

Zvýšení výrobní efektivity linky ve společnosti WOCO STV s. r. o

Bc. Martin Zdráhala

Diplomová práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Zdráhala**
Osobní číslo: **M16468**
Studijní program: **N6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Zvýšení výrobní efektivity linky ve společnosti WOCO STV s. r. o.**

Zásady pro vypracování:

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši z dané oblasti a formulujte teoretická východiska pro zpracování analýzy a projektové části.

II. Praktická část

- Zpracujte analýzu současného stavu výrobní linky.
- Na základě analýzy současného stavu zpracujte výrobní simulaci a navrhněte možná řešení k dané problematice.
- Vypracujte studii k projektovému řešení zvýšení efektivity výrobní linky.

Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**
Rozsah příloh:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

BAUER, Miroslav. Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě. Brno: BizBooks, 2012, 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.

KENNEDY, Ross Kenneth. Understanding, measuring, and improving overall equipment effectiveness: how OEE drives significant process improvement. Boca Raton, FL: Taylor and Francis, CRC Press, 2018. ISBN 978-1-13805420-2.

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.

MAŠÍN, Ivan. Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štíhlé výroby. Liberec: Institut technologií a managementu, 2005, 106 s. ISBN 80-903533-1-2.

ZANDIN, Kjell B. MOST work measurement systems. 3rd ed., rev. and expanded. Boca Raton: CRC Press/Taylor and Francis, 2003, 519 s. Industrial engineering. ISBN 0-8247-0953-5.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Pivnička, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
Datum zadání diplomové práce: **15. prosince 2017**
Termín odevzdání diplomové práce: **17. dubna 2018**

Ve Zlíně dne 15. prosince 2017



doc. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Felicity Chromjaková, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prohlašuji, že


- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

1. že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 12.4.2018

Jméno a příjmení: MARTIN ZDRÁHALA


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Tématem této diplomové práce je zvýšení výrobní efektivnosti linky ve společnosti WOCO STV s. r. o. Hlavním cílem diplomové práce je zvýšení výrobní efektivnosti linky s ohledem na požadavek zákazníka. Teoretická část diplomové práce se zaměřuje na teoretická východiska související s oblastí průmyslového inženýrství – historie, rozdělení průmyslového inženýrství, metody a pojmy zahrnuté v praktické části, celkovou efektivnost zařízení a počítačovou simulaci výroby. Tato teoretická východiska slouží jako podklad pro praktickou část, která se skládá z analýzy současného stavu a projektového řešení. Na základě analýzy současného stavu je popsán současný stav výrobní linky a zpracována výrobní simulace. Výstupem analýzy současného stavu bylo odhalení nedostatků a návrh opatření, která vedou ke zvýšení výrobní efektivnosti linky s cílem splnit požadavek zákazníka. Na základě výsledků analytické části je zpracován projekt, který obsahuje konkrétní řešení návrhů vedoucích ke splnění cíle.

Klíčová slova: Průmyslové inženýrství, analýza a měření práce, MOST, snímek pracovního dne, kanban, kaizen, celková efektivnost zařízení, počítačová simulace výroby.

ABSTRACT

The aim of this thesis is Improving production efficiency of production line in company WOCO STV s. r. o with regard to customer requirements. Theoretical part of this thesis focused on topic industrial engineering – history, dividing of industrial engineering, methods and concepts include in practical part, overall equipment efficiency, production simulation. On the basis of the theoretical part is processed the practical part which consists of analysis of current state and the project. On the base of analysis of current state is described current state of the production line and processed simulation of production Output of analysis of current state is revealing problems of production line and designing measures leading to improving efficiency of the line with regard to customer requirements. On the basis of analytical part output sis processed project which includes specific solutions leads to main goal of this thesis.

Keywords: Industrial Engineering, Work Measurements Methods, Time and Motion Study, Kanban, Kaizen, Overall Equipment efficiency, simulation of production

Poděkování, motto a čestné prohlášení, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné ve znění:

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	10
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ.....	13
1.1 HISTORIE PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ	14
1.1.1 Klasické průmyslové inženýrství	15
1.1.2 Moderní průmyslové inženýrství	16
1.2 PRŮMYSLOVÝ INŽENÝR.....	17
2 VYBRANÉ METODY A POJMY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ.....	20
2.1 MĚŘENÍ PRÁCE	20
2.1.1 Snímek pracovního dne.....	22
2.1.2 MOST.....	23
2.2 KAIZEN	29
2.3 JUST IN TIME - KANBAN.....	31
3 CELKOVÁ EFEKTIVNOST ZAŘÍZENÍ.....	33
3.1 VÝPOČET CELKOVÉ EFEKTIVNOSTI ZAŘÍZENÍ	35
3.1.1 Výpočet pomocí modelu časových ztrát	35
3.1.2 Výpočet pomocí rovnic	36
4 POČÍTAČOVÁ SIMULACE VÝROBNÍCH PROCESŮ	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	41
5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI WOCO.....	42
5.1 WOCO STV S. R. O. – VSETÍN	42
6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	44
6.1 PŘEDSTAVENÍ LINKY A1	44
6.2 CHARAKTERISTIKA VÝROBKU	45
6.2.1 Popis artiklů	45
6.3 POPIS JEDNOTLIVÝCH PRACOVÍŠŤ – PRACOVNÍ POSTUP	47
6.4 ANALÝZA MĚŘENÍ PRÁCE	48
6.4.1 Snímek pracovního dne.....	48
6.4.1.1 Zhodnocení snímku pracovního dne.....	49
6.4.2 Analýza prostoje linky A1	50
6.4.3 MOST.....	52
6.4.3.1 Stanice 1.....	52
6.4.3.2 Stanice 2.....	54
6.4.3.3 Pracoviště balení	55
6.4.3.4 Doplnování materiálu	56
6.4.3.5 Stanice 3,4,5,6.....	56
6.4.4 Shrnutí analýzy MOST	58
6.5 5S AUDIT	59
6.6 VÝPOČET CELKOVÉ EFEKTIVNOSTI ZAŘÍZENÍ	62
6.6.1 Zhodnocení výsledku CEZ.....	63

6.7	OVĚŘENÍ NORMY	63
6.8	VÝROBNÍ SIMULACE	64
6.9	ANALÝZA OBJEDNÁVEK	69
6.10	SHRnutí ANALÝZY SOUČASNÉHO STAVU	70
7	PROJEKTOVÁ ČÁST.....	71
7.1	HARMONOGRAM PROJEKTU	71
7.2	CÍLE PROJEKTU	71
7.3	RIPRAN ANALÝZA.....	72
7.4	LOGICKÝ RÁMEC	72
7.5	SWOT ANALÝZA	72
7.6	KANBAN.....	73
7.6.1	Artikl X1	73
7.7	ARTIKL X2	75
7.8	ARTIKL X3	77
7.8.1	Vyhodnocení přínosu kanbanu.....	78
7.9	SNÍŽENÍ PROCESNÍHO ČASU STANIC	80
7.9.1	Vyčíslení zlepšení	81
7.10	PŘIDÁNÍ MECHANICKÝCH VOZÍKŮ	82
7.10.1	Shrnutí vylepšení a jejich celkový vliv na výstup.....	83
7.11	ZDVOJENÍ LINKY	85
7.11.1	Určení místa	86
7.11.2	Přesun pracovišť a jejich uspořádání	86
7.11.3	Obslužnost linky.....	90
7.12	ODSTRANĚNÍ NEDOSTATKŮ Z 5S AUDITU	92
7.13	ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ PROJEKTU	92
	ZÁVĚR	95
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	96
	SEZNAM OBRÁZKŮ	100
	SEZNAM TABULEK.....	102
	SEZNAM PŘÍLOH.....	103

ÚVOD

Automobilový průmysl a průmyslové inženýrství jsou pojmy, které spolu významně souvisejí. I když samotný princip průmyslového inženýrství můžeme hledat již v počátcích lidstva, byl to právě automobilový průmysl a především společnost Toyota a její výrobní systém Toyota, který určil směr tohoto vědního oboru.

Automobilový průmysl je jedním z nejdůležitějších odvětví průmyslu v České republice. Neustále se zvětšující růst automobilového průmyslu klade stále větší nároky na společnost z hlediska objemu, kvality výroby či využívání zdrojů, ať už lidských, finančních nebo materiálních. Z tohoto důvodu se v dnešní době stále častěji setkáváme s pojmem průmyslové inženýrství, které se díky svému „lean přístupu“ snaží o maximální využívání těchto zdrojů, s cílem neustále se zvětšující efektivity výroby, výrobního procesu, což je i směr této diplomové práce.

V teoretické části jsou zpracovány teoretická východiska související s tématem průmyslového inženýrství a výrobní efektivity. Důraz je kladen především na metody průmyslového inženýrství (analýza měření práce, kanban, simulace výroby atd.) a celkovou efektivnost výroby (CEZ), tedy pojmy které souvisí s projektovou částí diplomové práce.

Praktická část se skládá z analýzy současného stavu, kdy je pomocí metod popsaných v teoretické části současný stav linky, na jehož základě je určena celková efektivnost zařízení a následně zpracována výrobní simulace současného stavu. Na základě analýzy současného stavu je zpracován projekt, jehož cílem je odstranění nedostatků a implementaci možných zlepšení navržených dle analýzy současného stavu, vedoucí ke zvýšení výrobní efektivity linky s cílem dostát požadavkům zákazníka.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Cílem této diplomové práce je na základě analýzy současného stavu a výrobní simulace zvýšení výrobní efektivity linky, vedoucí ke splnění zákaznického požadavku v následujících letech.

Na základě analýzy současného stavu a zjištěných nedostatků je zpracována výrobní simulace, která slouží jako nástroj pro popis současného stavu linky a jako východisko pro určení zákaznického požadavku a jeho plnění v následujících letech. Na základě analýzy současného stavu a výrobní simulace jsou identifikovány nedostatky a navržena potenciální vylepšení vedoucí k odstranění těchto nedostatků a zvýšení výrobní efektivity linky. Na základě těchto znalostí je následně zpracován projekt, který si klade za cíl odstranit tyto nedostatky a implementovat možná vylepšení. Celkovým výstupem projektu je zvýšení výrobní efektivity linky, díky čemuž bude splněn požadavek zákazníka.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Základ průmyslového inženýrství můžeme hledat již v samotných počátcích lidstva. Lidé se vždy snažili vylepšit svůj způsob života lepším využíváním zdrojů (výroba nástrojů, stavba, lov atd.), což mělo za následek zvyšování produktivity, eliminaci plýtvání zdrojů a neustálé zvyšování jejich životního standardu. Tento neustálý hon k vyšší produktivitě vedl v minulém století ke vzniku průmyslového inženýrství. (Khan, 2007, s. 1)

Pokud se zaměříme na pojem průmyslové inženýrství, tak téměř ve všech publikacích narazíme na slovní spojení – interdisciplinární obor, který se zabývá, jak uvádí Khan (2007, s. 1) či Mašín a Vytlačil (2000a, s. 81) projektováním, zaváděním a zlepšováním integrovaných systémů týkajících se strojů, lidí, energií a materiálu, využívající znalosti z matematických, fyzikálních, sociálních věd i managementu.

Mašín (2005, s. 65) doplňuje, že se jedná především o vědní obor, který se zabývá hledáním způsobu jak lépe provádět práci, především odstraněním plýtvání, nepravidelností a iracionality, které vedou k přetěžování pracovišť.

Zajímavý pohled na průmyslové inženýrství přináší Manek (2002, s. 1), kde k výše uvedeným definicím dodává, že se jedná o unikátní propojení technologie a managementu, technologie a ekonomiky, technologie a vědy. Průmyslové inženýrství zahrnuje širokou oblast podnikání, průmyslu a institucí. Může být aplikováno téměř v každém typu organizace od banky, nemocnice až k vládním institucím. Jedná se o účinný nástroj managementu, který má za úkol zvýšení produktivity pomocí reorganizace práce a metod, které obvykle vyžadují žádné nebo nízké investice. Celou definici shrnuje v jedné větě: „*Průmyslové inženýrství se zabývá lidmi stejně jako věcmi*“ (Manek, 2002, s. 1)

Jak uvádí Mašín a Vytlačil (2000a, s. 82) průmyslové inženýrství pokrývá tři hlavní aktivity v podniku - projektování, zavádění a zlepšování. Jedná se také o nejmladší inženýrský obor (PI vzniklo v 50. letech minulého století, do ČR se dostává až po roce 1989), který se neustále vyvíjí, díky čemuž pružněji reaguje na změny, což představuje výhodu ve srovnání s ostatními vědními obory.

S ohledem na techniky a metody, které se využívají v průmyslovém inženýrství, by podle Patila (2008, s. 6) každý, kdo je zodpovědný za použití technik a metod, měl mít především touhu, odhodlání a schopnost produkovat výsledky. Patil zdůrazňuje tři hlavní faktory, které je třeba vždy brát úvahu v souvislosti s metodami a technikami – ekonomický,

technický a lidský faktor. Nejdůležitějším faktorem, který bývá často opomenut, je především lidský faktor, jenž by vždy měl hrát důležitou roli v mysli průmyslového inženýra.

Jako hlavní metody a techniky průmyslového inženýrství, které pokrývají tři výše zmíněné hlavní aktivity a faktory v podniku, Mašín a Vytlačil (2000a, s. 82) uvádějí čtyři skupiny:

1. Plánování navrhování a řízení – činnosti zahrnující měření a analyzování práce, kapacitní propočty, odměňování
2. Lidský rozměr – ergonomie, projektování výrobních týmů, zlepšování procesů
3. Technologické aspekty – výrobní buňky s ohledem na určité aspekty
4. Kvantitativní a kreativní metody – výrobní simulace, průmyslová moderace

1.1 Historie průmyslového inženýrství

Průmyslové inženýrství, tak jak ho známe dnes, prošlo dlouhým vývojem. Dnešní „pokročilé průmyslové inženýrství“ prošlo dle Raviho (2015, s. 4) pěti fázemi:

1. Před průmyslovou revolucí (konec 18 - začátek 19 století) – žádný průmysl, továrny, pouze řemeslníci, kteří využívali základní nástroje.
2. Průmyslová revoluce (začátek 19 – konec 19 století) – velká průmyslová revoluce měla za následek velký technologický pokrok. Významné vynálezy v čele s parním strojem výrazně změnily tehdejší tvář průmyslu.
3. Fáze vědeckého managementu (konec 19. století – rok 1940) Frederick Taylor, jako otec vědeckého managementu svým vědeckým přístupem k analýze práce výrazně ovlivnil průmyslové inženýrství a mnoho dalších expertů, kteří z jeho práce čerpali (Ford, Gant, Frank a Lilian Gilbertovi). V této etapě také vznikly důležité prvky průmyslového inženýrství jako statistická kontrola kvality, kontrola stavu zásob či layout.
4. Operativní výzkum a kvantitativní metody (1940 – 1980) – operativní výzkum představoval velký zlom pro průmyslové inženýrství. Metody jako lineární programování, transportní problém, teorie her měly za následek efektivnější využívání zdrojů. V této době byly také položeny základy síťové analýzy, metody CPM (metoda kritické cesty) a metody PERT.
5. Automatizace a informační technologie – (1980 – současnost) – pokrok v informačních technologiích výrazně změnil postoj ve všech lidských činnostech a průmyslové inženýrství není výjimkou. Automatizace a IT technologie vedly k obrov-

skému nárůstu efektivity, k vyšší pružnosti a také novému, širšímu pohledu na zákazníky.

Nové tisíciletí, rychle rostoucí ekonomiky, a všeobecné nové přístupy k „businessu“ sebou přinášejí velké změny, které jak tvrdí Maynard a Zandin (2015, s. 1.16) výrazně ovlivní průmyslové inženýrství. Role průmyslového inženýra se v posledních 20 letech změnila a ještě určitě změní.

Rychlý nárůst technologií a s ním spojený nárůst konkurence, povede ke vzniku nových produktů, služeb. K těmto novým produktům a službám vzniknou jako komplementy nové metody pro rozhodování - nové přístupy k řízení práce a managementu či změny organizační struktury. Pro průmyslové inženýrství bude důležité získávat a udržovat znalosti v tomto nově vzniklém prostředí, což představuje jednu z největších výzev pro průmyslové inženýrství v budoucnosti. (Maynard, Zandin, 2015 s. 1.16).

Podle Mašina a Vytlačila (2000a, s. 115) všechny vyspělé země za poslední století přijaly průmyslové inženýrství jako hlavní obor potřebný k růstu produktivity. Především Japonsko, Amerika, Německo byly země, které integrovaly průmyslové inženýrství do praxe.

Jak uvádí Mašín a Vytlačil (2000a, s. 115), tak se uplatnění průmyslové inženýrství až na malé drobnosti příliš neliší v těchto zemích, přesto lze na základě těchto rozdílů určit tři základní školy tohoto oboru – Americká, Japonská, Německá škola.

Ovšem jak uvádí Tuček a Bobák (2006, s. 106) mnoho autorů průmyslové inženýrství rozlišuje především na klasické a moderní.

1.1.1 Klasické průmyslové inženýrství

Ke klasickému průmyslovému inženýrství přistupujeme pomocí dvou základních fází, studium práce a operační výzkum (operační analýza). (Mašín, Vytlačil. 2000, s. 89)

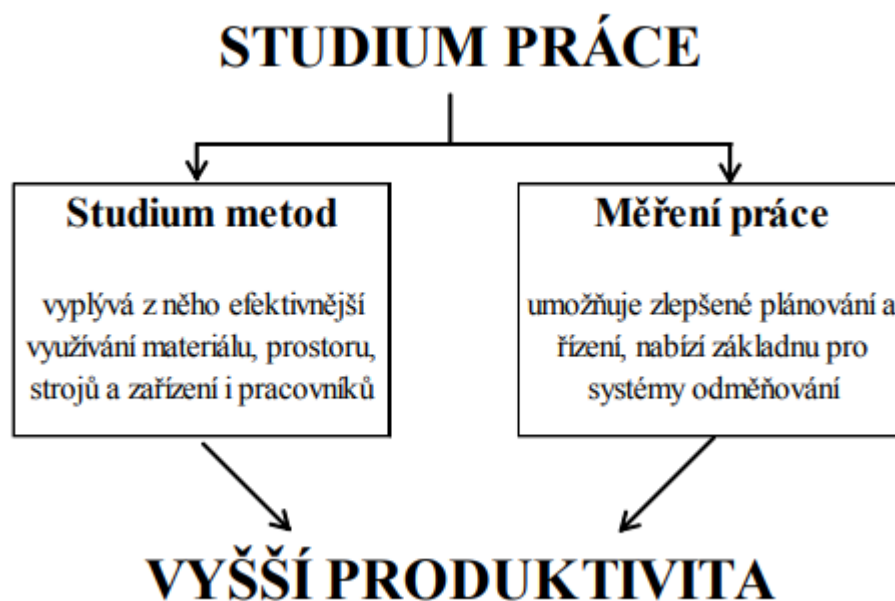
Podle Raviho (2015, s. 4,9) se průmyslové inženýrství začalo zabývat metodami operačního výzkumu v 80. letech 20. století. Cílem operačního výzkumu je nalézt co nejlepší řešení daného problému na základě určitých omezení pomocí různých metod operační analýzy.

Patil (2008, s. 5) a Ravi (2015, s. 9) uvádějí jako nejčastější metody operační analýzy, které průmyslové inženýrství využívá tyto metody:

- Lineární programování
- Simulační modely

- Modely hromadné obsluhy
- Síťová analýza
- Distribuční úlohy
- Teorie her

Jak uvádí Mašín a Vytlačil (2000a, s. 89) cílem studia práce je maximální využití všech zdrojů, které daný podnik nabízí. Důležitou částí je sběr informací, které jsou potřeba ke zvyšování produktivity. Základem pro studium práce jsou dvě techniky – studium pracovních metod (method study) a měření práce (work measurement).



Obrázek 1 Studium práce – rozdělení (Mašín a Vytlačil, 2000, s. 90)

1.1.2 Moderní průmyslové inženýrství

V dnešní dynamické, konkurenční době nachází uplatnění především moderní průmyslové inženýrství, které vychází z praxe světových podniků a především s výrobního systému Toyota. (Tuček a Bobák, 2006, s. 106)

Mašín a Vytlačil (2000a, s. 95) uvádějí, že moderní průmyslové inženýrství na rozdíl od klasického je založeno více na komplexnější metody oproti jasně definovaným klasickým metodám. U moderního průmyslového inženýrství je složité najít určité pevné obrysy, jelikož hlavním faktorem je člověk, který vykonává svou práci. Velmi výrazným znakem moderního průmyslového inženýrství jsou nefyzické investice, jako jsou rozvoj pracovníků či rozvoj organizační struktury. Těmto nefyzickým investicím, by mělo být dáváno mnohem

více prostoru, než investicím fyzickým. Moderní průmyslové inženýrství je založeno na principu socio technickém, který slouží k trvalému rozvoji produktivity. Jako hlavní metody se kromě studia práce uplatňují metody zabývající se:

- Zvyšováním kvalifikace zaměstnanců
- Zlepšováním organizačních systémů
- Zvyšováním dynamiky zlepšování procesů a odstranění plýtvání
- Skutečnému zajišťování kvality (od vývoje až po výrobu)
- Měřením a hodnocením produktivity

Konkrétním příkladem těchto metod mohou být například metody moderního průmyslového inženýrství, které uvádí Tuček a Bobák (2006, s. 109-110):

- Projektování a realizace výrobních buněk
- Simultánní inženýrství
- Poka – Yoke
- TPM
- SMED
- Simulace výrobních systémů
- Měření produktivity
- Průmyslová moderace

1.2 Průmyslový inženýr

V dnešní době dle Maneka (2002, s. 1) je pohled na průmyslového inženýra jako „*STOP WATCH ENGINEER*“ (volně přeloženo jako inženýr se stopkami) již nedostačující, vzhledem k širokému spektru činností, které průmyslový inženýr pokrývá.

Průmysloví inženýři se často setkávají s otázkou, co vlastně průmysloví inženýři dělají? Definice průmyslového inženýrství toho v takovém případě moc neprozradí. Na světě neexistuje taková profese, která je tak široce definována a mnohdy i špatně chápána. Zvyšovatelé produktivity, experti na kontinuální zlepšování procesů, procesní experti, projektoví manažeři, to je jen malý výčet možností, jak by měli být průmysloví inženýři chápáni vzhledem k jejich profesi. (Maynard, Zandin, 2015, s. 1.21 – 1.23)

Maynard a Zandin (2015, s. 1.23) definují roli průmyslového inženýra jako tzv. **TROUBLESHOOTER**, tedy řešitele problémů. V praxi se velice často setkáváme se situacemi, nemůžeme přijít na to co je špatně, necháme to tedy vyřešit průmyslové inženýry.

Mašín s Vytlačilem (2000a, s. 84) rozdělují práci průmyslového inženýra do několika rolí. Průmyslový inženýr je především zprostředkovatel mezi zástupci nejvyššího managementu a ostatními pracovníky. Plní tedy funkci tlumočnicka nejenom shora dolů, ale i v opačném případě zdola na horu. V každé roli je pro průmyslové inženýry důležitý určitý nadhled, jelikož ostatní odborníci se dívají jen jedním, „tím svým směrem“, a nevidí širší souvislosti, které dané řešení nabízí. Zde by měl svou práci průmyslový inženýr zasáhnout.

Zajímavou funkcí, kterou průmysloví inženýři plní je funkce tzv. nárazníku. Průmysloví inženýři nepracují jenom se stroji a technikou, ale především s pracovníky s různou úrovní motivace. Je nějaký problém na pracovišti? Efektivita pracovníka je příliš nízká či vysoká, zde nastupuje průmyslový inženýr, který se snaží nedostatky odstranit. Pravděpodobně narazí na neochotu spolupracovat, či dokonce na odpor. V takovém případě je důležité pracovníkovi vysvětlit, že průmyslový inženýr nepřišel dělat problémy, ale snaží se najít rychlejší, pohodlnější, bezpečnější způsoby pro danou práci. (Mašín, Vytlačil, 2000a, s. 84)

K tomu, aby průmyslový inženýr plnil svou roli co nejefektivněji, uvádí Maynard a Zandin, (2015, s. 1.27) následující klíčové faktory úspěchu:

1. **Flexibilní, ale soustředěný** – průmyslový inženýr by měl být otevřený novým úkolům a hledat nové cesty k jejich řešení a stále se soustředit na to, aby jeho práce vytvářela přidanou hodnotu.
2. **Aplikace průmyslového inženýrství na současné problémy** – pochopit teorii je samozřejmě důležité, ale daleko důležitější je využitelnost v praxi. Aplikovatelnost konceptů průmyslového inženýrství je nedílnou součástí každé změny, projektu. Důležitou součástí je také prezentovat nejvyššímu vedení možnou využitelnost teoretických konceptů při praktické aplikaci a její hodnotu pro organizaci.
3. **Změna a její vliv na organizaci, zvládnutí změny** – změna může mít významný vliv na organizaci, proto je důležité pochopit, jak může organizace ze změny profitovat. Jestli lidé, kterých se změna týká, nejsou přesvědčeni o její nutnosti, budou dělat vše, co povede k neúspěchu změny.
4. **Dokonalé porozumění současného procesu** – každodenní záležitost průmyslového inženýra. Jen dokonalá znalost procesu sebou přináší možné zlepšení.
5. **Kreativita** - průmyslové inženýrství se neustále rozrůstá do nových netradičních oblastí. Svoji kreativitou může průmyslový inženýr vytvářet daleko větší hodnotu pro organizaci.
6. **Jasná komunikace** – jasná definice, žádný prostor pro pochybnosti.

Kromě klíčových faktorů úspěchů, na které je potřeba se zaměřit uvádí Maynard a Zandin (2015, s. 1.29) také hrozby, kterým je potřeba se vyhnout:

1. **Nedostatečné ocenění** – průmyslový inženýr musí umět svoji práci prodat a získat tak respekt
2. **Nezvládnutí klíčových výzev v oboru** – opak flexibility. Jestli se průmyslový inženýr nedokáže adaptovat na změny, které nastanou, je odsouzen k neúspěchu. Ať už se jedná o změnu ve strategii, vlivu prostředí, musí být průmyslový inženýr vždy připraven těmto změnám čelit.
3. **Schopnost vyvíjet se** – jak již bylo několikrát zmíněno, průmyslové inženýrství je obor širokého spektra, který se neustále vyvíjí. Pro průmyslového inženýra je kriticky důležité následovat trend a vyvíjet se s ním. Jen takto může neustále vytvářet přidanou hodnotu.

Jak uvádí Mašin a Vytlačil (2000a, s. 95) hlavní odlišností průmyslového inženýra oproti ostatním profesím, je schopnost přežít vždy a všude. Znalosti a schopnosti průmyslového inženýra mohou být bez nadsázky použity téměř všude. Průmyslové inženýrství nemá jasné hranice a široký záběr znalostí a schopností představují značnou příležitost kariérního růstu. Oproti ostatním profesím pro průmyslového inženýra není jeho práce zaměřena na určité oddělení (kvalita, vývoj, technologie), ale na celý podnik což představuje snadnější cestu k vyššímu managementu.

Jak již bylo zmíněno, spektrum práce průmyslového inženýra je velice pestré. Průmysloví inženýři by měli být schopní řešit problém na úrovni technické, finanční i lidské. Následující výčet představuje jen malou část toho, čím se průmyslový inženýr zabývá:

- Analýza a měření práce – pohybové studie, MOST, MTM
- Optimalizace layoutu, linek – lean layout, VSM
- Zvyšování produktivity
- Zlepšování procesů – Kaizen
- Hodnocení pracovníků
- Logistika – Kanban, optimalizace zásob
- Výrobní simulace
- 5S Ergonomie
- Plánování a řízení výroby
- TQP, TPM, nástroje kvality (Košturiak, 2012)

2 VYBRANÉ METODY A POJMY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ

Průmyslové inženýrství nabízí nepřehledné množství metod a technik. Cílem této diplomové práce je především popsat metody a techniky použité v praktické části této práce.

2.1 Měření práce

Měření práce je jedna ze základních znalostí, se kterou se dříve či později setká každý průmyslový inženýr. Jedná se o jednoduchý nástroj k odstranění plýtvání a neefektivnosti ve výrobě. (Dlabač, 2015)

Jedná se o techniky vytvořené pro určení spotřeby času, kde hlavním kritériem je poměr produktivního a neproduktivního času, tedy času, kdy vzniká přidaná hodnota oproti času, který hodnotu nepřidává (přestávky, prostoje, seřizování). (Tuček, Bobák, 2006, s. 111)

Mezi hlavní důvody použití měření práce patří především určení potřeby plánování, výkonnosti a určení nákladů. Výsledkem měření práce bývá efektivnější využití podnikových zdrojů (pracovníci, materiál, stroje a zařízení). (Mašín, Vytlačil, 2000a, s. 103)

Z historického hlediska byly nejpoužívanějšími nástroji měření práce hrubé odhady, kvalifikované odhady či využití údajů z historických tabulek. I když jsou některé tyto metody zastaralé, tak i přesto se s nimi můžeme stále setkat v některých podnicích. (Mašín, Vytlačil, 2000a, s. 1003)

Měření práce můžeme rozdělit na dvě základní skupiny – **přímé** a **nepřímé** měření. K nejjednodušší podobě přímého měření nám v podstatě stačí jen stopky, tužka a papír. K sofistikovanějším metodám patří použití specializovaného softwaru či mobilních aplikací. V současnosti se můžeme setkat se dvěma základními typy přímého měření – snímek pracovního dne (SPD) a snímek operace. (Dlabač, 2015)



Obrázek 2 Přímé měření práce (API, © 2005-2012)

Spíše než s přímým se v dnešní době setkáme především s nepřímým měřením s tzv. systémy předem určených časů. Jedná se o spojení časových pohybových studií. Systémy předem určených časů využívají pohybové a časové studie za účelem přiřazení časů základním pohybům. (Mašín, Vytlačil, 2000a, s. 103)

Systémy předem určených časů sebou přináší řadu výhod oproti přímému měření. Především zde odpadá problém stanovení úrovně výkonnosti, protože systémy předem určených časů představují průměrný výkon, průměrného člověka – 100% výkonnost, což zajišťuje přesnost této metody. Další nespornou výhodou je možnost použití i u budoucích, projektovaných operací, organizací pracoviště a úpravě pracovního postupu. (Analýza měření práce, © 2012)

Základem systému předem určených časů se stala metoda MTM (Methods Time Measurement), ze které vycházejí téměř všechny ostatní metody:

- The Work-Factor System
- MODAPTS (Modular Arrangement oř Predetermined Time Standards)
- MTM (Methods Time Measurement)
- UMS (Universal Maintenance Standards)
- USD (Unified Standard Data)
- UAS (Universelles Analysier System)
- MOST (Maynard Operation Sequence Technique) (Dlabač, 2015)

Systémy předem určených časů nepoužívají jako základní časovou jednotku jednu sekundu či minutu, ale tzv. TMU (Time Measurement Unit), kdy 1 TMU = 0,036 sekund. (Dlabač, 2015)

Metod přímého a nepřímého měření je v současnosti nepřehledné množství a jejich použití se liší od podniku k podniku. Pro potřeby této práce si více představíme především snímek pracovního dne a systém předem určených časů MOST.

