

# **Implementace notace BPMN a Petriho sítí pro podporu metodiky Lean manufacturing**

**Diplomová práce**

**Vedoucí práce:**

**RNDr. Zuzana Prišćáková, Ph.D.**

**Bc. Antonín Srna**

**Pístovice 2017**



Zde bych velmi rád poděkoval svojí rodině za podporu, kterou mi během studií na vysoké škole vyjadřovala. Také bych rád poděkoval vedení firmy, v níž mi byl umožněn sběr a zpracování dat procesů, spojených s mojí diplomovou prací. A hlavně chci poděkovat vedoucí mojí práce RNDr. Zuzaně Prišćákové, Ph.D., za její trpělivý přístup, a velmi odborné vedení a vstřícny přístup, během zpracovávání celé mojí diplomové práce. Děkuji.



### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Implementace notace BPMN a Petriho sítí pro podporu metodiky Lean manufacturing**

vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Pístovicích dne 1. ledna 2017

---



## **Abstract**

Srna, A. *The implementation of BPMN notation and Petri nets as a support of the lean manufacturing methodics*. Diploma thesis. Brno: Mendel University in Brno, 2017. Diploma thesis addresses the optimisation of the business process in a medium-large automotive company (approx. 500 employees). Business Process Model and Notation (BPMN) and Petri nets were used for optimisation of the process. With this combination, the process was optimised according to Lean manufacturing methodology. In the theoretical part, the definition of the process itself, the process management, and the definition of the processes in the manufacturing company are discussed. The terms that define the methodology of the process modelling and Lean manufacturing are defined as well. The methodological part of the thesis deals with the particular tools of the process modelling (BMPN, BPEL etc.) and the analysis of used technologies within the thesis. The methodology was applied in the practical part of the thesis. After creating the BPMN diagram of the process and simulating the Petri nets to locate the blockings, the proposals of the process optimisation were created. The following application provides the functionality of administration and view of the imported processes, the material and personal assignment, and the calculation of the cost functions for Lean manufacturing. The application provides a decision support to this methodology.

## **Keywords**

BPMN, Lean manufacturing, Petri nets, process modelling, PHP, MySQL.

## **Abstrakt**

Srna, A. *Implementace notace BPMN a Petriho sítí pro podporu metodiky Lean manufacturing*. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2017. Diplomová práce se zaměřuje na optimalizaci firemního procesu ve středně velké firmě, z oboru automobilového průmyslu (cca 500 zaměstnanců). Pro optimalizaci bylo využito notace BPMN, a Petriho sítí. Za využití této kombinace, došlo k optimalizaci procesu podle zásad metodik Lean manufacturing. V rámci teoretické části je pojednáno o definici procesů jako takových, a procesním řízením, a vymezením pojmu procesy ve výrobním podniku. Dále jsou uvedeny pojmy definující metodiky procesního modelování a Lean manufacturing. Metodická část práce je zaměřena na konkrétní nástroje procesního modelování (BPMN, BPEL aj.) a rozbor využitých technologií v rámci práce. Metodika byla aplikována v rámci praktické části. Po vytvoření BPMN diagramu procesu a simulaci Petriho sítí s vyhledáním blokáží, byly vytvořeny návrhy optimalizace procesu. Následná aplikace umožňuje správu a přehled importovaných procesů, přiřazení jejich pracovníků a materiálů, pro výpočet nákladových funkcí Lean manufacturing pro podporu rozhodování.

## **Klíčová slova**

BPMN, Lean manufacturing, Petriho sítě, procesní modelování, PHP, MySQL.





# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Teoretická část</b>	<b>15</b>
3.1	Proces.....	15
3.1.1	Definice.....	15
3.1.2	Typy procesů.....	15
3.1.3	Normování procesů.....	16
3.1.3.1	Technicko-hospodářské normy.....	16
3.1.3.2	ISO normy.....	16
3.1.3.3	Podniková pravidla.....	17
3.1.4	Automatizace procesů.....	17
3.2	Procesní řízení.....	18
3.2.1	Správa procesů jako podpora výkonnosti podniku.....	19
3.2.2	Efektivita procesů.....	19
3.2.3	Optimalizace procesů.....	20
3.2.4	Řízení podnikových procesů.....	20
3.2.5	Ukazatele procesu, klíčové indikátory výkonnosti.....	21
3.3	Podnikové procesy.....	22
3.3.1	Struktura podnikových procesů.....	23
3.3.2	Dělení procesů v rámci podniku.....	24
3.3.3	Ovlivnitelnost procesů.....	25
3.3.4	Měření procesů.....	25
3.4	Procesní modelování.....	25
3.4.1	BPMN.....	26
3.4.1.1	Plavecké dráhy.....	27
3.4.1.2	Tokové objekty.....	27
3.4.1.3	Spojovací objekty.....	29
3.4.1.4	Artefakty.....	29

3.4.2	Petriho síť.....	30
3.4.2.1	Struktura Petriho sítí.....	31
3.4.2.2	Place/Transition Petriho síť (P/T).....	31
3.4.2.3	Condition/Event Petriho síť (C/E).....	32
3.4.2.4	Petriho síť s inhibičními hranami.....	33
3.4.2.5	Petriho síť s prioritami.....	33
3.4.2.6	Časované Petriho síť.....	33
3.4.2.7	Barevné Petriho síť.....	34
3.4.2.8	Hierarchické Petriho síť.....	34
3.4.2.9	Objektové Petriho síť.....	34
3.4.2.10	Porovnání Petriho sítí.....	35
3.5	Lean Manufacturing.....	35
3.5.1	Definice.....	36
3.5.2	Neustálé zlepšování.....	36
3.5.3	System 5S.....	36
3.5.4	Kaizen.....	38
3.5.5	Kanban.....	39
3.5.6	Just In Time.....	39
3.5.7	SMED.....	40
3.5.8	FMEA.....	40
3.5.9	Waste Walk.....	42
3.5.10	Shrnutí výhod Lean Manufacturing.....	42
3.6	Technologie použité pro vývoj webové aplikace.....	43
3.6.1	PHP.....	43
3.6.2	MySQL.....	44
<b>4</b>	<b>Vlastní řešení</b>	<b>45</b>
4.1	Popis společnosti.....	45
4.2	Frézovací centrum Maho MH-600E.....	46
4.3	Popis procesu.....	46
4.4	Rozbor výrobní části zkoumaného procesu.....	48
4.4.1	Hierarchie prováděných činností v rámci.....	48

---

4.4.2	Zjištěné charakteristiky práce na frézovacím centru.....	49
4.4.3	Mikrolayout procesu výrobní realizace na frézovacím centru.....	50
4.5	Diagram Business Process Model and Notation (BPMN) .....	50
4.6	Transformace BPMN do Petriho sítí .....	51
4.7	Klíčové ukazatele výkonnosti .....	52
4.8	Návrh inovací .....	52
4.8.1	Inovace A – Odstranění smyček vrácení „úkolů“ .....	52
4.8.2	Inovace B – Diferenciace zakázek pro frézovací centrum .....	53
4.8.3	Inovace C – Zabránění brzkému ukončení procesu .....	54
4.8.4	Shrnutí inovací .....	55
4.8.5	Zhodnocení inovací podle ekonomické rovnice Lean manufacturing.....	55
4.9	Návrh webové aplikace pro podporu Lean manufacturing .....	56
4.9.1	Formální a neformální specifikace .....	56
4.9.2	Datový model aplikace .....	57
4.9.3	Diagram případů užití .....	57
4.9.4	Návrh uživatelského rozhraní.....	58
4.9.5	Uživatelé aplikace .....	58
4.9.6	Implementace aplikace .....	59
4.9.7	Zhodnocení aplikace .....	61
<b>5</b>	<b>Diskuze</b>	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>64</b>
<b>7</b>	<b>Literatura</b>	<b>66</b>
<b>A</b>	<b>Diagram Business Process Model and Notation</b>	<b>73</b>
<b>B</b>	<b>P/T Petriho síť původního procesu</b>	<b>74</b>
<b>C</b>	<b>Diagram případů užití aplikace</b>	<b>75</b>
<b>D</b>	<b>Inovace A – Odstranění smyček vrácení „úkolů“</b>	<b>76</b>
<b>E</b>	<b>Inovace B – Diferenciace zakázek pro frézovací centrum</b>	<b>77</b>



# 1 Úvod

Nacházíme se v „tržní době“. Většina věcí se dá koupit, a mezi firmami panuje vysoce konkurenční prostředí. Zákazníky lze získat těžko, ale ztratit lehce. Podniky se proto snaží všemi možnými způsoby zvyšovat svoji konkurenceschopnost na trhu. Tu lze zvýšit několika způsoby – snížením ceny, nabídkou kvalitních služeb, rychlostí zpracování zákaznické poptávky, a mnoha jinými. Spousta z nich však může mít stejný společný předpoklad pro úspěšné provedení – optimalizovaný proces. Efektivní optimalizací lze dosáhnout snížení nákladů (tím lze snížit prodejní cenu), zlepšení procesu v kontextu orientace na zákazníka (a tím zkvalitnit služby), či například revizí a nahrazením neúčinných částí procesu (a tím zvýšit rychlost zpracování poptávky – a vytvoření nabídky).

Optimalizaci procesů lze provést mnoha způsoby, obecně k tomu využíváme posloupnosti aktivit, tzv. procesního řízení. Díky těmto jsme schopni monitorovat a plánovat výkonnosti procesů, jako i procesy analyzovat či optimalizovat.

Tato práce pojednává o nasazení optimalizačních technik procesního modelování na proces z reálného prostředí, Frézovací centrum Maho MH-600. Tento proces byl shledán jako problémový ve středně velké firmě (cca 500 zaměstnanců) z oblasti automobilové výroby, zejm. z důvodu nízkého využití, velkých prostojů, či specifických výrobních možností na stroji. V této práci bude využito kombinace nástrojů Business Process Model and Notation a Petriho sítí, pro vytvoření modelu podnikového procesu, vyhledání jeho blokad, a následnému návrhu optimalizačních opatření.

## 2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je vytvoření modelu, provedení analýzy, a navržení optimalizačních opatření zvolenému podnikovému procesu Frézovací centrum. V první fázi bude pojednáno o současném stavu a proces bude vizualizován diagramem BPMN, následně bude tento diagram analyzován pomocí simulační funkce Petriho sítí.

Pro modelování procesu bude využit program Enterprise Architect v 13.0, a pro simulaci, a odhalení blokáží pomocí Petriho sítí, bude využito programu PIPE (Platform Independent Petri Net Editor). Na základě výsledku předchozích činností, budou formulována navržená optimalizační opatření pro daný podnik, a učiněn závěr.

Dalším výstupem práce bude webová aplikace pro podporu metodiky Lean manufacturing v rámci výrobního procesu. Tato bude umožňovat správu a vizualizaci procesů, dále přiřazení nákladů jednotlivým procesům v podniku, a také výpočet rovnic pro Lean manufacturing, pro podporu rozhodování. Aplikace bude naprogramována v jazyce PHP s využitím frameworku Nette a návrhových vzorů, a data budou uložena v databázi MySQL. Vzhled aplikace bude tvořen pomocí jazyků HTML a CSS kaskádových stylů. Závěrem budou zhodnoceny navržené inovace, a odvozena možnost nasazení.

## 3 Teoretická část

Diplomová práce je zaměřená na Implementaci notace BPMN a Petriho sítí pro podporu metodiky Lean manufacturing. V teoretické části bude představena samotná podstata, bez níž by BPMN nemohlo fungovat, tedy procesů, a vysvětlena problematika procesního řízení. Vzhledem k zaměření práce na konkrétní proces podniku, bude další část práce věnována procesům v kontextu podniku, a výrobního zaměření. Neméně důležitá pro BPMN je samotná problematika procesního modelování, jenž je rozebrána v kapitole následující spolu s Petriho sítěmi. Předposlední kapitola teoretické části představuje samotný Lean Manufacturing a jeho techniky. Nakonec jsou rozebrány technologie, použité pro implementaci aplikace.

### 3.1 Proces

#### 3.1.1 Definice

Vzhledem k velké části práce, věnované procesnímu řízení, procesnímu modelování, či notacím podnikových procesů, je nejprve potřeba rozkrýt pojem proces. V jádru definice se většina autorů shoduje, avšak někteří definice doplňují.

Obecně lze říci, že proces lze vyjádřit jako sled logiky, vysvětlující vztah mezi různými vstupy a výstupy (Mallya, 2007). Konkrétně lze proces definovat jako posloupnost navazujících činností, započatých na základě nějakého podnětu (Gála et al., 2015). Při nichž je aplikováno aktivní působení personálu (intelektuální, manuální), na postupně vznikající předmět či službu (Svozilová, 2011), jenž jako celek přinášení hodnotu zákazníkovi – uživateli daného procesu (Bruckner et al., 2012). Tyto činnosti na sebe vážou zdroje v podobě lidí, technologií, materiálu, času aj. (Šmída, 2007).

V práci se v pozdějších fázích budeme zabývat zejména podnikovými procesy, resp. charakteristikou procesů, jenž jsou vykonávány v rámci podniku (viz Obr. 1).

#### 3.1.2 Typy procesů

Rozdělení procesů lze provést z několika různých hledisek. Podle jejich významu pro podnikové řízení, a vnitřnímu účelu, lze procesy dělit na (Pour, 2006):

- *Základní („core“) procesy* – hlavní podnikové aktivity. Jejich výstup přímo souvisí s uspokojováním potřeb zákazníků. Mají společného, že bývají komplikované, ziskové, identifikovatelné, viditelné zvenčí (Rábová, 2014).
- *Řídící (správní) procesy* – aktivity, jimiž firma definuje organizaci a administrativu (nutné pro její chod). Většinou sami o sobě nepřinášejí zisk.
- *Podpůrné procesy* – probíhají uvnitř podniku, a podporují základní procesy (např. zásobování materiálem), které by bez nich nefungovaly.

Rábová (2014) ještě toto hledisko, krom výše zmíněných, rozšiřuje o jeden typ:

- *Vedlejší procesy* – zahrnují ostatní činnosti podniku, např. personalistiku.

### 3.1.3 Normování procesů

Normování procesů je činnost, při které se na proces aplikují pravidla (stanoví se hranice) tak, aby byl naplněn určený způsob jeho provedení, nebo dosaženo určitého výstupu procesu (např. počet vyrobených kusů za směnu pracovníka).

Perfectia (2015) uvádí, že pakliže jsou procesy standardizovány a měřeny, je snadné zjistit individuální výkonnost jednotlivých lidí ve firmě (např. výrobní dělník u pásu musí pracovat minimálně tak rychle, aby stíhal tempo pásu).

#### 3.1.3.1 Technicko-hospodářské normy

Zejména v případě vyšší opakovanosti výroby by měl podnikatel (podnik) co nejlépe Tomek et al. (2014) pro ně zavádí pojem technicko-hospodářské normy, které definuje jako kvalitativně a kvantitativně vymezené vztahy mezi vstupními a výstupními prvky a činnostmi ve výrobním procesu. Tomek et al. (2007) ještě uvádí, že lze vnímat různé předpoklady norem (technologie, uspořádání výroby, možnosti používané výrobní linky aj.) Tyto technicko-hospodářské normy plní v podniku řadu funkcí dělení (Tomek et al., 2007; Tomek et al., 2014):

- *plánovací*, normy zajišťují základní vazby a proporcionalitu ve spotřebě (např. stanovení požadavků na vstupy, požadavky na obslužné procesy),
- *stimulační*, normy se stávají měřítkem výkonu činností, stejně tak jako předpokladem pro odměňování pracovníků,
- *kontrolní*, na základě porovnání norem a skutečné spotřeby lze sledovat využití jednotlivých činitelů výrob. procesu (tvoří nástroj controllingu),
- *operativně-řídící*, normy umožňují včasné zabezpečení procesů vstupními činiteli, a provádění preventivních prověrek tohoto zabezpečení,
- *rozvojové (inovační)*, normy jako východisko hledání inovativních řešení neustálého zlepšování v duchu rozvoje vstupních prvků, technologií aj.

#### 3.1.3.2 ISO normy

Zejména v oblasti zkoumané práce, z oboru automobilového průmyslu, jsou ISO normy, pro firmy velký pojem. Pro zákazníky, typu velkých automobilových společností, je ISO certifikace u dodavatele, vnímána jako samozřejmý předpoklad.

Jsou nejrozšířenějšími normami používanými pro management jakosti, které jsou využívány nejen v Evropě, ale i v Severní Americe, a průmyslových zemích Asie (Čína, Indie, Japonsko). Jejich výhodou je nezávislost na druhu procesů (univerzální charakter), díky kterému jsou využitelné jak v organizacích výrobních, tak i v organizacích poskytujících služby (Vochozka et al., 2012). Lang (2007) je charakterizuje jako sjednocení certifikovaných národních a mezinárodních, oborově specifických či nezávislých norem a úředních ustanovení.



Velmi úzce souvisí s důsledným vyžadováním vysoké kvality podnikových procesů, řízením kvality. Jain (2001) uvádí, že řízení kvality vyžaduje strategické plánování, přidělení potřebných zdrojů zajištění kvality, a systematické aktivity, jež vedou ke zvyšování kvality.

Ve spojení s ISO normami se často, ruku v ruce, uvádí pojem TQM (total quality management – celkové řízení kvality). To je koncepce amerického a japonského přístupu k řízení jakosti (Vochozka et al., 2012). Je součástí integrovaného úsilí všech zaměstnanců vč. managementu, s cílem zvýšení spokojenosti zákazníků (Bauer, 2015). Usiluje o nejlepší využití všech dostupných zdrojů a příležitostí, při neustálém zlepšování. Měla by to být klíčová podniková strategie zlepšování, jakožto i klíčové manažerské téma budoucnosti, neboť to je základ výkonnosti a konkurenceschopnosti podniku (Peratec Ltd., 2012).

Z hlediska kritiky ISO norem lze uvést normy (Halbo, 1997; Lang, 2007):

- Jsou zjišťovány schopnosti firmy, nikoli výsledky.
- Systém nepožaduje stálá zlepšení (má konzervační charakter).
- Proces certifikace místy nepřináší žádný další užitek podnikům.
- Mnohé firmy bez ISO certifikátu jsou lepší, než firmy, které ho mají.

### 3.1.3.3 Podniková pravidla

Pojem normy procesů se však může dotknout i tzv. „podnikové kultury“. Šmída (2007) ji vykládá jako normy chování, jež jsou obvyklým jednáním ve firmě, či přetrvávají dlouhou dobu, a sdílené hodnoty, představující důležité názory a cíle.

S normováním procesů úzce souvisí i podniková pravidla a podniková kultura. Správa podnikových pravidel, stejně jako správa procesů či dat, se pokouší vnímat pravidla jako aktiva, znovupoužitelná v různých situacích. Aby mohla být požadována větší celistvost (integrita) výkonů napříč podnikem a odděleními, musí být celistvá podniková pravidla uvnitř a napříč procesy (Burlton, 2001).

### 3.1.4 Automatizace procesů

Automatizaci procesů lze chápat jako jednu z možných odpovědí, při řešení problematiky doby vykonávání procesů. Výhodou automatizace procesů je, že podniku přinášejí krom informačních technologií k vykonání specifických procesů, také zabudované „nejlepší podnikové praktiky“ přímo v softwaru (Scheer, 2012).

Z předchozího je patrné, že jde o výkonné prostředky z řad informačních technologií. Brabec (2007) uvádí, že jedny z nejprogresivnějších jsou workflow systémy, které na základě sledování a vyhodnocování průběhu procesů je umožňují s minimálními náklady měnit a upravovat (procesy v nich totiž nejsou napevno naprogramovány, ale v systému navrženy a namodelovány).

Pro systémy automatizace procesů lze tedy najít podporu v aplikačním vybavení pro správu podnikových procesů (např. ERP – plánování podnikových zdrojů, SCM – řízení dodavatelského řetězce, CRM – řízení vztahu se zákazníky).

V případě klíčových podnikových procesů nemá smysl jejich plná automatizace, neboť vede k znepružnění celé organizace vůči změnám (Řepa, 2012).

Scheer (2012) uvádí, v čem by mohl spočívat vývoj dalších generací automatizace procesů. Základem je oddělení aplikačního programového vybavení (dále jen software), integračních technologií, a designu podnikových procesů. Nové podnikové procesy jsou definovány procesními modely, za pomoci standardů jako BPML (Business Proces Modeling Language), které zaručují, že účastníci pracovních postupů správně chápou definici daných procesů.

Sharma (2011) přidává tzv. Systém automatizace procesů, jenž již bývá využit k automatickému monitoringu a řízení (zejména průmyslových) procesů, k dosažení výsledků bez nutnosti manuálních zásahů do systému.

## 3.2 Procesní řízení

*„Procesní řízení je dobrý sluha ale zlý pán. Říká – co má být uděláno, a teprve až potom jak, a kdo to udělá.“* (Fišer, 2014)

V kontextu současných technologií, množství zainteresovaných osob, a složitosti výrobních procesů je nutné proces umět spravovat, ovládat, či řídit. Procesní řízení lze chápat jak z pohledu lidského, v němž za výsledky vykonávání práce (jednotlivých procesů) podřízených pracovníků odpovídá pracovník jim nadřízený, a podle těchto výsledků také řídí proces, stanovuje případná opatření aj. Tak i z pohledu technologického, v němž Řepa (2012) definuje procesní řízení tak, že vyžaduje, aby se informační systém pružně přizpůsoboval podnikovým procesům (jelikož jediným smyslem IS je tyto procesy podporovat).

VOM Brocke et al. (2010) doplňuje, že procesní řízení je manažerská nezbytnost, která není vykonávána jen jednorázově, a sama o sobě také procesem.

Šmída (2007) uvádí 4 základní kritické faktory úspěchu procesního řízení:

- vzdělávání zaměstnanců v samotné oblasti procesního řízení,
- míra dokumentace organizační odpovědnosti za proces,
- existence a využívání systému hodnocení výkonnosti, založeném na pohledu zákazníka,
- existence procesu řízení změn a reengineeringu<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Reengineering je zásadní přehodnocení a radikální rekonstrukce podnikových procesů, a to takovým způsobem, aby bylo dosaženo dramatického zdokonalení kvality, služeb, rychlosti, a snížení nákladů, a hlavně došlo ke zlepšení výkonu, a konkurenceschopnosti podniku (Pour, 2003).

### 3.2.1 Správa procesů jako podpora výkonnosti podniku

Možnost kontroly a správy jednotlivých podnikových procesů, poskytuje prostor pro přehled nad výkonností jednotlivých procesů, a její případné zvyšování. Carda (2003) uvádí jako jeden z nástrojů správy procesů organizační strukturu firmy, či samotný postup pracovního procesu členěný na potřebné kroky (technologie řešení zadání, workflow). Organizační struktura podle něj na jedné straně vymezuje kompetence, na druhé substituuje manažerovo pole působnosti.

Z moderních nástrojů pro specifikaci procesních modelů a jejich správu lze jmenovat notaci BPMN (Business Process Model and Notation). Řepa (2012) její cílení vidí především ve srozumitelnosti popisu procesů pro člověka, při zachování základních vlastností a principů jazyka modelování podnikových procesů, flexibility a šířitelnosti. Podrobněji je BPMN věnována kapitola 3.4 Procesní modelování.

