

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Optimalizace procesu v údržbě letadlových celků

Optimization of a Process in the Maintenance of Aircraft
Units

STUDIJNÍ PROGRAM

Řízení rozvojových projektů

STUDIJNÍ OBOR

Projektové řízení inovací v podniku

VEDOUcí PRÁCE

doc. Ing. Lenka ŠVECOVÁ, Ph.D.

BLAŽKOVÁ

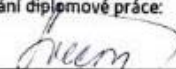
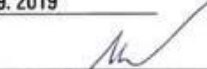

ALICE

2018

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	<u>Blažková</u>	Jméno:	<u>Alice</u>	Osobní číslo:	<u>423392</u>
Fakulta/ústav:	<u>Masarykův ústav vyšších studií (MÚVS)</u>				
Zadávací katedra/ústav:	<u>Oddělení manažerských studií</u>				
Studijní program:	<u>Řízení rozvojových projektů</u>				
Studijní obor:	<u>Projektové řízení inovací v podniku</u>				

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:	<u>Optimalizace procesu v údržbě letadlových celků</u>		
Název diplomové práce anglicky:	<u>Optimization of a Process in the Maintenance of Aircraft Units</u>		
Pokyny pro vypracování:	<p>CÍL: Cílem diplomové práce je aplikace štihlých principů ve vybraném oddělení a procesu, zmapování současného stavu, identifikace plynutí a navržení vhodných doporučení.</p> <p>PŘÍNOS: Přínosem práce je navržení doporučení pro danou firmu pro zvýšení efektivity práce v procesu a snížení plynutí.</p> <p>OSNOVA: 1. Úvod; 2. Teoretická část: lean management - principy a metody, mapování procesů, řízení procesů 3. Praktická část - představení společnosti, analýza současného stavu, návrhy opatření, shrnutí 4. Závěr</p>		
Seznam doporučené literatury:	<p>SRINIVASAN, et al. Lean Maintenance, Repair and Overhaul: changing the way you do business. New York, 2014.</p> <p>TOMEK, VÁVROVÁ. Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci. Praha: Grada, 2014.</p> <p>KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006.</p> <p>SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Praha: Grada, 2011.</p>		
Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:	<u>doc. Ing. Lenka ŠVECOVÁ, Ph.D., MÚVS ČVUT v Praze, oddělení manažerských studií</u>		
Jméno a pracoviště konzultanta(ky) diplomové práce:			
Datum zadání diplomové práce:	<u>6. 12. 2017</u>	Termín odevzdání diplomové práce:	<u>4. 5. 2018</u>
Platnost zadání diplomové práce:	<u>30. 9. 2019</u>		
 Podpis vedoucí(ho) práce	 Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry	 Podpis děkana(ky)	

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<u>8. 3. 2018</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
--	--

BLAŽKOVÁ, Alice. *Optimalizace procesu v údržbě letadlových celků*. Praha: ČVUT 2018. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Masarykův ústav vyšších studií.



**MASARYKŮV ÚSTAV
VYŠŠÍCH STUDIÍ
ČVUT V PRAZE**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracovala samostatně. Dále prohlašuji, že jsem všechny použité zdroje správně a úplně citovala a uvádím je v příloženém seznamu použité literatury.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této závěrečné práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Praze dne: 03. 05. 2018

Podpis:

Poděkování

Poděkování patří vedoucí práce paní doc. Ing. Lence Švecové, Ph.D. za vedení práce a poskytnuté rady, sledovanému podniku za poskytnuté informace a v neposlední řadě rodičům a blízkým za trpělivost a podporu při studiu.

Abstrakt

Diplomová práce představuje zlepšovateľský projekt navržený za účelem optimalizace sledovaného procesu údržby letadlových podvozků. Cílem práce je sledování a mapování současného stavu sledovaného procesu, identifikace úzkých míst a návržení vhodných doporučení s využitím štíhlých principů a metod. Stěžejním optimalizačním návrhem je zavedení dávkové výroby, která by přinesla zvýšení efektivity procesu, odstranění plýtvání na pracovišti ve formě čekání a urychlila proces probíhající na pracovišti údržby letadlových podvozků. Součástí práce je rovněž plán zavedení návrhu.

Klíčová slova

Štíhlá údržba, řízení procesů, optimalizace procesů, štíhlý podnik, produktivita, management, podnikové procesy

Abstract

The diploma thesis represents an innovatory project designed to provide optimization of selected process in maintenance of aircraft units. The objective of the thesis is monitoring and mapping current state of selected process, identification of bottle necks and proposal of appropriate recommendations using lean principles and methods. The fundamental proposal leading to optimization of selected process is implementation of batch manufacturing of the product of given process. Batch manufacturing would lead to effectivity increasing in the selected process, waste elimination and shortening of the lead time of a process running at the Maintenance of aircraft units department. The plan of implementation is also a part of the thesis.

Key words

Lean maintenance, Process management, Process optimization, Lean enterprise, Productivity, Management, Enterprise processes

Obsah

Úvod	5
1 Proces	8
1.1 Typologie a dělení procesů.....	9
1.2 Produkt procesu a účastníci procesu.....	10
2 Řízení a zlepšování podnikových procesů	12
2.1 Historický vývoj přístupů ke zlepšování řízení procesů	13
3 Štíhlý podnik – základní principy a východiska	15
3.1 Plýtvání	17
3.2 Analýza a měření práce	18
3.2.1 Hodnotový tok	19
3.2.2 Analýza práce	20
3.2.3 Metody měření práce	25
3.3 Uspořádání pracoviště	27
3.4 Neustálé zlepšování	27
3.5 Lean v různých oborech a podnikových oblastech.....	28
4 Postupy a využívané nástroje při optimalizaci procesů	30
4.1 DMAIC	30
4.2 Definování	30
4.2.1 Hlavní nástroje ve fázi definování.....	31
4.3 Měření.....	32
4.4 Analýza	33
4.4.1 Nástroje ve fázi Analýzy.....	33
4.5 Zlepšení.....	35
4.6 Kontrola.....	35

5	Popis společnosti	37
6	DMAIC	38
6.1	Definování	38
6.2	Měření	48
6.3	Analýza	59
6.4	Zlepšení	63
6.4.1	Odstranění plýtvání	70
6.4.2	Zavedení	74
6.5	Kontrola	76
	Závěr	77
	Seznam použité literatury	80
	Seznam obrázků	84
	Seznam tabulek	85

Úvod

Diplomová práce se zabývá sledováním a mapováním vybraného procesu v oblasti údržby letadlových celků, respektive na pracovišti strojního obrábění ve vybraném podniku, identifikací úzkých míst a následným návrhem optimalizace procesu, zlepšení a odstranění úzkých míst. Účelem sledování současného stavu procesu, jeho analýzy a následných návrhů zlepšení je zvyšování efektivity v celém procesu, odstranění plýtvání a redukce činností, které nevytváří hodnotu pro zákazníka. Obecně jde o aplikaci tzv. lean přístupů do řízení procesů, jejichž cílem je mimo jiné snaha o zkracování průběžného času procesu a tím pádem dřívější dodání zákazníkovi.

Teoretická část představuje popis teoretických východisek a hlavních přístupů a metod v oblasti optimalizace procesů. Praktická část diplomové práce je rozdělena do pěti hlavních fází na základě metodiky DMAIC (fáze definování, měření, analyzování, zlepšení a kontroly). První fáze popisuje prostředí společnosti, definuje hranice a produkt procesu a dále aktivity, které se v něm vyskytují. Obsahem fáze měření je navržení standardu pro měření sledovaného procesu a následně výsledky opakovaných měření tohoto procesu, respektive jeho dílčích aktivit, které proběhlo celkově desetkrát v rozmezí 6 měsíců.

Ve fázi analýzy jsou rozebrána naměřená data, definována úzká místa procesu a dále je zde analyzována přidaná hodnota procesu ve formě sledování poměru aktivit s přidanou hodnotou a aktivit nepřidávajících hodnotu procesu. Výstupem fáze analýzy je rovněž index přidané hodnoty a diagram příčin a následků hlavního úzkého místa – nízké hodnoty tohoto sledovaného indexu. Zlepšovatelská fáze pak nabízí řešení problémových míst podložená výpočty. Tato řešení vedou k odstranění úzkých míst, zvýšení indexu přidané hodnoty procesu a snížení poměru délky trvání aktivit nepřidávajících hodnotu na celkovém procesu. Tato fáze rovněž obsahuje další návrhy k optimalizaci procesu formou porovnání nákladů na způsob úpravy potřebného materiálu. Fáze zlepšení taktéž uvádí novou hodnotu VA-indexu a nový poměr aktivit s přidanou hodnotou a aktivit nepřidávajících hodnotu v případě aplikace zlepšovatel-

ských návrhů. V závěru této fáze je uveden možný plán zavedení a průběhu optimalizačního návrhu. Fáze kontroly je z časových důvodů vynechána, neboť plán zavedení nemohl z kapacitních důvodů proběhnout dříve než v létě 2018.

Hlavním návrhem v oblasti optimalizace sledovaného procesu je zavedení dávkové výroby sledovaného produktu (ložiskových pouzder na podvozky letounů), která by způsobila zvýšení poměru aktivit s přidanou hodnotou ve sledovaném procesu, urychlila výrobu sad produktů a umožnila odstranění čekání z celkového procesu údržby podvozků. Specifické prostředí údržby umožňuje dávkovou výrobu u standardních výrobních rozměrů ložiskových pouzder v první generální opravě. Ložisková pouzdra jsou však potřeba i v upravených rozměrech na základě identifikovaných nálezů (defektů). Nicméně princip dávek lze uplatnit i v tomto případě ve formě připravených polotovarů, na kterých v případě potřeby nestandardních rozměrů proběhne konečná úprava na základě technické dokumentace.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Proces

Procesy hrají v podniku významnou roli, neboť umožňují transformaci vstupů na výstupy dodávané zákazníkovi pomocí dílčích aktivit, ze kterých se skládají. Mezi vstupy se zařazují faktory jako: pracovní síla, výrobní prostředky, materiál, informace. Významné místo tu zaujímá i řídicí složka – tj. management dané oblasti. Obecně jsou tyto vstupy pojímány jako zdroje, jejichž dělení může být různorodé (například: zdroje lidské, hmotné, finanční). Transformačními procesy (využitím vstupů) pak získáváme výstupy, jimiž jsou výrobky, nové užití a služby. Spolu s nimi vzniká ale i odpad nebo emise. Výstupy jsou stěžejní v každém podnikání, protože jejich podstatná část (produkty, služby) vytváří hodnotu pro zákazníka. Vytvoření této hodnoty tedy musí předcházet série kroků, které souhrnně nazýváme proces, jenž je výsledkem cílevědomého lidského chování. [1, s. 26] [2, s. 24] Definice procesů existuje nespočet a liší se autor od autora. Následuje příklad dvou definic procesů pro porovnání.

„Proces je série logicky souvisejících činností nebo úkolů, jejichž prostřednictvím – jsou-li postupně vykonávány – má být vytvořen předem definovaný soubor výsledků.“ [3, s. 14]

„Pravý proces zahrnuje všechno, co děláme, abychom poskytli tomu, kdo má zájem, to, co čeká, že obdrží.“ [4, s. 10]

Souslednost a návaznost kroků (činností, událostí, interakcí) se pak nazývá procesní tok, díky kterému vzniká daná hodnota pro zákazníka. V tomto pojetí procesu hraje významnou roli vývoj v čase a pohled očima organizace, ve které proces probíhá. Procesní toky se odehrávají v rámci organizace, vstupovat do nich však mohou i aktéři okolního prostředí jako například subdodavatelé. Činnosti, události, interakce neboli souhrnně aktivity pak vnímáme jako nejmenší měřitelné jednotky práce. Těm přisuzujeme určité trvání, logické souvislosti s jinými procesy a nakonec zdroje, které jsou v jejich průběhu spotřebovávány a které vytvářejí náklady na provedení daných aktivit. Činnosti bývají považovány za dílčí prvky procesů, ale lze je i chápat jako samostatné prvky podnikového řízení. [2, s. 24] [3, s. 15]

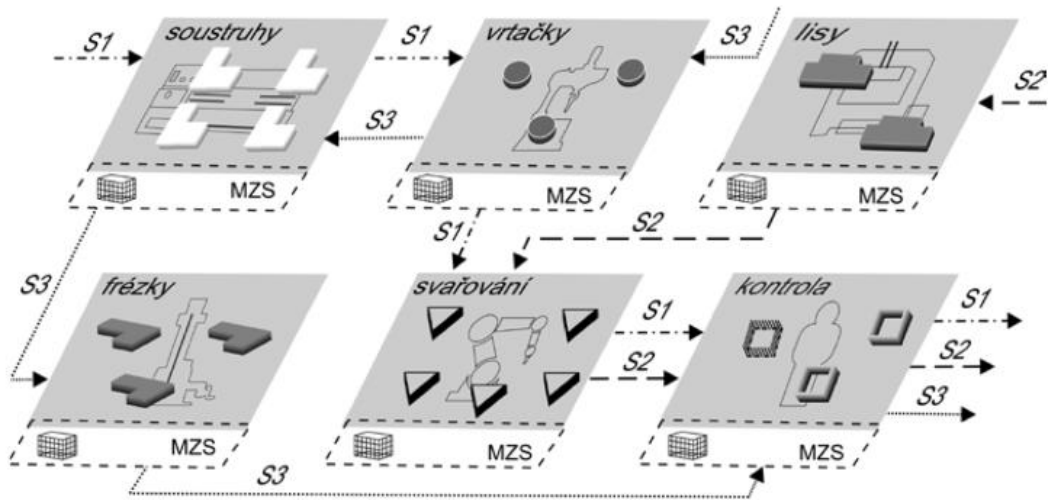
1.1 Typologie a dělení procesů

Běžně jsou tedy procesy chápány jako časově seřezané činnosti, které jsou organizovány tak, aby naplnily účel vytvoření výkonů (respektive výstupů ve formě produktů či služeb) nebo případně aby fungovaly jako podpora vytváření těchto výkonů. V tomto směru je proto žádoucí rozdělovat podnikové procesy na produkční – ty, které se podílejí na tvorbě výkonů a (tím i tržeb) a procesy podpůrné, které umožňují fungování procesů produkčních nebo podporují efekt těchto procesů. Kromě uvedeného rozdělení se procesy dále mohou dělit například podle technologicko-výrobního zaměření na prvovýrobu (získávání prvotních surovin), druhovýrobu (přetváření prvotních surovin), dělení, montáž, povrchové úpravy nebo změny substance. [1, s. 26] [2, s. 24]

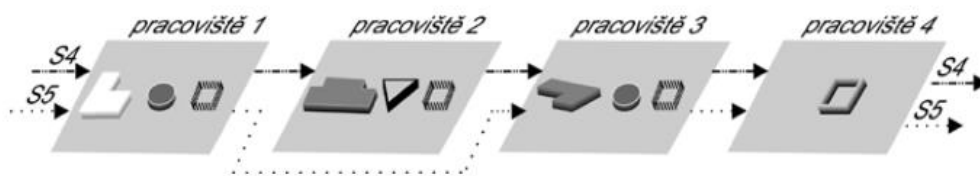
Dalším přístupem k typologii procesů je dělení podle hlediska prostorové struktury na dílenskou výrobu a proudovou výrobu. Dílenská výroba (obrázek 1 nahoře) spočívá v technologickém principu uspořádání pracovišť, což znamená, že pracoviště, které provádějí stejné typy operací, jsou prostorově umístěna v rámci jedné organizační jednotky – dílny a vznikají tak organizační jednotky jako lisovna, galvanovna a podobně. Pro tento typ uspořádání jsou typické mezisklady. Dílenská výroba je vhodná zejména pro zakázkovou výrobu. Mezi její výhody patří flexibilita k použití nových postupů, komplexní příprava pracovníků, výrazná flexibilita v procesu. Naopak mezi nevýhody dílenského uspořádání patří časová a prostorová nepřehlednost, vyšší počet meziskladů, složitá mezioperační doprava, vyšší potřeba ploch, dlouhé doby přerušení v rámci času práce a podobně. Naproti tomu proudová výroba (obrázek 1 dole) spočívá v seřazení strojů podle technologického postupu produktu. Principem tohoto přístupu je jednotný materiálový tok a tomu přizpůsobené uspořádání pracovišť (podle místa v technologickém postupu). Tento přístup v sobě skýtá výhody jako snížení zásob nedokončené výroby, přehledný materiálový tok, snížení celkové průběžné doby výroby produktu. Mezi nevýhody na druhou stranu patří malá flexibilita výroby, výpadek pracoviště blokuje ostatní, zpoždění dodávek může zastavit celý další chod. [1, s. 26] [5, s.114]

Obrázek 1: Uspořádání pracovišť, [1, s. 43]

Technologický princip uspořádání pracovišť - S ... součást (díl, sestava, výrobek)



Předmětný princip uspořádání pracovišť - S ... součást (díl, sestava, výrobek)



Dále je možné procesy dělit podle toho, jak dochází k transformaci stupů na výstupy. Z tohoto hlediska lze procesy rozdělit na 4 základní typy: analytický proces, syntetický proces, analyticko-syntetický proces a materiálově neutrální proces. Přičemž rozdíl tkví v počtu faktorů spotřeby a počtu druhu výstupů. Analytický proces zpracovává jeden faktor spotřeby, přičemž výstupem je více druhů produktů, u syntetického je tomu naopak. Analyticko-syntetický je potom kombinací více prvků na straně jak vstupu, tak výstupu, a nakonec poslední přístup pracuje jen s jedním typem faktoru spotřeby jako vstupu a jedním druhem produktu na konci. [1, s. 26]

1.2 Produkt procesu a účastníci procesu

Jak už bylo uvedeno, hlavní podstatou podnikových procesů je vytvoření výstupu v podobě produktu. Produktem procesu mohou být hmotné i nehmotné výstupy, služby nebo kombinace těchto faktorů, které vznikají za účelem pokrytí potřeb zákazníka daného procesu. Zákazník tvoří jednu ze skupin účastníků

procesu a lze ho vnímat dvěma způsoby, a to zaprvé jako zákazníka externího, který se nachází mimo organizaci a který je ochoten za produkt poskytnout standardně peněžní úhradu. Druhým typem zákazníka je pak zákazník interní neboli vnitřní, který je navázaný na jiný proces a používá produkt předchozího procesu k dalšímu zpracování. Ten běžně za produkt neposkytuje přímou úhradu, ale náhrada je standardně prováděna přes vnitřní účtování daného podniku. Podle jiného přístupu lze zákazníky rozdělovat na přímé (čili kupující produkt nebo službu, jež podnik poskytuje) a nepřímé (akcionáři a další zájmové skupiny). Při optimalizaci procesů hledíme na zákazníka jako na organizační uskupení nebo například jako na jiný návazný proces, a to bez ohledu na hranice dané organizace. Co se týká zmiňovaných hranic procesu, je běžné, že proces prochází skrze několik organizačních jednotek podniku nebo dokonce za jeho hranice. Hranice procesu hrají roli při zlepšování podnikových procesů a jsou standardně součástí zadání zlepšovateľského projektu, a to zejména pro účely vymezení oblasti působení dané iniciativy optimalizace. K těmto účelům se běžně používají kontextové diagramy nebo SIPOC diagramy (viz kapitola Definování). [3, s. 14] [6, s. 211]

Mimo zákazníka se procesů dále účastní: dodavatel (jakožto zajišťovatel vstupů, které dodává na základě informací poskytnutých daným podnikem), podnik nebo vlastníci podniku (v roli vlastníků zdrojů, které se během procesu spotřebovávají), manažer procesu, který zajišťuje řízení procesu, operátor – tj. pracovník, který se přímo procesu účastní. Dále sem lze zařadit sponzora procesu a šampióna procesu. Sponzor je zpravidla člen managementu daného podniku, který má zájem na zvyšování efektivity procesu. Šampión pak stojí v roli účastníka procesu jak na pozici manažera, tak na pozici přímého účastníka procesu, ví, jaké jsou potřeby procesu a závislosti jednotlivých jeho prvků. Šampión iniciuje zvyšování produktivity a kvality procesu. [3, s. 14] [6, s. 144]

2 Řízení a zlepšování podnikových procesů

Řízení procesů standardně zahrnuje aktivity od definování procesů, přes ustanovení rolí a odpovědností v rámci procesu, řízení procesních toků, hodnocení výkonnosti procesů po identifikaci příležitostí ke zlepšování procesů a implementaci změn. Řízení procesů spočívá v identifikaci, měření, řízení a zlepšování procesů tak, aby bylo efektivně dosaženo potřeb zákazníka, s využitím znalostí, schopností, metod, nástrojů a systémů. Naproti tomu zlepšování procesů se orientuje na zvyšování kvality a produktivity podnikového procesu nebo zkracování doby jeho trvání pomocí eliminace neproduktivních činností a nákladů. Výchoziskem pro zlepšování procesů je znalost současného procesu tak, jak je popisován v příslušné dokumentaci. Komplexnější chápání a propojení obou sfér (řízení a zlepšování procesů) přináší koncept BPM neboli *Business Process Management*, pojímaný jako dosahování podnikových cílů prostřednictvím zlepšování, řízení a kontroly podstatných podnikových procesů nebo také jako manažerská disciplína zaměřující se na zlepšování výkonnosti organizace pomocí řízení podnikových procesů. [3, s. 14] [4, s. 11]

Co se týká záměru, který podnik při zlepšování podnikových procesů sleduje, existuje několik hledisek, které se obecně mohou lišit podle toho, jestli sledují zvýšení hodnoty pro externího zákazníka (například zvyšování kvality produktu) nebo zvýšení hodnoty pro podnik (nákladové aspekty). Jedním z nich je zvyšování kapacity procesů jak z hlediska času, tak z hlediska objemové kapacity. Další oblastí je zlepšování kvality produktů – podstata tkví v odhalení problémů, které mají vliv na vznik závad a následné eliminaci těchto problémových míst. Dalším z hledisek je snižování nákladovosti, což často souvisí s návazností jednotlivých úkonů a odstranění elementů (činností nebo součástí produktů), které netvoří očekávanou hodnotu, ale které naopak představují plýtvání. Poslední oblastí, na kterou se podnik může při optimalizaci procesů zaměřit je zvyšování předvídatelnosti chování procesů – to bývá spojeno s již uvedenými oblastmi, neboť výsledek zlepšení produktu nebo snížení nákladů nemá být náhodným jevem. Metody pro řešení eliminace daného nedostatku se pak budou lišit podle toho, o které z výše uvedených hledisek se jedná. Pro úspěšné zlep-

šování procesů je zároveň stěžejní optimální synchronizace mezi lidmi, technologií a prostředím, ve kterém daná firma působí. Lidé přicházejí se svými schopnostmi do procesů a musí být motivováni k tomu, aby se na adekvátním fungování procesu podíleli, technologie pak umožňují usnadnění jednotlivých kroků procesu. Neméně důležité je prostředí, které vytváří podmínky, za jakých lze nejen s procesy v podniku pracovat. Obecně se podnikatelské subjekty liší v přístupu ke zlepšování podnikových procesů podle sledovaného záměru a svého specifického prostředí. [3, s. 25-26] [3, s. 28] [7, online]

2.1 Historický vývoj přístupů ke zlepšování řízení procesů

Úplné začátky snah o zlepšování procesů lze sledovat na konci 19. století, kdy se začala objevovat potřeba řídit procesy efektivněji pomocí zkracování průběžné doby výroby, odstraňování ztrátových časů, změn upořádání ve výrobních procesech a analyzování hlavních částí procesů. Autorem těchto prvních tendencí byl například Gilbreth se svou snahou o zavedení standardizovaných postupů nebo Frederick W. Taylor, který zavedl profesi „provozního inženýra“ (jeho úkolem bylo starat se o chod závodu), úkolové řízení a intenzifikaci práce. Taylorovo pojetí řízení nakonec nedostalo šanci se uchytit, stalo se ale vědeckým podkladem pro jeho následovatele. Významnou roli ve vývoji přístupů k zefektivňování řízení sehrál H. Ford, jenž na počátku 20. století zavedl montážní linky ve své automobilce, čímž dosáhl nuceného pohybu výroby. Ten spojil s principy jako vysoká míra dělby práce, výroba uniformního výrobku, jednotné řízení práce a vznikl tak velkovýrobní tovární proces, jehož hlavním přínosem bylo snižování času výroby jednoho automobilu a tím zvyšování počtu vyrobených kusů za jednotku času. Ford dosáhl uplatnění tovární výroby v celém podniku, k čemuž mu dopomohl dopravní pás, který veškeré výrobě uděloval stejný takt. Výkonnost výroby pak spočívala ve vysokém využití strojů i lidí, krátký průběžný čas a určitá úroveň jakosti výrobku, kterou bylo tímto způsobem výroby možno zajistit. Na Forda na našem území navázal Baťa využitím dopravního pásu při výrobě bot a docílil tak rozložení procesu na dílčí činnosti,

kteře byly nově vykonávány každá zvlášt jiným zaměstnancem a v přímé návaznosti, což umožňovalo kontinuitu, zrychlení procesu výroby bot a nárůstu kapacity. Baťa kromě toho podněcoval i účast všech zaměstnanců na výkonu firmy jejich odpovědností, ale i odměnou za zlepšení ve výrobě. [1, s. 66] [8, s. 13-39] [9, online]