2.1.1 Snímek pracovního dne

Snímek pracovního dne je metoda kontinuálního pozorování, kde hlavním účelem je zaznamenání spotřeby času při práci a následného vyhodnocení z pravidla za dobu celé směny. Základní postup při této metodě můžeme rozdělit do tří etap:

1. Příprava na snímkování
2. Snímkování, měření
3. Vyhodnocení snímkování (Křišťák, 2017)


Definice snímku pracovního dne hovoří o tzv. kontinuálním, neustálém pozorování, avšak snímky pracovního dne mohou být využity i v rámci tzv. momentového pozorování. Momentové pozorování není časově pevně ohraničeno, jedná se náhodné pozorování vybraného pracoviště či pracovníka. Výhodou momentového pozorování je především časová náročnost, kdy může probíhat i více pozorování najednou. (Tomek, Vávrová, 2014, s. 143)

Metoda momentového pozorování vychází z předpokladu, že náhodně zjištěný údaj je s velkou mírou přesnosti shodný se skutečným jevem, ovšem při větší míře požadované přesnosti roste počet nutných náhodných pozorování. (Lhotský, 2005)

Na základě předmětu pozorování můžeme snímky pracovního dne rozdělit na několik skupin:

- Snímek jednotlivce
- Snímek čety
- Vlastní snímek
- Hromadný snímek
- Snímek Výrobního procesu (Tuček, Bobák, 2007, s. 122)

Snímek pracovního dne je metoda, se kterou se setkal snad každý průmyslový inženýr. Jedná se o metodu, k jejíž realizaci nám stačí pouze stopky, tužka a čistý papír. V úvahu připadá využití speciálních formulářů pro snímkování

	Datum: 20. 8. 2010		POZOROVACÍ LIST PRO SNÍMEK PRACOVNÍHO DNE A SNÍMEK PRŮBĚHU PRÁCE	List č: 1	
	Směna: ranní			Pozoroval: Dlabač	
	Od do: 6:00 - 14:00			Pozorovaný: Fiala	
Pracoviště: Montáž (linka 2)			Název stroje (ev. číslo):		
Výrobek 1 (název, číslo): AH 330			Dosažený výr. výkon:		
Výrobek 2 (název, číslo): AH 530			Dosažený výr. výkon:		
Výrobek 3 (název, číslo)			Dosažený výr. výkon:		
Postupný čas	Výpočet času			Symbol	Popis
	od	do	čas		
0:00:00	0:00:00	0:00:01	0:00:01	MP	Mimo pracoviště - hledání prázdné přepravky
0:00:01	0:00:01	0:00:02	0:00:01	PVP	Práce na vlastním pracovišti - montáž
0:00:02	0:00:02	0:00:03	0:00:01	DOK	Dokumentace - zápis počtu vyrobených kusů
0:00:03	0:00:03	0:00:04	0:00:01	Č	Čekání na díly z lakovny
postupný čas odečítaný ze stopek vzhledy při změně činnosti operátora		čas zahájení a ukončení činnosti (dva pod sebou uvedené postupné časy)		vypočítaná doba trvání činnosti (od - do)	symbol pro popis dané činnosti
vysvětlení daného symbolu či poznámka k vykonávané činnosti					

Obrázek 3 Formulář ke snímku pracovního dne (Dlabač, 2015)

Kromě formulářů se v dnešní době nabízí využití mobilních aplikací. Na trhu najdeme velké množství i free aplikací, které nám poslouží mnohdy stejně dobře jako placené specializované aplikace.

Při snímkování je důležité dodržovat určitá pravidla. Snímek pracovního dne by neměl omezovat pozorované pracovníky při práci. Můžeme si například psát poznámky a ve volné chvíli se můžeme chybějící potřebné informace od pracovníka zjistit. Dalším důležitým faktorem, hlavně při vyhodnocování je diskrétnost. Snímky pracovního dne odhalí problémy či slabý článek procesu. Nesmí dojít k žádnému obviňování, či svalování problému na určitou osobu, musí dojít diskuzi, pomocí které je potřeba najít konstruktivní řešení. (Princlík, 2013)

2.1.2 MOST

Nejen průmyslové inženýra hnala touha vědět, kolik daná operace trvá. Tato touha zde byla již dávno před průmyslovým inženýrstvím. Pro manažery je čas, který dané operace zabere klíčovou znalostí pro maximální využití lidských zdrojů, materiálu a strojů vedoucí k neustálému růstu organizace. (Zandin, 2003, s. 2)

Dle samotného tvůrce „MOSTU“ Kjell B. Zandina (2003, s. 9) se průmysloví inženýři učí, že každá metoda může být zlepšena dostatečným studiem. Bylo zapotřebí hodně snahy k „zjednodušení“ měření práce, proto vznikl MOST.

MOST vychází ze základního fyzikálního principu práce, ($P = s \times v$) výsledek působení síly násobený vzdáleností., tedy práce je přemísťování určitého objektu (výjimku v MOSTU tvoří myšlenkový proces). Z této jednoduché definice, která pokrývá značnou část práce vykonávané každý, vychází MOST. Práce a její prvky by měly být dělané s cílem dosáhnout užitečné výsledku pomocí přemísťování objektů. Efektivní práce je prováděná, když základní pohybové prvky jsou účelné, nenáročné, s použitím nejlepších metod. Zandin při studiu pohybů přišel na to, že mezi přemísťováním různých objektů, pohyby jako sáhnout, uchopit, přemístit a umístit funguje určitý opakující se vzorec. Tyto vzorce nazval sekvence, na kterých je postaven celý MOST. (Zandin, 2003, s. 9)

Jak již bylo zmíněno, základem MOSTU je práce, přemísťování z místa na místo, které může být prováděno pouze dvěma směry:

1. Zvednout a přemístit volně prostorem
2. Přemísťování zatímco je zachován kontakt s povrchem (pohyb s paletou)

Zmíněné přemísťování můžeme rozdělit do tří základních sekvencí popisující základní manuální práce – **obecné přemístění, řízené přemístění, použití nástroje** a čtvrté pro měření pohybu objektů pomocí **ručního jeřábu**. Těmto sekvencím jsou pak přiřazeny parametry. (Zandin, 2003, s. 10)

Obecné přemístění je definováno jako manuální přemístění z jednoho místa na druhé volně vzduchem. Skládá se ze čtyř parametrů:

A – akce, pohyb na určitou vzdálenost (zpravidla horizontální)

B – pohyb těla

G – získání kontroly

P – umístění (Zandin, 2003, s. 10):

Řízené přemístění pokrývá aktivity jako zmáčknutí tlačítka, vypínače nebo posouvání objektu po ploše, kdy přemísťovaný objekt zůstává v kontaktu s pevným povrchem nebo cestou. Řízené přemístění se skládá z těchto parametrů.

M – kontrolovaný pohyb

X – procesní čas

I – vyrovnání (Zandin, 2003, s. 10):

Použití nástroje se skládá z činností, při kterých je potřeba ruční nástroj (kladivo, šroubovák atd.) – uvolňování, utahování, řezání, čištění či psaní. Pokrývá také tzv. mentální aktivity jako čtení, vizuální kontrola. Použití nástroje se skládá z následujících parametrů:

F, L - utáhnout, uvolnit

C – dělit

S – povrchová úprava,

M – měření,

R - zaznamenávání,

T – myšlení (Zandin, 2003, s. 10)

Ruční jeřáb, jak již jeho název napovídá, představuje manipulaci s ručním jeřábem, skládá se z následujících parametrů:

T, L – transport do 2 tun (prázdný/naložený)

K – zaháknout, vyháknout

F – uvolnit objekt

V – vertikální přemístění (Zandin, 2003, s. 115)

Po vybrání správné sekvence a definování parametru, přichází na řadu tzv. **indexování**. Každému parametru je přiřazen určitý časový index, který se nachází v datakartě MOSTU. Datakarta je nesmírně důležitou součástí analýzy MOST. Obsahuje všechny důležité informace, které vedou průmyslového inženýra při analyzování, ovšem po chvíli praxe již není potřeba datakartu využívat. (Zandin, 2003, s. 15)

Tabulka 1 Basic MOST – sekvence, parametry (vlastní zpracování)

Basic MOST		
Aktivita	Sekvence	Parametry
Obecné přemístění	A B G A B P A	A - akce na určitou vzdálenost
		B - pohyb těla
		G - získání kontroly
		P - umístění
Řízené přemístění	A B G M X I A	M - řízené přemístění
		X - procesní čas
		I - vyrovnání
Použití nástroje	A B G A B P A B P A	F - utáhnout
		L - uvolnit
		C - dělit
		S - povrchová úprava
		M - měřit
		R - zaznamenávat
		T - myšlení

Vznik metody MOST způsobil revoluci na poli analýzy a měření práce. Rychlost, přesnost, méně dokumentace jsou zásadními výhodami oproti ostatním metodám měření práce. (Maynard, © 2003)

Předchůdce MOSTU metoda MTM představovala značnou spotřebu času, která je zapříčiněna složitostí této metody. Jak uvádí Mašín a Vytlačil (2000a, s. 117) MOST dává průmyslovému inženýrovi do ruky velmi rychlý nástroj pro určení normy spotřeby práce. V tabulce 2 můžeme vidět srovnání metod MTM a MOSTU.

Tabulka 2 Srovnání aplikační rychlosti
MTM MOST (vlastní zpracování)

Metoda	Aplikační rychlost v TMU
MTM - 1	300
MTM - 2	1 000
MTM - 3	3 000
MINI MOST	4 000
BASIC MOST	12 000
MAXI MOST	25 000

Další výhodou MOSTU je jeho přesnost a především citlivost této metody. MOST funguje na principu indexování, čímž větší index tím více potencionálu pro zlepšení. Cílem MOSTU je zdokumentovat vybranou pracovní metodu s odpovídajícím časem. Na základě pohybového obsahu zkoumané aktivity přiřadíme odpovídající index z datové tabulky, které se vztahují k použitému času. Tyto časové hodnoty z datových tabulek vychází z analýz MTM-1, MTM-2, MTM-3. Faktorem, který nesmí být opomenut, je také úbytek dokumentace. Použití mostu odstraní nadbytečnou dokumentaci, kterou sebou přináší použití ostatních systému předem určených časů. V tabulce 2 můžeme vidět srovnání potřebné dokumentace MOSTU a MTM. (Zandin, 2003, s. 19)

Tabulka 3 Srovnání dokumentace

(vlastní zpracování)

Metoda	Počet stránek potřebný k dokumentaci
MTM - 1	16
MTM - 2	10
MTM - 3	8
MINI MOST	2
BASIC MOST	1
MAXI MOST	0,5

Podle Mašina a Vytačila (2000a, s. 111) nejpoužívanější sekvencí je obecné přemístění, více než 50 % použití MOSTU v praxi se skládá z této sekvence. V organizacích, kde převládá montážní práce, procento využití obecného přemístění narůstá. Na druhé straně v mechanických dílnách naopak klesá a narůstá zde podíl řízeného přemístění. Všeobecně se uvádí, že k použití řízené přemístění dochází v jedné třetině případů. Nejméně ze všech sekvencí se využívá ruční jeřáb.

Sekvence obecné přemístění se také stala základem, ze kterého se postupně vyvinuly nové „MOSTY“. Vznikl tak pojem rodina MOST, jejíž součástí jsou tři členové – **Mini** MOST, **Basic** MOST, **Maxi** MOST. (Zandin, 2003, s. 14)

Před aplikací metody MOST je potřeba zvážit několik důležitých faktorů. Výběr správného člena rodiny MOST závisí na opakovatelnosti vykonávané činnosti a času potřebného k vykonání této činnosti. V úvahu je potřeba brát i vzdálenost, v jaké je objekt přemísťován. (Zandin, 2003, s. 117)

Mini MOST představuje nejpodrobnější a nejpřesnější analýzu. Mini MOST je vhodný pro stejné operace, které se opakují více než 1500 x do týdne. Čas, který tyto operace zabírají, by neměl přesahovat 100 sekund, obvykle se uvádí čas kolem 10 sekund. Při vzdálenosti, kdy je dosah menší než 25 cm, by měl být použit mini MOST bez ohledu na čas, který vykonávaná operace zabere. U operací, které se opakují a jsou prováděny ve vysokém taktu, je mnohdy problém přijít na určité nesrovnalosti např. v pracovním postupu dvou různých operátorů. Mini MOST v tomto případě představuje vhodnou metodu, díky níž odhalíme místa, která v sobě mají potenciál pro zlepšení. (Mašín, Vytlačil, 2000a, s. 118)

Ve většině případů v praxi se setkáme nejvíce s **Basic MOSTEM**. Basic MOST je vhodný pro operace, jejichž opakovatelnost se pohybuje v rozmezí 150-1500 za týden a čas potřebný k vykonání operace v rozmezí několika sekund až deseti minut. Vzdálenost by neměla přesahovat 10 kroků. Z Basic MOSTU se také vyvinul tzv. **Admin MOST** (také nazývaný Clerical MOST), který slouží k analýze administrativní práce. Platí zde stejná pravidla jako pro Basic MOST a také sekvence, které se používají, jsou identické. (Zandin, 2003, s. 24)

Pro déle trvající, neopakovatelné, odlišné operace, kdy opakovatelnost je menší než 150 za týden a čas potřebný k vykonání operace se pohybuje od dvou minut do několika hodin, se používá **Maxi MOST**. Vzdálenost, při které je vhodné použít Maxi most, se uvádí jako přechod mezi dvěma pracovišti od dvou a více kroků. I když Maxi MOST představuje již méně podrobný systém než ostatní členové rodiny, stále se jedná o velice přesný a užitečný nástroj. (Maynard, 2015, s. 17.79)

Základní odlišnost, kterou můžeme hledat mezi členy rodiny MOST, jsou sekvence, které se využívají. Každý člen je prezentován jinými sekvencemi. Na obrázku 4 můžeme vidět sekvence všech členů rodiny MOST.

System	Sekvence	Parametry
Mini MOST	Obecné přemístění	<i>ABGABPA</i>
	Řízené přemístění	<i>ABGMXIA</i>
Basic MOST	Obecné přemístění	<i>ABGABPA</i>
	Řízené přemístění	<i>ABGMXIA</i>
	Použití nástroje	<i>ABGABP ABPA</i>
Maxi MOST	Ruční manipulace	<i>ABP</i>
	Použití nástroje	<i>ABT</i>
	Manipulace se strojem	<i>ABM</i>
	Přemístění pomocí ručního jeřábu	<i>ATKTPTA</i>
	Přemístění pomocí nákladního vozu	<i>ASTLTLTA</i>

Obrázek 4 Sekvence členů rodiny MOST (vlastní zpracování dle Maynarda, 2001)

Podle Mašína a Vytlačila (2000a, s. 122) měření práce jako základní disciplína průmyslového inženýrství vyžaduje v současnosti velkou pozornost. Je potřeba si uvědomit, že kromě manuálních operací se bude neustále zvyšovat potřeba zjišťovat spotřebu času u administrativních a duševních činností.

2.2 KAIZEN

Kaizen, japonské slovo, dnes již hluboce zakořeněno v mnoha podnicích. Jedná se o metodu, nebo spíše můžeme říct filozofii tzv. kontinuálního, neustálého zlepšování. Jako většina revolučních metod, tak i pojem Kaizen vzniknul v souvislosti s Toyotou. Pojem Kaizen se skládá z dvou japonských slov **KAI** – změna, **ZEN** – dobrý, volně přeloženo změna k lepšímu. (Dunn, © 2018)

Podle Košturiaka a Frolíka (2006, s. 119) neznamená Kaizen jen kontinuální zlepšování, ale kontinuální zlepšování, do kterého jsou zapojeni všichni v podniku, od výrobních operátorů po vrcholný management. Je potřeba vyhnout se definici tradičního managementu, podle které jsou v podniku dvě skupiny lidí, přemýšlející, inovující a pracující, kteří by neměli myslet na nic jiného než na svoji práci. Filozofie Kaizen tohle tvrzení vyvrací. Cílem této filozofie je, aby všichni ve společnosti měli neustále v paměti základní myšlenky Kaizenu.

Podle Maurera (2005, s. 24) Kaizen představuje změnu, i tu nejmenší, kterou si dokážeme představit. Nejlepších výsledků bylo mnohokrát dosaženo nejmenší změnou. Ovšem je potřeba si uvědomit, že i pozitivní změny mnohdy vedou k negativním reakcím. Různé radikální, revoluční pokusy o dosažení požadovaného cíle často selhávají, protože vedou

ke strachu z náhlé změny. Proto je tu Kaizen a jeho „malé“ kroky-změny, které snižují odpovědnost mozku na strach a vedou k racionálnímu a kreativnímu myšlení.

Tvrzení Maurera, doplňuje Bauer (2012, s. 12). Lidské reakce na změnu, nový projekt jsou různé. Nadšení ze změny můžeme hledat pouze u 20 %. Dalších 60 % jsou takzvaní „mrtví brouci“, kteří v případě úspěchu tvrdí, že věřili, že určitě to určitě vyjde, v případě neúspěchu budou tvrdit, že od začátku věděli, že to nemá smysl. Zbýlých 20 % jsou tzv. dřevorubci, kteří jsou hned od začátku proti všemu. Je tedy důležité orientovat se na první skupinu, jejichž nadšení a profesionální přístup, určitě povede k pozitivním výsledkům, čímž získají na svoji stranu i mrtvé brouky.

V souvislosti s Kaizenem se často setkáme se slovním spojením **střešní pojem** nebo také **deštník Kaizen**. Jelikož pod pojmem Kaizen si můžeme představit většinu klasických japonských metod a praktik. (Imai, 2007, s. 24)



Obrázek 5 Deštník Kaizen (vlastní zpracování podle Imaie (2007, s. 24))

Filozofie Kaizen se stala nejdůležitějším prvkem japonského managementu, prvkem, který stojí za japonským hospodářským úspěchem po druhé světové válce. Zvýšená produktivita, zlepšení kvality, lepší bezpečnost, nižší náklady a celková spokojenost zaměstnanců, faktory úspěchu, za kterými stojí tato filozofie. V současné době bývá pojem Kaizen tak pevně

zakořeněn v podnikové kultuře, že top manažeři i řadoví zaměstnanci si tento pojem ani neuvědomují. (Imai, 2007, s. 15)

2.3 Just In Time - Kanban

Metoda kanban, podobně jako ostatní známé metody vznikla v rámci výrobního systému Toyota. Jedná se o metodu řízení toku materiálu a produkce v rámci filozofie **Just In Time**, která je jeden z dvou hlavních pilířů „LEANU“ (druhý pilíř – Jidoka). (Cimmoreli, 2013, s. 1)

Základním stavebním kamenem filozofie JIT je, že materiál, výrobky, výrobní součástky jsou skladovány a dopravovány či vyráběny jen tehdy kdy jsou výrobou či zákazníkem vyžadovány. Vyrábí se tedy správný výrobek, správné množství, ve správném čase a na správném místě. (Mašín, Vytlačil, 2000a, s. 263)

Kanban je tzv. samoregulační systém, který řídí výrobu. Základním prvkem této metody jsou kanbany (japonsky štítek), které jsou hlavními nositeli informací plnící funkci objednávky a průvodek, které zde vystupují ve formě kanban karet. Jakmile dochází pracovišti (odběratel) zásoba materiálu či součástek potřebných k výrobě, vystaví objednávkový kanban, který odešle společně s přepravními boxy do skladu (dodavatel), kde se boxy naplní požadovaným materiálem či součástkami. (Keřkovský, 2009, s. 74)

Podle Feketeho (2012, s. 81) má kanban dvě základní funkce. Kanban dává podnět, aby předcházející proces vyrobil a dodal podle kanban karty příslušné položky v určeném množství pro následující proces, také dává podnět zásobovačům, aby požadované položky dopravili na místo uvedené v kanban kartě.

Kromě kanbanových karet se můžeme obvykle setkat s dalšími prvky, které pomáhají efektivněji řídit celý proces. Můžeme uvést např. kanbanové schránky, které slouží na odkládání kanban karet či kanban tabuli, která představuje místo, kde dodavatel dostává informace o požadavcích od odběratele. kanban tabule také představuje základní vizuální prvek systému. (Kučerák, 2007)

Kanban můžeme rozdělit na dva základní typy, transportní a výrobní. Výrobní kanban dává signál na zahájení výroby. Tento typ kanbanu dále dělí na dvě skupiny:

- Procesní - používá se na šíření informací pro malé množství předcházejícímu procesu, kdy předcházející proces vyrobí a dodá následujícímu procesu, který je uveden v kanban kartě.

- Signální - používá se na šíření informací pro velké množství výrobků na předcházející dávkové procesy (lisování, lití atd.) (Smalley, 2009, s. 109)

Transportní kanban signalizuje potřebu odebrat část zásob, což zapříčiní signál ke znovudoplnění a dopravě. Podobně jako výrobní se transportní kanban dělí na dva další typy:

- Meziprocesní kanban – používá se na signalizování potřeby dopravy či vyzvednutí výrobku ze skladu a dopravení do místa určeného kanban kartou. Tento kanban se obvykle používá v souvislosti s montážními linkami, kdy je větší potřeba materiálu z interních, ale i externích zdrojů.
- Dodavatelský kanban – používá se na signalizování potřeby dopravy či vyzvednutí výrobku od externího dodavatele a dopravu do skladu pro materiál. (Fekete, 2009, s. 81)

Kanban si v dnešní době vydobyl pevné místo v mnoha společnostech. Tato jednoduchá metoda často představuje důležitý krok ke zvýšení efektivity. Správně zavedený, fungující kanban usnadňuje procesy ve firmě. Zavedení kanbanu snižuje náklady a především zásoby materiálu, Nevzniká žádná nadprodukce, což má za následek snížení odpadu a v neposlední řadě vytvoření volného místa, které vznikne odstraněním nadbytečných zásob. Kanban sebou přináší i mnoho výhod v souvislosti s lidským faktorem. Kanban dává větší odpovědnost operátorům vzhledem k produkci a doplňování materiálu a také výrazně zlepšuje a zjednodušuje komunikaci a také díky své pružnosti umožňuje rychleji reagovat na požadavky zákazníka. Kanban představuje důležitý prvek v kontinuálním zlepšování, synchronizuje všechny prvky v procesu a všeobecně přispívá k lepší kontrole a efektivity produkce. (Cimmoreli, 2013, s. 2)

3 CELKOVÁ EFEKTIVNOST ZAŘÍZENÍ

Celková efektivnost zařízení, CEZ, Overall Equipment Effectiveness (OEE) je pravděpodobně nejpoužívanější a nejlepší metrika, která sleduje „*jak efektivně využíváme strojní zařízení*“. Celková efektivnost zařízení měří procento času plánované produkce a času, který je skutečně produktivní. (LeanProduction, © 2011-2017)

V první řadě je potřeba si definovat pojmy *efektivnost x efektivita (eficiency x effectiveness)*, jelikož tyto pojmy se v souvislosti s tématem CEZ, často zaměňují. **Efektivita** by měla být chápána jako poměr mezi účinkem vykonané činnosti k celkovým vynaloženým nákladům, zatímco **efektivnost** je definována jako vztah mezi definovaným cílem a následkem. V minulosti byl ukazatel CEZ, OEE chápán v souvislosti s efektivitou, jednalo se o tradiční pojetí TPM. Nicméně v současnosti je tento ukazatel spojován především s pojmem efektivnost. (Patočka, 2013)

Hlavním faktorem, který ovlivňuje efektivnost zařízení, jsou ztráty. V souvislosti s celkovou efektivností zařízení se uvádí šest ztrát:

- Poruchy
- krátkodobé poruchy
- Seřízení a nastavení
- Nekvalita
- Ztráty z rychlosti
- Ztráty z rozběhu (Boledovič, 2007)

OEE pak slouží jako vhodný nástroj k eliminaci těchto ztrát. Aby docházelo k eliminaci ztrát, nebo alespoň k jejich minimalizaci je potřeba vyvíjet určité aktivity. Kennedy (2018, s. 4) doporučuje zaměřit se především na následující faktory:

- Odhalování a předvídání odchylek
- Vytvoření nápravných opatření ke vzniklým odchylkám
- Odstranění odchylek
- Dodržování standardů
- Udržování základního vybavení v dobrém stavu
- Předcházet chybným operacím
- Zabránit chybám při opravách

Metoda OEE bere v úvahu, všemožné ztráty, které mohou ovlivnit výstup. Je potřeba si uvědomit, že výsledek OEE, či efektivnosti obecně se netýká jen úzkého okruhu pracovníku či oddělení, ale výsledek tvoří a podílí se na něm všichni v podniku. V ideálním případě by měření celkové efektivnosti zařízení mělo být chápáno jako hnací prvek vedoucí ke zlepšování, ze kterého budou profitovat všichni. (Kennedy, 2018, s. 1)



Obrázek 6 OEE jako nástroj zvyšování produktivity (Systemonline, © 2012)

Dříve než se objevil ukazatel OEE, byla efektivnost zařízení měřena pomocí míry využití a prostojů (míra výkonu). V současné době se najde mnoho společností, které efektivnost počítají, jako poměr času určeného k výrobě k času kdy zařízení skutečně pracovalo. Tento postoj však v sobě skrývá jeden zásadní problém. Zařízení může dosáhnout stejné efektivnosti za dvě stejně dlouhá časová období, přesto se může výstup lišit. Pro pochopení, Kennedy (2018, s. 1) uvádí následující příklady:

- Během 100 hodin, kdy byl dostupný stroj, došlo prostoji, který trval 10 hodin. Efektivnost tohoto zařízení byla tedy **90%**.
- Během 100 hodin, kdy byl dostupný stroj, došlo 10x k prostoji, kdy každý trval 1 hodinu, celkem 10 hodin. Efektivnost tedy byla opět **90%**.

Jak je tedy možné, že se výstup může lišit, když efektivnost je stejná? Ve většině případů během souvislé, deseti hodinové doby prostoje, bude výstup větší, jelikož každý prostoj přináší určité problémy. Pokaždé, když dojde k neplánovanému zastavení výroby, zvyšuje se pravděpodobnost výskytu zmetků a chvíli trvá, než se výroba dostane do svého obvyklého tempa a vyrábí opět kvalitní kusy. Jedná se o tzv. ztráty z rychlosti. Z tohoto důvodu

vznikla potřeba rozšířit pohled na efektivnost o další prvek – **kvalitu**. (Kennedy, 2018, s. 1)

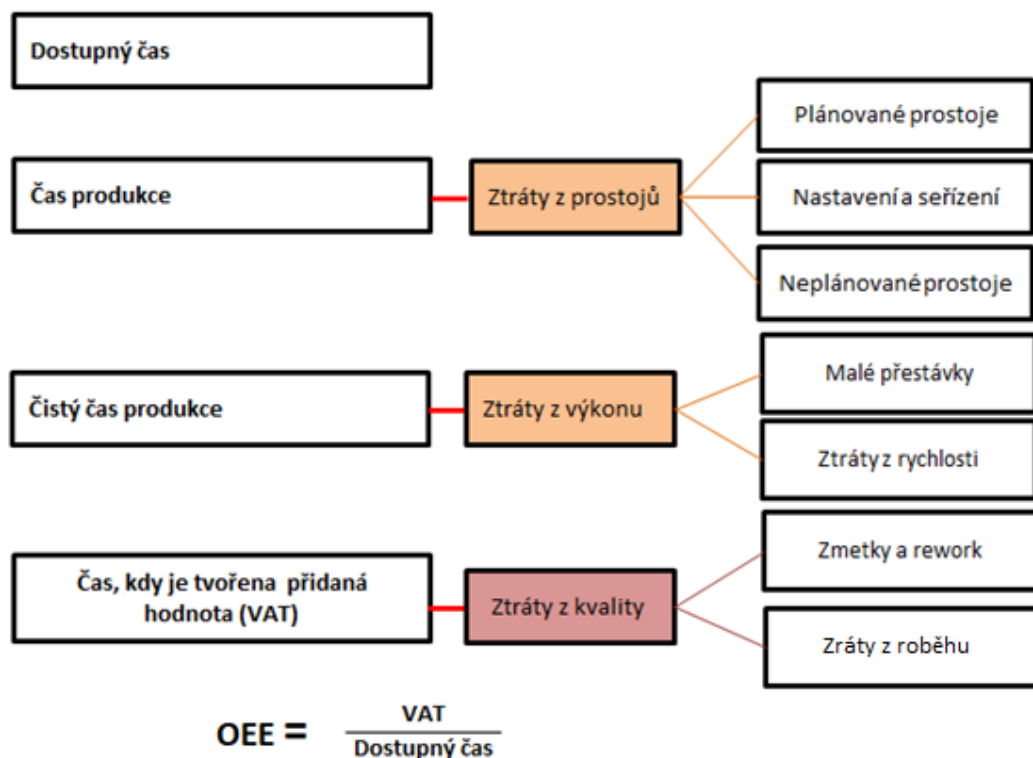
Jak již bylo výše zmíněno, OEE přineslo nový pohled na efektivnost. Nelze se pouze orientovat na ztráty, ale je potřeba zaměřit se na hlavní tři skupiny – míru využití, míru výkonu a míru kvality, což jsou také hlavní předpoklady pro výpočet (Mašín, Vytlačil, 2000b, s. 52)

3.1 Výpočet celkové efektivnosti zařízení

Ukazatel OEE, CEZ lze vypočítat dvěma způsoby/modely – model časových ztrát a výpočet pomocí rovnic. Jak uvádí Kennedy (2018, s. 5) v případě správné aplikace dojdeme oběma způsoby ke stejnému výsledku.