Pro správu procesů, umožnění pochopení hierarchie a organizace procesů, či kontrolu existuje velké množství modelovacích nástrojů, notací, či forem zápisu. Rábová (2014) z nejpoužívanějších uvádí např.:

- *procesní mapy*,
- *notaci BPMN* (více v kap. 3.4 Procesní modelování),
- *Petriho sítě* (více opět v kap. 3.4),
- *EPC* (Event-driven Process Chain, diagram procesu řízeného událostmi),
- *textový popis procesu*,
- *UML* (Unified Modeling Language) – soubor grafických notací používaných při vývoji software, od konsorcia OMG (Object Management Group).

### 3.2.2 Efektivita procesů

Jako jeden z možných faktorů hodnocení kvality prováděné správy procesů, lze jmenovat např. efektivitu procesů. Tou lze rozumět, jak účinně proces funguje.

Dědina et al. (2005) definují efektivitu jako takové použití zdrojů, které přinášejí maximální úroveň uspokojení dosažitelnou při daných vstupech a technologiích. Perfectia (2015) dodává, že efektivita procesů přímo ovlivňuje zisk. Pakliže má podnik vyšší efektivitu než konkurence, může:

- *dosahovat vyššího zisku při stejných cenách*, nebo
- *snížením ceny dosáhnout většího tržního podílu* (a z toho většího absolutního zisku)

S měřením efektivy procesů souvisí také prioritizace jednotlivých hodnocených aspektů procesů. Zde můžeme hovořit o tzv. ukazatelích procesu. Hodnoty těchto zásadních, s nejvyšší prioritou pro podnik, jsou v největším centru pozornosti. Více o ukazatelích v kap. 2.3.5 Ukazatele procesu, klíčové ukazatele výkonnosti.

### 3.2.3 Optimalizace procesů

Jedním z nejdůležitějších faktorů zlepšování celých výrobních systémů je důkladná znalost produkčních výrobních procesů, jakožto i dat o procesech, a podmínek, v nichž jsou vykonávány (Todd et al., 1994).

Cílem optimalizace je jednoznačně pozitivní změna. Tu lze vnímat jako snížení nákladů procesu, lepší rozdělení specializované práce zaměstnancům, zvýšení výrobních kapacit, či např. jako zapojení nových pracovníků do procesu.

Svozilová (2011) definuje optimalizaci jako činnost zaměřenou na postupné zvyšování kvality, produktivity, nebo např. doby zpracování podnikového procesu (eliminací neproduktivních činností a nákladů).

Veber et al. (2012) však doplňuje, jaký přístup očekává zákazník, a co to pro firemní praxi znamená. Jako vstřícné věci, díky kterým může zákazník podnik vnímat pozitivněji, jako „ten, se kterým se dobře spolupracuje“, uvádí:

- *zavedení pro zákazníka snadné komunikace*, např. snadné objednání zboží, promptní informování o stavu vyřizování zakázky atd.,
- *obslužení zákazníka z jednoho místa*, organizační struktura firmy nesmí být důvod, proto, aby byl zákazník s problémy odkazován na různé osoby,
- *přizpůsobení se zákazníkovi*, diferencování přístupu k zákazníkům, zohlednění zákaznických potřeb důležitých segmentů (např. pracovní doba).

Conger (2011) uvádí, že v rámci postupné BPI (Business Process Inovation, tj. inovace procesů podniku), a procesního řízení se lze setkat s procesním:

- *zeštíhlováním (leaning)*, pomocí vyřazení kroků, nevedoucích ke zlepšení,
- *ekologizací procesu (greening)*, automatizací a využíváním outsourcingu,
- *vyčištěním (cleaning)*, pomocí zjednodušení a inovace zbývajících kroků.

### 3.2.4 Řízení podnikových procesů

Proces je možné definovat jako ucelené aktivity, které obvykle vyjadřují účast více činností, či zapojení více pracovníků (Odcházal, 2007). Pro řízení procesů je jedním z klíčových faktorů ovladatelnost a kontrolovatelnost procesů. V kontextu předchozí definice lze tedy vyvozovat, že pro řízení procesů je nutné správné nastavení odpovědností a pravomocí za procesy (rozdělení kompetencí).

Za koordinaci vylepšování procesu a jeho výsledky, je odpovědný tzv. vlastník procesu. Tím bývá volena zodpovědná osoba, jíž bývá svěřena pravomoc implementovat změny (Rolstadas, 1995).

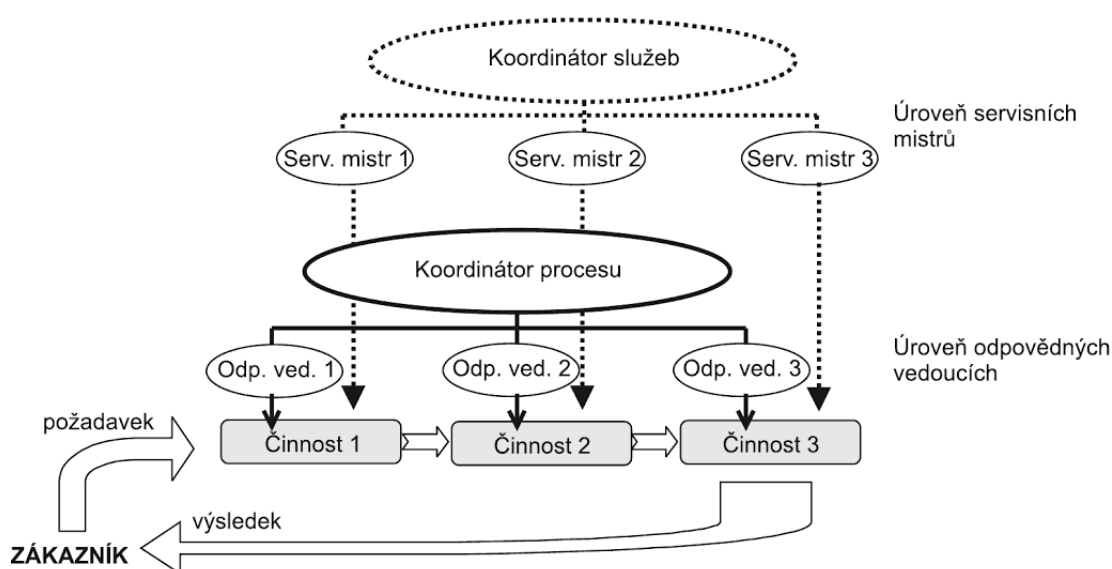
Burlton (2001) uvádí 10 principů řízení procesů, např.:

- Změna musí být poháněna se záměrem výkonnosti (hodnocení činnosti),
- Podněty pro obnovu procesu musí být prováděny iterativním přístupem. v časově omezeném „prostoru“, směrem zvenčí dovnitř (tedy např. vyžado-

vanou změnu u zákazníka je nutné „vtáhnout do firmy“ a přistoupit ke změnám, a ne učinit změny v podniku, a těmi pak zatížit zákazníka).

- Změna musí být prováděna s ohledem na zainteresovaných stranách (o co přesně mají zainteresované strany zájem, a jak dobře je to vykonáváno).
- Podnikové procesy musí být řízeny komplexně s ohledem na celý kontext.

Řízení podnikových procesů by mělo začínat na strategické úrovni organizace. Zde jsou vytyčeny plánované inovace, a výsledné struktury a strategie podnikových procesů, stejně tak jako definovány cíle podniku (Scheer, 2012). Lze však najít také netradiční model řízení procesů, kdy nad odpovědnými vedoucími činností je koordinátor celého procesu, jenž se ještě zodpovídá servisním mistrům, a nejvýše postavenému Koordinátou služeb. (Obr. 1, Carda et al. 2003)



Obrázek 1: Netradiční organizační uspořádání řízení procesů (Carda et al., 2003)

Závěrem lze říct, že i řízení podnikových procesů je proces sám o sobě. Tento proces by měl v ideálním případě zajišťovat navazující zlepšování ve výkonnosti organizace. Jako každý proces vyžaduje vedení (Burlton, 2001). Lze doplnit snad jen, že také jako každý proces jej lze optimalizovat, a vyvíjí se v čase.

### 3.2.5 Ukazatele procesu, klíčové indikátory výkonnosti

*„Nelze řídit to, co nemůžeme změřit. Co se dá změřit, dá se udělat.“ (Rolstadas, 1995)*

Ukazatele procesu lze chápat jako hlediska, podle nichž můžeme proces posuzovat, hodnotit, příp. měřit. Díky těmto ukazatelům můžeme následně v řízení procesu provést taková opatření, abychom ukazatele procesy dostali do kýžené podoby.

Za obecné ukazatele procesu lze chápat např. dobu trvání procesu, množství vstupů do procesu, cenu procesu, počet angažovaných účastníků procesu aj. Klíčo-

vé ukazatele výkonnosti jsou ty nejdůležitější ukazatele procesů, z pohledu celkové výkonnosti, resp. vlivu na výkonnost. Management Mania (2016) definuje klíčové ukazatele výkonnosti jako indikátory, ukazatele či metriky procesů, služeb, organizačních útvarů, či celé organizace, které vyjadřují žádanou výkonnost (kvalitu, efektivnost nebo hospodárnost).

Mezi charakteristikami efektivně volených klíčových ukazatelů výkonnosti (KPI) Parmenter (2007) uvádí:

- *podstatný vliv na výkonnost,*
- *nefinanční metrika,*
- *srozumitelné všem zaměstnancům,*
- *měření v krátkých časových intervalech (v rámci dní, týdnů),*
- *pozitivní vliv na ostatní KPI.*

Odcházet et al. (2007) přidává využívání klíčových indikátorů výkonnosti, jakožto možnou součást systému business intelligence ve firmě. Příkladem uvádí možné strojové upozorňování na výjimečné hodnoty, znamenající příležitosti či hrozby, v porovnání s pracovním lidským pátráním v množství čísel a změní dat.

Klíčové faktory výkonnosti (úspěchu) pro náš případ optimalizace výrobního procesu ve firmě automobilového průmyslu, nejlépe shrnul Váchal et al. (2013):

- *efektivnost výroby (nízké náklady, resp. úspory z rozsahu),*
- *vysoká produktivita práce,*
- *kvalita výroby (méně zmetků, nižší potřeba oprav),*
- *dostatek kvalifikovaných pracovních sil,*
- *vyšší využití fixních aktiv.*

### 3.3 Podnikové procesy

Jednou z důležitých odlišností jsou procesy v pojetí podniku (v našem případě výrobního). Zkoumaný podnik je zaměřen na sériovou výrobu dílů do automobilového průmyslu – jednotlivé subprocessy této výroby pak tvoří jeho jádro, tj. základní procesy (viz 3.1.2 Typy procesů).



Obrázek 2: Model podnikového procesu (Řepa, 2007)

Sériová (nebo též masová) výroba je výrobní proces, který se zavádí ke snížení nákladů potřebných pro produkci velkých objemů stejných, nebo podobných produktů, v dlouhodobém horizontu (Pride, 2010).

Právě vzhledem ke zhromadňování výroby a uplatňování nových technologií dochází k prohlubování specializace. Výrobní proces se rozkládá do stále většího počtu specializovaných operací. A ty se pak provádějí na specializovaných pracovištích, která jsou navzájem propojena do výrobních linek (Blažek, 2011).

Každý výrobní podnik (výrobce) je vždy „nějak“ unikátně umístěn na trhu, na němž působí. Lze dlouze debatovat o odlišnostech různých výrobních metodik, ale jedna věc je jistá – každý výrobní podnik je jiný (Hobbs, 2004).

### 3.3.1 Struktura podnikových procesů

Při konkrétním vnímání struktury procesů v podniku, je nutné brát v úvahu několik „nových“ faktorů (uživatele procesů, odpovědnost za proces, funkce procesu, prioritu procesů a jejich pořadí – návaznosti, zákaznicky procesů aj.). Struktura podnikových (výrobních) procesů je tedy trochu specifická oproti klasické struktuře procesu. Důvodem může být důraz, kladený zejména na efektivitu procesu, správné načasování aj. A to vzhledem k tomu, že výstupy procesu většinou navazují na vstupy procesů jiných, a na konci těchto procesů stojí konečný smysl podniku (či podnikání obecně), a to je tvorba zisku.

Pride (2010) uvádí pro výrobní podnik strukturu procesů založenou na fázi zpracování materiálu, jenž je v nich „obsažen“. V rámci řízení provozu jde o:

- *analytické procesy*, prvotní materiály jsou zpracovávány na jednotlivé různé dílčí části (komponenty),
- *syntetické procesy*, v nichž jsou komponenty a prvotní materiály kompletovány k vytvoření finálního produktu.

Zkoumaný podnik je z oblasti výroby (automobilové součástky), a proto je na místě uvést také rozlišení struktury procesů na základě formy zpracování produktů (materiálu), jak uvádí Todd et al. (1994):

- *procesy tvarovací* (mění základní geometrii či tvar produktu), obsahující:
  - procesy *se snižováním hmoty* produktu (mechanicky, tepelně, chemicky), např. stříhání, děrování, oddělování, vysekávání aj.,
  - procesy *se zachováním hmoty* produktu (zpevňovací, deformační – válcování, ražení, kování), např. odlévání, lisování aj.,
  - procesy v nichž dochází k *nápojování produktů* (mechanicky, tepelně, chemicky), přičemž vzniká nový komponent.
- *procesy ne-tvarovací* (upravující inženýrské a estetické vlastnosti materiálů, např. tepelnou úpravou zajištění potřebné vlastnosti povrchu):
  - *tepelné úpravy* (např. žíhání, utvrzování kalením, či jiné),

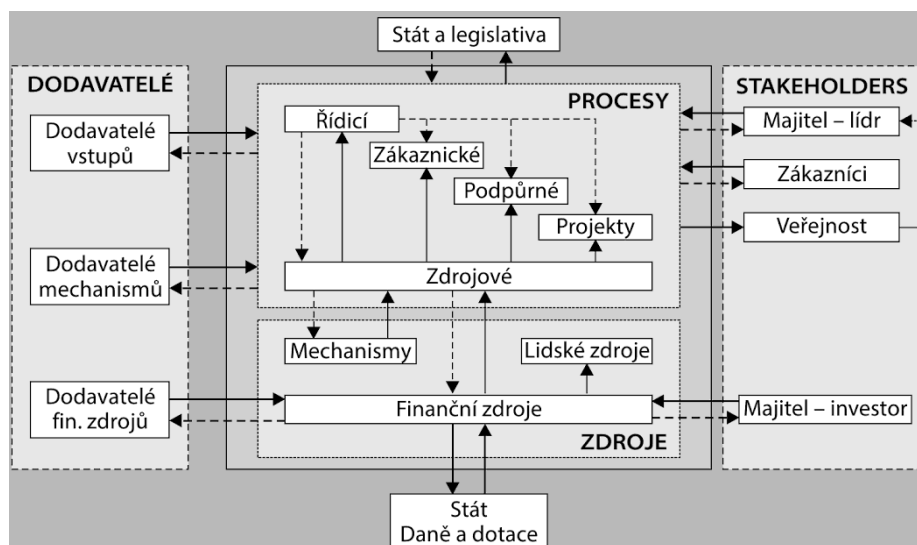
- *dokončování povrchu* (povrchové přípravy – odjehlení, odmaštění aj., úprava povrchové vrstvy – mechanicky, tepelně, chemicky, a závěrečné povrchové úpravy – vyhlazení, texturování aj.)

### 3.3.2 Dělení procesů v rámci podniku

Stejně jako u struktury, lze i v dělení procesů (v rámci podniku) najít určité rozdíly, oproti „klasickému“ vnímání typologie procesů na základní, podpůrné, a řídicí (více viz kap. 3.1.2).

Při pohledu na podnikové procesy, uvádí Fišer (2014) doporučení rozlišovat pět základních typů procesů. Z těchto procesů (viz Obr. 3) – lze následně vyčíst také nejdůležitější typy zdrojů, které vyžadují specifickou péči. Procesy dělí na:

- *Zákaznické procesy*, přímo uspokojující zákazníky, a z dlouhodobého hlediska financující veškerý provoz firmy (vč. ostatních procesů),
- *Řídicí procesy*, jejichž výstupy určují směřování firmy v dlouhodobém (strategické řízení), střednědobém (taktické řízení), i krátkodobém (operativní řízení) horizontu. Spadá sem např. i nezávislé monitorování aj.,
- *Podpůrné procesy* – podpora ostatním procesům (účetnictví, úklid aj.),
- *Projekty*, které lze procesním pohledem chápat jako jednorázové procesy,
- *Zdrojové procesy*, starají se o firemní zdroje, a slouží ostatním zdrojům.



Obrázek 3: Referenční procesní model (Fišer, 2014)

Carda et al. (2003) nahlíží na procesy z hlediska odpovědnosti za ně, a doby jejího přiřazení koordinátorovi daného procesu. Podle jejich charakteru je dělí na:

- *Produkční procesy*, s odpovědností trvalou či dlouhodobě stanovenou.
- *Kolaborativní procesy*, u nichž je koordinátor procesu ustanoven také dlouhodoběji, zejm. kvůli zajištění spolupráce,



- *Ad hoc procesy*, koordinátor stanovován případ od případu podle výskytu.
- *Administrativní procesy*, mající trvalé přiřazení koordinátora (procesy s vysokou frekvencí opakování, a nižší složitostí).

### 3.3.3 Ovlivnitelnost procesů

Ze základních definic víme, že na počátku procesu je jeden či více vstupů, následuje posloupnost určitých činností (aktivit), logiky, příp. transformačních „funkcí“, a na konci je jeden či více výstupů. Ovlivnitelnost procesů může být významným faktorem optimalizace procesů, zrychlení, zvýšení produktivity aj.

ElMaraghy (2009) definuje ovlivnitelnost jako analogii kvality procesů. Kvalitu vnímá jako „shodu s požadavky“. U ovlivnitelnosti firma definuje konkrétní požadavky – co má být ovlivnitelné, pro které následně zjišťuje shodu se současným stavem. A následně cílí na stálou adaptaci požadavků do procesu.

### 3.3.4 Měření procesů

*„Měřit je potřeba to, co je důležité, a ne to co je jednoduché změřit. Neboť to, co změříme je vnímáno jako důležité. Proto musíme měřit v takových oblastech, které dokáží ovlivnit dosažení stanovených cílů.“* (Rolstadas, 1995)

Měření procesů zdánlivě může vyvolat představu poměrně abstraktní činnosti. Avšak při správné úvaze dílčích měřitelných komponent, i procesy lze „změřit“.

Svozilová (2011) uvádí, že zejména na hodnocení a měření jednotlivých měrných veličin, jež chování procesů popisují, je měření procesů založeno. Toto podporuje i Wagner (2009), který krom výchozího požadavku stanovení měrných veličin také uvádí důležitost volby měrných jednotek výkonnosti procesů.

Basl (2002) zmiňuje využití informačních systému (dále jen IS) pro měření procesů. Uvádí, že k měření nestačí jen existence vhodného IS, ale nutně také určení vhodných týmů, které definují procesy, či využívají již identifikovaných procesů s jejich vlastníky, zákazníky, aj. Mezi měrnými ukazateli uvádí např.:

- *dobu průběhu každé činnosti nebo celého procesu,*
- *počet vstupů a výstupů za určité období,*
- *množství zdrojů potřebných k realizaci procesu,*
- *četnost procesních instancí, ve sledovaném časovém úseku aj.*

## 3.4 Procesní modelování

Při procesním modelování je vždy důležité přesné dodržování souvislostí a vztahů mezi subprocessy, správné orientace vstupních a výstupních proudů, aj.

Proces je vždy modelován jako struktura vzájemně navazujících činností, kdy každá může být samostatně popsána jako proces. Základními prvky modelů podnikových procesů jsou: proces, činnosti, podnět, a vazba (Řepa, 2007).

Gála et al. (2015) uvádí, že procesní modely i jednotlivé procesy se musí přehledně, a relativně přesně dokumentovat. Z těchto důvodů se k jejich logice a základnímu vyjádření většinou využívá grafických symbolů, které mají jasný definovaný význam.

### 3.4.1 BPMN

BPMN je považováno za základní grafickou notaci (v současnosti ji spravuje konsorcium OMG – Object Management Group) (Gála et al., 2015).

PDQM (2013) uvádí, že původně byl jazyk vyvinut jako vizuální modelovací nástroj pro popis procesů, avšak pro svou vyjadřovací sílu a přehlednost si jej oblíbili krom analytiků také vývojáři, a rozvinuli jeho možnosti tak, že v současnosti podporuje plnou automatizaci procesů, tzv. workflow management<sup>2</sup>. Tuto myšlenku podporuje Allweyer (2010) tvrzením, že během krátké periody BPMN dosáhlo širokého přijetí v praxi. Pomocí této notace je možné vytvořit obchodně-orientované diagramy, stejně tak jako ale třeba technické modely pro vykonávání procesu. Zdůrazňuje, že oproti prvotní verzi BPMN 1.1 obsahuje aktuální BPMN 2.0 nové prvky a nové typy diagramů, a speciální pozornost je věnována modelování procesů, které se rozvíjejí v rámci více nezávislých organizací.

BPMN rozlišuje 4 základní typy objektů:

- *plavecké dráhy* (pro organizování a kategorizaci účastníků procesu).
- *elementy toku* (hlavní popisné prvky, souvisí s tokem informací),
- *spojovací elementy* (k propojení jednotlivých prvků diagramu),
- *artefakty* (slouží k doplnění upřesňujících informací).

V rámci BPMN pojem podnikový proces White (2008) definuje jako zachycení uspořádané sekvence podnikových aktivit a podpůrných informací. Samotné modelování podnikového procesu (ne v rámci BPMN) vždy zahrnuje i znázornění, jak podnik sleduje dosažení jeho hlavních cílů. Ty jsou sice důležité, nicméně v BPMN jsou modelovány jen procesy. 3 druhy procesů v rámci BPMN (Řepa, 2007):

- *privátní procesy* (vnitřní procesy organizace),
- *procesy spolupráce* (specifikují rozhraní k jiným procesům; reprezentují vzájemný vliv dvou a více business entit – např. podniků),
- *veřejné abstraktní procesy* (definují obecná rozhraní privátních procesů s okolím; informace mimo privátní procesy organizace za účelem vzájemného působení mezi privátními procesy různých podniků).

---

<sup>2</sup> Workflow management je hlavní součástí moderní infrastruktury informačních technologií podniku. Poskytuje konkrétní techniky pro implementaci a automatizaci řízení podnikových procesů, a automatizuje vykonávání kritických podnikových procesů. Je nejvíce akceptovaná implementace řízení podnikových procesů a kritická součást úspěšné transformace organizace (Rouse, 2007).

DUMAS et al. (2008) rozšiřuje myšlenku BPMN o implementační nadstavbu, v podobě přemostění z konceptuální do modelové roviny. Pakliže jsou definována nezbytná přizpůsobení (architektura procesu, organizační struktura, okolí artefaktů), lze vytvořit rozhraní mezi konceptuálním BPMN a modelovým UML.

Základní formy použití vidí PDQM (2013) zejména u:

- méně či více úplných procesních modelů organizace,
- popisu konkrétních procesů pro potřeby podnikové analýzy,
- využití jazyka jako programovacího nástroje automatizace operací.