Na Forda navazovaly i další podniky z celého světa a bylo tak dosahováno vysokého stupně velkovýroby, vznikala konkurenční boj podniků, které dosahovaly obrovské produktivní síly. Další významný posun představovalo německé hnutí *racionalizace*, jehož prvky byly především: pozorování, měření a zdokonalování pracovních postupů, využívání strojů nebo materiálové hospodářství. Přístup se začal uplatňovat i ve velké části Evropy, v Japonsku, ale i v tehdejší Sovětském svazu, kde vznikla jeho osobitá podoba. [3, s. 23] [8, s. 35]

Následující změnu ve vývoji přinesla poválečná vědecko-technická revoluce. Velice významný posun nastal, když Fordovi následovníci začali uplatňovat místo masové výroby masové přizpůsobování, které navazovalo na představu, že je potřeba uspokojit specifické potřeby zákazníka. Vývoj přístupu k efektivnímu řízení procesů a celého podniku se tak začal ubírat novým směrem, jehož tvůrcem byl například Taiichi Ohno. Ten je společně se Shigoe Shingem autorem techniky rychlé přestavby linky nazývané SMED (neboli *Sigle Minute Exchange of a Die*), jejíž inspirací se stala, jak název vypovídá, práce techniků v závodním depu na výměně pneumatik. Zároveň přišel Taiichi Ohno s myšlenkou, že není potřeba objednávat ve velkých dávkách na sklad bez ohledu na to, co je právě potřeba, ale naopak je vhodné objednávat v menších dávkách to, co zrovna potřeba je. Kromě těchto principů vznikl na konci 20. let přístup zvaný Total Quality Management (TQM), jehož podstatou je vytvoření takového prostředí v podniku, které podporuje inovace, kreativitu, a dokonce riskování za účelem naplnění požadavků zákazníka. TQM se týká manažerů, ale i řadových zaměstnanců a zákazníků. V neposlední řadě se mezi přístupy vzniklé na sklonku 20. století řadí také Business Process Reengineering (BPR), jež představuje přepracování procesu (standardně při využití informačních technologií) za účelem dosažení značných zlepšení v klíčových oblastech jako je servis, kvalita, náklady nebo rychlost. Součástí BPR je běžně také integrace

oddělených úkolů do kompletního propojeného procesu. [3, s. 23] [4, s. 3] [8, s. 35] [10, s. 130] [11, s. 130]

Tyto a mnohé další poznatky se pak uplatnily v novodobém přístupu ke zlepšování podnikových procesů, který pojmenoval James Womack názvem *Lean Manufacturing* (neboli štíhlá výroba). Womack zároveň vymezil základní principy tohoto přístupu, mezi něž zařadil *hodnotu pro zákazníka, hodnotový řetězec* (rozlišení kroků ve výrobním procesu, které vytvářejí hodnotu a těch, které ji nevytváří), *tok*, který zajišťuje neustálý sled pracovních činností a díky kterému lze dosáhnout eliminace plýtvání, *poptávku* (myšlenka, že není potřeba nabídnout víc, než zákazníci poptávají) a nakonec *úsilí o dosažení dokonalosti*, které autor považuje za nikdy nekončící. Přístup *Lean Thinking*, jak tyto principy Womack souhrnně nazval, se od Fordova přístupu liší především tím, že nestaví pouze na úsilí vyprodukovat co nejvíce za co nejméně času, ale především i podle požadavku a poptávky zákazníka. Zatímco z Fordova pásu sjížděla stejná černá auta, z dnešních linek směřují k zákazníkovi auta v barvě, kterou si vybral a s vybavením, které potřebuje. [1, s. 66] [3, s. 23] [8, s. 35]

3 Štíhlý podnik – základní principy a východiska

V předchozí kapitole byly popsány základní myšlenky přístupu Lean a jeho stručný vývoj v čase. Tento přístup hraje podstatnou roli v oblasti zlepšování podnikových procesů v současné době. Lean se zaměřuje na činnosti, které v podnikových procesech nepřidávají žádnou hodnotu a jeho cílem je eliminace těchto činností za pomoci různých principů a metod, kterým se věnuje následující podkapitola. Tyto metody a principy byly na počátku směřovány především do oblasti průmyslové výroby, a to konkrétně v podobě lean manufacturing (štíhlá výroba), postupem času se však filosofie rozšířila i do dalších oblastí – štíhlá administrativa, štíhlá logistika, štíhlá údržba. [3, s. 32] [12, s. 23] Filosofie Lean může být nejjednodušeji popsána jako odstraňování plýtvání a vytváření hodnoty pro zákazníka. Základním poznatkem je tedy *určení hodnoty* z pohledu zákazníka sledovaného procesu. Tuto hodnotu představuje produkt (služba nebo výrobek), který naplňuje specifickou potřebu zákazníka a je mu

poskytován za určitých podmínek, které zákazník očekává (cena, čas). Dalším důležitým krokem je *identifikace těch činností, které se*

podílejí na postupném vytváření hodnoty. Jde o sled kroků (například návrh výrobku, objednávka materiálu, zpracování materiálu) ve formě procesu, který ve své konečné fázi vytváří danou hodnotu. Činnosti, které do procesu vstupují, se pak rozdělují dle jejich povahy na:

- *činnosti s přidanou hodnotou* (fyzické změny produktu, činnosti, které tvoří v očích zákazníka hodnotu a je za ně ochoten zaplatit),
- *činnosti s nepřidanou hodnotou* (tj. ty, které nepřidávají hodnotu, zákazník za ně není ochoten platit, ale zároveň není v daných podmínkách možné je úplně odstranit),
- *plýtvání* (činnosti, za které není zákazník ochoten zaplatit a které je bez negativních následků možné odbourat).

Cílem podniku by podle popisovaného přístupu mělo být činnosti s přidanou hodnotou optimalizovat, činnosti nepřidávající hodnotu redukovat, jak jen je to možné, a nakonec plýtvání odstraňovat. [3, s. 32] [13, online] [14, s. 20]

Další princip, na kterém lean stojí je řízení podle *potřeb zákazníka*, které samo o sobě vyplývá ze sledování hodnoty činností pro zákazníka. Orientace na požadavky zákazníka má zásadní vliv ve výrobě – vyrábí se to, co zákazník požaduje, a v okamžiku, kdy si o to řekne, nikoliv v co největším možném objemu. Iniciátorem procesů je tedy zákazník. Mimo zákaznickou orientaci mezi další principy patří *vedení procesů do pohybu* (což umožňuje každému v podniku podílet se na vytváření hodnoty) a *snaha o dosažení dokonalosti*, která v sobě v tomto ohledu obsahuje snižování nákladů, času, úsilí, pracovního prostoru, chyb a závad, a k jejíž aplikaci dochází pomocí přístupu neustálého zlepšování. S tím souvisí i fakt, že úspěšné fungování lean přístupu je dosahováno při jeho aplikaci jako celkové filosofie podniku. Ta se ideálně stává součástí myšlení zaměstnanců, kteří se v rámci týmové práce neustále podílejí na dílčích zlepšovateckých krocích, jež nakonec vedou k postupnému celkovému zlepšení. [3, s. 32-33] [14, s. 22]

S výše uvedenými principy přístupu lean souvisejí další prvky štíhlého podniku. Jedním z nich je uspořádání pracoviště (tzv. štíhlé pracoviště) a vizualizace na pracovišti. Vizualizace je nástrojem pro vytváření uspořádaného, řízeného a organizovaného pracoviště, jeho popisů a definic. Vizualizace umožňuje například informovat o dosahovaných výsledcích, standardizovat postupy, snižovat chybovost v procesu nebo zlepšovat organizaci práce. Cílenou aplikaci prvků vizualizace označujeme jako vizuální management. Mezi tyto prvky patří kontrolní karty, podlahové značení, barevné kódování a označení, signalizace, nástěnky a informační tabule, layouty, standardy vykonávané činnosti, označení nekvality, technologické postupy nebo standardy úklidu. Standardizace je sama o sobě jedním z dalších prvků filosofie štíhlého podniku. Uspořádání pracoviště se pak týká metody jako například 5S, které se věnuje samostatná podkapitola (3.3. Uspořádání pracoviště). [12, 24] [15, online] [16, s. 43-44]

3.1 Plýtvání

Plýtvání, které bývá v odborné literatuře pojmenováváno také *Waste* (angl.) nebo *Muda* (jap.), je velice častý pojem v popisovaném oboru, neboť plýtvání lze nalézt v nějaké míře v každém procesu. Vzhledem k negativním efektům, které může plýtvání přinášet a k postoji, který by měl podnik v rámci lean filosofie k plýtvání zaujmout – odstraňovat ho, je plýtvání velice významnou kapitolou zkoumané problematiky. Různé zdroje uvádí standardně sedm nebo osm druhů plýtvání, které se mohou v podnicích a podnikových procesech vyskytovat. Členění plýtvání do těchto skupin umožňuje jejich lepší identifikaci, analýzu a následně i jednodušší práci s jejich odstraněním. Mezi základních sedm druhů plýtvání patří následující:

1. *Nadvýroba*. Za tento druh plýtvání se považuje nadbytečná a brzká produkce, dále produkce aktivit, které se tržně nezhodnotí. Z nadvýroby plynou zbytečné náklady jako například náklady na zbytečně odebíranou energii, na nadbytečné pracovníky, zbytečné budovy, plochy, stroje atd.
2. *Nadbytečná práce*. Nadbytečnou prací se rozumí všechny činnosti navíc, které nejsou součástí specifikace nebo také složité a nadstandardní postupy, které nejsou součástí požadavků zákazníka.

3. *Přeprava*. Zbytečnou přepravou se chápou dlouhé, zbytečné pohyby, dlouhé vzdálenosti mezi jednotlivými kroky procesu způsobené například špatným layoutem, každá nadbytečná doprava a manipulace ať už materiálu, dílů nebo výrobků.
4. *Chyby*. Do této kategorie patří nekvalita výrobků, chyby v procesu, defekty na produktech, které vyžadují přepracování a s tím spojený čas, materiál a energii.
5. *Čekání*. To představuje čekání na materiál, informace, součástky, stroj nebo náradí, které způsobuje zpoždění a protahování celkové délky procesu.
6. *Zásoby*. Za zbytečné zásoby se považuje příliš mnoho materiálu a dílů, které nejsou pro splnění současných úkonů potřeba a jejichž uskladnění vyžaduje prostor navíc a dále příliš mnoho rozpracované výroby. Tento druh plýtvání často způsobuje nevyváženost mezi plánovanými předpoklady a aktuální poptávkou zákazníků;
7. *Zbytečný pohyb*. Kroky, které zaměstnanec ujde, aby přinesl materiál, součásti, náradí nebo aby přešel na jiné pracoviště, jsou taktéž považovány za plýtvání. Zbytečný pohyb bývá způsobován špatným ergonomickým řešením na pracovišti.

Přidávaným osmým druhem plýtvání jsou *nevyužité schopnosti pracovníků* neboli nevyužití jejich potenciálu, intelektu, talentu, znalostí, nepropojení know-how mezi jednotlivými úseky organizace. Tento druh byl přidán až v poslední době, nicméně je některými autory považován za jeden z nejvýznamnějších. [3, s. 31] [12, s. 24] [14, s. 20] [17, s. 170] [18, s. 18-20]

3.2 Analýza a měření práce

Analýza měření práce je jedním z hlavních prvků a nástrojů štíhlého podniku a umožňuje identifikaci neefektivních činností, procesů a plýtvání, definování optimálního pracovního postupu, určení norem a časové spotřeby pro dílčí činnosti. Analýza práce se zabývá sledováním pracovních metod, identifikací činností, které představují plýtvání nebo aktivity nepřidávající hodnotu a vytvořením nového, optimálního pracovního postupu. Nástroje, které se k tomu používají, jsou procesní analýzy a diagramy a špagetové diagramy nebo mapy

toku hodnot. Měření práce pak určuje spotřebu času jednotlivých činností sledovaného procesu pomocí přímého nebo nepřímého měření. Analýza a měření práce jsou spolu spjaty a vzájemně se doplňují, jejich výsledkem je standardně norma spotřeby času. [19, online] [20, online]

3.2.1 Hodnotový tok

Analýza a měření práce jsou oblasti týkající se *managementu toku hodnot*, jindy nazývaného hodnotový management. Jeho podstata spočívá v systematické identifikaci a odstraňování aktivit nepřidávajících hodnotu ze sledovaných hodnotových toků. Hodnotový tok je souhrn všech aktivit probíhajících ve sledovaném procesu, které se podílejí na přeměně materiálu na konkrétní zboží, a to jak aktivity s přidanou hodnotou, tak i ty, které přímo nepřidávají hodnotu produktu. K analýze, vizualizaci a měření plýtvání v celém hodnotovém toku daného podniku slouží metoda *Learning to see*, jejímž autorem je Mike Rother, který se problematikou managementu hodnotového toku zabýval. Využití této metody je vhodné pro všechny oblasti podniku, nejen výrobu, ale i například v administrativě. Metoda používá jednoduchých nástrojů k identifikaci aktivit, které nepřidávají hodnotu, s využitím tužky a papíru sleduje, kde v hodnotovém toku hodnota nevzniká. Cílem štíhlého podniku je vytvářet tok hodnoty tak, aby nedocházelo k přerušením, přepracování, čekání, vytváření zbytečného odpadu nebo oklikám v daném procesu. [12, s. 24] [14, s. 22] [21, s. 111]

Mezi aktivity doporučené pro zlepšení hodnotového toku patří: učit se metody štíhlé výroby, zaujmout podstatně kladný vztah ke štíhlé výrobě, zvolit vhodné procentní ukazatele, vybrat hodnotový tok ke zlepšení a zmapovat jeho současný stav, navrhnout budoucí stav hodnotového toku, zpracovat akční plán na zlepšení hodnotového toku, eliminovat plýtvání v daném toku, verifikovat zlepšení pomocí zvolených ukazatelů a následně postup opakovat. K eliminaci plýtvání zásadním způsobem přispívají i samotné principy štíhlého podniku. K odstraňování plýtvání a aktivit nepřidávajících hodnotu dopomáhá zaměření na zákazníka, angažované vedení, řízení kvality, sledování hodnoty pro zákazníka, systémy *Just-in-time*, integrovaný systém dodávek, standardizace, organizace vytvářející hodnotu, závazek zaměstnanců, spolehlivost vybavení, se

kterým podnik disponuje. Zároveň je nutné sledovat procesy a celkový hodnotový tok, naučit se rozpoznat plýtvání. Principy lean tak při jejich aplikaci ovlivňují základní problém definovaný tímto přístupem. [14, s. 21] [18, s. 15, 21]

3.2.2 Analýza práce

3.2.2.1 Mapování hodnotového toku

Mapování hodnotového toku (*Value stream mapping* – VSM) je součástí managementu toku hodnot a umožňuje pomocí diagramu zobrazit tok hodnot ve sledovaném procesu. Mapování hodnotového toku staví na plánování toku procesu tak, aby byly naplněny požadavky zákazníka, jejichž vyčíslení je součástí vytvářeného diagramu (mapa toku hodnot). Mapování hodnotového toku slouží k navrhování nových procesů a metod a zároveň umožňuje identifikovat plýtvání a aktivity s přidanou hodnotou v rámci procesu. Při aplikaci mapování hodnotového toku se standardně sleduje následující: čas, kdy je hodnota přidávána, průběžná doba, po kterou produkt vzniká, poměr času přidávání hodnoty a průběžné doby, počet procesních kroků, kdy vzniká hodnota nebo celkový počet procesních kroků. Prvním krokem v mapování hodnotového toku je standardně určení produktu, jehož hodnotový tok bude mapován. Dalším krokem je mapování současného procesu. V rámci VSM sledujeme efektivnost procesu, která lze vyjádřit jednoduchým zlomkem. Jde o poměr doby, kdy je produktu přidávána hodnota ku celkové průběžné době, po kterou produkt vzniká. Dobou, kdy je produktu přidávána hodnota se rozumí čas, při kterém se mění fyzikální nebo chemická podstata produktu nebo dále také činnosti, díky kterým se produkt dostává k zákazníkovi. Popisovaný zlomek se označuje se jako VA-Index (z anglického *Value Added Index*) nebo např. *Value Added Ratio*. Tento poměr se vyjadřuje v procentech a je v zájmu podniku jeho hodnotu zvyšovat – tak aby bylo dosaženo většího poměru aktivit přidávajících hodnotu na celkovém času procesu. Toho lze dosahovat především snižováním celkového času procesu a technikami z oblasti Lean. [12, s. 43-48] [17, s. 172 - 174] [18, s. 9-12] [21, s. 128-129] [22, s. 43-54]

Podstatným principem je v návaznosti na zvyšování poměru aktivit s přidanou hodnotou na celkovém procesu i eliminace plýtvání. V rámci VSM se vy-

užívá různých nástrojů průmyslového inženýrství jako například popisné procesní analýzy, procesní mapy nebo grafické procesní analýzy k tomu, aby bylo možné proces sledovat a porozumět mu. VSM doplňuje informace z těchto diagramů o informační vazby, vazby na plánování a vazbu na požadavky zákazníka. Mapa hodnotového toku se běžně sestavuje pro současný stav, pro kýžený budoucí stav (nejde o ideální stav) a pro ideální stav procesu. Účelem mapování současného stavu procesu je zjistit směr kterému by se měly věnovat optimalizační kroky. Ve VSM se používá standardní sady ikon, které zjednodušují práci s vytvářením mapy. Některé zdroje doporučují nedržet se doslova všech pravidel mapování hodnotového toku, ale sledovat především hlavní cíl – odstranění plýtvání a v návaznosti na to metodu přizpůsobovat specifickým podmínkám podniku a procesu. K získání hodnot potřebných pro sestavení VSM, určení VA-Indexu a vytvoření kýžených výstupů je potřeba provést měření, které je blíže popsáno v kapitole Metody měření. [12, s. 43-48] [17, s. 172 - 174] [18, s. 9-12] [21, s. 128-129] [22, s. 43-54]

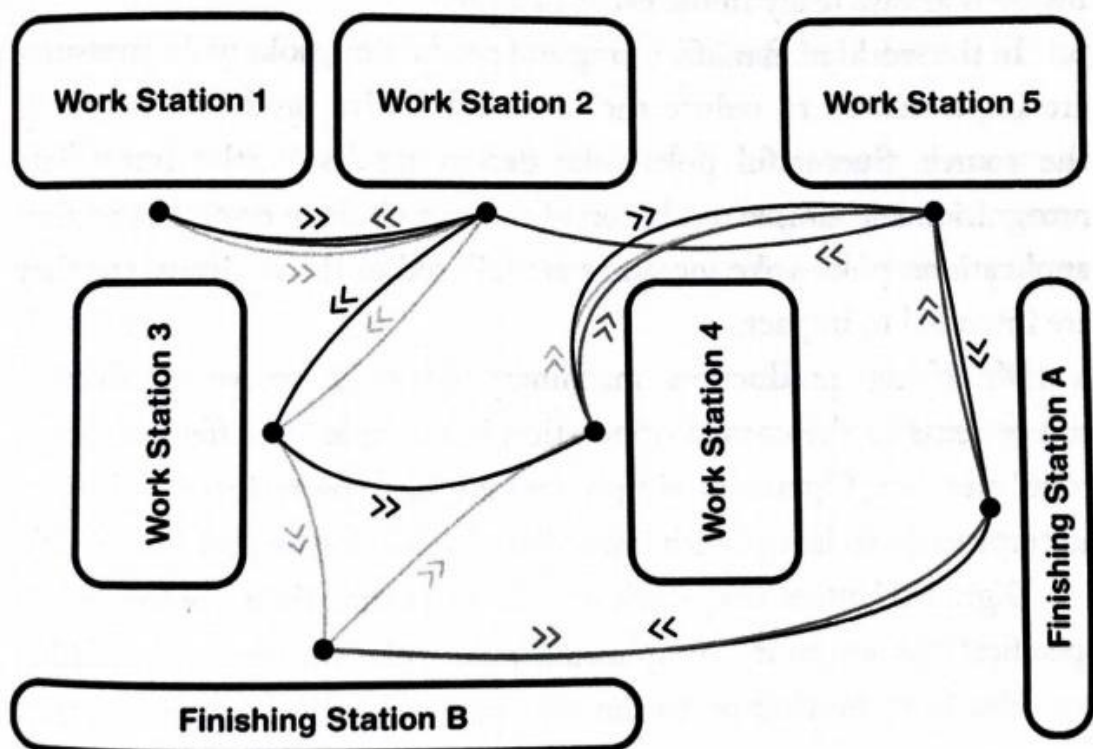
3.2.2.2 Procesní analýzy a diagramy

Procesní analýzy a diagramy jsou nástroji procesního mapování. Procesní mapování slouží nejen k identifikaci současných procesů, ale slouží i jako nástroj pro „reengineering“ procesů (zbavování se chyb jako jsou například duplicity v procesech, zkracování procesů). Mapování procesů by se měli zúčastnit zaměstnanci, kteří se na daném procesu účastní, aby došlo k získání co nejpřesnějšího výsledku. Mapování procesů by se mělo skládat z následujících po sobě jdoucích kroků: výběr procesu, jeho definice, sběr dat k procesu, stanovení cíle mapování (v podobě SMART), samotné mapování reálného procesu, zjištění času průběhu a zpracování, definování problémů, zjištění potenciálů na zlepšení, shromáždění nápadů na zlepšení, návrh nového procesu, plán opatření a kontrola řešení. Důležitou roli při mapování procesů hraje samotné pozorování procesu, na který se analýza zaměřuje. Jako nástroje pro vytvoření procesních map a diagramů se používají metodiky procesního modelování. [3, s. 135] [16, s. 95]

3.2.2.2.1 Špagetový diagram

Špagetový diagram (diagram přesunů), známý také jako diagram pracovního toku, ukazuje časový sled kroků sledovaného procesu v prostorovém rozložení pracoviště, jde o nástroj vizualizace pohybu na pracovišti. Použití tohoto diagramu je vhodné v případech, kdy byl zaznamenaný nadměrný pohyb po pracovišti, ať už lidí, materiálu nebo například informací nebo tam, kde je potřeba znát vazbu výkonu na pracovníka nebo lokalitu. Název diagramu pochází z dlouhých a vlnitých vykreslení pohybu sledovaných objektů. Tento typ diagramu má široké využití i v mimopodnikových oblastech, nicméně v podnikovém prostředí se používá pro mapování pohybu produktu, lidí nebo informací na pracovišti a k celkovému mapování rozložení pracoviště (ať už jde o výrobní pracoviště, kancelář, obchod nebo sklad). Špagetový diagram je základním zdrojem informací o tom, kde a jak je možné omezit plýtvání ve formě zbytečného pohybu a manipulace pomocí vytvoření nového rozložení pracoviště. Příklad vyhotoveného špagetového diagramu ukazuje obrázek 2. [3, s. 132-135] [21, s. 127] [22, s. 96-97]

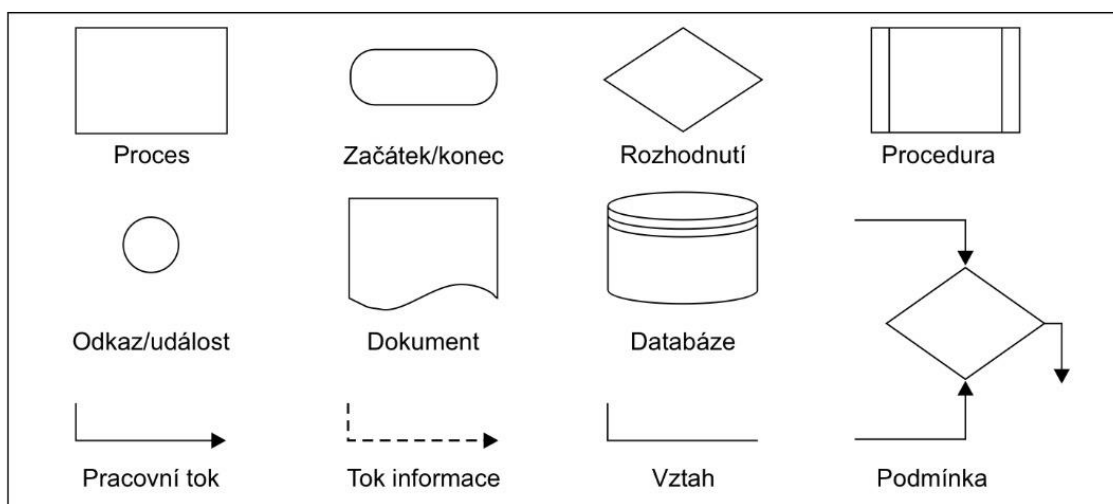
Obrázek 2: Spaghetti diagram, [22, s. 96]