3.1.1 Výpočet pomocí modelu časových ztrát

Výpočet pomocí modelu časových ztrát se provádí na základě výsledovaných ztrát (směnové zápisy, informační systém), kdy se určí celkový čas, kdy byla tvořena přidaná hodnota (VAT), která se dává do poměru s celkovým dostupným časem. (Kennedy, 2018, s. 7)



Obrázek 7 Model časových ztrát (vlastní zpracování dle Kennedyho, 2018, s. 5)

3.1.2 Výpočet pomocí rovnic

V praxi se ovšem mnohem častěji setkáme klasickým výpočtem pomocí rovnic, který spočívá v rozdělení na tři rovnice pro využití stroje, výkon a kvalitu, jejichž vynásobením dostaneme hodnotu OEE,CEZ v procentech. (Kennedy, 2018, s. 6)

Parametr **využití stroje** vyjadřuje procento, kdy zařízení skutečně běží, když je potřeba na zařízení vyrábět. Na obrázku 8 můžeme vidět výpočet míry využití. (Mašín, Vytlačil, 2000b, s. 85)

$$\text{Míra využití} = \frac{\text{využitelný čas - prostoje}}{\text{využitelný čas}}$$

Obrázek 8 Míra využití vzorec (vlastní zpracování)

Mezi prostoje při výpočtu míry využití je třeba začlenit opravy plánované i neplánované, čas seřízení, údržbu či čas, kdy stroj nepracoval z důvodu chybějícího materiálu nebo pracovníků. (Mašín, Vytlačil, 2000b, s. 85)

Míra výkonu, často nazývána dostupnost je parametr, který se často zaměňuje s mírou využití. Tento parametr ovlivňují především ztráty z rychlosti. Jedná se o poměr rychlosti, kdy jsou vyráběny výrobky a plánovou rychlostí. Na obrázku 9 můžeme vidět vzorec pro výpočet míry výkonu. (Mašín, Vytlačil, 2000b, s. 86)

$$\text{Míra výkonu} = \frac{\text{počet vyrobených kusů} \times \text{plánovaný čas na výrobu 1 kusu}}{\text{využitelný čas - prostoje}}$$

Obrázek 9 Míra výkonu vzorec (vlastní zpracování)

Míra kvality je posledním parametrem, který je potřeba znát pro výpočet celkové efektivity zařízení. Tento parametr představuje čas, který jsme ztratili výrobou nekvalitního kusu. Vypočítá se jednoduše jako poměr kvalitních výrobků k celkovému počtu vyrobených výrobků. Na obrázku 10 můžeme vidět vztah pro výpočet míry kvality. (Mašín, Vytlačil, 2000b, s. 87)

$$\text{Míra kvality} = \frac{\text{vyrobené kusy} - \text{NOK kusy}}{\text{vyrobené kusy}}$$

Obrázek 10 Míra kvality vzorec (vlastní zpracování)

Celková efektivnost zařízení se pak vypočítá jako součin míry využití, výkonu a kvality. Na obrázku 11 můžeme vidět vzorec celkové efektivity zařízení.

$$\text{CEZ} = \frac{\text{míra využití} \times \text{míra výkonu} \times \text{míra kvality}}{\text{využitelný čas}}$$

Obrázek 11 Vzorec Celkové efektivnosti zařízení (OEE) (vlastní zpracování)

Kromě výše uvedeného vzorce existuje ještě tzv. zjednodušený vzorec, který má v čitateli součin kvalitních kusů a plánovaného času pro výrobu jednoho kusu. (Mašín, Vytlačil, 2000b, s. 89)

$$\text{CEZ} = \frac{\text{počet kvalitních kusů} \times \text{plánovaný čas pro výrobu jednoho kusu}}{\text{využitelný čas}}$$

Obrázek 12 Zjednodušený vzorec CEZ (OEE) (vlastní zpracování)

Výsledek celkové efektivnosti zařízení se uvádí v procentech. Průměrně se hodnota OEE pohybuje v rozmezí **30 – 65 %**. Za nejlepší výsledky jsou považovány hodnoty nad **85 %**. OEE je také často používán jako klíčový ukazatel výkonnosti (KPI –Key Performance Indicator), který slouží jako indikátor úspěchu. (Stamatis, 2010 s. 22)

Hansen (2002, s. 12) rozděluje výsledky celkové efektivnosti zařízení do několika skupin:

- Méně než 65 % - **nepříjemné**, je potřeba okamžitého zásahu
- 65 % - 75 % - **příjemné**, ale jen v případě, že v dalším časovém období (zpravidla čtvrtletí) dochází ke zlepšování
- 75 % - 85 % - **velice dobré**, ale je potřeba nevystřízlivět z výsledku a pokračovat v neustálém zlepšování
- 85 % výš – **úroveň nejlepších světových společností**, je zde potřeba rozlišovat typ výroby. Pro dávkovou výrobu je za excelentní výsledek považována hodnota nad **85 %**, v případě výroby s nepřetržitým provozem, je za excelentní považována hodnota nad **90 %**

S postupem času se z ukazatele OEE vyvinulo několik dalších odvozených ukazatelů, které OEE rozšiřují o další aspekty. Některé ukazatele se podobně jako OEE zaměřují na samotné zařízení, existují ovšem i ukazatele, které jsou zaměřené na celý podnik. Mezi odvozené ukazatele patří:

- PEE (Production Equipment Efficiency) – rozdíl oproti klasickému ukazateli spočívá v přiřazení vah jednotlivým částím (míra výkonu, využití, kvalita)
- OAE/OPE (Overall Asset Effectiveness/ Overall Production Effectiveness) - používají se k definování a měření ztrát souvisejících s výrobním procesem. Ze všech ukazatelů, kalkulují s největším počtem ztrát
- OFE (Overall Factory Effectiveness) – ukazatel OFE vyjadřuje celkovou efektivnost pro celý podnik. Oproti OEE ukazatel OFE vyjadřuje efektivnost všech zařízení ve společnosti
- OTE (Overall Throughput Effectiveness) – vyjadřuje poměr mezi skutečným a potencionálním výstupem (Patočka, 2015)
- CTE (Cycle Time Effectiveness) – vyjadřuje poměr mezi potencionální a skutečnou délkou cyklu

Nejnámějším a nepoužívanějším „odvozeným“ ukazatelem je tzv. **totální efektivnost zařízení (TEZ, TEEP)**. Zatímco OEE je vztaženo v rámci plánovaného času, ukazatel TEZ vyjadřuje využití zařízení k absolutnímu časovému úseku, vztaženého ke kalendářnímu času (24 hodin za den, 7 dnů v týdnu, atd.). Výpočet se provádí obdobně jako u celkové efektivnosti zařízení, ale oproti CEZ je potřeba ukazatel TEZ ještě vynásobit indexem charakterizující poměr času, kdy byla naplánovaná výroba vůči absolutnímu časovému vyjádření (168 hodin za 7 dní = 100 %). Časovým indexem může být myšlena např. stupeň směnnosti. Ukazatel TEZ by měl sloužit jako nástroj pro komplexnější posuzování ztrát a využívání kapacit. (Mašín, Vytlačil, 2000b, s. 90)

4 POČÍTAČOVÁ SIMULACE VÝROBNÍCH PROCESŮ

Výroba je složitý proces, který v současnosti, lze jen velmi těžko řídit bez podpory softwarových systémů. V dnešní době si pevné místo v mnoha podnicích vydobily především počítačové simulace. Softwary pro počítačové simulace představují nástroj pro detailní analýzu výrobního procesu a jsou důležitým prvkem procesu plánování. (Hofman, Simeonovová, 2016)

Podle Bangsowa (2015, s. 1) se simulace využívají ve třech fázích – plánování, fáze implementace a fáze samotného provozu. **Plánovací fáze** je zaměřena především na odhalování úzkých míst a skrytých potencionálních možností pro zlepšení. V této fázi se určuje minimální a maximální možné využití předmětu simulace (zařízení, linka, celá výroba). Důležitou částí této fáze je i testování kapacity, limity výkonu a hladiny zásob. Výstupem v této fázi by měla být vizualizace plánovaných alternativ, které slouží jako podpora pro rozhodování. V **implementační fázi** se testuje především výkon a problémy, které mohou nastat v souvislosti s budoucími požadavky. **Operační fáze** je zaměřena na testování a kontrolování alternativ, které mohou nastat a vytvoření preventivních opatření.

Počítavá simulace může být výborný nástroj, který usnadní operace související s výrobou, ale je potřeba si uvědomit, že její použití není vždy nutné a výhodné. Ačkoli jsou simulace v podniku široce uplatnitelné, vytvoření simulace pro jednoduchý, nedůležitý proces spotřebovává kromě finančních zdrojů především čas. (Greasley, 2017, s. 3)

Pro posouzení, zda se použití simulace vyplatí, je potřeba podle Bangsowa (2015, s. 3) a Greasleyho (2017, s. 3) posoudit několik faktorů. Kromě simulace je potřeba zvážit, zda nejsou vhodné jiné analytické metody modelování, jako jsou teorie hromadné obsluhy či lineární programování. Tyto metody nezaberou takové množství času jako v případě simulací, ale na druhou stranu nemusí vždy poskytovat přesné informace. Dalším důležitým faktorem, který je potřeba zvážit je náročnost a s ní spojené náklady. Jak již bylo zmíněno zpracování simulace, je nákladné vzhledem času, který zpracování simulace zabere. Nejdůležitější součástí simulace jsou data. Ve výrobě vystupuje mnoho proměnných, které proces ovlivňují, proto je důležité sesbírat co nejvíce informací související s procesem. Se získáním kvalitních dat je opět spojena časová náročnost. Na druhou stranu, simulace vytvářejí určitý podnět ke sběru dat. Pro zpracování modelu je potřeba sesbírat co nejvíce informací z různých zdrojů, díky čemuž můžeme získat zcela nový pohled na věc.

V neposlední řadě je potřeba zvážit znova použití simulace. Vzhledem k výše uvedeným faktorům, nemá smysl zpracovávat simulaci na „jedno použití“.

Simulace slouží především jako nástroj pro podporu rozhodování, díky kterému můžeme pochopit a porozumět podstatě procesu. Díky simulacím lze i předpovědět, co nastane v rámci několika scénářů. Podle Greasleyho (2017, s. 3) jsou simulace užitečné v souvislosti se zlepšováním procesů. Díky simulacím lze obecně:

- **Předpovědět chování procesu** pro několik různých scénářů
- **Vyhodnotit řadu možností** bez zásahu do procesu. Lze vytvořit mnoho nápadů, které mohou být aplikovány rychle a především levně.
- **Snížit riziko** díky formulaci možných scénářů, čímž umožňují dopředu připravit nápravná opatření
- **Měřit výkon**, díky čemuž lze odhadovat náklady

Každá společnost má určitý hlavní cíl, kterého chce dosáhnout (větší ziskovost). Tento hlavní cíl se skládá z několika dílčích, konkrétních cílů. Podle Bangsowa (2015, s. 3) nám použití počítačové simulace může pomoci těmto dílčím cílům dosáhnout. Jako příklad dílčích cílů uvádí:

- Snížení procesního času
- Maximalizace využití zdrojů
- Minimalizace hladiny zásob

V současnosti, kdy je vyvíjen tlak na neustálé zlepšování procesů a zvyšování celkové efektivity, se simulace stala důležitou součástí průmyslového inženýrství. Systém organizace (výroba) lze chápat jako systém propojeným procesů. Chceme-li zvyšovat výkon či efektivitu, je nutné tyto procesy sledovat, abychom zachytili samotnou podstatu procesu a zdroje, které spotřebovávají. V takovém to případě se počítačová simulace jeví jako vhodný nástroj k určitému experimentování s modelem procesu. Díky simulacím lze kromě současného procesu zachytit i různé varianty, které mohou v budoucnu nastat, proto je simulace výborný nástroj pro podporu rozhodování. (Greasley, 2017, s. 1)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI WOCO

Společnost Woco byla založena v roce 1956. Sídlo společnosti se nachází v německém Bad Soden – Salmünsteru (nedaleko Frankfurtu nad Mohanem). Společnost woco má zastoupení ve více než 10 zemích (např. Čína, Maďarsko, Indie, Mexiko, Francie). Jedná se o středně velkou moderní firmu, která nabízí atraktivní prostředí mezinárodního koncernu. Od založení společnosti před více než 60 lety prošla společnost velkým vývojem, od malého výrobce plastových a gumových dílů po velkou nadnárodní korporaci. I v dnešní době po více než 60 ti letech guma výroba a plastové součástky tvoří důležitou část portfolia společnosti. K důležitým odvětvím automobilového průmyslu patří akustika, aktuatorika a polymerové systémy, společnost vyvíjí a vyrábí tyto systémy, které zvyšují akustický komfort a bezpečnost aut. I když Woco vyrábí primárně pro automobilový průmysl, tak v portfoliu výrobků nalezneme i výrobky, které nejsou určeny pro automotive např. průmyslové vibrační technologie, měřicí a kontrolní technologie pro vývoj, produkci membrán, trubkové systémy či lisované plastové díly pro železniční sektor.



Obrázek 13 Non automotive výrobky (Woco Group, ©2014)

Důležitou součástí obchodní strategie společnosti je ochrana životního prostředí. Cíle společnosti Woco je systémovým přístupem dosáhnout a udržovat v oblasti životního prostředí takovou řídicí a organizační úroveň, která dovolí minimalizovat vliv její činnosti na životní prostředí, který se projeví v kvalitě produkce, v bezpečnosti práce a zajištění udržitelných životních podmínek. Trendy v automobilovém průmyslu přispěly k důležitým změnám týkajících se strategií a produktového portfolia, došlo ke změně z čistě výrobní společnosti na důležitého partnera na poli inovací a inteligentních řešení problémů. (Woco Group, ©2014)

5.1 WOCO STV s. r. o. – Vsetín

Po roce 1989 hledala společnost Woco nové trhy a možnosti v České republice. V roce 1991 začalo Woco spolupracovat s firmou MEZ Vsetín. Tato spolupráce se v roce 1993 vyvinula v založení nové společnosti WOCO spol. s r. o. a Systém technik Vsetín spol. s r.

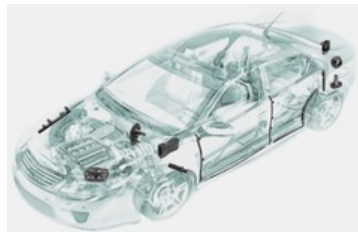
o. (dnes Woco STV s. r. o.). Sídlo i Výrobní závod se nachází na Vsetíně (Jasenice 2088). Společnost se dělí do dvou divizí:

- **Výroba a montáž aktuatorů** - ovládací jednotky pro vzduchové pérování automobilů, vodní ventily a součásti pro klimatizace automobilů, řídicí moduly elektrické, pneumatické, mechanické, řídicí dózy pro turbodmychadla, řídící systémy, pneumatická vedení



Obrázek 14 Polymer technology
(Woco Group, ©2014)

- **Výroba gumových dílů pro automobilový a stavební průmysl** - výroba těsnění, membrán, průchodek apod., výroba dílů ze směsí EPDM i silikonových směsí na vstříkolisech a transferových lisech.



Obrázek 15 Polymer automotive
(Woco Group, ©2014)

Společnost Woco STV patří k největším zaměstnavatelům v okrese Vsetín. V současnosti má více než 1000 zaměstnanců a stále se rozšiřuje. Důležitou součástí Woca tvoří vlastní vývojové centrum, díky kterému se podílí na vývoji dílů. Vývojové projekty jsou realizovány v úzké spolupráci se zákazníky a s ostatními kolegy na celém světě. WOCO STV tak nabízí kompletní zázemí mezinárodní společnosti. Společnost Woco také projektuje a programuje nové stroje nejen pro vlastní potřebu, ale také pro ostatní členy rodiny Woco (Mexiko, Čína, Maďarsko). WOCO STV je držitelem certifikátu ISO TS 16949 a ISO 14001 a každoročně úspěšně absolvuje četné zákaznické certifikace. (Woco-vsetin, © 2014)

6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Předmětem analýzy současného stavu je linka A1. Analýza současného stavu byla provedena za pomoci metod průmyslového inženýrství.

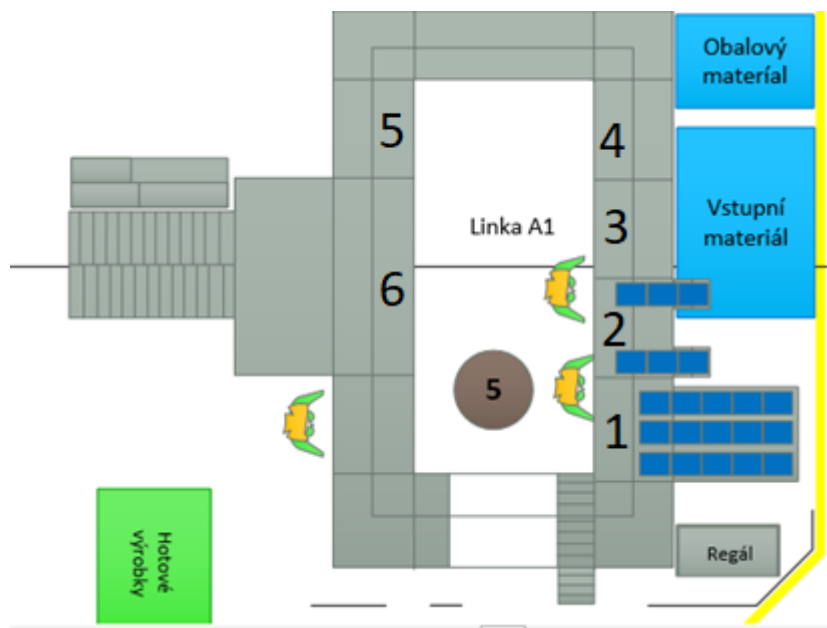
6.1 Představení linky A1

Pracoviště, výrobní linka A1 se nachází v části výroby aktuátorů 2. Jedná se o výrobní linku zaměřenou na výrobu aktuátorů primárně pro dvě velké nadnárodní automotive společnosti. Linka se skládá ze dvou manuálních pracovišť, kde pracují dva operátoři, dvou automatických zkušebních stanic, automatické montáže a automatické stanice s robotem, který výrobky překládá z přípravku na pracoviště balení. Výrobky se v rámci linky pohybují na páse, na kterém je umístěn přípravek – mechanický vozík. Pro každý druh artiklu (výrobku), je potřeba jiný druh mechanického vozíku. V současné době se na lince používá 6 vozíků. Maximální počet mechanických vozíků, které lze umístit na pás současně je 9.



Obrázek 16 Přípravek pro výrobky
(vlastní foto)

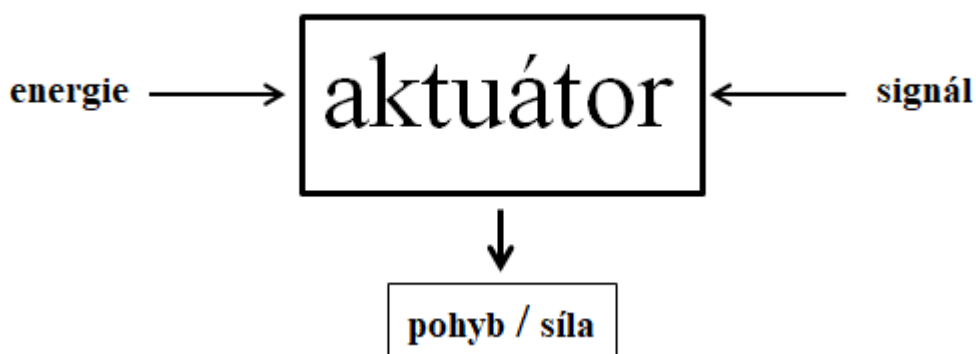
Mimo stanici se pak nachází pracoviště balení a doplňování materiálu, kde je materiál do linky dopravován v KLT boxech pomocí válečkových dopravníků. Současný layout linky A1 lze vidět na obrázku 17.



Obrázek 17 Layout výrobní linky A1 (vlastní zpracování)

6.2 Charakteristika výrobku

Aktuátory (akční členy) jsou důležitou součástí kontrolních systémů osobních i nákladních automobilů. Účelem aktuátorů je převádění elektrického signálu do akce – konvertují energii do pohybu.



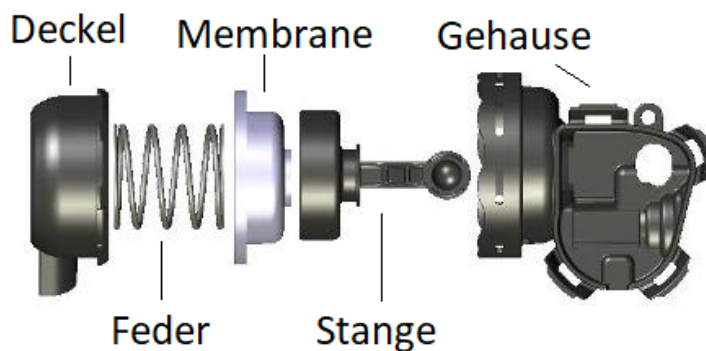
Obrázek 18 Princip aktuátoru (vlastní zpracování dle Quora, © 2018)

V lince se vyrábí tři druhy aktuátorů (artikly). Jedná se o artikly X1, X2, X3. Artikl X3 se dělí na podskupiny A, B.

6.2.1 Popis artiklů

Všechny artikly jsou postaveny na stejném základu, kdy jsou tvořeny pěti základními komponenty:

- Gehäuse (spodní díl)
- Deckel (horní díl)
- Stange (tyčka)
- Membrane (membrane)
- Feder (pružinka)



Obrázek 19 Nákres výrobku (interní zdroj)

Nejedná se o totožné komponenty, jelikož tyto součástky mají rozdílné rozměrové vlastnosti, i když rozdíly jsou nepatrné. Jednotlivé artikly odlišují součástky, které se montují navíc. V případě artiklu X1, se jedná o Buchse (pouzdro - kovová matička). U artiklu X2 se přidává halter – (kovový držák). Artikl X3 se liší v použití horního dílu. V tabulce 4 pak můžeme vidět kusovník pro jednotlivé artikly.

Tabulka 4 Kusovník (vlastní zpracování)

Kusovník		
X1	X2	X3
Gehäuse	Gehäuse	Gehäuse A/B
Deckel	Deckel	Deckel
Stange	Stange	Stange
Membrane	Membrane	Membrane
Feder	Feder	Feder
Buchse	Halter	-

Na obrázku 20 můžeme vidět hotové výrobky artiklu X2, který je tvořen i navíc kovovým držákem (halter), v levé části je výrobek artiklu X3 se spodním dílem s indexem B.

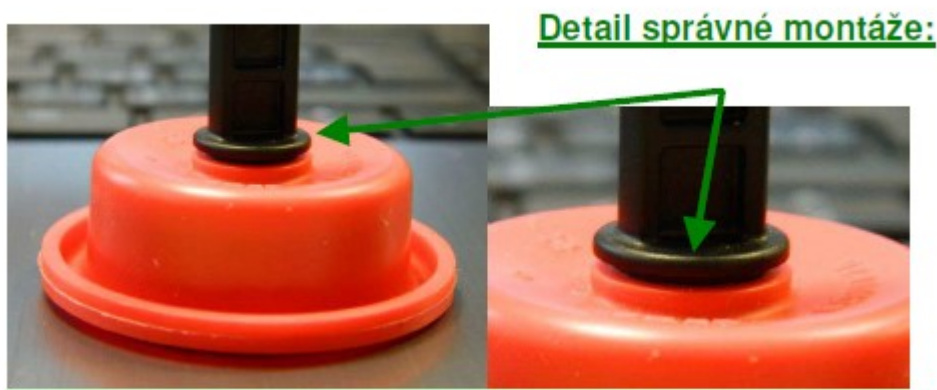


Obrázek 20 Hotové výrobky – artikl X2, X3 (vlastní foto)

6.3 Popis jednotlivých pracovišť – pracovní postup

Stanice 1 je první ze dvou manuálních pracovišť v lince. V této stanici se na jednotlivé trny přípravku umístí pružina, na kterou se nasadí horní díl. Na další trn se poté nasadí spodní díl. V případě artiklu X1 před nasazením spodního dílu na trn musí operátor zalisovat pouzdra (Buchse). Do přípravku umístí spodní díl a vloží do něj pouzdro, stiskem dvoutlačítka provede zalisování. Teprve nyní vkládá podsestavu na trny přípravku. V případě artiklu X2, operátor nasazuje na přípravek kovový držák (Halter).

Ve **stanici 2** se provádí předmontáž membrány. Operátor nasadí na přípravek membránu a pomocí páky ji rozevře. Do membrány poté vloží tyčku (Stange) a pohybem páky dolů dokončí montáž. Poté celou podsestavu vkládá do přípravku. U této operace je potřeba dbát na správné nasazení membrány na tyčku. Mezi membránou a převlečeným talířem tyčky musí být viditelná úzká mezera (obrázek 21). Mezera nemusí být rovnoměrná, je přípustná i nestejněměrná mezera mezi tyčkou a membránou.



Obrázek 21 Detail montáže membrány (interní zdroj)

V automatické **stanici 3** dochází ke kompletační montáži. Kromě kompletační montáže dochází v této stanici také ke kontrole zdvihu pružiny a nasazení membrány.

Ve **stanici 4** se nachází další kontrolní bod, kde dochází k tzv. zkoušce těsnosti aktuátoru.

Ve **stanici 5** v případě artiklu X2 dochází k automatickému namontování kovového držáku. Při přejezdu mezi stanicemi 5 – 6 je senzor, který zkoumá přítomnost kovového držáku. U artiklu X2 zde také dochází ke zkoušení membrány.

Na konci celého procesu je **stanice 6**. V této stanici dochází k překládání hotových výrobků pomocí robota na pracoviště balení a v případě artiklu X2 se zjišťuje správné nasazení kovového držáku. Mimo linku se nacházejí pracoviště pro doplňování materiálu a balení hotových výrobků.

6.4 Analýza měření práce

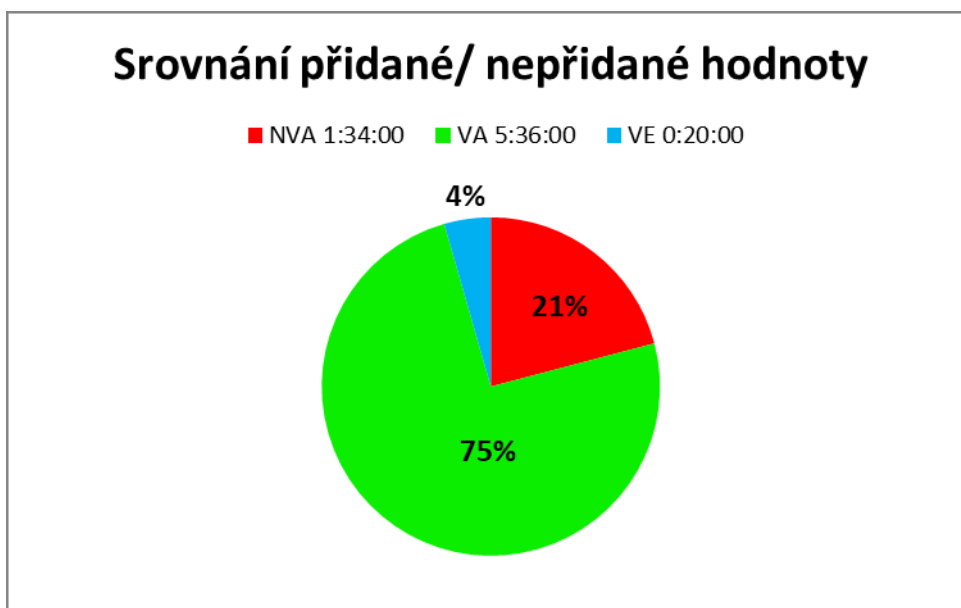
V rámci analýzy a měření práce byly činnosti analyzovány pomocí snímku pracovního dne, přímých náměrů a analýzy MOST. Na základě snímku pracovního dne pak byla provedena analýza prostoje.

6.4.1 Snímek pracovního dne

Snímek pracovního dne sloužil jako nástroj pro pochopení procesu celé linky a odhalení nedostatků. Snímek pracovního dne byl proveden třikrát, pokaždé u odlišných výrobních týmů.

Všechny tři snímky vykazovaly podobný charakter. Na obrázku 22 můžeme vidět výsledek přidané hodnoty vzhledem k času jedné směny. Přidaná hodnota byla tvořena v 75 % času,

Tento výsledek není nijak pozitivní vzhledem k tomu, že se z větší části jedná o automatickou linku. Čas, kdy byly prováděny činnosti, které netvoří přidanou hodnotu, ale jsou nutné pro budoucí tvorbu přidané hodnoty (VE), tvořily 4 % z celkového času. Tyto 4 % představuje tzv. uvolnění výroby, které se provádí na začátku směny. Během uvolnění do výroby se vyrábí zkušební vzorky, dochází k různým měřením a všeobecně se zkoumá kvalita a podmínky pro výrobu. Pro tuto činnost je předepsáno 20 minut na začátku každé směny.