#### 3.4.1.1 Plavecké dráhy

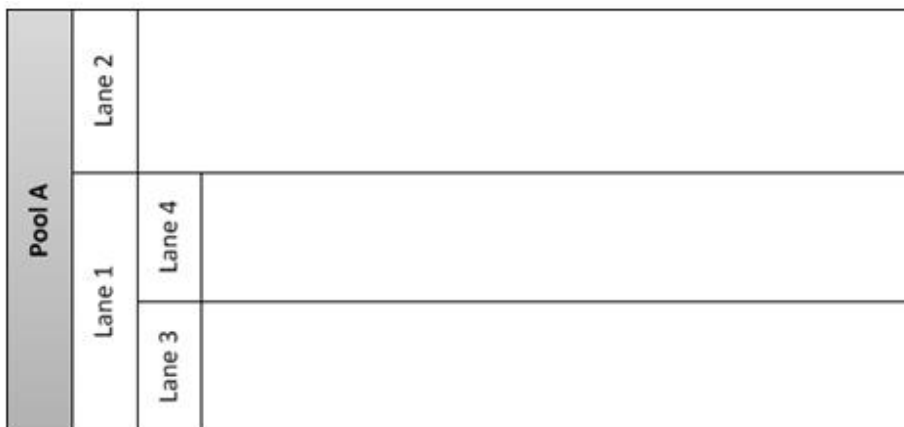
Jejich smyslem je obecně rozdělení do přehlednějších organizačních celků, podle jejich příslušnosti (funkční, personální přidělení, či např. místní příslušnost).

##### **Bazén (Pool)**

Jeho smyslem je vymezit účastníka procesu, a souhrn jeho procesů. Název účastníka procesu se uvádí v záhlaví bazénu. Součástí bazénu bývá jedna či více drah. Komunikace mezi bazény probíhá pomocí Toků zpráv.

##### **Dráha (Lane)**

Smyslem drah je oddělení jednotlivých účastníků či souhrnu procesů, a uspořádání aktivit uvnitř bazénu. Dráha je podmnožinou bazénu. Komunikace mezi dráhami probíhá pomocí Sekvenčního toku.



Obrázek 4: Znárodnění BPMN vztahu mezi bazénem (Pool) a drahami (Lane)

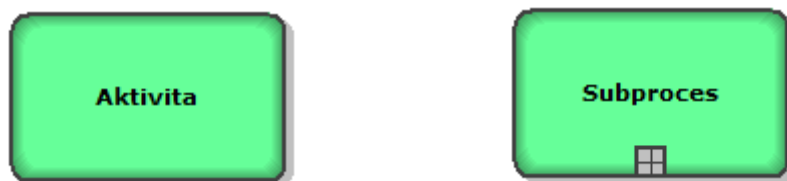
#### 3.4.1.2 Tokové objekty

##### **Aktivita**

Reprezentují činnosti, které se odehrávají uvnitř procesu. Rozlišujeme základní dva typy aktivit: jednoduché a složené. Jednoduché aktivity (úkoly) jsou atomické

operace, které se již dále nerozkreslují. Složené aktivity (subprocesy) v sobě obsahují další vložené procesy. Obsahuje-li aktivita další vložené procesy, nazýváme ji subproces. V obou případech se značí obdélníkem s kulatými rohy (u subprocesu má navíc dole uprostřed „+“, znázorňující další procesy uvnitř).

Řepa (2007) do rozlišení aktivit doplňuje ještě *úlohy*, jakožto základní činnosti procesu, do nichž lze symbolem specifikovat úlohu opakující se, násobnou, či kompenzační.



Obrázek 5: Jednoduchá aktivita, a složená aktivita (subproces)

### Brána

Brány jsou místa, v nichž se sbíhají či větví toky procesů. Jsou reprezentovány košticí, a rozlišujeme 4 základní typy (Object Management Group, 2013):

- *Exklusivní brány XOR*, které vytváří několik možných cest, z nichž jen jednou může tok procesu dál pokračovat. Další rozdělení těchto bran je podle závislosti na prvcích. Exklusivní brány mohou být buď závislé na datech (podle nadefinované podmínky se vybírá cesta), nebo závislé na událostech (podle výsledku události se vybírá cesta).
- *Inklusivní brány*, jejich použití je tam, kde je možné pokračovat přes bránu více než jednou cestou.
- *Paralelní brány*, přes něž se běh procesu vede více cestami na jednu.
- *Komplexní brány*, využitelné tam, kde není možné použít exklusivní ani inklusivní dráhy, a zároveň by tam mělo probíhat více dělení cest v několika branách.



Obrázek 6: Typy bran v BPMN

### **Událost**

Přímo ovlivňuje tok procesu, děláme je na počáteční, průběžné a koncové. Jsou reprezentovány kruhem. Místy se setkáváme také s kruhy s vnořenou ikonou, které reprezentují další upřesnění dané události.



Počáteční událost

Průběžná událost

Koncová událost

Obrázek 7: Typy událostí v BPMN

#### **3.4.1.3 Spojovací objekty**

Využívají se k propojení jednotlivých prvků v diagramu. Společně s tokovými elementy vytváří základní strukturu diagramu. Značí se čarou se zakončením šipkou, přičemž přesné koncové a počáteční označení je závislé na typu spojovacího objektu. Rozlišujeme 3 základní typy: sekvenční toky, toky zpráv, asociace.

#### **Sekvenční tok**

Vyjadřuje následnost procesů, a reprezentuje sled (pořadí, sekvenci) v jakém jsou činnosti vykonávány. Zdroj i příjemce sekvenčních toků musí být aktivita, událost, či brána. Nesmí přesahovat hranice bazénu, a značí se plnou čarou zakončenou plnou šipkou. Podmnožinou je podmínkový sekvenční, který znamená nutnost předchozího splnění určité podmínky před pokračování procesu.

#### **Tok zpráv**

Reprezentuje přenos zprávy mezi entitami procesu. Toto zasílání zpráv se značí přerušovanou čarou se šipkou a kroužkem. Využívá se ke komunikaci mezi účastníky procesu dvou různých drah.

#### **Asociace**

Definují obecné vztahy mezi elementy (např. aktivitou a datovým prvkem). Značí se přerušovanou čarou se šipkou. Obecně lze říci, že se využívá k připojení informace či objektu k prvkům procesu (vč. toků).



Sekvenční tok

Tok zpráv

Podmínkový sekvenční tok

Asociace

Obrázek 8: Spojovací prvky v BPMN

#### **3.4.1.4 Artefakty**

Slouží k zpřístupnění doplňujících informací o procesu. Nemají vliv na tok procesu, rozlišujeme Datové prvky, Seskupení (skupiny), a Poznámky (volný text).



Obrázek 9: Typy artefaktů v BPMN

### ***Datový prvek***

Naznačují, jakým způsobem jsou dokumenty (a obecně data) používány v rámci procesu. Jde o data, která jsou reprodukována či vyžadována aktivitou. Spojení datových objektů s aktivitami je realizováno většinou pomocí asociace. Značí se symbolem „listu papíru“, tedy obdélníkem s ohnutým rohem.

### ***Seskupení (skupina)***

Seskupují prvky procesu, jenž spolu nějak souvisí. Nemají vliv na sekvenční tok. Mohou překračovat hranice bazénů, napříč drahami, a slouží zejm. pro dokumentaci. Značí se obdélníkem přerušovanou čarou.

### ***Poznámka (volný text)***

Poskytují další informace k procesu. Pomáhají modelářům upřesnit představu o jednotlivých elementech. Zavádí se pro zvýšení srozumitelnosti a přehlednosti.

## **3.4.2 Petriho síť**

Základ Petriho sítím dal ve své disertační práci „Kommunikation mit Automaten“ německý matematik C.A. Petri, v roce 1962. Uvedl, že představují velmi silný grafický i matematický nástroj pro modelování distribuovaných systémů. V práci rozebral možnost koordinace činností samostatně pracujících automatů.

Pro Petriho síť jsou charakteristické orientované bipartitní grafy, jenž reprezentují strukturu daných systémů. Dong (2010) a Franceschinis (2009) uvádějí standardní formální definici Petriho sítí, pomocí pětice prvků, jako:

- $P$  (*places*) – jako konečné množiny míst,
- $T$  (*transitions*), jako konečné množině přechodů,
- $F$  (*function*), jako množiny hran,
- $W: F \rightarrow \{0, 1, 2, 3, \dots\}$  (*weight function*), jako váhová funkce,
- $M_0$  (*marking*), jako počátečního označení.

Přičemž  $P$ ,  $T$ , a  $F$  jsou orientované bipartitní grafy.  $P$  a  $T$  jsou neprázdné a konečné nesouvislé množiny, a  $F$  je podmnožina  $(P \times T)$  sjednocené s  $(T \times P)$ .

S využitím Petriho sítí se lze setkat např. v úseku návrhu paralelních architektur výpočetních systémů, popisu komunikačních protokolů, počítačových sítí, či např.

v oblasti ekonomických věd (návrh, ověření, a simulace různých ekonomických systémů).

V následujících podkapitolách bude představena struktura Petriho sítí a jejich typy.

### 3.4.2.1 Struktura Petriho sítí

Ve struktuře Petriho sítí lze nalézt tři druhy objektů: místa, přechody, a hrany. Místa a přechody v Petriho síti představují uzly grafu, a hrany jsou jejich spojujícími prvky.

#### *Místa*

Reprezentují stav sítě. Znázorňujeme je pomocí kroužku. Obsahují v sobě stavovou informaci ve formě tzv. tokenů (značek). Lze se setkat také s jejich vlastností kapacita, která informuje o maximálním počtu značek, které lze umístit.

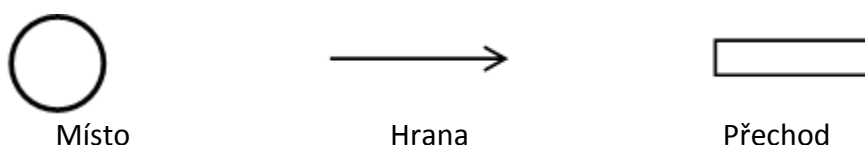
#### *Přechody*

Reprezentují události měnící stav sítě, změny stavů jež mohou nastat. Jsou znázorněny obdélníkem.

#### *Hrany*

Spojují buď místa přechody, nebo naopak (nikdy stejné prvky). Jsou znázorněny orientovanou čarou (šipkou). Jejich vlastností je váha, tedy násobnost, definovaná pro všechny hrany v síti.

Okamžitý stav Petriho sítí je definován právě umístěním značek (tzv. tokenů), v místech (příslušný počet teček uvnitř kroužku).



Obrázek 10: Komponenty Petriho sítí

### 3.4.2.2 Place/Transition Petriho sítě (P/T)

P/T Petriho sítě jsou definovány čtveřicí  $(P, T, F, W)$ , kde  $P$  je konečná množina míst,  $T$  je konečná množina přechodů,  $F$  je množina hran (vazby toků), a  $W$  je váhová funkce (Lilius, 2010). Jensen (1996) dodává, že podle mnoha studií a výzkumů jsou Petriho P/T sítě jedním z nejsilnějších a nejvíce užitečných jazyků pro modelování systému zahrnujících souběžné procesy.

Do každého místa  $p$  tedy umožňují umístit jeden a více tokenů. Markl (2006) definuje, že přechod  $t$  je proveditelný tehdy, platí-li, že:

- pro každé místo  $p$  vstupní množiny přechodu  $t$  lze říct, že obsahuje alespoň tolik tokenů, kolik činí váha hrany, vedoucí z místa  $p$  do přechodu  $t$ ,
- pro každé místo  $p$  výstupní množiny přechodu  $t$  lze říct, že počet tokenů obsažených v místě  $p$  zvětšených o váhu hrany, směřující z přechodu  $t$  do místa  $p$ , nepřevyšuje kapacitu místa  $p$ .

### 3.4.2.3 Condition/Event Petriho síť (C/E)

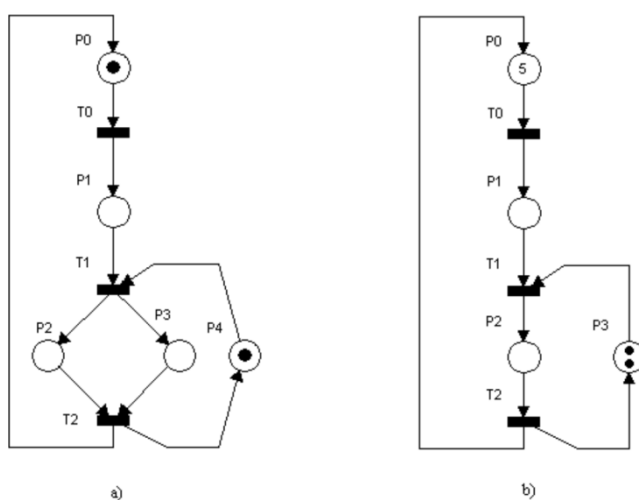
Modely C/E Petriho sítí se skládají z podmínek (conditions, namísto míst) a událostí (events, namísto přechodů). Podmínky musí být splněny, aby mohly nastat určité události. Vztahy mezi podmínkami a událostmi jsou charakterizovány pomocí orientovaných hran.

C/E Petriho síť jsou speciálním případem P/T Petriho sítě, kde kapacita každého místa je = 1, a váha každé hrany také. Každou P/T Petriho síť lze převést do C/E Petriho sítí (avšak se značně složitější strukturou). Kochaníčková (2008) je považuje za nejslabší z hlediska vyjadřovací síly, kterou přirovnává k vyjadřovací síle konečných automatů (každé místo může obsahovat nejvýše jeden token).

C/E Petriho síť definují (a graficky znázorňují) tyto prvky (Dorda, 2010):

- *podmínky*, jež zobrazujeme zpravidla kroužky,
- *události*, jež zpravidla zobrazujeme obdélníky (příp. úsečkami),
- *orientované hrany*, směřují buď od podmínky k události nebo naopak,
- *tokeny (značky)*, zakresluje jako tečky v kroužcích odpovídajících podmínkám; vyjadřují pravdivost jednotlivých podmínek (0 nebo 1),
- *počáteční značení*, tedy počáteční rozložení tokenů v Petriho síti.

Na rozdíl od P/T sítí tedy mohou podmínky v C/E Petriho sítích obsahovat pouze jednu značku, která vyjadřuje její pravdivostní hodnotu (viz Obr. 11).



Obrázek 11: Jednoduchá a) Petriho síť typu C/E, a b) Petriho síť typu P/T (Kochaníčková, 2008)



#### 3.4.2.4 Petriho sítě s inhibičními hranami

Řadí se do tzv. Petriho sítí vyšší úrovně. Inhibiční (také „zakazovací“) hrany směřují vždy pouze od místa k přechodu. Kochaníčková (2008) uvádí, že zavedení inhibičních hran zvýšilo vyjadřovací sílu Petriho sítí na úroveň Turingova stroje.

Esparza et al. (2002) Petriho sítě s inhibičními hranami definuje pomocí šestice prvků ( $P, M, T, Pre, Post, In$ ), kde  $P$  rozumíme konečnou množinu míst,  $M$  rozumíme konečnou množinu metod,  $T$  rozumíme konečnou množinu (interních) přechodů,  $Pre$  a  $Post$  jsou celkové funkce, které definují klasické hrany Petriho sítě, kdy ke každé metodě či přechodu je přiřazena dílčí funkce, jenž mapuje místa s pozitivním přirozeným číslem. A  $In$  je celková funkce, definující inhibiční hrany. Každé metodě či přechodu je přiřazena dílčí funkce, která mapuje místa přirozených čísel.

Inhibiční hrany umožňují podmínit provedení přechodu sítě absencí značky v některém místě. Přechod však nesmí být proveden, obsahuje-li vstupní místo připojené inhibiční hranou aspoň jednu značku.

#### 3.4.2.5 Petriho sítě s prioritami

Petriho sítě s prioritami rozšiřují možnosti P/T Petriho sítí, o zavedení tzv. priorit přechodů, což se odráží v možnostech modelování při návrhu systému. Ke každému přechodu je přiřazeno celé, nezáporné číslo, které udává jeho prioritu. Pakliže je pak v jednom stavu sítě možné provést v jednu chvíli více různých přechodů, provede se přechod s nejvyšší prioritou.

Kochaníčková (2008) uvádí příkladem model komunikace v kruhové počítačové síti, v němž právo ovládat komunikaci v síti je cyklicky nabízeno každému terminálu sítě.

#### 3.4.2.6 Časované Petriho sítě

Vzhledem k absenci práce s časem, u předchozích typů Petriho sítí, se v nich veškeré změny v síti provádějí okamžitě. V praxi však systémům každá událost trvá určitou stanovenou dobu. Časované Petriho sítě tedy přinesly možnost modelovat i činnosti spotřebovávající čas. Trvání dějů lze charakterizovat buď deterministicky (s konstantní dobou trvání), stochasticky (s náhodnou dobou trvání), nebo kombinovaným způsobem (pro některé přechody stochasticky, a pro jiné deterministicky). Tímto výrazně rozšiřují modelovací možnosti.

David (2010) uvádí, že jsou užitečné pro vyhodnocování výkonnosti (zejm. počítačových, či výrobních systémů aj.). Časování může být spojeno s dobou trvání operace, nebo s očekávaným časem než se objeví nějaká událost, např. chyba. Markl (2006) doplňuje, že časové charakteristiky mohou být spojené s různými stavebními prvky Petriho sítí, jako například s:

- přechody ( $t$ -timed Petriho sítě),

- *místy* (*p*-timed Petriho sítě),
- *hranami* (*a*-timed Petriho sítě),
- *tokeny* (token timed Petriho sítě).

### 3.4.2.7 Barevné Petriho sítě

Standardní P/T Petriho síť je černobílá. V barevných Petriho sítích existují různé typy tokenů, v rámci každého z nich mohou navíc tokeny nabývat různých barev, jenž jsou k nim alokovány. Tyto sítě jsou rozšířeny o další elementy (proměnné, deklarace typů aj.), právě pro zpracování tokenů různých barev. David (2010) uvádí, že je-li tento počet barev v sítích konečný, mohou být převedeny do klasických Petriho sítí. Přechodům jsou přiřazeny podmínky přechodu, tvořené z konstant a proměnných, které po vyhodnocení dávají pravdivostní hodnotu 0/1.

Každá barevná Petriho síť má množinu míst, a přechodů, které jsou specifické vzhledem k typu sítě, kterou modeluje. Tokeny, povolené v určitých místech jsou také specifické vzhledem k tomu, že přenášení různé typy informací (Donatelli, 2006).

V kontrastu ke klasickým Petriho sítím, barevné Petriho sítě také umožňují několik hran mezi stejně uspořádanými páry uzlů. Proto  $F$  definujeme jako samostatnou množinu, a ne podmnožinu  $P \times T$  sjednocené s  $T \times P$  (Jensen, 1996). Cortadella et al. (2004) doplňují, že barevné Petriho sítě minimalizují rozdíly mezi klasickými Petriho sítěmi, a objektivě-orientovaným návrhem.

Barevné Petriho sítě jsou vhodný přístup k modelování, z důvodu nabídky intuitivních prostředků pro modelování a analyzování kombinatorických aspektů sekvencního plánování. Široké využití nalézají v oblastech ověřování komunikačních protokolů, vojenských systémů aj. Hee (2004).

### 3.4.2.8 Hierarchické Petriho sítě

Hierarchické Petriho sítě zavedly možnost hierarchického strukturování. Tento způsob eliminuje nevýhody vyplývající z jednoúrovňového způsobu návrhu a modelování (např. absence zachycení vnitřní struktury systému aj.).

Tyto sítě představují částečně uspořádanou množinu ne-hierarchických Petriho sítí, tzv. stránek. Těmito sítěmi mohou být např. C/E, P/T, barevné, sítě s inhibitory, či s prioritami (Kochaníčková, 2008). Umožňují tak členění modelovaného systému do subsystémů (vzájemně propojených rozhraními), které reprezentují vždy určitou část celku. V rámci uživatelského rozhraní při modelování hierarchických

### 3.4.2.9 Objektové Petriho sítě

Tak jako předchozí typ rozšířil možnosti Petriho sítí o hierarchické strukturování, objektivě orientované sítě rozšířili jejich možnosti o koncept objektivě orientace.

Díky těmto systémům se již jejich modely značně přibližují reálným systémům. Podle Giraulta (2003) tím, že hierarchie tříd v objektově orientovaných Petriho sítích již podporuje jak tokeny, tak i sub-sítě, tak umožňuje brát v úvahu i víceúrovňové abstrakce, z hlediska objektového přístupu, a objektové Petriho sítě vnímá jako plně integrované a propracované, v kontextu základního konceptu objektově-orientovaného smýšlení.

Jedlička (2010) uvádí, že hrany, které v objektových Petriho sítích, míří do přechodu, obsahují booleovské výrazy, které odkazují na hodnoty atributů vstupních značek. Zatímco hrany, které míří z přechodu, slouží ke změnám hodnot atributů značek, pomocí přiřazovacích příkazů. Markl (2006) dodává, že tokeny kolující v Petriho síti jsou považovány za instance objektových tříd (popsaných v nějakém objektově-orientovaném programovacím jazyku), a přechody představují metody. Hrany pak popisují možné toky objektů v systému.

Vzhledem k obrovským možnostem vlastností těchto značek, jako i hránových výrazů, je analýza tohoto typu sítí, kvůli jejich složitosti velmi obtížná.

#### 3.4.2.10 Porovnání Petriho sítí

Jednotlivé sítě mají typické charakteristiky a vlastnosti. Uvedeme některé z nich:

- *C/E Petriho sítě*, jsou nejjednodušší k použití bez předchozích znalostí, avšak mají omezené možnosti vzhledem k dvou-stavovým místům);
- *P/T Petriho sítě*, jsou vhodné pro středně-složitě systémy, nezahrnují však faktor času;
- *Časované Petriho sítě*, mají rozšířené modelovací možnosti vzhledem k zahrnutí faktoru času;
- *P/T Petriho sítě s inhibičními hranami*, mají vyšší modelovací sílu, umožňují také modelování chybových stavů v systémech.
- *P/T Petriho sítě s prioritami*, zohledňují „důležitost“ jednotlivých procesů, umožňují více možností návrhů, také nezahrnují časové vztahy;
- *Objektové Petriho sítě*, jsou nejbližší k reálným systémům; jednotlivé prvky (hrany, přechody, tokeny) představují prvky objektové „reality“ (instance, metody, toky objektů); pro analýzu jsou však velmi složité;
- *Hierarchické Petriho sítě*, výhodné využití u systémů, obsahujících více subsystémů se stejnou/podobnou strukturou; mohou samy o sobě obsahovat P/T, C/E, barevné, i jiné Petriho sítě.

### 3.5 Lean Manufacturing

V této podkapitole se budeme zabývat metodikou Lean Manufacturing (česky štíhlá výroba). Vzhledem k důležitosti efektivity a optimalizace firemních procesů se právě s nasazování této metodiky můžeme ve firmách stále více setkat. Staví na několika základních pilířích, které však nejlépe a nejúčinněji fungují synergicky.

V rámci Lean Manufacturing se často mluví o celkové změně myšlení a vnímání, a to nejen v kontextu firemních procesů. Nejprve bude představena samotná koncepce Lean Manufacturing, a následně budou rozebrány některé z jejich technik.

### 3.5.1 Definice

Štíhlá výroba (lean manufacturing, původně Toyota Production Systém – TPS) vznikla ve firmě Toyota, v padesátých letech 20. století. Je to kompletní organizace vývoje a výroby produktů, a vztahů s dodavateli a zákazníky, jež optimalizuje požadavky tak, aby bylo potřeba méně lidské práce, kapitálu, času, a výrobky byly kvalitnější. Dosahuje to např. minimalizací plýtvání (Bauer et al, 2015).

Zjednodušeně se dá říci, že se k výrobě přistupuje takovým způsobem, že se dodavatel snaží uspokojit zákaznickou poptávku v nejvyšší možné míře tak, že např. vyrábí jen to, co zákazník požaduje, a to v nejkratší možné době, v maximální možné kvalitě, při minimálních možných nákladech. Většina technik Lean Manufacturing (viz níže) vznikala v Japonsku, většinou ve firmě Toyota.