3.2.2.2 Procesní modely a diagramy

Dalším nástrojem procesního mapování jsou procesní modely a diagramy, respektive dráhové diagramy, které umožňují vizualizaci a zpřehlednění procesu pomocí předem definovaného jazyku a ikon zobrazení jednotlivých součástí procesu. Výhoda dráhových diagramů se skrývá v tom, že poskytují velkou míru detailu a kombinují informace o tom, kdo, co a kdy v rámci procesu vykonává. Tyto diagramy mapují cestu rozpracovaného produktu procesu až k závěrečným krokům. Dráhové diagramy nesou název podle systému, jakým jsou sestavovány – jednotlivé dráhy představují role vystupující v daném procesu, ke kterým se následně přiřazují činnosti a události probíhající v daném procesu. To umožňuje nejenom jednodušší sestavení diagramu, ale i jeho následnou větší přehlednost. K vytváření procesních diagramů se používá celá řada různých jazyků, mezi hlavní patří UML (např. diagramy činností) a BPMN (diagram podnikových procesů), mezi další jazyky a modelovací normy patří například EPC (Event-driven Proces Chains) – standard pro modelování podnikových procesů. [3, 137-139] [5, s. 112] [23, s. 30]

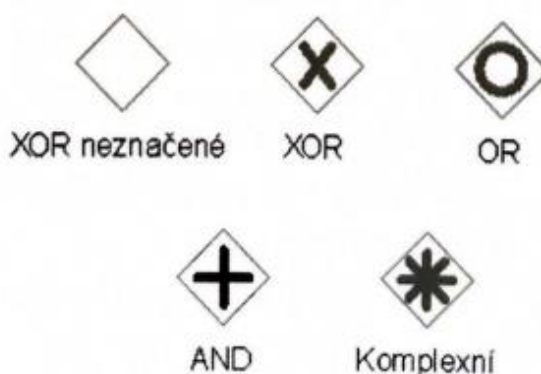
Obrázek 3: Ikony užívané v BPMN, [3, s. 139]



Procesní modelování neboli BPMN (*Business proces Model and Notation*) zachycuje souvislosti mezi podnikovými elementárními procesy. Proto se doporučuje začít nejprve sestavením BPMN diagramu před použitím metodologie UML (například modelování případů užití). Použitím procesního modelování lze předejít opomenutí souvislostí a požadavků sledovaného procesu. Použití

BPMN je vhodné pro modelování podnikových procesů hlavně proto, že jde o procesně orientovaný jazyk, jehož stavebními prvky jsou právě procesy. V rámci modelování procesů lze tímto jazykem zahrnout kromě jednotlivých kroků a činností v procesu i předávání zpráv a dokumentů a informací mezi procesy. BPMN je navíc srozumitelné pro všechny zúčastněné – jak pro tvůrce diagramů, tak pro pracovníky, kteří vystupují v procesech, pro které jsou diagramy vytvářeny. Procesní modelování má jednotnou formu zápisu a pro modelování v rámci BPMN se používá standardizovaná sada ikon. Základní ikony pro modelování jazykem BPMN ukazuje obrázek č. 3. [3, s. 137-139] [5, s. 112-114] [23, s. 30] [24, s. 22-44]

Obrázek 4: Typy brán v BPMN, [23, s. 30]



Všechny události jsou označeny kolečkem, jeho podoba se však liší podle typu události. BPMN rozlišuje události počáteční (plné kolečko s jednoduchým ohraničením nebo zelené kolečko), průběžné (dvojitě ohraničené) a koncové (plné kolečko s dvojitým ohraničením nebo červené kolečko). Každý proces má nejméně jednu počáteční událost, může jich mít i více, stejně tak jako koncových, průběžné události spojují procesní mapy mezi sebou. BPMN dále používá plnou šipku pro sekvenční tok (následnost procesů) a přerušovanou pro tok zprávy. Mezi další důležité ikony patří obdélníky se zaoblenými rohy, které znázorňují činnosti a úkoly. Důležité vyobrazení pak představují brány neboli místa větvení, které mohou být synchronní (XOR – proces pokračuje právě jednou větví), asynchronní (OR – jedna nebo více odchozích větví), paralelní (AND – proces pokračuje všemi odchozími větvemi najednou), komplexní – ty představují sloučení více než jednoho větvení nebo takové podmínky, které nejdou vyjádřit pomocí předchozích větvení. Ikony pro brány popisuje obrázek 4. Dráhy

procesu pak vytvářejí tzv. bazén, který zastupuje popisovaný proces, komunikaci mezi bazény znázorňuje posílání zpráv. Kromě znaků, které se v tomto modelování používají, existují i doporučená pravidla a postupy, jak diagramy vytvářet. BPMN diagramy lze vytvářet v řadě různých programů, mezi ně patří například *BizAgi*. [3, s. 137-139] [5, s. 112-114] [23, s. 30] [24, s. 22-44]

3.2.3 Metody měření práce

Mezi základní metody měření práce patří expertní odhad, kalkulace založená na historických datech a dále metody přímého a nepřímého měření práce (systém předem stanových časů). Konkrétní zástupci přímých metod jsou časové studie, snímek pracovního dne a chronometráž. Mezi nepřímé metody měření práce patří MOST neboli metoda nepřímého měření spotřeby času pracovní činnosti. Pro měření práce platí hlavní podmínky, které je nutno dodržet: práce musí být kvantifikovatelná, musí mít dostatečný rozsah a musí probíhat v určitém pracovním toku. [19, online] [20, online] [25, s. 17-42]

3.2.3.1 Přímé měření práce

Přímé měření práce poskytuje informace o délce trvání jednotlivých aktivit v procesu a provádí se na pracovišti (případně z video záznamu) za pomoci jednoduchých nástrojů (papír, tužka, stopky, popřípadě speciální software na měření práce). Velkou výhodou přímého měření jsou detailní informace, které díky přímému sledování v provozu poskytuje. Nevýhodou však je časová náročnost jak při měření, tak hlavně následně při analýze výsledků. Mezi metody přímého měření práce patří časové studie. Časová studie je jinak řečeno analýza délky trvání pracovních elementů a operací. Časová studie je nástrojem pro určení VA-indexu sledované práce, kromě toho umožňuje rozpoznání plýtvání v daném procesu a seřazení částí procesu do sekvence. Časovou studii je třeba dělat ve více cyklech – provést více měření (alespoň 5, přičemž běžné je provést měření sledované práce desetkrát). Při časových studiích se postupuje následovně. Mezi první kroky patří vytvoření tabulky pro měření, seznámení s procesem, vytvoření layoutu. Dále už probíhá pozorování sledu pracovních kroků, identifikace a záznam pracovních elementů. Dalším krokem je samotné měření, je potřeba změřit celkový čas cyklu a následně i jednotlivé pracovní

elementy (činnosti). Následující krok tvoří identifikace činností nepřidávajících hodnotu. Pokud se v procesu vyskytují, je potřeba identifikovat i nepravidelné činnosti. Posledním krokem je zpracování a analýza výsledků (vytvoření grafů, VA-indexu apod.). [18, s. 30-32] [21, s. 140] [25, s. 17-35] [26, online]

V přímých metodách měření práce je potřeba rozlišit tzv. Chronometrůž a Snímek pracovního dne. Chronometrůž je vlastně snímek vybrané pracovní procedury a může být spojitá, výběrová nebo obkročná. Chronometrůž stanovuje délku trvání určité operace nebo procesu a standardně se využívá ke stanovení výkonové normy. Chronometrůž tedy sleduje proces nebo operaci, zatímco snímek pracovního dne standardně sleduje práci zaměstnance. Snímek pracovního dne může být individuální, kolektivní, sledovaný v týmu nebo ho může zaměstnanec aplikovat sám na sebe. Jak už z názvu vypovídá, jde o nepřetržité sledování v rámci směny. Cílem užití Snímku pracovního dne je získání celistvých informací o spotřebě času v procesu, identifikace plýtvání, určení VA-indexu či navržení nového způsobu organizace práce na základě zjištěných problémových oblastí. [25, s. 17-35] [26, online]

3.2.3.2 Nepřímé měření práce

Nepřímé měření práce představují systémy předem určených časů, které staví na tom, že veškeré činnosti jsou vlastně přemístováním nějakého objektu nebo hmoty a je tak možné sestavovat časy činností pomocí skládání časů základních pohybů („mikropohybů“) ze kterých se skládají. Těmto základním pohybům byly na základě studií přiřazeny časové indexy, které představují časovou spotřebu daného pohybu. Systém předem určených časů používá jednotku časového měření TMU (*Time Measurement Unit*), kdy jedna TMU je rovna 0,036 s. Stanovení délky trvání činnosti pak představuje stanovení vzorce pohybů, které danou činnost optimálně tvoří. Principem nepřímého měření tedy je správně sestavit sled pohybů sledovaných operací a činností a výběr adekvátního časového indexu. Mezi metody stavějící na tomto principu patří metoda MOST (*Maynard Operation Sequence Technique*) a systém MTM (*Methods Time Measurement*) a UAS (*Universelles Analysier System*). Přístup předem určených časů má výhodu v tom, že lze použít pro stanovení časů budoucích operací, roz-

klad činností na pohyby navíc umožňuje racionalizovat pracovní postup i uspořádání pracoviště. Nevýhodou tohoto principu naopak je časová náročnost pro správné a detailní pochopení fungování přístupu. Výstupem nepřímého měření je detailní zdokumentování pracovního postupu a získání informací o hodnotovém toku (i v nepřímém měření můžeme sestavit např. VA-index). [1, s. 136] [18, s. 33-41] [19, online] [20, online] [25, s. 39-42] [26, online]

3.3 Uspořádání pracoviště

Další princip, který se uplatňuje v konceptu štíhlého podniku, je efektivní uspořádání pracoviště, na kterém zpravidla nedochází k plýtvání ve formě zbytečných pohybů a dalších činností, které by zapříčiňovaly snížení produktivity procesu. Mezi tyto činnosti se řadí hledání (např. nástrojů), zbytečná manipulace atd. K efektivnímu uspořádání pracoviště se používá zavedení metody 5S. Její název vyplývá z prvních japonských písmen názvů kroků, ze kterých se skládá, tj. v překladu setřídít (odstranit nepotřebné), systematizovat (rozmístění věcí tam, kde jsou potřeba), uklidit (úklid pracoviště – odstranění prachu, odpadu), standardizovat (zařazení předchozích kroků do každodenních aktivit nebo pravidelných intervalů) a udržovat (navržení formy pravidelné kontroly – vytvoření formulářů, tabulek, plánů inspekce apod.) [12, s. 64] [3, s. 181] [21, s. 63]

3.4 Neustálé zlepšování

Důležitým stavebním kamenem štíhlého podniku je i princip neustálého zlepšování, který stojí na myšlence, že každý proces může být zlepšován. Jeho uplatnění sleduje např. přístup Kaizen, jehož filosofií je zapojení každého pracovníka do neustálého zlepšování podniku, což má mimo jiné dopad na větší seberealizaci zaměstnanců a uspokojení z vykonávané práce. Neustálé zlepšování v podobě Kaizen se standardně skládá z řady menších zlepšení, jejichž aplikace nakonec vede k celkovému zvýšení výkonnosti procesů. K dalším přístupům v oblasti neustálého zlepšování se řadí například i Jidoka. Tento přístup staví na myšlence nulových vad a uplatňuje se v něm princip poka-yoke, který zabraňuje chybám a vadným výrobkům pokračovat v procesu. [3, s. 40] [12, s. 119] [21, s. 64-65] [27, online] [28, s. 359]

3.5 Lean v různých oborech a podnikových oblastech

Jak už bylo uvedeno, prvotním zájmem popisovaného principu byla převážně výroba, pro kterou pravidla a principy lean vznikaly a postupně se rozšířily do dalších odvětví, oborů, ale i jednotlivých součástí podniku. Velkou výhodou výroby je její relativně snadná standardizace, sledování kvality produktů a nastavení plynulých toků (za využití například systému řízení Kanban). Jiné podmínky však panují v podnicích zajišťujících opravy, údržbu nebo přepracování (souhrnně MRO z anglického *Maintenance, repair and Overhaul*). Hlavní rozdíl plyne z proměnlivosti a nejistoty týkající se rozsahu práce, požadavků na potřebný materiál, dále z nepředvídatelných cest hodnotového toku (nemusí být pokaždé stejné, jako je tomu u výroby) a nakonec z omezených technických údajů, se kterými podnik pracuje. Je tedy potřeba brát ohled na nejistou poptávku, protože nelze přesně predikovat, kdy, jaké zařízení bude vyžadovat opravu a kdy tím podnik získá zakázku na její provedení. V některých organizacích, zabývajících se údržbou či opravami, lze však určitou formu plánu vytvářet. Jeho podoba má však jiný ráz než ve výrobě, neboť jde například o plánované opravy a údržbu konkrétního zařízení, není však možné naplánovat, čemu přesně se na zařízení bude oprava či údržba věnovat a na jaké se při ní narazí nedostatky. [12, s. 25] [17, s. 7]

Další komplikací je v porovnání s výrobním procesem rozsah prací, který je ve výrobě určován návrhem produktu – ten vzniká před zahájením jeho samotné výroby. Naproti tomu v prostředí podniku zabývajícím se údržbou vznikají požadavky na rozsah a náplň práce až při samotném procesu údržby. To všechno se promítá i do dodávek materiálu, které se nemohou zcela řídit principem dodávek Just-in-time. Ačkoliv nastává v MRO průmyslu řada komplikací, neznamená to, že se do podniků v této oblasti nedají prvky lean aplikovat, nicméně je nutné upozornit na fakt, že lean v této oblasti nejde aplikovat jako sada univerzálních nástrojů. Některé metody nejsou do tohoto prostředí aplikovatelné vůbec a jiné až po jejich určitém přizpůsobení. V zásadě se v MRO uplatňuje především snižování tzv. lead time (čas od zahájení procesu až jeho úplnému ukončení), zaměření na základní omezení a odstraňování plýtvání u

těchto omezení. Dochází tak k využití metod Lean a Teorie Omezení. [12, s. 25] [17, s. 7]

Obdobně se principy štíhlého podniku transformovaly i do sektoru služeb a administrativy, i zde platí určitá odlišná pravidla od těch panujících ve výrobě. Podstatným rysem zůstává eliminace ztrát ve všech oblastech aktivit a optimalizace procesů, ať už jde o podnik působící ve službách nebo ve výrobní sféře. Vývoj těchto iniciativ byl sice rychlejší a zdaleka markantnější v oblasti výroby, nicméně i v oblasti administrativy a služeb tyto přístupy své místo zaujaly. Jedním z důvodů, proč se dostalo pozornosti optimalizaci procesů a řešení ztrát v oblasti administrativy je fakt, že velkou část průběžné doby zakázky tvoří administrativní činnosti, při kterých mohou vznikat problémy jako například velké vzdálenosti mezi odděleními, poruchy zařízení (počítače, tiskárny), interní problémy komunikace uvnitř organizace, ale i komunikační problémy se zákazníky a dodavateli, množství neproduktivních porad a byrokratických činností atd. Proto štíhlá administrativa cílí na krátké průběžné časy zakázek, přehledné a bezchybné procesy a vyšší efektivnost administrativních procesů. [3, s. 34] [12, s. 34-35] [16, s. 84-85]

V oblasti administrativy lze i rozlišovat specifické druhy plýtvání. Patří mezi ně nadbytek informací, jejich přeprava, zpracování; hledání, čekání; složité postupy nebo nesprávná práce; zásoby v prostorách kanceláře, položky, které čekají na zpracování, a nakonec chyby ve formě chybných dat, nečitelných dokumentů, nedostatečně definovaných úkolů. Hlavní nástroje z oblasti štíhlého podniku, které se uplatňují ve štíhlé administrativě, pak jsou: 5S a vizualizace, management toku hodnot, týmová práce, efektivní management času, standardizovaná práce, štíhlý layout v administrativě a procesy kvality. Snadnější implementaci štíhlých prvků do služeb a administrativy zajišťuje komplexní model, který umožňuje implementaci štíhlých prvků do služeb – Total Service Management (TSM). Jde o sled kroků, doporučených k tomu, aby bylo dosaženo efektivnější výkonnosti a zlepšení kvality činností ve službách a administrativě. Tento model se stejně jako nástroje a modely z oblasti štíhlé výroby zaměřuje nejprve na odstranění nebo alespoň eliminaci činností nepřidávajících hodnotu

a na mapování procesů. Mimo to je v TSM velká pozornost věnována zlepšování práce v týmu a spolupráce. [3, s. 34] [12, s. 34-35] [16, s. 84-85]

4 Postupy a využívané nástroje při optimalizaci procesů

Postup optimalizačního procesu začíná volbou přístupu pro řízení a uspořádání celého optimalizačního projektu. Existuje řada standardizovaných postupů, jak řídit samotnou optimalizaci procesů v podniku. Patří mezi ně například základní přístup projektového řízení PDCA, jehož název je tvořen prvními písmeny kroků, které přístup tvoří: plánování (plan), zavedení (do), ověření (check), jednání (act). Jde o takzvaný Demingův cyklus, který umožňuje postupné zlepšování procesů ve všech oblastech podniku pomocí cyklického opakování zmíněných aktivit. Dalším přístupem, který je v lean projektech používán, je metodika DMAIC, která je o něco rozšířenější než Demingův cyklus. DMAIC je nástrojem Lean Six Sigma a rozděluje celý optimalizační projekt do pěti na sebe navazujících částí. Jde o tyto kroky: definování (define), měření (measure), analyzování (analyze), zlepšování (improve) a řízení (control), přičemž každá z těchto částí používá různé nástroje a má své cíle, jak popisuje následující text. [3, s. 89] [4, s. 248-249] [7, online] [30, s. 40]

4.1 DMAIC

4.2 Definování

První fáze metodiky DMAIC čili definování, začíná pochopením sledovaného problému a porozuměním organizačních cílů a jejich kvantifikací. Součástí této fáze je dále vymezení rozsahu projektu, definice rolí a odpovědností. Důležitou částí fáze definování je taktéž nalezení a pojmenování konkrétních a specifických cílů zlepšovateľského projektu s ohledem na potřeby zákazníka procesu. Hlavním účelem fáze definování je porozumění současnému procesu, proto v průběhu této fáze vznikají diagramy a procesní modely, které mapují současný stav procesu a umožňují sledování a pochopení vazeb a souvislostí

procesu. Fáze definování dále popisuje, jak se bude ve zlepšovateľském projektu postupovat – jaké budou použity metody a postupy; jaká jsou rizika projektu; jaký je plán a časový rozvrh projektu. [3, s. 90] [7, online] [31, s. 4-5]

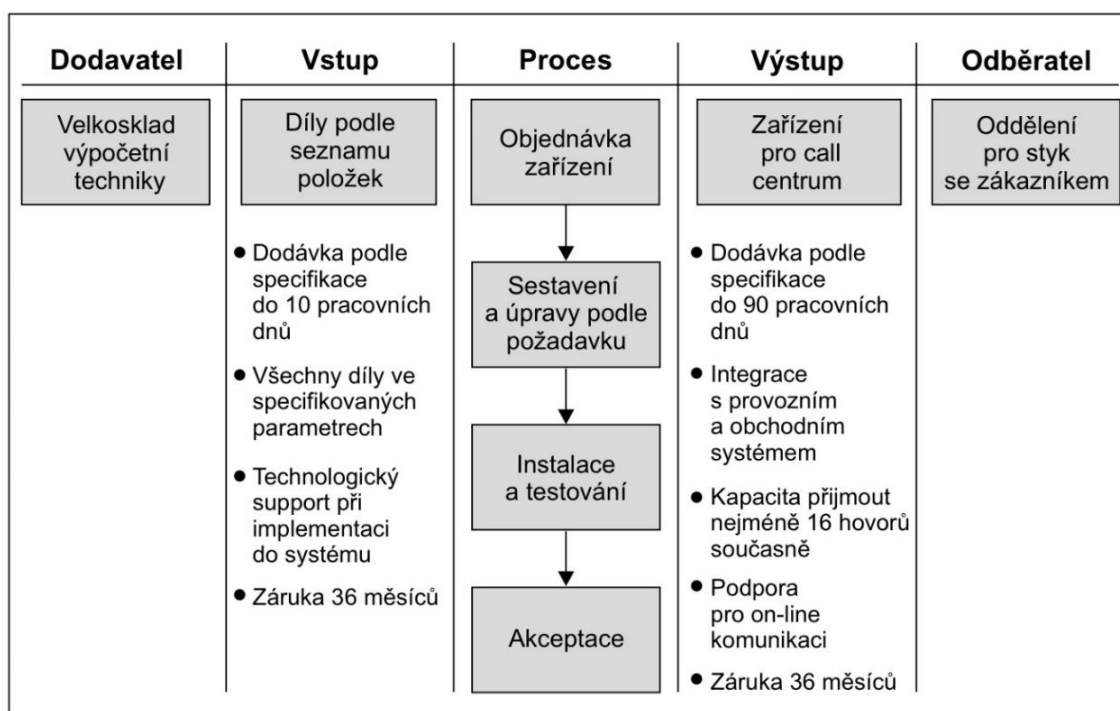
4.2.1 Hlavní nástroje ve fázi definování

Mezi hlavní nástroje užívané ve fázi definování patří procesní mapy a diagramy (popsané v samostatné kapitole *Procesní modely a diagramy*), mapování hodnotového toku (kapitola *Mapování hodnotového toku*) a dále například diagram SIPOC, kterému je věnována následující podkapitola. [3, s. 92]

SIPOC

SIPOC diagram nese název podle počátečních písmen typu účastníků nebo položek vstupujících do sledovaného procesu. SIPOC tedy rozlišuje 5 hlavních aktérů a položek procesu: dodavatele (*supplier*), vstupy (*inputs*), proces (*process*), výstupy (*outputs*), zákazníky (*customers*). SIPOC diagram je vhodným nástrojem pro vymezení rozsahu procesů a jeho hlavních, nejjednodušších prvků, proto je vhodné použít ho práce v první fázi zlepšovateľského projektu, ještě před tím, než začnou jakékoliv aktivity vedoucí ke zlepšování sledovaného procesu. Hlavním přínosem tohoto diagramu je usnadnění definování vztahů zkoumaného procesu s okolím. SIPOC diagram není náročný na zpracování, při jeho tvorbě je pouze doporučován určitý postup. Ten začíná vymezením logických hranic procesu (čili začít od položky proces – doporučuje se zařadit sem 4-5 hlavních kroků sledovaného procesu), dále pokračuje určením zákazníka a následně výstupů (nebo jejich zástupců), které pro zákazníka proces vytváří. Až poté dochází k popisu dodavatele a vstupů, které procesu zajišťuje (případně hlavních zástupců těchto položek). Posledním krokem je pak definování kritických parametrů kvality, množství nebo výkonnosti pro jednotlivé procesní kroky, vstupy a výstupy. Příklad SIPOC diagramu znázorňuje obrázek č. 5. [3, s. 133] [32, online]

Obrázek 5: Příklad SIPOC diagramu, [3, s. 133]



4.3 Měření

Ve fázi měření dochází k zajištění výchozích údajů o výkonu současného procesu, o nalezených problémových místech a o cílovém problému. Jedním z hlavních cílů fáze měření je odhadnout výkonnost současného procesu. Prvním krokem této fáze je identifikace a výběr vhodných ukazatelů a měřítek tak, aby tato umožnila sledovat vývoj optimalizačního procesu. Výstupem této fáze je získání údajů o tom, jak se současný proces chová v rámci hledisek, která sleduje zlepšovateľský projekt. Tato fáze je úzce propojena s následující fází analyzování a napomáhá k identifikaci faktorů, které se podílejí na vzniku problémů v procesu a ke zjištění příčin nedostatečné výkonnosti nebo nízké kvality. Naměřené hodnoty jsou zdrojem pro následné analýzy a dále i zlepšovací návrhy. Fáze měření vyžaduje dokumentaci současného procesu v detailu, který je potřebný pro měření (a následnou analýzu, k tomu se používají diagramy procesních toků nebo například detailní mapy vybraných oblastí). V rámci samotného měření pak dochází ke sběru dat a využití nástrojů k jejich třídění, pro

přehlednost je vhodné využít tabulky a grafy nebo například Pareto graf (zejména při sledování chybovosti). [3, s. 93-95] [7, online] [31, s. 6-7]

