

# Racionalizace výrobní linky ve vybrané firmě

Bc. Daniel Mrlina

---

Diplomová práce  
2024



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: 2023/2024

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Daniel Mrlina  
Osobní číslo: M22141  
Studijní program: N0488P050002 Průmyslové inženýrství  
Forma studia: Prezenční  
Téma práce: Racionalizace výrobní linky ve vybrané firmě

### Zásady pro vypracování

#### Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

#### I. Teoretická část

- Provedte průzkum literárních pramenů z oblasti racionalizace a zvýšení produktivity výrobní linky.

#### II. Praktická část

- Provedte analýzu současného stavu výrobní linky ve vybrané společnosti.
- V návaznosti na výsledky provedené analýzy vypracujte projektový návrh vedoucí ke zvýšení parciální produktivity vybrané výrobní linky.
- Zhodnotte navrhovaná opatření.

#### Závěr

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

**Seznam doporučené literatury:**

DENNIS, Pascal. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. Third edition. Boca Ration: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016. ISBN 978-1-4987-0887-6.  
CHROMJAKOVÁ, Felicita. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 2013. ISBN 978-80-8154-058-5.  
JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.  
NENADÁL, Jaroslav. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press, 2018. ISBN 978-80-7261-561-2.  
SARTOR, Marco a ORZES, Guido. *Quality management: tools, methods, and standards*. United Kingdom: Emerald, 2019. ISBN 978-1-78769-804-8.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lucie Hrbáčková, Ph.D.**  
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání diplomové práce: **5. února 2024**  
Termín odevzdání diplomové práce: **19. dubna 2024**

L.S.

---

**prof. Ing. David Tuček, Ph.D.**  
děkan

---

**prof. Ing. David Tuček, Ph.D.**  
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 5. února 2024

## PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

### Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové 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 práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou 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 užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen přípustí-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 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 práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové 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 práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 15.04.2024

Jméno a příjmení: Daniel Mrlina

.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zaměřuje na racionalizaci výrobních linek ve vybrané firmě. Hlavním cílem práce je navrhnout optimalizaci současného stavu ručních linek, a tím navýšit parciální produktivitu o 150 %. Teoretická část se věnuje tématům jako je plýtvání, štíhlá výroba, produktivita, analytické metody průmyslového inženýrství, automatizace a dalším pojmům, které se týkají racionalizace výrobních linek. Praktická část obsahuje popis a analýzu současného stavu vybraných ručních linek, které jsou následně porovnány s automatizovanou linkou Elektra. Analýza byla provedena využitím metod pozorování, přímého a nepřímého měření práce a principu TOC. Projektová část popisuje nejvíce přínosný návrh, který povede k dosažení hlavního cíle práce. Závěr práce se věnuje zhodnocení jednotlivých návrhů na racionalizaci vybraných výrobních linek.

**Klíčová slova:** racionalizace, plýtvání, štíhlá výroba, automatizace, analýza a měření práce, parciální produktivita

## **ABSTRACT**

The thesis focuses on the rationalization of production lines in a selected company. The main purpose of the thesis is to propose optimization of the current state of manual lines, thereby increasing partial productivity by 150%. The theoretical part describes topics such as waste, lean manufacturing, productivity, analytical methods of industrial engineering, automation, and other concepts related to the rationalization of production lines. The practical part includes a description and analysis of the current state of selected manual lines, which are then compared with the automated Elektra line. The analysis was carried out by using observation method, direct and indirect measurement of work, and the TOC principle. The project part describes the most beneficial proposal that will lead to the achievement of the main objective of this thesis. The conclusion of thesis contains an evaluation of the various proposals for the rationalization of selected production lines.

**Keywords:** rationalization, waste, lean manufacturing, automation, analyse and measurement of work, partial productivity

*„Zkušenost je dobrá škola, ale školné je příliš drahé.“*

Karel Čapek

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé diplomové práce, paní Ing. Lucii Hrbáčkové, Ph. D., která mi pro tvorbu této práce poskytla svůj čas a mnoho cenných rad. Jsem velice vděčný za její ochotu a vstřícný přístup, který měla během i v průběhu celého studia.

Dále bych chtěl velice poděkovat společnosti Austin Detonator s. r. o., kde mi bylo umožněno tuto práci zpracovat. Konkrétně bych chtěl poděkovat paní Mgr. Šárce Trochtové, která mi věnovala svůj čas a byla mi vždy v případě potřeby k dispozici. Ale také panu Ing. Martinu Štěpánovi, který mi poskytl potřebné informace ke zpracování praktické části.

Nemalý podíl mého díku patří mé rodině, milované přítelkyni a přátelům, kteří mě při tvorbě diplomové práce podporovali také psychicky.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 VÝROBNÍ PROCES</b> .....	<b>13</b>
1.1 TYPY VÝROBY .....	14
1.2 USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠŤ VE VÝROBĚ.....	15
1.2.1 Technologické uspořádání .....	15
1.2.2 Předmětné uspořádání .....	16
1.2.3 Buňkové uspořádání.....	17
1.3 PLÝTVÁNÍ VE VÝROBNÍM PROCESU.....	19
1.3.1 Přebytečné zásoby .....	20
1.3.2 Nadprodukce .....	20
1.3.3 Zbytečné pohyby .....	21
1.3.4 Chybovost a zmetky .....	21
1.3.5 Nadbytečná práce .....	21
1.3.6 Čekání .....	22
1.3.7 Zbytečný transport .....	22
1.3.8 Nevyužitý lidský potenciál.....	22
1.4 HODNOTA PROCESU.....	23
<b>2 ŠTÍHLÝ PODNIKOVÝ PROCES</b> .....	<b>24</b>
2.1 ŠTÍHLÁ VÝROBA .....	25
2.2 STANDARDIZACE .....	25
2.3 PRINCIP TAHU.....	26
2.4 TAKT TIME .....	27
2.5 KAIZEN .....	27
2.6 POKA YOKE.....	28
2.7 TEORIE OMEZENÍ .....	28
<b>3 PRODUKTIVITA</b> .....	<b>30</b>
3.1 TOTÁLNÍ PRODUKTIVITA .....	30
3.2 PARCIÁLNÍ PRODUKTIVITA .....	30
<b>4 NORMA SPOTŘEBY PRÁCE</b> .....	<b>31</b>
<b>5 ANALYTICKÉ METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ</b> .....	<b>32</b>
5.1 PŘÍMÉ MĚŘENÍ PRÁCE.....	32
5.1.1 Snímek pracovního dne.....	32
5.1.2 Chronometráž.....	33
5.2 NEPŘÍMÉ MĚŘENÍ PRÁCE DLE MOST.....	33
5.2.1 Basic MOST.....	34

<b>6</b>	<b>AUTOMATIZACE PROCESU .....</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>PRŮMYSL 4.0 .....</b>	<b>38</b>
7.1	VÝVOJ PRŮMYSLOVÉ REVOLUCE .....	39
7.2	ZÁKLADNÍ ZNAKY PRŮMYSLU 4.0 .....	40
7.2.1	Zaměření na zákazníka .....	40
7.2.2	Flexibilní produkce .....	40
7.2.3	Konvertibilní továrna .....	40
7.2.4	Využití dat .....	40
7.3	PILÍŘE PRŮMYSLU 4.0 .....	41
7.3.1	Internet věcí (IoT) .....	41
7.3.2	Cloud .....	41
7.3.3	Big Data .....	41
7.3.4	Simulace .....	42
7.3.5	Kyber-bezpečnost .....	42
7.3.6	Autonomní roboty .....	42
7.3.7	Chytrá továrna .....	43
7.4	VÝHODY A HROZBY PRŮMYSLU 4.0 .....	44
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>PŘEDSTAVENÍ VYBRANÉ SPOLEČNOSTI .....</b>	<b>46</b>
8.1	ORGANIZAČNÍ STRUKTURA PODNIKU .....	47
8.2	VÝPIS Z OBCHODNÍHO REJSTRÍKU .....	48
8.3	PRODUKTOVÉ PORTFOLIO VYBRANÉ SPOLEČNOSTI .....	49
8.3.1	Elektrické rozbušky .....	49
8.3.2	Elektronické rozbušky .....	50
8.3.3	Neelektrické rozbušky .....	50
<b>9</b>	<b>ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU .....</b>	<b>51</b>
9.1	POPIS VYBRANÉ VÝROBNÍ LINKY .....	51
9.2	POPIS AUTOMATIZOVANÉ LINKY ELEKTRA .....	52
9.3	LAYOUT VÝROBNÍ HALY .....	53
9.4	POPIS VÝROBKU VYRÁBĚNÉHO NA LINCE .....	54
9.5	POPIS JEDNOTLIVÝCH PRACOVNÍCH ČINNOSTÍ RUČNÍ LINKY A JEJICH ČASOVÉ STUDIE .....	55
9.5.1	Krimpování EIM a nastříknutého těsnění .....	55
9.5.2	Škracení laborované rozbušky .....	57
9.5.3	Lisování vodičů do konektoru a nanesení silikonové pasty .....	59
9.5.4	Testování funkčnosti rozbušek .....	61
9.5.5	Aplikace RFID praporku .....	64
9.5.6	Balení výrobků do krabic .....	66
9.5.7	Skládání krabic a skládaček .....	68
9.6	PŘEHLED CHRONOMETRÁŽE A BASIC MOST .....	69



9.7	POROVNÁNÍ VÝKONNOSTNÍCH UKAZATELŮ RUČNÍCH LINEK S LINKOU ELEKTRA .....	70
9.7.1	Norma spotřeby práce .....	71
9.7.2	Aplikace snímku pracovního dne na automatizovanou linku Elektra.....	72
9.7.3	Aplikace snímku pracovního dne na první ruční linku .....	75
9.7.4	Aplikace snímku pracovního dne na druhou ruční linku .....	77
9.7.5	Porovnání výsledků z jednotlivých měření .....	79
9.8	ZJIŠTĚNÉ NEDOSTATKY PŘI ANALÝZE RUČNÍCH LINEK .....	84
9.8.1	Úzké místo ve výrobním procesu.....	84
9.8.2	Nenaplněný potenciál ruční linky .....	86
9.8.3	Přehled plýtvání ve výrobním procesu při analýze .....	87
<b>10</b>	<b>SHRnutí ANALYTICKÉ ČÁSTI .....</b>	<b>88</b>
<b>11</b>	<b>VYMEZENÍ PROJEKTU .....</b>	<b>90</b>
11.1	PROJEKTOVÝ LIST.....	90
11.2	HARMONOGRAM PROJEKTU .....	92
11.3	LOGICKÝ RÁMEC PROJEKTU .....	92
11.4	RIPRAN ANALÝZA .....	92
<b>12</b>	<b>NAVRHOVANÁ ŘEŠENÍ.....</b>	<b>94</b>
12.1	OPTIMALIZACE RUČNÍCH LINEK.....	94
12.1.1	Optimalizace pracoviště pro testování funkčnosti rozbušek.....	94
12.1.2	Pásový dopravník na ručních linkách .....	96
12.2	NAHRAZENÍ RUČNÍCH LINEK NOVOU AUTOMATIZOVANOU LINKOU ELEKTRA XY .....	97
12.2.1	Popis automatizace a robotizace na lince Elektra XY .....	99
12.2.2	Nový layout výrobní linky ve výrobní hale .....	101
<b>13</b>	<b>ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH ŘEŠENÍ.....</b>	<b>102</b>
13.1	OPTIMALIZACE PRACOVIŠTĚ PRO TESTOVÁNÍ FUNKČNOSTI ROZBUŠEK.....	102
13.2	PÁSOVÝ DOPRAVNÍK NA RUČNÍCH LINKÁCH.....	103
13.3	NAHRAZENÍ RUČNÍCH LINEK NOVOU AUTOMATIZOVANOU LINKOU ELEKTRA XY .....	103
13.4	SHRnutí ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH ŘEŠENÍ .....	104
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>105</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>107</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>112</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>113</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>115</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>116</b>

## ÚVOD

V dnešní moderní době automatizace a robotizace je žádoucím faktorem, aby rozvíjející se průmyslové firmy dokázaly najít správný konsenzus mezi vzájemným působením člověk – stroj, a dospěly tak k potřebnému efektu navýšení produktivity i efektivitu svého výrobního procesu.

Tématem diplomová práce je racionalizace vybraných výrobních linek, která se zabývá analýzou nedostatků ručních linek ve výrobním procesu. Na ručních linkách probíhá výroba (montáž) elektronických iniciačních systému E\*STAR. Tyto linky jsou z hlediska výkonnosti i dostupnosti porovnány s automatizovanou linkou Elektra, jež se nachází ve stejné výrobní hale. Cílem práce je vytvoření racionálního návrhu na zdokonalení původního stavu ručních linek, který povede ke zvýšení parciální produktivity o 150 %. Z toho plyne navýšení celkové produktivity výrobního zařízení či snížení počtu pracovníků obsluhy. Případně jejich kombinace.

Práce se dělí do dvou úseků. Prvním je teoretická část, která slouží jako podklad pro část praktickou, jež na ni navazuje. V teoretické části je tedy popsán výrobní proces společně s možnostmi uspořádání pracovišť. Následně jsou uvedeny typy plýtvání ve výrobním procesu, na které navazuje koncept štíhlého podniku s vybranými metodami, jež se společnost snaží usilovně využívat. V návaznosti na cíl práce je také popsána produktivita a norma spotřeby práce. Teoretická část je také věnována vybraným analytickým metodám průmyslového inženýrství, které byly v analytické části využity pro sběr dat. V návaznosti na jeden z návrhů je popsána podstata automatizace výrobního procesu a také koncept Průmysl 4.0, který je jistě nedílnou součástí budoucího pokroku výrobních podniků. V praktické části je představena organizace, její produktové portfolio a současný stav již zmiňovaných linek, které jsou zohledněny v layoutu výrobní haly. Pomocí metod pozorování, přímého a nepřímého měření byla provedena analýza současného stavu ručních linek i automatizované linky Elektra, ze které vyplývají zjištěné nedostatky. Využitím principu TOC bylo identifikováno úzké místo. Analytická část je následně shrnuta v kapitole 10. Projektová část obsahuje projektový list nejvíce přínosného návrhu na řešení současného stavu ručních linek, logický rámec projektu, harmonogram a RIPRAN analýzu. V samotném závěru práce jsou popsány jednotlivé návrhy na racionalizaci ručních linek, které jsou zhodnoceny jak z hlediska potenciálních přínosů, úspor či investic, tak i z hlediska možného navýšení parciální produktivity, což poukazuje na cíl práce a pravděpodobnost jeho splnění.

## CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Tématem diplomové práce je racionalizace vybraných výrobních linek ve vybrané společnosti. Konkrétně se jedná o dvě linky, na kterých se ručně vyrábí elektronické rozbušky E\*STAR. K možné racionalizaci by mělo dojít využitím jistých metod průmyslového inženýrství, které povedou k vytvoření patřičných návrhů na vylepšení původního stavu, a tím docílit stanoveného cíle.

K analýze a určení nedostatků sloužily metody pozorování, přímého a nepřímého měření. K identifikaci úzkého místa bylo využito principu TOC. Hlavním cílem práce je navýšení parciální produktivity o 150 %. Dílčí cíle práce jsou racionální návrhy na změnu původního stavu ručních linek, které lze pochopit jako návrhy na zefektivnění procesu výroby, což povede ke snížení operačního času, navýšení totální produktivity, zamezení plýtvání či využití automatizace čímž dojde ke snížení výrobního taktu linky a možného výskytu zranění při manipulaci. Metody, které byly využity v analytické části, jsou:

- **Přímé pozorování** – Přímé pozorování je základním prvkem k nalezení abnormálních výkyvů, které vznikají během daného výrobního procesu.
- **Přímé měření** – Snímek pracovního dne je cenným nástrojem pro analýzu současného stavu ve výrobním procesu. Umožňuje shromažďování relevantních dat, která pomáhají odhalit v procesu vznikající plýtvání. Chronometráž, jako další metoda přímého měření, se specializuje na zkoumání dílčích úkonů operace, což umožňuje přesně naměřit operační čas potřebný daných činností.
- **Nepřímé měření** – Metoda předem stanovených časů, či v jiném znění MOST, je vhodná pro stanovení času potřebného pro vykonání daných činností.
- **Teorie omezení** – Teorie omezení se vyznačuje svým logickým přístupem, účinně napomáhá určit úzké místo v procesu a pomocí metody DBR se zaměřit na jeho eliminaci. V práci se jedná o pracoviště pro testování funkčnosti rozbušek.