Dobře předchozí odstavec shrnuje Suss (2014), který ho vyjadřuje jako změnu z rovnice **Náklady + Zisk = Cena**, na rovnici **Cena – Náklady = Zisk**. Tato zdánlivě elementární změna však podle filozofie této metodiky eliminuje to, že zákazník platí za chyby a náklady firmy (jako tomu je v původním znění rovnice).

Odcházet et al. (2007) připojuje, že jde o přístup, kombinující několik technik, jež samy o sobě urychlují práci. Ve vzájemném propojení pak dochází synergickému efektu, čímž dosahuje rapidního zrychlení kompletace produktu.

### 3.5.2 Neustálé zlepšování

Jde o stabilní revizi a hodnocení procesů z hlediska jejich produktivity, struktury, a uspořádání. Bývá vnímáno jako zastřešující téma pro optimalizační metody všech procesů, a z těchto důvodů vznikají přímo pracovní funkce CI manažer (Continuous improvement – neustálé zlepšování), s náplní práce lokalizovat zlepšitelné procesy, a přicházet s návrhy jejich zlepšování.

Nově lze také vnímat tendenci zavádění „lokálních CI manažerů“ (CI koordinátoři oddělení), kteří mají pole působnosti vymezené pouze na svých pracovištích, např. kvalita, engineering, finance. Tito lidé mají za úkol dohlížet, připomínat, a navrhnout dodržování různých standardů neustálého zlepšování u svých spolupracovníků, ze stejných oddělení. Šmída (2007) souhlasí, že neustálé zlepšování procesů vede k pravidelnému zdokonalování výrobků a služeb, stejně jako k trvalému přicházení „s něčím novým“. Jsou pro to využívány nástroje jako např. rybí kost, FMEA, Kaizen. Některé z nich si dále rozebereme níže.

### 3.5.3 Systém 5S

Jde o systém uspořádání a udržování pracovní plochy v pěti krocích. Původem je z japonské (pět prvních písmen japonských slov). Definice jednotlivých písmen se v jednotlivých zdrojích poměrně různí, ale princip je poměrně zřejmý. Udržovat

pracovní plochu uspořádanou, bez zbytečností, a vizuálně přehlednou. Vždy se snaží cílit přímo také na kulturu jedince, a nejen na aktuální problém.

Systém 5S tedy nevnímá pouze podmínky na pracovišti, ale má tendenci formovat i člověka samého. Jde z velké části o změnu vnitřního uspořádání, kdy pomocí tohoto systému by měl člověk zároveň dosáhnout zvýšení kritičnosti k negativním faktorům (nepořádek, chaos) natolik, že bude chtít dělat pozitivní věci a radovat se (čistota, systém) (Madhavan, 2015).



**Obrázek 12:** Příklad realizace 5S v dílně, PŘED (vlevo), a PO (vpravo) aplikaci (Moulding, 2010)

Z předchozího obrázku je patrná ZMĚNA. Lze mluvit o změně uspořádání, o redukci počtu věcí (obecně), o lepší „vizuální prezentaci“, či jen o prostém „uklizení“. Ve všech předchozích úvahách, o tom co je na obrázku, lze najít hesla či symboly systému 5S.

Jde o techniku, vztaženou ke změně kultury – systémový postup v pěti krocích:

- *Sort (srovnej, uklid')* – optimalizace uspořádání odstraněním věcí, nepotřebných pro právě probíhající operace;
- *Set In Order (uspořádej)* – znamená najít pro věci takové místo uložení, aby vždy bylo jasné, kde jsou a daly se najít;
- *Shine (nalešti, vyčisti)* – umýt, zamést, či utřít prach; udržovat čistotu;
- *Standardize (standardizuj)* – standardizuj je výsledek předchozích tří aktivit (někdy známých též jako 3S); cílem je vytvoření zvyku na předchozí;
- *Sustain (dodržuj)* – pravidelná kontrola dodržování standardů a zlepšování formou rychlých kaizenů; cílem je z návyku udělat „radost“, aby lidé chtěli udržovat 5S samovolně i v ostatních oblastech života, např. domácnost, dílna aj. (Bauer, 2015; Alvord, 2010).

Jak bylo výše zmíněno, jádrem a hnacím motorem systému 5S je vlastně systém 3S, který je „pouze“ pak dále rozvíjen jeho standardizací, a udržováním zavedeného. Lépe to bude možné pochopit z následujícího obrázku.



Obrázek 13: Systém 5S (Vítek, 2012)

Některé novodobé zdroje uvádí také zavedení šestého S, v podobě *Safety – Bezpečí*. Zahrnuje v sobě zejména kontrolu a pravidelnou revizi všech činností. Vztahuje se na všechny oblasti, pro zajištění bezpečnosti (nepřehlédnutí potenciálních rizik).

### 3.5.4 Kaizen

Neustálé zlepšování po malých krůčcích, při zapojení všech zaměstnanců všech úrovní. Tak by se dal nazvat princip metody Kaizen, tedy zlepšovací návrh.

Šmída (2007) popisuje kaizen jako mírné zlepšování inkrementálního charakteru (tedy malé změny, oproti reengineeringu kde dochází k celkovému přehodnocení a často i restrukturalizaci systému). Tento systém předpokládá invenci, hledání, a schopnost syntézy. Kaizen zlepšuje stávající procesy (při žádných mimořádných investicích).

Vzhledem k tomu, že do procesu zlepšování bývají zapojeni všichni pracovníci podniku, měl by být sestavený dostatečně motivační systém k předkládání návrhů na zlepšování práce. Jedná-li se o přínosné návrhy, jsou jimi nahrazeny dosavadní techniky práce (Odcházal et al., 2007). Předkladatelé nejlepších návrhů (většinou prezentovaných i s vyčíslenou úsporou), většinou bývají odměňováni pomocí určitých firemními benefitů, poukázek aj.

Aktivní zapojení všech pracovníků do zlepšování, staví na třech pilířích, tři základní principy Kaizen:

- *Proces a výsledky* – jak mohou pracovníci přispět ke zlepšení procesů;
- *Systematické myšlení* – řešení problému v kontextu jeho návaznosti;

- *Nesoudit, neobviňovat* – pravidelně předkládat možnosti malých změn, namísto kritizování současných postupů (Bauer, 2015).

### 3.5.5 Kanban

Tahový systém řízení pohybu materiálu. Jde o komunikační nástroj v JIT typu výroby, a řízení systému zásob vyvinuté v japonské firmě Toyota.

Prakticky se jedná o informační tabulku, která může být i částí zásobníků, doprovázející specifické díly ve výrobní lince, znamenající dodávku určitého množství. Jakmile jsou všechny díly použity, znak se vrací na své původní místo, kde se stává objednávkou pro další díly (Bauer, 2015).

V analogii na Šimona et al. (2014) lze uvést následující princip fungování kanban karet, ve výrobním podniku:

1. montážní linka požádá o přivezení polotovaru ke zpracování;
2. polotovar (např. plastové výlisky) je ze skladu na paletě vyskladněn u montážní linky;
3. zde je z této palety sejmuta kanban karta, a je uložena ve „skříňce“ (tzv. pošta kanban);
4. karta je poslána do skladu (sklad ví, že polotovar byl spotřebován, a je potřeba ho nechat z výroby naskladnit);
5. jakmile je dodán z výroby (vstříkovna plastů) na sklad nový polotovar (plastové výlisky), je karta opět umístěna na paletu, kterou identifikuje;
6. polotovar je nyní opatřen kanban kartou, a čeká na požadavek na přivezení polotovaru ke zpracování od montážní linky (cyklus je uzavřen).
7. pokračuje stejně od bodu 1.

### 3.5.6 Just In Time

Metoda Just In Time (dále jen JIT) byla původně inspirována americkými supermarketem, a jejich doplňováním zboží. V rámci Toyota Production System (TPS) poskytl metoda JIT firmám z japonského automobilového průmyslu výhodu na trhu, a byla přijímána mnoha firmami z výrobních oborů průmyslu (Lean Manufacturing Japan, 2008).

Pomocí této metody obrátili Japonci své nevýhody ve výhody. Začali na výrobní procesy nahlížet jako na propojená pracovní střediska, která jsou optimálně uspořádaná tak, že každý dělník je schopný dokončit jeho úkol a dodat výsledek svojí práce dalšímu pracovníkovi přesně v okamžiku kdy je potřeba. Hlavním cílem je eliminace veškerých čekacích dob, čímž investice do zásob mohou být minimalizovány, výrobní časy zkráceny, a změny v poptávkách mohou být rychle vyřizovány. JIT usiluje o eliminaci plýtvání a snižování zásob, pomocí zjednodušování výrobních procesů (Lai, 2009)

Odcházet et al. (2007) doplňuje příklad v podobě zajištění, aby materiál od dodavatelů byl u montážní linky přesně v dobu, kdy tam být má (tedy ani dříve, ani později). Což vede ke snížení nákladů, vzhledem k nižší potřebě zásob.

### 3.5.7 SMED

Single-Minute Exchange of Die, aneb program rychlých změn. Je to metoda zkracování časů na přetypování výrobních zařízení, z oblasti štíhlého řízení. Kormanec (2007) ji definuje jako systematický proces pro minimalizaci časů prostojů, tj. časů čekání (přípravy) pracoviště mezi opracováním dvou po sobě následujících různých typů výrobků.

Svět produktivity uvádí dva základní cíle SMED:

- *získat část kapacity stroje, která se ztrácí jeho dlouhým přestavováním,*
- *zajistit rychlý přechod z jednoho typu výrobku na druhý (umožnit výrobu v malých dávkách, a tím pružnější změnu, s kratší průběžnou dobou výroby).*

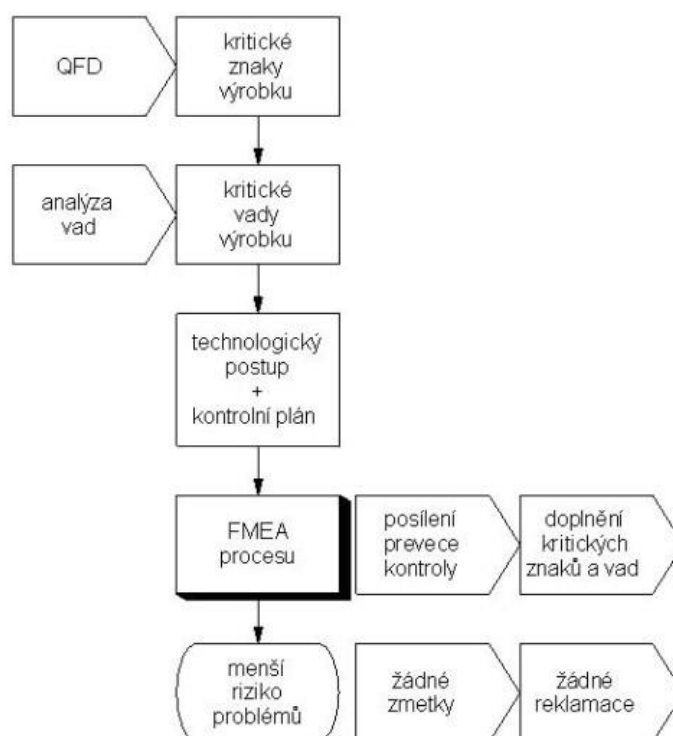
V praxi může fungovat tak, že pokud jedna osoba dokáže připravit stroj (zpravidla větší stroj – linku, vstřikolis, frézovací centrum aj.) pro zpracování druhého, rozdílného, typu výrobku během 60 minut (např. vyklizení původního typu výrobku, naskladnění nového, manuální výměna forem - protikusů, nastavení programu, výměna nástrojů stroje, kalibrace stroje, zaměření hodnot, doplnění oleje aj.), je možné, že 10 pracovníků souběžně to zvládne třeba jen za 6 minut.

Shingo (1985) zdůrazňuje výhody SMED zejm. jako zkrácení časů procesu a zvýšení pracovitosti. Uvádí také, že výrobci, kteří přijali SMED systém, mohou těžit z podstatných strategických výhod díky eliminaci zásob, a „převratu“ v jejich výrobní koncepci.

### 3.5.8 FMEA

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) je analytická metoda, jejímž cílem je identifikovat místa možného vzniku vad ve výrobě, dokázat jim určit prioritu podle jejich možné vážnosti, možného výskytu, a pravděpodobnosti jejich odhalení. Všechny podniky se snaží minimalizovat zmetkovost, a nemít žádné reklamace. Toho lze dosáhnout při dobrém podchycení „slabých míst“, jemuž předchází jejich identifikace, důležitost atd.





**Obrázek 14: Diagram postupu realizace metody FMEA (Chaloupka, 2010)**

Vysvětlení Obr. 14: Klíčovému procesu FMEA předchází většinou několik předchůdců. Typicky *QFD*<sup>3</sup>, po jehož dokončení jsou odhaleny *kritické znaky výrobku*. Pomocí *analýzy vad* z nich určí *kritické vady výrobku*, a *technologický postup vč. kontrolního plánu*. V tu chvíli přichází FMEA (analýza rizik, seznam a ohodnocení potenciálních dopadů, jejich vážnosti, možného výskytu a pravděpodobnosti odhalení, prioritizace a výpočet RPN<sup>4</sup>), závěrečná opatření pro minimalizaci rizik.

10 kroků pro FMEA uvádí McDermott (2009):

- Revize procesu či produktu,
- Diskuze nad potenciálními scénáři chyb,
- Seznam potenciálních dopadů každého chybového scénáře,
- Přidělení ohodnocení možné vážnosti dopadu v případě výskytu chyby,
- Přidělení ohodnocení možného výskytu každého chybového scénáře,
- Přidělení ohodnocení pravděpodobnosti odhalení každé z chyb,

<sup>3</sup> QFD = Quality Function Deployment, tedy rozpracování požadavků zákazníka.

<sup>4</sup> RPN – Risk Priority Number je číslo, chápané jakožto jedno z měřítek metodiky FMEA, jenž je používáno při uvažování riziku a nebezpečnosti, identifikaci kritických chybových scénářů, asociovaných s daným procesem. Vzniká součinem koeficientů vážnosti dopadu × možnosti výskytu × pravděpodobnosti odhalení chyby (FMEA – FMECA, 2006).

- Vypočítání priorit každého dopadu, v kontextu předchozích ohodnocení,
- Prioritizace scénářů chyb pro nasazení,
- Vypočítání výsledného RPN (risk priority number) a vyvození závěrů.

### 3.5.9 Waste Walk

*Waste Walk* (lze přeložit jako „plýtvací vycházka“) také známý jako Gemba Walk (*gemba* = tam, kde dochází k výkonu práce) je zeštíhlovací technika k identifikaci plýtvání v podniku. Vzhledem k tomu, že jednou z podstat techniky Lean manufacturing je úspora finančních prostředků, je omezení plýtvání jednou z esenciálních podmínek – jakkoli, čím déle je člověk zvyklý v zaběhlém systému fungovat, tím hůře vidí slabší místa, v nichž dochází k plýtvání.

Principem je, že skupina jednotlivců (kteří většinou nejsou účastníky procesu) sledují práci jiných „svýma očima“, skrze optiku Lean. Před Waste Walkem je vhodné informovat zaměstnance, že bude probíhat (tedy že je bude sledovat skupinka lidí, snažící se identifikovat místa, v nichž dochází k plýtvání). Během sledování mohou členové skupinky mluvit se zaměstnanci (příp. zákazníky). Na závěr tým poděkuje zaměstnancům, a vzájemně porovná své poznámky (Gabow, 2015).

Na začátku Waste Walk jsou členové skupinky seznámeni s cíli pracovišť, kterými budou procházet, a dostávají aktuální layout, a toky pracovního postupu. Následně se přesouvají mezi pracoviště v 30–45 min. intervalech, kde se snaží odhalit plýtvání (každé si poznačí). Na konci do mapy zvýrazní podstatné problémy, které našli, a proběhne vzájemná debata týmu, a srovnání s aktuálním stavem procesů.

### 3.5.10 Shrnutí výhod Lean Manufacturing

Velkou výhodou Lean Manufacturing je, že osvědčené techniky Leanu (viz kap. 2.5.2) na sebe plynule navazují, a při realizaci jedné bývá realizovaná i velká část nějaké druhé. Toto propojení vede k časové, finanční i skladové úspoře (zásoby).

Z výhod nasazení Lean Manufacturing lze tedy uvést například (Hobbs, 2004):

- *Zlepšení produktivity* (např. omezením plýtvání),
- *Zlepšení reakčního času na poptávku zákazníka* (např. eliminací neúčinných činností),
- *Snižování zásob* (např. vhodnou návazností skladových a výrobních procesů),

Všechny techniky štíhlé výroby Lean Manufacturing de facto podléhají zastřešující „technice“ Continuous Improvement, tedy neustálého zlepšování. A to, je zároveň naopak, definováno také každou z těchto technik.

Systém „*pěti es*“ je vlastně o změně pohledu na důležitost kultury pořádku. Uvědomit si, že skvělé výkony se lépe podávají v dobrých podmínkách (pořádku).

*Kaizen* slouží jako náhrada „podnikového brainstormingu“ na téma „Co se ve firmě dá zlepšit?“. Každý přispěje něčím, a nejlepší nápady se využijí a odmění.

*Kanban* slouží pro řízení výroby „v tahu“. Je to do značné míry celkem „automatický“ proces připomínání dodávek materiálu, např. objednání zboží na sklad.

*Just-In-Time* je metoda řízení toku produktů (materiálu) tak, aby byly dodány právě včas. Tím dochází k minimalizaci zásob, a úspoře finančních prostředků.

*SMED* se snaží o rapidní optimalizaci doby trvání výrobních procesů (např. příprava přetypování stroje aj.), např. rozložením na více odpovědných činitelů.

*FMEA* je systém opatření rizik, za pomoci určení „koeficientů“ rizik, podle pravděpodobnosti výskytu, vážnosti dopadu propuknutí, a šance jejich odhalení.

*Waste Walk* je optimalizace procesu pomocí minimalizací plýtvání, které jsou identifikovány skupinou „nezaujatých“ lidí při sledování práce na pracovištích.

## 3.6 Technologie použité pro vývoj webové aplikace

### 3.6.1 PHP

PHP lze definovat jako skriptovací programovací jazyk, který se využívá k vytváření aplikací, zejm. webových. Lze se setkat také s využitím pro vývoj aplikací desktopových či konzolových, ale nejběžnější je využití pro aplikace webové. Používá se pro generování dynamického obsahu webů (např. kódu HTML). PHP je připojeno k webovému serveru (většinou pomocí Apache či IIS – Internet Information Server), a jakmile dokončí generování HTML stránky, odesílá svůj „výtvor“ zpět webovému serveru, který jej doručí „dožadujícímu“ se klientovi.

První verze PHP byla vytvořena r. 1994 programátorem Rasmusem Lerdorfem (ozn. PHP/FI) jako sadu skriptů v programovacím jazyce Perl. Již od počátku bylo PHP vydáno jako open-source aplikace, a tak je tomu až dosud.

V r. 1996 byla, ve verzi 2.0, implementována i databázová integrace, a produkt tak pokročil mílovými kroky. V průběhu poslední let se horlivě debatuje nad jeho masivním nasazením do vnitropodnikových aplikací podnikové sféry. Zda mu může být důvěřováno natolik, aby dokázal pracovat s obrovskými projekty. V minulosti již ukázal, že na něm zvládnou běžet největší systémy a sociální sítě světa jako Facebook, Yahoo aj. (MacIntyre, 2010).

W3Techs (2015) také uvádí, že zároveň jde i o nejčastější programovací jazyk pro skriptování na straně serveru, s aktuálně přes 82 % využíváním (se stále rostoucím trendem, meziročně vzroste využívání o cca o 0,7 %).

Procházka (2012) uvádí některé z výhod a nevýhod použití právě PHP. Z výhod:

- *Multiplatformnost* (PHP je platformě nezávislý, a skripty jdou přenášet mezi operačními systémy téměř beze změn);
- *Značná podpora na hostingových službách* (poskytovatelé hostingu promptně reagují na nové verze PHP, přizpůsobují se, a umožňují jejich používání);
- *Nativní podpora databázových systémů* (např. MySQL, PostgreSQL aj.);

- *Rozsáhlá dokumentace* (open-source systém s propracovanou širokou online dokumentací).

A z nevýhod uvádí např.:

- *Horší podporu objektového programování* (je na nižší úrovni, oproti jiným programovacím jazykům);
- *Přístup k serveru, automaticky „odemykající“ přístup k PHP skriptům;*
- *Poměrně nízkou zpětnou kompatibilitu.*

Vzhledem k tomu, že pro tvorbu webových aplikací v PHP je nutně potřebný provoz webového serveru (např. Apache), uvádí Vrána (2010) možnosti propojení pomocí tří základních způsobů:

- *CGI*, základní způsob, kdy pro zpracování skriptů se vždy spouští vlastní interpret PHP; v praxi však pro svou nízkou rychlost téměř nevyužitelný;
- *FastCGI*, kdy na pozadí jsou interpretu PHP předávány skripty, jenž je potřeba zpracovat. Rychlostně již lze toto řešení srovnat s následujícím;
- *Modul webserveru*, jakožto častý způsob propojení PHP a webového serveru Apache. S ohledem na těsnou vazbu na server, jde o velmi výkonné řešení.

### 3.6.2 MySQL

Jde o open-source systém řízení relačních databází, jenž vlastní společnost Oracle. Je založen na strukturovaném dotazovacím jazyku (tzv. SQL<sup>5</sup>), a slouží k ukládání dat aplikací na databázový server. Vytvořen byl švédskou firmou MySQL AB v r. 1995. Nixon (2012) uvádí, že MySQL je asi nejvyužívanějším relačním systémem řízení báze dat (tzv. RDBMS) pro webové servery. Jedním z důvodů může být používání zdarma, velká rychlost, či extrémní výkon. Umožňuje běh i na systémech jen se základní hardwarovou výbavou, a který stejně nikterak zvláště nezatíží.

MySQL patří k relačním databázovým systémům, což znamená typ databáze založený na tabulkách, mezi nimiž jsou určité logické vazby (relace). Následná komunikace uvnitř probíhá pomocí již zmíněného jazyka SQL. Stejně jako PHP, je i MySQL open-source, a multiplatformní (tedy platformě nezávislé).

---

<sup>5</sup> z angl. Structured Query Language – strukturovaný dotazovací jazyk, určený ke komunikaci s databázovým serverem. Vychází z jazyka SEQUEL, vyvinutého dr. Chamberlinem r. 1974 (Hernandez et al., 2000).

## 4 Vlastní řešení

### 4.1 Popis společnosti

Firma je součástí nadnárodní americké korporace, zabývající se výrobou a dodávkou dílů do automobilového průmyslu. Celý koncern se skládá z 2 výrobních celků:

- „sedadlové“ divize, dodávající automobilové sedadlové systémy a jejich komponenty pro své zákazníky z řad automobilek;
- „elektrické“ divize (z jejíhož jednoho podniku pochází i zkoumaný proces), dodává vysoko napěťové elektronické produkty, a elektrické distribuční systémy.

Korporace patří mezi jedny z nejvýznamnějších dodavatelů v rámci automobilového průmyslu. Dodává pro více než 300 automobilových značek po celém světě.