4.4 Analýza

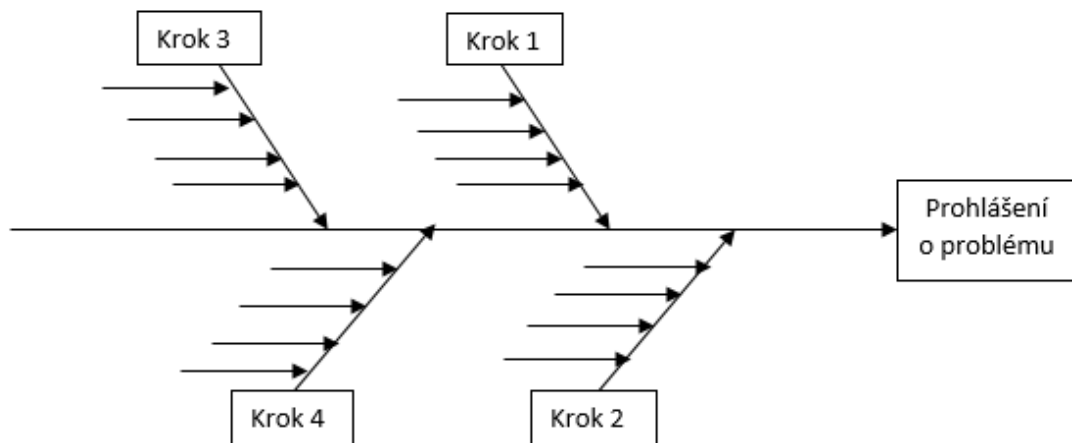
Třetí fází nástroje DMAIC je analýza naměřených údajů z předchozího kroku. Cílem této fáze je vyhodnocení údajů a zjištění příčin vyskytujících se problémů, identifikace problémových míst procesu. K tomu se využívá grafický, matematických nebo statistických nástrojů. Při hledání důvodů problémů jako jsou prodlevy, zdroje závad, nadměrné zásoby nebo spotřeba práce na opravy a předělovky je vhodné využít diagramy. Hlavním výstupem jsou následující oblasti: analýza naměřených údajů, sestavení a ověření hypotéz, hodnocení procesních odchylek, stanovení nejdůležitějších příčin problémů, kvantifikace příležitostí pro zlepšení procesu – jako zdroj informací po následující fázi. Významným nástrojem pro analýzu příčin a následků je diagram rybí kosti, který je uveden v následující podkapitole. Závěrečným krokem této fáze je výběr nejpodstatnějších příčin problémů, na které se následně zaměří fáze zlepšování. [3, s. 96-99] [31, s. 7-8] [33, s. 605, 612]

4.4.1 Nástroje ve fázi Analýzy

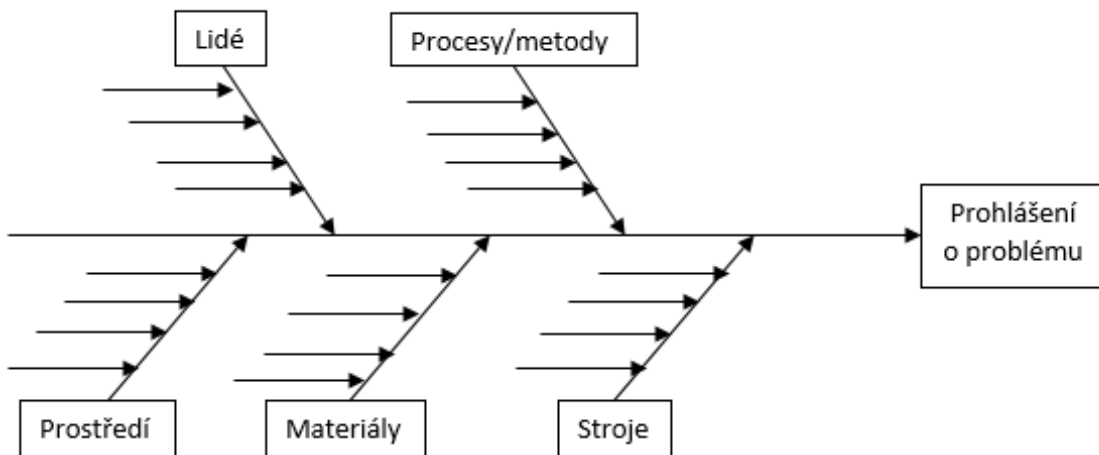
Mezi hlavní nástroje, které se ve fázi analyzování používají pro identifikaci potenciálních příčin problémů v procesu, patří například skupinová diskuse, metoda „Pětkrát proč?“, Fishbone diagram. V oblasti vyhodnocení podstatných vlivů se pak používá nástrojů jako Paretův diagram nebo kapacitní a časové analýzy. Samostatnou oblastí je dále analýza přidané hodnoty, která sleduje činnosti s přidanou, nepřidanou hodnotou a plýtvání a na základě jejich poměrů vytváří indexy přidané hodnoty v procesu. Dalším komplexním nástrojem jsou metody jako například MOST, kterým ale musí odpovídat nastavení fáze měření. [3, s. 99] [6, s. 46] [18, s. 27, 42-44] [25, s. 6-7]

Ishikawův diagram

Obrázek 6: Diagram rybí kosti krok po kroku, [6, s. 117]



Obrázek 7: Tradiční diagram rybí kosti, [6, s. 113]



K hledání příčin těchto problémů se běžně využívá Ishikawův diagram, který nese název podle svého tvůrce neboli diagram příčin a důsledků, který shlukuje příčiny určitého problému do různých skupin, které vyúsťují v určitý důsledek. Diagram bývá také často nazýván diagram rybí kosti, neboť jeho grafické upořádání připomíná kostru ryby. Při sestavování tohoto typu diagramu se postupuje zpětně, od důsledku problému, který se v procesu objevuje k hledání jeho příčin. Existují dva základní typy tohoto diagramu – tradiční generická verze (obrázek 7) a verze, která sleduje příčiny podle kroků, ve kterých se vyskytují (obrázek 6). Tradiční verze seskupuje nalezené příčiny problému do skupin jako: lidé, proces, materiály, stroje, měření a prostředí. Druhý typ začíná prvním

krokem procesu, neboť chyby vyskytující se brzo na začátku procesu často mají největší dopady. Ishikawův diagram lze použít i v jiných fázích zlepšovateľského projektu, je to efektivní nástroj, který lze zpracovat na libovolné úrovni detailu. Pokud jde o zlepšování procesů, může diagram rybí kosti sledovat celý proces nebo být zaměřený na určitou jeho část. [3, s. 161] [6, s. 126]

4.5 Zlepšení

Tato fáze zlepšovateľského projektu se věnuje návrhu variant řešení problémových míst nalezených ve sledovaném procesu a na výběr vhodné varianty řešení těchto problémových míst. Mezi návrhy zlepšení standardně patří navrhování nových postupů a technologických změn nebo změna organizace práce. Mezi konkrétní nástroje patří například vytváření prototypu, návrh experimentů a ověřování hypotéz, plán projektu, simulace atd. [3, s. 100] [31, s. 8]

4.6 Kontrola

Fáze zlepšení a kontroly může být sloučena v jeden krok, zejména v případech, kdy je obsahem kontroly měření nově uspořádaného procesu na základě návrhů zlepšení. V případě, že je kontrola samostatným krokem, je jejím obsahem především standardizace procesu v podnikových procedurách. Účelem této fáze je zajištění udržení zavedených návrhů pomocí monitorování procesu, stanovení měřítek hodnocení. [3, s. 103] [31, s. 8-10]

PRAKTICKÁ ČÁST

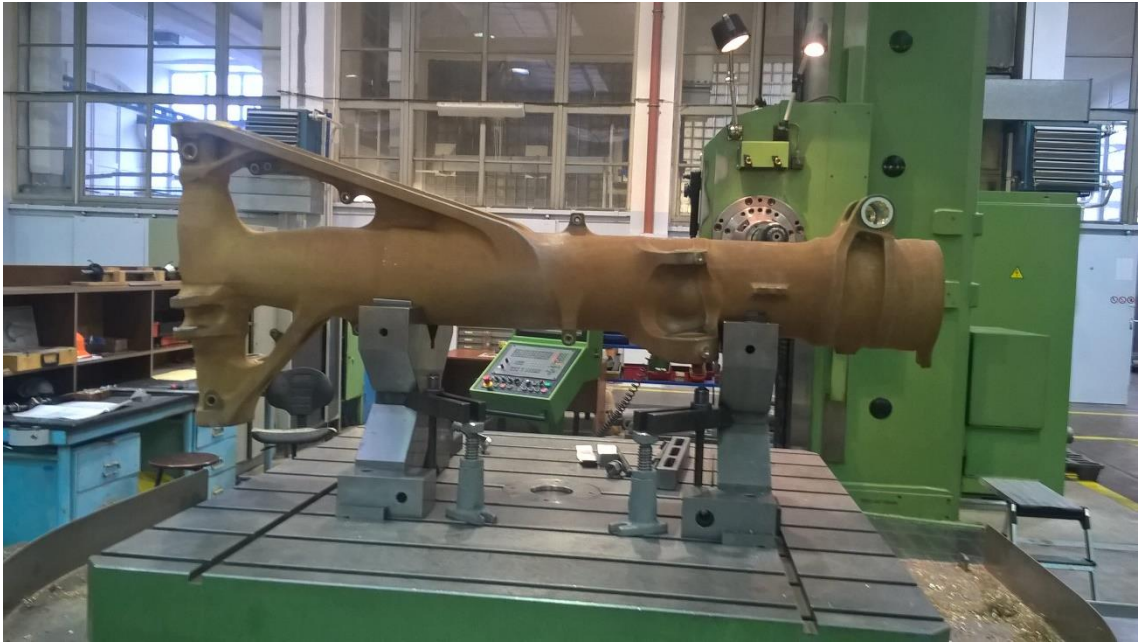
Cílem diplomové práce je sledovat a zmapovat proces probíhající na vybraném pracovišti a navrhnout kroky, které by vedly k jeho optimalizaci a vyšší efektivitě, dále identifikovat činnosti nepřidávající hodnotu (respektive plýtvání) a doporučit opatření vhodná k jejich eliminaci. Praktická část nejprve popisuje společnost, čím se tato společnost zabývá a v jaké působí oblasti. Dále praktická část sleduje vybraný proces a navrhuje vhodná opatření vedoucí k optimalizaci procesu a eliminaci aktivit nepřidávajících hodnotu v rámci postupu DMAIC, který je popsán v teoretické části diplomové práce. V praktické části práce je také použita řada metod a nástrojů, taktéž popisovaných v prvním oddílu práce.

5 Popis společnosti

Popisovaná společnost působí v oblasti leteckého průmyslu a pro účely diplomové práce bude dále používán název „společnost XY“ kvůli potřebám utajení interních dat. Společnost se zabývá údržbou letadel a jednotlivých letadlových celků, nejde o výrobní závod, nýbrž o tzv. MRO (*Maintenance Repair and Overhaul*). Vybraná oblast, které je věnována tato diplomová práce, se týká provozu údržby letadlových podvozků, která je především zaměřena na generální opravy. Generální oprava podvozku (GO) je složena z mnoha technologických procesů, jejich cílem je identifikace a odstranění defektů, jakými je koroze, mechanická a únavová poškození, obnova povrchových ochranných vrstev a další. Samotný provoz se skládá z jednotlivých pracovišť, na kterých probíhají dílčí operace celého procesu GO. Základní rozdělení je následující: demontáž, mytí, tryskání, mechanická dílna (montáž), elektro dílna, obrobna (strojní obrábění), defektoskopie (NDT), galvanovna, lakovna. Tato diplomová práce je zaměřena na proces obrábění, které je situováno na samotné dílně obrobny – soustružně, kde se nacházejí klasické soustruhy a frézky a dále na hale provozu, kde jsou umístěny CNC stroje a brousící centra. V rámci procesu GO podvozku se obrábění využívá především k odstranění výše uvedených defektů, zejména koroze a výrobě a následném vystružení ložiskových pouzder, viz obrázek č.8. Sub-proces výroby pouzder je svou podstatou jediným produkčním procesem mezi všemi jednotlivými kroky generální opravy, které

probíhají v provozu údržby letadlových podvozků. Během výroby pouzder dochází ke zpracování výrobcem stanoveného hutního materiálu na jednotlivá pouzdra, jejichž počet a rozměry vychází z příslušné dokumentace (*Component Maintenance Manual*, výrobní výkresy jednotlivých dílů, dokumentace údržby podvozku). Právě na tento proces je zaměřena diplomová práce a jeho bližší specifikace je obsahem následující kapitoly.

Obrázek 8: Hlavní válec podvozkové nohy, zdroj: Společnost XY



6 DMAIC

Struktura praktické části této diplomové práce se řídí metodikou DMAIC, která je popsána v teoretické části této práce. Následující text je proto rozdělen do pěti hlavních podkapitol, které odpovídají pěti fázím použité metodiky – definování, měření, analyzování, zlepšení, kontrola.

6.1 Definování

Obsahem prvního kroku metodiky DMAIC – definování, je pochopení cílů, které následuje společnost i sledovaný proces, stanovení cílů, hranic a rozsahu projektu, a především naplnění hlavního účelu prvního kroku – porozumění současnému procesu. Cílem popisované společnosti je poskytovat kvalitní a spolehlivé služby v oblasti údržby letadlových celků a dlouhodobě obstát mezi konkurenty na evropském trhu. Hlavním cílem sledovaného procesu v oddělení

strojního obrábění je včas a v požadované kvalitě dodat ložisková pouzdra pro montáž na jednotlivé podvozkové díly. Cílem optimalizačního projektu je identifikovat a definovat plýtvání, činnosti nepřidávající hodnotu ve sledovaném procesu a další úzká místa procesu a následně navrhnout opatření vedoucí k eliminaci těchto prvků ze sledovaného procesu.

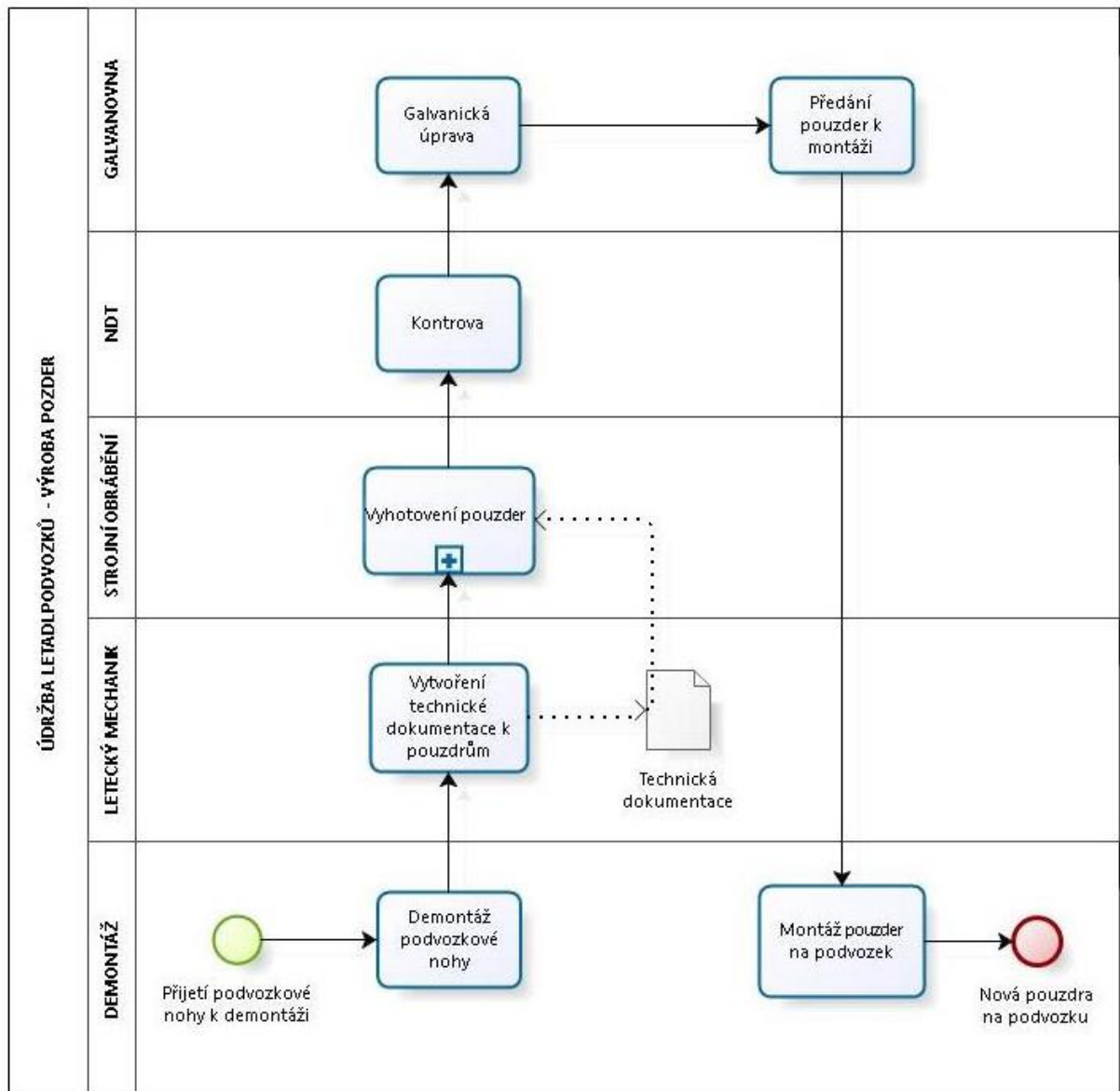
K tomu, aby bylo možné popsat a definovat sledovaný sub-podproces probíhající na oddělení strojního obrábění je nejprve žádoucí zařadit ho do celkového procesu čili určit kroky, které mu předcházejí a které po něm následují. Celý proces údržby letadlových celků začíná na pracovišti Těžké údržba letadel, případně Lehké údržby letadel na hangáru (mimo sledované pracoviště) kde v rámci pravidelné kontroly dochází k demontáži jednotlivých komponentů z letounu, a to na základě nálezů nebo předepsaných kontrol, oprav. Na toto místo je přivezeno letadlo a dojde k jeho rozebrání na dílčí části. Ke zpětné montáži jsou komponenty dodány již v provozuschopném stavu opatřené příslušnou dokumentací vycházející z legislativních požadavků.

Demontované celky letounu putují na příslušná dílenská pracoviště. Jedním z těchto celků je i sledovaný podvozek. Podvozky nemusí být dodány na dílnu vždy nutně jen z hangárové údržby, ale i od zákazníka, který demontáž letounu provede sám nebo u jiného smluvního partnera MRO. Sada podvozků putuje z hangáru, respektive od zákazníka na pracoviště vyčleněné pro údržbu a opravu podvozků. Zde se nachází sledované pracoviště strojního obrábění a tím pádem i sledovaný proces výroby pouzder. Předtím, než je však zahájen proces na tomto pracovišti, je potřeba aby došlo k několika krokům, které probíhají na hale podvozků před zahájením procesu obrábění a které jsou zobrazeny na následujícím diagramu zpracovaném v jazyce BPMN (obrázek č. 9).

Tento diagram popisuje proces, který probíhá v hale podvozků poté, co je podvozková sada přijata z hangáru nebo od zákazníka se zaměřením pouze na kroky týkající se ložiskových pouzder. Celkově v tomto procesu nejprve dochází k celkové demontáži podvozku na jednotlivé demontované díly, ze kterých jsou demontována ložisková pouzdra, maznice atd. Následně probíhá identifikace komponentů, neboť podvozek se skládá ze sledovaných celků tzv. *Life Limited*

Parts, u kterých je monitorováno stáří, resp. jednotlivé nálety. Celky jsou označeny příslušným výrobním a sériovým číslem. Po identifikaci následuje očištění, odstranění barvy a povrchových ochran (kadmium, elox) a nálezové práce. Na základě identifikovaného stavu poškození jsou díly zaslány na jednotlivá pracoviště k příslušným operacím – odstranění koroze, NDT, povrchová úprava. Pro potřeby této práce je jako vzorový kus monitorován díl vnější válec hlavního podvozku.

Obrázek 9: BPMN diagram – údržba podvozku, vlastní tvorba autorky



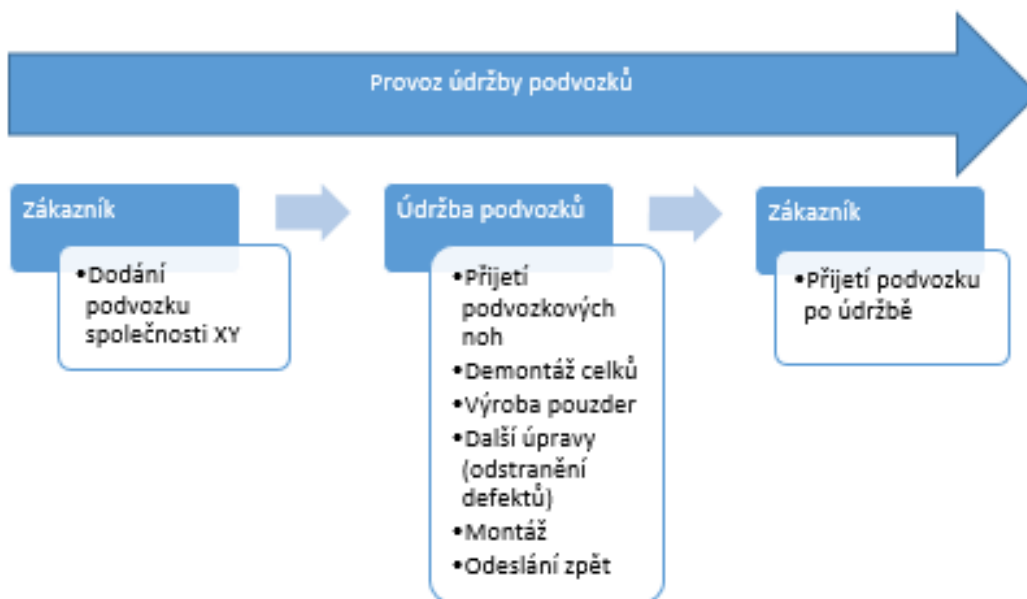
Pro uvedený vnější válec je třeba 14 typů ložiskových pouzder rozdílné konstrukce a velikosti, respektive sady 26 kusů těchto pouzder (některých typů je potřeba více kusů). Výroba těchto pouzder vychází z technické dokumentace vytvořené leteckým mechanikem. Pro výrobu pouzder se používají materiály, jako jsou niklová, beryliová a letecká bronz, přičemž standardně se pro výrobu sledovaných pouzder používá bronz niklová. Popis procesu obrábění je zaznamenán zvlášť v BPMN diagramu (obrázek č. 12). Po dokončení výroby se pouzdra dodávají k opětovné montáži na vnější válec podvozkové nohy ve chvíli, kdy je tento díl ve stavu po odstranění všech defektů a aplikaci nových povrchových ochranných vrstev (chromování, kadmiování). Po instalaci pouzder probíhají na pracovišti provozu údržby letadlových celků ještě další kroky jako aplikace tmelu kolem pouzder pro lepší odolnost proti vlhkosti a konečné lakování. Práce je však přímo zaměřena právě na proces obrobení pouzder.

Po dokončení celé generální opravy se podvozek zašle na hangárovou údržbu nebo přímo zákazníkovi ke zpětné montáži na letoun. Pro lepší představu znázorňuje obrázek č. 10 stručně hlavní kroky týkající se údržby, respektive generální opravy podvozků v rámci celé údržby letadlových podvozků – tedy v případě přijetí podvozku z hangáru. Obrázek č. 11 pak stručně znázorňuje kroky týkající se podvozků v případě přijetí od zákazníka.

