prumyslove-iot.htm>
- [94] WEBER, Austin. *Automation and Lean Help Magna Stay Flexible. Assembly.* [online]. 2016 [vid. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.assemblymag.com/articles/93268-automation-and-lean-help-magna-stay-flexible>
- [95] KOLBERG, Dennis, Joshua KNOBLOCH a Detlef ZÜHLKE. Towards a lean automation interface for workstations. *International Journal of Production Research.* 2017, **55**(10).
- [96] *Mercedes-Benz Trucks Begins 3D Printing Replacement Metal Parts* [online]. [vid. 2019-02-27]. Dostupné z: <https://additivemanufacturingtoday.com/mercedes-benz-trucks-begins-3d-printing-replacement-metal-parts>
- [97] *Software Co2ST Tem - co2st TEM* [online]. [vid. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.co2st.es/software-co2st-tem/>

Přílohy

Příloha 1 – Mapování toku hodnot současného stavu divize PDE



Příloha 2 – Mapování toku hodnot budoucího stavu divize PDE