V projektové části je uveden projektový list, jenž pojednává o nejvíce přínosném návrhu, kterým je nahrazení obou ručních linek novou automatizovanou linkou Elektra XY. Pro tento návrh byla pomocí RIPRAN analýzy stanovena rizika, na které navazují případná opatření, jež mají za cíl napomoci k potřebnému dosažení hlavního cíle a racionalizaci původního stavu ručních linek. Zároveň projektová část obsahuje další metody projektového řízení, jako je logický rámec projektu a časový harmonogram projektu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VÝROBNÍ PROCES

Definici výroby lze chápat jako soubor určitých činností, které výrobní podniky realizují s cílem poskytovat své výrobky a služby zákazníkům, kteří za ně poté zaplatí. Z této definice tedy vyplývá, že výstupem výroby je výrobek či služba, přičemž každý z nich má svůj specifický způsob výroby. (Keřkovský a Valsa, 2012)

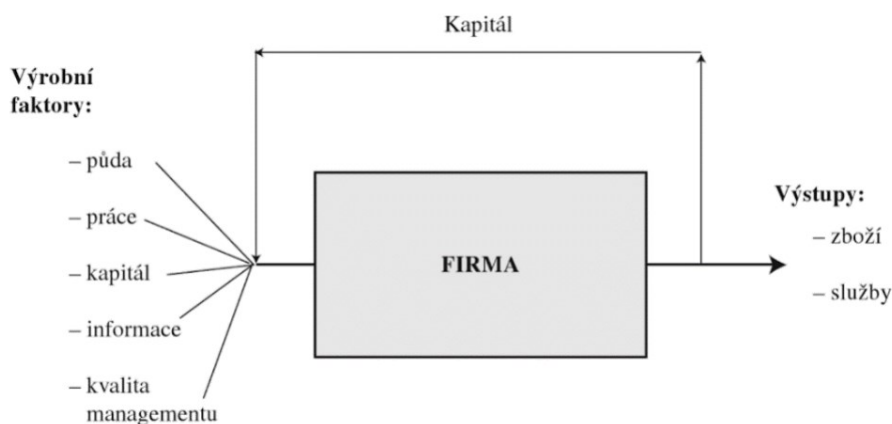
Chromjaková a Rajnoha (2011) konstatují, že činnosti, které vedou ke správnému výstupu (výrobku či službě), musí být navzájem správně propojeny, aby přinesly přidanou hodnotu pro potenciálního zákazníka.

Z ekonomického hlediska lze výrobní proces chápat jako transformaci výrobních faktorů do finálního statku či služby. (Keřkovský a Valsa, 2012)

Jurová (2016) ve své knize zmiňuje jisté propojení prvků ve výrobě, jenž se skládají z výrobních a podpůrných zařízení (jako jsou stroje, transportní a manipulační technika, sklady atd.), pracovní síly a materiálů potřebných pro výrobu (suroviny, energie). Klíčovou výzvou v procesu výroby je naplnění vysoké úrovně produktivity a flexibility současně s nalezením optimální rovnováhy mezi využitím zařízení a minimalizací průběžné doby výroby.

Vochozka a Mulač (2012) člení výrobní faktory (vstupy) do práce, půdy a kapitálu společnosti, které se následně dělí na potřebnou práci pro úkon, materiál, komponenty, dlouhodobý majetek a řídicí práci.

Tuček a Bobák (2006) mezi výrobní faktory navíc řadí informace, kdy je hlavní motivací společností výroba statků a služeb při co nejnížší spotřebě zmíněných vstupů.



Obrázek 1 Výrobní faktory v podniku (Keřkovský a Valsa, 2012)

Dle Kavana (2002) výrobní proces využívá vstupních surovin k vytvoření nejmodernějších produktů a služeb skrze transformační procesy, včetně skladování surovin, polotovarů i finálních výrobků, jejich transport, zpracování apod. Výroba je tudíž zodpovědná za vytváření produktů, jež jsou pro zákazníka atraktivní a je ochoten za ně zaplatit.

V dnešní době společnosti na celém světě pracují prostřednictvím vzájemně propojených procesů, aby byly více efektivní a produktivní. (Sartor a Orzes, 2019)

## 1.1 Typy výroby

Tuček a Bobák (2006) rozlišují typy výroby, které jsou rozděleny dle množství a počtu druhů vyráběných produktů na kusovou, sériovou a hromadnou.

Dle Jurové (2013) je pro kusovou výrobu typická produkce rozmanitých výrobků ve velkém počtu různých druhů, ale v malém množství. Autorka také uvádí, že pro tzv. zakázkovou výroby lze považovat výrobu různých druhů CNC strojů.

Kusovou výroby převážně vystihuje technologické uspořádání procesu výroby. (Kavan, 2002)

Pro sériovou výrobu jsou charakteristické tzv. série, kdy dochází k opakované výrobě totožných druhů výrobků. Dle velikosti sérii se výroba rozlišuje na malosériovou, středněsériovou a velkosériovou. Dnešní sériovou výrobu reprezentuje využití různých speciálních zařízení včetně automatizace. (Kavan, 2002)

Pro sériovou výrobu, je typická produkce různých druhů domácích spotřebičů. (Jurová, 2013)

Jurová (2013) uvádí, že v důsledku individualizace zákaznických požadavků dojde v budoucnosti k nárůstu důležitosti malosériové a kusové výroby.

Jurová (2013) i Tuček a Bobák (2006) popisují hromadnou výrobu, jako produkci velkého množství jednoho či malého počtu druhů výrobků.

Pro hromadnou výrobu jsou charakteristické montážní linky vybavené vysoce specializovanými stroji a vysokým stupněm automatizace. (Kavan, 2002)

Hromadná výroba se může zabývat například produkcí elektrotechnických komponent, spojovacích materiálů apod. (Jurová, 2013)

## 1.2 Uspořádání pracovišť ve výrobě

Pro uspořádání pracoviště je typický layout výrobních zařízení, který má zásadní význam pro efektivitu celého výrobního systému. Aby byla výroba produktivní, je nutné výrobní zařízení systematicky uspořádat. Plynulost toku výroby zakázek a jejich transport hraje zásadní roli, a je tak klíčovým faktorem k vytvoření prosperujícímu uspořádání výroby. (Kavan, 2002)

Způsoby uspořádání pracovišť se rozlišují dle druhu a míry specializace procesu výroby, materiálového toku a průběhu výrobního procesu. (Jurová, 2016)

Ve výrobním managementu je věnována pozornost dvěma hlavním faktorům, jež ovlivňují jak organizační, tak prostorovou strukturu výroby. Jedním je tok materiálu, u něhož jsou klíčová kritéria spojena se vzdáleností, rychlostí a kontinuitou přepravy. Druhým důležitým prvkem, který má vliv na proces výroby jsou pracoviště, která jsou uspořádána technologicky, předmětně či jako výrobní buňky. (Kěrkovský a Valsa, 2012)

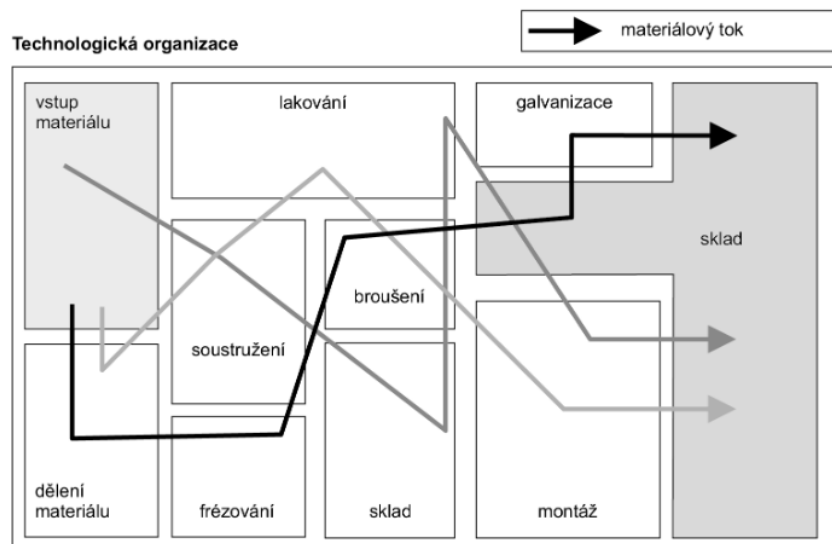
### 1.2.1 Technologické uspořádání

Technologické uspořádání, jinak nazývané skupinové, se vyznačuje svým zaměřením na výrobní proces, zejména uspořádáním výrobních procesů do skupin na základě jejich podobnosti či souvislosti (jako je například kování v kovárně, montáž v montážní dílně či obrábění v obráběcích dílnách). Tento typ uspořádání je vhodný zejména u drahých zařízení či v situacích, kdy se pracuje s širokým rozsahem komponent. Ovšem nevýhody, které toto uspořádání přináší, jsou například nadbytečné zásoby, komplikované řízení výroby, obtížná příprava, nekonstantní tok materiálu, dlouhé průběžné časy výroby apod. (Jurová, 2016)

Tento způsob organizace výroby je vhodný pro zpracování menších sérií či jednotlivých kusů, jelikož materiál a polotovary prochází různými pracovišti v rámci celého výrobního cyklu, což vede k prodloužení materiálového toku. Přestože neustála manipulace s polotovary může zvýšit cenu konečného produktu, poskytuje větší flexibilitu výrobního procesu. (Januška, 2018)

V praxi se tento typ organizace výroby obecně nazývá jako dílenské uspořádání, jelikož jsou vytvářeny dílny obsahující stroje sejné technologie, do kterých se následně v rámci výrobního procesu přesouvají polotovary. (Tuček a Bobák, 2006)

Januška (2018) vyzdvihuje tento typ uspořádání z hlediska prostší údržbě strojů či zařízení, lepší flexibilitě při adaptaci na nové typy výrobků či celkové univerzalitě. Ovšem autor shledává nevýhody v potřebě četnějších skladovacích prostor, prodloužené doby výrobní operace či v častém manipulování s rozpracovanou výrobou.



Obrázek 2 Technologické uspořádání výroby (Jurová, 2016)

### 1.2.2 Předmětné uspořádání

Keřkovský a Valsa (2012) uvádí, že v předmětném uspořádání jsou veškerá pracoviště ve výrobním systému sestavena dle technologického postupu výroby tak, aby docházelo k co nejmenší četnosti přepravy polotovarů mezi pracovišti, a došlo tak k vyšší plynulosti procesu výroby.

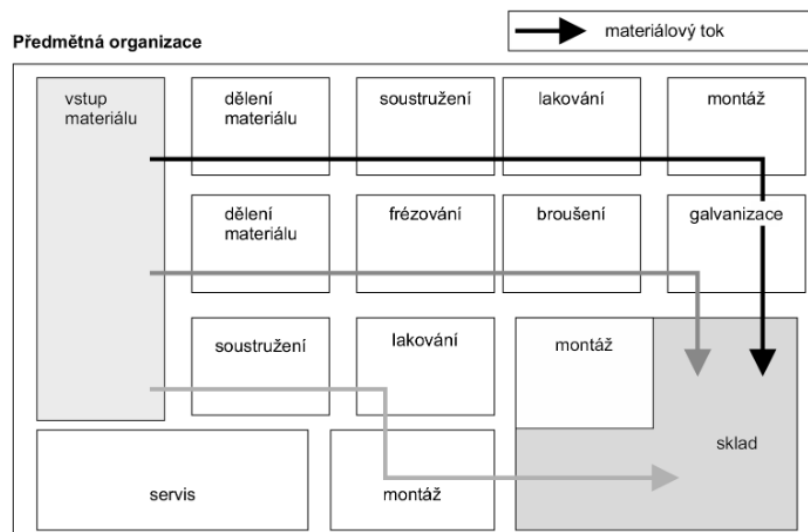
Jelikož všechny operace v předmětném uspořádání na sebe navzájem navazují, dojde k potřebnému snížení materiálového toku. Takový typ organizace výroby je vhodný zejména pro sériovou a hromadnou výrobu. Ovšem je nutno podotknout, že sestavení předmětně uspořádaného layoutu není nijak jednoduchou záležitostí a vzniká riziko ve vazbě na změnu výrobního postupu. Na druhou stranu, je finální výrobek oproti technologickému uspořádání značně levnější. (Januška, 2018)

Předmětné uspořádání se vyznačuje zaměřením na konkrétní výrobek či produkt. Charakteristickým prvkem tohoto uspořádání je tvorba menších výrobních jednotek, které se kompletně věnují zpracování specifického výrobku nebo jeho částí. Tato organizace výroby začíná analýzou výrobního portfolia a potřebných postupů při konstrukci a využití



technologii. Po definici všech potřebných komponent, selekci výrobních zařízení a stanovení týmu lze vytvořit specializované výrobní buňky, které umožňují decentralizaci a zjednodušení řízení výroby. Avšak s tímto způsobem uspořádání může vzniknout riziko při potřebě přizpůsobit se změnám ve výrobním programu, kdy je ve většině případů nutné změnit i rozmístění výrobních zařízení. (Jurová, 2016)

Januška (2018) vyzdvihuje tento typ uspořádání z hlediska potřeby menšího prostoru pro výrobu a skladování, zkrácení průběžné doby výroby či zkrácení materiálového toku. Ovšem autor shledává nevýhody v horší flexibilitě při změně výrobního postupu nebo ve složitější či častější údržbě výrobních zařízení.



Obrázek 3 Předmětné uspořádání výroby (Jurová, 2016)

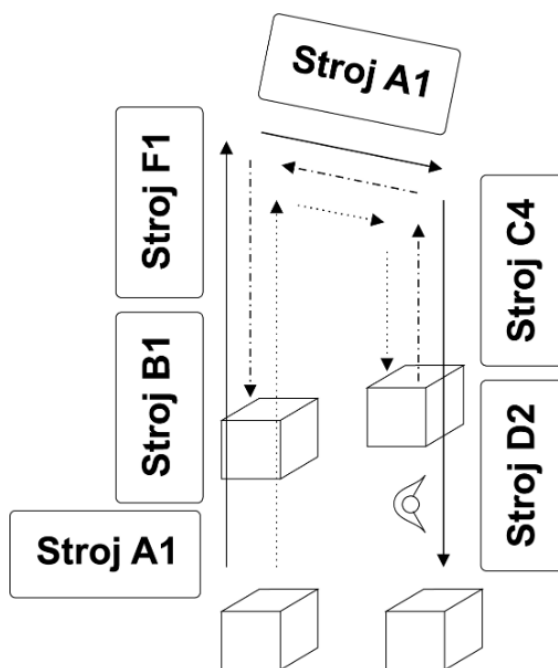
### 1.2.3 Buňkové uspořádání

Buňkové uspořádání je kombinací kladů technologického a předmětného uspořádání. Je založeno na výrobě menších a středních sérií různých druhů součástek lineárním (linkovým) způsobem. Toto uspořádání se vyznačuje tím, že prostorově seskupuje stroje s rozdílnou technologií tak, aby bylo možné vyrábět součástky s podobným technologickým postupem. Dochází k tvorbě takzvaných výrobkových rodin, které jsou sestaveny z komponent s obdobnými požadavky na zpracování. Aby bylo možné buňku vytvořit, je nutné nejprve provést sestavení výrobkových rodin, které jsou závislé na analýze kusovníků, technologických postupů a plánů výrobních objednávek. Výsledkem je pak sestavení výrobní buňky, která zahrnuje zařízení uspořádané dle sledu výrobního postupu. (Jurová, 2016)

Ve výrobních buňkách jsou technologicky různorodé stroje seskupeny do takzvaných výrobních ostrůvků, které slouží pro flexibilnější produkci určitých dílů výrobkové rodiny. Stroje a zařízení uvnitř buňky jsou umístěny do tvaru písmene „U“ (viz. obrázek 4). Zařízení nejsou od sebe příliš vzdálena, přičemž se vstup a výstup linky nachází ve stejném bodě. Jednotlivými díly uvnitř buňky manipulují pracovníci obsluhy. Takové uspořádání umožňuje každému pracovníkovi vykonávat více než jednu operaci, pohybovat se podle potřeby a komunikovat s kolegy v případě řešení různých problémů. (Sartor a Orzes, 2019)

Při plánování výrobní buňky je potřeba nejdříve určit počet strojů či zařízení a jejich rozmístění, počet dělníků potřebných pro výrobní proces, stanovit materiálový tok a zhotovit výkresovou dokumentaci. (Jurová, 2016)

Smyslem buňkového uspořádání pracovišť je zkrátit cyklový čas operace s cílem maximálního snížení zásob ve výrobním procesu. (Chromjaková, 2013)



Obrázek 4 Buňkové uspořádání výroby  
(Jurová, 2016)

### 1.3 Plýtvání ve výrobním procesu

Plýtvání je jakákoli pracovní činnost, která v rámci procesního toku v procesu, který mění vstupy na výstupy, nepřidává hodnotu. Plýtvání jako takové se dělí na dva typy. Prvním typem plýtvání se rozumí ten, jenž nepřidává hodnotu v celém výrobním toku, a nelze se mu z různých důvodů vyhnout. Zatímco druhým typem je takové plýtvání, které taktéž nepřidává hodnotu, ale je možné a zároveň žádoucí jej omezit. Pro zvýšení produktivity a celkově efektivitu, je nutné identifikovat takové činnosti, které naopak mohou danou hodnotu výrobku přidávat (přidaná hodnota) a dokonce minimalizovat, či úplně eliminovat různé druhy plýtvání. (Khairunnisa et al., 2020)

Dewi et al. (2021) konstatují potřebu eliminace všech plýtvání, a to až na úroveň nulových ztrát. Dále uvádí, že plýtvání vzniká především při provozních činnostech.