Obrázek 22 Snímek pracovního dne – VA/NVA/VE (vlastní zpracování)

Za povšimnutí stojí především výsledek nepřidané hodnoty. Jak již bylo zmíněno, činnosti, které nepřidávají hodnotu, tvořily značnou část směny – **21 %**. Je důležité podívat se především na charakter těchto prostojů. Činnosti, které se nejvíce podílely na nepřidané hodnotě, bylo prostoje způsobené především častými závadami, které tvoří 40 % z celkových závad. Mezi operátory je z tohoto důvodu linka nazývána Žebrák. Více zarážející je ovšem zbylých 60 % z celkové nepřidané hodnoty, které tvoří doplňování materiálu a balení, což představuje více než 1 hodinu denně.

6.4.1.1 Zhodnocení snímku pracovního dne

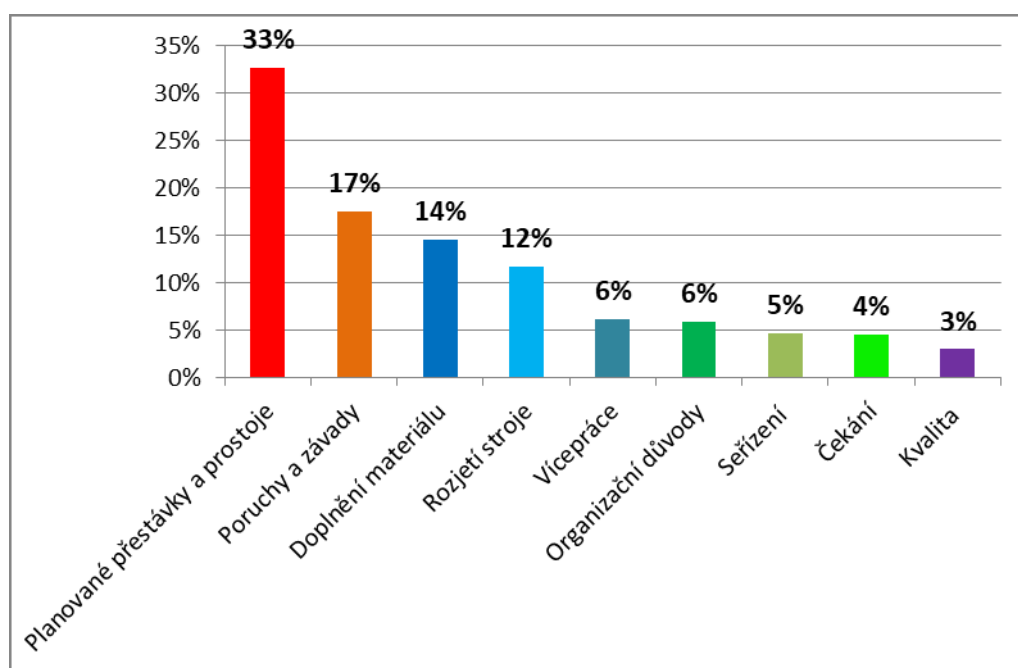
Snímek pracovního dne odhalil několik nedostatků. Největší nedostatek, na který je potřeba se zaměřit je doplňování materiálu. Jedná se o velmi neefektivní využívání operátorů v lince, kteří místo výroby, musí cca co 2 hodiny doplňovat materiál a zajišťovat balení. Na rozdíl od doplňování materiálu, balení je činnost, kterou by měli vykonávat samotní operátoři, jelikož to spadá do jejich náplně práce. Ve firmě zajišťují doplňování materiálu

do linek manipulanti, ale linka A1 pod manipulanty nespadá, jelikož zde nejsou určeny, a vytvořeny základní podmínky pro kanban – kdy a kolik materiálu. (viz další kapitoly).

Všeobecně velkým problémem jsou různé krátkodobé prostoje, díky kterým je linka operátory označována za Žebračka. Během snímkování (3 směny) docházelo k různým krátkodobým závadám, ovšem chceme-li zjistit jejich charakter je potřeba se podívat se hlouběji do minulosti, a zjistit, jaké jsou nejčastější důvody prostojů.

6.4.2 Analýza prostojů linky A1

Snímky pracovního dne odhalily určité nedostatky a potřebu zaměřit se více na prostoje. Jako podklad pro analýzu prostojů posloužily data z informačního systému. Každý prostoje se zapisuje do směnového protokolu, ze kterého se pak tyto prostoje zadávají do informačního systému. Pro potřeby analýzy bylo vybráno období od 1. 1. 2018 do 1. 3. 2018



Obrázek 23 Prostoje linky A1 vyjádřené v procentech (vlastní zpracování)

Největší podíl na prostojích v období ledna až března měly plánované přestávky a prostoje. Těmto prostojům ovšem nelze přikládat příliš velkou váhu. Přestávky a plánované prostoje (čištění) jsou nutná povinnost. Samozřejmě existuje možnost eliminovat přestávky, střídáním dvou týmů. Tato možnost však není příliš reálná vzhledem k několika faktorům. Střídání by způsobilo větší administraci – především pro vedoucího směny (parták, partačka). S tím spojený je také problém při plánování výroby, jelikož plánování výroby je mnohdy

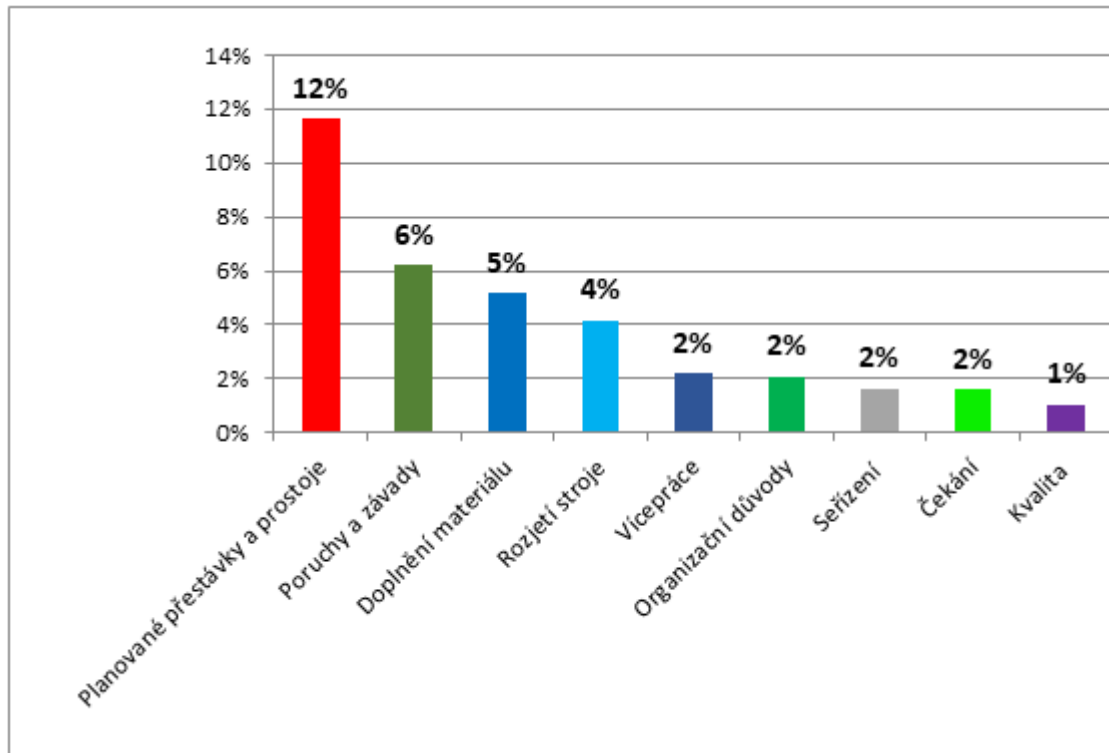
určitá improvizace vzhledem k faktorům, které ji ovlivňují. Střídání v rámci přestávek by způsobilo zbytečný chaos.

Opomeneme-li tedy přestávky a plánované prostoje, tak největší podíl na prostojích měly poruchy a závady. Mezi nejčastější poruchy se řadí zablokování mechanického vozíku. U mechanického vozíku, který přesouvá podsestavy mezi jednotlivými stanice, někdy nastává problém, že vozík se zasekne ve stanici a nepokračuje dál. Jedná se o zdánlivě jednoduchý problém, ale jeho vyřešení bývá komplikované. S poruchami a závadami souvisí znova rozjetí stroje. Samotné odstranění závad je jen jedna část problému. Jak již bylo zmíněno v teoretické části, každý prostoj spojený se závadami sebou přináší i problémy při znova rozběhnutí stroje. Časy strávené seřizováním a vyladováním před najetím výroby se výrazně promítnou do celkových prostojů. Samotné seřízení, které není zapříčiněno z důvodu rozjetí stroje (např. seřízení robota, úprava měření zkušební stanice), nastalo v 5 % případů. Faktorem, nad kterým je potřeba se pozastavit, je čekání. Ve 4 % případů nastalo čekání především z důvodu nedostatku materiálu či čekání na mechanika. Čekání na mechanika je faktor, který lze v určité mezi tolerovat v důsledku nedostatku mechaniků. Prostoj kvůli chybějícímu materiálu vzniká na více frontách, ať už je to u manipulantů, skladu či plánování. Důležitou roli zde hraje faktor, který je potřeba zlepšit na úrovni celé společnosti - **komunikace**.

V 6 % procentech případů prostojů docházelo k tzv. vícepracím. Jak z názvu vypovídá, jedná se o stav, kdy jsou potřeba další operace. V případě linky A1 si to můžeme představit jako případ, kdy je potřeba např. vyrobit určitý počet kusů pro různá měření pro technologie či pracovníky kvality.

Prostoj, jejichž důsledkem je kvalita, nastaly ve 3 % procentech případů. 3 % neznamena-jí, že v lince je tří procentní zmetkovitost, ale jedná se o prostoje, kdy bylo potřeba z důvodu kvalitu preventivně zastavit výrobu.

Stejně jako snímek pracovního dne tak i analýza prostojů potvrdila problém s doplňováním materiálu. Doplňování materiálu tvoří 14 % z prostojů. Podíváme-li se na absolutní vyjádření vůči času provozu stroje tak doplňování materiálu tvoří **5 %** z celkového času provozu stroje.



Obrázek 24 Vyjádření prostoje vůči času provozu linky A1 (vlastní zpracování)

6.4.3 MOST

V rámci analýzy měření práce byla provedena analýza MOST u všech artiklů. Analýza MOST sloužila jako nástroj pro pochopení procesu, jako základ pro zjištění procesních časů pro výrobní simulaci a také k ověření normy. V této části seminární práce bude uváděna spousta tabulek související s analýzou MOST. Pro lepší přehled budou uváděny zjednodušené tabulky, ve kterých bude uveden pouze čas určený most analýzou, výjimkou je stanice 1, na které bude pro pochopení uvedena celá tabulka MOST i se sekvencemi. Výsledek analýzy MOST bude porovnán s přímými náměry, kde přímé náměry budou uváděny za celé stanice.

6.4.3.1 Stanice 1

Dle analýzy MOST vyšel čas stanice 1 je 14,76 sekund. Postup a popis jednotlivých sekvencí můžeme vidět v tabulce 5. Jedná se o stejný výsledek jako v případě přímého náměru, kdy čas vycházel v průměru 14,5 sekund. Je důležité zmínit, že na vozík se zakládají komponenty pro dva díly, tedy výsledek MOSTU se vztahuje na 2 kusy.

Tabulka 5 MOST analýza – stanice 1 (vlastní zpracování)

Operace							Součet indexů	Čas dle mostu
Vložení Gehause na přípravek							9	3,24
A	B	G	A	B	P	A		
1	0	1	1	0	3	0		
Umístění Buchse na trny Gehäuse							7	2,52
A	B	G	A	B	P	A		
1	0	1	1	0	3	1		
Spustit lisování – zmáčknutí tlačítka							11	3,96
A	B	G	M	X	I	A		
1	0	1	1	6	1	1		
Vložení Gehause do přípravku vozíku							9	3,24
A	B	G	A	B	P	A		
1	0	1	1	0	3	0		
Vzít pružinu a vložit do přípravku (2x)							18	6,48
A	B	G	A	B	P	A		
1	0	3	1	0	3	1		
Vzít Deckel a vložit do přípravku (2x)							10	3,6
A	B	G	A	B	P	A		
1	0	1	1	0	3	1		
Zmáčknout tlačítko pro kontrolu založení							4	1,44
A	B	G	M	X	I	A		
1	0	1	1	0	0	1		
Součet indexů celkem							41	
Celkem (TMU)							410	
Celkem (sek.)							14,76	

Tabulka 5 představuje MOST analýzu pro artikl X1, kdy operátor provádí zalisování pouzder na spodní díl. Tato tabulka neobsahuje operaci, kdy operátor přidává v případě artiklu X2 do přípravku kovový držák, k jehož samotné montáži dochází ve stanici 5. U artiklu X3 dochází ve stanici jen k zakládání horního, spodního dílu a pružiny na trny přípravku, je tedy logické, že čas tohoto artiklu je nejmenší. Na obrázku 25 můžeme vidět srovnání jednotlivých časů ve stanici 1 podle artiklů.

Stanice 1	
<i>Artikl</i>	<i>Čas dle MOSTu</i>
X1	14,76
X2	11,76
X3	11,2

Obrázek 25 srovnání času dle MOSTU
(vlastní zpracování)

Jelikož stanice 1 nepředstavuje úzké místo linky, není nutné brát rozdíl mezi jednotlivými artikly v úvahu.

6.4.3.2 Stanice 2

Ve stanici 2 probíhá předmontáž membrány na tyčku + vizuální kontrola správného nasazení membrány. Tato operace je stejná u všech artiklů.

Tabulka 6 Analýza MOST – stanice 2 (vlastní zpracování)

Operace	Součet indexů	Čas dle MOSTU
Umístění membrány na přípravek	4	1,44
Otočení pákou přípravku k sobě	4	1,44
Vzít membránu a umístit na přípravek	4	1,44
Dokončení montáže - pohyb pákou směrem dolů	4	1,44
Vyjmutí podsestavy + vizuální kontrola	7	2,52
Otočení pákou do původního stavu	4	1,44
Vložení tyčky s membránou na vozík	7	2,52
Zmáčknutí tlačítka pro posun další stanice	4	1,44
Součet indexů celkem	40	
Celkem TMU	400	
Celkem (sek.)	13,68	

Čas stanice 2 je téměř stejný jako u stanice 1. MOST analýza a obecně systémy předem určených časů by při správné aplikaci měly ukazovat 100% výkon operátora při optimál-

ních podmínkách. V lince A1 pracují zkušení operátoři a můžeme tedy říci, že výkon, při kterém byla prováděna analýza MOST, byl 100%. Jako důkaz správné aplikace slouží srovnání s přímými náměry, které se lišily v desetinách sekundy. V případě stanice 2 byl přímými náměry naměřen průměrný čas 14,53 sekund.

6.4.3.3 Pracoviště balení

Automatický robot odkládá hotové výrobky do kartónových krabic, které operátor z linky musí chodit balit podle určitého intervalu, který je určen balícími předpisy zákazníka. (kolik hotových výrobků se vkládá do krabice). Artikly X1 a X3 se balí po 100 kusech, artikl X2 po 80 kusech. Při analýze MOST je potřeba tyto rozdíly v balení odlišit, jelikož je zde potřeba přepočítat balení na jeden kus. K balení obvykle dochází v intervalu co 2 hodiny, ale tento interval není pevně určen.

Tabulka 7 Analýza MOST – balení (vlastní zpracování)

Operace	Součet indexů	Čas dle MOSTU	
		Celkový čas	Čas na 1 kus
Cesta k balení	32	11,52	0,058
Vzít krabici na balení	17	6,12	0,061
Vložit sáček a převlíknout kolem okrajů krabice	26	9,36	0,094
Odložení bedny na pás	5	1,8	0,018
Přemístění krabice s hotovými kusy	6	2,16	0,022
Vizuální kontrola - náhodně pět dílů	15	5,4	0,27
Nasazení víka na krabici	4	1,44	0,014
Nalepení štítku na krabici	19	6,84	0,068
Odložení krabice s hotovými kusy	17	6,12	0,061
Cesta zpět do linky	32	11,52	0,058
Součet indexů celkem		173	
Celkem TMU		1730	
Celkem na 1 kus (sek.)		0,724	

Balení zabere operátorovi přibližně 62 vteřin, kdy se tento interval opakuje přibližně co dvě hodiny. Při přepočtu na 1 kus, se balení podílí na celkovém čase 0,724 sekund. Důležitou součástí je i vizuální kontrola, kdy operátor náhodně vybere 5 kusů, které zkoumá především z vizuální stránky – různé škrábance, či jestli je správně namontován kovový držák v případě artiklu X (Halter).

6.4.3.4 Doplnění materiálu

Jak již bylo zmíněno doplnění materiálu, je činnost, která by měla spadat pod manipulanty. Doplnění materiálu se skládá z mnoha činností, které zbytečně zabírají čas (rozřezávání krabic, přesypávání do KLT, manipulace s prázdnými KLT)

Tabulka 8 Analýza MOST – doplnění materiálu (vlastní zpracování)

Operace	Součet indexů	Čas dle MOSTU	
		Celkový čas	Čas na 1 kus
Cesta k doplnění materiálu	32	11,52	0,0576
Doplnění materiálu do stanice 1	200	72	0,36
Doplnění materiálu do stanice 2	170	61,2	0,306
Doprovodné činnosti balení	300	108	0,54
Cesta zpět do linky	32	11,52	0,0576
Součet indexů celkem		734	
Celkem TMU		1730	
Celkem na 1 kus (sek.)		1,3212	

Po přepočtu na 1 kus, doplnění materiálu zabere 1,3 vteřin. Jedná se velmi zbytečný čas, který je potřeba eliminovat. (viz další kapitoly)

6.4.3.5 Stanice 3,4,5,6

Stanice 3 – 6 jsou automatické. V následující tabulce jsou podle MOSTU uváděny procesní časy, každé stanice, kdy je parametru X přiřazen index podle přímého náměru ($X 70 = 0,036 * 70 = 24,2$). Někdo může namítat, že použití MOSTU v tomto případě je zbytečné,

že postačí pouze přímé náměry. Jak již bylo zmíněno v teoretické části, jednou ze základních funkcí je indexace, kdy díky velkému indexu lze odhalit potenciální místo pro zlepšení. Z vlastní zkušenosti mohu také říci, že při prezentaci výsledků MOST působí profesionálněji než přímé náměry.

Tabulka 9 Analýza MOST – procesní časy stanic (vlastní zpracování)

Stanice	Součet indexů	Čas dle MOSTU
Stanice 3 - kompletační montáž + zkouška zdvihu pružiny	70	24,2
Stanice 4 - Zkouška těsnosti membrány	79	24,4
Stanice 5 – montáž Halteru (artikl X2)	430	15,4
Stanice 6 - robot - přeložení hotových kusů z přípravku	56	20,16

Nejvyšší procesní čas vyšel u stanic 3,4, tedy jedná se o **úzké místo linky**, které určuje takt této linky. Kromě samotné činnosti každé stanice, je potřeba se zaměřit na přejezdy mezi jednotlivými stanicemi. Na obrázku 26 můžeme vidět, jak jednotlivé přejezdy mezi stanicemi, ovlivňují časy MOSTU. I nadále úzkým místem zůstává, stanice 4 následované stanicí 3. Zaměříme-li se na budoucí zlepšení týkajících se jednotlivých stanic, tak v případě manuálních stanic 1, 2 není moc místa pro zlepšení, jelikož tyto stanice představují téměř poloviční čas oproti stanicím 3,4. Je tedy jasné, že předmětem dalších zlepšení bude potřeba směřovat zlepšení do těchto stanic. (viz další kapitola)

	5		4		5			
	24,2		24,2		13,68		14,76	
	29,2		28,2		18,68		14,76	
	Stanice 4		Stanice 3		Stanice 2		Stanice 1	
	Vozík		Vozík		Vozík		Vozík	
13			Čas přejetí mezi stanicemi					
			Čas operace ve stanici (MOST)					
			Čas operace + přejezd celkem					
	Vozík				Vozík			
	15,4				22,1			
	15,4				29,1			
	Stanice 5				Stanice 6			
			7				16	

Obrázek 26 Čas jednotlivých stanic + přejezdy mezi stanicemi (vlastní zpracování)

Na obrázku 26 si můžeme také povšimnout přejezdu mezi stanicemi 4 a 5, který trvá 13 vteřin, ale tento čas je společně s časem stanice 5 tzv. překrytý čas (přejezd + operace ve stanici není delší než 29,2 vteřin). Čas přejezdu mechanického vozíku mezi stanicemi 6 a 1 trvá 16 vteřin, tento čas je ovšem eliminován použitím dalšího mechanického vozíku.

6.4.4 Shrnutí analýzy MOST

Výsledkem analýzy MOST bylo určení doby cyklu. Dobu cyklu určují stanice 3 a 4, kde čas podle analýzy MOST byl 29,2 respektive 28,2 vteřin. Tyto časy jsou více méně stejné pro jednotlivé artikly, rozdíl mezi časy jednotlivých artiklů nastává u stanice 1 kdy kromě zakládání horního, spodního dílu a pružiny (v případě artiklu X2 ještě kovový držák), provádí operátor zalisování pouzder na spodní díl. Další rozdíl nastává ve stanici 5, kde se montuje kovový držák. Tyto operace se provádějí v rámci překrytého času. Můžeme tedy

tvrdit, že pro určení doby cyklu lze vycházet z času stanice 4 – **29,2** vteřin na jeden vozík (dva kusy), k tomuto času je nutné připočítat čas balení 0,7 a doplňování materiálu 1,3. Dostáváme se tak na **16,7 vteřin na kus**.

6.5 5S audit

Na lince A1 byl proveden 5S audit. 5S audit byl proveden pomocí firemního 5S formuláře. Tento formulář se skládal z 20 otázek, které zhodnocují stav, zkoumaného pracoviště. Hodnocení otázek je na základě dvou parametrů – 0 nesplněno, 5 splněno. Celkový možný počet bodů za 5S je tedy 100 bodů. Minimální hranice pro splnění 5S auditu je 85 bodů:

- **1. Je k dispozici dostatek odkládacích prostor?** (nářadí, čisticí prostředky, NIO díly, láhve na pití, odpadkový koš, materiál po přehození) – *na pracoviště je dostatek odkládacích prostorů* – **5**
- **2. Nejsou žádné nepotřebné věci na pracovišti?** (tašky, kelímky, láhve, osobní věci) – *na pracovišti se nenacházejí nepotřebné věci, láhve na pití jsou v držácích na lince* – **5**
- **3. Jsou všechny odkládací prostory označeny?** (vstupní materiál, hotové výrobky, přípravky, regály, skříně, odpadkový koš) – *na pracovišti není označen regál na materiál, který se hromadí při přehození přípravků pro nový artikl. Není označena skříně pro přípravky* – **0**
- **4. Jsou veškeré ostré hrany na výrobním zařízení a pracovišti chráněny?** – *linka A1 splňuje základní bezpečnostní požadavky* – **5**
- **5. Jsou pracovní stoly v pořádku?** (čistá pracovní plocha, nepoškozená deska, pevně stojící stoly) – *pracoviště splňuje požadavky* – **5**
- **6. Jsou pracovní a kontrolní instrukce úplné, platné, aktuální a podepsané?** (pracovní postup, balící předpis, čisticí předpis, bezpečnostní předpis, směnový protokol) – *na pracovišti chybí čisticí předpis, chybí pracovní postup pro artikl X, pracovní předpisu nebyla upravena změny variabilní normy* – **0**
- **7. Jsou k dispozici a na správném místě potřebné formuláře, etikety atd.?** – *chybí kapsy na protokoly, formuláře nejsou na svém místě* – **0**

- **8. Je k dispozici potřebné pracovní nářadí, pomůcky a jsou na správném místě a v pořádku?** – *potřebné nářadí a pomůcky jsou na vyznačeném místě, nic nechybí* – 5.
- **9. Je funkční skenovací systém?** – *ano* – 5
- **10. Jsou pracovní stoly v pořádku** (čistá pracovní plocha, nepoškozená deska, pevně stojící stoly) – *pracoviště splňuje požadavky* – 5
- **11. Jsou regály v pořádku, nepoškozené a pevně stojící?** (správná a tuhá montáž, nevyvlíkají se, nejsou odřené, dostatečná nosnost, atd.) – *regály na pracoviště jsou v pořádku* - 5
- **12. Je správně nastaven a dodržován systém pro NOK díly?** (odkládací boxy, označení místa pro NOK díly.) – *odkládací boxy označeny a umístěny u každé stanice* - 5
- **13. Je dodržován plán na čištění a úklid? Jsou tyto plány dokumentovány?** (montážní přípravky, montážní linky.) – *plán dodržován, chybí zápis čištění z předchozího týdne* – lze tolerovat - 5
- **14. Je dodržován plán údržby?** (montážní přípravky atd..) – *plán údržby je dodržován a dokumentován*- 5
- **15. Nestojí nepotřebný materiál nebo příliš mnoho materiálu na pracovišti?** – *u linky je materiál na více než směnu. Stejně se týká i hotových výrobků* – *není chyba operátorů, není definován kanban* – tolerováno. *Pružiny operátor zavěšuje na okraj bedny* – 0



Obrázek 27 Zavěšené pružiny na KLT (vlastní foto)

- **16. Je pracovní oděv zaměstnanců dle předpisů?** (hodinky, řetízky, prstýnky atd.) – *operátoři splňují oděvní předpis- 5*
- **17. Je výrobní zařízení čisté?** (i věci okolo linky – mechanické přípravky, KLT pro vstupní materiál., pod stolem, za stolem, montážní sloupy, atd. – *výrobní linka splňuje požadavky - 5*
- **18. Je osvětlení pracoviště dostatečné, chráněné?** – *chybí krytka na červené světlo od kamery. Operátoři si stěžují na umístění světel a také na jejich intenzitu při svícení – 0*
- **19. Je čistá podlaha?** (žádný papír, nepořádek, nepovalující se malé součástky) – *podlaha je pravidelně čistěna, nejsou vidět žádné nedostatky- 5*
- **20. Jsou všechna bezpečnostní zařízení funkční? Nosí pracovníci předepsané bezpečnostní pomůcky? Jsou pracovníci obeznámeni bezpečnostními podmínkami na pracovišti?** – *nefunkční tlačítko pro náhlé zastavení linky, ostatní požadavky splněny – 0*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	5	0	5	5	0	0	5	5	5	5	5	5	5	0	5	5	0	5	0

Výsledek 5S = 70 Nesplněno

Obrázek 28 Vyhodnocení 5S auditu (vlastní zpracování)

Celkové hodnocení linky A1 v rámci 5S auditu je 70 bodů – nesplněno. Záporné hodnocení se týkalo většinou drobností, které lze přehlédnout, jako umístění formulářů na lince. Na druhé straně 5S audit odhalil i hrubé nedostatky jako v případě otázky 20, kdy nefungovalo tlačítko pro náhlé zastavení linky. Také je potřeba zmínit neoznačení odkládacích prostorů, jelikož každý neoznačený materiál je porušením pravidel BOZP. Dalším hrubým nedostatkem bylo odkládání pružinek na okraj KLT. U pružinek je problém, že se do sebe zamotávají (obrázek 29) a proto si je operátoři předpřipravují odložením na okraj KLT. Odkládáním pružin tímto způsobem může dojít k jejich poškození (zkroucení, roztáhnutí). Nejedná se o problém jen linky A1, jedná se o „standartní“ způsob jak si operátoři chystají pružinky. Padlo již mnoho námitek, dokonce ze strany zákazníků (při zákaznickém auditu), tento

problém zde však neustále zůstává. Je potřeba vymyslet nějaký přípravek, na který bude možné chystat pružiny, aby se nepoškozovaly.



Obrázek 29 Zamotané pružiny (vlastní zpracování)

6.6 Výpočet celkové efektivnosti zařízení

Celková efektivnost zařízení byla vypočítána na základě dat z informačního systému za období 1. 1. 2018 – 1. 3. 2018.

Míra výkonu

Tabulka 10 Míra výkonu (vlastní zpracování)

Linka A1	Doba nasazení	Přestávky	Doba prostojů	Čistá doba provozu
	429,99	35,92	91,48	338,51

Linka A1 byla ve sledovaném období nasazena celkem 429,99. Celkové prostoje během období ledna – března byly 91,48 hodin. Míra výkonu = **78,5%**

Míra využití

Tabulka 11 Míra využití (vlastní zpracování)

Linka A1	Počet kusů celkem	Norma na 1 kus (sek.)	Využitelný čas (hod.)
	56144	18	338,51

Ve sledovaném období se vyrobilo celkem 56 144 kusů, norma na 1 kus byla 18 vteřin, čistý čas 331,51 hodin. Míra využití = **82,92 %**

Míra kvality

Mezi přednosti linky patří míra kvality. Ve sledovaném období bylo vyrobeno 56 144 kusů, z toho bylo pouze 536 kusů nekvalitních. Míra kvality této linky byla **99%**.

Vynásobením těchto tří faktorů dostaneme hodnotu CEZ, OEE – obrázek 30

$$\mathbf{CEZ = 78,5 \% \times 82,9 \% \times 99 \% = 64,8 \%}$$

Obrázek 30 Výpočet CEZ, OEE linky A1 (vlastní zpracování)

6.6.1 Zhodnocení výsledku CEZ

Ukazatel celkové efektivnosti zařízení vyšel 63,09 %. Jak již bylo zmíněno, výsledek kolem 60 % představuje průměrnou hodnotu, jedná se ovšem o nepřijatelný výsledek. V případě výsledku OEE pod 65 %, je potřebné co nejrychleji provést nápravné opatření s cílem zvýšit celkovou efektivnost zařízení.