Příslušný podnik v r. 2004 původní němečtí vlastníci odprodali tomuto americkému koncernu, a od té doby je tedy jeho součástí. Zabývá se výrobou, montáží, a dodáním součástek a kompletních elektrických distribučních systémů (např. konektory, pojistkové skříně, či terminály). Firma, také díky mnoha plně automatickým strojním zařízením, vykazuje velmi vysokou efektivitu výroby. Krom výrobních (dělnických) pozic jsou přímo součástí výrobních budov, také kanceláře administrativních a technicko-hospodářských pracovníků.

Vnitřní strukturou se výrobní rozdělení skládá z tří celků:

- *Lisovna plechů*, která se soustředí na samotnou výrobu, a zpracování kovových součástek (např. kontaktních plíšků aj.), a mechanickou úpravou kovů. Dané výrobky musí splňovat předem nastavené požadované vlastnosti (např. vodivost, odolnost vůči okolním vlivům aj.).
- *Vstřikovna plastů*, jejíž smyslem je hromadná výroba plastových prvků, jakožto podpora následného procesu montáže. K tomu využívá např. tzv. vstřikolisů plastu, kdy do předem připravených kovových forem jsou automaticky hromadně vstřikovány směsi roztavených „prutů umělé hmoty“.
- *Montáž*, zabývá se konkrétním sestavením a kompletací výrobků (např. kabely), z plastových a kovových komponentů. V rámci Montáže je také realizováno průběžné testování a měření charakteristik a funkcionality výrobků v jednotlivých fázích montážních procesů.

Synergií těchto tří oddělení, v rámci jednoho průmyslového komplexu budov, je dosahováno vysoké výkonnosti podniku. V další bude konkrétně popsána charakteristika zkoumaného procesu Frézovací centrum Maho MH-600, jenž podle typologie procesů (viz kap. 3.1.2.) řadíme do podpůrných procesů.

## 4.2 Frézovací centrum Maho MH-600E

Jak již název napovídá, jde o centrum strojního obrábění kovů pomocí upnutých nástrojů. Nabízí tříosé opracování obrobků, díky horizontálnímu a vertikálnímu frézovacímu vřetenu, umožňujícím opracování v rámci hlavního (rotačního), a vedlejšího pohybu (posuv.).

Součástí centra jsou krom samotného frézovacího zařízení, také pracovní panel s digitální obrazovkou pro lepší ergonomii použití, modul CNC řízení pomocí jednotky Phillips CMC 432, a zásobník nástrojů s kapacitou 30 míst. MAHO MH-600 je opláštěno kovovým modulem s posuvnými dveřmi, a využívá se pro sériovou výrobu obrobků z nástrojové a rychlořezné oceli, příp. mědi, mosazi, hliníku aj.

Konkrétními výrobky jsou například díly, pro oddělení lisovny plastů (jádra do forem). Mohou být jak úplně nové, tak i opravy používaných, tak i úpravy forem. Méně častými „zakázkami“ jsou díly pro montáž, či lisovnu plechů, popřípadě také údržbu. Vzhledem k umístění centra v rámci strojírny se jedná o jeden z klíčových procesů, neboť jsou operace, které na jiném stroji není možné vyrobit. V 90 % proces zajišťuje kusovou výrobu.

Z hlediska efektivity proces, v r. 2001-2002 (tedy ještě před přesunem firmy pod americký koncern) pracovali na tomto centru 2 lidé na 2 směny, a proces zajišťoval sériovou výrobu (každá zakázka min. 100 ks). Následně, po přechodu na kusovou výrobu, byl tento stav nevyhovující – z hlediska vysokých nákladů na pracovníky a tím i nízké rentabilitě procesu. Dočasné řešení poskytlo snížení počtu pracovníků na jednoho, a omezení provozu stroje pouze na „jeho směnu“. Požadavky na pracovníka na tomto stroji zahrnují mimo jiné i znalost programování a ovládání stroje, technologií obrábění, rezných podmínek, použití nástrojů aj. Z důvodů požadované hloubky znalostí, pro práci s frézovacím centrem, není žádná zastupitelnost.

V posledním roce, kdy se přistoupilo k výrobě nových forem, je tento proces problematický z hlediska kapacit frézovacího centra. Optimalizace pomocí metodik štíhlé výroby se zde zatím neřešila, jen metodika Kaizen se zkoumaného procesu částečně „dotkla“, když byly zadány Kaizeny jen na určitý výrobek (např. přípravek na upnutí dílu aj.), jehož výroba měla být realizována v rámci frézovacího centra.

## 4.3 Popis procesu

Proces je vyvolán pocitem nedostatku výrobního kovového dílu na některé z výrobních hal, či výrobních linek. Mezi tyto díly patří např. TYPY DÍLŮ. Tento nedostatek identifikuje některý z pracovníků oddělení Engineering, kteří jsou pro každou výrobní halu, proces, příp. též výrobní linku, stanoveni. Jejich dalším posláním v rámci podniku je supervizování zavádění nových projektů a jejich akvizice. Potřeba nového podpůrného dílu je v rámci korporátního informačního systému SAP vložena jako příkaz k výrobě, pro jeho další zpracování (oddělením Designu).

Jakmile je zadán výrobní příkaz, dostane oddělení designu, prostřednictvím systém, nové zadání, a rozhoduje se o možnosti jeho zpracování (v rámci personálních kapacit, schopnosti vyhotovení aj.). V případě, že nelze zadání zpracovat, zdůvodní to zadávajícímu oddělení, které se následně snaží přijít na jiné řešení. V opačném případě odesílá Design koncept zamýšleného řešení, který je následně Engineeringem buď schválen, nebo vrácen k přepracování.

Po schválení konceptu jsou asignováni pracovníci Designu pro vytvoření výkresu, který je následně odeslán Mistru strojírný, jakožto podklad k výrobnímu zpracování. Ten, podle dostupných kapacit, pro zadání alokuje dělníka strojírný, jenž zpracuje zamýšlený technologický postup, a vrátí jej Mistru strojírný ke schválení. Po schválení návrhu Mistr zadá pracovníka do SAP.

Vybraný pracovník strojírný získá informace o aktuální dostupnosti potřebného materiálu (který je v případě nedostatku doskladněn), který si následně alokuje, a předává spolu se všemi podklady určenému frézaři (ten přijetí potvrdí prostřednictvím předávacího protokolu a schválením v SAP, čímž je přiřazení zaměstnanců hotové).

V tuto chvíli se přechází z dosavadní konceptuální roviny do roviny implementační. Frézař vytvoří program pro stroj (podléhá schválení), následně frézovací centrum zaměří hodnoty, a frézař upne materiál k obrábění dovnitř. Nezbytnou součástí je následné prověření stroje, příp. dodání nezbytného oleje. Pakliže je stroj v pořádku, frézař ho zapne, najede a zaměří nulový bod, stroj si spustí emulzi, a frézař vyčistí obráběcí nástroje do zásobníku stroje (až 20 nástrojů). Pokud ale stroj v pořádku není, následuje ještě před jeho zapnutím kontaktování servisního technika, který frézaři sdělí, zda se dá oprava vykonat ihned (vykoná ji), příp. mu sdělí odhadovanou dobu, za kterou lze závadu vyřešit.

V případě, že je tedy vše v pořádku, a patřičné nástroje jsou připraveny v zásobníku frézovacího centra, zapne frézař přípravu obrábění, a dochází k samotnému obráběcímu procesu uvnitř centra, podle předem vytvořeného programu (jenž pro stroj de facto představuje „pracovní postup“ obrábění daného materiálu). Pakliže obrábění neprobíhá v pořádku, a vyskytne se chyba, stroj se obrábění se zastaví, a pokud frézař není schopen vyřešit problém, kontaktuje servisního technika. V opačném případě se obrábění bez chyby dokončí, a stroj se vypne.

Následně frézař výrobek zkontroluje, příp. i ručně přeměří, a společně s měřícím protokolem jej předá pracovníku strojírný, jenž společně s mistrem rozhodne o schválení implementace oproti zadanému výkresu. Je-li výrobek schválen, potvrzuje Mistr dokončení v SAP, předá oddělení Engineeringu, které prezentuje výsledek, ukončí v SAP a případně začlení produkt do daného problematického výrobního procesu. Když schválen není, zpracuje mistr Chybové hlášení, které jakožto odůvodnění doručí oddělení Engineeringu, jenž proces chybově ukončí, a vyvozuje z něj opatření.

## 4.4 Rozbor výrobní části zkoumaného procesu

### 4.4.1 Hierarchie prováděných činností v rámci

V rámci zamýšlené optimalizace a tím zvýšení využitelnosti stroje MAHO MH-600E, byly zaznamenány struktury činností stroje, a aktivit daného zaměstnance (frézař).

V rámci práce bylo umožněno uveřejnit rozbor struktury jednoho zkoumaného dne, z pohledu činností stroje a aktivit zaměstnance, obsluhujícího frézovací centrum. Souhrnná data, včetně veškerých aktivit spojených s výrobní realizací v rámci tohoto procesu, jsou vyobrazena v příložené tabulce níže (viz Tab. 1).

**Tab. 1: Časový harmonogram konkrétní elementárních činností v rámci výrobní části procesu**

<i>aktivita</i>	<i>začátek</i>	<i>konec</i>	<i>poznámka</i>
stroj stojí	6:00	6:10	pracovník programuje
stroj stojí	6:10	6:15	schválení programu pro stroj na strojárně
zaměření hodnot stroje	6:15	6:18	<b>zakázka (A)</b>
vklad materiálu (4 min.) + upnutí kusů	6:18	6:31	stroj stojí, pracovník provádí obsluhu stroje
prověření stroje + dodání oleje	6:31	6:49	stroj stojí
zapnutí stroje	6:49	7:01	stroj najíždí
stroj stojí	7:01	7:06	nulování na stroji – obsluha stroje
spuštění emulze	7:06	7:09	pracovník mezitím oprava jiné formy
stroj stojí	7:09	7:18	výběr a upnutí nástrojů pracovníkem
spuštění přípravy obrábění	7:18	7:25	zaměstnanec opravuje jinou formu
obrábění	7:25	7:43	částečné obrábění
stroj stojí	7:43	7:47	vyndání kusu a jeho kontrolní měření
upínání kusů a nulování na stroji	7:47	7:51	příprava dokončení obrábění kusu, podle původního zadání
kontrola stroje, najíždění, emulze	7:51	8:06	kontrola stroje, obsluha stroje
hledání závit.	8:06	8:11	obsluha stroje pro údržbu měření a hledání závitníku
spuštění přípravy	8:11	8:14	
obrábění	8:14	8:25	dokončení
stroj stojí	8:25	8:29	vyndání kusu a kontrola výrobku
vystavení měřícího protokolu	8:29	8:36	po kontrole hotového výrobku pracovník zadá měřící protokol
stroj stojí, vypínání stroje	8:36	8:39	doručení protokolů a obrobku na oddělení zadavatele
stroj stojí	8:39	8:56	oprava jiné formy pracovníkem
stroj stojí	8:56	9:09	pracovník programuje
stroj stojí	9:09	9:16	program schválen na strojárně
zaměření hodnot	9:16	9:21	<b>zakázka (B)</b>
vložení materiálu	9:21	9:27	



upnutí kusu	9:27	9:51	stroj stojí
zaměření hodnot	9:51	9:56	
kontrola stroje, doplnění oleje	9:56	10:19	obsluha stroje
zapnutí stroje	10:19	10:28	
stroj stojí	10:28	10:45	upnutí nástrojů + nulování (obsluha)
stroj stojí	10:45	11:15	zákonná přestávka zaměstnance
spuštění emulze	11:15	11:18	zaměstnanec – oprava jiné formy
spuštění přípravy obrábění	11:18	11:28	
obrábění	11:28	11:54	kontrola obrábění, obsluha stroje
stroj stojí	11:54	12:02	vyndání kusu, kontrola (kontrola)
vyhotovení měřicího protokolu	12:02	12:11	zkontrolován výrobek, zadán měřicí protokol
vypínání stroje (stroj stojí)	12:11	12:15	protokoly s výrobkem k zadavateli
stroj stojí	12:15	12:29	pracovník programuje, <b>zakázka (C)</b>
stroj stojí	12:29	12:31	prog, schválen pro stroj na strojárně
zaměření hodnot stroje	12:31	12:34	
vložení materiálu	12:34	12:36	obsluha stroje
upnutí materiálu	12:36	12:48	stroj stojí (obsluha stroje)
kontrola stroje + oleje	12:48	13:12	v rámci zaměstnancovy obsluhy stroj
zapnutí stroje	13:12	13:22	nabíhání stroje; prac. opravuje formu nástrojová sada nechána ze <b>zak. (B)</b>
spuštění emulze	13:22	13:25	
příprava obrábění	13:25	13:34	pracovník se mezitím zabývá opravou jiné formy
obrábění	13:34	14:09	
stroj stojí	14:09	14:18	vyjmutí výrobku a jeho kontrola
zadání měřicího protokolu	14:18	14:23	po kontrole výrobku
vypínání stroje (stroj stojí)	14:23	14:30	vyhodnocení protokolu zadavatelem
úklid	14:30	14:46	úklid pracovní plochy stroje

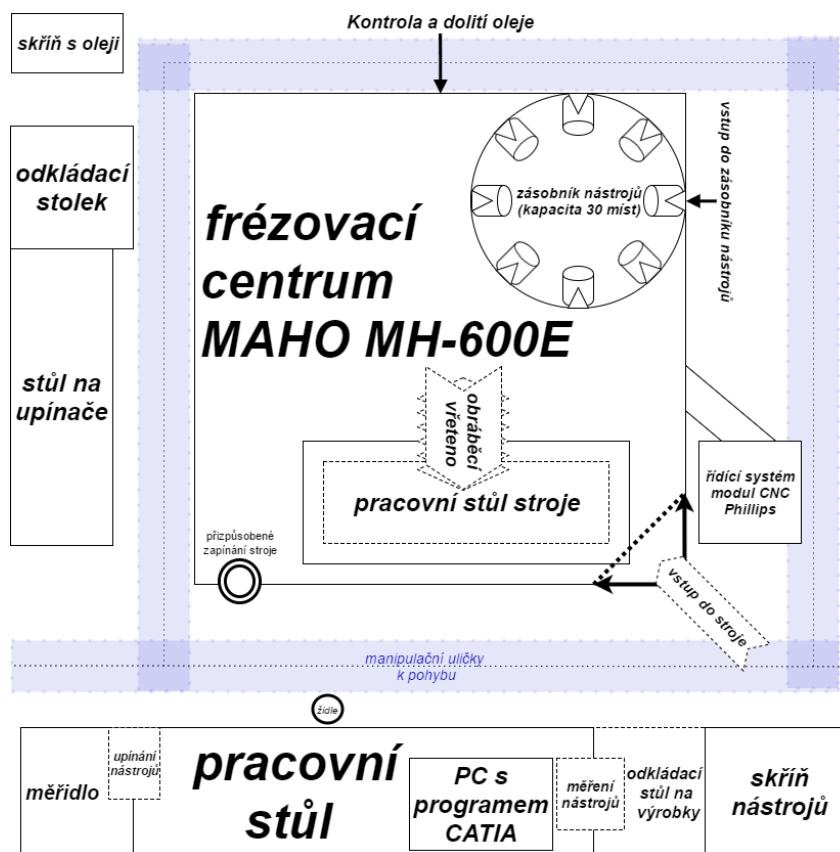
#### 4.4.2 Zjištěné charakteristiky práce na frézovacím centru

Na základě předchozích kapitol byly vyzorovány následující charakteristiky:

- stroj MAHO MH-600E může „pracovat“ jen na 1 směnu, tedy 8 hod./denně;
- na stroji *programuje pouze 1 frézař* (a přesně podle jeho směn se řídí i doba samotného provozu stroje);
- průměrné *využití stroje za směnu je pouhých 3,12 hodin* (jen 39 % směným podle souhrnu na základě všech zkoumaných dní), zatímco využitých jiných strojů na stejném oddělení se pohybuje okolo 70 %, přičemž ale *pracovníkovi zabírá programování na stroji jen přibližně 12 % jeho celkového času* (nejvíce zabírá obsluha/kontrola stroje – a to v průměru necelých 65 %, a dále případně oprava formy – 14 %);

- mezi nejčastější důvody zastavení stroje patří činnost mimo stroj (čtvrtina případů, programování také 25 %, manipulace s kusem – upnutí, výměna, měření – 22 %, a kontrola / údržba stroj v 16 %, zbylé důvody pod 10 %).

#### 4.4.3 Mikrolayout procesu výrobní realizace na frézovacím centru



Obrázek 15: Mikrolayout procesu výrobní realizace na frézovacím centru

#### 4.5 Diagram Business Process Model and Notation (BPMN)

Detailním porozuměním problematiky posloupnosti operací frézovacího centra, byl navržen BPMN procesní model struktury procesu, složený z jednotlivých aktivit, bran, a událostí aj. (kompletní diagram viz Příloha A).

V rámci zkoumaného procesu lze rozlišovat tři základní úrovně aktivit. Tyto 3 úrovně jsou *plánovací* (konceptuální rovina, modely), *výrobní* (konkrétní operace spojené se samotnou výrobou), a *kontrolní* (revize a měření výrobku aj.).

Níže je krátce popsáno 10 aktivit, které jsou v rámci procesu klíčové:

- *Zadání výrobního příkazu v SAP (Engineering)*, zahajuje celý zkoumaný proces – je vyvolán chybějícím kovovým výrobkem (např. jádro formy).

- *Vytvoření výkresu (Design)*, prvotní zpracování zadání (text) schematicky, pomocí výkresu; jde o zobrazení modelu představy reálné podoby výrobku.
- *Návrh technologického postupu (alokovaný dělník strojírny)*, je základní neformální popis konkrétního pracovního postupu od dělníka pro frézaře.
- *Schválení přijetí všech podkladů ke zpracování v SAP (frézař)*, jde o poslední aktivitu z „plánovací části“ procesu; aktivity v dalších fázích jsou již výrobního charakteru (a nakonec charakteru kontrolního).
- *Vytvoření programu pro stroj (frézař)*, je sled instrukcí určený pro frézovací centrum, jenž má splnit funkci konkrétní výrobní realizace daného výrobku.
- *Řešení závady (servisní technik)*, je realizováno v případě zjištění poruchy stroje při jeho kontrole (a následné možnosti opravy), nebo v případě chybového zastavení stroje při obrábění, pakliže frézař sám chybu nevyřeší.
- *Samotné obrábění (frézař – stroj)* je plně automatický proces vrtání, frézování, závitování, vystružování aj., podle vytvořeného programu pro stroj.
- *Chybové zastavení stroje (frézař – stroj)* nastává, pakliže v průběhu obrábění se objeví chyba, jenž frézovací centrum dokáže rozpoznat (např. zaseknutí).
- *Kontrola výrobku (frézař)* následuje po úspěšném dokončení obrábění a vypnutí stroje – na jejím základě je vystaven měřicí protokol pro zadavatele.
- *Prezentace výsledků procesu (Engineering)* je činnost, probíhající v rámci oddělení Engineeringu, jakožto představení hotových výsledků výrobního příkazu pro frézovací centrum, zadaného právě tímto oddělením.

#### 4.6 Transformace BPMN do Petriho sítí

Proces Frézovací centrum MAHO MH-600E je skutečný proces v rámci výrobního podniku. Na základě vypracovaného diagramu původního procesu pomocí BPMN (viz příloha A) byl tento diagram transformován do P/T Petriho sítě, a následně odsimulován pro zjištění blokáží a slabých míst.

K tomu bylo využito programu PIPE (Platform Independent Petri Net Editor). Zváženo bylo také využití freeware programu HPSim, příp. trialu v rámci Simulinku od Matlabu, ale nakonec dostal – z důvodu orientace čistě jen na problematiku Petriho sítí – přednost software PIPE. Touto simulací a prověřením procesu byl získán další pohled, a prostředek k analyzování procesu, jeho lepšímu pochopení, a zejména k návrhu zlepšovacích opatření.

Během jedné pracovní směny je zkoumaný proces průměrně proveden třikrát (což je zhruba 70× měsíčně, a 840× ročně). Proto byl proces, v rámci Petriho sítě odsimulován v 1.000 opakováních, aby bylo navrženo jeho „reálné využití“. Simulace prokázala, že přechody všemi stavy procesu jsou dostupné, avšak v některých dochází ke zbytečnému zbrzdování procesu, cyklické smyčce, či k pravidelnému brzkému ukončení procesu.



mítnutí předkládaného řešení. Toto však uvrhá proces do možné smyčky, příp. celý proces zpomaluje o řádově desítky minut až jednotky hodin.

Reálně však – podle zjištěných informací – přestože, že je nastavený proces schvalování, tak dochází k zamítnutí konceptů řešení zadání či programů nadřízenými pracovníky jen v úplném minimu případů. Jde spíše o kontrolní proces, mající charakter již spíše automatického.

Navržená inovace odstranění této cyklické smyčky a zbrzdování procesu, by v dané situaci tedy spočívala v omezení / eliminaci těchto dvou schvalovacích mechanismů (pakliže jsou stejně víceméně „formální“), a definovat:

- *buď přímý krok k následujícímu procesu* (v jednom případě Aassignace oddělení Design v SAPu pro zpracování řešení, ve druhém přímo k Zaměření hodnot stroje) – v tomto případě je na místě zvážit možná rizika, případné vícenáklady, a odpovědnost za následky, pokud by přeci jen došlo k vytvoření nevyhovujících konceptů / programu;
- *nebo varianta doručení úkolů nadřízeným „jen pro jejich informaci“*, tedy nepodmíněně jeho následným souhlasem; zde by mohl být případně v úvahu vzat i určitý časový rozptyl, během kterého pokud by nedošlo k negaci ze strany nadřízeného (reaguje jen v případě nevyhovujícího zadání, čímž by však ihned ukončil proces), bylo by možné přistoupit k dalším procesům automaticky; pokud by k negaci došlo až po uplynutí této doby, musel by být proces – vždy s přihlédnutím na ekonomické důsledky – již buď dohotoven, anebo být ihned úplně zastaven.

Tato inovace byla zapracována do původního diagramu BPMN jako návrh inovace, a upravený model se nachází v příloze D.

#### 4.8.2 Inovace B – Diferenciace zakázek pro frézovací centrum

Vzhledem k tomu, že ve společnosti není nijak vymezen typ zakázek, určených pro vyhotovení pomocí frézovacího centra (Maho MH-600E je však vzhledem k zpracovanosti vhodné zejména pro zakázky s vyšší přesností a větší složitostí dílů) dochází místy k přerušení celého procesu. Důvodem jsou urgentnosti vyhotovení jiných zakázek, s větší složitostí a požadovanou přesností (přerušení vyskytuje se nahodile – proces může urgentní potřeba jiného zadání přerušit např. při tvoření výkresu, vytváření programu, či při naskladňování materiálu frézaři).

Tato navrhovaná inovace tedy spočítá v určení pravidel rozdělení zakázek vyráběných na MAHU, a zadávání zakázek na frézovací centrum jen těch, které splňují buď:

- *že vyžadují vyšší přesnost frézování* – např. 0,05 mm a menší, nebo
- *jsou složitější* (k jejich vyhotovení je potřeba 3 a více nástrojů na 1 operaci).

Pro ostatní zakázky se automaticky snažit alokovat jiný z dostupných strojů.

Diferenciace zakázek s sebou nepřináší žádné nadstandardní vícenáklady (vyjma snad doškolení pracovníků pro detailní porozumění vhodnosti, kterých zakázek pro který stroj), a uvolní značnou kapacitu na zkoumaném frézovacím centru MAHO, které tím bude moct pracovat efektivněji, a pouze na zakázkách, při nichž plně využije svých nadstandardních vlastností (spočívajících ve vyšší přesnosti, možnosti vlastního zásobníku nástrojů, aj.).