Mezi plýtvání ve výrobním procesu dle patří:

- Nadvýroba
- Čekání
- Transport
- Nadbytečné pohyby
- Přebytečné zásoby
- Zmetky
- Nadbytečné zpracování (Sartor a Orzes, 2019)

Košturiak (2010) doplňuje osmý typ plýtvání v podobě nevyužitého potenciálu zaměstnanců ve výrobním podniku, který je dle autora jeden z nejzávažnějších.

Jak autoři Dewi et al. (2021) dále uvádí, je nutné tyto ztrátové činnosti omezit, aby byl podnik konkurenceschopný. Jedním takovým řešením je využití štíhlé výroby.

Khairunnisa et al. (2020) ve svém článku uvádí, že mnoho problémů, kterým dnešní společnosti čelí, se týká právě činností v podniku, jež nedisponují přidanou hodnotou. Mezi tyto činnosti mimo jiné patří proces zásobování od dodavatelů, tok materiálu od počátků, přes zpracování ve výrobním procesu, až po prodej, přemísťování nástrojů, dále pak stroje, které nemají patřičnou kapacitu, zbytečný transport, čekání, nevhodný proces, jenž zapříčiní nutné přepracování a vadné výrobky, které nelze spotřebitelům prodat.

Aby bylo možné plýtvání v procesu eliminovat, je důležité správně definovat problémy, které plýtvání přináší. Pro stanovení patřičných opatření, které by vedly ke zlepšení a zamezení plýtvání, je nutné nalézt jejich kořenové příčiny. Zároveň je nutné rozlišit výrobní procesy od procesů administrativních, aby byla opatření efektivní. (Jurová, 2016)

Januška (2018) doporučuje vytvořit kontinuální tok procesu, pomocí kterého lze problémy odhalit. Autor také hovoří o aplikaci principu tahu (pull), čímž lze zamezit nadbytečné výrobě.

### 1.3.1 Přebytečné zásoby

Pro přebytečné zásoby je charakteristické skladování materiálů, nedokončené výroby či výrobků déle, než je původně plánováno, což vede k potřebě nových skladovacích prostor a transportní techniky. (Jurová, 2016)

Zbytečné zásoby zvyšují provozní náklady, zahlcují výrobní prostor, což může vést ke zbytečnému transportu. Přebytečné zásoby se převážně vztahují na suroviny, nedokončenou výrobu a hotové výrobky. Velké množství nedokončené výroby je obvykle důsledkem nadvýroby a čekání. (Sartor a Orzes, 2019)

V případě přebytečných zásob se také může jednat o skladování prošlého materiálu. (Januška, 2018)

### 1.3.2 Nadprodukce

Nadvýroba se vyznačuje produkcí většího množství výrobků, než vyžaduje zákazník. (Januška, 2018)

K nadprodukcí dochází v moment, kdy se firmy snaží pokrýt případnou poruchu výrobních zařízení v procesu či neplánovanou výrobu vadných produktů. Takové plýtvání však vyvolává nutnost větších skladovacích prostor, které znamenají vyšší náklady. Podniky by tak měly zvážit, zda je výhodnější držet úroveň vyšších zásob pro již zmiňované případy poruch či zavést taková opatření, aby k poruchám a výrobě zmetků nedocházelo. (Jurová, 2016)

Sartor a Orzes (2019) uvádí, že nadprodukce se vyznačuje plýtvání penězi, časem a prostorem.

### 1.3.3 Zbytečné pohyby

Zbytečný pohyb se může vyskytovat jak u lidí, tak i u strojů. Ve většině případů je spojen s ergonomií na pracovišti, čímž roste riziko úrazu. Špatná ergonomie, která se vyznačuje například nesprávným držením těla, vynaložením velké síly, velkou četností vykonávaných činností apod., zastupuje největší podíl všech pracovních úrazů. Při zbytečném pohybu, kdy se pracovník snaží pro něco natáhnout dochází ke snížení produktivity práce. Naopak pokud se pracovník musí namáhat, aby zpracoval či zkontroloval výrobek, dochází také ke ztrátám kvality. Aby byly takové pohyby eliminovány, je nutné navrhnout správné ergonomické pracoviště. (Dennis, 2016)

Sartor a Orzes (2019) taktéž uvádí, že jsou zbytečné pohyby spjaty se špatnými ergonomickými zásadami, kdy se pracovníci musejí často ohýbat, natahovat, chodit či zvedat. Autoři také však zmiňují, že totéž dnes platí pro stroje, kdy například robot neprovádí optimální pohyb čímž ztrácí čas.

### 1.3.4 Chybovost a zmetky

Chyby a zmetky souvisejí s potřebou pojistné zásoby, opětovné kontroly a ztrátou výrobní kapacity. Pomocí systematických metod, jako je například Kaizen lze takovému plýtvání předcházet. (Sartor a Orzes, 2019)

Na výrobních linkách mohou vadné výrobky způsobit rozsáhlá poškození. Pokud společnost takové výrobky poskytne svému zákazníkovi, může to pro něj mít vážné následky. (Jurová, 2016)

Pokud dochází k chybám, je nutné produkt opravit a odstranit tak jeho nekvalitu. (Košturiak, 2010)

Takové chyby s sebou přináší potřebný náklady v podobě materiálu, času a energie vynaložené na jejich opravu. (Dennis, 2016)

### 1.3.5 Nadbytečná práce

Nadbytečná práce spočívá v děláni něčeho, co zákazník nevyžaduje. Tím, že se společnosti soustředí na vylepšení některých atributů výrobků, mohou ztratit poněti, co přidává skutečnou hodnotu pro zákazníka. (Dennis, 2016)

Rozvoj customizace, kdy se podniky snaží být více originální a různorodé vůči konkrétním firmám, vzniká plýtvání v podobě zbytečných funkcí, kterými je výrobek obohacen, ačkoli zákazník takové atributy nevyžaduje. Takové vlastnosti výrobků spotřebovávají zdroje a mohou také negativně ovlivnit funkci ostatních atributů výrobku. (Nenadál, 2018)

### **1.3.6 Čekání**

Čekání se ve výrobě projevuje tehdy, kdy není možné plynule navázat dalším výrobním úkonem. K tomu dochází převážně z důvodu poruch zařízení, nedostatku materiálu, zbytečné administrativy či nevyváženosti procesů. (Jurová, 2016)

Januška (2018) zmiňuje, že se prostoje obvykle projevuje čekáním na materiál, seřízení stroje či na příkazy.

Dle odhadů tvoří čekání až 90 % výrobního času výrobku, který stráví ve výrobním procesu. (Sartor a Orzes, 2019)

### **1.3.7 Zbytečný transport**

Přeprava materiálu zahrnuje například ztráty způsobené výrobou velkého množství výrobků či špatného layoutu pracoviště. Takové plýtvání nastává v případě, kdy je nutné přepravit rozpracovanou výrobu z jednoho procesu do druhého. (Dennis, 2016)

Přesun výrobků mezi výrobními procesy nepřináší přidanou hodnotu, je nákladný a může způsobit poškození či dokonce znehodnocení výrobku. (Sartor a Orzes, 2019)

### **1.3.8 Nevyužitý lidský potenciál**

Takové plýtvání nastává, pokud dojde k přerušení komunikace v rámci firmy či mezi firmou a zákazníkem. Takové překážky brání plynulému toku znalostí, nápadů a kreativity, což vede k promarněným příležitostem. (Dennis, 2016)

Košтуриak (2010) konstatuje, že nevyužitím schopností pracovníků vzniká největší plýtvání v podniku.

## 1.4 Hodnota procesu

Nenadál (2018) ve své knize uvádí, že v rámci výrobního procesu existují činnosti, které přináší hodnotu přidanou, která je spjata s činnostmi, jež vyžaduje zákazník (VA), nepřidanou hodnotu, jež je nevyhnutelná pro provoz výroby, (NVA) a hodnotu nepřidanou, která je spjata s vznikem plýtvání, jako je čekání, nadbytečné pohyby atd. (NVAZ).

Činnosti či procesy, které nepřidávají hodnotu a stojí společnosti peníze, by měly být ihned redukovány na minimum. Finanční náročnost těchto neproduktivních činností by měla být přeměřována na činnosti, které naopak hodnotu přidávají. (Greene, 2013)

Rozdíl nákladů na vstupní suroviny a hodnotou vyrobených výstupů definuje přidanou hodnotu. Skutečností je, že je to trh, kdo určuje hodnotu, nikoliv výrobce. (Kavan, 2002)

Pokud v procesu výroby dochází k činnostem, které se projevují jako plýtvání, jedná se o zvyšování nepřidané hodnoty, což vede k růstu nákladovosti. Taková hodnota nijak nenapomáhá přiblížit produkt jeho zákazníkovi. (Mašín, 2005)

Některé produkty jsou vytvářeny s očekáváním, že zákazník uzná jejich hodnotu a bude ochoten zaplatit, i když ve skutečnosti jde o hodnotu nepřidanou. (Greene, 2013)

## 2 ŠTÍHLÝ PODNIKOVÝ PROCES

*„Lean lze charakterizovat jako „manažerské praktiky, založené na filozofii neustálého zlepšování procesů buď cestou zvyšování hodnoty pro zákazníka, nebo redukcí činností nepřidávajících hodnotu (Muda), variability procesů (Mura) a špatných pracovních podmínek (Muri).“ (Nenadál, 2018)*

Takzvaný koncept „lean“ je kontinuální snaha eliminovat plýtvání s cílem zvyšovat přidanou hodnotu výrobků (zboží či služeb) pro zákazníka. Štíhlá výroba se do značné míry vyvinula v Japonsku, zejména ve společnosti Toyota. Tento druh výroby je považován za techniku redukce plýtvání či ztrát. Aby však byla tato metoda úspěšná a maximalizovala hodnotu výrobku prostřednictvím minimalizace plýtvání, je třeba se zaměřit na veškeré příčiny vzniku plýtvání tak, aby tok hodnot mohl probíhat hladce a výroba se stala více efektivní. (Khairunnisa et al., 2020)

Štíhlý management je často popisován jako výrobní postup, který směřuje k odstranění všech druhů plýtvání a zároveň vede k optimalizaci kvality produktu. (Sartor a Orzes, 2019)

Hlavním cílem principu štíhlého podniku je tedy eliminovat vše nadbytečné, proto je nutné, aby vynaložené úsilí společností směřovalo k odstranění procesů, jež nejsou produktivní a za které zákazníci nechtějí platit. (Chromjaková, 2013)

Dle Kučerové et al. (2015) není klíčem k úspěchu pouze analýza ztrátových činností, ale především jejich odstranění pomocí správně vybraných metod a nástrojů, které se dělí na:

- **Základní metody**, které jsou zaměřeny především na užší okruh problémů ve výrobním systému. Jejich využitím je přínos ke zlepšení procesu, díky užitečným a snadno vyhodnotitelným výsledkům v krátkém časovém horizontu. Jsou jakýmsi základním kamenem pro zlepšování (5S, Kaizen, Poka-Yoke, Snímek pracovního dne).
- **Komplexní metody**, jež spojují zmiňované základní metody do celku a zaměřují se především na širší problémovou oblast (TPM, RPA, Six Sigma, VSM, SMED, TOC).



## 2.1 Štíhlá výroba

V rámci štíhlé výroby je klíčovým bodem eliminace plýtvání, které lze definovat jako veškeré činnosti, jež nepřináší produktu či službě žádnou přidanou hodnotu a zároveň představuje zbytečné náklady. Plýtvání tak tvoří stálý zdroj ztrát, vedoucí k snížení efektivity i zisku podniku. (Nenadál, 2018)

Dewi et al. (2021) definují štíhlou výrobu jako systematický přístup k eliminaci plýtvání a činností, které mají nulovou hodnotu. Dle autorů se v dnešní době zvýšila výkonnost podniků ve vyspělých zemích (např. ve Spojených státech amerických, Číně, Německu, Itálii a Velká Británii), v důsledku zavedení štíhlé výroby.

Existuje pět principů štíhlé výroby, které jsou definovány následovně:

- Zavedení tahového principu neboli „pull“ systému
- Kontinuální zlepšování výkonu, pomocí odstranění aktivit, jež nepřináší žádnou hodnotu
- Určení reálné hodnoty pro zákazníka
- Určení toků produktů či služeb, jež poskytují hodnotu zákazníkovi
- Standardizace těchto toků s cílem vytvořit lepší podmínky pro pracovníky a poskytnout jim tak čas pro tvůrčí aktivity a inovování (Womack a Jones, 2003 cit. podle Nenadál, 2018)

K dosažení štíhlého výrobního procesu je zásadní, aby byly oblasti jako je řízení výroby, management, marketing apod. na pokročilé úrovni. (Jurová, 2013)

## 2.2 Standardizace

Jedná se o proces, jehož smyslem je omezit různorodost designu produktu od samotného vývoje až po výrobu a prodej. Podstatou je vytvoření standardizovaných řešení, která sníží rozmanitost procesů i výrobků. Cílem je tedy navýšení efektivity výrobních zařízení a produktivity práce, zjednodušení evidence, snížení fixních nákladů či potenciál pro rozšíření automatizace. (Jurová, 2016)

Standardizace je základním prvkem konceptu štíhlé výroby, protože využívá pevně stanovených postupů pro tvorbu pracovních standardů a standardizaci pracovišť. Tímto lze dosáhnout vysoce kvalitních výstupů konkrétních výrobků, ale také hraje klíčovou roli v celkové kvalitě výrobního procesu. (Chromjaková, 2013)

Standardizace práce přináší stabilní proces z hlediska definování jasných bodů pro zahájení a ukončení každého procesu, využití auditů pro jednoduché definování problémů či zapojení konceptu Kaizen a Poka Yoke. (Dennis, 2016)

Dodržováním určitého standardu umožňuje zlepšení procesů v podniku, ve smyslu provádět činnosti opakovaně se stejnou kvalitou. (Januška, 2018)

Jurová (2016) definuje standard jako určitý model či pravidlo, který slouží ke kontrole či zdokonalení průběhu výrobního procesu.