Velkým problémem v souvislosti s linkou A1 a celkově ve společnosti je, že při analýze objednávek, se zákaznický požadavek kalkuluje s 85 % OEE, díky čemuž dochází k problémům tento zákaznický požadavek splnit. Dalším problémem, který je potřeba zmínit je způsob výpočtu ukazatele OEE. Při výpočtu OEE se zahrnuje faktor plnění norem – tedy na kolik % se plní norma. Není tedy výjimkou, že ukazatel OEE vychází více než 100 %. S tímto problémem také souvisí plnění norem, především jejich aktualizace. Po implementaci zlepšení, kdy dojde např. ke snížení procesního času (většinou se týká automatických stanic) by mělo také docházet k přímo úměrné revizi normy na což, se občas zapomíná. Není tedy problém se setkat i s linkami, kdy se plnění norem pravidelně pohybuje kolem 140 %.

6.7 Ověření normy

Současný takt linky A1 podle analýzy most vyšel **16,7 vteřin** na kus. Podle tohoto taktu, maximální počet kusů, které může linka vyrobit je tedy **215 kusů/hod, 1575 za směnu**.

V případě artiklů X1 a X3 lze tvrdit, že norma je nastavena správně. U artiklu X2 je norma na hraně maximálního výkonu za směnu a nedává moc místa operátorovi dostat se nad

normu a s tím spojené bonusy. V tabulce 12 můžeme vidět současné normy pro jednotlivé artikly linky A1

Tabulka 12 Normy pro linku A1 (vlastní zpracování)

Artikl	Norma na 1 kus	Norma ks/h	Norma ks/ směna
X1	18	200	1469
X2	18	200	1469
X3	18	200	1469

Při výpočtu normy za směnu se kalkuluje čas 7,33 hodin – 440 minut. Jedná se o čas osmi hodinové směny očištěný o přestávky. Tato norma by měla zahrnovat i čas tzv. uvolnění do výroby (rozjetí výroby), na tento čas je určeno 20 minut na začátku směny a také čas pro předání směny. Pod odečtení přestávek, zbývá pro uvolnění a předání směny pouze 10 minut. Tuto normu je potřeba přehodnotit. V tabulce 13 lze vidět možnou úpravu pro výpočet časového fondu pro určování norem.

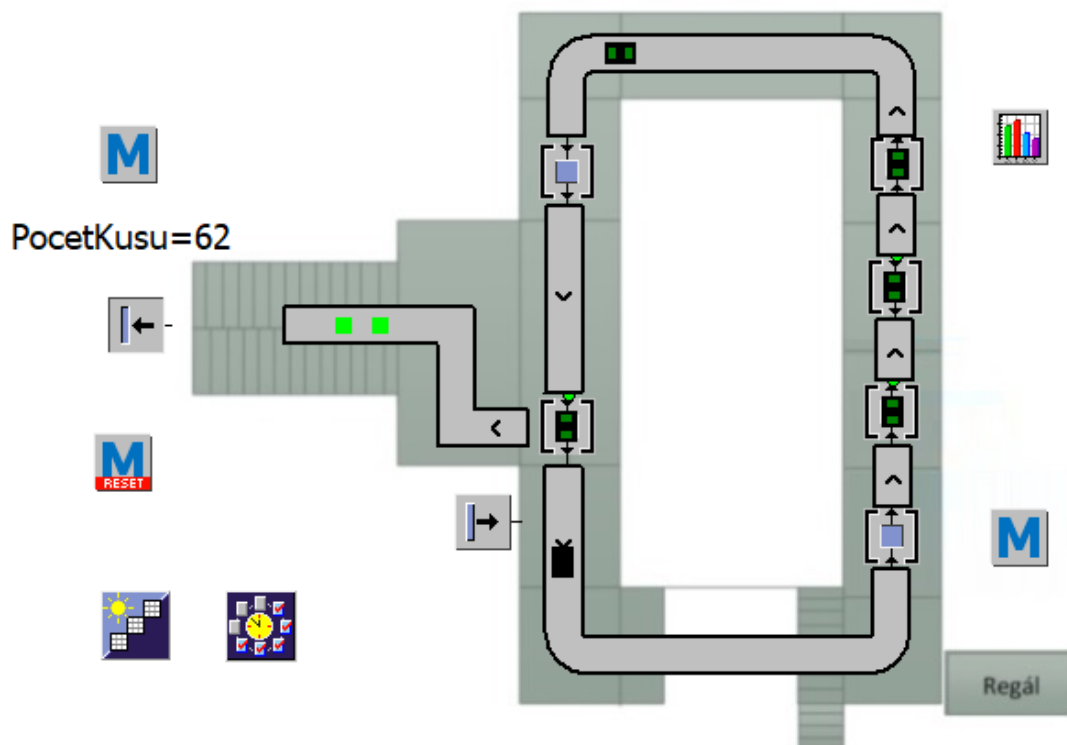
Tabulka 13 Úprava časového fondu (vlastní zpracování)

Výpočet čas. Fondu	Současný stav (min)	Úprava časového fondu (min)
Časový fond	480	480
Přestávky	-30	-30
=	450	450
Uvolnění do výroby	-10	-20
Předání směny		-5
Celkem	440 min	425 min

Po zahrnutí uvolnění výroby vyšel čistý čas na směnu 425 min – 7,089 hodin. Pro kalkulaci normy a plnění budoucí zákaznických požadavků je třeba vycházet z tohoto času, po zaokrouhlení **7,1 hodin**.

6.8 Výrobní simulace

Jako podklad pro výrobní simulaci sloužily data získané z analýzy MOST a přímých náměrů. Simulace byla zpracována v programu Tecnomatix Plan Simulation. Výsledky simulace se vztahují k časovému fondu, který zohledňuje i uvolnění do výroby. Na obrázku 31 můžeme vidět simulační model pro linku A1.



Obrázek 31 Simulační model Linky A1 (vlastní zpracování)

Výstupy simulace byly následující. Na obrázku 32 můžeme vidět maximální možný výstup linky A1 za jednu směnu v případě jednotlivých artiklů. Jedná se o počet kusů při 100 % OEE. Samozřejmě takového výsledku je extrémně složité dosáhnout, ale aspoň můžeme vidět maximální potenciál linky A1. Obrázek 33 představuje výstup pomocí tzv. experiment manager. Jedná se o funkci, díky níž lze porovnávat několik variant, v tomto případě artiklů (Exp 1 = artikl X1 atd.) Jak již bylo zmíněno v most analýze, časy stanic 1 a 5 se liší u jednotlivých artiklů. Díky experiment manageru, si lze nasimulovat výrobu jednotlivých artiklů najednou.

	Stanice 1	Stanice 5	Počet kusů
Exp 1	14.7600	5.0000	2208
Exp 2	11.7600	15.0000	2112
Exp 3	11.2000	5.0000	2260

Obrázek 32 Maximální výstup linky A1 (vlastní zpracování)

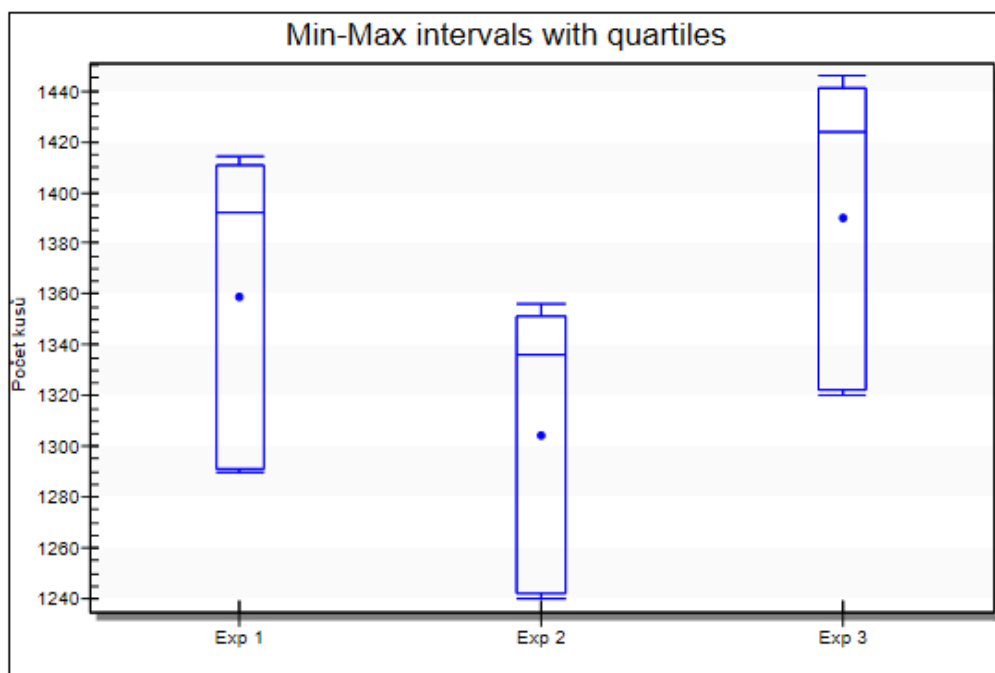
Mnohem vypovídající hodnotu má obrázek 33, který představuje současný stav linky A1 při současném OEE **64 %**

	Stanice 1	Stanice 5	Počet kusů
Exp 1	14.7600	5.0000	1359.2
Exp 2	11.7600	15.0000	1304.4
Exp 3	11.2000	5.0000	1390

Obrázek 33 Maximální výstup linky A1 při současném OEE

V současném stavu linka A1 dokáže vyrobit 1359 kusů artiklu X1, 1304 kusů artiklu X2 a 1390 kusů artiklu X3, což představuje takt linky **21,2** vteřin artikl X1, **22** vteřin X2 a **20,71** vteřin X3

Obrázek 34 pak zobrazuje srovnání průměrného, maximálního a minimálního počtu kusů za směnu při výrobě artiklů X1, X2, X3 v současném stavu OEE 64 % na základě 15 experimentů pomocí funkce Experiment manager.

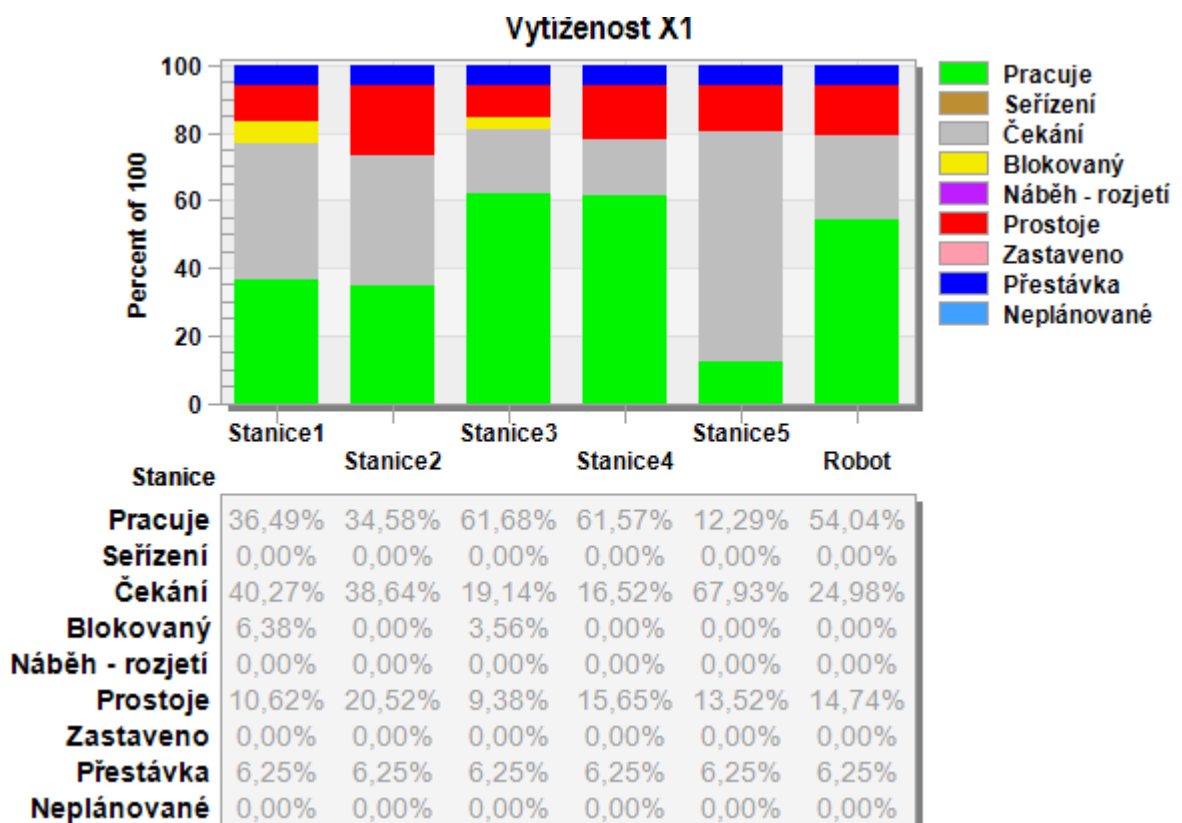


Experiment	Počet kusů	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
Exp 1	1359.2	62.7789773730006	1290	1414	1280.95239240967	1437.44760759033
Exp 2	1304.4	57.417767285047	1240	1356	1232.83459528594	1375.96540471406
Exp 3	1390	62.5779513886481	1320	1446	1312.00295084495	1467.99704915505

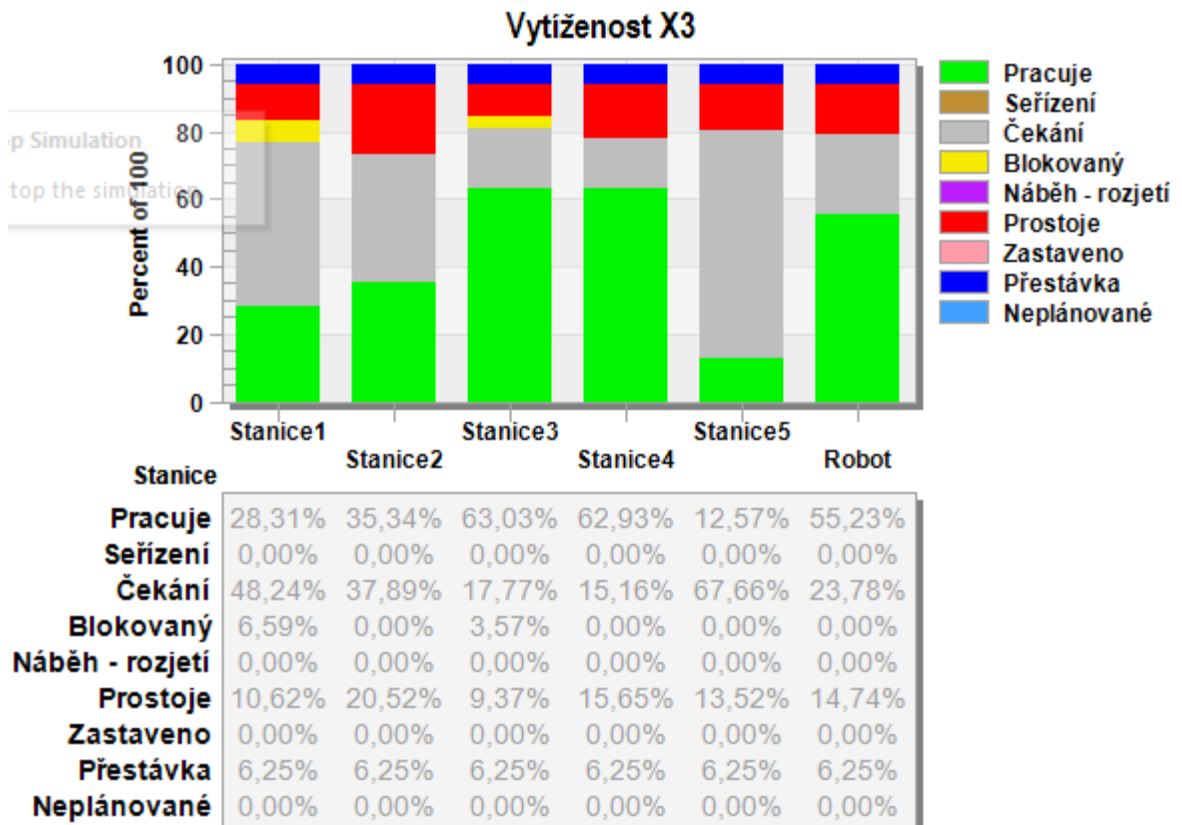
Obrázek 34 Min Max rozpětí kusů za směnu (vlastní zpracování)

Maximální počtu vyrobených kusů, kterého lze na lince A1 dosáhnout je 1414 kusů artiklu X1, 1356 kusů artiklu X2 a 1446 kusů artiklu X3.

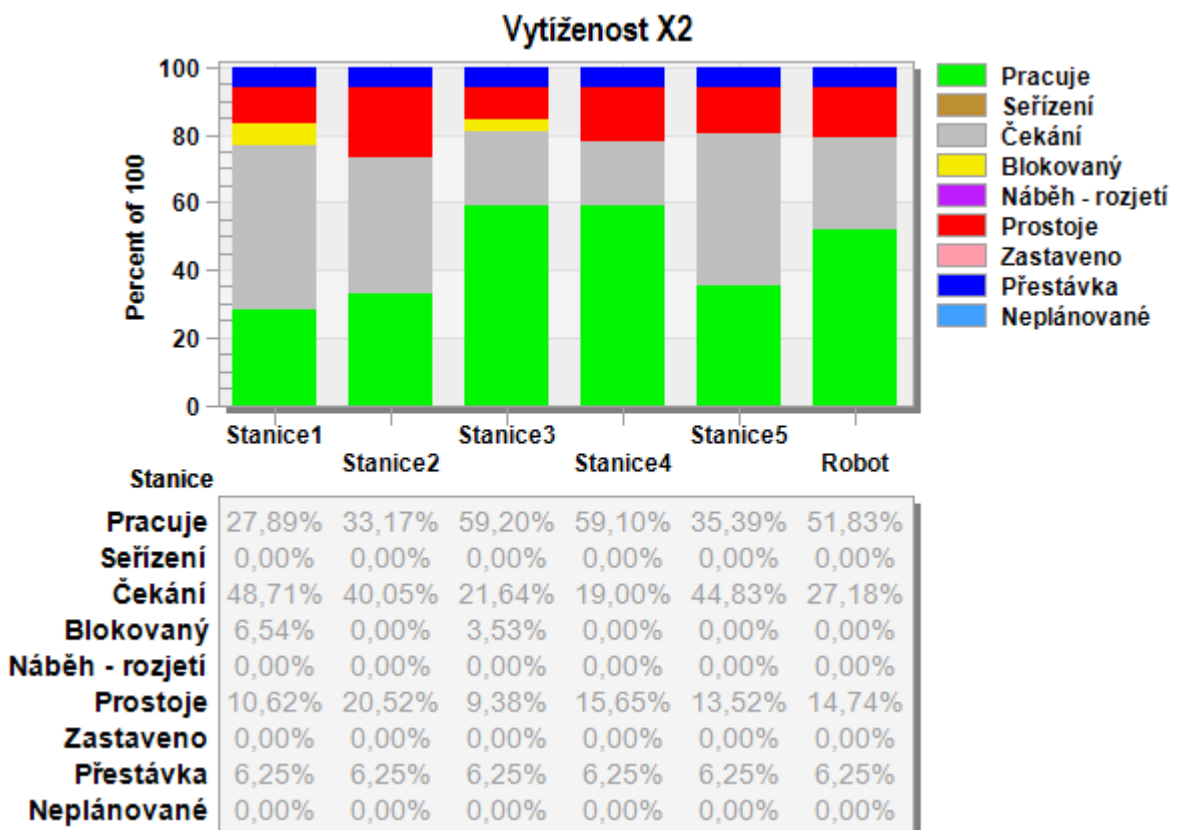
Na obrázcích 35-37 lze vidět vytíženost jednotlivých stanic u všech artiklů. Vzhledem téměř totožným procesním časům v jednotlivých stanicích, jsou výsledky u artiklů X1 a X3 velmi podobné. Nejvytíženější jsou stanice 3,4, vzhledem k nejvyššímu procesnímu času. Za zmínku stojí také čekání, které u stanic 1,2,5 které zabírá značnou část provozu. Konkrétně u stanice 1 40 % a téměř 48 % (procesní časy se liší o půl vteřiny), u stanice 2 38 % v případě obou artiklů. Nejvyšší čekání nastává u stanice 5 – téměř 68 %. Čekání u této stanice je způsobeno čekáním na mechanický vozík z předchozí stanice, která tvoří úzké místo celé linky. U ostatních stanic čekání nastává především z důvodu přejezdu vozíku mezi jednotlivými stanicemi. V tomto případě nastává otázka, jestli by nebylo namíste přidat další vozík, aby došlo ke zkrácení čekání – viz projektová část. Dalším důležitým faktorem, který stojí za povšimnutí, jsou prostoje jednotlivých stanic. Tyto prostoje jsou způsobeny již několikrát zmíněným doplňováním materiálu. Kromě doplňování materiálu, které tvoří značnou část prostojů, jsou v simulaci zahrnuty i ostatní prostoje, nejčastější poruchy



Obrázek 35 Vytíženost stanic – artikl X1 (vlastní zpracování)



Obrázek 36 Vytíženost stanic – artikl X3 (vlastní zpracování)



Obrázek 37 Vytíženost stanic – artikl X2 (vlastní zpracování)

U artiklu X2 je vytíženost podobná jako u ostatních artiklů. Rozdíl nastává pouze ve stanici 5, kde je vzhledem k vyššímu procesnímu času (15 vteřin, artikly X1,3 – 5 vteřin) menší čekání mezi stanicemi – 39 %. Na první pohled se může zdát, že stanice jsou určitým způsobem nevybalancované, ale je potřeba si uvědomit, že u stanic 1 a 2 v době čekání operátor provádí další činnosti (lisování Buchse – stanice 1, předmontáž membrány stanice – 2). Problémem je stanice 5, jediným možným řešením jak tento problém odstranit, je snížení procesní časů předchozích stanic.

6.9 Analýza objednávek

Analýza MOST, OEE a výrobní simulace odhalila pár důležitých faktorů, které si je před analýzou objednávek potřeba vyjasnit. Především se jedná o jednotlivé rozdíly v přístupu výpočtu kapacity linky. Při analýze objednávek společnost kalkuluje s taktem 15 vteřin na kus, což představuje 240 kusů za hodinu. Výsledkem analýzy MOST byl takt 16,7 vteřin. Rozdíl v kalkulovaném taktu spočívá v problému stále dokola zmiňovaném a to doplňování materiálu, které dle analýzy MOST vychází 1,3 vteřin + 0,7 vteřin balení. Ovšem ani tento čas nezohledňuje všechny parametry. Všechny parametry byly zohledněny ve výrobní simulaci, která určila doby cyklu pro jednotlivé artikly – **21,2, 22, 20,7** vteřin, což představuje necelých 170 kusů na hodinu.

Na obrázku 38 můžeme vidět přístup společnosti v určení kapacity linky. Při efektivitě 85 %, zmetkovitosti 99% a času směny 7,33, maximální kapacita linky **A1 je 1 065 971 kusů.**

WD/year	240	effectivity	85%	h/WD	21,99
h/1shift	7,33	waster	1,0%	max. h/year	5 278
shift	3	min/ %	25	max q/year	1 065 971

Obrázek 38 Určení kapacity linky (interní zdroj)

Budeme-li brát v úvahu současný takt linky pro jednotlivé artikly, tak maximální kapacita, které může linka A1 dosáhnout je **978 480** kusů artiklu X1, **938 880** artiklu X2 a **1 000 800** kusů artiklu X3.

Na obrázku 39 lze vidět objednávky pro následující roky. Z obrázku je patrné, že linka A1 v současném stavu není schopná plnit zákaznické požadavky. V roce 2022 dojde k výraznému nárůstu, téměř o **100 %**. Bude-li firma chtít dostát zákaznickému požadavku, bude muset dojít k postavení druhé linky A1. V dalších letech dojde dalšímu zvýšení.

Artikl	2019	2020	2021	2022
X1	852 433	1 207 648	1 243 595	1 700 000
X2	360 000	30 000	30 000	400 000
X3	10 000	10 000	10 000	100 000
Celkem	1 222 433	1 247 648	1 283 595	2 200 000
Kapacita	-249 713	-274 928	-310 875	-1 227 280

Obrázek 39 Objednávky pro rok 2019-2022 (vlastní zpracování)

Při zakázce 2 200 000 kusů je potřeba dostat se na takt okolo 10 vteřin. Je tedy jasné, že jedna linka nedokáže tento požadavek naplnit.

6.10 Shrnutí analýzy současného stavu

Pomocí analýzy současného stavu bylo popsán stav v jakém se linka A1 nachází. Snímek pracovního dne odhalil problémy s prostoji na této lince. V analýze prostojů byly tyto problémy podrobněji analyzovány. Jak snímek pracovního dne, tak i analýza prostojů ukázaly na problém doplňování materiálu, který postupně potvrzovaly i další analýzy – MOST, simulace. Pomocí MOST byl určen potencionální takt linky 16,7 vteřin. Jedná se o dobu cyklu, kterého by měla linka dosahovat při 100 % výkonu. V případě linky A1 nemůžeme mluvit o maximálním výkonu, jelikož celková efektivnost linky A1 je v současném stavu 64 %. Pomocí počítačové simulace byly určeny maximální možné výkony, které určily možnou kapacitu linky A1, která byla porovnána se zákaznickým požadavkem na následující roky. Z analýzy objednávek je patrné, že kapacita pro následující roky je nedostatečná a musí přijít opatření vedoucí ke zvýšení efektivnosti linky k naplnění těchto požadavků. Z výsledku analýzy současného stavu je jasné, že do roku **2022** bude muset dojít ke zdvojení linky A1, aby byl zákaznický požadavek naplněn. Z analýzy současného plynou dva hlavní cíle pro projektovou část:

- *Zvýšení výrobní efektivnosti s požadavkem na takt zákazníka pro rok 2019-2020*
- *Zdvojení linky A1 do roku 2022*

7 PROJEKTOVÁ ČÁST

Tato část vychází z analytické části a jejím cílem je odstranit zjištěné nedostatky s cílem vedoucím k zvýšení výrobní efektivity linky a dostání požadavku zákazníka.

7.1 Harmonogram projektu

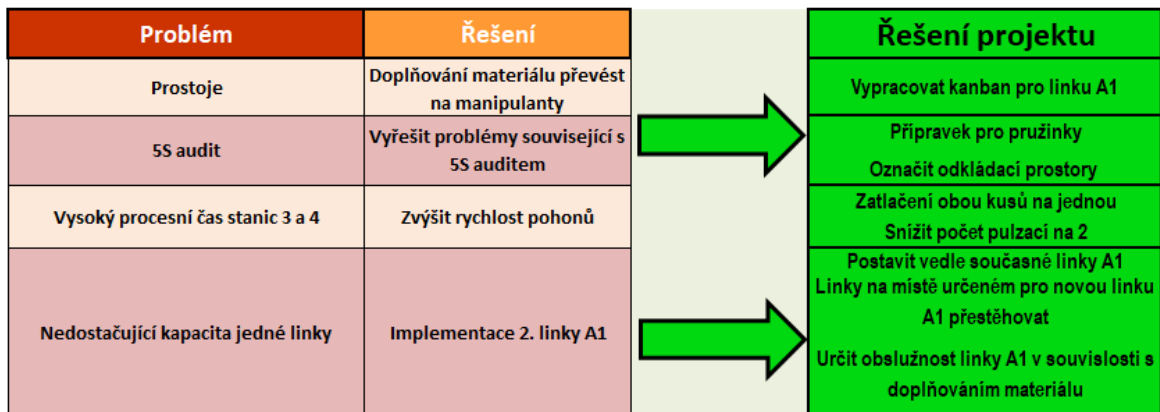
Tabulka 14 Harmonogram projektu (vlastní zpracování)

	2017			2018				
	Říj.	List.	Pros.	Led.	Ún.	Břez.	Dub.	Kvěť.
Definování projektu	■							
Snímek pracovního dne	■	■						
5S audit		■						
MOST		■						
Přímé náměry		■						
Analýza objednávek					■			
Vyhodnocení analýz		■			■			
Návrh řešení					■			
Zpracování teoretické části DP			■	■				
Zpracování praktické části DP					■	■		
Odevzdání DP							■	
Realizace projektu							■	■

7.2 Cíle projektu

Hlavním cílem projektu je zvýšení efektivity výroby s cílem dostát požadavku zákazníka:

- Pro roky 2019-21 zvýšit efektivnost současné linky.
- Kvůli nedostačující kapacitě jedné linky implementace nové linky A1



Obrázek 40 Cíle a jejich řešení (vlastní zpracování)

7.3 Ripran analýza

Jako nástroj pro identifikaci rizik byla zvolena ripran analýza, pomocí níž se určily jednotlivé rizika projektu. Na jejím základě byla navržena nápravná opatření. Ripran analýza je uvedena v příloze (viz **Příloha P1**)

7.4 Logický rámec

Kompletní popis cílů a aktivit souvisejících s projektem jsou uvedeny v příloze P2.