Obrázek 10: Údržba letadlových celků



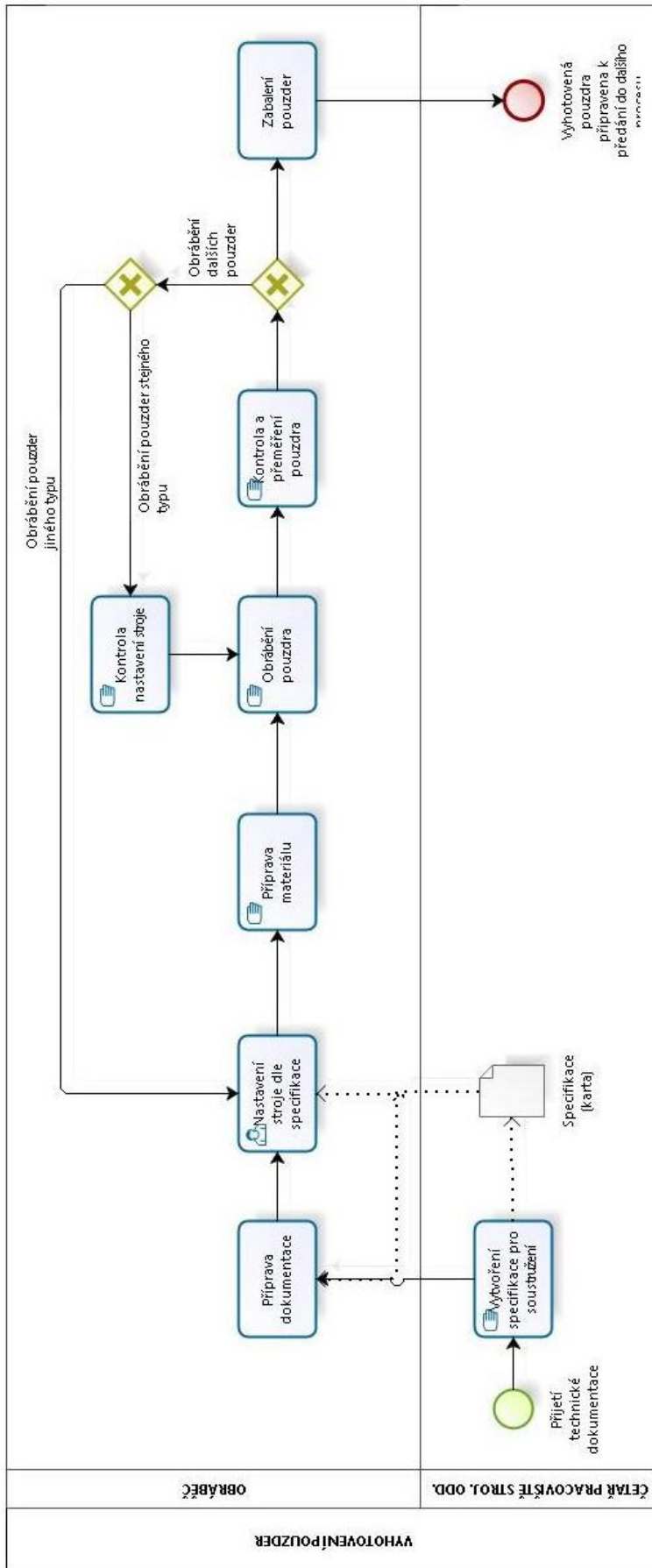
Obrázek 11: Údržba podvozků (příjem podvozku od zákazníka)



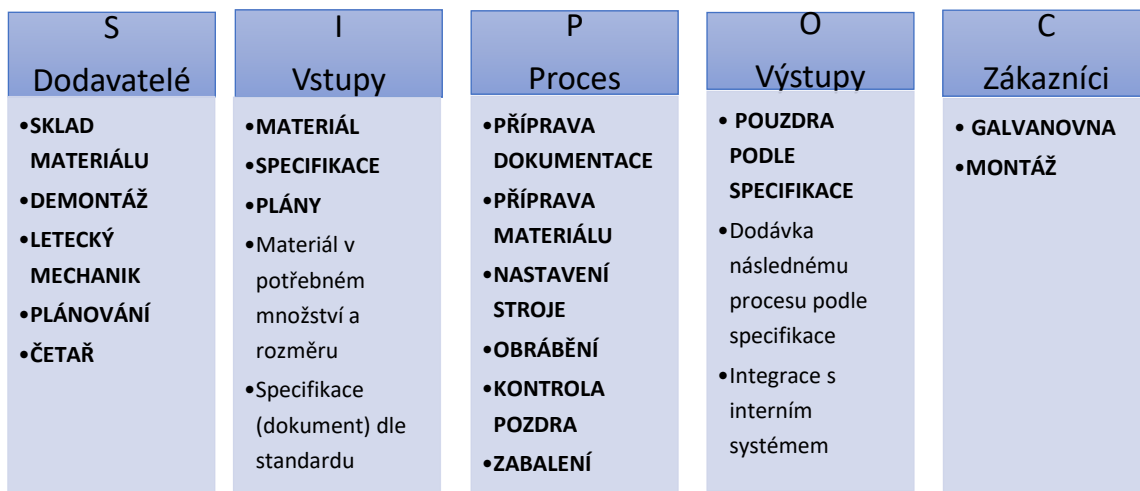
Sledovaný sub-proces (výroba pouzder), který byl v předchozích diagramech zařazen do celkového kontextu, pak začíná tak, že četař pracoviště strojního obrábění (pracovník odpovědný za obrábění) vyhotoví specifikaci na základě výše zmiňované technické dokumentace. Ta je iniciátorem pro počátek procesu obrábění, které se skládá ze sedmi hlavních kroků v posloupnosti tak, jak je ukázáno v následujícím BPMN diagramu (obrázek č. 12). Tyto aktivity jsou v následujících fázích zlepšovateľského projektu předmětem zkoumání. Jde o rozčlenění procesu na přípravu dokumentace, nastavení stroje, přípravu materiálu, obrábění, kontrolu a přeměření pouzdra, kontrolu nastavení stroje a zabalení pouzder. Tyto kroky probíhají při obrábění každého typu pouzdra s tím, že pokud je daného typu pouzdra v sadě požadován jen jeden kus, vrací se proces zpět k nastavení stroje na jiný typ pouzdra a proces od nastavení stroje k zabalení pouzder probíhá celý znovu. Pokud je požadováno více kusů daného typu pouzdra, proces se po obrobění jednoho kusu pouzdra nevrací k nastavení stroje, ale ke kontrole nastavení stroje a dalšímu obrobění tohoto typu pouzdra v požadovaném počtu. Takto kroky probíhají znovu, dokud nejsou obrobena všechna pouzdra na celý válec podvozkové nohy v celkovém počtu 26 kusů. Ze všech 14 typů pouzder na jeden válec podvozkové nohy je standardně 9 typů

požadováno ve více kusech a pět po jednom kusu. Ke zmiňovaným sedmi typů kroků se v rámci celé sady 26 pouzder přidává ještě čekání a úklid, které jsou součástí obrábění pouzder, ale nedají se jednotlivě přiřadit ke každému pouzdru. Čekání se v rámci sledovaného procesu vyskytuje ve dvou typech. Patří sem čekání na vyhotovení specifikace na základě technické dokumentace a dále čekání na materiál v potřebném rozměru, které je ovšem zcela nahodilé a nedochází k němu při každém obrábění. Úpravu materiálu do potřebné velikosti provádí četař pracoviště strojního oddělení ideálně v předstihu, aby nedocházelo ke zmiňovanému čekání. K tomu však dochází v případě nedostatečné kapacity tohoto pracovníka, v takovém případě probíhá úprava materiálu až současně s obráběním. Úklid pak standardně probíhá na konci směny, nikoliv na konci sledovaného procesu. Typologicky jde o analytický proces probíhající v rámci dílenského uspořádání.

Obrázek 12: BPMN diagram vyhotovení pouzder



Obrázek 13: SIPOC diagram sledovaného procesu



Hranice sledovaného procesu popisuje diagram SIPOC (obrázek č. 13), jehož obsahem je výčet dodavatelů, vstupů, základních kroků procesu, výstupů a zákazníků. Sledovaný proces se skládá z výše popsaných kroků. Dodavatele pro sledovaný proces představuje sklad materiálu, který poskytuje procesu hlavní surovinu pro zpracování v potřebném množství. K dodavatelům lze zařadit i četaře pracoviště strojního obrábění, který provádí úpravu tohoto materiálu do potřebného rozměru. Dalším dodavatelem jsou pracovníci přecházejících procesů, kteří rozebírají sadu podvozků a dodávají oddělení strojního obrábění potřebné informace. Dodavatele představuje i letecký mechanik, který procesu podává potřebné informace v podobě technické dokumentace k pouzdrům, která mají být vyrobena. Nakonec mezi dodavatele patří i oddělení plánování, které stanovuje roční a měsíční plány zakázek pro celkové oddělení a tím pádem i počty pouzder, která budou obráběna. Vstupy procesu probíhajícího na pracovišti strojního obrábění tvoří potřebný materiál ke zpracování, technická dokumentace dodaná od leteckého mechanika a plány zakázek. Hlavním výstupem tohoto procesu jsou vyrobená pouzdra v sadě na vnější válec hlavní podvozkové nohy, která se dále předávají následným procesům (NDT, kadmiování, opětovná montáž). Zákazníky procesu představují právě pracovníci těchto

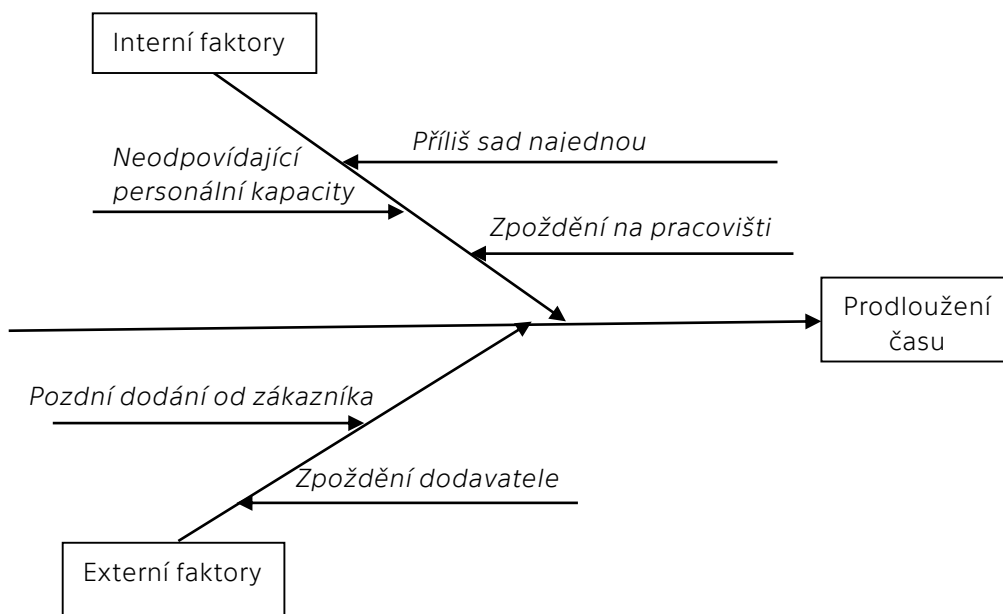
následných procesů, jde tedy o zákazníky interní v podobě galvanovny, kde dochází k dalším úpravám pouzder a montáži, kde se vyhotovená pouzdra instalují na válec podvozkové nohy.

Co se týká kapacity, které je provoz údržby podvozků schopen dosáhnout, roční plány stanovují počet 28 až 29 podvozků za rok. Pro pracoviště strojního obrábění to znamená roční plán na dvojnásobný počet sad pouzder, tj. 56 až 58 sad pouzder ročně. Na jeden podvozek je určen čas 28 až 35 dní pro celé oddělení haly podvozků, během kterých by mělo dojít k průběhu celého procesu od demontáže podvozku k opětovné montáži a odeslání podvozku zpět na hangár nebo zákazníkovi. Standardně však dochází ke zpoždění procesu, který v současné době průměrně trvá 40 dní. Příčin zpoždění je celá řada a jde jak o příčiny externí, tak interní. Hlavní příčiny tohoto zpoždění, které identifikují zaměstnanci oddělení, jsou následující:

- sady podvozků nechodí přesně podle plánu;
- dodání dvou a více sad najednou ve stejném termínu – kapacitně není možné, aby práce na těchto sadách začaly ve stejný den a probíhaly souběžně;
- zákazník se zpozdí s dodáním a dochází opět ke kumulaci podvozků na demontáži;
- nastávají zpoždění ze strany dodavatelů a subdodavatelů (dodání materiálu; zpoždění zpracování a vrácení outsourcovaných částí procesu);
- dochází ke zpoždění jednotlivých kroků a k čekání v procesu údržby podvozků (potažmo na oddělení strojního obrábění);
- pracoviště nedisponují s dostatečnou personální kapacitou.

Následující diagram rybí kosti (obrázek č. 14) znázorňuje příčiny zpoždění procesu na hale podvozků graficky.

Obrázek 14: Diagram rybí kosti – příčiny prodloužení času, vlastní tvorba autorky



Z toho důvodu, že se práce zaměřuje na oddělení strojního obrábění, je z těchto příčin pozornost věnována těm, které se sledovaného oddělení týkají. Mezi tyto příčin patří zpoždění na pracovišti a zpoždění dodavatele materiálu. Návrhy na odstranění těchto příčin jsou předmětem následujících podkapitol.

Určitým specifickým a nepravidelností je i sezónnost, která údržbu letadlových celků doprovází. Dopravní letouny (a jejich podvozky potažmo) totiž do údržby standardně nepřicházejí v jejich hlavní sezóně, což pro většinu evropských dopravních leteckých společností představují letní měsíce. Proto většina údržby letadel, respektive letadlových celků čili i podvozků, v popisované společnosti probíhá v tzv. zimní sezóně (říjen až květen) a během léta (červen až září) je sledované oddělení mnohem méně vytíženo. Během letních měsíců však dochází i k odstávkám zařízení a nutné regeneraci lázní v galvanovně, která probíhá standardně v červenci. Zároveň se tato pauza využívá k čerpání dovolených.

6.2 Měření

Druhou fází metodiky DMAIC představuje měření. Pro měření sledovaného procesu bylo zvoleno měření přímé, respektive chronometráž. Měření proto probíhalo přímo na pracovišti za použití stopek a vytvořené tabulky, jejíž vzor představuje tabulka č. 1. Tento vzor pro lepší přehlednost ukazuje pouze pět sloupců pro jednotlivá měření, ačkoliv ve skutečnosti proběhlo měření 10. Tato tabulka byla použita pro měření aktivit probíhajících na každém typu pouzdra zvlášť. Tabulka rovněž obsahuje sloupec pro zaznamenání typu aktivity – zda jde o aktivitu přidávající hodnotu, aktivitu nepřidávající hodnotu, respektive plýtvání V následujícím kroku metodiky DMAIC je analyzován poměr těchto aktivit.

Tabulka 1: Vzorová tabulka pro měření, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra													
Počet	1	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr	VA/NVA
1	PD												NVA
2	NS												NVA
3	PM												NVA
4	OBR												VA
5	PKP												VA
6	KNS												NVA
7	ZP												VA
Celkem													x

Tabulka měření zobrazuje celkem 7 aktivit, které jsou pro lepší přehlednost uvedené v těchto zkratkách:

- PD ... *příprava dokumentace*
- NS ... *nastavení stroje*
- PM ... *příprava materiálu*
- OBR ... *obrábění*
- PKP ... *přeměření a kontrola pouzdra*
- KNS ... *kontrola nastavení stroje*
- ZP ... *zabalení pouzdra.*

První z uvedených aktivit je tedy *příprava dokumentace*, která představuje nastudování dokumentace – především toho, o jaký typ pouzdra jde, součástí aktivity je dále připevnění dokumentace ke stroji. Druhou aktivitou je *Nastavení*

stroje, které v sobě zahrnuje naprogramování stroje, výměnu, přeměření a utažení nožů. Nastavení stroje začíná nastavením programu stroje a končí utažením posledního nože. Následuje aktivita *příprava materiálu*, která představuje přenos materiálu ke stroji ze skladu materiálu na pracovišti strojního obrábění, kde je materiál připravený v potřebných velikostech a rozměrech. Pokud materiál připravený není, musí nejprve dojít k jeho potřebné úpravě (nařezání na menší kusy), což se následně projeví ve formě čekání a zdržení celého procesu obrábění. Materiál v potřebných rozměrech se po dodání upevní do obráběcího stroje, a poté začíná aktivita *obrábění*, která znamená fyzickou přeměnu materiálu ve vyhotovení pouzdra. Délka trvání této aktivity závisí na velikosti pouzdra, respektive materiálu, ze kterého se vyrábí. Pouzdra větších velikostí proto trvá obrobít déle. Následuje aktivita *přeměření a kontrola pouzdra*, která probíhá vždy po vyhotovení pouzdra vizuální kontrolou a za manuálního použití měřáku. Tato aktivita u pouzder, která se obrábí déle, nastává i v průběhu obrábění (dojde k přerušení obrábění). Další aktivitou je *kontrola nastavení stroje*, která však probíhá jen, pokud se obrábí pouzdra daného typu ve více kusech, a to před obráběním každého pouzdra tak, jak je zobrazeno v diagramu č.2. Poslední aktivitou v rámci každého typu pouzdra je pak *zabalení k dokumentaci*, které představuje zabalení pouzdra a jeho dokumentace do jednoho sáčku, aby bylo pro následující procesy jasné, o jaký typ pouzdra jde.

V následujících tabulkách je zachyceno měření všech typů pouzder na jeden válec podvozkové nohy. Měření bylo provedeno desetkrát a probíhalo od listopadu do dubna, tak, aby data byla co možná nejméně zkreslená. Měření je nastaveno v sekundách, kvůli aktivitám netrvajícím v průměru déle než jednu minutu (příprava dokumentace, přeměření a kontrola pouzdra, kontrola nastavení stroje, zabalení pouzdra). Sloupce 1 až 10 zobrazují délku trvání aktivity v daném měření pro daný typ pouzdra, respektive pouzder v případě, že se daného typu pouzdra obrábí více než jedno v jedné sadě. Předposlední sloupec představuje průměr délky trvání dané aktivity u sledovaného pouzdra. Měření je zobrazeno pro každý typ pouzdra zvlášť.

Tabulka č. 2 zobrazuje měření prvního typu pouzdra (855). Tento typ pouzdra se v jedné sadě vyskytuje pouze jednou, proto se všechny délky trvání sledovaných aktivit vztahují pouze k jednomu kusu tohoto typu pouzdra a nedochází k aktivitě kontrola nastavení stroje (KNS). Barevné rozlišení, které je použito i v následujících tabulkách, ukazuje, zda jde o aktivitu VA (zeleně) nebo NVA (červeně). U pouzdra tohoto typu převyšuje délka obrábění (nejvýznamnější aktivita v kategorii VA) nad délkou nastavení stroje (nejvýznamnější aktivita v kategorii NVA). V průměru obrobění tohoto typu pouzdra trvá zhruba 1,8 hodiny.

Tabulka 2: Měření pouzdra typu 855, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		855											
Počet	1	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	32	36	38	35	34	32	35	29	32	30	33,3	NVA
2	NS	1500	1740	1752	1680	1620	1560	1590	1620	1680	1500	1624	NVA
3	PM	240	300	240	270	300	270	300	240	300	270	273	NVA
4	OBR	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	VA
5	PKP	70	80	70	85	70	70	80	85	80	70	76	VA
6	KNS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NVA
7	ZP	30	25	30	30	35	30	35	35	30	30	31	VA
Celkem		6372	6681	6630	6600	6559	6462	6540	6509	6622	6400	6538	x

Stejně tak jako u předchozího typu pouzdra, převyšuje i u pouzdra typu 860 (tabulka 3) aktivita obrábění délkou trvání aktivitu nastavení stroje, jak ukazuje tabulka číslo 2. Opět jde o typ pouzdra, jež se v sadě vyskytuje pouze jednou, proto zde opět nedochází k aktivitě KNS. Délka trvání celého procesu obrobění tohoto typu pouzdra představuje v průměru zhruba 2,2 hodiny.

Tabulka 3: Měření pouzdra typu 860, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		860											
Počet	1	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	35	40	40	40	40	40	35	40	40	35	38,5	NVA
2	NS	1590	1500	1530	1762	1500	1560	1590	1530	1560	1500	1562	NVA
3	PM	300	276	300	330	300	360	300	288	330	300	308,4	NVA
4	OBR	5760	5760	5760	5760	5760	5760	5760	5760	5760	5760	5760	VA
5	PKP	80	80	90	110	100	100	90	100	90	100	94	VA
6	KNS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NVA
7	ZP	20	26	22	20	24	28	23	22	23	24	23,2	VA
Celkem		7785	7682	7742	8022	7724	7848	7798	7740	7803	7719	7786	x

Tabulka číslo 4 zobrazuje měření pouzdra typu 920, jehož je v celé sadě pouzder na vnější válec podvozkové nohy potřeba 4 kusy. V každém sloupci měření (1 až 10) je proto délka trvání dané aktivity pro všechna 4 pouzdra tohoto typu a na rozdíl od předchozích typů pouzder dochází v rámci obrábění tohoto typu pouzdra ze stejného důvodu třikrát ke kontrole nastavení stroje (před každým dalším pouzdrem). Průměrná délka obrobení 4 pouzder typu 920 činí zhruba 37 minut a délka nastavení stroje (NVA) v průměru převyšuje délku trvání aktivity obrábění (VA).

Tabulka 4: Měření pouzder typu 920, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		920											
Počet	4	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	35	40	30	40	40	38	38	40	40	38	37,9	NVA
2	NS	900	924	906	720	840	900	870	936	900	960	885,6	NVA
3	PM	360	420	420	240	300	240	360	300	270	300	321	NVA
4	OBR	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	VA
5	PKP	119	137	126	130	140	123	143	145	135	120	131,8	VA
6	KNS	105	111	92	93	89	88	93	92	94	95	95,2	NVA
7	ZP	42	38	37	40	41	39	35	40	36	37	38,5	VA
Celkem		2281	2390	2331	1983	2170	2148	2259	2273	2195	2270	2230	x

Následující tabulka (č. 5) ukazuje měření pouzdra typu 880, jehož je v jedné sadě potřeba 2 kusy, aktivita kontrola nastavení stroje proto při obrábění pouzdra tohoto typu nastává jednou a všechny sledované aktivity jsou měřeny pro dva kusy pouzdra daného typu. Aktivita nastavení stroje (NVA) v tomto případě jednoznačně převyšuje aktivitu obrábění (VA). Obrobení 2 kusů tohoto typu pouzdra v průměru trvá zhruba 34 minut. Obdobné charakteristiky jako typ 880 vykazuje i typ pouzdra 875 (tabulka 6), jehož je taktéž v jedné sadě

potřeba 2 kusy, délka trvání aktivity nastavení stroje trvá v průměru téměř stejně jako u typu 880 a zrovna tak i délka trvání obrábění. Obdobná je i průměrná délka obrobení 2 kusů daného typu pouzdra, která u typu 875 tvoří zhruba 33,3 minut.

Tabulka 5: Měření pouzder typu 880, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		880											
Počet	2	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	35	35	40	35	40	40	35	35	35	40	37	NVA
2	NS	900	960	972	1020	990	1032	1080	1020	1050	1020	1004	NVA
3	PM	360	420	300	360	420	390	300	360	330	300	354	NVA
4	OBR	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	VA
5	PKP	64	69	65	66	67	67	66	70	69	70	67,3	VA
6	KNS	50	45	50	40	40	45	45	45	40	40	44	NVA
7	ZP	40	42	39	38	38	40	39	40	38	36	39	VA
Celkem		1929	2051	1946	2039	2075	2094	2045	2050	2042	1986	2026	x

Tabulka 6: Měření pouzder typu 875, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		875											
Počet	2	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	30	30	35	40	35	35	35	35	35	40	35	NVA
2	NS	920	972	906	960	1020	1050	1020	1020	1050	1080	999,8	NVA
3	PM	300	288	360	300	300	360	330	360	360	390	334,8	NVA
4	OBR	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	VA
5	PKP	72	75	71	69	65	64	68	64	62	66	67,6	VA
6	KNS	45	50	40	50	50	45	50	55	45	50	48	NVA
7	ZP	30	30	30	35	35	35	35	35	30	30	32,5	VA
Celkem		1802	1845	1852	1849	1900	1989	1933	1959	1987	2056	1998	x

K pouzdrům, jejichž vyhotovení trvá méně, než hodinu se řadí i typ 890 (tabulka 7), jehož obrobení trvá ještě kratší dobu než u předchozích dvou typů, avšak délka aktivity nastavení stroje v průměru nijak významně kratší není. I tohoto typu pouzdra jsou v sadě potřeba 2 kusy, proto opět 1x dochází k aktivitě KNS a hodnoty měření v jednom sloupci představují časy pro 2 pouzdra daného typu. Celková doba trvání obrobení dvou pouzder typu 890 je v průměru zhruba 32 minut.

Tabulka 7: Měření pouzder typu 890, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		890											
Počet	2	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	40	35	35	40	40	40	35	35	40	35	37,5	NVA
2	NS	960	1020	986	1140	1020	1080	1050	1080	1140	1080	1056	NVA
3	PM	300	300	360	360	300	300	360	300	300	360	324	NVA
4	OBR	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	VA
5	PKP	65	65	70	80	70	65	70	70	70	65	69	VA
6	KNS	48	54	45	50	50	40	50	45	55	60	49,7	NVA
7	ZP	30	30	35	30	30	30	30	35	30	30	31	VA
Celkem		1725	1780	1811	1980	1790	1845	1875	1845	1910	1900	1927	x

Následuje (tabulka 8) měření pouzdra typu 910, kterého je v sadě potřeba 3 kusy, proto aktivita KNS nastává při výrobě tohoto pouzdra 2x a jednotlivé sloupce zobrazují délky trvání pro 3 kusy pouzdra. I u tohoto typu pouzdra převyšuje délka trvání nastavení stroje nad délkou trvání obrábění, ačkoliv s menším rozdílem než u předchozích 3 typů pouzder. Je ovšem žádoucí připomenout, že v tomto případě jde o 3 obrábění, zatím co u předchozích 3 typů pouze o 2. Celková délka trvání vyhotovení 3 kusů pouzder tohoto typu je necelých 34 minut.

Tabulka 8: Měření pouzder typu 910, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		910											
Počet	3	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	55	45	45	50	45	35	40	35	35	40	42,5	NVA
2	NS	840	858	840	660	900	960	900	840	900	960	865,8	NVA
3	PM	300	360	330	360	390	300	360	300	300	330	333	NVA
4	OBR	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	VA
5	PKP	120	125	130	120	120	130	110	120	120	130	122,5	VA
6	KNS	85	95	85	70	95	90	95	95	90	95	89,5	NVA
7	ZP	30	32	30	35	35	35	35	35	30	35	33,2	VA
Celkem		1855	1928	1885	1730	1995	1965	1950	1835	1895	2000	2027	x

Tabulka číslo 9 ukazuje měření pro pouzdro typu 900, které je v sadě potřeba jedenkrát. Nedochozí proto k aktivitě KNS a každý sloupec (1 až 10) zobrazuje hodnoty měření pro jeden kus pouzdra tohoto typu. Nastavení stroje (významná položka NVA) více než čtyřikrát převyšuje délku trvání obrábění v případě pouzdra tohoto typu. Celková doba trvání obrobění jednoho kusu pouzdra typu 900 v průměru tvoří necelých 23 minut.