Z hlediska dlouhodobého časového horizontu nelze bez standardů efektivně optimalizovat tok hodnot a plánovat a řídit administrativní a výrobní procesy. (Chromjaková, 2013)

Standardizovaná práce je způsob k dosažení nejbezpečnějšího, nejjednoduššího a neúčinnějšího způsobu, jak vykonávat práci. (Dennis, 2016)

### 2.3 Princip tahu

Princip tahu lze definovat jako přístup v rámci organizace výrobního procesu, kdy je začátek výroby podnícen poptávkou zákazníka. Úspěšná aplikace tahového systému je založena na základech kvalitního přenosu informací mezi jednotlivými výrobními úseky, kdy konec určité operace podněcuje následující pracoviště, aby pokračovalo v práci. Smyslem systému je nastavení produkčního toku s co největší plynulostí výroby a minimálním časovým zdržením. Nejvíce známým tahovým systémem je jistě Kanban, jenž přináší navýšení výkonnosti procesů výroby. (Chromjaková, 2013)

Nejrozšířenějším principem tahu je systém založený na doplňování volných míst vzniklých ve skladu s hotovými výrobky (součástkami), v momentě, kdy je zákazník odebere. Využívají se takzvané Kanban karty, které vyvolají iniciaci další výroby a doplnění. Sklad finální výroby je na konci samotné výrobní linky, kdy je jeho velikost odvozena od rozsáhlosti výroby. Materiál pro výrobu je situován ve výrobní oblasti, obvykle v málem skladu. Takový systém funguje nejlépe při častých objednávkách a krátkých dodacích lhůtách. (Dennis, 2016)

Kanban systém funguje, pokud jsou splněna následující kritéria:

- Nadcházející pracoviště musí odebrat pouze takové množství komponent, které je uvedené na kartě z předchozího pracoviště
- Je nutné, aby předchozí pracoviště vyprodukovaly takové množství produkce, jež se rovná počtu odebraných kusů
- Neshodné výrobky by neměly být nikdy odesílány na další pracoviště
- Počet Kanban karet musí být co nejnižší, aby se nenašoval nedokončená výroba (Sartor a Orzes, 2019)

## 2.4 Takt time

Takt time definuje frekvenci poptávky neboli jak rychle se musí daný výrobek vyrobit. Počítá se jako podíl výrobního času za směnu s požadovaným počtem výrobků za den. (Dennis, 2016)

Chromjaková (2013) definuje takt time jako průměrný interval, ve kterém je na určitém pracovišti dokončená kompletní výrobní operace. Vychází ze vztahu mezi celkovým disponibilním pracovním časem a množstvím výrobků, které požaduje zákazník za určitou časovou jednotku. Z toho plyne, kolik kusů výrobků je možné vyprodukovat v rámci disponibilního časového rozpětí na pracovišti. (Chromjaková, 2013)

Mašín (2005) uvádí, že doba taktu neurčuje dobu potřebnou pro danou činnost ve výrobním procesu, ale pro uskutečnění zákaznickova požadavku.

Čas taktu lze jednoduše popsat jako dobu potřebnou pro výrobu jednoho komponentu či výrobku. (Sartor a Orzes, 2019)

## 2.5 Kaizen

Pod pojmem Kaizen si lze představit kontinuální zdokonalování procesů, lidské práce a jejich synergie v rámci celé firmy. Klíčovým prvkem je hledání cest pro možné zlepšení současného stavu a eliminace jakéhokoliv plýtvání, kdy jsou problémy vnímány jako možnost pro zlepšení. (Košturiak, 2010)

*„Kaizen je japonský termín pro postupný přístup ke stále vyšším standardům v oblasti zvyšování kvality a eliminace plýtvání, a to prostřednictvím malých, ale neustálých zlepšení, které zahrnují každého od generálního ředitele, až po pracovníky nejnižší úrovně.“* (Bauer, 2012)

Kaizen je princip orientovaný na odhalování a odstraňování neefektivity práce v rámci komplexního výrobního procesu a toku hodnot. Aplikace konceptu Kaizen nejčastěji probíhá formou brainstormingu, který napomáhá hledat kroky k postupné eliminaci abnormalit. Filozofie se opírá o různé systémové metody a přístupy, které využívá pro možné budoucí zlepšení. (Chromjaková, 2013)

Kaizen napomáhá lidem využívat specifické přístupy k identifikaci a následné eliminaci plýtvání v procesu. (Greene, 2013)

## **2.6 Poka Yoke**

Z japonštiny znamená „Poka“ neúmyslnou chybu a „Yoke“ značí prevenci. Poka Yoke znamená zavedení nízkonákladových zařízení, pomocí kterých lze detekovat abnormality předtím, než dojde k problému, nebo aby v případě jeho vzniku okamžitě zastavily výrobní linku, a tím zabránily chybám či výrobě vadných kusů. (Dennis, 2016)

Poka Yoke napomáhá předcházet chybám, jež jsou vyvolané lidským faktorem. Zavedením systému je základem pro kontinuální zlepšování a zajištění větší bezpečnosti. (Sartor a Orzes, 2019)

Technika je založena na principu nulových vad. Úsilím je zabránit vzniku defektů dříve, než se mohou proměnit na vady. Metoda umožňuje eliminovat příčiny chyb a zasahovat ihned na místě jejich vzniku, čímž lze dosáhnout zaručené kvality. Poka Yoke se opírá o tři základní principy: zastavení procesu při zjištění chyby, kontrolu kvality produktu a vydání varovných signálů k upozornění obsluhy, že došlo k problému. (Tuček a Bobák, 2006)

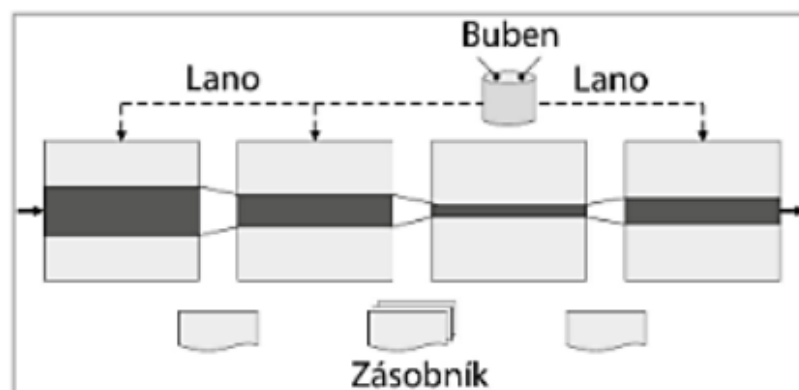
## **2.7 Teorie omezení**

Teorie omezení se vyznačuje využitím logických principů, na kterých je založena. To usnadňuje její pochopení a aplikaci. Každý systém má své slabé místo či omezení, které ovlivňuje produktivitu i efektivitu procesu. Cílem metody je úzké místo odhalit a následně eliminovat či alespoň optimalizovat ostatní procesy tak, aby bylo využito jeho maximální kapacita. (Januška, 2018)

Teorie omezení je založena na neustálém zlepšování, které sestává z několika částí:

- Identifikace úzkého místa
- Rozhodnutí, jak omezení vyřešit
- Vyřešit omezení
- Podřídít vše ostatní řešení úzkého místa
- Maximalizovat tok v místě omezení
- Při úspěchu návrat k prvnímu bodu (Nenadál, 2018)

Nejvíce aplikovaným přístupem teorie omezení ve výrobním systému je metoda Drum (buben), Buffer (zásobník), Rope (lano). Je založena na řízení vstupního materiálu do systému výroby dle průběhu operací na úzkém místě zvané „buben“, který udává určuje rytmus celého produkčního procesu. Tahový systém je v procesu výroby reprezentován „lanem“, které spojuje vstupní operaci s úzkým místem. Jakékoliv přerušení činnosti, které předchází úzkému místu, by mohlo negativně ovlivnit výkon úzkého místa. A proto jsou tyto činnosti chráněny „zásobníkem“, jehož úkolem je předcházet takovému výkyvům. (Nenadál, 2018)



Obrázek 5 Metoda Drum, Buffer, Rope (Fišer, 2014)

### 3 PRODUKTIVITA

Obvykle lze produktivitu popsat jako poměr vstupů a výstupů v daném procesu. V rámci produktivity se převážně sleduje celková vytiženost jednotlivých strojů či zařízení a zaměstnanců. Tyto faktory lze považovat jako jedny z hlavních ukazatelů maximalizace produktivity. (Chromjaková a Rajnoha, 2011)

Běžně se pod pojmem produktivita rozumí úsilí lidského faktoru ve výrobního podniku. Avšak pokud se měří pouze práce, mohou být výsledky neúplné či zavádějící. Například firma s vysokou mírou automatizace může vykazovat vyšší produktivitu práce ve srovnání s manuální výrobou jiného podniku. Přesto může být automatizace ztrátová, jelikož vyžaduje velké investice do zařízení nebo vyšší provozní náklady. (Greene, 2013)

Mezi klíčové přístupy ke zvyšování produktivity práce v různých oblastech patří jistě automatizace. Využitím strojů a technologií mohou pracovníci vyrobit více. Za pomoci zjednodušení pracovních postupů, lze také navýšit produktivitu práce i v administrativně. (Jurová, 2013)

#### 3.1 Totální produktivita

Vztahem dvou proměnných, tj. celkové množství výstupů z daného procesu ku spotřebovanému množství surovin na výstupu, nazýváme celkovou produktivitu. Pro určení poměru tohoto daného vztahu, je nevyhnutelné transformovat vyčerpané zdroje na finanční prostředky. (Mašín a Vytlačil, 2000)

*„Totální produktivita je vyjádřena jako poměr celkového měřitelného výstupu a celkového kumulovaného vstupu.“* (Tuček a Bobák, 2006)

#### 3.2 Parciální produktivita

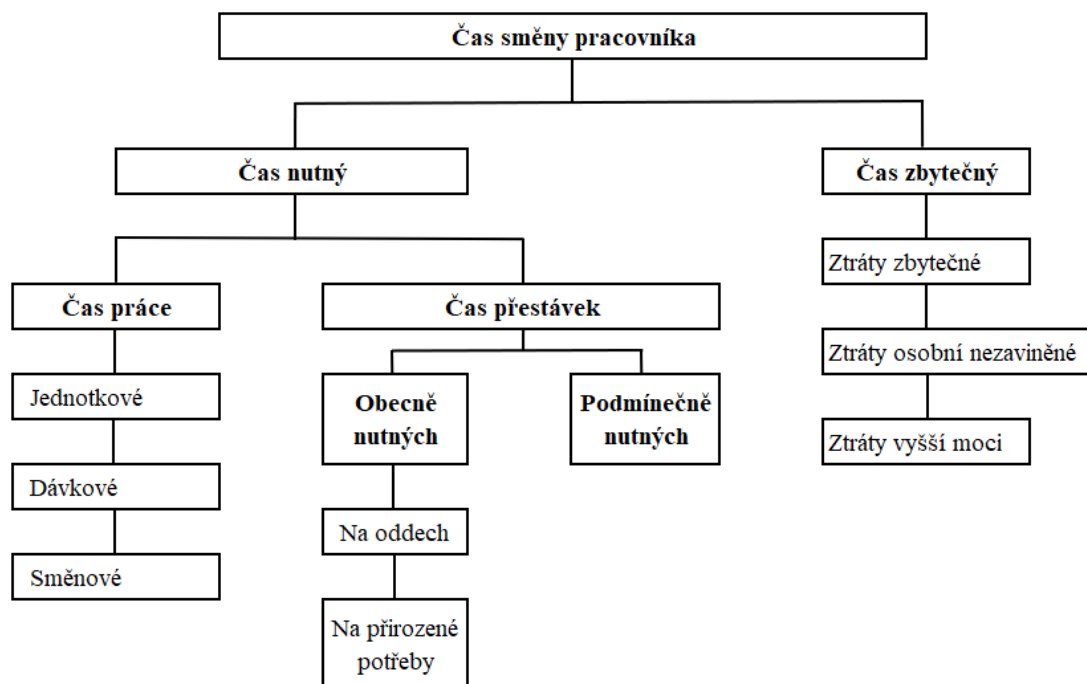
Parciální produktivita je měřítko, které vyjadřuje, jakou hodnotu produkce lze získat z jednotky konkrétního vstupu, tím, že se celkový výkon vydělí počtem spotřebovaných jednotek vstupu. Tento ukazatel je klíčový pro určení, jakým způsobem se může zvyšovat životní úroveň v ekonomice. (Tuček a Bobák, 2006)

Parciální produktivitu tedy měří produktivitu jednotlivých zdrojů zvlášť, což v podstatě znamená, jaký výstup získáme z procesu v poměru k jednotce vstupu. (Mašín, 2005)

## 4 NORMA SPOTŘEBY PRÁCE

Při stanovení pracovní normy je klíčové přistupovat k tématu komplexně, nejen určovat čas potřebný k výkonu či počet potřebných pracovníků, ale také vytvořit pravidla, která reflektují požadavky na pracovní podmínky, zejména v oblastech ochrany zdraví při práci či pracovní doby. (Tomek a Vávrová, 2014)

Jurová (2016) definuje normu, jako ideální míru vynaložení lidské práce pro dosažení určitého pracovního výkonu na konkrétním pracovišti v daných podmínkách.



Obrázek 6 Spotřeba času pracovníka (vlastní zpracování dle Jurová, 2016)

Pracovní norma zahrnuje návod provedení pracovního úkonu, specifikuje potřebnou kvalifikaci pracovníků a definuje optimální množství spotřeby práce. Cílem normování práce je také operativní plánování výroby a systém odměňování zaměstnanců. (Jurová, 2016)

Normy spotřeby práce Tomek a Vávrová (2014) dělí na:

- Normy pracnosti – cílem je určit čas potřebný pro vyrobení produktu
- Normy výkonu – jsou vztaženy k realizaci pracovního úkonu a lze je rozdělit na:
  - Normy času (čas potřebný k výkonu operace)
  - Normy množství (kolik kusů výrobků, je nutné vyrobit v daném čase)

## 5 ANALYTICKÉ METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ

Dlabač (2015) považuje analýzu a měření práce jako základní znalost průmyslového inženýrství. Ačkoli nejsou příliš složité, jsou užitečným nástrojem k odhalení plýtvání v procesech. Autor dále poukazuje na aktivity, které se v pojmu analýza a měření práce skrývají. Jedná se o stanovení správného pracovního postupu či definici správné spotřeby času pro určitý úkon.

*„Ve společnosti Toyota jsem se dozvěděl, že jednoduché měření času může odhalit mnoho o aktuálním stavu pracoviště. Jsme napřed? Jsme pozadu? Jak opakovatelný je proces? Máme příliš mnoho strojů? Kolik práce s přidanou hodnotou náš proces obsahuje?“*  
(Dennis, 2016)

Měření práce zahrnuje aplikaci specifických metod k určení doby, jež je potřebná k dokončení určité úlohy. Výsledkem je stanovení normy spotřeby času, které znázorňují, kolik času pracovník potřebuje pro splnění daného úkolu na konkrétním pracovišti. Díky tomu je tato technika významným nástrojem průmyslového inženýrství při redukci výrobních nákladů a zvyšování produktivity. (Mašín, 2005)

### 5.1 Přímé měření práce

Dle Dlabače (2023) je přímé měření určením spotřeby času za využití stopek, záznamových formulářů či různých speciálních programů, které jsou v dnešní době čím dál více využívány. Autor popisuje dva hlavní způsoby přímého měření. Jedním z nich je právě snímek pracovního dne, jenž se především zaměřuje na sledování činností pracovníka v rámci celé směny. A tím druhým je chronometráž, která je více zaměřena na sledování a určení času dané operace, kterou je třeba změřit. (Dlabač, 2023)

#### 5.1.1 Snímek pracovního dne

Tato analytická metoda průmyslového inženýrství se využívá jako metoda neustálého pozorování pro určení celkové spotřeby času za směnu. Patří tedy mezi metody přímého pozorování či měření. Hlavním účelem tohoto měření je nalézt chyby v procesu v podobě určitého plýtvání a následně vyselektovat jednotlivé činnosti, jež mají vysoký podíl NVA čili nepřidávají hodnotu produktu ani zákazníkovi. (Opletal, 2023)

Greene (2013) klade důraz na časté měření výrobního procesu, aby bylo možné sledovat změny či trendy.