7.5 SWOT analýza

Tabulka 15 SWOT analýza (vlastní zpracování)

Silné stránky	Váha	Body	Celkem	Slabé stránky	Váha	Body	Celkem
Zkušenosti pracovníci	0,2	2	0,4	Celková efekt. zařízení	0,2	2	0,4
Široké portfolio výrobků	0,3	3	0,9	Špatně navržený layout	0,2	1	0,2
Malá zmetkovitost	0,1	1	0,1	Nezavedený kanban	0,1	1	0,1
Ochota investovat	0,1	3	0,3	Nejistota v plánování	0,3	2	0,6
Výdělečnost linky	0,3	3	0,9	Nedostatek místa	0,2	2	0,4
Silné stránky celkem			2,6	Slabé stránky celkem			1,7
Příležitosti	Váha	Body	Celkem	Hrozby	Váha	Body	Celkem
Využití nových technologií	0,4	2	0,8	Nedostatek operátorů	0,4	2	0,8
Nové artikly	0,4	3	1,2	Fluktuace operátorů	0,4	2	0,8
Nové strojní zařízení	0,2	2	0,4	Nepotvrzené zakázky	0,2	3	0,6
Příležitosti celkem			2,4	Hrozby celkem			2,2

7.6 Kanban

Zavedením kanbanu pro linku A1 se odstraní největší problém, který linku omezuje - doplňování materiálu. Na základě kanbanu se převedou povinnosti s doplňováním materiálu na výrobní logistiku – manipulanty. Ve společnosti funguje 2 hodinový kanban. Při kalkulaci množství pro 2 hodinový kanban, se počítá s 20 % rezervou pro vstupní díly, aby se pokrylo nadstandartní plnění norem. Základem pro určení množství kusů v jednom KLT je množství v jakém přichází materiál od dodavatele. Kanban je plánován, aby se do KLT dával jeden sáček s materiálem, aby se předešlo promíchávání šarží materiálu – může nastat situace, že by se do stejného KLT dávaly sáčky ze dvou krabic, kde každá krabice může mít jinou šarží – v takovém to případě se jedná o porušení předpisů kvality. Na lince A1 se používají KLT s rozměry 300x200x150. KLT se umísťují na válečkový dopravník, který má kapacitu 5 KLT v jedné řadě – obrázek 41. Prázdné KLT se vrací po dopravníku zpět.



Obrázek 41 Válečkový podavač (vlastní foto)

7.6.1 Artikl X1

Tabulka 14 představuje kusovník pro artikl X1. V kusovníku jsou kromě počtu kusů v balení uváděna i váha samotného kusu spolu s celkovou váhou.

Tabulka 16 Kusovník pro artikl X1 (vlastní zpracování)

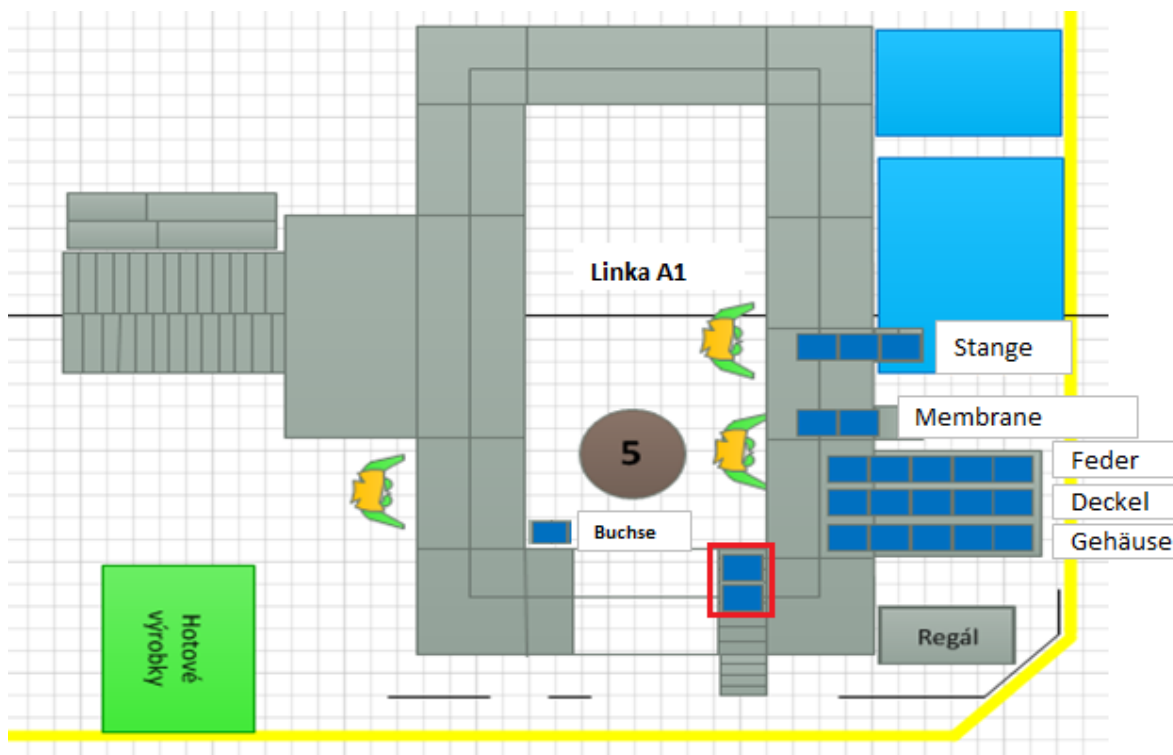
500 Ks 2 hod.	Počet kusů v balení	Počet sáčku v balení	Váha: g/Ks	Počet kusů v KLT	Váha všech kusů (Kg)
Součástka					
Gehäuse	360	4x90	13,50	90	1,215
Deckel	360	4x90	12,50	90	1,125
Stange	700	4x175	7,00	175	1,225
Membrane	1000	-	3,40	250	0,85
Druckfeder	500	-	8,20	100	0,82
Buchse	Malá součástka - krabice po 10 000 kusech				

Tabulka 17 Kanban artikl X1 (vlastní zpracování)

Součástka	KLT	Kusy v KLT	Váha všech kusů	Váha celkem	Počet KLT na páse	Rezerva na 2h/ks
Gehäuse - 0115749C	9067	90	1,22	1,68	6	40
Deckel - 0115750B	9067	90	1,125	1,59	6	40
Feder- 1717091B	9067	100	0,82	1,28	5	0
Stange - 0115751B	9067	175	1,225	1,685	3	25
Membrane- 0211B487	9067	250	0,85	1,31	2	0
Buchse - 1717138C	Malá součástka není potřeba přesypávat do KLT					

Celkem	22	105
---------------	-----------	------------

U tohoto artiklu nastává problém s kapacitou válečkového dopravníku. Na válečkový dopravník se vejde pouze 5 KLT. V případě ostatních linek se obvykle dává více KLT na sebe, ale v případě linky A1 to není možné z důvodu, že součástky přesahují z KLT. Z tohoto důvodu se jedno KLT s Gehäuse a Deckelem umísťuje na pás, který je určen pro Halter u artiklu X2 či Gehäuse u artikl X3.



Obrázek 42 Layout kanbanu artikl X1 (vlastní zpracování)

Kovová maticka (Buchse) se dodává ve v krabici po 10 000 kusech. Tento díl není potřeba přesypávat do KLT. Buchse bývá obvykle umístěna v lince v levé části na držáku, kde si jej operátor dle potřeby přesypává do malého KLT.

7.7 Artikel X2

Tabulka 18 Kusovník pro artikl X2 (vlastní zpracování)

500 Ks 2 hodiny	Počet kusů v balení	Počet sáčků v balení	Váha: g/Ks	Počet Ks v KLT	Váha všech kusů (Kg)
Součástka					
Gehäuse	480	4x120	10,60	120	1,272
Deckel	550	-	12,80	100	1,28
Stange	720	4x180	8,20	180	1,476
Membrane	1000	-	3,60	250	0,9
Feder	400	-	10,20	100	1,02
Halter	100	-	62,00	100	6,2

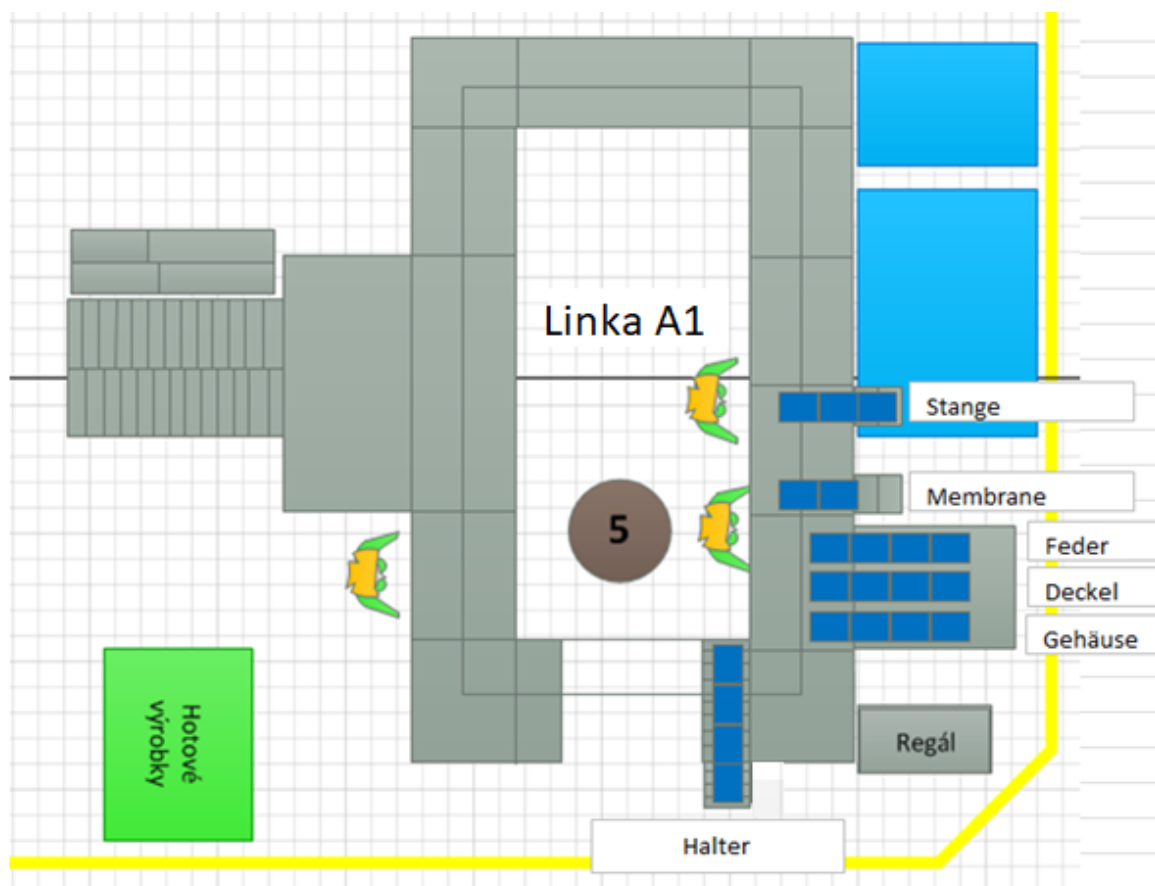
U tohoto artiklu nastává problém s pružinami, jelikož chodí přímo v krabici bez sáčku, a jak již bylo zmíněno, bývají do sebe zamotané a není vůbec snadné je od sebe oddělit. U tohoto dílu se manipulant nebude zdržovat počítáním a oddělováním jednotlivých pružin.

Je vyzkoušeno, že do KLT naplněného po okraj se vejde přibližně 100 pružinek. Stejně řešení nastává i u ostatních dílů, které chodí přímo v krabici bez sáčku.

Tabulka 19 Kanban artikl X2 (vlastní zpracování)

Součástka	KLT	Kusy v KLT	Váha všech kusů	Váha celkem	Počet KLT na páse	Rezerva na 2h/ks
Gehäuse - 0113658A	9067	120	1,27	1,73	5	100
Deckel - 0111923A	9067	100	1,28	1,74	5	0
Feder - 171347A	9067	100	1,02	1,48	5	0
Stange - 0113659A	9067	180	1,476	1,91	3	40
Membrane - 0211827A	9067	250	0,9	1,35	2	0
Halter - 1715443A	9067	100	6,2	6,65	5	0
KLT celkem					25	140

Na obrázku 43 lze vidět layout v případě artiklu X2.



Obrázek 43 Layout kanbanu artikl X2 (vlastní zpracování)

7.8 Artikl X3

Tabulka 20 Kusovník pro artikl X3 (vlastní zpracování)

500 Ks 2 hodiny	Počet kusů v balení	Počet sáčků v balení	Váha: g/Ks	Počet Ks v KLT	Váha všech kusů (Kg)
Součástka					
Gehaeuse A	200	4x50	19,80	50	0,99
Gehaeuse B	200	4x50	19,80	50	0,99
Deckel	560	4x140	9,40	140	1,316
Stange	960	4x240	7,80	240	1,872
Membrane	1000		3,20	250	0,8
Feder	400		8,40	100	0,84

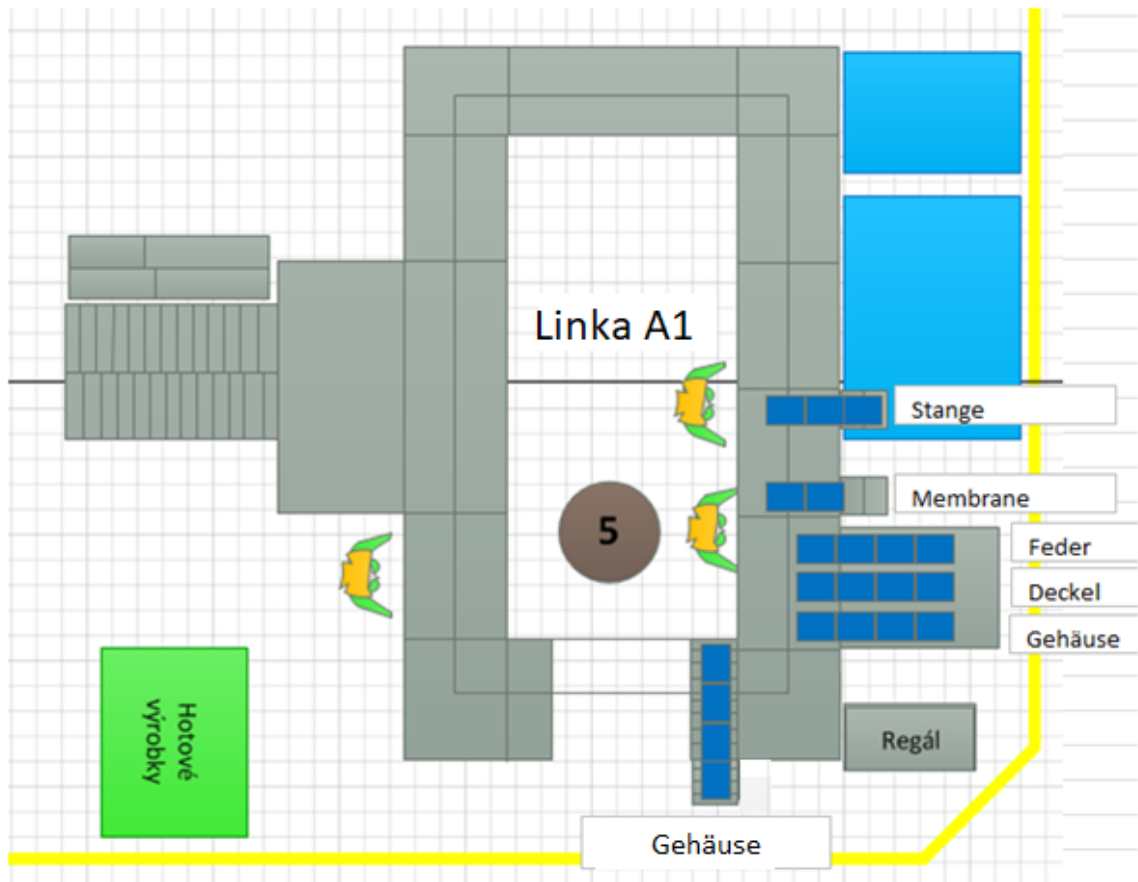
Artikl X3 se skládá ze dvou spodních dílů, proto je potřeba dvojnásobný počet těchto součástek. U tohoto artiklu nastává problém s pružinami, jelikož chodí přímo v krabici bez sáčku, a jak již bylo zmíněno, bývají do sebe zamotané a není vůbec snadné je od sebe oddělit. U tohoto dílu se manipulant nebude zdržovat počítáním a oddělováním jednotlivých pružin. Je vyzkoušeno, že do KLT naplněného po okraj se vejde přibližně 100 pružinek. V případě tyčky, nastává problém s rezervou pro nadstandardní plnění. Tyčka je pro tento artikl dodávána v sáčcích po 240 kusech. Nastává zde otázka, zda je výhodnější v rámci kanbanu použít pro artikl X3 dvě KLT, které by dohromady obsahovaly 480 kusů, což je o 20 méně než je rezerva pro nadstandardní plnění, či použít 3 KLT, kde by naopak přebývalo 220 kusů.

Tabulka 21 Kanban pro artikl X3 (vlastní zpracování)

Součástka	KLT	Kusy v KLT	Váha celkem	Počet KLT na páse 2h	Rezerva na 2 hod/ks
Gehäuse - 0114019A/B	9067	50	1,45	10	0
Deckel- 0114020A	9067	140	1,78	4	60
Feder - 1715719A	9067	100	1,28	5	0
Stange - 0114021A	9067	240	2,32	2	-20
Membrane - 0213314A	9067	250	1,26	2	0

KLT celkem	23	40
------------	-----------	-----------

Jak můžeme vidět na obrázku 44, dvojnásobný počet spodního dílu se řeší umístěním na pás určeným pro kovový držák.



Obrázek 44 Layout kanbanu artikl X3 (vlastní zpracování)

7.8.1 Vyhodnocení přínosu kanbanu

Kanban pro linku A1 odstraní problém s doplňováním materiálu. Podle analýzy MOST doplňování materiálu zabere téměř 1,3 vteřin na kus + balení 0,7 vteřin. Zohledníme-li, že jeden operátor balí a druhý doplňuje materiál – můžeme říci, že tímto vylepšením uspoříme 1 vteřinu. Čímž potencionálně snížíme dobu cyklu z 16,7 vteřin na 15,7 vteřin. Mnohem více se kanban dotkne problému s prostoji. Jak již bylo zmíněno, na doplňování materiálu mají operátoři vyčleněný čas 20 minut v intervalu co dvě hodiny. Tento čas lze díky vylepšení zkrátit minimálně na polovinu. Dále také, se zvýší interval potřebný pro balení. Tento interval určuje kapacita pásu, který následuje po robotovi. Na tento pás se vejde i 8 krabic. Dle balících předpisů se do jedné krabice balí 100 kusů. Tedy můžeme určit interval potřebný pro balení na 4 hodiny vzhledem k taktu linky. Jaký to má důsledek na celkový výstup, nám určí výrobní simulace.

Před kanbanem Po zavedení kanbanu

	Stanice 1	Stanice 5	Počet kusů
Exp 1	14.7600	5.0000	1359.2
Exp 2	11.7600	15.0000	1304.4
Exp 3	11.2000	5.0000	1390

	Stanice 1	Stanice 5	Počet kusů
Exp 1	14.7600	5.0000	1484
Exp 2	11.7600	15.0000	1424
Exp 3	11.2000	5.0000	1517.2

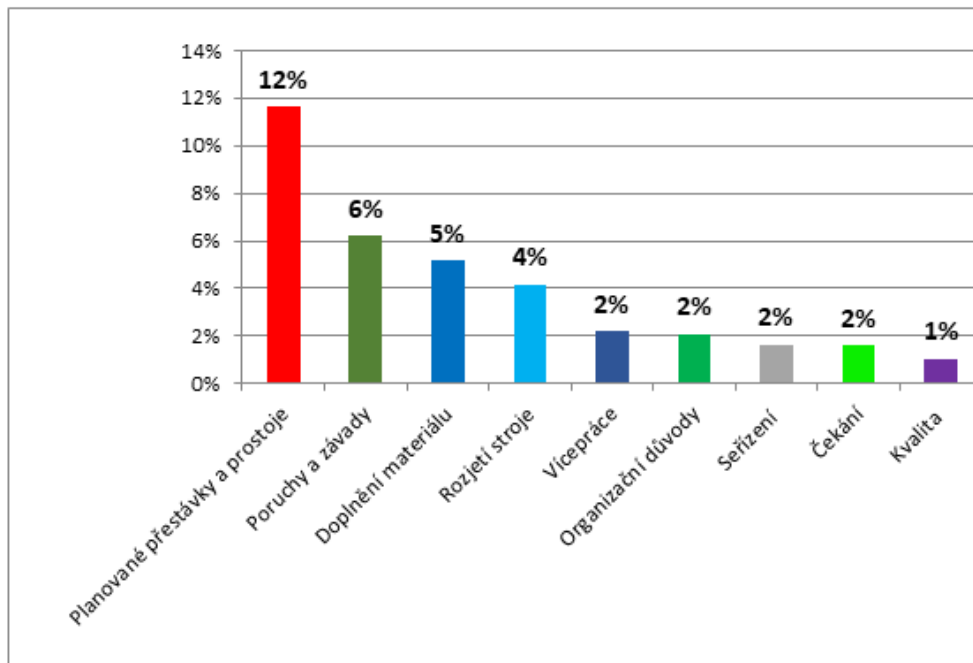
Obrázek 45 Rozdíl ve výstupu linky před zavedením kanbanu (vlastní zpracování)

U všech artiklů dojde ke zvýšení o téměř **120 kusů za směnu**. V tomto případě se ovšem nepočítá s dalšími faktory, které souvisí s doplňováním materiálu. Kanban bude mít za následek dvojnásobné zvýšení intervalu, kdy bude potřeba zastavit linku. U linky A1 často dochází k problémům při znova najetí linky. Zavedením kanbanu by teoreticky mělo vést ke snížení prostojů z důvodu rozjíždění linky, s tím souvisí i další prostoje z důvodu seřízení atd. Ovšem jaký to může mít vliv, můžeme jen odhadovat. Na obrázku 46 můžeme vidět odhad, jak se projeví snížení prostojů. Tento údaj je však potřeba brát s rezervou.

	Stanice 1	Stanice 5	Počet kusů
Exp 1	14.7600	5.0000	1518.8
Exp 2	11.7600	15.0000	1456.4
Exp 3	11.2000	5.0000	1552.8

Obrázek 46 Vliv snížení prostojů v důsledku kanbanu

Podobný přístup můžeme zvolit k určení míry výkonu a tím pádem celkové efektivity zařízení. Před zavedením kanbanu byla míra výkonu 78,5 %.



Obrázek 47 Prostoje vůči celkovému času provozu (vlastní zpracování)

Analýza prostožů odhalila, že doplňování materiálu tvoří **5%** z celkového času, kdy linka běžela. Zavedením kanbanu nám tento čas tedy odpadá. Dále můžeme odhadnout, že dojde ke snížení prostožů z důvodu rozjetí stroje a poruch/závad o **2 %** +další prostoje, můžeme odhadnout, že dojde ke snížení o **10%**. Což bude mít za následek zvýšení míry výkonu o téměř 3% na **80,5 %**. Celkový vliv na OEE o téměř **5 %**.

$$\text{CEZ} = 85 \% \times 82,9 \% \times 99 \% = 69,7 \%$$

Obrázek 48 CEZ po zavedení kanbanu (vlastní zpracování)

Daleko hůře se ovšem odhaduje míra využití – jelikož jen těžko lze určit o kolik % bude mít vliv zavedení kanbanu na míru využití. Na základě simulace můžeme odhadnout, že dojde k **3-5%** zvýšení míry využití, což se na celkovém OEE projeví zvýšením o **3-4 %**.

Nesmírnou výhodou zavedení kanbanu pro linku A1 je, že sebou nepřináší žádné náklady. Dojde tedy ke zvýšení výrobní efektivity bez potřebné investice.

7.9 Snížení procesního času stanic

Pro snížení procesních časů jednotlivých stanic se nabízí několik možností. Na obrázku 49 lze vidět přehled těchto možností.

Stanice	Zlepšení	Očekávaná časová úspora	Řešení
2	Zatlačení obou kusů na jednou	3 s	Úprava programu
3	Zrušit pulzaci	2 s	Úprava programu, rozbor programu, zrychlení pohonů
5	Šroubování současně, Vrácení čelistí do původní polohy	6 s	Úprava programu

Obrázek 49 Přehled možných zlepšení (vlastní zpracování)

Ve stanici 2 se postupně zatlačují dva kusy, nabízí se tedy možnost, zda by nebylo možné úpravou programu zajistit, aby se oba kusy zatlačovaly zároveň. V automatické stanici 3 dochází ke zkoušce zdvihu pružiny pomocí dvou pulzací (stlačení pružiny), nabízí se možnost snížit počet pulzací na jednu, díky čemuž by došlo ke snížení času o 2 sekundy. Zlepšení u stanice 5 se týká pouze artiklu X2, jelikož zde dochází k montáži kovového držáku. Současným šroubováním a vrácením čelistí do původní polohy by došlo ke snížení procesního času až o 6 sekund. Jaký to má vliv na celkový výstup, si opět určíme pomocí simulace.

Po zavedení kanbanu Po snížení procesních časů

	Stanice 1	Stanice 5	Počet kusů		Stanice 1	Stanice 5	Stanice 2	stanice 3	Počet kusů
Exp 1	14.7600	5.0000	1484	Exp 1	14.7600	5.0000	11.0000	3.0000	1597.2
Exp 2	11.7600	15.0000	1424	Exp 2	11.7600	9.0000	11.0000	3.0000	1596.8
Exp 3	11.2000	5.0000	1517.2	Exp 3	11.2000	5.0000	11.0000	3.0000	1602.8

Obrázek 50 Snížení procesních časů jednotlivých stanic (vlastní zpracování)

Po vylepšení snižující procesní časy jednotlivých stanic se výstup za směnu zvýšil o více než **100 kusů**. Oproti původnímu stavu, zavedením kanbanu a snížení procesních časů dojde ke zvýšení výstupu o téměř **230 kusů** za směnu.

7.9.1 Vyčíslení zlepšení

V tabulce 22 lze vidět jednotlivé vylepšení procesních časů u stanic a činnosti, které jsou potřeba k dosažení vylepšení.

Tabulka 22 Náklady na vylepšení procesních časů (vlastní zpracování)

Stanice	činnost	interně/externě	€
Stanice 2	programování	interní programátor	425
Stanice 2	úprava pohonů	externí technik	250
Stanice 3	programování	interní programátor	283
Stanice 5	programování	interní programátor	333
Celkem			1 291,00 €

Pro snížení procesních časů jednotlivých stanice je potřeba investovat 1291 euro.

7.10 Přidání mechanických vozíků

Jedním z dalších vylepšení, které připadají v úvahu je možnost navýšit počet mechanických vozíků na lince. Jaký vliv a jaký je nejlepší počet mechanických vozíků na lince si určíme opět pomocí simulace. V současném stavu je na lince 6 vozíků, maximální kapacita linky je 9 vozíků.

	root.source.number	Počet kusů
Exp 1	6	1601.6
Exp 2	7	1629.2
Exp 3	8	1649.2
Exp 4	9	1658

Obrázek 51 Výstup podle počtu vozíků (vlastní zpracování)

Přidání sedmého vozíku zvedne výstup linky o téměř 30 kusů za směnu. Celkový výstup přidáním dalších mechanických vozíků narůstá pomaleji. Může se zdát, že se nejedná o nijak závratný nárůst. Mnohem více prozradí vyjádření za celý rok – tabulka 23. Přidáním sedmého vozíku lze vyrobit o více než 20 tisíc kusů za rok víc. Přidáním osmého vozíku nárůst není již tak intenzivní - 14,4 tisíc. Devátý vozík by přinesl nárůst o dalších více než 6 tisíc.

Tabulka 23 Nárůst oproti současnému stavu (vlastní zpracování)

Celkem kusů				
Počet vozíků	Za směnu	Za den	Rok	Nárůst oproti současnému stavu
6	1 601	4 803	1 152 720	-
7	1 629	4 887	1 172 880	20 160
8	1 649	4 947	1 187 280	34 560
9	1 658	4 974	1 193 760	41 040

Je potřeba zvážit jestli v případě 9 vozíků bylo výhodné pořídit nový mechanický vozík, jelikož se nejedná o levnou záležitost, a také pro každý artikl je potřeba jiný mechanický vozík. Vzhledem k budoucímu odbytu, který se týká především artiklu **X1**, kterého je plánováno nejvíce, by stačilo pořídit vozíky jen pro tento artikl. Na druhou stranu vývoj odbytu po roce 2022 není vůbec jistý, očekává se další zvýšení, stálo by za úvahu pořídit vozíku více v rámci nové linky A1.