Tabulka 9: Měření pouzder typu 900, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		900											
Počet	1	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	25	30	35	30	35	30	30	35	30	40	32	NVA
2	NS	810	846	780	720	780	750	756	756	780	840	781,8	NVA
3	PM	300	360	300	300	330	330	300	360	300	300	318	NVA
4	OBR	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	VA
5	PKP	35	40	30	35	30	30	30	30	30	30	32	VA
6	KNS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NVA
7	ZP	30	25	25	25	25	30	25	25	25	30	26,5	VA
Celkem		1350	1456	1325	1265	1355	1320	1296	1361	1320	1390	1370	x

Tabulka č. 10 ukazuje měření pouzdra typu 935, které se v sadě vyskytuje jednou, proto zde opět chybí aktivita KNS a ve sloupcích měření jsou zaznamenány délky trvání aktivit pro jeden kus pouzdra tohoto typu. V případě tohoto typu pouzdra převyšuje velmi malým rozdílem délka trvání aktivity obrábění (významná položka VA) délku trvání aktivity nastavení stroje (významná položka NVA). Vyhotovení pouzdra typu 935 trvá v průměru zhruba 40 minut.

Tabulka 10: Měření pouzdra typu 935, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		935											
Počet	1	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	35	30	30	40	30	30	40	30	30	40	33,5	NVA
2	NS	960	906	840	900	960	930	960	900	972	900	922,8	NVA
3	PM	300	294	330	300	300	300	300	360	300	300	308,4	NVA
4	OBR	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	VA
5	PKP	50	45	50	50	45	45	50	50	40	55	48	VA
6	KNS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NVA
7	ZP	25	25	30	25	30	30	25	30	25	30	27,5	VA
Celkem		2425	2355	2330	2370	2415	2385	2430	2420	2422	2375	2420	x

Měření dalšího typu pouzdra (942) znázorňuje tabulka 11, ze které je patrné, že tohoto typu jsou v sadě potřeba dva kusy. Stejně tak jako u předchozího typu pouzdra převyšuje aktivita obrábění aktivitu nastavení stroje, tentokrát však téměř o dvakrát tolik. Každý sloupec měření zobrazuje délku trvání jednotlivých aktivit pro 2 kusy pouzdra typu 942. Vyhotovení 2 pouzder tohoto typu trvá v průměru zhruba 48 minut.

Tabulka 11: Měření pouzder typu 942, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		942											
Počet	2	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	35	32	28	36	38	32	25	28	36	38	32,8	NVA
2	NS	930	738	750	840	900	870	876	900	840	900	854,4	NVA
3	PM	300	360	300	300	360	320	330	300	360	330	326	NVA
4	OBR	1560	1560	1560	1560	1560	1560	1560	1560	1560	1560	1560	VA
5	PKP	65	65	70	60	65	70	70	65	65	70	66,5	VA
6	KNS	35	40	35	30	40	35	30	30	35	40	35	NVA
7	ZP	30	35	35	30	35	35	35	35	30	35	33,5	VA
Celkem		2890	2755	2708	2796	2923	2852	2861	2853	2861	2898	2908	x

Dvanáctá tabulka ukazuje hodnoty měření pouzdra typu 940, které se v sadě vyskytuje jednou, proto je opět hodnota KNS nulová a hodnoty v jednotlivých sloupcích měření jsou znázorněny pro jeden kus pouzdra tohoto typu. V případě tohoto typu pouzdra převyšuje délka trvání nejvýznamnější položky aktivit NVA délku trvání nejvýznamnější položky aktivit VA a to konkrétně 1,5x. Vyhotovení potřebného jednoho kusu pouzdra 940 trvá v průměru zhruba 27 minut.

Tabulka 12: Měření pouzdra typu 940, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		940											
Počet	1	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	40	45	40	40	35	35	45	30	35	35	38	NVA
2	NS	918	732	750	660	720	660	750	696	690	720	729,6	NVA
3	PM	300	300	330	300	300	300	300	330	330	300	309	NVA
4	OBR	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	VA
5	PKP	30	35	30	35	35	40	35	40	35	40	35,5	VA
6	KNS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NVA
7	ZP	30	35	30	30	35	35	35	35	35	35	33,5	VA
Celkem		1768	1592	1630	1515	1570	1515	1610	1576	1570	1575	1626	x

Zbývající tři typy pouzder se zhotovují na jednu sadu po dvou kusech od každého typu. Patří mezi ně typ 885 (tabulka 13), 867 (tabulka 14) a 872 (tabulka 15). Aktivita KNS se tak u všech těchto tří typů vyskytuje jednou a sloupce měření (1-10) znázorňují délku trvání jednotlivých aktivit vždy pro tři kusy daného typu pouzdra. Ačkoliv rozdíl mezi délkou trvání aktivit nastavení stroje a obrábění není u žádného z těchto tří typů pouzder příliš velký, lze pozorovat, že u typu 885 převyšuje délka trvání aktivity obrábění nad délkou trvání aktivity nastavení stroje, zatím co u zbývajících dvou typů je tomu naopak. Z těchto tří

typů pouzder trvá nejdéle vyhotovit trojice pouzder typu 885 (zhruba 41 minut), tři pouzdra typu 867 trvají necelých 37 minut a typu 872 téměř 35 minut.

Tabulka 13: Měření pouzder typu 885, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		885											
Počet	2	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	30	40	40	40	35	40	35	35	35	35	36,5	NVA
2	NS	906	906	840	900	930	900	900	912	960	936	909	NVA
3	PM	300	330	330	300	330	360	330	300	300	300	318	NVA
4	OBR	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	VA
5	PKP	65	65	70	65	60	70	70	60	65	70	66	VA
6	KNS	30	35	30	35	40	40	35	40	35	40	36	NVA
7	ZP	40	45	40	40	45	45	35	40	40	45	41,5	VA
Celkem		2381	2421	2360	2385	2435	2450	2415	2387	2440	2421	2487	x

Tabulka 14: Měření pouzder typu 867, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		867											
Počet	2	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	40	45	40	45	45	40	35	35	40	35	40	NVA
2	NS	900	792	912	840	900	840	930	876	840	900	873	NVA
3	PM	300	276	330	300	360	360	330	300	300	300	315,6	NVA
4	OBR	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	VA
5	PKP	60	65	65	60	60	65	70	65	60	65	63,5	VA
6	KNS	30	35	30	30	30	35	35	35	35	35	33	NVA
7	ZP	35	30	30	30	35	35	35	30	30	30	32	VA
Celkem		2140	2018	2187	2085	2205	2145	2205	2116	2080	2140	2197	x

Tabulka 15: Měření pouzder typu 872, vlastní tvorba autorky

Typ pouzdra		872											
Počet	2	Měření (v sec.)											
Číslo	Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průmě	VA/NVA
1	PD	35	40	40	35	35	35	35	40	35	35	36,5	NVA
2	NS	900	840	840	840	870	900	900	870	876	888	872,4	NVA
3	PM	300	300	330	300	360	330	300	300	320	300	314	NVA
4	OBR	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	VA
5	PKP	65	65	63	70	65	70	70	70	65	65	66,8	VA
6	KNS	30	35	35	35	35	45	35	40	40	35	36,5	NVA
7	ZP	40	45	40	40	45	50	45	50	45	45	44,5	VA
Celkem		2020	1965	1993	1965	2050	2055	2025	2000	2016	2008	2091	y

Předchozí tabulky uvádějí měření pro každé pouzdro zvlášť, následující tabulka shrnuje časy za celý válec podvozkové nohy skládající se z 26 kusů pouzder. Sloupce 1 až 10 v tabulce č. 16 představují součty časů jednotlivých

aktivit v rámci jednotlivých měření. Například sloupec jedna představuje v řádku aktivity *příprava dokumentace* (PD) součet délky trvání této aktivity u všech typů pouzder (tj. za jednu sadu) v prvním měření. Stejně tak například sloupec 5 v řádku aktivity *nastavení stroje* (NS) představuje součet délky trvání této aktivity za pouzdra všech typů v rámci celé sady za páté měření. Tento princip platí pro všechny řádky ve sloupcích 1 až 10. Jednoduše řečeno, každý jeden sloupec představuje jedno měření celé sady pouzder na jeden válec podvozkové nohy. Předposlední sloupec pak ukazuje průměr délky trvání dané aktivity ze všech deseti měření za celý válec. V rámci celého procesu obrábění jedné sady dvaceti šesti pouzder se navíc vyskytují ještě další dvě aktivity – čekání a úklid. Úklid stroje a zbylého materiálu probíhá na konci každé směny a není proto žádoucí ho přiřazovat ke každému měřenému pouzdru. Čekání probíhá několikrát během procesu, proto je taktéž zařazeno zvlášť. V procesu se vyskytuje čekání na vyhotovení karty podle technické dokumentace a čekání na materiál v požadované velikosti, jak bylo uvedeno výše. Největší délka trvání je v průměru zaznamenána u aktivity nastavení obrábění a u aktivity nastavení stroje. U aktivity obrábění je to žádoucí výsledek, neboť jde o aktivitu tvořící přidanou hodnotu, aktivita nastavení stroje je však typu NVA (aktivita nepřidávající hodnotu) a je proto potřeba se na ni zaměřit v dalším postupu.

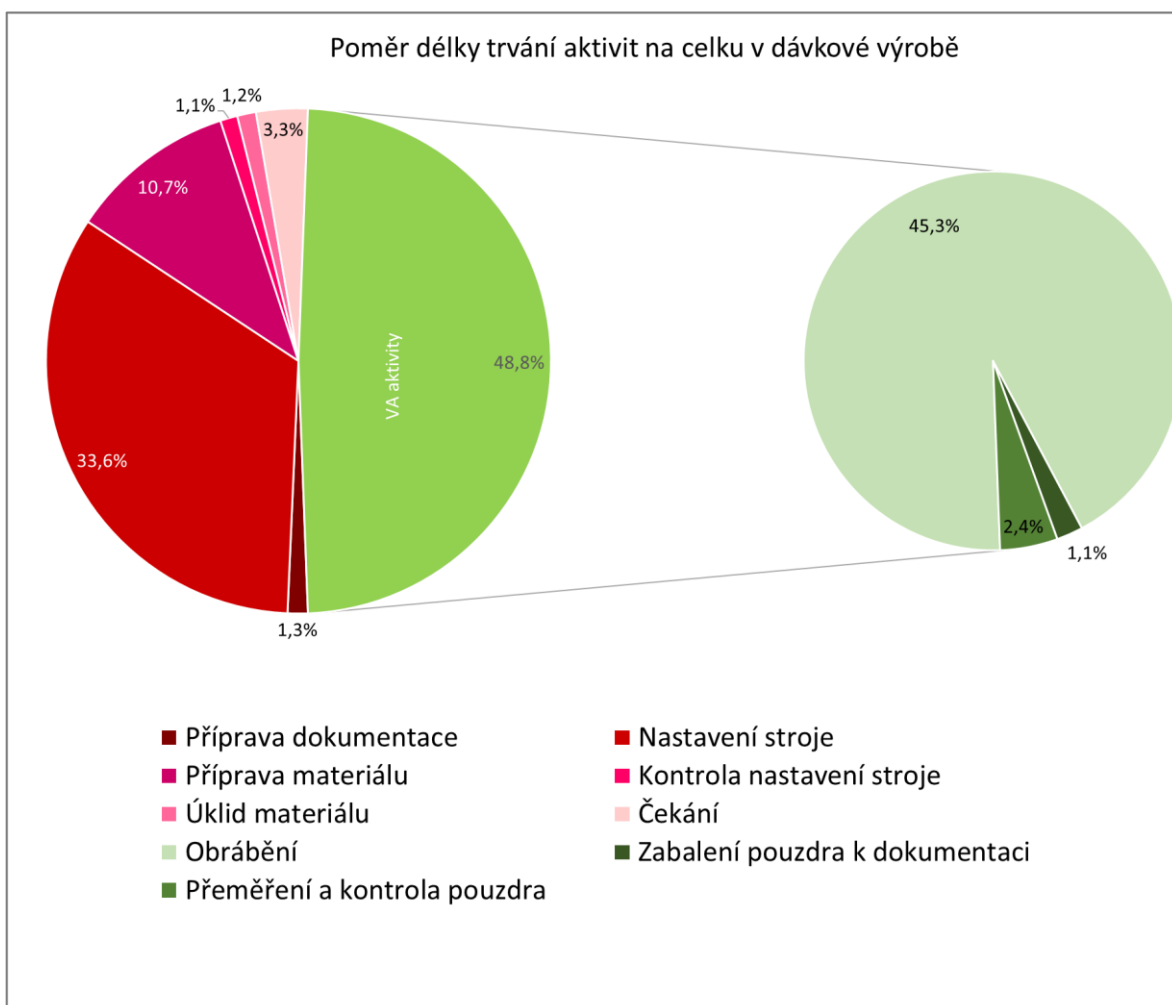
Tabulka 16: Měření celkem, vlastní tvorba autorky

Celkový proces obrábění pouzder pro vnější válec hlavní podvozkové nohy												
26	Měření (v sec.)											
Akt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr	VA/NVA
PD	502	523	516	546	527	502	498	482	498	516	511	NVA
NS	13934	13734	13604	13642	13950	13992	14172	13956	14238	14184	13941	NVA
PM	4260	4584	4560	4320	4650	4520	4500	4398	4400	4380	4457	NVA
OBR	18780	18780	18780	18780	18780	18780	18780	18780	18780	18780	18780	VA
PKP	960	1011	1000	1035	992	1009	1022	1034	986	1016	1007	VA
KNS	458	500	442	433	469	463	468	477	469	490	466,9	NVA
ZP	452	463	453	448	488	497	467	487	447	472	467,4	VA
Úklid	504	576	576	480	540	520	480	510	460	480	512,6	NVA
Čekání	2100	1740	720	1500	1560	780	660	2160	720	1950	1389	NVA
Celkem	41950	41911	40651	41184	41956	41063	41047	42284	40998	42268	41531	x
Celkem (v h.)	11,65	11,64	11,29	11,44	11,65	11,41	11,40	11,75	11,39	11,74	11,54	x

6.3 Analýza

V této části zlepšovateľského projektu je hlavní pozornost věnována analýze naměřených dat a činností sledovaných v procesu vyhotovení pouzder. Především jde o analýzu činností s přidanou hodnotou, nepřidanou hodnotou, případně plýtvání, jejich poměru na době trvání všech aktivit a stanovení VA-indexu. Jak už bylo popsáno, v procesu se vyskytuje 9 činností v rámci celého procesu vyhotovení pouzder, z nichž hodnotu tvoří tři činnosti: samotné obrábění, které vytváří kýžený produkt pro zákazníka, dále kontrola přeměření pouzdra, která zajišťuje kvalitu a přesnost produktu dodávaného dalšímu procesu a zabalení pouzdra, které mimo jiné zajišťuje, aby nedošlo k poškození pouzdra. Dalších 6 činností je tzv. NVA (*non value added*) čili nepřidávající hodnotu nebo plýtvání. Mezi činnosti nepřidávající hodnotu patří příprava dokumentace, nastavení stroje, příprava materiálu, kontrola nastavení stroje a úklid.

Graf 1: Poměr délky trvání aktivit na celku při aktuálním nastavení procesu, vlastní tvorba autorky



Plýtvání pak představuje čekání, které je měřeno za celé pouzdro a vyskytuje se v procesu několikrát. Následující text se zaměřuje na úzká místa procesu, jejich popisu a vymezení.

Následující analýza vychází z tabulky č. 16. Graf č. 1 zobrazuje poměr průměrných délek trvání činností v rámci vyhotovení jedné sady pouzder na jeden válec podvozkové nohy. Odstíny červené znázorňují položky NVA-aktivit (celkem 51,2 %) a zeleně jsou pak znázorněny aktivity VA, které celkem tvoří 48,8 %). Z jednotlivých aktivit představuje nejdéle trvající položku obrábění – 45,3 %, dále nastavení stroje – 33,6 % a další významnou položkou je délka trvání přípravy materiálu, která činí téměř 11 %. Ostatní aktivity na celkové délce trvání zaujímají 1-4 %. Mezi těmito aktivitami se však vyskytuje plýtvání, a proto nejsou zanedbatelné.

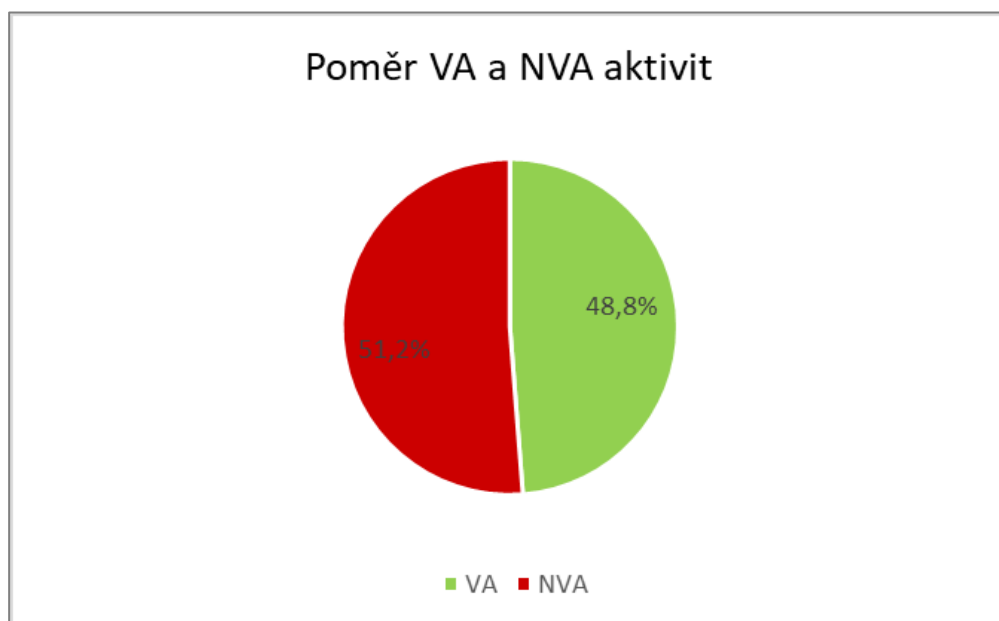
Jak ukazuje graf č. 1, druhou největší položku tvoří nastavení stroje, které nevytváří přidanou hodnotu. Nastavení stroje probíhá před začátkem obrábění každého typu pouzdra a je zejména neefektivní v případě, kdy se daného typu pouzdra vyrábí pouze jeden kus a dále také u pouzder, jejichž obrobení trvá kratší dobu než nastavení stroje na tento typ pouzdra. U některých typů pouzder převyšuje doba strávená nad nastavením stroje dobu obrábění i v případě, že se pouzder obrábí více. Jde konkrétně o 9 typů pouzder (920, 880, 875, 890, 910, 900, 940, 867, 872). Nastavení stroje trvá ze všech aktivit nepřidávajících hodnotu a aktivit, které představují plýtvání nejdéle – je nejvýznamnější položkou na tomto seznamu.

Dalšími významnými položkami, které ovlivňují efektivitu celého procesu jsou příprava materiálu a čekání. Čekání se vyskytuje v rámci přípravy materiálu v případech, kdy materiál není dostupný v potřebném rozměru na pracovišti strojního obrábění. Jeho nařezání na potřebné délky má na starosti četař tohoto pracoviště, který materiál nejprve musí donést ze skladu materiálu na sklad na odd. strojního obrábění. V procesu se tak nepravidelně vyskytuje čekání na nařezání materiálu. Sledujeme-li tak pohyb materiálu, vyskytuje se zde zbytečný pohyb z celkového skladu na oddělení strojního obrábění, kde materiál čeká na nařezání a následně putuje nařezaný ke stroji, který je umístěn v hale podvozků. Materiál velkých rozměrů je navíc často obtížné převážet ze skladu materiálu,

který se nachází v podzemí na sledovaném oddělení – to je situováno v přízemí. Další čekání se pak v procesu vyskytuje hned na jeho začátku, kdy četař pracoviště strojního obrábění vytváří specifikační kartu na základě technické dokumentace, která doplňuje informace k obrábění. Na vyhotovení této karty čeká obsluha stroje a teprve poté může být zahájen proces obrábění. Úzká místa sledovaného procesu tedy představují aktivita nastavení stroje, pohyb materiálu na pracovišti, čekání na nařezání materiálu a dále na vyhotovení specifikační karty.

Kvůli stanovení VA-indexu byl dále sledován poměr aktivit podle toho, zda přidávají hodnotu, či nikoliv. Následující graf ukazuje poměr délky trvání aktivit s přidanou hodnotou a aktivit nepřidávajících hodnotu na celém procesu vyhotovení pouzder. Tento poměr představuje téměř poloviční podíl takového rozdělení aktivit. Z tohoto poměru pak vyplývá VA-index neboli poměr délky aktivit s přidanou hodnotou na celkové délce procesu. V tomto případě představuje VA-index 48,8 %. Index přidané hodnoty není příliš vysoký, a proto se následující podkapitola *Zlepšování* věnuje mimo jiné návrhům, jejichž aplikace by vedla ke zvyšování tohoto indexu.

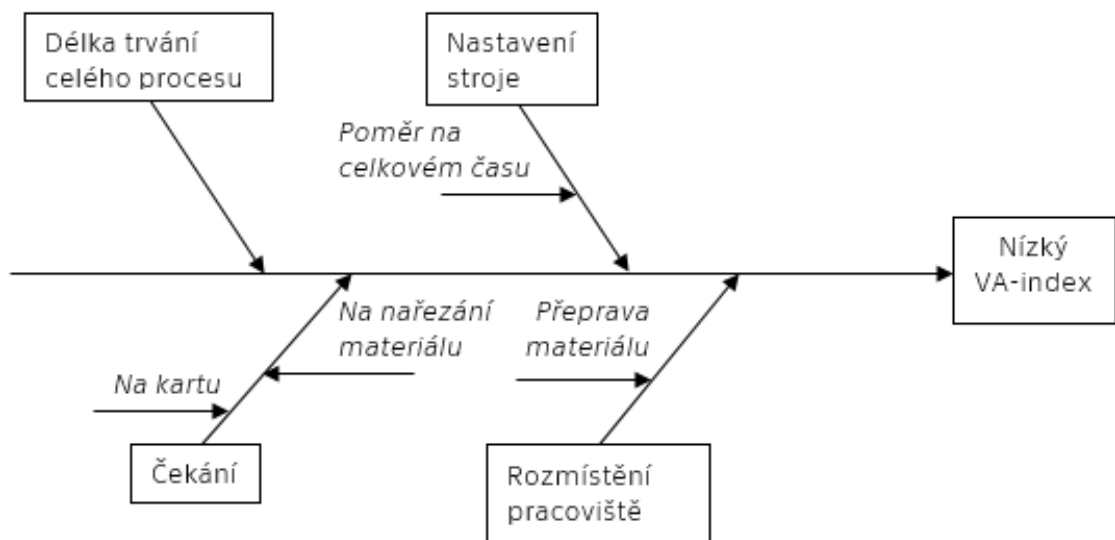
Graf 2: Poměr VA a NVA aktivit při původním nastavení procesu, vlastní tvorba autorky



Následující Ishikawův diagram (obrázek 15) shrnuje zásadní příčiny nízké hodnoty VA-indexu, vyskytující se ve sledovaném procesu. Mezi hlavní příčiny patří celková délka trvání procesu, neboť jak bylo popsáno v teoretické části, ke

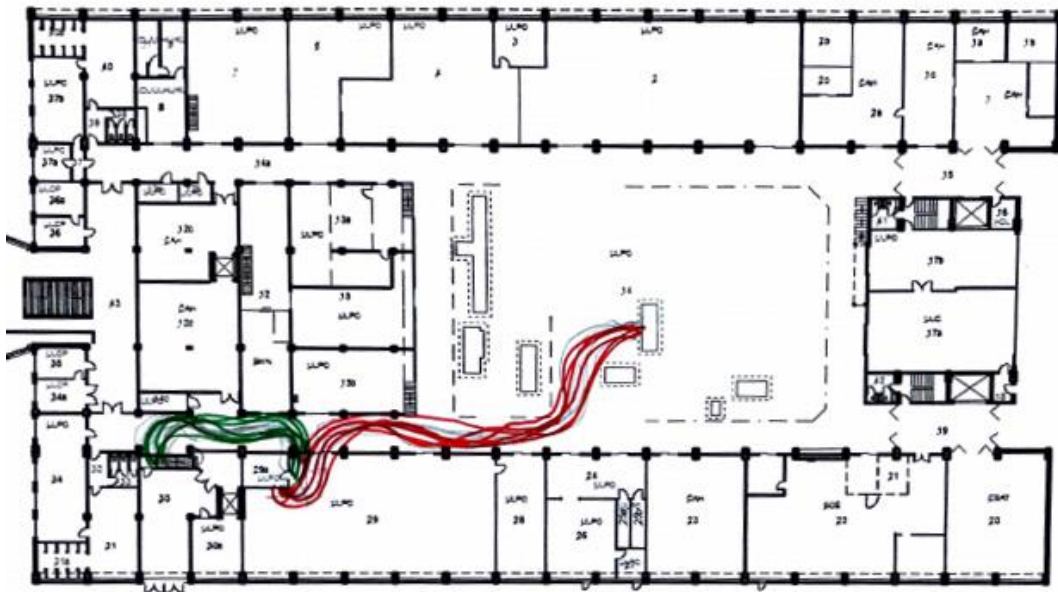
zvyšování hodnoty indexu přidané hodnoty přispívá zejména zkracování délky celého procesu. Mezi další příčiny patří délka trvání aktivity nastavení stroje, která představuje druhou nejdelší aktivitu a zároveň nepřidává hodnotu procesu. Mezi další, avšak menší, příčiny sledovaného problému patří výskyt čekání v procesu a rozmístění pracoviště, respektive přesouvání materiálu. Na tyto prvky se zaměřuje následující podkapitola.