Mezi hlavní výhody této metody se považuje přínos podrobných informací. Na druhou stranu je snímek pracovního dne velice náročný časově, ale také psychicky, a to jak pro pracovníka, jenž pořizuje snímek, tak pro zaměstnance, který je snímán. (Pivodová, 2013b)

Princlík (© 2013) rozděluje vypracování snímku pracovního dne do několika fází:

- **Přípravná fáze** – V této fázi je nutné určit, na co se samotný snímek bude zaměřovat. Autor doporučuje použití excelové tabulky s nadpisy: Začátek – Konec činnosti, Doba trvání úkonu, Druh činnosti a Poznámky.
- **Měření** – Pokud se snímek zaměřuje na pracovníky, jež provádí nějakou činnost, je nutné tyto pracovníky nijak nerozptylovat od jejich běžného pracovního procesu. Prováděné činnosti se zapisují v aktuálním čase s kompletními informacemi, které se k dané činnosti vztahují.
- **Vyhodnocení** – Tato fáze zahrnuje sumarizaci jednotlivých činností, které byly stanoveny. Výsledkem je určení minutového podílu těchto činností a skutečné bilance, která vyjadřuje jednotlivou spotřebu času. (Princlík, © 2013)

### 5.1.2 Chronometráž

Chronometráž je víceméně analogií snímku pracovního dne, a jejím cílem je taktéž odhalit ty činnosti, které jsou pro podnik ztrátové a nepřidávají žádnou hodnotu.

Dle Pivodové (2013a) je tato metoda používána k určení časové délky jedné operace. Je stále řazena mezi nejvíce využívané metody pro určení normy výkonu. Podstata chronometráže je rozdělení měřené práce na několik částí. Do záznamového archu jsou poté zaznamenávány spotřeby času jednotlivých činností.

Dlabač (2023) uvádí některé výhody chronometráže:

- Spolehlivost, díky odstranění extrémů z měření
- Balancování operací
- Vymezení problémových činností

## 5.2 Nepřímé měření práce dle MOST

Cílem metody MOST, která patří mezi metody nepřímého měření, je rozbor jednotlivých úkonů na základní pohyby, kterým se následně přiděluje index, jenž odpovídá určité spotřebě času. (Zandin, 2021)

Využití metody MOST je dosti rozsáhlé. Vyjma definování časové normy, kde poskytuje velmi přesné údaje pro manuální a manuálně-strojní úkony či operace, plní i funkci pohybových studií. Lze ji totiž také využít pro optimální rozložení pracoviště, analýzu a následného výběru nejvíce vhodné metody práce, výrobu produktů, navrhování logistických toků atd. (Tomek a Vávrová, 2014)

Metoda je založena na systému předem určených časů jednotlivých úkonů či pohybů pro určení spotřeby času na danou operaci. Mezi nejpoužívanější varianty metody MOST patří Basic, Maxi a Mini MOST, jež jsou rozlišené dle délky zkoumané operace. (Tuček a Bobák, 2006)

### 5.2.1 Basic MOST

Dlabač (2015) uvádí, že samotná metoda Basic MOST slouží pro analýzu, měření a optimalizaci práce a patří mezi nejpoužívanější ze všech MOST metod. Je využívána k normování operací, které mají délku trvání od několika desítek sekund po několik minut. Basic MOST se využívá s přesností na setiny sekundy a díky tomu je vhodná pro většinu běžných činností. Slouží pro operace, jež jsou vykonávány vícekrát než 150krát a méně než 1500krát za týden. Metoda vychází z toho, že při určitých činnostech ve výrobě dochází k přemístování předmětů. (Dlabač, 2015)

Tyto předměty lze přemístit:

- Volným pohybem, kdy je objekt přenášen volně vzduchem
- Řízeným pohybem, kdy je stanovena přesná dráha pohybu
- Pomocí určitého ručního nástroje
- Pomocí ručního jeřábu (Dlabač, 2015)

Tyto způsoby pohybu následně rozděleny do 4 základních sekvencí. Mezi tyto sekvence patří:

- Obecné přemístění
- Řízené přemístění
- Použití ručního nástroje
- Použití ručního jeřábu (Zandin a Schmidt, 2021)

Zandin (2003) stanovuje postup při tvorbě modelu Basic Most takto. Jako první se dle vykonávaného pohybu volí sekvence, následně se z tabulky indexů zvolí vhodné indexy k jednotlivým parametrům dle náročnosti pohybu a v závěru se určí spotřeba času určité operace. Basic MOST pracuje s jednotkami TMU, kdy tato jedna jednotka  $TMU = 0,036$  sekundy.

## 6 AUTOMATIZACE PROCESU

Rojas a Barbieri (2019) ve svém článku zmiňují, že moderní automatizační systémy jsou složeny z mechanických a elektrických součástí, jež jsou řízeny prostřednictvím digitálními řídicími jednotkami. Automatizace je dle autorů využití různých řídicích systémů pro obsluhu zařízení s minimálním nebo částečným až omezeným zásahem člověka. Průmyslová automatizace se zabývá automatizací výrobních procesů, řízením kvality a manipulací s materiály.

Dle Kavana (2002) znamená automatizace nahrazení či vylepšení práce lidského faktoru využitím mechanických či elektrických zařízení. Mezi tyto zařízení lze zařadit průmyslové roboty, řídicí systémy či obdobná zařízení, jež umožňují zrychlení výrobního procesu s požadovaným dosažením kvality bez lidského zásahu. Kavan (2002) dále zmiňuje, že právě automatizace je krokem k nahrazení monotónních či příliš opakovaných a nudných činností. Zároveň automatizace zaručuje vyšší kvalitu výrobků a zamezuje pracovním úrazům.

Automatizace umožňuje použití moderních technologií v procesu výroby, vyšší produktivitu a zvýšení konkurenceschopnosti podniku na trhu. Mezi základní důvody pro automatizaci jsou tedy požadavky trhu, neustále změny, které obklopují procesy a interní faktory podniku, jež sahají až na úroveň lidských zdrojů. (Vapski a Pandilov, 2023)

Aby bylo možné produktivitu zvýšit, je důležité se zaměřit na odhalení slabých míst v procesu a následně určit reakční dobu na jejich odstranění. Posilováním silných stránek, testováním nových systémů lze dosáhnout a udržet cíle společnosti uvnitř i mimo ni. (Daneshjo a Malega, 2020)

Vapski a Pandilov (2023) konstatují, že zvýšení produktivity, zdraví a bezpečnost zaměstnanců jsou nejdůležitějšími prvky v podniku, je třeba aby se vedení společností zaměřilo na rizikové činnosti a úseky v podniku, které lze nahradit automatizovanými jednotkami. Tímto by mělo docházet k větší flexibilitě výrobních procesů, což je dnes nutností a také zájmem každé společnosti.

*„Nícméně je zřejmé, že automatizace výrobních i dalších procesů způsobí změny ve struktuře trhu práce. Inteligentní zařízení převezmou některé činnosti, které dosud vykonávali lidé. Půjde především o těžkou práci, nebezpečnou, rutinní, tu, kterou automaty zvládnou, a tu, na kterou nebude dostatek lidských zdrojů pro pokrytí požadavků výroby.“ (Nenadál, 2018)*

Kopacek (2019) v návaznosti na automatizace procesu uvádí termín Průmysl 5.0, který se zaměřuje na kreativitu, vysokou kvalitu, výrobky na míru dle požadavků zákazníka a životní standard. Cílem Průmyslu 5.0 není pouze dle autora zvýšení kvality technologie, ale také zvýšení kvality života lidí obecně. Kopacek (2019) dále uvádí, že důležitým prvkem je přeměnit běžné pracovní stroje na bezpečná a samoučící se zařízení, aby se zlepšila jejich celková výkonnost. Důležitým prvkem automatizace je takzvaná semi-automatická montáž výrobků, kdy se využívá robotů namísto lidského faktoru.

Gupta et al. (2019) uvádí inteligentní způsob řízení práce, kterou lze zařadit do kategorie umělé inteligence (AI) a tím je robotická automatizace procesů (RPA). Jedná se o posloupnost kroků, která zaručí smysluplný výsledek bez zásahu lidského faktoru.

Robotická automatizace procesů tedy napomáhá ke zlepšení lidské práce, zejména v rámci odpovědnosti za služby a v řídicích činnostech organizace. RPA se v poslední době zavádí do systému účetnictví, řízení lidských zdrojů, dodavatelského řetězce, informačních technologií a výroby. (Lievano-Martínez et al., 2022)

Ivančić et al. (2019) ve svém článku uvádí, že se RPA zaměřuje na automatizaci rutinních či opakujících se činností. Čili se jedná o nahrazení lidského faktoru, který je možno využít pro složitější úkoly, jež mohou společnosti přinést větší hodnotu. Dle autorů je RPA považována za nově vznikající a převratnou technologii. Autoři dále uvádí, že se v poslední době RPA rozšiřuje o spojení s AI, kognitivními výpočty, analýzou dat atd. Tato skutečnost nastiňuje, že je možné, aby se RPA postupem času přesunula od provádění pouhých rutinních úkonů či operací, ke složitějším a znalostně náročnějším úkolům.

Gupta et al. (2019) ve svém článku dále uvádí, že RPA nahrazuje lidské činnosti např. při:

- Vyplňování formulářů
- Slučování dat z více zdrojů
- Získávání strukturovaných dat ze zdrojů
- Rutinních operací
- Provádění výpočtů
- Atd.

Benefity, které RPA přináší jsou dle Gupty et al. (2019) zkrácení doby zpracování až o 80 %, zvýšení kvality, snížení nákladovosti a chybovosti lidského faktoru, zvýšení produktivity (dokončení úkolů v rámci minut až sekund) a využití potenciálů lidí pro složitější úkoly.

## 7 PRŮMYSL 4.0

Podle Tomka a Vávrové (2017) se označení Průmysl 4.0 odvíjí od německého výrazu „Industrie 4.0“, kde se tento koncept poprvé objevil. Pojmenování 4.0 naznačuje, že současná éra ekonomiky je spojována se čtvrtou průmyslovou revolucí.

Avšak Nenadál (2018) konstatuje, že se termín Průmysl 4.0 vztahuje k současnému trendu digitalizace výrobních procesů, což je spjato s narůstající automatizací výroby a změnami na trhu práce. Ačkoli je tento trend označován za čtvrtou průmyslovou revoluci, bude to možné potvrdit až za delší časový horizont.

Charakteristickým prvkem Průmyslu 4.0 je dle Chromjakové et al. (2017) přechod od štíhlé výroby k chytrým továrnám, kde se fyzické objekty transformují do digitální podoby a výrobní proces spolu se systémy, jenž podporují digitální a virtuální technologie, budou více komplexní.

Sharma (2017) dále uvádí, že je tato čtvrtá průmyslová revoluce dále představuje celkovou elektronizaci výrobních procesů. Jak již bylo zmíněno, tento název byl poprvé prosazen v Německu, avšak tuto terminologii nyní používá celý svět. Pojem Průmysl 4.0 zahrnuje řadu technologií a konceptů, jako je například výměna dat, jež jsou sestaveny pro organizaci hodnotového řetězce či automatizace výroby.

Klíčovým prvkem Průmyslu 4.0 je dle Sobrina a Velíška (2018) zaměření na individuální požadavky zákazníků v rámci celého životního cyklu výrobků a služeb.

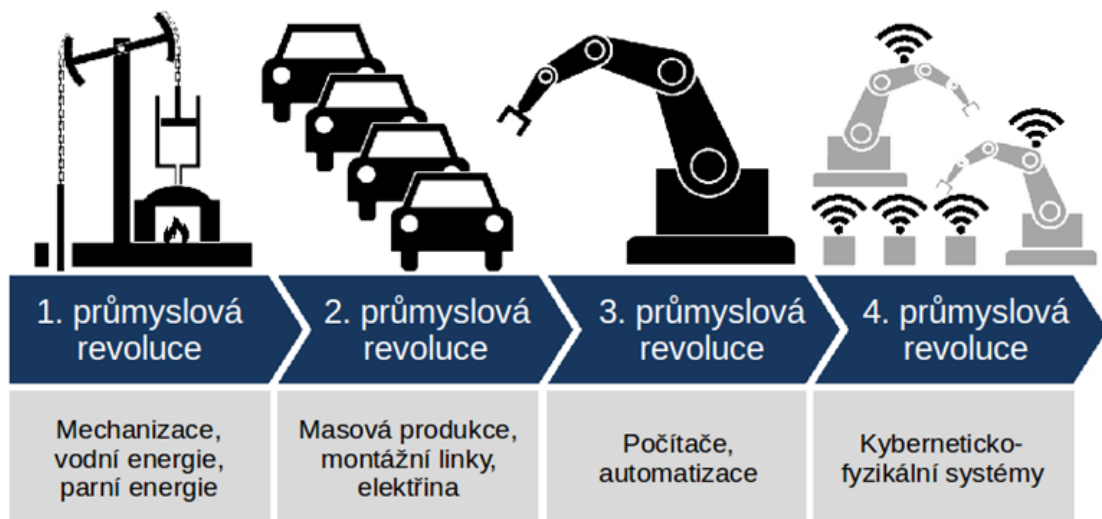
Jde o sjednocení a inteligentní využívání nových technologií, jako jsou například kyber-fyzikální systémy, pokročilé automatizační řízení a analýza velkého objemu dat, jež celkově slouží pro efektivnější implementaci služeb. (Sharma, 2017)

Stroje a výrobní zařízení by měly být navrženy tak, aby pracovníkům ve výrobním procesu poskytovaly efektivní rozhraní pro obsluhu, čímž by jim umožnili efektivnější plnění potřebných úkolů, či dokonce zcela substituovaly lidskou práci. (Skilton a Hovsepian, 2018)

*„Na lidech zůstane práce tvořivá, řídicí, mezioborová nebo řemeslná. Pomocí metod a nástrojů Průmyslu 4.0 by mělo dojít k úsporám času a peněz a zvýšení produktivity a flexibility organizací. S tím souvisí i zvyšování kvality života a snižování dopadu lidských činností na životní prostředí.“* (Nenadál, 2018)

## 7.1 Vývoj průmyslové revoluce

Z historického pohledu na vývoj technologií je známo, že mechanizace založená na parní a vodní energii je typická pro první průmyslovou revoluci. Pro druhou průmyslovou revoluci je typický růst masové a sériové výroby, která vznikla díky vývoji montážních linek poháněných elektrickou energií. Typickým představitelem druhé průmyslové revoluce je jistě Fordova pásová výroba na automobily. Třetí průmyslová revoluce přinesla integraci elektroniky a informačních technologií vedoucí k rozmachu automatizace. A poslední, čtvrtá průmyslová revoluce, směřuje k vytvoření chytré továrny, které se budou zaměřovat na efektivní využívání zdrojů, ergonomii a bezpečnost práce. (Tomek a Vávrová, 2017)



Obrázek 7 Čtyři průmyslové revoluce (Čížek, 2019)

Smyslem Průmyslu 4.0 je sjednocení mechanických a elektronických zařízení, digitalizace výrobních technologií a průmyslových systémů, ale také automatizace vazeb „stroj-člověk“ řešená přes „kyber-fyzikální systémy“ (Chromjaková, Tuček a Bobák, 2017).

Gilchrist (2016) ve své knize uvádí, že inteligentní nebudou pouze „kyber-fyzikální systémy“, jako jsou stroje, ale také výrobek, jenž bude sestavován napříč výrobním procesem. Miniaturizace RFID čipů umožňuje, aby výrobky byly inteligentní a věděly, co jsou zač, kde se nachází a kdy byly vyrobeny.