Zmíněná návrh inovace byl namodelován a je lze ho nalézt v příloze E.

#### 4.8.3 Inovace C – Zabránění brzkému ukončení procesu

Posledním případem simulací vyzorovaného nežádoucího chování procesu je brzké ukončení v případě, že oddělení Designu není schopno (z důvodu kapacit, schopností daného vyhotovení aj.) zpracovat navržené zadání, které nelze řešit jinak. V tomto případě tedy dochází k úplnému ukončení procesu.

Vzhledem k přesně definovaným pracovním postupům v rámci zkoumaného procesu, lze formulovat návrh na inovaci pomocí diferenciací zadávání výrobních příkazů tak, aby oddělení Designu je bylo schopno realizovat. Toho lze dosáhnout zavedením těchto dvou mechanismů:

- V případě plných kapacit (tedy, že všichni pracovníci Designu mají rozpracované neodkladné projekty), *zavedení nedostupnosti oddělení* pro příjem dalších „úkolů“. To by vyžadovalo zavést prvky projektového řízení (např. Ganttovy diagramy, pro vizualizaci průběhu procesů a plánovaných činností pracovníků v čase), podle nichž by okamžitě – při pokusu o zadání výrobního příkazu pro oddělení Designu – zadavatel narazil na to, že není volných kapacit, tedy že „není komu to zadat“. Hned by také bylo zřejmé, kdy bude možné tento úkol zadat. Z hlediska zpomalování procesu je však otázkou, zda inovace pomocí toho, že se vůbec zabrání procesu v jeho nastartování, je lepší než to, že proces MŮŽE rychle skončit díky nemožnosti pokračovat.
- *Diferenciovat konkrétní výrobní příkazy pro oddělení Designu*. Podobně jako diferenciací zakázek pro stroj, i toto s sebou nese poměrně nízké náklady, ale proškolení zaměstnanců na to „co jsme znali ještě navrhnout, a co již ne“, může být v tomto případě poměrně složité. Neboť zatímco u výrobků lze definovat charakteristiky, díky nimž jsou tyto vhodné pro jedno či druhé frézovací centrum, tak při zvažování schopností některých pracovníků to může být na pováženu. Zadavateli se může zdát, že je daná problematika jednoduchá k vytvoření návrhu, avšak nemusí být natolik obeznámen s možnými nástrahami – jenž jsou za realizací skryty – jako zkušení pracovníci Designu.

Zobrazení této inovace není v přílohách namodelováno, neboť v prvním případě k samotnému procesu Frézovací centrum MAHO MH-600E ani nemusí dojít (není komu práci zadat, a tudíž není ani zadán výrobní příkaz), a v druhém případě jde spíše o posouzení vhodnosti realizace daným oddělením, a to přímo ze strany zadavatele procesu při samém zadání výrobního příkazu informačnímu systému SAP.

#### 4.8.4 Shrnutí inovací

Všechny navržené inovace mají za cíl zlepšit konkrétní podnikový proces, a umožnit další možný rozvoj celému podniku, či přílehlých procesů, a to díky úspoře nákladů.

*První navržená inovace* je spíše na administrativní než na praktické bázi. Zabývá se „zrychlením procesu“ pomocí odstranění zdánlivě nepotřebných schválení (v rámci metodiky štíhlého řízení). *Druhá inovace* je více praktického zaměření, a založená na zkoumání hierarchie činností v rámci výrobní fáze procesu, viz Tab 1. Při dostatečné informovanosti zaměstnanců díky ní lze daleko lépe a efektivněji využít kapacit a možností zpracování výrobků frézovacími centry. Třetí inovaci lze vnímat jako kombinaci administrativního (dobrá znalost schopností úkolovaných), a praktického jádra (zavedení projektového řízení a zpřístupnění kapacit úkolovaných, např. formou Ganttových diagramů).

Vedení společnosti budou představeny všechny zamýšlené varianty inovací, a konzultovány jejich případné výhody či nevýhody pro konkrétní nasazení v podniku.

#### 4.8.5 Zhodnocení inovací podle ekonomické rovnice Lean manufacturing

Jak již bylo zmíněno v metodické části, výsledná základní rovnice pro Lean Manufacturing spočívá ve změně pohledu z rovnice **Náklady + Zisk = Cena**, na rovnici **Cena – Náklady = Zisk** (Suss, 2014). V návaznosti na tuto úpravu je tedy de facto cena pro zákazníka oproštěna nákladů s ní spojených, kterými je „jen“ snížen zisk“. Díky systému (viz níže) bylo zjištěno, že při optimalizaci zkoumaného procesu pomocí:

- a) *Inovace v podobě odstranění smyček*, dojde k finanční úspoře vzhledem k uvolnění času „rozhodujících“ pracovníků (2 pracovníci Engineeringu po 12 min., Mistr strojírný 22 min., Alokovaný dělník strojírný 16 min.), což vzhledem k platovému ohodnocení znamená pro firmu úsporu přibližně 205 Kč při jednom průběhu procesu, tj. 615 Kč denně (neboť se pracovníkům uvolní kapacita pro výkon jiné práci), což při zmíněných cca 840 opakováních procesu ročně představuje možnou **úsporu více než 170 tisíc Kč**, což (snížení nákladů) podle základní rovnice Lean Manufacturing znamená zvýšení zisku firmy. Nelze však mluvit o „fyzickém zisku“, neboť je také důležité vhodným procesním řízením alokovat těmto pracovníkům uspořené čas (např. práci na jiném projektu), aby tento „zisk“ mohl být uskutečňován.
- b) *Inovace v podobě diferenciací zakázek*, by pro firmu paradoxně znamenala přidání jednoho rozhodovacího procesu navíc. Díky této inovaci však budou pro frézovací centrum MAHO určeny pouze „patřičně složité a přesné“ zakázky, čímž se dosáhne zvýšení jeho faktické kapacity. Vzhledem pak k náročnosti zpracovávaných zakázek a vyšší hodnotě těchto kusů oproti jednoduchým, tím pádem podnik podpoří z ekonomického hlediska smysluplnější variantu. Byť nelze přesně vyčíslit úsporu či zisk při nasazení této inovace, byla tato s ohledem na ekonomické porovnání rentability jednodu-

chých a složitých kusů, firmou vnímána jako nejlépe uchopitelná, a vhodná pro nasazení ve zkoumaném podniku.

- c) *Inovace zabráněním brzkému ukončení procesu*, zavedením projektového řízení ve firmě (min. ve formě Ganttových diagramů) bylo firmou vnímáno jako užitečné řešení v kontextu všech podnikových procesů (nejen Frézovacího centra Maho). Byť se zde jedná spíše o náklady navíc (nástroje projektového řízení jsou placené, většinou s nutností zaškolení všech zainteresovaných pracovníků), nejde ani tak o náklady, jako o investici. Neboť vhodným strukturováním práce v rámci nástrojů pro projektové řízení lze dosáhnout lepšího využití kapacit (alokovaný čas, informovanost zaměstnanců, jasný sled procesů i s případným vázaným materiálem v procesu), a tím i úspory času (při mzdovém ohodnocení pracovníků tedy peněz).

## 4.9 Návrh webové aplikace pro podporu Lean manufacturing

### 4.9.1 Formální a neformální specifikace

Na základě požadavků podniku byla identifikována potřeba možnost správy procesů v podniku, pomocí aplikace. Z možných způsobů realizace byla zvolena webová aplikace, z důvodu svojí „nezávislosti na platformě“ – vzhledem k tomu, že je určena pro běh na vzdáleném serveru.

Aplikace je určena pro CI manažery (pracovníky „zlepšování“ v podniku), pro které by měla být jednoduchou, ale účinnou podporou při realizaci metodik Lean manufacturing. Díky jednoduché koncepci a rozložení prvků je intuitivní, přívětivá pro uživatele, a stabilní.

Smyslem této aplikace je umožnit efektivní správu a přehled procesů v podniku, vč. vytváření a přiřazování zodpovědných pracovníků, pracovišť, a využívaných produktů. Systém může – z hlediska podniku – obsahovat poměrně citlivá data o nákladech jednotlivých procesů, alokaci pracovníků, či personální struktuře pracovišť a umístěných produktů v nich. Proto bylo nutné zavést autentizaci uživatelů do systému (CI manažera a technického pracovníka – administrátora).

CI manažerovi je umožněno spravovat procesy, a produkty a přiřazovat jim pracovníky a pracoviště. Může také provést správu svého osobního profilu. Do celkové správy pracovišť či pracovníků však přístup nemá.

Administrátor má všechna práva co CI manažer, a navíc je mu umožněno spravovat pracovníky a pracoviště v rámci celého podniku (např. tedy zadávat hodinové mzdy pracovníků, či upravovat personální struktury jednotlivých oddělení

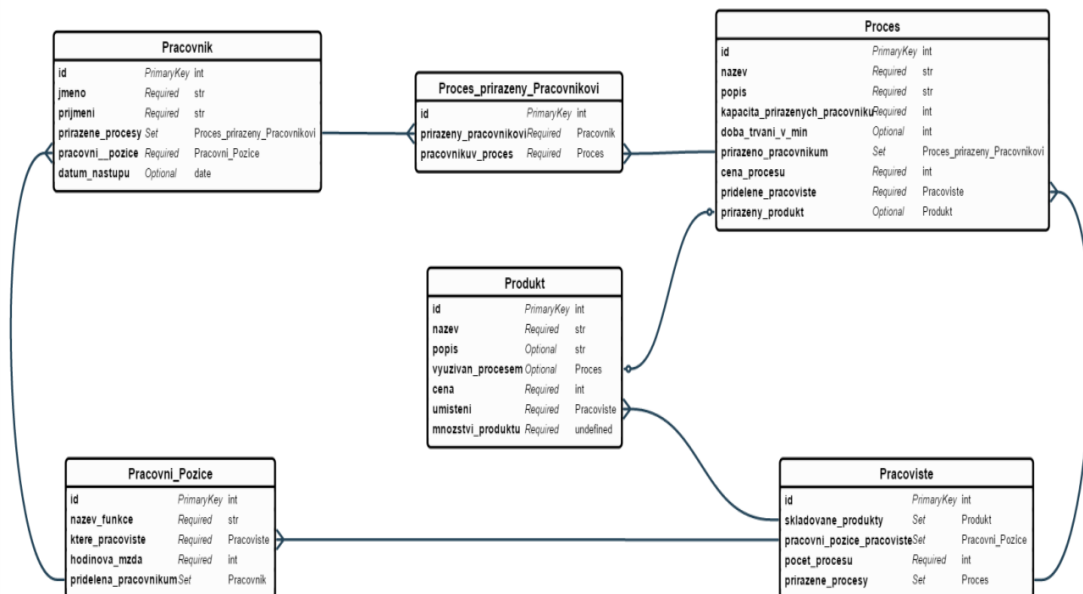
Mezi 3 základní požadavky na systém tedy patří:

- *umožnění kompletní správy* a přehledu procesů, jakožto i přiřazování pracovníků; vše s cílem zjištění hodnot nákladů jednotlivých procesů (vypočítaných jako [suma (pracovníků podílejících se určitý čas na procesu \* jejich hodinová mzda) + cena produktu v daném procesu]).



- *zprostředkování přehledu využití* pracovních sil a produktů (materiálu) v rámci jednotlivých aktivit a činností;
- *zpřístupnění návaznosti* procesů prostřednictvím procesní mapy. Přehled procesů – předkládá uživateli jednotlivé aktuálně dostupné procesy

#### 4.9.2 Datový model aplikace



Obrázek 16: Datový ER diagram aplikace

Znázorňuje jednotlivé entity (tabulky) a relace (vztahy) mezi jednotlivými prvky vnitřní struktury aplikace (databáze). Dle požadavků je strukturován tak, aby:

- pracovníkům umožnil mít více přiřazených procesů, ale jen jednu pracovní pozici,
- produkty mohly být součástí maximálně jednoho souběžného proces, a bylo u nich vždy evidováno pracoviště,
- procesy mohly být přiřazeny více pracovníkům, a vyžadovaly zadání pracovišť, kde budou vykonávány,
- pracovními pozicemi mohlo být „titulováno“ více pracovníků, avšak vždy u těchto pozic bylo evidováno pracoviště, pod něž spadají,
- mohlo existovat více přiřazení procesů různým pracovníkům.

#### 4.9.3 Diagram případů užití

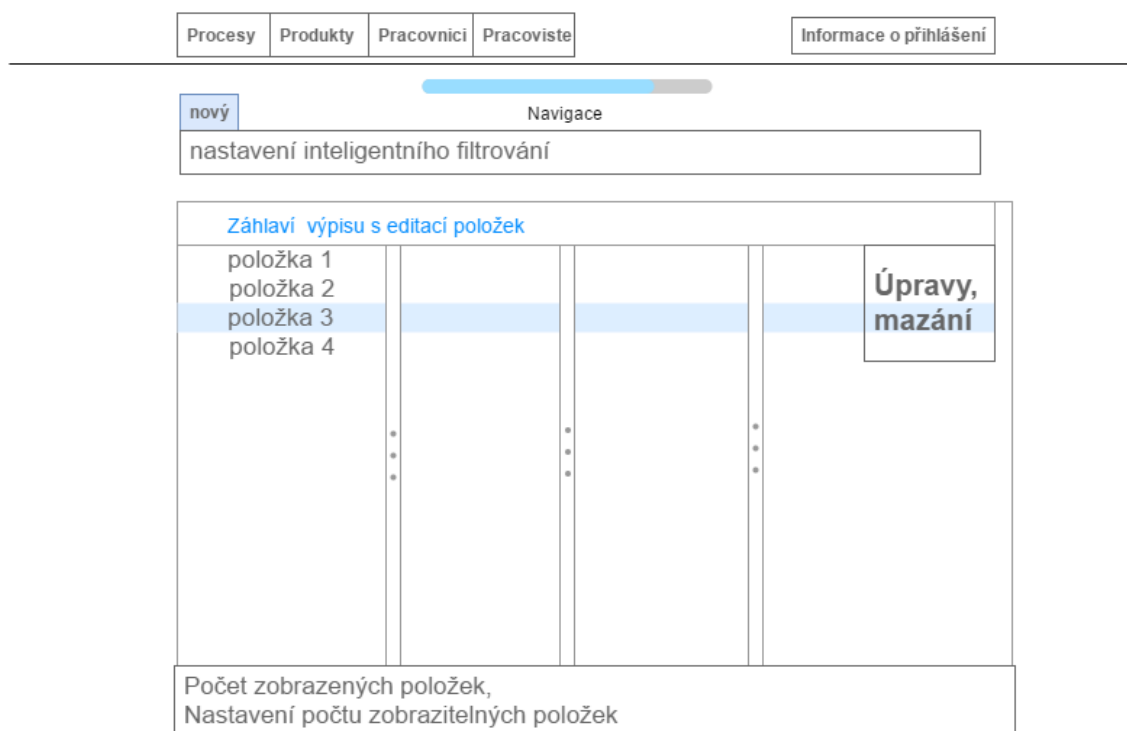
Díky tomuto znázornění funkcionality navrhované aplikace dostáváme pohled na procesy, které zainteresovaná uživatelé mohou v aplikaci využívat díky svým kom-

petencím. Uživatelské role tedy reprezentují Aktéři (CI manažer, administrátor aj.), a případy užití představují činnosti, které mohou se systémem provádět.

Vzhledem k rozsáhlejší formě, díky umožněným činnostem v rámci systému, je diagram přiložen jako Příloha C, rozdělený na dvě části.

#### 4.9.4 Návrh uživatelského rozhraní

Vzhledem k jasné skladbě prvků o záznamech jednotlivých procesů (přiřazení pracovníci, oddělení – pracoviště aj.), byl i návrh grafického uživatelského rozhraní poměrně jasný. Vzhledem k tomu, že je navíc primárně určený zejm. pro pracovníka oddělení Continuous Improvement (neustálé zlepšování), a má charakter spíše produkčního systému (zprostředkovávajíc důležitá data o procesech), byla by zde jakákoli složitost či „přehnaná kreativita“ v zobrazení aplikace, spíše ke škodě než k užítku. Proto navržené základní rozhraní sestává zejména z klíčových prvků, tedy reprezentaci dat o Procesech, Produktech, Pracovnících, Pracovištích, a jejich přiřazování. Kalkulace cen procesů probíhá automaticky na základě materiálu + času stráveného na procesu jednotlivými pracovníky.



Obrázek 17: Drátový model uživatelského rozhraní

#### 4.9.5 Uživatelé aplikace

Aplikace rozlišuje tři základní uživatelské úrovně.

*Návštěvníky*, jakožto nepřihlášené hosty aplikace, kteří nemají možnost s aplikací jakkoli manipulovat, dokud se neautentizují v aplikaci pomocí uživatelského jména a hesla.

*CI manažery*, u nichž k pravomocím řadíme kompletní správu všech produktů a procesů, náhledy do Pracovišť a Pracovníků, zobrazení uživatelského profilu, a změnu hesla.

*Administrátory*, z řad technických pracovníků firmy. Jejich kompetence jsou definovány v rámci celého systému napříč. Jejich kompetence jsou proti CI manažerům rozšířeny také o správu všech Pracovišť a zejm. Pracovníků.

Pro účely práce byly zřízeny dva uživatelské účty:

- *administrátorský*, login: administrator, heslo: System2017,
- *manažerský (CI)*, login: cimanager, heslo: Lean2017.

Aplikace je součástí CD přiložené závěrečné práci. Online je aplikace k vyzkoušení na soukromém webu <http://pistovice.cz/diplomka/www/>.

#### 4.9.6 Implementace aplikace

Na základě formální a neformální specifikace bylo přistoupeno k samotné implementaci aplikace. Při její tvorbě bylo využito frameworku Nette spolu s ORM frameworkem Doctrine2. Softwarová architektura aplikace ctí návrhový vzor model-zobrazení-kontroler, tedy MVC, a částečně použit byl i návrhový vzor Factory.

Z programu Enterprise Architect byl získán následující výstup .xml feedu jednotlivých podrobností o procesech, a jejich předchůdcích a následnících.

```
...
<UML:ActionState xmi.id="EAID_29E92BF8_46DC_4e38_B1EE_A6E457385A79" name="Přijetí podnětu nahlášené závady" visibility="public" namespace="EAPK_FBFDD48_FCD5_420f_81BB_148D35C7BA02"> (název procesu)
  <UML:ModelElement.stereotype>
    <UML:Stereotype name="Activity"/> (identifikace typu v rámci notace BPMN)
  </UML:ModelElement.stereotype>
  <UML:ModelElement.taggedValue>
    <UML:TaggedValue value="Servisní technik přijme od frézaře podnět k řešení nahlášení závady" tag="documentation"/> (popis procesu)
    <UML:TaggedValue value="false" tag="isAbstract"/>
  </UML:ModelElement.taggedValue>
</UML:ActionState>
...
```

Ukázka importu předchůdců a následníků ze vstupního .xml souboru:

```
...
<UML:TaggedValue value="58" tag="ea_localid"/>
<UML:TaggedValue value="Přijetí podnětu nahlášené závady" tag="ea_sourceName"/> (identifikace procesu)
...
```

```
<UML:TaggedValue value="Dá se závada opravit ihned?"
  tag="ea_targetName"/> (identifikace následníka procesu)
<UML:TaggedValue value="Activity" tag="ea_sourceType"/>
```

...

V aplikaci lze pro každou kategorii zobrazit a editovat výpisy „položek“ (tedy produktů, procesů, pracovišť, pracovníků aj.), které vyjadřují vzájemné návaznosti, a poskytují informace o položkách. Příkladem (viz Obr. 19) je uveden výpis procesů, v němž je pro každý proces vykalkulována – na základě stráveného času pracovníků na procesu a jejich hodinové mzdy, a ceny materiálu v procesu – jeho cena.

Procesy	Produkt	Pracovníci	Pracovní pozice	Pracoviště	Přihlášen: Kamil KREJČÍ
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="background-color: #007bff; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 5px;">+</span> <h2 style="margin: 0;">PROCESY – výpis procesů</h2> </div>					
ID	Název	Doba trv (min.)	Kapacita prac.	Cena procesu ↓	Akce
	<input type="text"/>	<input type="text"/> - <input type="text"/>	<input type="text"/> - <input type="text"/>	<input type="text"/> - <input type="text"/>	
8	Samotné obrábění	30	1	1420	Upravit Smazat
10	Zpracování chybového hlášení	15	3	980	Upravit Smazat
4	Vyvození opatření, ukončení procesu	15	1	625	Upravit Smazat
6	Chybové zastavení obrábění	5	1	480	Upravit Smazat
5	Zadání výrobního příkazu v SAP	10	1	415	Upravit Smazat
7	Kontrola stroje a doplnění oleje	20	1	380	Upravit Smazat
1	Obdržení nového zadání	5	2	330	Upravit Smazat
9	Přifažení zodpovědných pracovníků do SAP	8	1	230	Upravit Smazat
2	Odůvodnění nemožnosti realizace	12	1	166	Upravit Smazat
3	Automatická asignace oddělení Design v SAPu pro zpracování řešení	1	0	0	Upravit Smazat
<small>(Items: 0 - 10 from 136)</small> <input type="text" value="50"/>					

**Obrázek 18:** Ukázka aplikace, seřazený výpis procesů s kalkulovanými náklady (mzdy + materiál)

V následujícím příkladu je vyobrazen „proces“ Přidat proces, v němž pro nový (lze také pro editovaný) proces dochází zejm. k alokování pracovníků, kapacity (kolik pracovníků je pro proces určeno jako maximální hranice), produktů a pracoviště.

Procesy	Produkt	Pracovníci	Pracovní pozice	Pracoviště	Přihlášen: Kamil KREJČÍ
<b>Přidat proces</b>					
Název	<input type="text" value="Spuštění přípravy obrábění"/>				
Popis	<input type="text" value="Jakmile jsou nástroje uchyceny v zásobníku, může frézař spustit přípravu obrábění (stroj si vezme nástroje ze zásobníku, přidělí zpracuje si plán jejich upínání dle stanoveného programu, a je připraven začít)"/>				
Doba trvání (min.)	<input type="text" value="9"/>				
Kapacita přiřazených pracovníků	<input type="text" value="2"/>				
Cena procesu	472 Kč				
Přiřazení pracovníci	<input type="text" value="Michaela BOTKOVÁ x Lukáš KLOUBEK x"/>				
Přiřazené produkty	<input type="text" value="Rychlořezná ocel 1 kg x"/>				
Přidělné pracoviště	<input type="text" value="STROJÍRNA x"/>				
<input type="button" value="Uložit"/>					

Obrázek 19: Zobrazení možnosti Přidat proces v aplikaci

#### 4.9.7 Zhodnocení aplikace

Začneme-li *výhodami*, poskytuje aplikace pro podporu Lean manufacturing výhodu při řízení procesů z hlediska metodiky Lean Manufacturing. Toto řízení je záležitostí zejména (příp. pouze) CI manažera (tj. continuous improvement manager – má na starosti dodržování neustálého zlepšování ve firmě). Systém je určen k usnadnění rozhodnutí podle „štlhlé výroby“ díky schopnosti sdělovat přehled o:

- celkových *nákladech* jednotlivých procesů (materiál + lidi),
- *pracovnících*, přiřazených na jednotlivé procesy,
- komplexním *pohledu na mapu procesů*, a odvození kontinuity procesů,
- *procesech*, spadajících pod jednotlivá pracoviště,
- *využití produktů* v rámci jednotlivých oddělení.