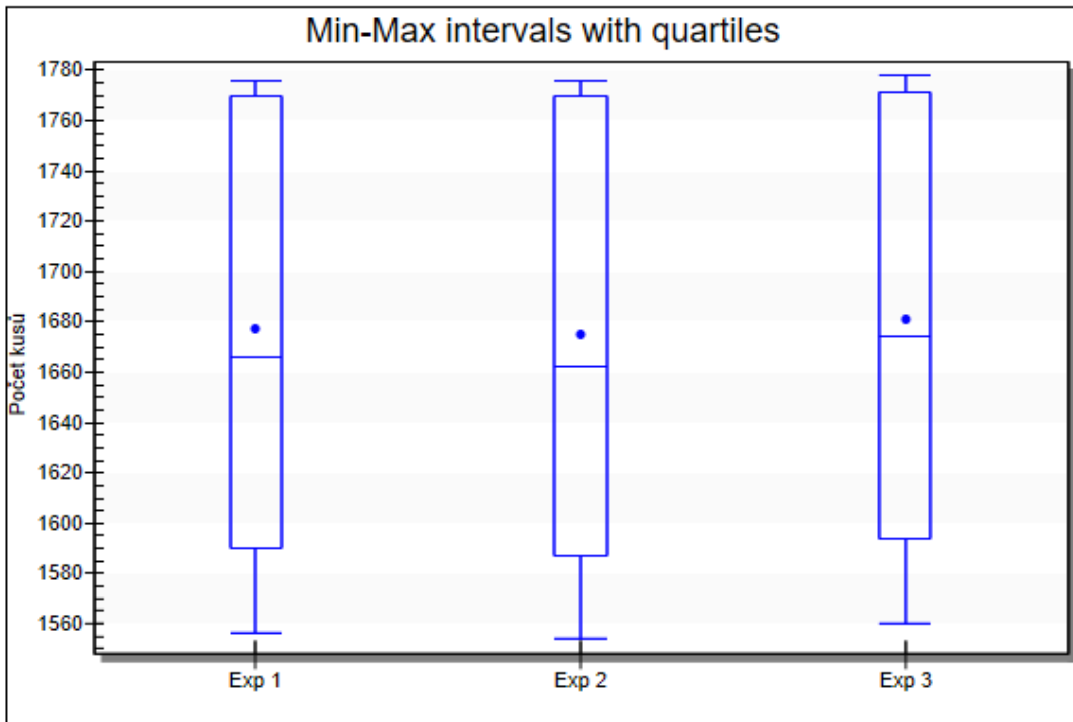
Tabulka 24 Náklady na pořízení/doba návratnosti

Počet vozíků	Cena €			Celkem	Doba návratnosti (rok)
	X1	X2	X3		
1	4 000 €	3 000 €	3 000 €	10 000 €	0,50
2	8 000 €	6 000 €	6 000 €	20 000 €	0,58
3	12 000 €	18 000 €	18 000 €	48 000 €	1,17

V tabulce 24 lze vidět náklady na pořízení jednotlivých počtů vozíků a dobu jejich návratnosti. Investice na jeden vozík pro každý artikl se společnosti vrátí již za půl roku, podobně jako 2 mechanické vozíky – 0,58 roku (necelých 7 měsíců). Návratnost v případě 3 vozíků je více než 14 měsíců.

7.10.1 Shrnutí vylepšení a jejich celkový vliv na výstup

Pro linku A1 bylo navrženo několik vylepšení pro dosažení snížení procesního času / zvýšení taktu linky pro zvýšení celkové efektivity. Pro linku byl navržen kanban jenž měl za následek zvýšení výstupu o 130 kusů za směnu. Snížení procesních časů pomocí přeprogramování o dalších 100 kusů za směnu. Poslední vylepšení, mechanické vozíky přinesly zvýšení o téměř 30 kusů. Celkem oproti původnímu stavu více než 260 kusů za směnu. Počty kusů za jednotlivé artikly můžeme vidět na obrázku 52.



Experiment	Počet kusů	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
Exp 1	1677.2	93.462291861476	1556	1776	1560.70876289974	1793.69123710026
Exp 2	1675.2	94.8113917206116	1554	1776	1557.02724719504	1793.37275280496
Exp 3	1680.8	91.9195300249092	1560	1778	1566.23165855438	1795.36834144562

Obrázek 52 Stav linky po všech vylepšení (vlastní zpracování)

Tabulka 25 Srovnání počet kusů za směnu (vlastní zpracování)

Artikl	ks/ směna před vylepšením	ks/směna po vylepšení	Rozdíl
X1	1359	1677	318
X2	1304	1675	371
X3	1390	1680	290

Tabulka 26 Srovnání doby cyklů (vlastní zpracování)

Artikl	Původní doba cyklu	Doba cyklu po vylepšení	Rozdíl
X1	21,2	17,17	4,03
X2	22	17,19	4,81
X3	20,7	17,14	3,56

V původním stavu linka A1 produkovala 1359, 1304, 1390 kusů jednotlivých artiklů. Nárůst na 1677, 1675, 1680 kusů za směnu představoval výrazné snížení doby cyklů. V případě artiklu X1 se jednalo o 4 vteřiny, v případě artiklu X2 téměř 5 vteřin. A v případě artiklu X3 více než 3,5 vteřin.

Jak již bylo zmíněno požadovaný zákaznický takt v budoucnu, je 10 sekund. Vylepšení se výrazně podepsaly na snížení doby cyklu, ale i přesto samotná linka A1 nedokáže tento zákaznický požadavek uspokojit.

Tabulka 27 Vliv vylepšení na kapacitu linky (vlastní zpracování)

Artikl	Rok			
	2019	2020	2021	2022
X1	852 433	1 207 648	1 243 595	1 700 000
X2	360 000	30 000	30 000	400 000
X3	10 000	10 000	10 000	100 000
Celkem	1 222 433	1 247 648	1 283 595	2 200 000
Kapacita	Dostačující	Dostačující	?	-1 227 280

Díky vylepšením by neměl být problém dostat požadavku zákazníka v následujících dvou letech. Otazník zůstává nad rokem 2021, jelikož požadavek zákazníka je na hraně kapacity linky – možným řešením jak dostat tohoto požadavku jsou přesčasy (cca 7-8 dnů). Problém nastává v roce 2022, kdy je potřeba vyrobit více než **2 miliony** kusů samotného artiklu X1. Linka A1 po vylepšení schopná vyprodukovat něco přes **1,2 milionu** – **maximálně 1,3 milionů** kusů. Jediným možným řešením jak dostat požadavku zákazníka je zdvojení linky.

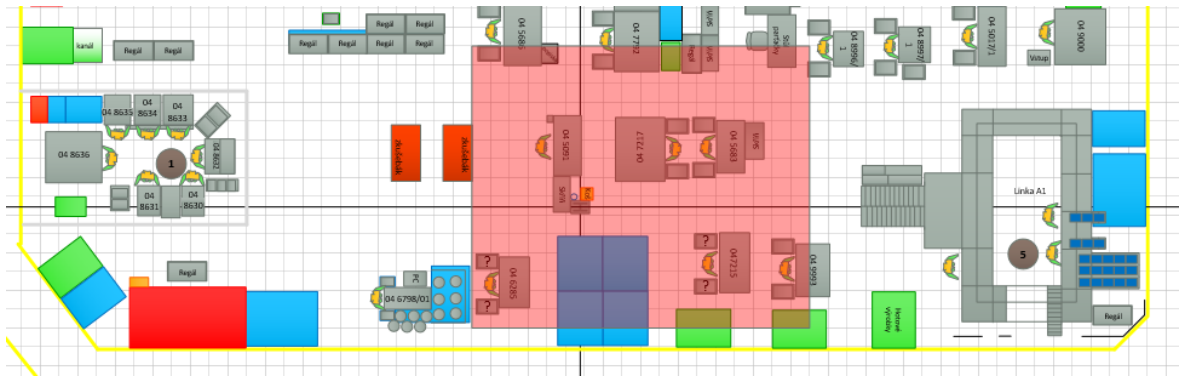
7.11 Zdvojení linky

Při implementaci nové linky A1 (budeme nazývat A2) je potřeba brát v úvahu následující faktory:

- Místo pro linku A2
- Přesun pracovišť, která jsou na plánovaném místě pro linku A2
- Uspořádání pracovišť
- Obslužnost nové linky

7.11.1 Určení místa

Je logické, že nové místo pro linku A2 se musí hledat poblíž současné linky A1. Vzhledem k faktu, že linka zabírá na šířku 6,5 metru a na délku více než 6 metrů, bude potřeba uspořádat mnoho samostatných pracovišť okolo současné linky.

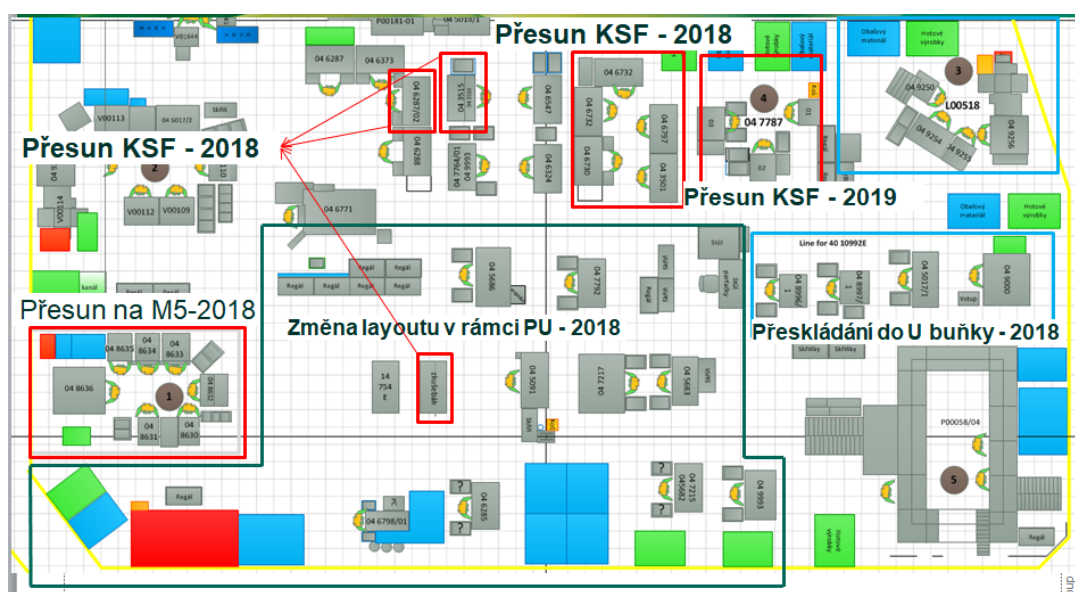


Obrázek 53 Místo potřebné pro druhou linku A1 (vlastní zpracování)

Na obrázku 53 můžeme vidět, které pracoviště budeme muset přesunout. Z obrázku je patrné, že v tomto výrobním úseku, jsou pracoviště neefektivně uspořádány – hodně volného místa.

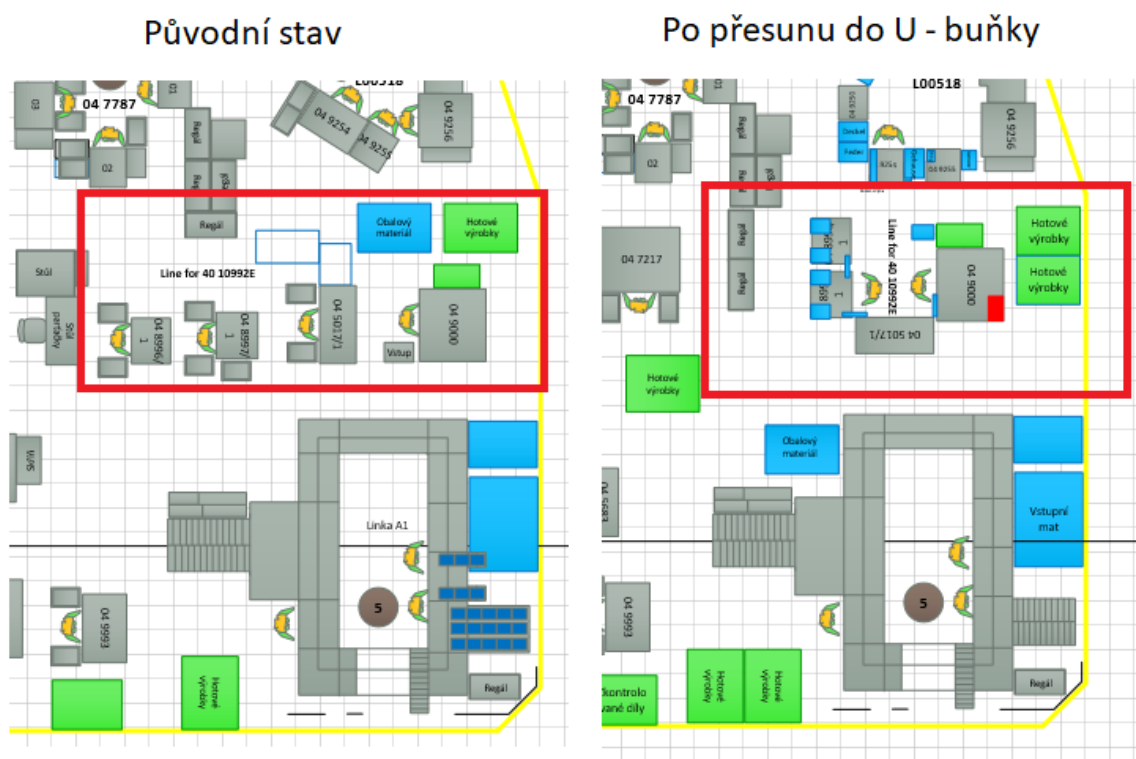
7.11.2 Přesun pracovišť a jejich uspořádání

V místě pro linku A2 se nachází spousta pracovišť, které již nejsou příliš vytěžované, nastává zde otázka, zda by nebylo na místě pracoviště přesunout do malosériové výroby, či dokonce přesunout „do skladu“ a celý prostor výroby aktuátorů přeorganizovat.



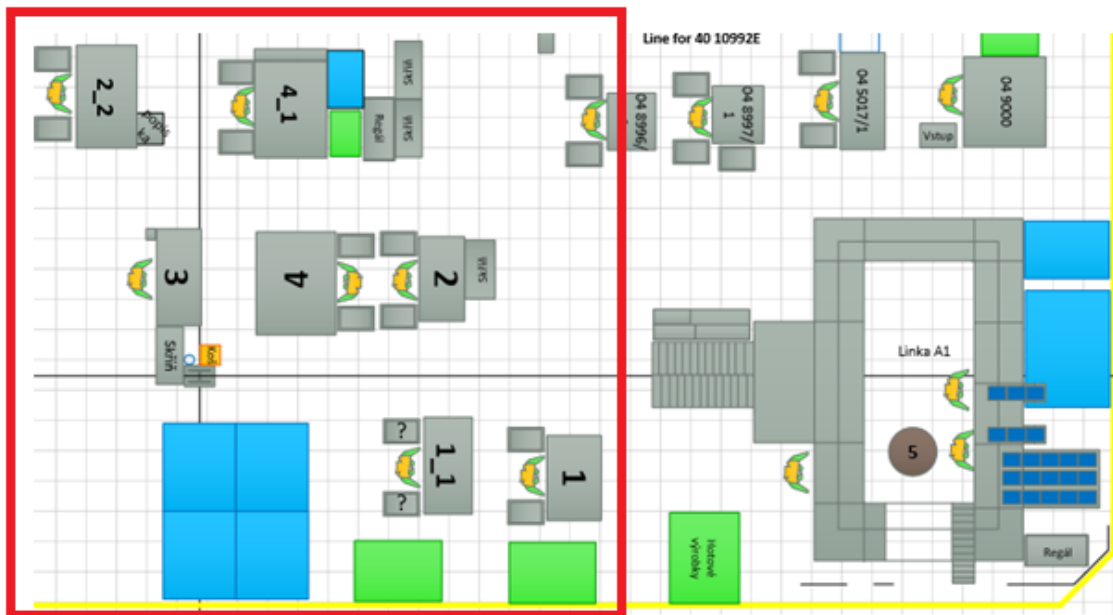
Obrázek 54 Změny v okolí Linky A1 (vlastní zpracování)

Na obrázku 54 lze vidět chystané změny pro výrobní úsek aktuátorů. V levé části obrázku se nachází linka označením 1, na této lince se již nevyrobí a ani v budoucnu není plánována žádná výroba. Tato linka se proto „ruší a přesouvá do skladu“. Lze tedy využít místo, které vznikne a ostatní pracoviště uspořádat a na vzniklém místě poté postavit linku A2. Součástí tohoto přesunu je přeskládání jednoho pracoviště u současné linky A1 do U-buňky (obrázek 55). U linek, které jsou na obrázku označeny jako KSF – se přesunou do malosériové výroby (KSF – KleinSerienFertigung), jelikož jejich vytíženost není větší než 10 %. Jedná se spíše o nárazové zakázky, kdy je potřeba vyrobit určitý počet kusů. Z tohoto důvodu je zbytečné, aby linky zabíraly místo pro aktuátory.



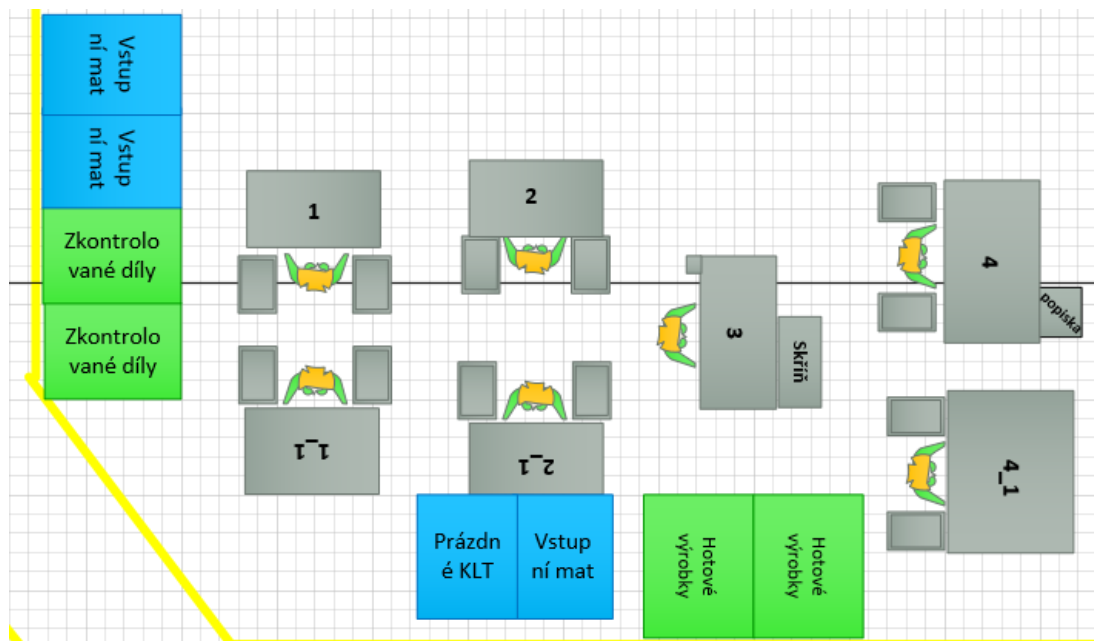
Obrázek 55 Přesun pracoviště – uspořádání do U-buňky (vlastní zpracování)

Uspořádání pracovišť nalevo od linky A1 bylo v původním stavu chaotické. Na obrázku 56 můžeme vidět původní stav. Čísla u jednotlivých pracovišť znázorňují průběh procesu.



Obrázek 56 Uspořádání pracovišť nalevo od linky A1 (vlastní zpracování)

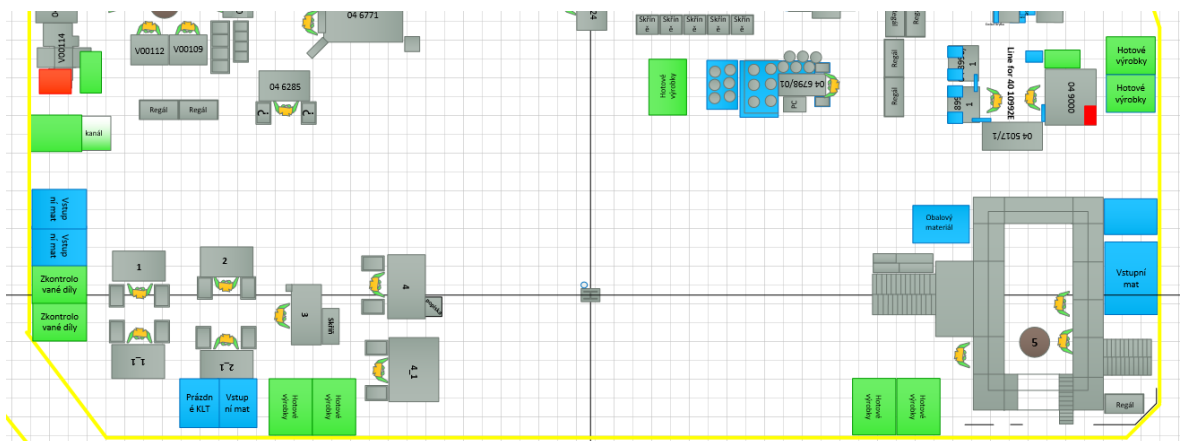
Na pracovišti 1 probíhá předmontáž. Čísla 1 a 1_1 představují stejné operace, ale u rozdílných artiklů. V případě, že neprobíhá výroba na těchto pracovištích, probíhá zde 100% kontrola, proto musí být umístěny blízko cesty. Na pracovištích 2 a 2_2 probíhá kompletní montáž, ze které jdou výrobky na pracoviště 3, kde se svařují. Ze svařování se výrobky přesouvají na pracoviště 4, 4_2 – zkušební stanice. Jak je z obrázku patrné nejedná se o příliš logické uspořádání. Na obrázku 57 můžeme vidět návrh nového uspořádání.



Obrázek 57 Nové uspořádání pracovišť (vlastní zpracování)

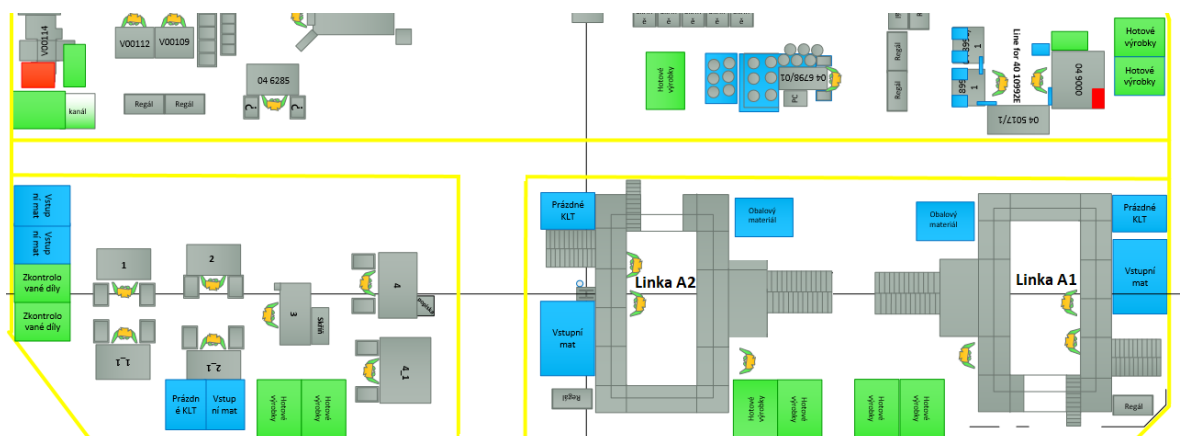
Nové uspořádání je přizpůsobeno toku procesu. Ubývá zde nadbytečné chození a v neposlední řadě nové uspořádání zabírá daleko méně místa než původně. Další nesmírnou výhodou nového uspořádání je, že pracoviště se nyní nacházejí přímo u logistické cesty a manipulace se vstupním materiálem, obalovým materiálem a hotovými výrobky značně jednodušší.

Jak můžeme vidět na obrázku 58, po přesunu linek a uspořádání pracovišť vzniklo více než dostatečné místo pro novou linku A2.



Obrázek 58 Uspořádání pracovišť – místo pro linku A2 (vlastní zpracování)

Obrázek 59 již představuje finální uspořádání úseku výroby aktuátorů s novou linkou A2. Nová linka A2 je v podstatě úplně stejná, jenom je zrcadlově otočená, tak aby výstup z obou linek, byl na stejném místě. Rozložení jednotlivých stanic, rozměry zůstaly stejné jako u linky A1.



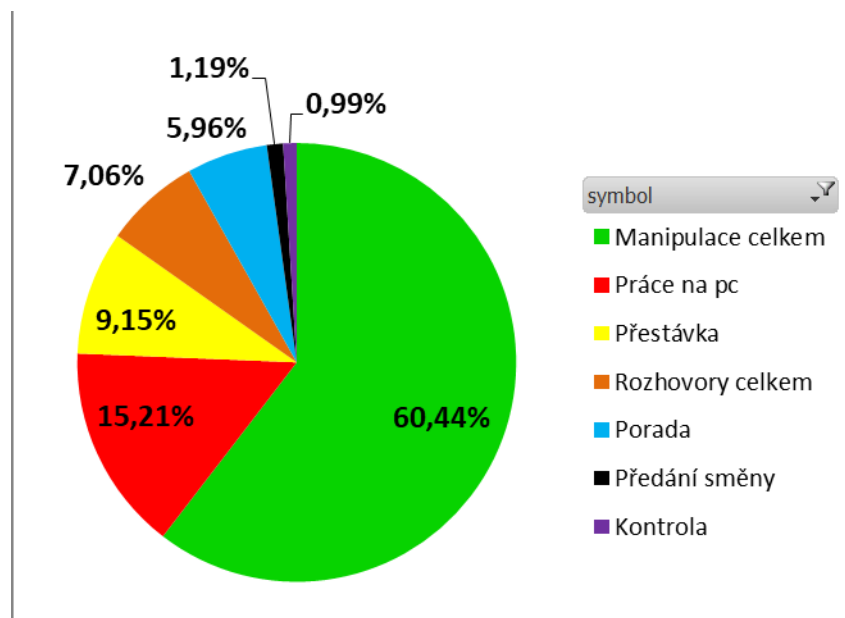
Obrázek 59 Finální uspořádání výroby aktuátorů s linkami A1 a A2 (vlastní zpracování)

U nového uspořádání musela kvůli požadavkům BOZP vzniknout i cesta, kvůli zvýšenému pohybu paletových vozíků k doplňování materiálu a odvážení hotových výrobků.

7.11.3 Obslužnost linky

Nová linka A2 je v souvislosti s obslužností linky stejná jako linka A1. V lince budou pracovat dva pracovníci ve stanicích 1 a 2 a budou odbíhat na pracoviště balení. Stejně jako linka A1 tak i linka A2 bude podléhat kanbanu. Jak již bylo zmíněno kanban mají na starosti manipulanti. Bohužel kvůli situaci na trhu práce, je manipulantů stejně jako operátorů ve společnosti velký nedostatek. Tím že kanbanu budou nově podléhat dvě velké linky, bude mít za následek velký tlak na výrobní logistiku. Manipulanti kromě samotného doplňování materiálu do samotné linky plní spoustu ostatních činností. V popisu jejich práce je např. (na základě snímku pracovního dne):

- Objednávky materiálu pro výrobu
- Doplňování materiálu do linek (regálů)
- Přehoz materiálu pro jednotlivé artikly
- Doplňování obalového materiálu
- Zpětná sledovatelnost
- Expedice hotových výrobků
- Administrativa spojená s kanbanem – (zapisování, kontrola, kanban karet)



Obrázek 60 Činnosti manipulantů – vytížení (vlastní zpracování)

Na obrázku 60 lze vidět procentuální rozložení činností během směny. Dle snímku je patrné, že současní manipulanti jsou maximálně využíváni a nemají již prostor pro obsluhování dalších linek.

Tabulka 28 Obslužnost linky A1 (vlastní zpracování)

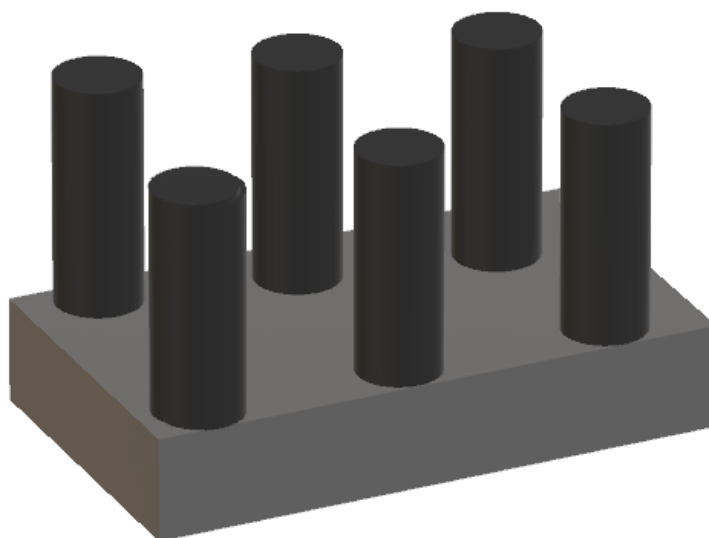
Doplňování materiálu				
Díl	Začátek směny	po 2 hod.	po 4 hod.	po 6 hod.
GEHAEUSE	50	50	50	50
Stange	50	50	50	50
Deckel	50	50	50	50
Membrane	50	50	50	50
Feder	60	60	60	60
SUMA v sekundách	260	260	260	260
Ostatní činnosti				
Objednávka v PC	154	-	154	-
KANBAN - administrativa	420	-	420	-
Obalovka - KLT expedice		-		360
Obalovka - KLT materiál	300	-	300	
Expedice hotových výrobků	-	-	-	300
SUMA v sekundách	874	0	874	660
SUMA v sekundách (celkem)	1134	260	1134	920
SUMA v minutách	18,9	4,3	18,9	15,33
SUMA v minutách	57,5			
SUMA + rezerva v minutách	68,96			

Celkem za směnu 1 hod 9 min

Obslužnost jedné linky za celou směnu je 1 hodina 9 minut. V případě obou linek by se jednalo o 2 hodiny a 18 minut. Vzhledem k vytíženosti manipulantů je jasné, že tato linka je nad jejich možnosti a je potřeba najmout dalšího nového manipulanta. V současné době bývá problém plně obsadit směny manipulanty, kvůli jejich nedostatku. Vzhledem k tomu, že ve společnosti po novém roce najíždí spousta nových projektů (stavby nových linek), bude potřeba najmout nové manipulanty, což ovšem vzhledem k situaci na trhu práce nebude vůbec jednoduché.

7.12 Odstranění nedostatků z 5S auditu

Nejzávažnějším problémem 5S auditu bylo umístování pružin na okraj KLT. V rámci filozofie kaizen byl navržen jednoduchý přípravek pro pružiny – obrázek. Tento přípravek se může zavěsit na okraj KLT, kde bude možné si pak předpřipravovat pružiny. Vzhledem k možnostem společnosti (vlastní vývojová dílna) není problém takový přípravek vyrobit z vlastních zdrojů firmy. Náklady na přípravek se budou pohybovat v rozmezí několika stovek až tisíc.