## 7.2 Základní znaky Průmyslu 4.0

### 7.2.1 Zaměření na zákazníka

Dle Davidsona a Carlsona (2021) si zákazníci mohou libovolně navrhovat výrobky dle svých představ. Zákazník a výrobce jsou si tak blíže. Autoři dále hovoří o tzv. „smart“ výrobcích, které se již běžně používají a dokážou odesílat údaje výrobci, díky kterým lze výrobky různě upravovat a modifikovat, aby byly více přívětivé i pro další zákazníky. Výrobce tak může nabídnout nové služby, jež jsou přizpůsobené na konkrétní požadavky.

### 7.2.2 Flexibilní produkce

Při výrobě nových výrobků se různé společnosti podílí na jednotlivých krocích vývoje. Skrze digitální propojenost jsou tyto kroky lépe zkoordinované a je snazší plánovat vytížení strojů. (Davidson a Carlson, 2021)

### 7.2.3 Konvertibilní továrna

U konvertibilních továren hovoříme o jakýchsi potencionálních výrobních linkách, které mohou být nejprve postaveny v modulech a následně snáze a rychleji sestaveny do požadovaného tvaru pro splnění určité funkce. Produktivita a celková efektivita tak vzroste a individualizované výrobky tak mohou být produkovány v menším množství za přijatelnější ceny. (Davidson a Carlson, 2021)

### 7.2.4 Využití dat

Davidson a Carlson (2021) tvrdí, že data o výrobním stavu a procesu lze kombinovat a analyzovat. Tato analýza dat poskytuje jakýsi návod, jak produkt vyrábět s vyšší efektivitou. Velmi důležitým přínosem dat je, že jsou základním kamenem pro zcela nové obchodní modely a služby. Autoři uvádí příklad, kde se jedná o výrobce výtahů, jenž mohou svým odběratelům nabídnout produktivní služby, což v tomto příkladě znamená výtahy vybavené senzory, které pravidelně odesílají data o jejich stavu. Tato výhoda umožňuje zjistit vadu či opotřebení výtahu a opravit ji dříve, než by došlo k poruše celého systému.



## 7.3 Pilíře Průmyslu 4.0

### 7.3.1 Internet věcí (IoT)

Internet věcí je vzájemné propojení fyzických zařízení, vozidel, budov a dalších předmětů vybavených elektronikou, softwarem, senzory, akčními členy a síťovým připojením, které těmto předmětům umožňují shromažďovat a vyměňovat si data. Internet věcí tedy popisuje síť zařízení připojených k internetu, která jsou schopna shromažďovat a vyměňovat si data pomocí zabudovaných senzorů. (Üstündağ a Çevikcan, 2018)

### 7.3.2 Cloud

Vzhledem k rozsáhlým datovým souborům v rámci Průmyslu 4.0 je sdílení dat nejen žádoucí, ale i nezbytné pro plné využití možností v rámci hodnotového řetězce. Jen málo výrobních závodů má však k dispozici taková úložiště a kapacitu pro ukládání a analýzu obrovského množství shromážděných dat. Poskytovatelé cloudových služeb naštěstí tuto kapacitu mají a mohou vytvářet privátní cloudy, které jsou vhodné pro ukládání a zpracování výrobních dat. (Üstündağ a Çevikcan, 2018)

Dle Kirana (2019) jsou cloudové služby využívány proto, že musí být zajištěn škálovatelný provoz mnoha zařízení v reálném čase. Autor předpovídá, že výkon cloudových technologií se v budoucnu ještě více zdokonalí a dosáhne se tak kratší doby odezvy, a to v rámci pouhých několika milisekund.

### 7.3.3 Big Data

Üstündağ a Çevikcan (2018) uvádí, že v dnešní době je výrobní odvětví zaplaveno stále větším množstvím dat z různých zdrojů a je potřeba všechna tato data shromažďovat a organizovat je uceleným způsobem. Podniky si nemohou dovolit ignorovat přicházející data, protože se mohou ukázat jako velmi užitečná, a to především pokud se jedná o optimalizaci kvality výroby a služeb, snížení spotřeby energie a zvýšení efektivity výrobního procesu. Autoři dále uvádí, že data lze shromažďovat z různých fází výrobního procesu.

### 7.3.4 Simulace

Pod simulací se rozumí metoda, jež umožňuje modelovat teoretický vývoj určitých situací za specifických podmínek a je široce využívána zejména v případech, kdy by bylo reálné testování příliš nákladné nebo by způsobovaly velké ztráty. Simulace se využívá převážně pro plánování a ověřování strategií před skutečným zavedením. (Jurová, 2016)

Díky všem velkým datům a výpočetnímu výkonu z cloudu umožňuje virtuální modelování produkčních scénářů rychlé testování a vyhodnocování. To znamená více inovací do budoucna, protože selhání je ve virtuálním světě velmi rychlé a v podstatě nestojí žádné peníze. (Kiran, 2019)

Üstündağ a Çevikcan (2018) uvádí, že pokud chtěli výrobci dříve otestovat, zda proces funguje efektivně a účinně, bylo nutné použít metodu tzv. pokusů a omylů. Průmysl 4.0 využívá virtualizaci k vytváření digitálních dvojčat, která se používají k simulačnímu modelování a testování a hrají tak významnější roli při optimalizaci výroby i kvality výrobků.

### 7.3.5 Kyber-bezpečnost

Průmyslové systémy jsou stále více vystavovány vůči různým hrozbám, a jsou tak více náchylné k poškození. Aby bylo možné tuto situaci řešit, je třeba zavést opatření kybernetické bezpečnosti, které rozezná nová zranitelná místa a hrozby, jež přináší integrace průmyslových řídicích procesů a systémů spojených s internetem. (Üstündağ a Çevikcan, 2018)

S takovým množstvím komunikačních kanálů a zařízení je hrozba kyber-útoků velmi vysoká. Proto je nutné zajistit spolehlivé bezpečnostní protokoly. (Kiran, 2019)

### 7.3.6 Autonomní roboty

Autonomie je pracovní systém, který umožňuje samočinnou aktivaci obsluhy při detekci neshod výrobků v procesu, kdy je nutné výrobní proces zastavit. (Sartor a Orzes, 2019)

Využití robotů ve výrobním procesu již není novinkou, nicméně i roboti podléhají zdokonalování a vývoji. Výrobci těchto robotů je navrhují tak, aby byli soběstační, autonomní a interaktivní, takže již nejsou pouhými nástroji, které využívají lidé, ale jsou již nedílnými pracovními jednotkami, které fungují po boku člověka. (Üstündağ a Çevikcan, 2018)

Cagaňová et al. (2020) ve své knize zmiňují tři pravidla, kterými se autonomní roboti řídí a jsou na ně naprogramováni. Tyto pravidla zní následovně:

- Robot nikdy nesmí zranit člověka nebo svou nečinností dopustit, aby se člověk zranil
- Robot musí poslouchat příkazy, které mu jsou zadány, s výjimkou případů, kdy by takové příkazy byly v rozporu s prvním pravidlem
- Robot musí chránit svou vlastní existenci, pokud ovšem tato ochrana není v rozporu s prvním či druhým pravidlem

### 7.3.7 Chytrá továrna

Srdcem Průmyslu 4.0 je v podstatě tzv. chytrá továrna a vše se točí kolem této centrální jednotky, jež tvoří obchodní model společnosti. Průmysl 4.0 v podstatě funguje, jako rozhraní pro vytvoření chytré továrny. (Gilchrist, 2016)

Díky vývoji nových digitálních technologií propojených s internetem věcí a pokrokům v umělé inteligenci a automatizaci přichází nová vlna výrobních inovací. Tyto továrny využívají průmyslová zařízení, která komunikují mezi pracovníky, stroji, automatizovanými procesy a mechanismy, což usnadňuje komunikaci mezi tímto „smart“ podnikem a trhem. Zároveň je také přizpůsobivá dynamickým změnám a maximalizuje efektivitu. (Sjödín et al., 2018)

Chytré továrny jsou jakousi kombinací technologií, které poskytují optimální metody a techniky ve výrobě. Navíc je nutné říct, že chytré továrny nejsou jen o inteligentních strojích a robotech, které komunikují pomocí sofistikovaného softwaru. Tyto stroje jsou velice vyvinuté, a nejen že spolu kolaborují, ale také mezi sebou komunikují prostřednictvím pokročilého softwaru, algoritmů a průmyslových procesů. (Gilchrist, 2016)

## 7.4 Výhody a hrozby Průmyslu 4.0

Dle Sobrina a Velíška (2018) je jako hlavní výhoda Průmyslu 4.0 brána především redukce nákladů, mezi které se řadí:

- Převážné náklady
- Náklady na kvalitu
- Náklady na logistiku
- Náklady na údržbu
- Výrobní náklady
- Náklady na energii

Mezi hlavní hrozby implementace Průmyslu 4.0 dle Kirana (2019) patří především:

- Financování této implementace
- Řízení potenciálních problémů, které mohou vzniknout
- Bezpečnost dat a ochrana soukromí
- Zachování integrity výrobního procesu
- Porušení zavedených struktur a procesů
- Integrace zdrojových dat
- Odpor k zavádění změn

Nenadál (2018) ve své knize také potvrzuje rizika implementace Průmyslu 4.0 z hlediska hackerských útoků či zneužití dat.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 8 PŘEDSTAVENÍ VYBRANÉ SPOLEČNOSTI

Diplomová práce byla zpracována ve firmě Austin Detonator s. r. o. (dále jen organizace) ve Vsetíně. Společnost pochází z USA a je dceřinou společností organizace Austin Powder, Cleveland, Ohio. Kořeny Austinu sahají do roku 1833, kdy se ve vsetínské Zbrojovce vyráběla munice. V roce 1953 se poté společnost zaměřila na výrobu důlních rozbušek. Organizace poté vznikl odkoupením výroby rozbušek bývalé Zbrojovky Vsetín a zahájil svou činnost 1. ledna 1999. (Kdo jsme?, © 2024)

Organizace je tradičním výrobcem iniciačních systémů pro průmyslové trhací práce a disponuje významnou technologickou a výzkumně-vývojovou základnou pro jejich výrobu a další rozvoj. (Kdo jsme?, © 2024)

Organizace má nyní již přes 1 000 zaměstnanců a patří mezi významné exportéry ve svém regionu. Téměř 98 % své produkce vyváží do desítek zemí světa. V současnosti je tato společnost největším výrobcem důlních rozbušek v Evropě a patří mezi nejvýznamnější světové producenty v oboru. Heslem společnosti je „Safety first“, neboli „Bezpečnost na prvním místě“. (Kdo jsme?, © 2024)



# AUSTIN POWDER

Obrázek 8 Logo společnosti (Kdo jsme?, © 2024)

## 8.1 Organizační struktura podniku

Vertikální dělba činností je ve společnosti stanovena takto:



*Obrázek 9 Organizační struktura Austin Detonator s. r. o.  
(interní dokumenty společnosti)*

Dělba pravomocí je vymezena OŘ Skupiny společnosti Austin Detonator, tímto OŘ, Podpisovým řádem, procesními směrnicemi, organizačními pokyny, popisy pracovních míst, popřípadě jinými akty řízení ředitele SPOL. SPOL je tvořena odbornými úseky, které jsou řízeny odbornými řediteli, kteří jsou v přímé podřízenosti ředitele SPOL. (interní dokumenty společnosti).

Organizační schéma společnosti je uvedeno v příloze P II.

## 8.2 Výpis z Obchodního rejstříku

Organizace provozuje hned několik druhů živnostenských činností, ale pro účely této práce je níže v tabulce 1 popsáno pouze první živnostenské oprávnění, které firma provozuje.

*Tabulka 1 Výpis z OR  
(vlastní zpracování dle Austin Detonator s.r.o.: Obchodní rejstřík, © 2000 – 2024)*

<b>Obchodní firma:</b>	Austin Detonator s. r. o.
<b>Datum vzniku a zápisu:</b>	25. srpen 1998
<b>Adresa sídla:</b>	Jasenice 712, 755 01, Vsetín
<b>IČ:</b>	25689916
<b>Právní norma:</b>	Společnost s ručením omezeným
<b>DIČ:</b>	CZ699000852
<b>Základní kapitál:</b>	100 000 000 Kč
<b>Předmět podnikání:</b>	Výzkum, vývoj, výroba, ničení, nákup, prodej a skladování výbušnin, jejich zpracování a zneškodňování
<b>Druh živnosti:</b>	Koncesovaná



### 8.3 Produktové portfolio vybrané společnosti

Jak je patrné z předešlé tabulky a popisu společnosti samotné, organizace se zabývá především produkcí důlních rozbušek, které jsou využívány pro specifické účely, jako je:

- Stavebnictví
- Těžba v povrchových dolech a lomech
- Těžba ropy a zemního plynu
- Podzemní dobývání
- Seismický průzkum

Organizace vyvíjí a vyrábí různé typy rozbušek. Pro všechny výše uvedené způsoby využití rozbušek se aplikují elektrické a elektronické rozbušky. V některých případech je možno použít i rozbušky neelektrické, vyjma případů, kde dochází k výskytu prachu a hořlavých plynů (těžba ropy a zemního plynu, seismický průzkum), jelikož zde není neelektrická rozbuška vhodná. (interní dokumenty společnosti)

#### 8.3.1 Elektrické rozbušky

Prvním typem rozbušky je elektrická rozbuška, jež patří mezi jedny z nejrozšířenějších. Základ této rozbušky tvoří odporový drát neboli můstek, jenž je po průchodu proudem zodpovědný za vyvolání detonace složky uvnitř rozbušky. Inicie takové rozbušky probíhá pomocí roznětnice, tzn. baterií či výbojem z kondenzátoru. Tato kompletně sestavená rozbuška se skládá z těchto částí:

- Přívodní vodiče
- Těsnění
- Elektrická pilule
- Dutinka s trhavinou
- Zpožd'ovací váleček s laborovanou složí

Tyto elektrické rozbušky vyrábí organizace v několika provedeních. V případě podzemního dobývání se využívá například rozbuška typu Coal\*Star 30. Pro trhací práce v kamenolomech a oblasti důlního a stavebního průmyslu se může jednat o rozbušku typu Rock\*Star 25/50. V případě seismického průzkumu se používá speciálně navržená rozbuška Seismic\*Star II a například rozbušky Oil\*Star jsou využívány v oblasti ropného a plynárenského průmyslu.

### 8.3.2 Elektronické rozbušky

Tento typ rozbušky je jedním z nejvíce pokrokových produktů společnosti organizace. Jedná se o typ rozbušky s elektronickým časováním, která obsahuje tzv. EIM (spoj obsahující mikročip a kondenzátor). Elektronická rozbuška se vyznačuje maximální precizností při detonaci a je poměrně odolným typem vůči cizím energiím (k elektrostatické energii atd.). Tento typ se sestává z těchto komponent:

- Přívodní vodiče
- Těsnění
- EIM – elektronický iniciační modul
- Elektrická pilule
- Pojistka s laborovanou složí
- Dutinka s trhavinou

Podle účelu použití má tato rozbuška odlišné složení, avšak v každém z pěti výše zmíněných případů využití se aplikuje elektronická rozbuška s označením E\*STAR. Tento typ rozbušky se sestavuje na ruční lince, která je předmětem zkoumání této práce.

### 8.3.3 Neelektrické rozbušky

Neelektrické rozbušky se vyznačují především svou odolností vůči cizím elektrickým energiím. Jelikož tento typ neobsahuje žádné elektrické vodiče, iniciace probíhá rázem tzv. „výšlehem“ skrze detonační trubičku. Sestava této rozbušky je dosti podobná dvěma přechozím čili:

- Těsnění
- Detonační trubička
- Vložka s pyrotechnickou složí
- Zpozd'ovací váleček s laborovanou složí
- Dutinka s trhavinou

Neelektrické rozbušky Shock\*Star jsou navrženy tak, aby poskytovaly precizní kontrolu a přesnost pro trhací práce v lomech, povrchových či podzemních kovových a nekovových dolech a na staveništích, kde nehrozí nebezpečí vznícení směsi vzduchu a metanu či vzduchu a uhelného prachu.