Mezi *nevýhodami* lze zařadit náklady, spojené s nasazením aplikace. Nejen cena provozu aplikace v rámci podniku či její implementace, ale také udržování, proškolení CI manažerů aj. mohou být pro různý podnik vnímány jako různě důležité nákladové položky.

Tyto náklady mohou představovat:

- *Náklady na školení CI manažerů pro používání systému*, tedy zaškolení do vytvořeného systému, v rámci odpovědných pracovníků za Lean manufacturing v daném podniku; vzhledem k jasnosti a jednoduchosti systému – se může pohybovat rámcově do částky 200 Kč za 1 hodinu proškolení.
- *Náklady na interní provoz* lze, v případě nasazení v rámci firemního intranetu (jako součást vnitropodnikového informačního systému) poměrně efektivně minimalizovat. Pracovník technické podpory ve firmě (*Administrátor*) navíc dokáže spravovat systém v rámci svojí práce, při správě ostatních systémů, zařízení, či informačních technologií. V rámci interního provozu je ta-

ké nutné brát v úvahu náklady na vlastní údržbu systému (zejména zálohování, přizpůsobování podle potřeby aj.).

- *Náklady na externí provoz*, tedy zavedení aplikace sestávají zejména z nutnosti pořízení domény, a hostingu. Ceny domén se liší podle jednotlivých poskytovatelů, a pohybují se nejčastěji od stovek korun, až po tisíce. Ceny hostingu se pohybují ve většině případů od jednotek desítek korun, do 100 Kč měsíčně. Vzhledem k citlivosti dat, je však nutné k případnému externímu provozu přistupovat s obezřetností. Mechanismy pravidelného zálohování, při dražších variantách hostingů, často poskytovatelé nabízejí v ceně.

Z hlediska samotné hodnocení aplikace v rámci její funkčnosti, lze říct že aplikace je určena primárně pro CI manažery, a jejich podporu rozhodování v rámci optimalizace procesů podle metodiky Lean manufacturing. Nabízí jim základní ucelený pohled na procesy v kontextu angažovanosti pracovníků, využití materiálů, či odpovídajících pracovišť.

## 5 Diskuze

Průběh modelování zkoumaného výrobního procesu přinesl důležité poznatky o jednotlivých fázích procesu administrace procesu (konceptuální úroveň příprav samotné výrobní realizace) a delegaci příslušným pracovníkům, detailní pohled na jednotlivé aktivity probíhající v rámci procesů, a technický pohled na výrobní stránku elementárních operací vykonávaných přímo v rámci frézovacího centra.

Z pohledu samotného modelu procesu byl zvolen nástroj BPMN, neboť poskytuje celkovou souhrnnou podporu procesního modelování, a pro svou vysokou vypovídací schopnost a jednoduchost orientace, je přijímán napříč spektrem většiny úrovní podnikových oddělení (srozumitelná notace jako pro Engineering či Design, tak pro dělníky strojírny či samotného frézaře). Z tohoto důvodu byl také společností doporučen jako vhodný pro zavedení i v rámci ostatních činností podniku.

Zvažováno bylo také modelování pomocí notace Eriksson-Penker, ale vzhledem k omezené možnosti „profilování“ jednotlivých procesů pomocí příznaků (procesy manuální, procesy automatické – skripty, procesy s účastí člověka aj.). Možnou výhodou použití této notace mohlo být snadné rozlišení jednotlivých cílů daných procesů, které však – vzhledem k atomickému charakteru jednotlivých činností – by zde měly smysl zejména v pohledu z vyšší míry abstrakce, se seskupením jednotlivých aktivit v rámci nadřazených seskupujících procesů.

Pro simulaci Petriho sítě byl využit nástroj PIPE, jenž svými vlastnostmi byl – pro daný účel dostačující. Znázornění míst a přechodů v rámci sítě, a simulaci pomocí prostupu tokenů sítě umožňují také další nástroje pro simulaci Petriho sítě, které však často bývají buď omezené případně placené, na rozdíl od PIPE jenž je zdarma.

Pomocí kombinace zmíněných modelovacích technik, a důkladného pochopení samotného výrobního procesu, byly sestaveny tři doporučení v rámci inovace daného procesu. Společnost z navržených inovací nejvíce uvažuje o zavedení Inovace B – diferenciací zakázek pro výrobní centrum Maho, případně A – odstranění schvalovacích procesů a zavedení statusu automatického schvalování při nevyslovení rozporu zadávajícího článku.

Zavedením těchto inovací nedochází v podniku k výrazné změně struktury pracovních postupů či ke změně mikro-layoutu rozložení pracoviště, což je vhodné, neboť tyto jsou výsledkem dlouhodobé aplikace osvědčených metod v podniku.

## 6 Závěr

Cílem diplomové práce byla důkladná analýza a vytvoření procesních modelů problematického segmentu, za účelem navržení optimalizací v rámci podnikového procesu Frézovací centrum. V prvním kroku byla provedena důkladná dekompozice jednotlivých činností v rámci procesu, z nichž byla získána posloupnost „atomický“ operací. Díky tomu bylo možné namodelovat původní stav procesu, za pomoci notace BPMN, po níž následovala analýza a simulace procesu pomocí vytvořené Petriho sítě. Na základě získání podrobné znalosti o procesu byly následně definovány klíčové ukazatele výkonnosti.

Dalším krokem byl samotný návrh inovací, pro zlepšení fungování a efektivity procesu. Tyto byly formulovány tři, a bylo uvedeno jejich ekonomické zhodnocení v rámci případného nasazení v podniku.

Neméně důležitým cíle bylo také dosažení možnosti reprezentace podnikových procesů vč. poskytnutí podpory při jejich řízení, formou webové aplikace.

Práce byla rozdělena v rámci dvou obsahových jednotek na část teoretickou a část vlastního řešení (praktická). V rámci teorie byly představeny základní pojmy z oblasti procesů a procesního řízení, dále rozebrána problematika a rozdíly v procesech podnikových. Následují hlavní díly této části, věnované velmi podrobnému představení procesního modelování, a zejména seznámení s technikami a postupy v rámci konkrétní strategie uplatňované v podnicích, tedy „štíhlé výroby“ – Lean Manufacturing.

Úvodem do praktické části bylo zvoleno představení společnosti, v níž probíhá zkoumaný proces, definice samotného procesu, a charakteristika výrobního stroje, jenž je srdcem celého procesu Frézovací centrum.

Důležitým prvkem se ukázalo vhodně zvolené rozebrání struktury jednotlivých operací v rámci výrobního stroje, které poskytlo zásadní vhled do fungování daného procesu, časovou skladbu a návaznost jeho činností, a počet průběhů procesu v rámci denní, a z toho odvozené i měsíční či roční, báze.

Na základě dále vytvořeného procesního modelu BPMN a jeho transformace do P/T Petriho sítě bylo možné simulovat reálné průběhy operací v rámci procesu (počet opakování zvolen dle ročního počtu realizace daného procesu na 1.000), pozorovat místa, v nichž proces často zůstává, a kde se vyskytují problematické segmenty. Díky tomu byly navrženy následující tři inovace.

První inovace spočívala v eliminaci cyklických smyček „vrácení projektů k přepracování“, v níž docházelo dle simulace k častému zdržování procesu. Spolu s vytvořením modelu při odstranění rozhodovacího článku schvalování projektů (který podle vyjádření společnosti byl stejně spíše formalitou) byla vyčíslena možná roční úspora pro podnik, vzhledem k úspoře času věnovaného jednotlivými účastníky procesu.



Druhá inovace spočívala v určení a odlišování typu zakázek, zpracovávaných na daném frézovacím centru. Odbouráním nevhodných (příliš jednoduché, či s nízkými nároky na složitost) zakázek pro toto centrum dochází k faktickému zvýšení jeho výrobní kapacity, a lepšímu přerozdělování ostatních zakázek v rámci dalších dostupných frézovacích systémů.

Třetí navrhovaná inovace reagovala na časté „brzké ukončení procesu“, vyzozorované ze simulace pomocí P/T Petriho sítě. Byla formulována dvě doporučení, které problematický stav mohou napravit, a to diferenciací zadání předem dle její složitosti a její vhodnosti přiřazení internímu podnikovému oddělení. Druhé doporučení spočívalo v zavedení do procesu prvků projektového řízení ve formě Ganttových diagramů, které poskytují vhodný náhled na aktuální kapacity možností daného oddělení a tím se vyhnou brzkému ukončení procesu z důvodu plných kapacit.

Podstatnou částí práce bylo vytvoření aplikace pro správu procesů a podporu rozhodování v rámci Lean manufacturing. Implementace aplikace by nemohla začít bez důkladně provedené analýzy požadavků a definování funkcionality zamýšleného systému. Aplikace byla naprogramována pomocí PHP (konkrétně frameworku Nette), v kombinaci s databází MySQL, jazyka HTML, a kaskádových stylů CSS. Po dokončení aplikace byla tato otestována a nahrána patřičná data. Podle výsledku testování lze dodat, že aplikace lze nasadit i v reálném provozu.

## 7 Literatura

- ALLWEYER, T. *BPMN 2.0: introduction to the standard for business process modeling*. 11, 1. Aufl. Norderstedt: Books on Demand, 2010. ISBN 3839149851.
- ALVORD, B. *Planning and Implementing 5S*. : Lulu.com, 2010. ISBN 9780557532407
- BASL, J. *Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti*. Praha: Grada, 2002. Management v informační společnosti. ISBN 80-247-0214-2.
- BAUER, M., HABURAIOVÁ, I. *Leadership s využitím kaizen a lean: pohádky pro unavené manažery*. Brno: BizBooks, 2015. ISBN 978-80-265-0390-3.
- BAWA, H. S. *Manufacturing processes*. New Delhi: Tata McGraw-Hill, 2004. ISBN 9780070583726.
- BLAŽEK, L. *Management: organizování, rozhodování, ovlivňování*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3275-6.
- BRABEC, P. *Automatizace řízení procesů a optimalizace workflow. SystemOnLine: S přehledem ve světě informačních technologií. [online]*. 2007 [cit. 2016-11-07]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/sprava-dokumentu/automatizace-rizeni-procesu-a-optimalizace-workflow.htm>.
- BRUCKERN, T. *Tvorba informačních systémů: principy, metodiky, architektury*. Praha: Grada, 2012. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-4153-6.
- BURLTON, R. T. *Business process management: profiting from process*. Indianapolis, Ind.: Sams, c2001. ISBN 0672320630.
- CARDA, A., KUNSTOVÁ, R. *Workflow: nástroj manažera pro řízení podnikových procesů*. 2. rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2003. Management v informační společnosti. ISBN 80-247-0666-0.
- CONGER, S. *Process mapping and management*. New York: Business Expert Press, 2011. ISBN 978-16-064-9129-4.
- CORTADELLA, J., REISIG, W. *Applications and theory of Petri Nets 2004: 25th International Conference, ICATPN 2004* : Bologna, Italy, June 21-25, 2004 : proceedings. Berlin: Springer, c2004. Lecture notes in computer science, 3099. ISBN 3-540-22236-7.
- DAVID, R., ALLA, H. *Discrete, continuous, and hybrid Petri Nets*. 2nd ed. Berlin: Springer, c2010. ISBN 9783642106682.
- ODCHÁZEL, J., DĚDINA J. *Management a moderní organizování firmy*. Praha: Grada Publishing, 2007. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-2149-1.
- DĚDINA, J., CEJTHAMR, V. *Management a organizační chování: manažerské chování a zvyšování efektivity, řízení jednotlivců a skupin, manažerské role a styly, moc a vliv v řízení organizací*. Praha: Grada, 2005. Expert (Grada). ISBN 80-247-1300-4.
- DONATELLI, S., THIAGARAJAN, P. S. *Petri Nets and other models of concurrency - ICATPN 2006: 27th International Conference on Applications and Theory of Petri Nets*

- and Other Models of Concurrency*, Turku, Finland, June 26-30, 2006 : proceedings. Berlin: Springer, c2006. Lecture notes in computer science, 4042. ISBN 3-540-34699-6.
- DONG, J. S., ZHU, H. *Formal methods and software engineering: 12th International Conference on Formal Engineering Methods, ICFEM 2010*, Shanghai, China, November 17-19, 2010 : proceedings. New York: Springer, 2010. ISBN 3642169007.
- DUMAS, M., REICHERT, M., SHAN, M. *Business Process Management: 6th International Conference, BPM 2008* : Milan, Italy, September 2-4, 2008 : proceedings. Berlin: Springer, c2008. Lecture notes in computer science, 5240. ISBN 978-3-540-85757-0.
- ELMARAGHY, H. A. *Changeable and reconfigurable manufacturing systems*. London: Springer, c2009. Springer series in advanced manufacturing. ISBN 1848820674.
- ESPARZA, J., LAKOS, C. *Application and theory of Petri Nets 2002: 23rd International Conference, ICATPN 2002* : Adelaide, Australia, June 24-30, 2002 : proceedings. Berlin: Springer, c2002. Lecture notes in computer science, 2360. ISBN 3-540-43787-8.
- FIŠER, R. *Procesní řízení pro manažery: jak zařídit, aby lidé věděli, chtěli, uměli i mohli*. Praha: Grada, 2014. Manažer. ISBN 978-80-247-5038-5.
- FMEA – FMECA. *RPN – FMEA Risk Priority Number: Your Guide for FMEA Information and Resources*. [online]. 2006 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: <http://www.fmea-fmeca.com/fmea-rpn.html>.
- FRANCESCHINIS, G., WOLF, K. *Applications and theory of petri nets: 30th international conference, Petri Nets 2009*, Paris, France, June 22-26, 2009. proceedings. New York: Springer, 2009. ISBN 3642024238.
- GABOW, P., GOODMAN, P. L. *The lean prescription: powerful medicine for our ailing healthcare system*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015. ISBN 1482246384.
- GÁLA, L., POUR, J., ŠEDIVÁ, Z. *Podniková informatika: počítačové aplikace v podnikové a mezipodnikové praxi. 3., aktualizované vydání*. Praha: Grada Publishing, 2015. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-5457-4.
- GIRAULT, C., VALK, R. *Petri nets for systems engineering: a guide to modeling, verification and applications*. Berlin: Springer, c2003. ISBN 3-540-41217-4.
- HALBO, L. *Accreditation and Certifications – tools of the future or tools of the past? 41. Annual EOQ Congress*, Trondheim, 1997. Hrsg. von der European Organization for Quality, Trondheim, 1997, S.
- HEE, K. M, VALK, R. *Applications and theory of Petri nets: 29th international conference, PETRI NETS 2008*, Xi'an, China, June 23-27, 2008 : proceedings. New York: Springer, 2008. ISBN 3540687459.
- HERNANDEZ, J. M., VIASCAS, J. L. *Myslíme v jazyku SQL: tvorba dotazů. Vyd. 1*. Praha: Grada, 2000, 378 s. ISBN 80-247-0899-X.

- HOBBS, D. P. *Lean manufacturing implementation: a complete execution manual for any size manufacturer*. Boca Raton, Fla.: APICS, c2004.
- CHALOUPKA, J. *CHALOUPKA-KVALITA. FMEA*. [online]. 2010 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: <http://www.chaloupka-kvalita.cz/fmea>.
- JAIN, P. L. *Quality control and total quality management*. New Delhi: Tata McGraw-Hill, 2001. ISBN 0070402140.
- JEDLIČKA, P. *Přednášky k předmětu Informační systémy (projektování)*. Ústav informatiky, PEF, Mendelova univerzita, 2010.
- JENSEN, K. *Coloured petri nets: Basic concepts, analysis methods and practical use. 2nd ed.* Berlin: Springer, c1996. Monographs in theoretical computer science. ISBN 3-540-60943-1.
- KOCHANÍČKOVÁ, M. *Petriho sítě* [online]. Olomouc: Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, 2008 [cit. 2016-11-20]. Dostupný z: [http://phoenix.inf.upol.cz/esf/ucebni/petriho\\_site.pdf.renamed](http://phoenix.inf.upol.cz/esf/ucebni/petriho_site.pdf.renamed).
- KORMANEC, P. *IPA. SMED – IPA slovník – IPA czech: More than expected*. [online]. 2007 [cit. 2016-11-17]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/smed>.
- KOSSAK, F., ILLIBAUER, C., GEIST, V., KUBOVY, J., NATSCHLÄGER, C., ZIEBERMAYR, T., KOPETZKY, T., FREUDENTHALER, B., SCHEWE, K. *A Rigorous Semantics for BPMN 2.0 Process Diagrams*. Springer, 2015. ISBN 978-33-190-9930-9.
- LAI, K., CHENG, T. C. E. *Just-in-time logistics*. Burlington, VT: Gower, 2009.
- LANG, H. *Management: trendy a teorie*. Praha: C. H. Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-683-1.
- LEAN MANUFACTURING JAPAN. *JIT (just-in-time)*. [online]. 2008 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: <http://www.lean-manufacturing-japan.com/scm-terminology/jit-just-in-time.html>.
- LILIUS, J., PENCZEK, W. *Applications and theory of Petri nets 31st international conference, PETRI NETS 2010*, Braga, Portugal, June 21-25, 2010 ; proceedings. Berlin: Springer, 2010. ISBN 3642136753.
- MACINTYRE, P. B. *PHP the good parts*. Sebastopol, Calif: O'Reilly Media, 2010. ISBN 1449390749.
- MADHAVAN, K. S., CHAITANYA, K., SRINIVASAN, A. V., SUBRAMANIAN, C. S., RAO, U. S. *5S Comprehensive Book*, Shingo Institute of Japanese Management, 2015. ISBN 9788190671514.
- MALLYA, T. *Základy strategického řízení a rozhodování*. Praha: Grada, 2007. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-1911-5.
- MANAGEMENT MANIA. *KPI (Key Performance Indicators) – klíčové ukazatele výkonnosti*. [online]. 2016 [cit. 2016-10-28]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/key-performance-indicators>
- MARKL, J. *Petriho sítě: Úvod – neformální výklad* [online]. 2006 [cit. 2016-11-21]. Dostupné z: <http://www.cs.vsb.cz/markl/pn/data/NNPN1.pdf>.

- MARTINOVIČOVÁ, D., KONEČNÝ M., VAVŘINA J. *Úvod do podnikové ekonomiky*. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5316-4.
- MCDERMOTT, E. R., MIKULAK, J. R., BEAUREGARD, M. R. *The basics of FMEA. 2nd ed.* New York: CRC Press, 2009. ISBN 9781439809617.
- MOULDING, E. *5S: A Visual Control System for the Workplace*. Author House, 2010. ISBN 978-14-670-0555-5.
- NIXON, R. *Learning PHP, MySQL, JavaScript, and CSS. 2nd ed.* Sebastopol, CA: O'Reilly, 2012. ISBN 1449319262.
- OBJECT MANAGMENT GROUP. *Business Process Model and NOtation (BPMN)*. [online]. 2007 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2/PDF/>.
- PARMENTER, D. *Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs*. Hoboken, N.J.: John Wiley, c2007. ISBN 9780470095881.
- PDQM. *BPMN – jazyk procesního modelování: Méně práce s řízením*. [online]. 2013 [cit. 2016-10-12]. Dostupné z: <http://www.pdqm.cz/Standards/Analysis/BPMN.html>.
- PERATEC LTD. *Total quality management the key to business improvement: a Peratec executive briefing. 2. vydání*. Dordrecht: Springer-Science+Business Media, 2012. ISBN 9401112762.
- PERFECTIA. *Efektivita procesu* [online]. 2015 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: <http://perfectia.cz/blog/2011/09/28/efektivita-procesu/>.
- POUR, J. *Informační systémy a technologie*. Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu, 2006. ISBN 80-86730-03-4.
- PRIDE, W. M., HUGHES, R. J., KAPOOR, J. R. *Business. 10th ed.* Mason, OH: South-Western/Cengage Learning, c2010. ISBN 1439037396.
- PROCHÁZKA, D. *PHP 6: začínáme programovat*. Praha: Grada, 2012. Průvodce (Grada). ISBN 978-80-247-3899-4.
- RÁBOVÁ, I. *Přednášky k předmětu Informační systémy (projektování)*. Ústav informatiky, PEF, Mendelova univerzita, 2014.
- ROLSTADÅS, A. *Performance management: a business process benchmarking approach*. New York: Chapman & Hall, 1995. ISBN 0412605600.
- ROUSE, W. B. SAGE, A. P. *Work, workflow and information systems*. Washington, DC: IOS Press, c2007. ISBN 9781586037697.
- ŘEPA, V. *Podnikové procesy: procesní řízení a modelování. 2., aktualiz. a rozš. vyd.* Praha: Grada, 2007. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-2252-8.
- ŘEPA, V. *Procesně řízená organizace*. Praha: Grada, 2012. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-4128-4.
- SHARMA, K. L. S. *Overview of industrial process automation*. Boston: Elsevier, c2011. ISBN 0124157793.