Obrázek 15: Diagram rybí kosti – příčiny nízkého VA-indexu, vlastní tvorba autorky



Následující Spaghetti diagram (obrázek 16) znázorňuje pohyb materiálu po pracovišti. Zeleně je znázorněn pohyb z podzemního skladu materiálu do skladu na pracoviště strojního obrábění a červeně ze skladu na tomto oddělení ke strojům v hale údržby podvozků.

Obrázek 16: Spaghetti diagram pohybu materiálu na pracovišti, vlastní tvorba autorky



6.4 Zlepšení

Tato podkapitola se věnuje návrhům, které vedou k optimalizaci procesu, ve formě odstraňování plýtvání, snižování poměru doby trvání aktivit nepřidávajících hodnotu procesu, zkrácení doby trvání sledovaného procesu vyhotovení pouzder, a tím zároveň zkrácení celého procesu údržby podvozků, a dále také ve formě zvyšování indexu přidané hodnoty sledovaného procesu. Souhrnně jde o doporučení vedoucí k eliminaci nebo odstranění příčin identifikovaných v Ishikawově diagramu (obrázek 15).

Nejprve je pozornost věnována aktivitě nastavení stroje, která představuje jedno z úzkých míst procesu. Tato aktivita je z podstaty procesu nezbytná, neboť bez správného nastavení stroje samozřejmě nemůže dojít k obrobění požadovaného typu pouzder v kýžené kvalitě. Řešením tohoto úzkého místa tedy nemůže být snaha o jeho odstranění, ale reorganizace procesu tak, aby byl jeho celkový průběh efektivnější. Vzhledem k tomu, že je sledována sada pouzder, která je standardizovaná – pokaždé se obrobí 26 pouzder ve 14 různých typech, nabízí se možnost dávkového řešení výroby. Za současných podmínek nastavení procesu dojde k aktivitě nastavení stroje čtrnáctkrát a obrobí se 26 pouzder. Pro porovnání je dále sestaven model dávky, která se skládá z pěti sad pouzder na vnější válec hlavní podvozkové nohy (tabulka 17). Při tomto nastavení procesu by k aktivitě nastavení stroje došlo taktéž čtrnáctkrát, nicméně by

zároveň došlo k obrobení 130 pouzder. Za současných podmínek se 5 sad pouzder na vnější válec hlavní podvozkové nohy vyhotoví průměrně za 57,7 hodin (cca 7 směn při práci na jednom stroji). Při dávkové výrobě by k vyhotovení pěti sad pouzder došlo za 35 h (tj. necelé 4,5 směny při práci na jednom stroji) – tyto časy jsou určeny na základě stanoveného průměru délky trvání aktivit. Změna plyne pouze ze snížení poměru délky trvání aktivity nastavení stroje na celém procesu.

Tabulka 17: Model dávky – odhad doby trvání, vlastní tvorba autorky

Dávková výroba 5 dávek		
Aktivita	Průměr (v sec.)	
Příprava dokumentace	511	NVA
Nastavení stroje	13941	NVA
Příprava materiálu	4457	NVA
Obrábění	93900	VA
Přeměření pouzdra	1007	VA
Kontrola nastavení stroje	3900	NVA
Zabalení pouzdra k dokumentaci	2337	VA
Úklid materiálu	2563	NVA
Čekání	3570	NVA
<i>Dávka celkem</i>	<i>126185</i>	<i>x</i>
Celkem v hodinách	35	

Následující tabulka (č. 18) ukazuje porovnání délky trvání jednotlivých aktivit při současném nastavení procesu (výroba každé jedné sady zvlášť) a dávkové výroby (dávka pěti sad).

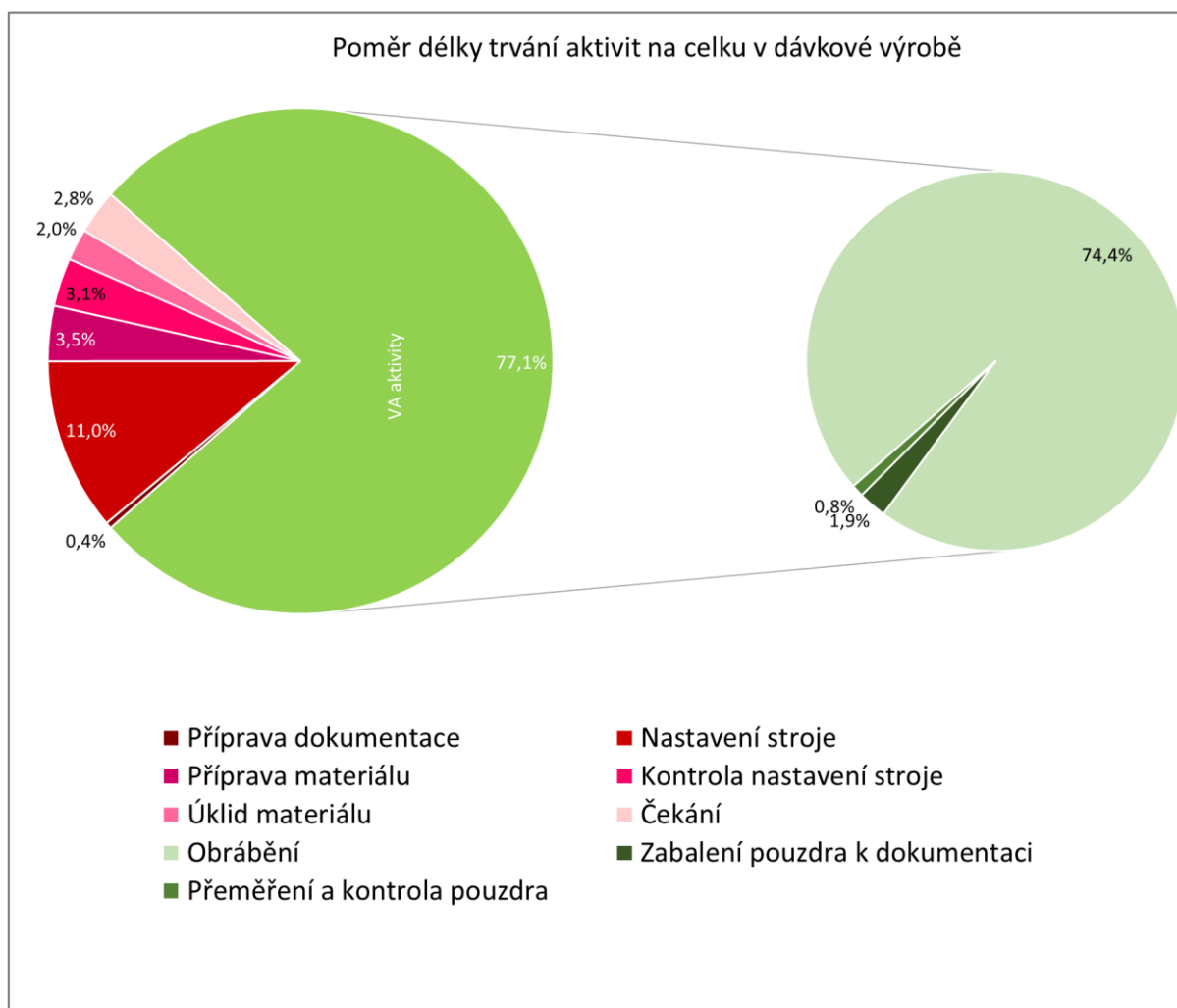
Tabulka 18: Porovnání délek trvání jednotlivých aktivit sad a dávek, vlastní tvorba autorky

Porovnání sad a dávek (v sekundách)			
Aktivita	Průměr	Průměr	
Příprava dokumentace	2555	511	NVA
Nastavení stroje	69703	13941	NVA
Příprava materiálu	22286	4457	NVA
Obrábění	93900	93900	VA
Přeměření pouzdra	5033	1007	VA
Kontrola nastavení stroje	2335	3900	NVA
Zabalení pouzdra k dokumentaci	2337	2337	VA
Úklid materiálu	2563	2563	NVA
Čekání	6945	3570	NVA
5 sad celkem	207656	126185	x
Celkem v hodinách	57,7	35,1	x

Z tabulky č. 18 je patrné, že se mimo dobu trvání aktivity nastavení stroje zkrátila i doba čekání v celkovém procesu. Z procesu se totiž vytratilo čekání na vytvořenou specifikační kartu na základě technické dokumentace k pouzdrům, jež v původním nastavení procesu trvalo průměrně 10 minut na jednu sadu pouzder. V případě nastavení procesu jako dávkové výroby by došlo ke snížení délky tohoto čekání, neboť by pro obrobení pouzder stačila standardizovaná technická dokumentace pro každý ze 14 typů pouzder ve sledované sadě. Délka aktivity čekání by se tak průměrně snížila o 10 minut na každou jednu sadu dvaceti šesti pouzder na vnější válec hlavní podvozkové nohy.

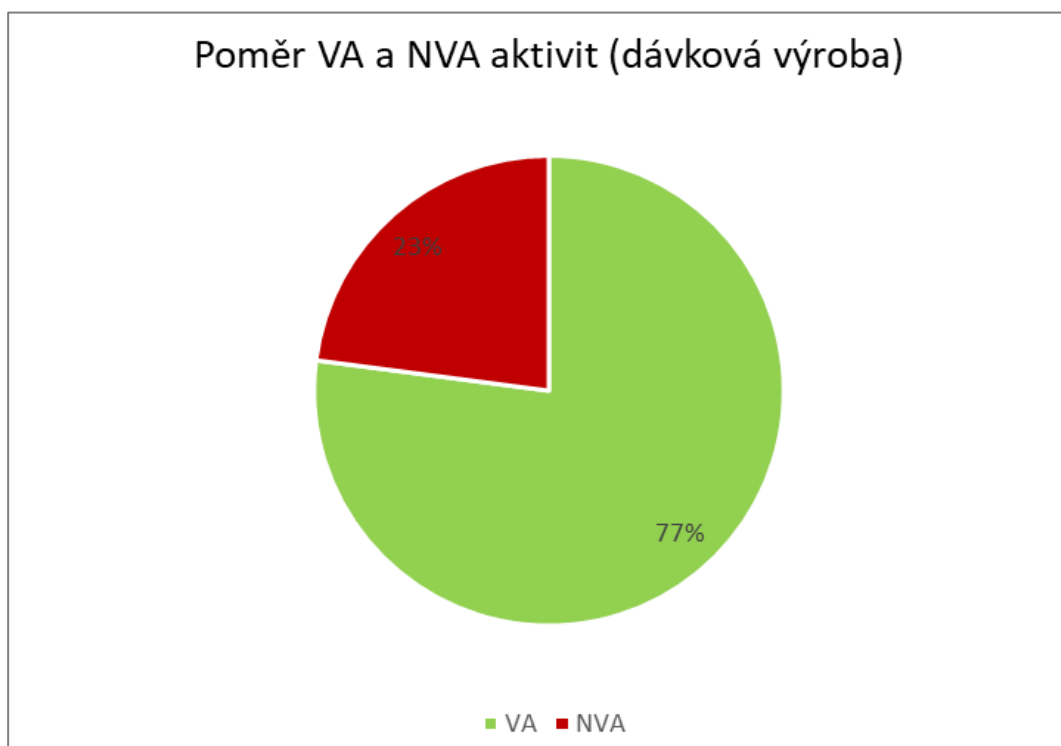
Z tabulek 17 a 18 dále na základě výše uvedeného vyplývá i nový poměr délky trvání jak aktivit přidávajících hodnotu a nepřidávajících hodnotu, tak poměr jednotlivých aktivit, jak znázorňuje graf 3. V nově uspořádaném procesu trvá jednoznačně nejdéle aktivita s přidanou hodnotou – obrábění, která stejně jako v původně nastaveném procesu trvá 26 h (vyplývá ze strojního času, který nelze měnit). Oproti tomu délka trvání aktivity nastavení stroje zaznamenala markantní snížení a v nově nastaveném procesu trvá necelé 4 hodiny (což nově tvoří 11 %).

Graf 3: Poměr délky trvání aktivit na celku v dávkové výrobě, vlastní tvorba autorky



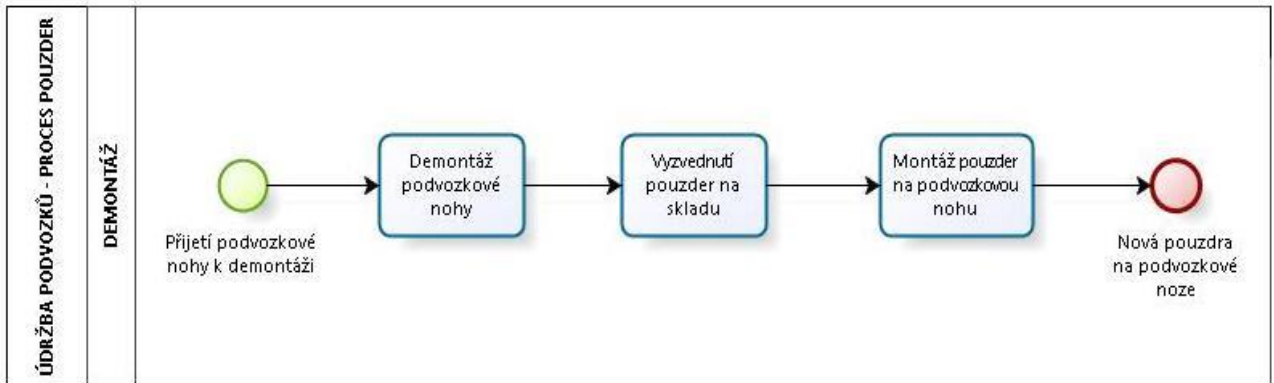
Poměr délek trvání aktivit s přidanou hodnotou a aktivit nepřidávající hodnotu se tedy razantně změnil. Délka trvání aktivit přidávajících hodnotu nově tvoří 77 % podíl na celkové délce trvání procesu (oproti původním 48,8 %). Hodnota VA-indexu při dávkové výrobě je tedy 77 %, jak ukazuje následující graf.

Graf 4: Poměr VA a NVA aktivit v dávkové výrobě, vlastní tvorba autorky



Tato změna nastavení procesu by zároveň umožnila zkrácení celkového času trvání údržby podvozku, neboť za současných podmínek dojde k demontáži a následně se čeká na vyhotovení pouzder a jejich kontroly na NDT a následné galvanické úpravě a teprve poté dojde k opětovné montáži sady pouzder na vnější válec hlavní podvozkové nohy tak, jak ukazuje procesní diagram 2 ve fázi definování. Mezi demontáží podvozku a opětovnou montáží pouzder na válec tak vzniká prostoj, který vytváří obrábění jedné sady pouzder (to trvá průměrně 11,5 hodin čili téměř 1,5 směny) a následné NDT a galvanické těchto pouzder, které nebylo součástí měření. Tohoto prostoje se lze díky dávkové výrobě zbavit, neboť pouzdra se vyrobí dopředu a ještě předtím, než jsou potřeba, dojde i k jejich galvanickému pokovení a kontrole NDT, a proto jsou pouzdra připravena k montáži ihned. Celý proces z pohledu demontáže tak při dávkovém nastavení obrábění vypadá tak, jak ukazuje procesní diagram v obrázku 17 (níže) – nedochází k čekání na vyhotovení pouzder a jejich následnou galvanickou úpravu, ale ve chvíli demontáže podvozku jsou už potřebná pouzdra k dispozici na skladě.

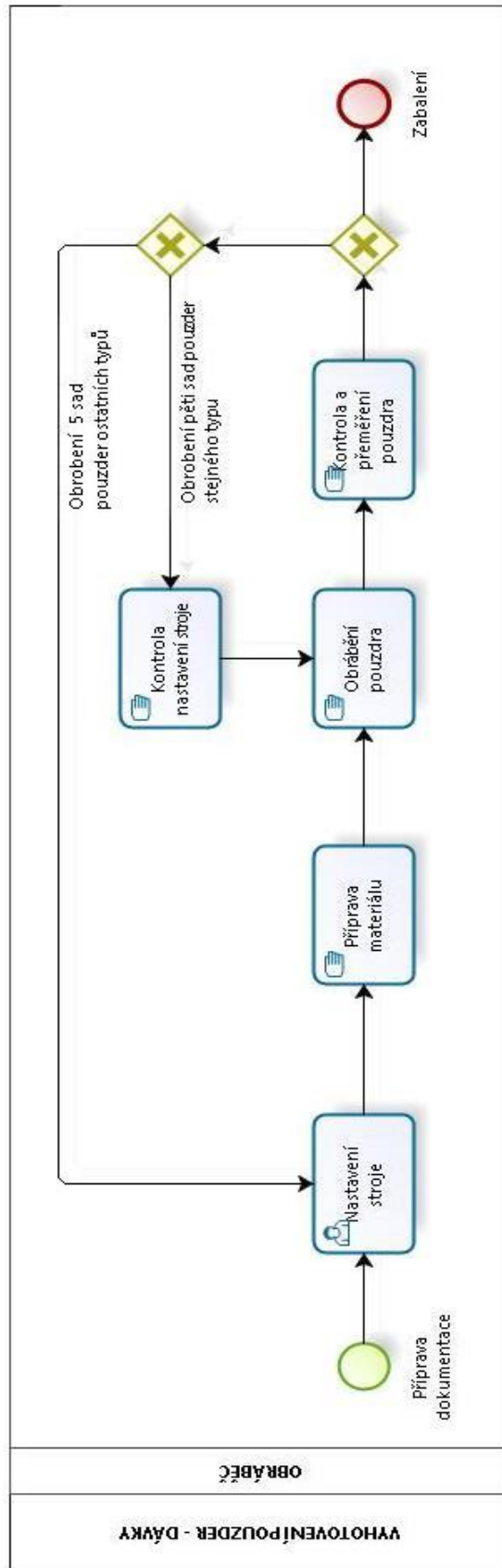
Obrázek 17: BPMN diagram – údržba podvozků po zavedení dávky, vlastní tvorba autorky



Powered by
bizagi
Modeler

Pro pracoviště strojního obrábění změna nastavení procesu znamená především to, že v rámci procesu obrábění dojde po aktivitě nastavení stroje k obrobení více kusů pouzder (5x více než v původním nastavení) daného typu a dále to, že obráběč nemusí čekat na vyhotovení specifikační karty, neboť k nastavení stroje stačí standardizovaná technická dokumentace, jak bylo uvedeno výše. Následující procesní diagram (obrázek 18) zobrazuje proces vyhotovení pouzder při aplikaci dávkové výroby.

Obrázek 18: BPMN diagram – obrobění pouzder po zavedení dávek, vlastní tvorba autorky



6.4.1 Odstranění plýtvání

Ve výše popsaném nastavení dávkové výroby se stále vyskytuje úzké místo, a to konkrétně v podobě čekání na materiál v potřebné velikosti pro daný typ pouzdra, který není v této velikosti vždy ihned k dispozici. Často proto dochází k tomu, že teprve probíhá jeho úprava na potřebnou velikost ve chvíli, kdy už je materiál potřebný na obrábění. Toto čekání je nahodilé a vyplývá z kapacity pracovníka, který materiál do potřebných délek řeže – četaře pracoviště strojního obrábění. V současné chvíli je vybraný materiál objednáván a dodáván ve 300 cm dlouhých válcích a následně řezán na 5 menších válců o délce 60 cm. Nařezat třímetrový materiál do potřebných délek zabere cca 3 hodiny, respektive 280 minut včetně přepravy a manipulace, ke které je navíc standardně potřeba dvou zaměstnanců, neboť materiál v tak velkém rozměru je velice těžký a je proto obtížné dostat ho na pilu. Nabízí se proto možnost materiál nakupovat rovnou nařezaný v potřebných délkách a rozměrech. Pro porovnání těchto dvou variant byly porovnány nákladové aspekty obou způsobů pro nejpoužívanější materiál na výrobu pouzder, které shrnuje tabulka 19. Náklady na současný způsob přípravy materiálu do požadovaného rozměru byly sestaveny součtem nákladů připadajících dodavateli a nákladů pracoviště strojního obrábění, k jejichž stanovení bylo mimo jiné potřeba sestavit hodinovou nákladovou sazbu zaměstnanců, kteří se na nařezání materiálu podílejí (tabulka 18). Ke stanovení výše mzdy, která byla pro kalkulaci použita, posloužily informace z pracovního trhu o ohodnocení na pozici obráběče, neboť zástupci společnosti XY považují tato data za citlivá. Výše zdravotního a sociálního pojištění vychází ze zákonné sazby, příplatky za vedení náležitosti pouze četaři oddělení. Ostatní položky kalkulace hodinové nákladové sazby byly stanoveny na základě informací ze sledované společnosti.

Tabulka 19: Výpočet hodinové nákladové sazby, vlastní tvorba autorky

Výpočet hodinové nákladové sazby		
Nákladové položky (měs.)	Četař	Obráběč
Mzda	28 000	28 000
Zdrav. a soc. pojištění	9 520	9 520
Příplatky za vedení	1 800	-
Penzijní připojištění	500	500
Školení	300	300
OOPP	200	200
Počítač + internet	500	500
Mobilní telefon	200	200
Σ Režijních nákladů	41 020	39 220
Kapacita (hod.)	148	148
HNS - Pracovníka	277	265

Následující tabulka č. 20 pak představuje samotné porovnání nákladů na variantu vlastní řezání nakoupeného materiálu (první sloupec) a na variantu nakoupení již nařezaného materiálu (druhý sloupec). Obě varianty se skládají z nákladů dodavateli a nákladů oddělení. V první variantě (vlastní řezání) představují cenu x množství materiálu (1200 €) a balné na jednu dodávku (35 €), což při převodu na Kč představuje zhruba 31 246 Kč. Náklady pracoviště strojního obrábění na nařezání materiálu byly stanoveny na základě hodinové nákladové sazby na zaměstnance, režijních nákladů (pilový list, který je potřeba vyměnit po nařezání jedné třímetrové role za nový; chladicí kapalina), nákladů prostoru a strojního vybavení. Položka řezání představuje 3 hodiny práce a položka přeprava 40 minut práce, obojí vykonáváno četařem pracoviště strojního obrábění, jehož hodinová nákladová sazba činí 277 Kč. Náklady na manipulaci jsou součtem nákladů za 45 minut práce tohoto zaměstnance a obráběče (jehož HNS je 265 Kč). Náklady na pilový list představují 474 Kč a jeho výměna, kterou opět provádí četař pracoviště, trvá hodinu. Chladicí kapalina, která se při řezání spotřebuje, představuje náklad ve výši 450 Kč. Do nákladů na řezání je zároveň potřeba připočítat náklady na prostory. Náklady spojené s materiálem a jeho nařezáním za současného nastavení tedy představují 35189 Kč.