## 9 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

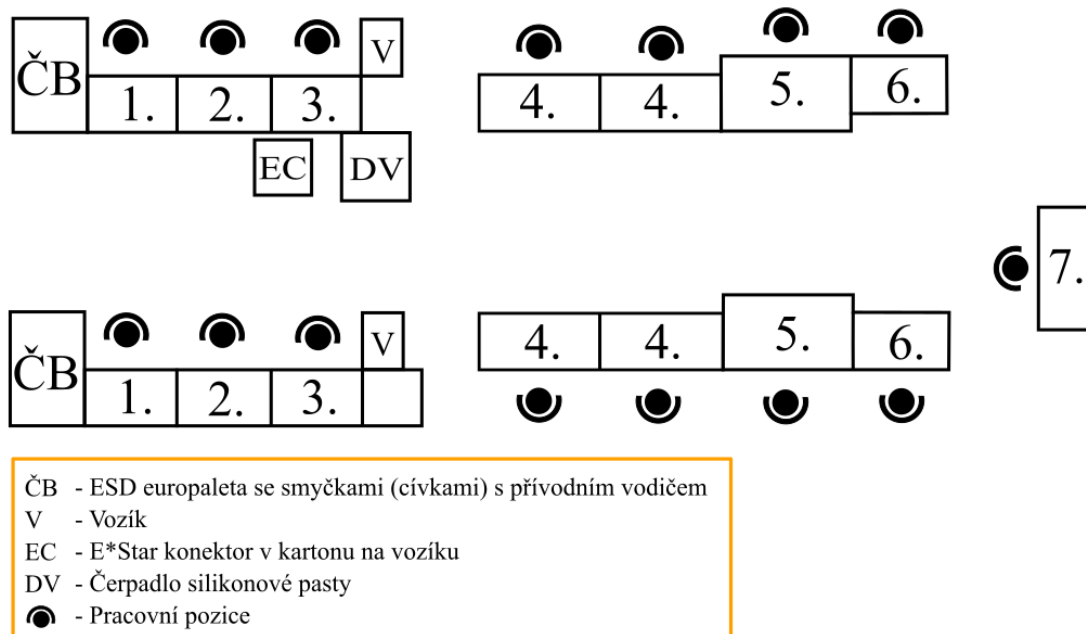
V analytické části jsou popsány vybrané výrobní linky, které jsou předmětem zkoumání této práce. Na těchto linkách se provádí ruční sestava rozbušek. Následně je také zohledněna automatizovaná linka Elektra, která je s ručními linkami porovnána. Všechny tyto linky jsou v podkapitolách více popsány a také zohledněny v layoutu výrobní haly. Dále analytická část obsahuje popis výrobků ve výrobním procesu, popis samotného stavu ručních linky před zahájením projektu racionalizace, popis jednotlivých činností pracovníků a jejich časové studie, které jsou následně porovnány. V následující části kapitoly je uvedena norma spotřeby práce, snímky pracovního dne pro všechny linky ve výrobní hale, porovnání dostupnosti všech linek a také jejich celková produkce a parciální produktivita za směnu. V závěru kapitoly jsou zohledněny nedostatky z provedené analýzy.

### 9.1 Popis vybrané výrobní linky

Výrobní linky, jež jsou zohledněny na obrázku 11, slouží pro ruční sestavu elektronických rozbušek E\*STAR, jak bylo zmíněno v úvodu analytické části. Aby došlo ke kompletní a kvalitní sestavě rozbušek, je na každé z těchto dvou linek nutná obsluha 7 operátorek. Poté se zde nachází 1 pracovnice na skládání kartónových krabic. Poněvadž jsou výrobky typu E\*STAR nejvíce technologicky pokrokové produkty společnosti Austin a zároveň velice žádaným produktem, firma očekává tyto tzv. high-runners jako velký přínos budoucích tržeb. Tudíž je nutné, aby linka fungovala precizně, bez větších technických problémů a prostojů. Popis operací při ruční sestavě elektronických rozbušek je následující:

1. Krimpování EIM a nastříknutého těsnění
2. Škracení laborované rozbušky
3. Lisování vodičů do konektoru a nanesení silikonové pasty
4. Testování funkčnosti rozbušek
5. Aplikace RFID praporku
6. Balení výrobků do krabice
7. Skládání krabic a skládaček

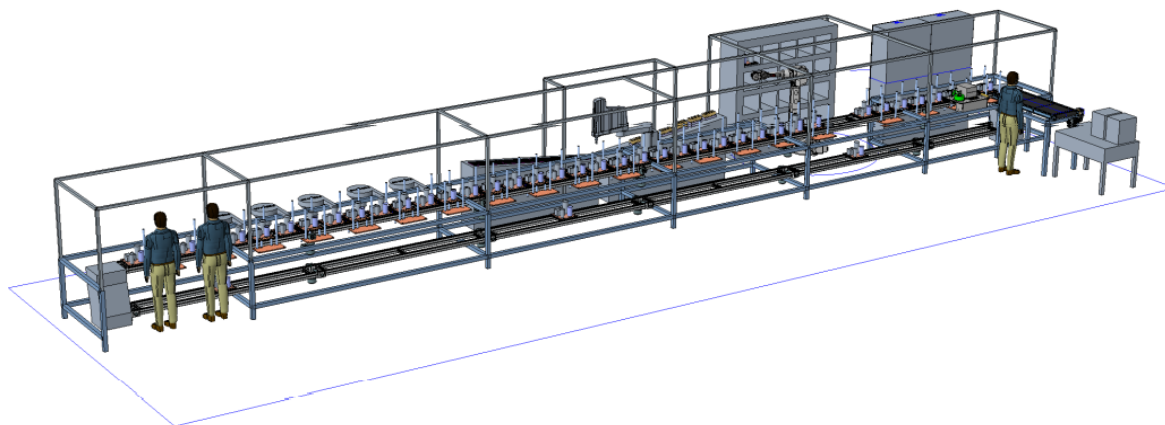
Na obrázku 10 lze vidět layout obou ručních linek, které byly podrobeny analýze. Ovšem je nutno dodat, že požadavkem společnosti je do budoucna zachovat původní stav jedné z těchto ručních linek, která bude sloužit pro drobné či testující zakázky.



Obrázek 10 Layout výrobní linky  
 (vlastní zpracování dle interních dokumentů společnosti)

## 9.2 Popis automatizované linky Elektra

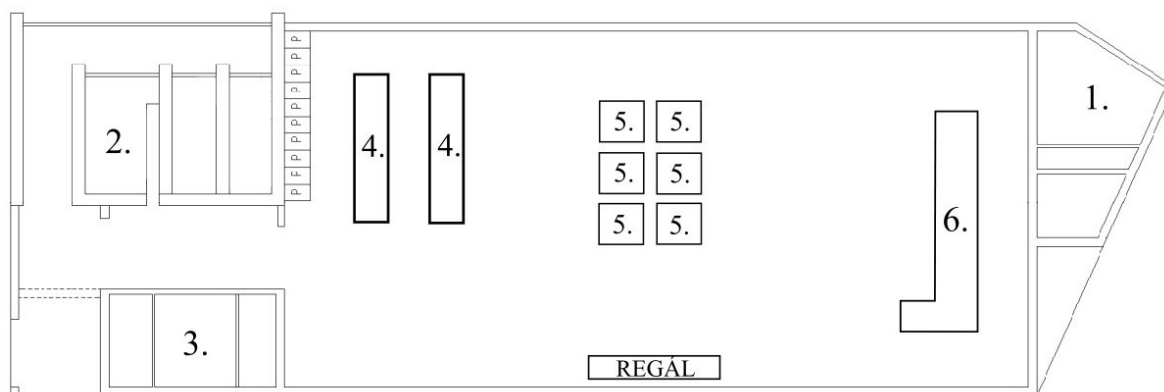
Automatizovanou linku Elektra zohledňuje obrázek 11. Toto zařízení slouží rovněž pro sestavu elektronických rozbušek E\*STAR. Zásadním rozdílem mezi ručními linkami a Elektrou je kompletní automatizace, vyjma operací na vstupu a výstupu, kde je zapojen lidský faktor. U této linky je zapotřebí pouze 4 pracovníků obsluhy a 1 pracovníce na skládání kartónových krabic, jelikož kompletní sestavu výrobku má na starosti samotné zařízení.



Obrázek 11 Výrobní linka Elektra (interní dokumenty společnosti)

### 9.3 Layout výrobní haly

Na obrázku 12 níže je zobrazen layout výrobní haly, kde je možné vidět rozložení jednotlivých výrobních zařízení. Nachází se zde tedy ruční linky elektronických rozbušek (č. 4), jež jsou předmětem zkoumání této práce. Druhým zařízením je již zmiňovaná linka Elektra (č. 6). Všechny linky jsou pro přehlednost na tomto obrázku zjednodušeně zohledněny. Logistika a obsluha linek na objektu vyžaduje umístění dalších objektů, kterými jsou především palety s materiálem potřebným pro výrobu (č. 5) či regál s potřebným materiálem pro balení hotových produktů do krabic. Jednotlivé místnosti slouží pro pracovníky obsluhy linek (č. 3), seřizovače (č. 1) a sklad hotových výrobků (č. 2). Místnosti, které jsou v tomto objektu umístěny.

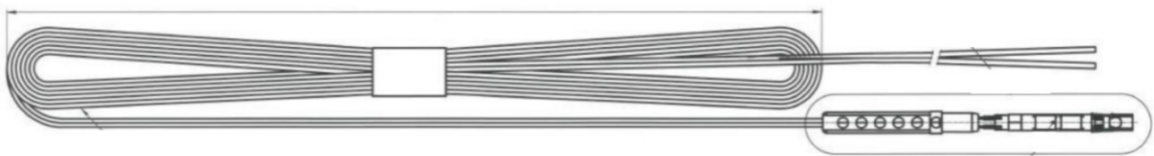


Obrázek 12 Layout výrobní haly  
(vlastní zpracování dle interních dokumentů společnosti)

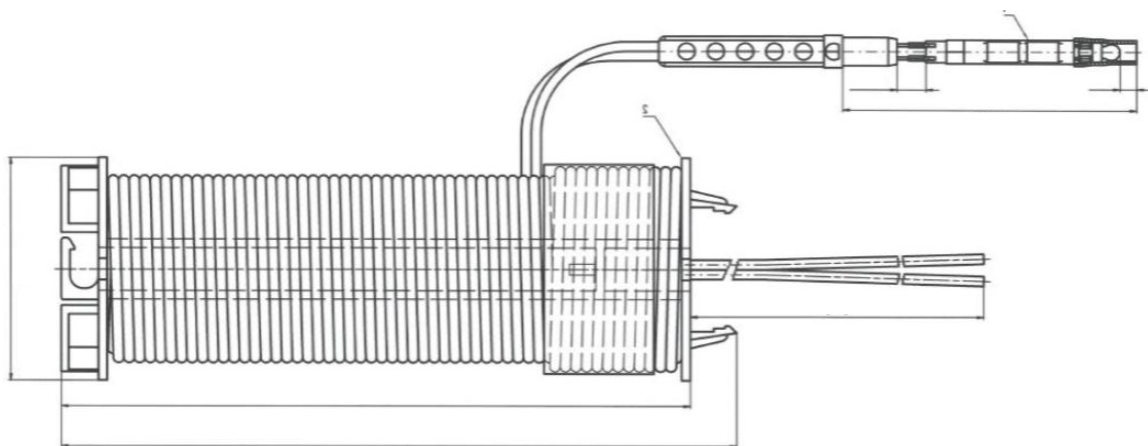
- |                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1. Místnost seřizovačů       | 4. Ruční linka E*STAR           |
| 2. Sklad hotových výrobků    | 5. Paleta s výrobním materiálem |
| 3. Denní zóna pro pracovníky | 6. Výrobní linka Elektra        |

## 9.4 Popis výrobku vyráběného na lince

Výrobní linka, na kterou se tato práce zaměřuje, se zabývá sestavou či montáží již zmíněné rozbušky E\*STAR. Tato rozbuška se dělí na dva typy dle provedení vodičů. Prvním z těchto typů je tzv. smyčka (viz. obrázek 13) a tím druhým tzv. cívka (viz. obrázek 14). Toto provedení nemá svým způsobem žádný vliv na průběh výrobního procesu, ani nepřináší výhody při jejich použití. Jedná se především o vyhovění zákazníkům, jaký typ provedení vodičů u rozbušek preferují.



Obrázek 13 E\*STAR smyčka (upraveno dle interních dokumentů společnosti)



Obrázek 14 E\*STAR cívka (upraveno dle interních dokumentů společnosti)

V rámci prováděné analýzy, byl výrobní program nastaven na sestavu rozbušek typu E\*STAR smyčka.

## 9.5 Popis jednotlivých pracovních činností ruční linky a jejich časové studie

Kapitola se věnuje jednotlivým pracovním úkonům, jež provádí pracovnice obsluhy na ruční sestavě elektronických rozbušek. Součástí podkapitoly jsou dvě časové studie, které byly využity pro časovou analýzu vybraných činností. Jedna z analýz, jež byla u každé operace realizována, je chronometráž v počtu provedení dvacetkrát/operace. Z těchto dvaceti náměrů, očištěných od extrémních hodnot, byl následně proveden průměr, který určuje dobu trvání jednotlivých pracovních úkonů.

Druhou využitou metodou, která se řadí mezi nepřímé měření práce, je Basic MOST. Tento systém byl zvolen za účelem stanovení časové náročnosti jednotlivých operací. Obě zmíněné metody jsou následně porovnány.

Při práci musí veškerý personál používat ochranné brýle, ochranný oděv, elektrostaticky vodivou obuv a uzemňovací náramek na holou část končetiny připojený k pracovnímu stolu. Na všechny operace dohlíží seřizovač, který je zodpovědný za kvalitu výrobků, kontrolu strojů, nástrojů, jejich seřízení a také případné odstranění nedostatků v procesu.

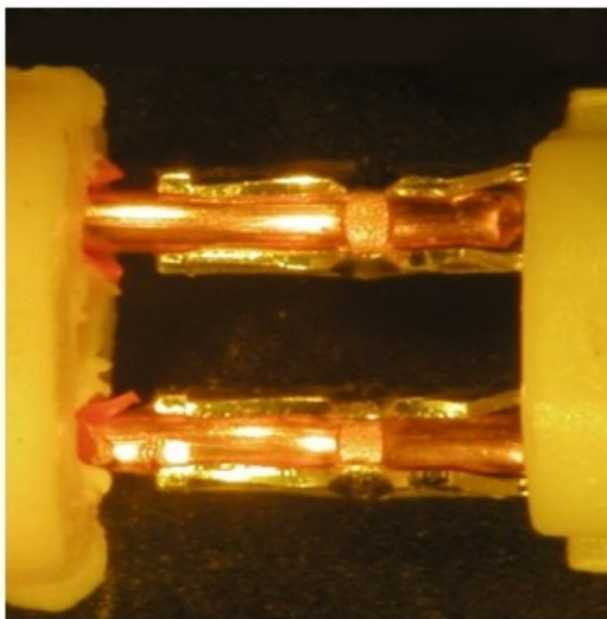
### 9.5.1 Krimpování EIM a nastříknutého těsnění

Technika krimpování je určena ke spojování elektrických vodičů k elektronickému iniciačnímu modulu (EIM), kdy se čip společně s vodičem ustaví do nástroje tomu určenému, přičemž je vodič zasazen do žlábků vývodu čipu. Následně proběhne deformace tlakem a dojde tak k tváření za studena.

Sled činností u této operace je následující:

- Pracovnice obsluhy levou rukou odebere jednu smyčku a odizolované konce vodiče vloží pod nástroj a do žlábků vývodu EIM
- Obezřetně sešlápně nožní pedál, pomocí kterého dojde ke krimpování
- Po dobu krimpování pracovnice přidržuje EIM i nastříknuté těsnění tak, aby nedošlo k vysunutí vodičů ze žlábků vývodu EIM
- Proveďte vizuální kontrolu a shodný kus předává na následující operaci

Na obrázku 15 níže je možné vidět, jak vypadá správné krimpování vodičů a elektronického iniciačního modulu. Pokud dojde k pochybnostem o správnosti krimpování, tak pracovnice předá kus seřizovači, či výrobní kontrole k následné diagnostice zda je kus v pořádku či nikoliv. Časová ztráta se u této operace může projevit především ve špatném provedení operace.