Obrázek 61 Přípravek pro pružiny (vlastní zpracování)

Dalším nedostatkem 5S auditu byl chybějící čistící předpis. Nově vypracovaný čistící předpis lze vidět v příloze **P III**. Posledním nedostatkem, který je potřeba zmínit je nefunkční tlačítko na náhlé zastavení linky. Tento hrubý nedostatek, který byl na základě 5S auditu okamžitě odstraněn a z tohoto důvodu ho není potřeba zahrnovat do nákladů projektu, jelikož oprava byla provedena v rámci rozpočtu 5S.

7.13 Závěrečné zhodnocení projektu

Hlavním cílem projektu bylo zvýšení výrobní efektivity linky s požadavkem na takt zákazníka. Původní doba cyklu linky A1 pro jednotlivé artikly byla **21,2, 22, 20,7 vteřin**. Po implementaci vylepšení byla doba cyklu jednotlivých artiklů snížena na **17,17 vteřin – X1, 17,19 vteřin – X2, 17, 14 vteřin - X3**. S ohledem na kapacitu linky – snížení doby cyklu zajistilo pokrytí zákaznického požadavku v letech 2019-2020. V roce 2021 bude kapacita linky nedostačující, ale vzhledem k nižším požadavkům zákazníka v předchozích letech, nic nebrání tomu, vyrobit tento určitý počet kusů s předstihem. Pro rok 2022 a další roky se

zákaznický takt pohybuje okolo 10 sekund, což představuje více než 2 200 000 kusů. Samotná linka A1 tento požadavek nemůže splnit, což je hlavní důvod pro zdvojení linky A1 – A2. Po implementaci nové linky A2, zbývá volná kapacita přes 300 000 kusů.

Tabulka 29 Kapacita linky – srovnání po projektu (vlastní zpracování)

	Rok			
	2019	2020	2021	2022
Požadavek zákazníka	1 222 433	1 247 648	1 283 595	2 200 000
Volná kapacita - původní stav	-249 713	-274 928	-310 875	-1 227 280
Volná kapacita – po projektu	34 112	8 897	-27 050	313 090

Náklady na projekt můžeme rozdělit na dvě části. První část projektu se týká vylepšení současné linky. Druhá část je zaměřená na implementaci druhé linky A2. V tabulce 30 lze vidět náklady na první část projektu. Celkové náklady po implementaci všech vylepšení vyšly na **55 341 euro**. Největší podíl na nákladech měly mechanické vozíky. V případě zakoupení třech mechanických vozíků pro každý artikl by se jednalo o částku 48 000 euro.

Tabulka 30 Celkové náklady projektu (vlastní zpracování)

Vylepšení		Náklady (€)	Celkem
Kanban	Návrh kanbanu	0 €	6 000 €
	Pracovník logistiky (roční náklady)	6 000 €	
Procesní časy stanic	Stanice 2	675 €	1 291 €
	Stanice 3	283 €	
	Stanice 5	333 €	
Mechanické vozíky	3x artikl X1	12 000 €	48 000 €
	3x artikl X2	18 000 €	
	3x artikl X3	18 000 €	
5S audit	Přípravek pro pružiny	50 €	50 €
	Čistící předpis	0 €	

Náklady celkem	55 341 €
-----------------------	-----------------

Očekávané výnosy po implementaci vylepšení by se měly pohybovat okolo **240 000 tisíc** euro, vzhledem k citlivosti údajů (prodejní cena hotového kusu, náklady na 1 kus, mzdové náklady atd.), nebudu uvádět přesný výpočet očekávaných výnosů.

$$\text{ROI} = \frac{\text{výnos} - \text{investice}}{\text{investice}} \times 100 = \frac{240\,000 - 55\,341}{55\,341} \times 100 = \mathbf{333,67\%}$$

$$\text{Doba návratnosti} = \frac{\text{investice}}{\text{roční výnos}} = \frac{55\,341}{240\,000} = \mathbf{0,23 \text{ roku}}$$

Obrázek 62 Ukazatele ROI a doby návratnosti (vlastní zpracování)

Návratnost investice – ukazatel ROI (return on investment) je více než **330%**. V konkrétním časovém vyjádření je doba návratnosti **0,23 roku – 2,7 měsíců**.

Vzhledem k citlivosti údajů, nelze v této diplomové práci uvést celkové náklady na druhou část projektu – implementaci druhé linky. Můžu jen uvést, že v případě postavení nové, stejné linky pro výrobu aktuátorů by se náklady pohybovaly v řádech milionů a na stavbě by se podílel z určité části i sám zákazník. Co se týká doby návratnosti investice, tak vzhledem nákladům se očekává návrat investice do 2-3 let. Výhodou linky A1 a nově i A2, je možnost rozšíření výroby pro více artiklů. V současné době linka vyrábí pro dvě velké automobilové společnosti, ale nic nebrání možnosti rozšířit tuto linky pro více zákazníků (úpravy jednotlivých stanic – nákup nových mechanických vozíků, nový program atd.)

Mezi ostatní přínosy projektu, které je potřeba uvést a nebyly zde ještě zmíněny je efektivnější využívání zásob materiálu. Kanban jasně definuje počet materiálu potřebného k výrobě za určitý časový úsek. Před zavedením kanbanu u linky platilo pravidlo čím více, tím lépe – naváželo se zde co nejvíce materiálu, i na více směn, a mnohdy u linky nebylo místo k pohnutí. Tento materiál zde ležel i mimo označené prostory, což představuje přestupek z hlediska BOZP.

Dalším významným přínosem projektu bylo, že i přes postavení nové linky A2 vzniklo více volného místa než předtím. Projekt měl za následek vlnu nového uspořádání výroby aktuátorů, což vedlo k reorganizaci pracovišť a ukončení výroby mnohých již plně nevyužívaných pracovišť. Málo využívané pracoviště byly přesunuty do malosériové výroby, nebo do skladu. I když je na pracovišti ukončená výroba, je potřeba mít tyto pracoviště v záloze kvůli náhlé výrobě (výroba náhradních dílů, reklamace atd.) Díky „regulaci“ výroby některých zastaralých aktuátorů vzniká stále více a více volného místa pro nové projekty, ale i přes obrovskou úsporu místa v oblasti výroby aktuátorů je potřeba zaměřit se i na ostatní oddělení společnosti.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vypracování projektu odstranění nedostatků a implementaci vylepšení vedoucí ke zvýšení výrobní efektivity linky s ohledem na požadavek zákazníka.

V teoretické části byly zpracovány teoretické východiska související s projektovou částí. Důraz byl kladen na průmyslové inženýrství a především na vybrané metody a pojmy, které byly použity nebo zmíněny v praktické části diplomové práce. Dále se teoretická část zabírala celkovou efektivností zařízení a postupem výpočtu tohoto ukazatele a v neposlední řadě počítačové simulaci výroby.

Praktická část byla rozdělena na dvě části – analytickou a projektovou část. V analytické části byl na základě analýzy současného stavu a použitím vybraných metod průmyslového inženýrství (SPD, MOST) popsán současný stav výrobní linky, což sloužilo jako podklad výrobní simulace zpracované v programu Tecnomatix Plant Simulation. Tato simulace sloužila jako základ pro určení zákaznického požadavku. Analýzy současného stavu a výrobní simulace určila nedostatky, se kterými se linka potýká a také určila potenciální místa pro zlepšení. Analýza současného stavu především odhalila problém, že linka A1, není schopna splnit zákaznický požadavek v roce 2022 a dále i po implementaci vylepšení z důvodu téměř 100% nárůstu objednávek.

Na základě výsledků analytické části byl zpracován projekt, který odstraňuje nedostatky z předchozí části a implementuje návrhy zlepšení. Projekt se na základě analýzy současného stavu dělí na dvě části. První část je implementace vylepšení a odstranění vedoucí ke zvýšení výrobní efektivity s cílem plnění ročního požadavku zákazníka do roku 2021. Druhá část projektu se týká implementace nové linky pro výrobu aktuátorů, díky čemuž bude naplněn požadavek zákazníka v roce 2022 a dále. Úspěch projektu zajišťuje především doba návratnosti investic, která se pohybuje v rámci první části v řádech měsíců (2,7 měsíců.) V případě druhé části se vzhledem k velkému objemu vynaložených nákladů jedná o 2-3 roky.

Můžeme říci, že nejenže tento projekt bude mít za následek plnění požadavků zákazníka v následujících letech, ale také další vedlejší přínosy, které z projektu plynou. V neposlední řadě projekt napomůže efektivnějšímu využívání materiálu v důsledku zavedení kanbanu a také bude mít za následek úsporu místa, které vznikne v oddělení výroby aktuátorů. Nově vzniklé místo bude sloužit především pro potřeby nových projektů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- API – Academy of productivity and Inovatons, *Jednotlivé metody a nástroj (A – CH)*. [online] © 2005 – 2012. [cit. 2018-02-018] Dostupné z: <http://www.e-api.cz/24886-jednotlive-metody-a-nastroje-a-ch>
- BANGSOW, Steffen, 2015. *Tecnomatix plant simulation: modeling and programming by means of examples*. Cham: Springer, xviii, 713. ISBN 978-3-319-19502-5
- BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012, 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.
- BOLEDOVIČ, Ľudovít. CEZ (OEE). IPA - More Than Expected [online]. © 2017. [cit. 2018-03-04] Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/cez-oeo>.
- CIMORELLI, Stephen C, 2013. *Kanban for the supply chain: fundamental practices for manufacturing management*. Second edition. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis Group, S. 137 ISBN 1563273144.
- DLABAČ, Jaroslav, 2015. *Analýza a měření práce*. In: API – Akademie produktivity a inovací [online]. Slaný, © 2015 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- DUNN, Mike. Kaizen: The Road to Continuous Improvement. Mentoworks_{ltd} [online]. 2018. [cit. 2018-02-25] Dostupné z: <https://www.mentorworks.ca/blog/business-consulting/kaizen-the-road-to-continuous-improvement/>
- FEKETE, Milan, 2012. *Efektívny produkčný systém*. Bratislava: Kartprint, 131 s. ISBN 978-80-89553-09-9.
- GREASLEY, A, 2017. *Simulation Modelling for Business*. Routledge. 236 s. ISBN 9781351899987.
- HANSEN, Robert C, c2002. *Overall equipment effectiveness: a powerful production/maintenance tool for increased profits*. New York, NY: Industrial Press, 278 s. ISBN 9781601198204.
- HOFMAN, Robert, SIMEONOVÁ, Ivana. *Využití počítačové simulace pro plánování a rozvrhování výroby*. ElektroPrůmysl.cz. [online]. © 2016. [cit. 2018-03-10] Dostupné z: <http://www.elektroprumysl.cz/software/vyuziti-pocitacove-simulace-pro-planovani-a-rozvrhovani-vyroby>

- IMAI, Masaaki, 2007. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press, 272 s. Business books. ISBN 978-80-251-1621-0.
- KENNEDY, Ross Kenneth, 2018. *Understanding, measuring, and improving overall equipment effectiveness: how OEE drives significant process improvement*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis, CRC Press 86 s. ISBN 9781138054202.
- KEŘKOVSKÝ, Miloslav, 2009. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vyd. V Praze: C.H. Beck xiii, 137 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7400-119-2.
- KHAN, M. I, 2007. *Industrial engineering*. [2nd ed]. New Delhi: New Age International (P) Ltd., Publishers, 340 s. ISBN 9788122420593.
- KOŠTURIÁK, Ján. Průmyslové inženýrství. IPA - More Than Expected [online]. © 2012. [cit. 2018-02-17] Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/prumyslove-inzenyrstvi>
- KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK, 2006. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 237 s. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.
- KRIŠŤÁK, Jozef. Časové štúdie. IPA - More Than Expected [online]. © 2017. [cit. 2018-02-17] Dostupné z: <https://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/casove-studie>.
- KUČERÁK, Dušan. Kanban. IPA - More Than Expected [online]. © 2012. [cit. 2018-02-17] Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/kanban>
- LeanProduction. *OEE (Overall Equipment Effectiveness)*. [online]. © 2011-2018. [cit. 2018-03-01] Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/clanky/mes-mom/133-oee>
- LHOTSKÝ, Oldřich. Metody a techniky organizace a normování práce. Mzdová praxe [online]. 2018. [cit. 2018-02-17] Dostupné z: <http://www.mzdovapraxe.cz/archiv/dokument/doc-d1017v993-metody-a-techniky-organizace-a-normovani-prace/>
- MANEK, N. J, 2002. *Comprehensive industrial engineering*. New Delhi: Laxmi Publications. 140 s. ISBN 9788170081890.
- MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL, 2000a. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 311 s. ISBN 80-902235-6-7.
- MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL, 2000b. *TPM: management a praktické zavádění*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 246 s. ISBN 8090223559

- MAŠÍN, Ivan, 2005. *Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štíhlé výroby*. Liberec: Institut technologií a managementu, 106 s. ISBN 80-903533-1-2.
- MAURER, Robert, 2005. *Cesta kaizen: z malého kroku k velkému skoku*. Praha: Beta, 141 s. ISBN 8073061783.
- MAYNARD, Harold B, Kjell B. ZANDIN, 2001. *Maynard's industrial engineering handbook*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1 sv. (různé stránkování).
- MOST training. Maynard [online]. © 2003. [cit. 2018-02-23] Dostupné z: <https://www.hbmaynard.com/training/MOSTTraining.asp>
- PATIL, S. B, 2008. *Industrial Engineering And Management*. [1st ed]. Shaniwar Peth, Pune: Technical Publications, 2008, 362 s. ISBN 9788184314977.
- PATOČKA, Miroslav. *OEE a odvozené ukazatele TEEP, PEE, OAE, OPE, OFE, OTE a CTE*. MEScentrum.cz. © 2015 [online]. [cit. 2018-03-9]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/clanky/mes-mom/133-oee>
- PRINCLÍK, Jan. Snímek pracovního dne. Pro experty – odborný časopis nejen pro experty. [online]. © 2013 [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: <http://theexperts.cz/firemni-vzdelavani/human-resources/56-snimek-pracovniho-dne-personalni-audit>
- QUORA. *What is an actuator?*. © 2018 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <https://www.quora.com/What-is-an-actuator>
- RAVI, S, 2015. *INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGAMENT*. Delhi: PHI Learning Private Limited, 424 s. ISBN 97881203511103.
- SMALLEY, A, 2009. *Creating level pull: a lean production-system improvement guide for production-control, operations, and engineering professionals*. Cambridge, MA: Lean Enterprises Institute, 114 s. ISBN 978-0-9743225-0-6
- STAMATIS, D. H, 2010. *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 502 s. ISBN 13-978-1-4398-1408-6
- SystemOnLine. *Efektivní výroba je klíčem k úspěchu*. © 2015 [online]. [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: <https://m.systemonline.cz/rizeni-vyroby/efektivni-vyroba-je-klicem-k-uspechu.htm>

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 366 s. Expert. ISBN 978-80-247-4486-5.

TUČEK, David a Roman BOBÁK, 2006. *Výrobní systémy*. Vyd. 2. upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 298 s. ISBN 8073183811.

Svět produktivity, *Analýza měření práce*. [online] © 2012. [cit. 2018-02-18] Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Analyza-a-mereni-prace.htm>

WOCO GROUP, *Woco – a history of success*. [online] © 2015. [cit. 2018-03-12] Dostupné z: <http://www.wocogroup.com/History.28.0.html?&L=1>

Woco-Vsetin, *Úspěch made by Woco*. [online] ©2014. [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <http://www.woco-vsetin.cz/index.php?id=3>

ZANDIN, Kjell B, 2003. *MOST work measurement systems*. 3rd ed., rev. and expanded. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis, xxiv, 519 s. Industrial engineering. ISBN 0-8247-0953-5.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Studium práce – rozdělení (Mašín a Vytlačil, 2000, s. 90).....	16
Obrázek 2 Přímé měření práce (API, © 2005-2012)	21
Obrázek 3 Formulář ke snímku pracovního dne (Dlabač, 2015).....	23
Obrázek 4 Sekvence členů rodiny MOST (vlastní zpracování dle Maynarda, 2001)	29
Obrázek 5 Deštník Kaizen (vlastní zpracování podle Imaie (2007, s. 24))	30
Obrázek 6 OEE jako nástroj zvyšování produktivity (Systemonline, © 2012).....	34
Obrázek 7 Model časových ztrát (vlastní zpracování dle Kennedyho, 2018, s. 5).....	35
Obrázek 8 Míra využití vzorec (vlastní zpracování)	36
Obrázek 9 Míra výkonu vzorec (vlastní zpracování).....	36
Obrázek 10 Míra kvality vzorec (vlastní zpracování)	36
Obrázek 11 Vzorec Celkové efektivity zařízení (OEE) (vlastní zpracování)	37
Obrázek 12 Zjednodušený vzorec CEZ (OEE) (vlastní zpracování).....	37
Obrázek 13 Non automotive výrobky (Woco Group, ©2014)	42
Obrázek 14 Polymer technology (Woco Group, ©2014)	43
Obrázek 15 Polymer automotive (Woco Group, ©2014).....	43
Obrázek 16 Přípravek pro výrobky (vlastní foto).....	44
Obrázek 17 Layout výrobní linky A1 (vlastní zpracování)	45
Obrázek 18 Princip aktuátoru (vlastní zpracování dle Quora, © 2018)	45
Obrázek 19 Náskres výrobku (interní zdroj).....	46
Obrázek 20 Hotové výrobky – artikl X2, X3 (vlastní foto).....	47
Obrázek 21 Detail montáže membrány (interní zdroj)	48
Obrázek 22 Snímek pracovního dne – VA/NVA/VE (vlastní zpracování)	49
Obrázek 23 Prostoje linky A1 vyjádřené v procentech (vlastní zpracování)	50
Obrázek 24 Vyjádření prostojů vůči času provozu linky A1 (vlastní zpracování).....	52
Obrázek 25 srovnání času dle MOSTU (vlastní zpracování)	54
Obrázek 26 Čas jednotlivých stanic + přejezdy mezi stanicemi (vlastní zpracování).....	58
Obrázek 27 Zavěšené pružiny na KLT (vlastní foto)	60
Obrázek 28 Vyhodnocení 5S auditu (vlastní zpracování)	61
Obrázek 29 Zamotané pružiny (vlastní zpracování).....	62
Obrázek 30 Výpočet CEZ, OEE linky A1 (vlastní zpracování)	63
Obrázek 31 Simulační model Linky A1 (vlastní zpracování)	65
Obrázek 32 Maximální výstup linky A1 (vlastní zpracování).....	65

Obrázek 33 Maximální výstup linky A1 při současném OEE.....	66
Obrázek 34 Min Max rozpětí kusů za směnu (vlastní zpracování)	66
Obrázek 35 Vytíženost stanic – artikl X1 (vlastní zpracování	67
Obrázek 36 Vytíženost stanic – artikl X3 (vlastní zpracování)	68
Obrázek 37 Vytíženost stanic – artikl X2 (vlastní zpracování)	68
Obrázek 38 Určení kapacity linky (interní zdroj)	69
Obrázek 39 Objednávky pro rok 2019-2022 (vlastní zpracování)	70
Obrázek 40 Cíle a jejich řešení (vlastní zpracování)	72
Obrázek 41 Válečkový podavač (vlastní foto)	73
Obrázek 42 Layout kanbanu artikl X1 (vlastní zpracování).....	75
Obrázek 43 Layout kanbanu artikl X2 (vlastní zpracování).....	76
Obrázek 44 Layout kanbanu artikl X3 (vlastní zpracování).....	78
Obrázek 45 Rozdíl ve výstupu linky před zavedením kanbanu (vlastní zpracování).....	79
Obrázek 46 Vliv snížení prostojů v důsledku kanbanu	79
Obrázek 47 Prostoje vůči celkovému času provozu (vlastní zpracování)	80
Obrázek 48 CEZ po zavedení kanbanu (vlastní zpracování).....	80
Obrázek 49 Přehled možných zlepšení (vlastní zpracování)	81
Obrázek 50 Snížení procesních časů jednotlivých stanic (vlastní zpracování)	81
Obrázek 51 Výstup podle počtu vozíků (vlastní zpracování).....	82
Obrázek 52 Stav linky po všech vylepšení (vlastní zpracování)	84
Obrázek 53 Místo potřebné pro druhou linku A1 (vlastní zpracování).....	86
Obrázek 54 Změny v okolí Linky A1 (vlastní zpracování)	86
Obrázek 55 Přesun pracoviště – uspořádání do U-buňky (vlastní zpracování).....	87
Obrázek 56 Uspořádání pracovišť nalevo od linky A1 (vlastní zpracování).....	88
Obrázek 57 Nové uspořádání pracovišť (vlastní zpracování).....	88
Obrázek 58 Uspořádání pracovišť – místo pro linku A2 (vlastní zpracování).....	89
Obrázek 59 Finální uspořádání výroby aktuátorů s linkami A1 a A2 (vlastní zpracování)	89
Obrázek 60 Činnosti manipulátů – vytížení (vlastní zpracování).....	90
Obrázek 61 Přípravek pro pružiny (vlastní zpracování).....	92
Obrázek 62 Ukazatele ROI a doby návratnosti (vlastní zpracování).....	94

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Basic MOST – sekvence, parametry (vlastní zpracování).....	26
Tabulka 2 Srovnání aplikační rychlosti MTM MOST (vlastní zpracování).....	26
Tabulka 3 Srovnání dokumentace (vlastní zpracování).....	27
Tabulka 4 Kusovník (vlastní zpracování).....	46
Tabulka 5 MOST analýza – stanice 1 (vlastní zpracování).....	53
Tabulka 6 Analýza MOST – stanice 2 (vlastní zpracování).....	54
Tabulka 7 Analýza MOST – balení (vlastní zpracování).....	55
Tabulka 8 Analýza MOST – doplňování materiálu (vlastní zpracování).....	56
Tabulka 9 Analýza MOST – procesní časy stanic (vlastní zpracování).....	57
Tabulka 10 Míra výkonu (vlastní zpracování).....	62
Tabulka 11 Míra využití (vlastní zpracování).....	62
Tabulka 12 Normy pro linku A1 (vlastní zpracování).....	64
Tabulka 13 Úprava časového fondu (vlastní zpracování).....	64
Tabulka 14 Harmonogram projektu (vlastní zpracování).....	71
Tabulka 15 SWOT analýza (vlastní zpracování).....	72
Tabulka 16 Kusovník pro artikl X1 (vlastní zpracování).....	74
Tabulka 17 Kanban artikl X1 (vlastní zpracování).....	74
Tabulka 18 Kusovník pro artikl X2 (vlastní zpracování).....	75
Tabulka 19 Kanban artikl X2 (vlastní zpracování).....	76
Tabulka 20 Kusovník pro artikl X3 (vlastní zpracování).....	77
Tabulka 21 Kanban pro artikl X3 (vlastní zpracování).....	77
Tabulka 22 Náklady na vylepšení procesních časů (vlastní zpracování).....	82
Tabulka 23 Nárůst oproti současnému stavu (vlastní zpracování).....	83
Tabulka 24 Náklady na pořízení/doba návratnosti.....	83
Tabulka 25 Srovnání počet kusů za směnu (vlastní zpracování).....	84
Tabulka 26 Srovnání doby cyklů (vlastní zpracování).....	84
Tabulka 27 Vliv vylepšení na kapacitu linky (vlastní zpracování).....	85
Tabulka 28 Obslužnost linky A1 (vlastní zpracování).....	91
Tabulka 29 Kapacita linky – srovnání po projektu (vlastní zpracování).....	93
Tabulka 30 Celkové náklady projektu (vlastní zpracování).....	93

SEZNAM PŘÍLOH

P I Ripran analýza

P II Logický rámec

P III Čistící předpis


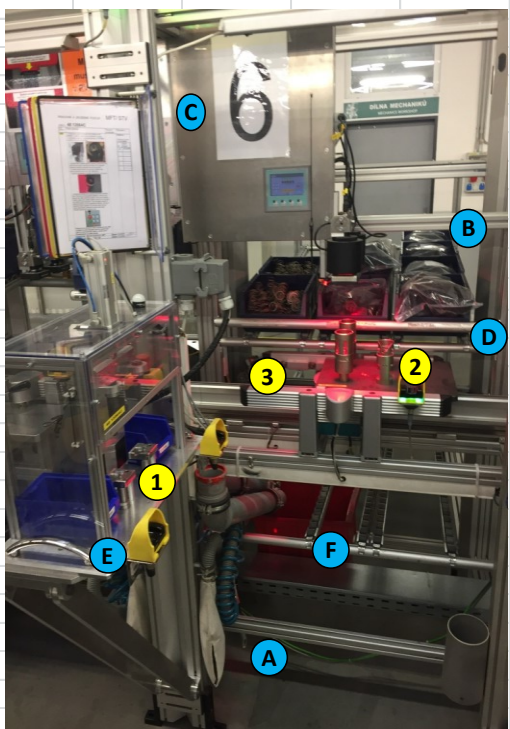
PŘÍLOHA P I: RIPRAN ANALÝZA

ID	Hrozba	Pravděpodobnost hrozby	Scénář	Pravděpodobnost scénáře	Celková pravděpod obnost	Dopad	Hodnota rizika	Opatření
1	Neochota operátorů	60%	Problémy při realizaci projektu	50%	SP	MD	MHR	Akceptace
2	Problém při realizaci návrhů	50%	Příliš nákladné návrhy na zlepšení	50%	SP	SD	SHR	Vyjasnění si cílů a finanční stránky projektu
		50%	Nedostatek místa pro nový layout	50%	SP	SD	SHR	Dodržování principu LEAN LAYOUT
3	Nedostatečná komunikace	65%	Nedokončení projektu v termínu	55%	SP	VD	VHR	Pravidelné schůzky, workshopy
4	Problémy při sběru dat, chybné analýzy	45%	Nedokončení projektu v termínu	75%	SD	SD	SHR	Ujasnit si co je cílem analýzy, konzultace s vedoucími pracovníky
		30%	Neodevzdání DP	5%	MP	SD	MHR	Akceptace
5	Nepotvrzení zakázek	30%	Zrušení projektu	80%	SP	VD	VHR	Pravidelné schůzky, workshopy

PŘÍLOHA P II: LOGICKÝ RÁMEC

STROM CÍŮ		OBJEKTIVNĚ OVERTELNĚ UKAZATELE	ZDROJE INFORMACÍ K OVĚŘENÍ	PŘEDPOKLADY
HLAVNÍ CIL (PRINOS)	Zvýšení výstupu linky	Počet kusů za směnu/měsíc/rok	Interní zdroje , diplomová práce, výrobní simulace	Podpora vedení společnosti Podpora THP Podpora operátorů Znalosti PI metod
	Zvýšení výrobní efektivity s požadavkem na takt zákazníka	Sniženi prostojů, snížení procesních časů jednotlivých stanic	Interní zdroje, porovnání současny stav x nový stav (MOST,SPD, OEE) - DP	Znalosti výrobního procesu
PROJEKTOVÝ CIL	1. Diplomová práce			RIZIKA
	2. Analýza současného stavu	Smínek pracovního dne, praktická a projektová část DP	Praktická a projektová část DP	Chybné vypracovaná analýza Neochota spolupracovat Zrušení projektu Překročení finančního rámce Nepřijetí navržených opatření Nedodržení časového rámce
	3. Zpracování projektu			
VÝSTUPY	1.1 Vypracování teoretické části	PROSTŘEDKY Výrobní postupy, data z informačního systému, výsledky 5S auditu Spolupráce s vedením, pracovníky kvality, technologie, dispozice, operátory na lince. Počítač, MS Office, MS Visio, E-Drawings, Tecnomatix Plant Simulation, měřicí zařízení	ČASOVÝ RÁMEC AKTIVIT říjen 2017 - březen 2018	
	1.2 Vypracování praktické části			
	2.1 Analýza a měření práce-SPD			
	2.2 Basic most			
	2.3 5S audit			
	2.4 Výpočet OEE			
	2.4 Popis výrobního procesu			
	2.5 Zpracování výrobní simulace - současný stav			
	2.6 Analýza objednávek			
	3.1 Vytvoření kanbanu			
AKTIVITY	3.2 Snížení procesního času stanic			
	3.3 Odstranění nedostatků 5S auditu			
			únor - březen 2018	

PŘÍLOHA P III: ČISTÍCÍ PŘEDPIS

STANDARD PRACOVNÍ LINKA A1		ČISTOTA A USPOŘÁDÁNÍ PRACOVNÍHO MÍSTA				
		SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTACE:			Strana 1 / 2	
Název pracoviště: A1					Operace:	
Stroj. zařízení/přípravek Montáž aktuátoru						
Foto pracoviště - určení míst vzniku nečistot určených k čištění		kritické	●	běžné:		
				denní čištění ●		
				týdenní čištění ●		
						
CO	JAK	ČÍM	KDY	ZODP.	ČAS	
A denní čištění						
1	Nečistoty z pracovního stolu vysát, pracovní plochu utřít hadrem/utěrkou	Vysavač, papírová utěrka	Na konci každé směny	operátor	5 min.	
2	Přípravky na pracovním stole vysát tak, aby v nich nezůstaly nečistoty	Vysavač				
3	Vysát také okolí pásu	Vysavač				
B týdenní čištění						
A	Zametení podlahy pod pracovním stolem a kolem něj, vytření podlahy hadrem a jarovou vodou	Smeták, lopatka, hadr na podlahu	2x týdně dle rozpisu	operátor	5 min.	
B C D E F	Otřít vnější kryty, očistit vnější rám pracovního stolu, včetně vnitřního profilu rámu, otřít rám židle a manipulačního vozíčku, vyspat případné nečistoty z manipulačních krabiček a košíků, vytřít z nich prach, otřít podložku na nohy	Papírová savá utěrka mírně navlhčena vodou s jarem, vysavač	2x týdně dle rozpisu	operátor	15 min. (10 min)	