Tabulka 20: Porovnání nákladů na materiál, vlastní tvorba autorky

Náklady na materiál (300 cm)		
	Vlastní řezání	Nákup nařezaného
Dodavatel		
cena materiálu (€)	1200	1200
balné (€)	35	35
cena za řez (€)	0	40
Náklady (€)	1235	1275
Náklady (Kč)	31245,5	32257,5
Odd. stroj. Obrábění		
řezání - N/práce (Kč)	831,5	0
manipulace - N/práce (Kč)	406,6	0
přeprava - N/práce (Kč)	184,8	184,8
pilový list - cena (Kč)	474,0	0
chladící kapalina - cena (Kč)	450,0	
výměna listu - N/práce (Kč)	277,2	0
Provoz - N/prostory (Kč)	1320,0	0
Náklady OSO	3944,0	184,8
Celkové náklady (OSO + dodavatel)	35189,5	32442,3

V případě druhé varianty, tedy nákupu již nařezaného materiálu, přibude v nákladech dodavateli cena za jeden řez, která představuje 10 € (tedy 40 € za 4 řezy na jednom válci). Oproti tomu ale nevzniknou náklady na řezání, manipulaci, pilový list a náklady na provoz strojního zařízení. Celkové náklady v tomto případě představují 32 442 Kč. Nákup již nařezaného materiálu je téměř o 2 747 Kč méně nákladný než vlastní řezání materiálu na pracovišti strojního obrábění. Výhodou varianty nákupu již nařezaného materiálu je zároveň otázka kvality řezu, neboť za současných podmínek řez na pracovišti strojního obrábění probíhá na klasické pile. Kvalita řezu tak neodpovídá kvalitě, jaká je výsledkem laserového řezání, které nabízí dodavatel. Mimo to v sobě nákup již nařezaného materiálu skýtá výhodu v tom smyslu, že se v procesu vyhotovení pouzder již nebude vyskytovat čekání na nařezání materiálu. V případě nakoupení již upraveného materiálu vzniknou náklady na skladování a dojde k vázání fi-

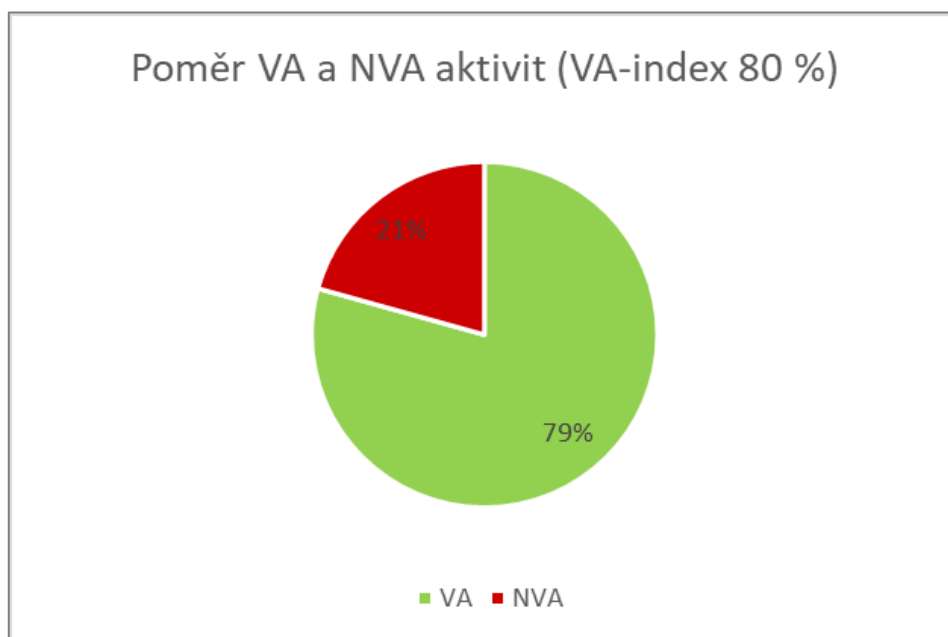
nančních prostředků v zásobách, jde nicméně o zanedbatelné položky. Spojením dávkové výroby pouzder a nákupu již nařezaného materiálu tak získáme nový poměr VA a NVA aktivit (zobrazený v následující tabulce 21), neboť se zbavíme čekání na nařezání materiálu.

Tabulka 21: Model dávky – odhad doby trvání při nákupu nařezaného materiálu, vlastní tvorba autorky

Dávková výroba 5 dávek 2. varianta		
Aktivita	Průměr (v sec.)	
Příprava dokumentace	511	NVA
Nastavení stroje	13941	NVA
Příprava materiálu	4457	NVA
Obrábění	93900	VA
Přeměření pouzdra	1007	VA
Kontrola nastavení stroje	3900	NVA
Zabalení pouzdra k dokumentaci	2337	VA
Úklid materiálu	2563	NVA
<i>Dávka celkem</i>	<i>122615</i>	<i>x</i>
Celkem v hodinách	34,1	x

Jelikož prostřednictvím nákupu již nařezaného materiálu dojde k úplnému odstranění plýtvání (ve formě čekání na nařezaný materiál), index přidané hodnoty by nově představoval ještě o něco více než při zavedení samotné dávkové výroby, a to konkrétně 80 %, jak znázorňuje následující graf č. 5.

Graf 5: VA-index procesu při dávkové výrobě a nákupu nařezaného materiálu



Aplikací nákupu již upraveného materiálu v potřebných velikostech rovněž dojde k odstranění úzkého místa ve formě zbytečného přenosu materiálu ze skladu materiálu na sklad na pracovišti strojního obrábění, jak znázorňuje špagetový diagram (obrázek č. 16). Nařezaný materiál je možné uskladnit rovnou na skladě na pracovišti strojního obrábění, čímž dojde k odstranění složité manipulace s velkými a těžkými kusy materiálu ze suterénního skladu.

6.4.2 Zavedení

Při aplikaci dávkového způsobu výroby by samozřejmě na počátku nastala časová nesrovnalost s vyrobenými pouzdry a zrovna potřebnými pouzdry na instalaci na podvozkové díly. Po zahájení dávkové výroby na jednu sadu pouzder musela montáž čekat déle než při samostatném vyhotovení jedné sady pouzder. Tuto nesrovnalost lze vyřešit započítáním dávkové výroby v letních měsících, kdy je celé pracoviště minimálně vytíženo kvůli sezónním vlivům, které nutí letecké společnosti dávat letouny do údržby a k opravám mimo jejich hlavní sezónu. Zároveň je potřeba obráběcí stroje používat i na nahodilé aktivity, které se v provozu vyskytují a které často vyplývají z nálezů koroze na letadlovém celku. Přerušovat dávkovou výrobu při jejím vykonávání by nedávalo smysl, neboť by se vytratila podstata co nejmenšího opakování aktivity nastavení obráběcího stroje. Stroje jsou ale na pracovišti k dispozici dva, jeden je tedy možné používat na ostatní aktivity, než je obrábění standardních pouzder a druhý vyčlenit právě pouze na vyhotovování pouzder po dávkách (v současnou chvíli se stroje střídají, není předem určeno, který má být na co použit).

Dávková výroba umožňuje, jak už bylo demonstrováno, obrobení většího počtu pouzder (respektive sad pouzder) za kratší dobu. Je třeba vzít v úvahu počet sad pouzder, která jsou průměrně potřebná za celý rok na sledovaném pracovišti (tj. 56 až 58 sad) a určit adekvátní počet sad pouzder, které by měly být k dispozici na skladě. Vyrábět celý rok na sklad by samozřejmě efektivitu procesu příliš nezvýšilo. Druhou variantou v rámci dávkové výroby proto je, vyrábět dávkově pouze v letních měsících, kdy, jak už bylo vysvětleno, není velký odbyt ve zkoumaném oboru. Dávková výroba by tak probíhala jen v období od začátku června do konce září za účelem toho, aby v těchto měsících narostla

produktivita práce a tak, aby pouzdra obrobená za tuto dobu byla upotřebena na opravách a v rámci údržby v následujících 12 měsících.

Výroba jedné dávky po pěti sadách pouzder se dá na jednom stroji při správné návaznosti provést během 5 pracovních dní, respektive během pěti osmihodinových směn. Všechny potřebných 58 (respektive 56) sad pouzder lze v rámci dávkové výroby obrobit během 60 pracovních dní, oproti tomu za původního nastavení procesu by k obrobení stejného počtu sad pouzder došlo během 90 pracovních dní. Při dávkové výrobě pouzder je tak možné vyhotovit 58 sad pouzder během července, srpna a září, kdy provoz na oddělení není vytížený. Červen je z plánu vynechán z důvodu každoročních plánovaných odstávek zařízení. V rámci plánu na rok 2018 jde konkrétně o rozmezí od 2. 7. do 25. 9. při dodržení návaznosti obrábění typů pouzder, která je zobrazena v tabulce č. 22.

Ze všech typů pouzder trvá nejdéle obrobit sada typu 860, která zabere více než jednu směnu. Výroba tohoto typu je proto rozdělena do dvou dní. Během prvního dne proběhne nastavení stroje pro výrobu daného typu, obrobení 4 z požadovaných 5 pouzder tohoto typu, jejich kontrole, zabalení a dalším potřebným aktivitám. K obrobení pátého pouzdra dojde až další den a následně během druhého dne obdobně dojde k nastavení stroje pro pouzdro typu 855 a obrobení jeho prvních 4 kusů, třetí den pak k obrobení pátého kusu tohoto typu. Dále během třetího dne dojde k obrobení všech pouzder v požadovaném počtu (čísla uvedená v závorkách) typu 920, 880, 890 a 910 včetně všech aktivit, které obrábění doprovázejí. Čtvrtý den se obrobí pouzdra následujících typů: 875, 900, 935 a 942, všechna v potřebném počtu a pátý den zbylé typy pouzder, tj. 940, 885, 867, 872. V každé směně je ponechána rezerva 40 až 60 minut pro úklid, prodloužení délky trvání některých aktivit a další události.

Tabulka 22: Návrh průběhu zavedení dávkové výroby, vlastní tvorba autorky

hod.	1			2			3			4			5			6			7			8		
min.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
1. den	první 4/5 typu 860																							
2. den	zbýv. 1/5 typu 860			první 4/5 typu 855																				
3. den	zbýv. 1/5 855			920 (20)			880 (10)			890 (10)			910 (15)											
4. den	875 (10)			900 (5)			935 (5)			942 (942)														
5. den	940 (5)			885 (10)			867 (10)			872 (10)														

6.5 Kontrola

Vzhledem k tomu, že návrh zlepšovateľského projektu nelze zavést dříve než v letních měsících tohoto roku, nebude možné v rámci této práce zkontrolovat průběh zavádění tohoto projektu a stejně tak kontrolu jeho zavádění, průběhu i výsledků. Práce je proto pouze soupisem doporučení pro sledovaný proces, respektive oddělení a společnost, která se týkají zvyšování efektivity práce a indexu přidané hodnoty sledovaného procesu, zkracování délky trvání procesu a odstranění plýtvání a dále stručným návodem na to, jak těchto doporučení docílit.

Závěr

Předmětem zkoumání v této diplomové práci je proces údržby letadlových podvozků ve sledované společnosti, respektive sub-proces výroby sady pouzder potřebné na tento podvozek. Cílem práce bylo sledování a zmapování současného stavu procesu, respektive sub-procesu, aplikace štíhlých principů na sledovaném oddělení, identifikace plýtvání v procesu a navržení vhodných doporučení, vedoucí k optimalizaci sledovaného procesu. K naplnění těchto cílů vedly kroky, které jsou detailně popsány v praktické části této práce a pro jejichž metodické uchopení byla použita metodika DMAIC (rámec pro zlepšovateľské projekty skládající se z pěti kroků – definování, měření, analyzování, zlepšení a kontrola).

První fáze, definování, tedy sleduje naplnění cíle sledování a zmapování procesu, popisuje současný stav, uvádí důležité informace o vybraném procesu a jeho jednotlivých krocích, pracovišti a produktu. V rámci druhého kroku (měření) jsou změřeny délky trvání jednotlivých aktivit sub-procesu a délka tohoto procesu jako celku. Tato fáze představuje základ pro následnou analýzu, která zkoumá poměr délek trvání jednotlivých aktivit na celku a dále především poměr délky trvání aktivit přidávajících a nepřidávajících hodnotu procesu na celkovém čase. Měření a závěry z analýzy prokázaly předpokládanou malou efektivitu procesu ve formě nízké hodnoty indexu přidané hodnoty. Analýza současného stavu dochází k závěru, že současný index přidané hodnoty netvoří ani 50 % a zároveň k tomu, že v celkovém procesu dochází k prodlužování průměrné délky jeho trvání nad hranici přijatelnosti. Rozdělení aktivit na aktivity s přidanou hodnotou a aktivity nepřidávající hodnotu a stanovení indexu přidané hodnoty představuje aplikaci štíhlých principů. Fáze zlepšování se pak věnuje návrhům optimalizace, které se týkají zvýšení indexu přidané hodnoty, odstranění plýtvání, jehož forma a rozsah jsou definovány v předchozích fázích metodiky a zkracování délky trvání sledovaného procesu. Hlavní doporučení plynoucí z této fáze je zavedení dávkové výroby pouzder ve sledovaném procesu na místo jejich výroby po jednotlivých sadách tak, jak tomu je při současném nastavení procesu, přičemž návrh dávek respektuje specifičnost prostředí

údržby. Zavedení dávkové výroby vede ke zkrácení doby trvání celkového procesu (respektive „lead time“), zvýšení indexu přidané hodnoty, odstranění části plýtvání a zkrácení délky trvání některých aktivit nepřidávajících hodnotu. Aplikace dávkové výroby podle návrhu v této práci zvyšuje index přidané hodnoty na 77 %. Další doporučení představuje nahrazení vlastního řezání používaného materiálu na výrobu pouzder nákupem již nařezaného materiálu od dodavatele, což se na základě výpočtů jeví jako méně nákladné, navíc je nakupování již nařezaného materiálu jednodušší pro manipulaci na oddělení a dále poskytuje potenciál k úplnému odstranění plýtvání ve formě čekání na nařezání materiálu. Spojením dávkové výroby a nákupu nařezaného materiálu dojde k dalšímu zvýšení indexu přidané hodnoty na 80 %. Součástí fáze zlepšování je i návrh způsobu zavedení dávkové výroby. Provoz se rovněž potýká s problémem malé vytíženosti v letních měsících, kdy není dostatek zakázek. Plán na zavedení a taktéž provedení dávkové výroby byl proto sestaven právě na ty tyto měsíce. Dávkovou výrobou je totiž potřebný počet dávek možné vyhotovit za 60 dní, což znamená, že všechna pouzdra potřebná pro následující rok mohou být obrobena během těchto měsíců a lze tak zamezit nízké vytíženosti pracoviště v tomto období. Dávková výroba rovněž umožňuje zkrácení celého procesu, neboť při procesu údržby podvozku již nebude potřeba čekat na vyhotovení pouzder. Fáze kontroly byla z časových důvodů vynechána, právě proto, že k aplikaci doporučení dojde až v letních měsících roku 2018.

Na závěr je třeba uvést, že práce vychází z předpokladu standardních výrobních rozměrů ložiskových pouzder. Tento princip však lze použít i v případě pouzder s upravenými rozměry na základě nálezočných prací. Pracovníci provozu vytipují skupinu ložisek, která se vyrobí jako polotovary a konečná úprava na finální rozměr bude zhotovena dle nových naměřených hodnot.

Cíle diplomové práce byly splněny, neboť zavedením popisovaných doporučení a návrhů dojde pomocí aplikace štíhlých principů ke zkrácení času procesu údržby letadlových podvozků, zvýšení efektivity sledovaného sub-procesu výroby pouzder ve formě zvýšení indexu přidané hodnoty, odstranění plýtvání ve formě čekání a zamezení malé vytíženosti sledovaného pracoviště během letních měsíců.

Seznam použité literatury

- [1] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.
- [2] *Controlling a manažerské účetnictví jako nástroj integrace v podnikovém řízení*. Praha: [ČVUT, Fakulta strojní, Ústav řízení a ekonomiky podniku], 2005. ISBN 80-01-03362-7.
- [3] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [4] JESTON, John. *Business process management: practical guidelines to successful implementation*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2008. ISBN 9780750686563.
- [5] BASL, Josef a Roman BLAŽÍČEK. *Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti*. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012, 323 s. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-4307-3.
- [6] ARTHUR, Jay. *Lean six sigma demystified*. New York: McGraw-Hill, c2007. McGraw-Hill "Demystified" series. ISBN 9780071486507.
- [7] DLABAČ, Jaroslav. Zlepšujete procesy? Vyberte správnou metodu!. *Cesta ke štitlému podniku: API Akademie* [online]. Slaný: API – Akademie produktivity a inovací, ©2005-2017 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25762n-zlepsujete-procesy-vyberte-spravnou-metodu>
- [8] JIRÁSEK, Jaroslav. *Štíhlá výroba*. Praha: Grada, 1998. ISBN 9788071693949.
- [9] BEJČKOVÁ, Jana. Frederick W. Taylor - "otec vědeckého řízení". In: *API – Akademie produktivity a inovací* [online]. Želečnice 5, 274 01 Slaný: API – Akademie produktivity a inovací, 2015 [cit. 2018-01-31]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25767n-frederick-winslow-taylor-quot-otec-vedeckeho-rizeni-quot>
- [10] WANG, Shucui. *Improving China Department Stores Through Total Quality Management*. DOI: 10.1080/10971475.2016.1227182. ISBN 10.1080/10971475.2016.1227182. Dostupné také z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10971475.2016.1227182>
- [11] ALTINKEMER, Kemal, Yasin OZCELIK a Zafer D. OZDEMIR. *Productivity and Performance Effects of Business Process Reengineering: A Firm-Level Analysis*. DOI:

- 10.2753/MIS0742-1222270405. ISBN 10.2753/MIS0742-1222270405. Dostupné také z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.2753/MIS0742-1222270405>
- [12] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.
- [13] DLABAČ, Jaroslav. Přidejme hodnotu svým procesům. In: *API – Akademie produktivity a inovací* [online]. Slaný: API – Akademie produktivity a inovací, Copyright©2005-2017, 27.11.2017 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25878n-pridejme-hodnotu-svym-procesum>
- [14] KISTER, Timothy C. a Bruce. HAWKINS. *Maintenance planning and scheduling: streamline your organization for a lean environment* [online]. Boston: Elsevier Butterworth – Heinemann, c2006 [cit. 2017-04-28]. ISBN 978-0-7506-7832-2.
- [15] Jednotlivé metody a nástroje (Q-Z). *Academy of Productivity and Innovations* [online]. © 2005-2017 [cit. 2017-11-21]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/24886-jednotlive-metody-a-nastroje-a-ch>
- [16] BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [17] SRINIVASAN, Mandyam M., Melissa R. BOWERS a Kenneth C. GILBERT. *Lean Maintenance Repair and Overhaul: changing the way you do business*. New York: McGraw-Hill Education, 2014. ISBN 978-0-07178994-3
- [18] MAŠÍN, Ivan. *Mapování hodnotového toku ve výrobních procesech*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2003. ISBN 80-902235-9-1.
- [19] DLABAČ, Jaroslav. Cesta ke štíhlému podniku. *Cesta ke štíhlému podniku: API Akademie* [online]. Slaný: API – Akademie produktivity a inovací, ©2005-2017, 3.10.2015 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25793n-cesta-ke-stihlemu-podniku>
- [20] DLABAČ, Jaroslav. Analýza a měření práce. *Cesta ke štíhlému podniku: API Akademie* [online]. Slaný: API – Akademie produktivity a inovací, ©2005-2017, 29.10.2015 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- [21] WILSON, Lonnie. *How to implement lean manufacturing*. New York: McGraw-Hill, c2010. ISBN 978-0-07-162507-4.

- [22] SWEENEY, Benjamin. *Lean quickstart guide: the simplified beginner's guide to lean*. 2nd edition. Albany, NY: ClydeBank Media, 2017. ISBN 978-194-5051-166.
- [23] KANISOVÁ, Hana a Miroslav MÜLLER. *UML srozumitelně*. 2., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2006, 176 s. ISBN 80-251-1083
- [24] Business Process Model and Notation (BPMN). In: *OMG: Object Management Group* [online]. Needham, MA: The Object Management Group®, ©2018, 3.1.2011 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>
- [25] OPLETALOVÁ, Michaela. *Lean Manufacturing* (přednáška) Praha: ČVUT, MÚVS, 8.4.2017
- [26] DLABAČ, Jaroslav. Analýza a normování práce je pro velkou část českých firem stále aktuálnějším tématem. *Cesta ke štíhlému podniku: API Akademie* [online]. Slaný: API – Akademie produktivity a inovací, ©2005-2017, 23.3.2017 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25840n-analyza-a-normovani-prace-je-pro-velkou-cast-ceskych-firem-stale-aktualnejsim-tematem>
- [27] PAVELKA, Marcel. Výrobní systém: budoucnost nebo přežitek?. *Cesta ke štíhlému podniku: API Akademie* [online]. Slaný: API – Akademie produktivity a inovací, ©2005-2017, 10.9.2015 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25756n-vyrobní-system-budoucnost-nebo-prezitek>
- [28] MILLER, Lawrence M. *Getting to Lean: Transformational Change Management*. 2. United States of America: Miller Management Press, 2013. ISBN 978-0-578-12181-9.
- [29] Metody a nástroje. *Cesta ke štíhlému podniku: API Akademie* [online]. Slaný: API – Akademie produktivity a inovací, ©2005-2017 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/24882-metody-a-nastroje>
- [30] DE ASSIS MOURÃO JÚNIOR, Francisco, Edílson MARQUES MAGALHÃES a Tirso Lorenzo REYES CARVAJA. Proposal of Cost Reduction in the Production Process of Soft Drinks Concentrate from Tholor do Brasil based on the Use of Integrated PDCA/DMAIC Tools. *Business Management Dynamics*. ©Society for Business and Management Dynamics, 2016, 6(1), 36-54. ISSN 2047-7031.
- [31] GUPTA, Anshu, Pallavi SHARMA, S. C. MALIK, Neha AGARWAL a P. C. JHA. *Productivity Improvement in the Chassis Preparation Stage of the Amplifier Production Process: A DMAIC Six Sigma Methodology*. DOI: 10.1142/S021853931640012X. ISBN 10.1142/S021853931640012X. Dostupné také z: <http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S021853931640012X>
- [32] SIMON, Kerri. SIPOC Diagram. *iSixSigma: Six Sigma Resources for Six Sigma Quality* [online]. Ridgefield, Connecticut: © Copyright iSixSigma, ©2000-2018

[cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <https://www.isixsigma.com/tools-templates/si-poc-copis/sipoc-diagram/>

[33] DE MAST, Jeroen a Joran LOKKERBOL. An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*. Plantage Muidergracht 12, 1018TV Amsterdam, The Netherlands: University of Amsterdam, Institute for Business and Industrial Statistics, 2012, 139(2), 604-614.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Uspořádání pracovišť, [1, s. 43].....	10
Obrázek 2: Spaghetti diagram, [22, s. 96].....	22
Obrázek 3: Ikony užívané v BPMN, [3, s. 139].....	23
Obrázek 4: Typy brán v BPMN, [23, s. 30].....	24
Obrázek 5: Příklad SIPOC diagramu, [3, s. 133]	32
Obrázek 6: Diagram rybí kosti krok po kroku, [6, s. 117]	34
Obrázek 7:Tradiční diagram rybí kosti, [6, s. 113].....	34
Obrázek 8: Hlavní válec podvozkové nohy, zdroj: Společnost XY	38
Obrázek 9: BPMN diagram – údržba podvozku	40
Obrázek 10: Údržba letadlových celků	41
Obrázek 11: Údržba podvozků (příjem podvozku od zákazníka).....	42
Obrázek 12: BPMN diagram vyhotovení pouzder	44
Obrázek 13: SIPOC diagram sledovaného procesu.....	45
Obrázek 14: Diagram rybí kosti – příčiny prodloužení času, vlastní tvorba autorky	47
Obrázek 15: Diagram rybí kosti – příčiny nízkého VA-indexu, vlastní tvorba autorky	62
Obrázek 16: Spaghetti diagram pohybu materiálu na pracovišti, vlastní tvorba autorky	63
Obrázek 17: BPMN diagram – údržba podvozků po zavedení dávek, vlastní tvorba autorky	68
Obrázek 18: BPMN diagram – obrobení pouzder po zavedení dávek, vlastní tvorba autorky	69

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vzorová tabulka pro měření, vlastní tvorba autorky	48
Tabulka 2: Měření pouzdra typu 855, vlastní tvorba autorky	50
Tabulka 3: Měření pouzdra typu 860, vlastní tvorba autorky	51
Tabulka 4: Měření pouzder typu 920, vlastní tvorba autorky	51
Tabulka 5: Měření pouzder typu 880, vlastní tvorba autorky	52
Tabulka 6: Měření pouzder typu 875, vlastní tvorba autorky	52
Tabulka 7: Měření pouzder typu 890, vlastní tvorba autorky	53
Tabulka 8: Měření pouzder typu 910, vlastní tvorba autorky	53
Tabulka 9: Měření pouzder typu 900, vlastní tvorba autorky	54
Tabulka 10: Měření pouzdra typu 935, vlastní tvorba autorky	54
Tabulka 11: Měření pouzder typu 942, vlastní tvorba autorky	55
Tabulka 12: Měření pouzdra typu 940, vlastní tvorba autorky	55
Tabulka 13: Měření pouzder typu 885, vlastní tvorba autorky	56
Tabulka 14: Měření pouzder typu 867, vlastní tvorba autorky	56
Tabulka 15: Měření pouzder typu 872, vlastní tvorba autorky	56
Tabulka 16: Měření celkem, vlastní tvorba autorky	58
Tabulka 17: Model dávky – odhad doby trvání, vlastní tvorba autorky	64
Tabulka 18: Porovnání délek trvání jednotlivých aktivitů sad a dávek, vlastní tvorba autorky	65
Tabulka 19: Výpočet hodinové nákladové sazby, vlastní tvorba autorky	71
Tabulka 20: Porovnání nákladů na materiál, vlastní tvorba autorky	72
Tabulka 21: Model dávky – odhad doby trvání při nákupu nařezaného materiálu, vlastní tvorba autorky	73
Tabulka 22: Návrh průběhu zavedení dávkové výroby, vlastní tvorba autorky	76