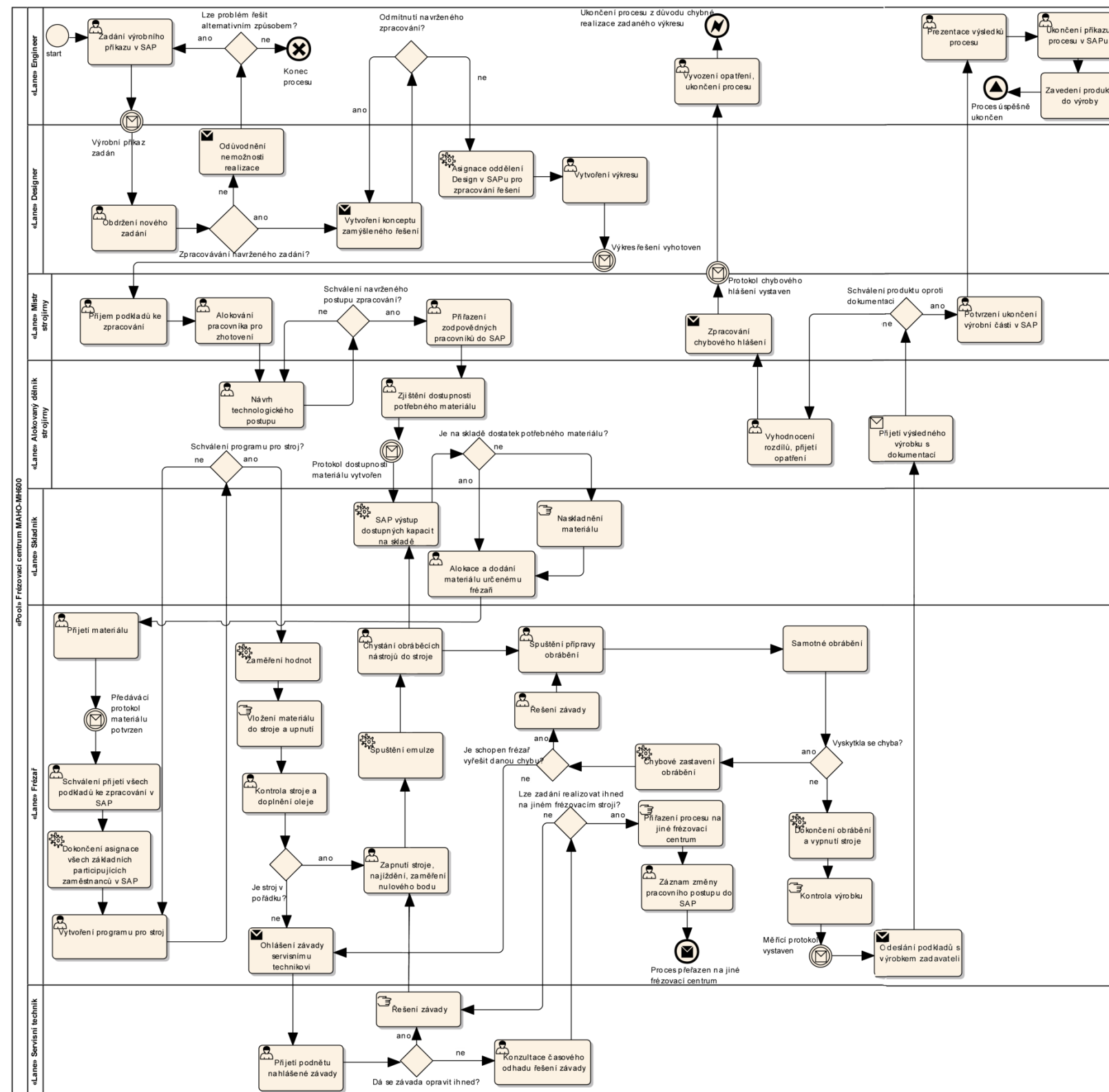
- SHINGŌ, S. *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Stamford, Conn.: Productivity Press, c1985. ISBN 0915299038.
- SCHEER, A., ABOLHASSAN, F., JOST, W., KIRCHMER, M.. *Business Process Automation ARIS in Practice*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. ISBN 3540247025.
- SUSS. *Štíhlá výroba – Lean manufacturing*. [online]. 2014 [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://www.suss.cz/stihla-vyroba-lean-manufacturing>.
- SVĚT PRODUKTIVITY. *SMED*. [online]. 2012 [cit. 2016-11-14]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/SMED.htm>.
- SVOZILOVÁ, A. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- ŠIMON, M., MILLER, A. *Kanban - výroba tahem. SystemOnLine: S přehledem ve světě informačních technologií*. [online]. 2014 [cit. 2016-11-08]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/kanban-vyroba-tahem.htm>.
- ŠMÍDA, F. *Zavádění a rozvoj procesního řízení ve firmě*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1679-4.
- TODD, R. H., ALLEN, D. K., ALTING, L. *Fundamental principles of manufacturing processes*. New York: Industrial Press, 1994. ISBN 0831130504.
- TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.
- TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby a nákupu*. Praha: Grada, 2007. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-1479-0.
- VÁCHAL, J., VOCHOZKA, M. *Podnikové řízení*. Praha: Grada, 2013. Finanční řízení. ISBN 978-80-247-4642-5.
- VEBER, J., SRPOVÁ, J. *Podnikání malé a střední firmy. 3., aktualiz. a dopl. vyd.* Praha: Grada, 2012. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4520-6.
- VÍTEK, V. *Svět produktivity. 5S*. [online]. 2012 [cit. 2016-10-17]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/slovník-5S.htm>.
- VOCHOZKA, M., MULAČ, P. *Podniková ekonomika*. Praha: Grada, 2012. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-8200-3.
- VOM BROCKE, J., ROSEMAN, M. *Handbook on business process management*. Berlin: Springer, 2010. International handbooks on information systems. ISBN 978-3-642-00415-5.
- VRÁNA, J. *1001 tipů a triků pro PHP*. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2940-1.
- W3TECHS. *Historical trends in the usage of server-side programming languages for websites*. [online]. 2015 [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: [http://w3techs.com/technologies/history\\_overview/programming\\_language](http://w3techs.com/technologies/history_overview/programming_language).

- 
- WAGNER, J. *Měření výkonnosti: jak měřit, vyhodnocovat a využívat informace o podnikové výkonnosti*. Praha: Grada, 2009. Prosperita firmy. ISBN 978-80-247-2924-4.
- WHITE, S. A. *BPMN modeling and reference guide: understanding and using BPMN : develop rigorous yet understandable graphical representations of business processes*. Lighthouse Point: Future Strategies, c2008. ISBN 0-9777527-2-0.

# Přílohy

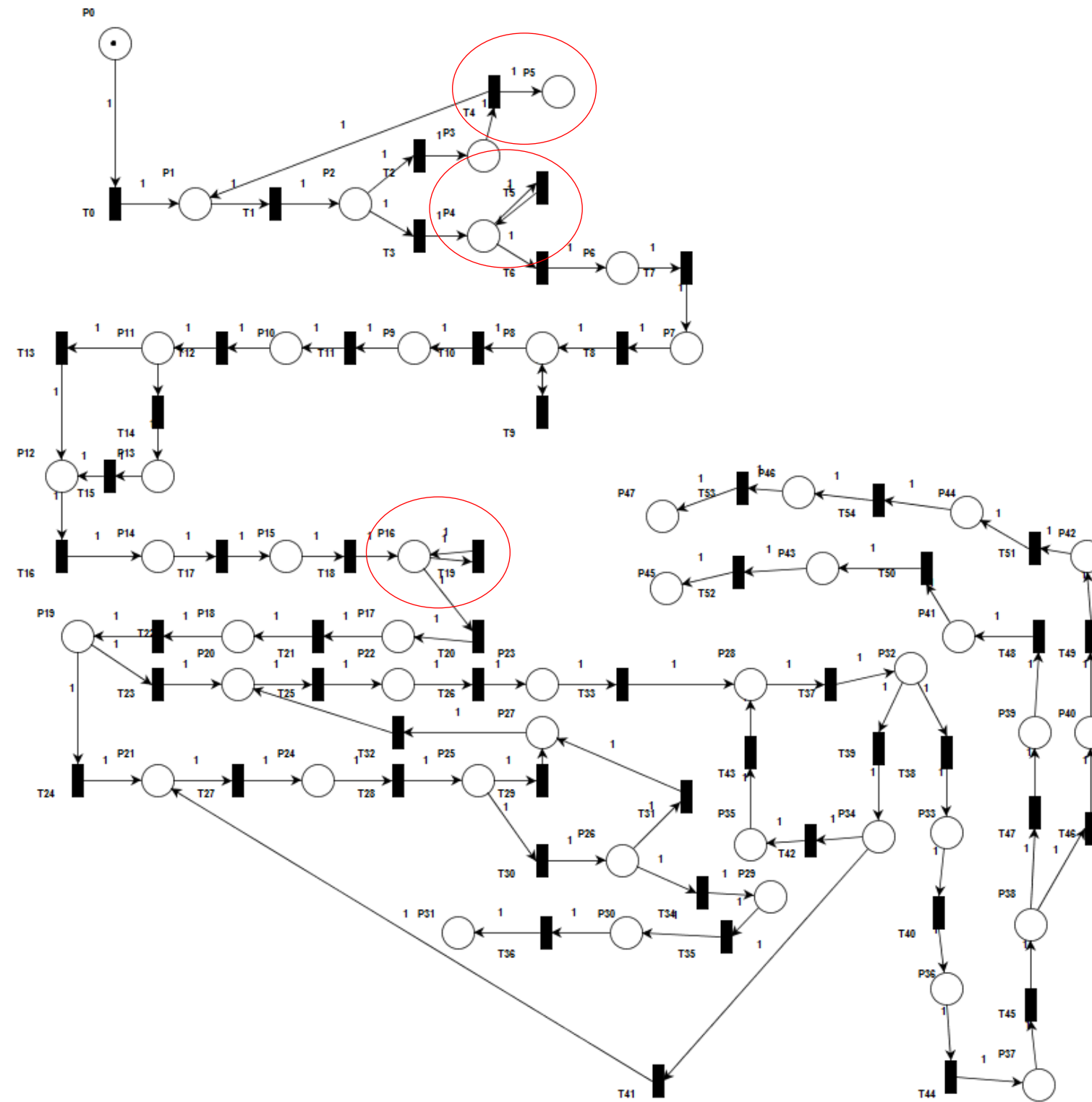


## A Diagram Business Process Model and Notation



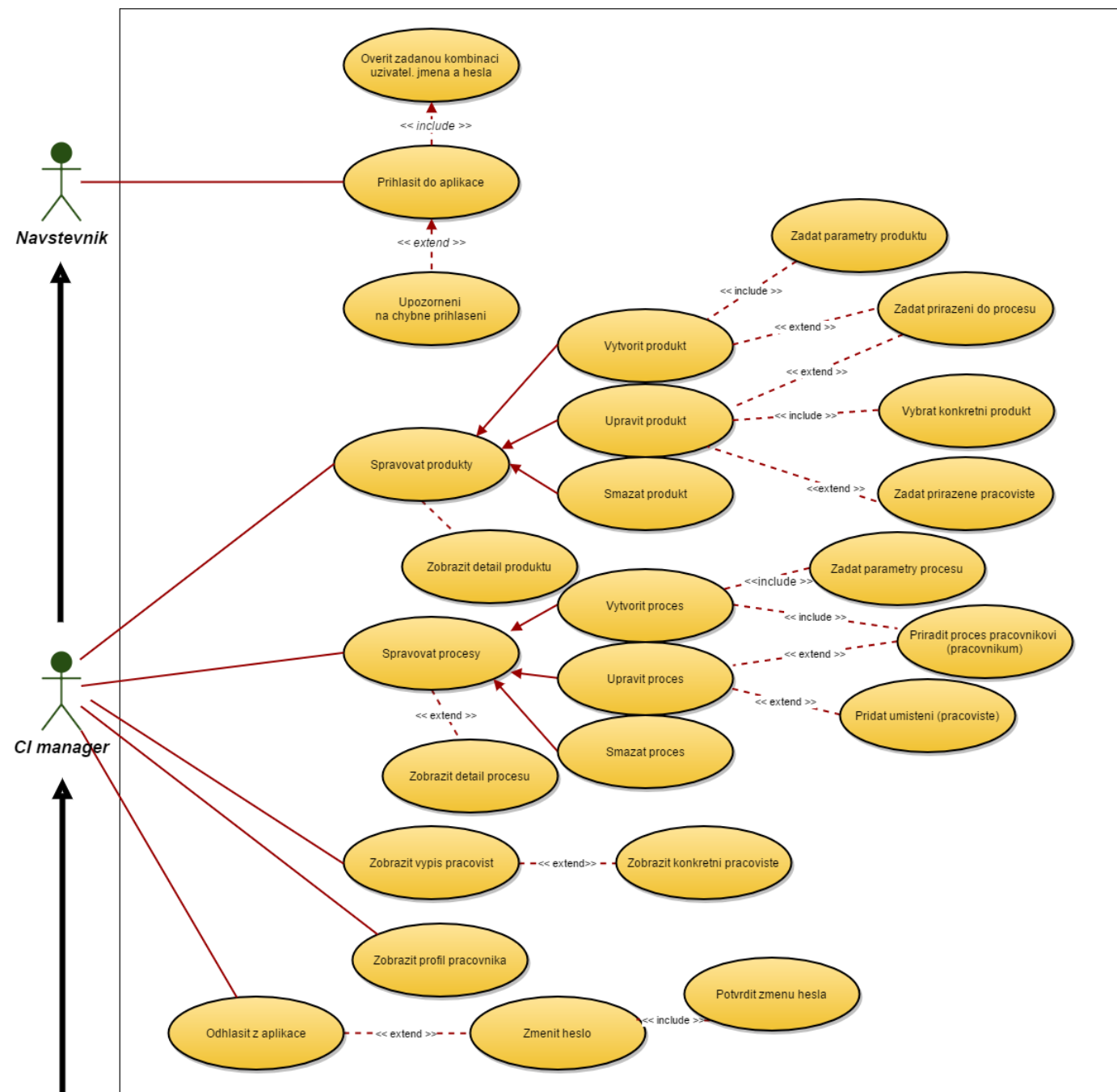
Obrázek 20: BPMN diagram původního procesu

## B P/T Petriho síť původního procesu

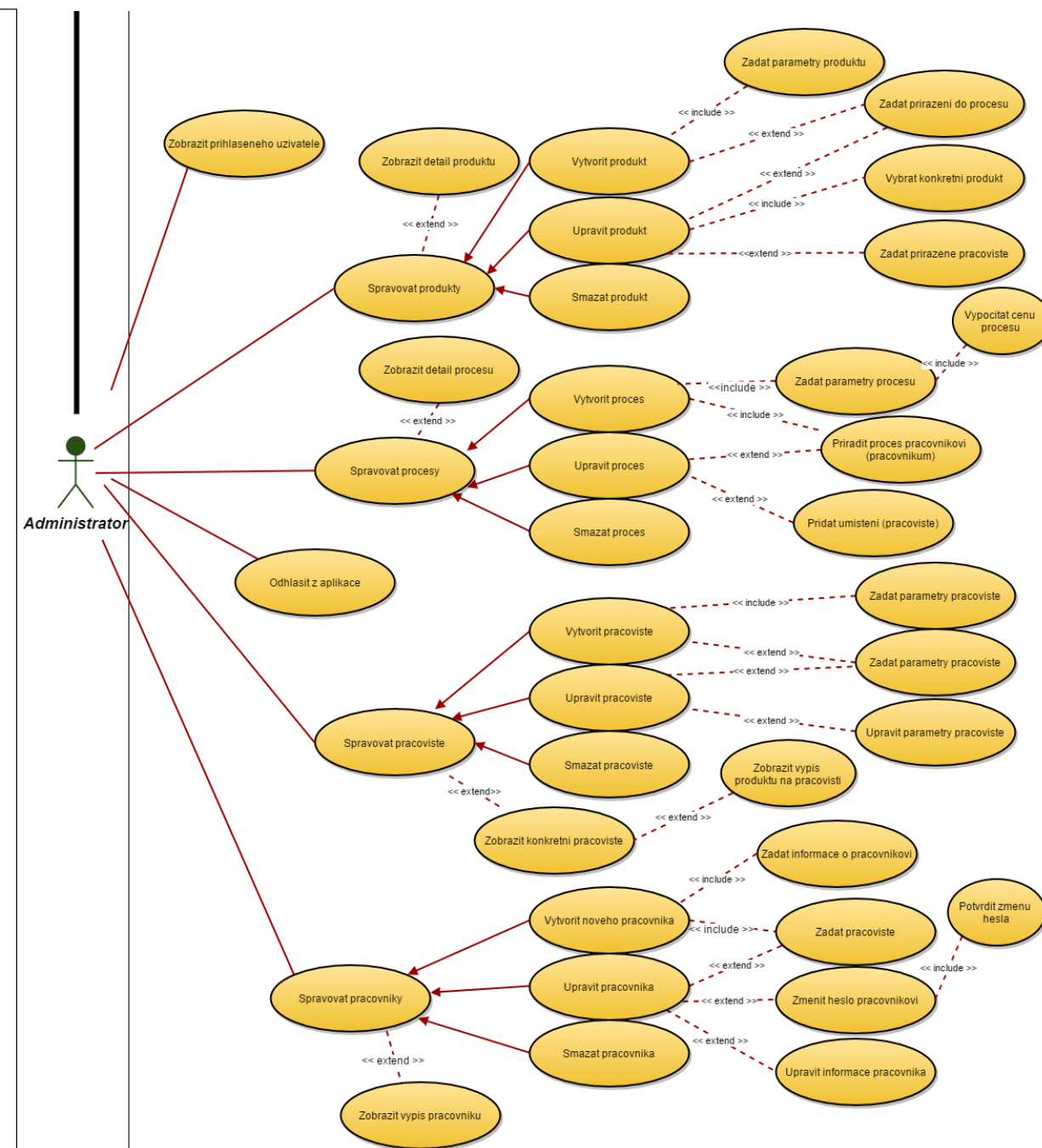


Obrázek 21: P/T Petriho síť původního procesu (zvýrazněna slabá místa procesu, zpomalování, cyklické smyčky, a častý předčasný konec)

## C Diagram případů užití aplikace

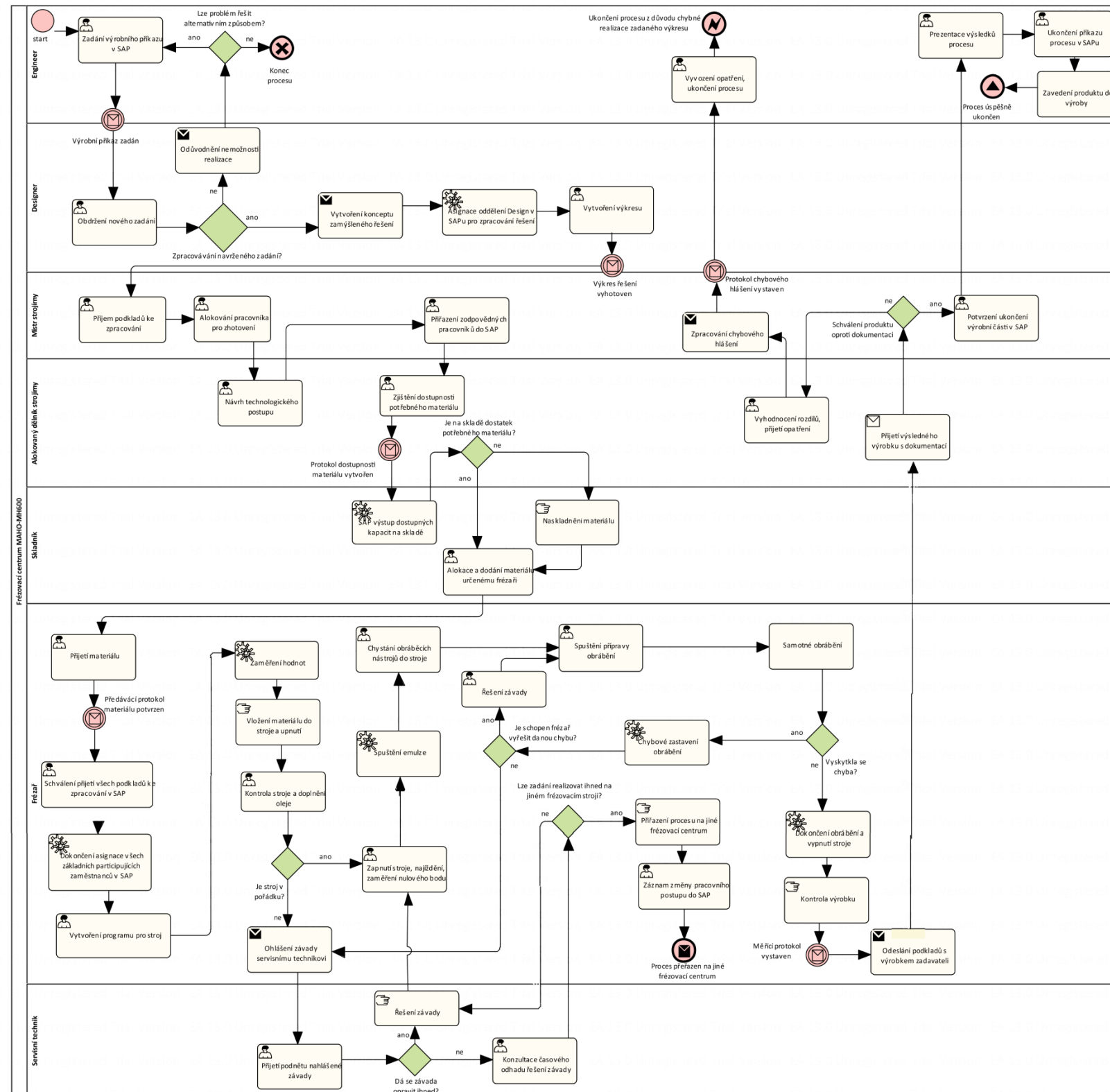


Obrázek 22: Diagram případů užití aplikace (1. část)



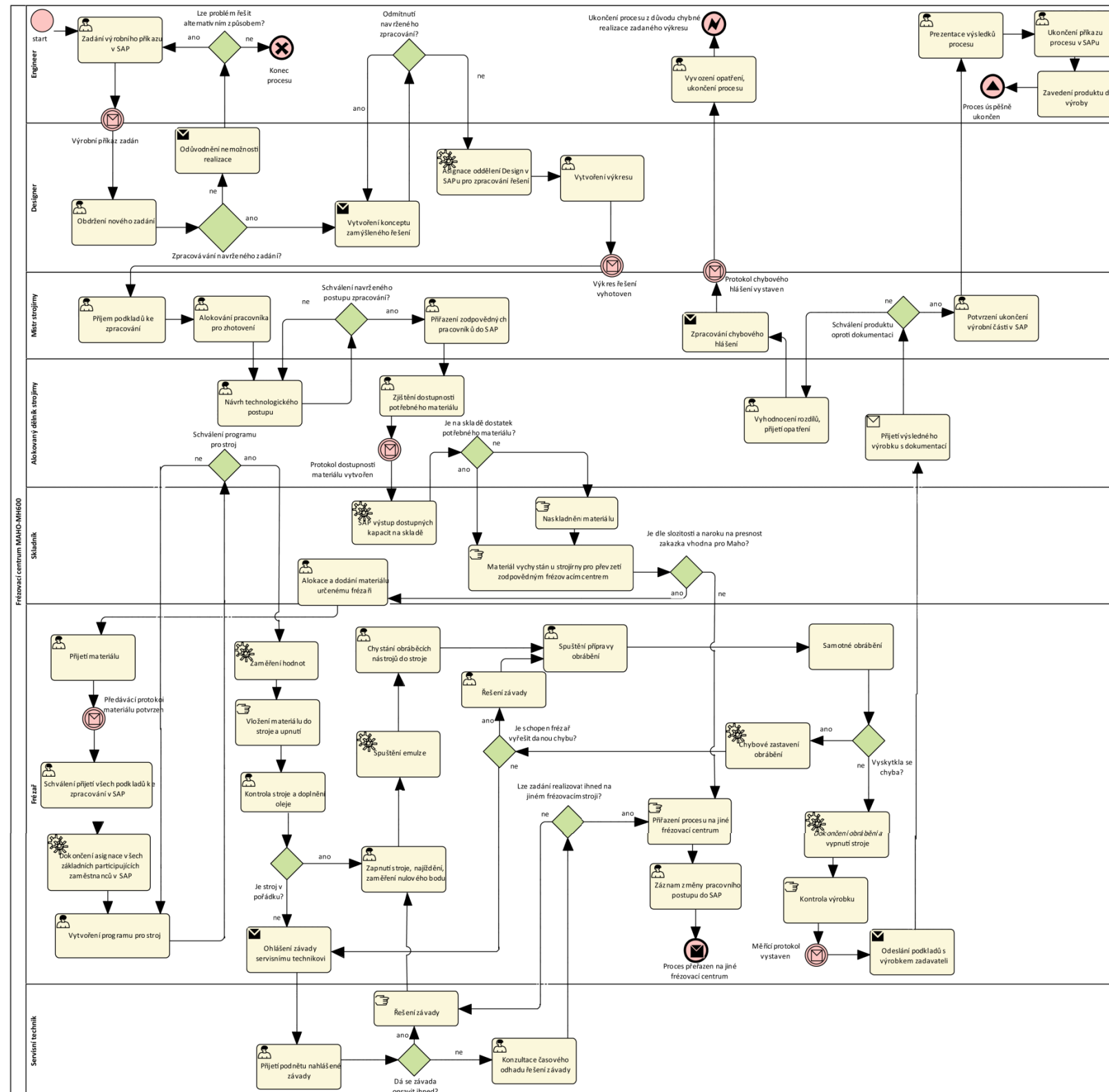
Obrázek 23: Diagram případů užití aplikace (2. část)

## D Inovace A – Odstranění smyček vrácení „úkolů“



Obrázek 24: BPMN diagram inovace A

# E Inovace B – Diferenciace zakázek pro frézovací centrum



Obrázek 25: BPMN návrh diagramu Inovace B