Obrázek 15 Detail krimpování vodičů a EIM  
(vlastní zpracování)

V tabulce 2 níže lze vidět dvacet přímých náměrů, z kterých byl následně stanoven průměr. Použitím metody Basic MOST bylo zjištěno, že na tuto operaci pracovnice obsluhy potřebuje 12,59 sekund/kus (viz. Příloha I Krimpování EIM a nastříknutého těsnění). Za pomoci chronometráže se dospělo k faktu, že na základě přímých náměrů je čas výkonu operace nižší, než metoda MOST. U přímého náměrů všech činností této operace, byla tedy spotřeba času v průměru 13,22 sekund/kus. Operace se může prodloužit z hlediska pečlivější manipulace pracovnice.

Tabulka 2 Chronometráž krimpování EIM a nastříknutého těsnění  
(vlastní zpracování)

Chronometráž (s)									
12,92	13,13	13,15	13,24	12,81	13,77	13,24	13,67	12,71	13,28
13,41	12,92	12,87	13,25	12,68	13,26	13,48	13,36	13,89	13,37
Průměrný čas				Dávka (ks)		Čas na jeden kus			
13,22				1		13,22			



### 9.5.2 Škrčení laborované rozbušky

Operace na pracovišti je popsána pro obsluhu následujícím způsobem:

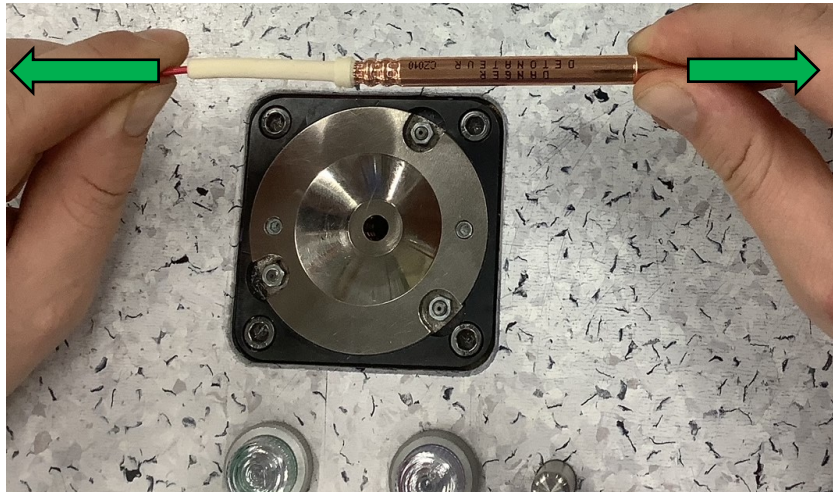
- Uchopí laborovanou rozbušku z ochranného bloku a provede vizuální kontrolu potisku rozbušky
- Laborovanou rozbušku uloží do otvoru pneumatické škrťičky
- Palník (smyčku) spolu s krimpovaným EIM zasune do laborované rozbušky na doraz, jak zohledňuje obrázek 16 (správnou polohu rozbušky po dotlačení palníkem signalizuje zelená dioda)
- Palcem pravé ruky pracovnice obsluhy spustí cyklus zaškrčení, viz. obrázek 16 (signalizuje červená dioda)



*Obrázek 16 Proces škrčení  
(vlastní zpracování)*

- Po spuštění cyklu pracovnice uvolní trysku spouště a cyklus je dokončen v automatickém režimu (2 sekundy)
- Po otevření škrťící hlavy, pracovnice vyjme rozbušku a vizuálně kontroluje vzhled škrčení (lemování)
- Pracovnice provede zkoušku tahem – do jedné ruky uchopí rozbušku (dutinku), do druhé nastříknuté těsnění a tahem od sebe provede zkoušku, zda škrčení proběhlo v pořádku (viz. obrázek 17)
- Po vyhovující kontrole předá rozbušku na další operaci.

Pokud dojde k nevyhovující kontrole, obsluha tuto rozbušku ponechá na svém pracovišti a bez prodlení upozorní seřizovače, který tuto rozbušku odnese a uloží do bedny pro neshodné výrobky k tomu určené.



Obrázek 17 Zkouška tahem (vlastní zpracování)

Průměrný čas, jenž byl stanoven z dvaceti provedených náměrů, činí 17,44 sekund/kus na provedení operace škrcení, jak lze vidět v tabulce 3. Dle metody MOST byl čas stanoven na 17,63 sekund/kus (viz. Příloha I Škrcení laborované rozbušky). Z toho vyplývá, že pracovnice provádí úkon v průměru o 0,19 sekundy rychleji, než stanovuje metoda předem stanovených časů. Časová prodleva se u této operace může projevit například pečlivější vizuální kontrolou, tahovou zkouškou atd.

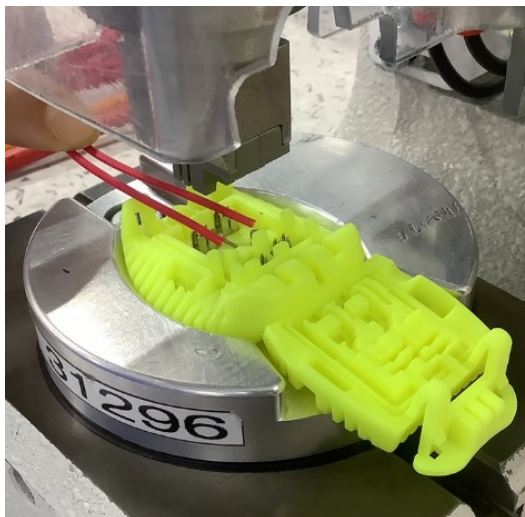
Tabulka 3 Chronometráž škrcení laborované rozbušky (vlastní zpracování)

Chronometráž (s)									
17,91	17,34	17,14	18,03	17,42	17,39	17,74	17,33	17,21	17,06
17,54	17,32	17,18	17,46	17,25	17,95	17,47	17,23	17,74	17,11
Průměrný čas				Dávka (ks)		Čas na jeden kus			
17,44				1		17,44			

### 9.5.3 Lisování vodičů do konektoru a nanesení silikonové pasty

Při tomto úkonu postupuje pracovnice obsluhy na pracovišti takto:

- Odebere jeden konektor a vloží do předurčené desky v přípravku
- Ze stolu odebere jednu sestavenou (zaškrcenou) rozbušku a konce vodičů nasadí do drážek kovových kontaktů, jak znázorňuje obrázek 18



*Obrázek 18 Ustavení konektoru a vodičů  
(vlastní zpracování)*

- Pro přesné ustavení vodiče, uchopí madlo krytu a pohybem směrem dolů sjede bezpečnostní kryt lisovníku
- Lisovník se poté spustí a zatlačí vodiče do jednotlivých kontaktů na dně konektoru, tím dojde k prořezání izolace vodičů a potřebnému spojení jádra vodičů s kontakty (viz. obrázek 19)



*Obrázek 19 Zalisování vodičů do konektoru  
(vlastní zpracování)*

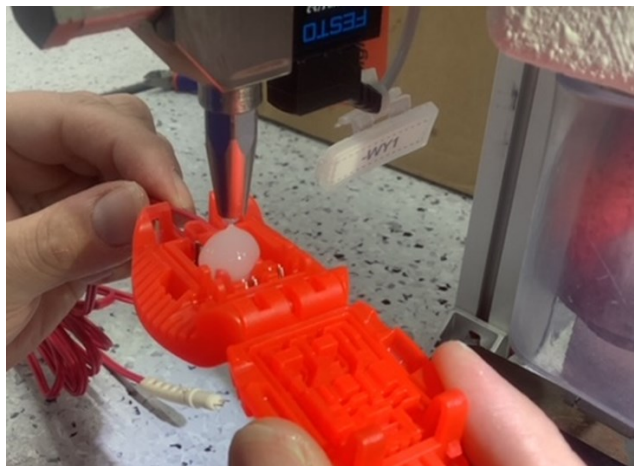
- Poté pracovníce zvedne madlo nahoru, tím dojde ke zvednutí krytu i beranu lisu
- Vyjme konektor z desky přípravku a vizuálně zkontroluje zatlačení vodičů do kontaktů (konektor neuzavírá)

Pokud je vizuální kontrola nevyhovující, pracovníce uchopí nůžky na pracovním stole a ustříhne přívodní vodič. Konektor se zbylým vodičem odebere z vyfrézované desky přípravku a uloží jej na pracovní stůl. Při nejbližší přestávce odebere takové konektory z pracovního stolu a uloží je do označené bedny pro neshodné kusy.

Jestliže se o vadný kus nejedná, pokračuje pracovníce následovně:

- Umístí konektor s nalisovanými vodiči pod vstřikovací ventil silikonové pasty
- Sešlápne pedál a tím dojde k nanesení vazelíny do konektoru
- Po nanesení této pasty odloží konektor na stůl a uzavře víčko konektoru zatlačením prstů
- Po uzavření rozbušku ukládá do kartonu na transportní vozík, který má na dosah

Správné nanesení vazelíny do konektorů s nalisovanými vodiči zohledňuje obrázek 20 níže.



*Obrázek 20 Nanesení vazelíny do konektoru  
(vlastní zpracování)*

U operace lisování vodičů do konektoru byl metodou MOST stanoven čas na 25,90 sekund/kus. (viz. Příloha I Lisování vodičů do konektoru a nanesení silikonové pasty). Z tabulky 4 je patrné že provedena chronometráž činí v průměru 25,72 sekund/kus, z čehož vyplývá že pracovnice je v průměru o 0,18 sekund rychlejší než stanovuje metoda. Zde se může časová ztráta projevit například špatně provedeným úkonem, tedy chybně zalisovanými vodiči v konektoru.

*Tabulka 4 Chronometráž lisování vodičů do konektoru a nanesení pasty  
(vlastní zpracování)*

Chronometráž (s)									
26,05	26,28	25,30	25,88	25,16	25,11	26,32	25,25	25,20	25,19
25,94	25,41	26,02	25,84	26,54	25,55	26,07	25,72	25,32	26,21
Průměrný čas				Dávka (ks)		Čas na jeden kus			
25,72				1		25,72			

#### 9.5.4 Testování funkčnosti rozbušek

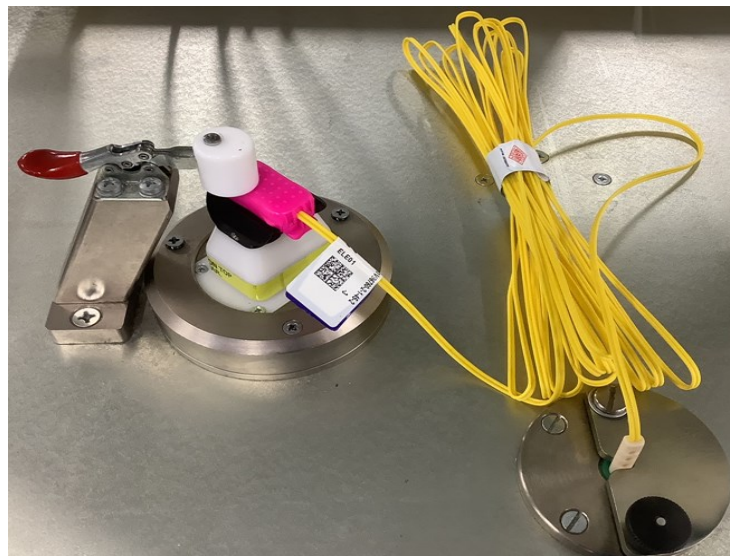
Testování rozbušek probíhá ve speciálním zařízení, které společnost nazývá jako E\*STAR Tester. Jedno takové pracoviště umožňuje testovat čtyři rozbušky najednou. Na jedné ruční lince se nachází dva E\*STAR Testery. Než se k pracovnici na začátku směnu dostane první rozbuška pro testování, nastaví E\*STAR tester dle technologického postupu společnosti.

Správně proškolený personál poté (pracovnice obsluhy) provádí následující činnosti:

- Odebere rozbušku z kartonu a provede vizuální kontrolu lemování (zaškrcení) rozbušky
- Rozbušku položí k testovací pozici u zařízení
- Otočením otevře víko krytu testovací pozice, rozbušku zde zasune a kryt uzavře
- Poté konektor umístí na výstupky testovacího přípravku, jenž je k tomu určený, zatlačí na dno konektoru a zajistí jej fixační upínkou – dojde k vysunutí kontaktních hrotů, které projedou dírkami v těle konektoru a zajistí propojení s kontakty uvnitř těla konektoru
- Stiskne tlačítko „start“, čímž spustí automatický test funkce rozbušek

Po spuštění prvního testování, pokračuje pracovnice stejným způsobem pro založení a spuštění testovacího cyklu rozbušek do dalších tří pozic. Pracovnice tedy nečeká, až dojde k ukončení testu první rozbušky. Jakmile probíhá testování čtyř takových rozbušek, pracovnice nachystá další čtyři rozbušky k testovacím pozicím, pokud je buffer před pracovištěm dostatečně naplněn.

Správné upnutí výrobku na testovacím zařízení je možno vidět na obrázku 21.



*Obrázek 21 Testování rozbušek na E\*Star Testeru  
(vlastní zpracování)*

Po shodném testu všech čtyř rozbušek, pracovnice:

- Odebere traceabilitní praporek z tiskárny a olepí jej na přívodní vodič, jak lze vidět na obrázku 21 výše
- Zkontroluje na monitoru, zda došlo k přepsání hodnoty zpoždění detonace rozbušky na požadovanou hodnotu
- Odjistí fixační upínku, sejme konektor z testovacího přípravku a rozbušku odloží na stůl
- Shodné rozbušky přenesse a položí na následující pracoviště

Pokud bude mít pracovnice pochybnosti, zda zkontrolovala rozbušku, provede kontrolu dané rozbušky znovu. Jestliže bude po ukončení testování chybět jakákoliv otestovaná pozice, musí se ukončit program a restartovat počítač u tohoto zařízení. Poté se musí rozbuška po restartu počítače opakovaně zkontrolovat.

Na výrobní lince se nachází dva E\*Star Testery, jak bylo zmíněno v úvodním popisu operace. U každé stanice je přítomna jedna pracovnice obsluhy. Test jedné rozbušky trvá v rozmezí 90 – 110 sekund, kdy se převážně pohybuje doba testu blíže 90 sekundám. Pracovnice po naplnění čtyř-pozicového boxu a spuštění posledního testu čeká přibližně 40 sekund, dokud nedojde k vyhodnocení prvního testovaného kusu. Čekání způsobuje časovou prodlevu, a tudíž i navyšuje nevyužitý disponibilní čas pracovnice. Tato prodleva je ovšem nevyhnutelná, jelikož se všechny rozbušky musí před expedicí řádně odzkoušet. Přímý náměr i metoda MOST byly provedeny včetně 40sekundového čekání. V tabulce 5, jež zohledňuje výslednou chronometráž, lze vidět, že průměrný čas operace na jednom pracovišti je 114,05 sekund čili 28,51 sekund/kus. Využitím metody MOST byla doba potřebná pro provedení úkonů stanovena na 114,40 sekund, respektive 28,60 sekund/kus (viz. Příloha I Testování funkčnosti rozbušek). Jelikož jsou předchozí pracoviště schopny dostat se pod tento operační čas, stalo se toto pracoviště úzkým místem v procesu. V rámci analýzy nedocházelo k tomu, že by byla krabice s neotestovanými rozbuškami (buffer) před touto operací prázdná, jelikož je předchozí pracoviště rychlejší. Z teoretického hlediska je toto správně. Z toho důvodu je důležité zaměřit se na pracoviště, jež následuje bezprostředně po otestování rozbušek. Následující operace by tedy měla být maximálně vytížená či mít alespoň stejný takt jako pracoviště pro testování funkčnosti rozbušek. Další časové prodlevy této operace mohou spočívat například v nutnosti restartu testovacího softwaru, chybně otestovanými kusy, nesprávným upnutím konektoru atd.

*Tabulka 5 Chronometráž testování funkčnosti rozbušek (vlastní zpracování)*

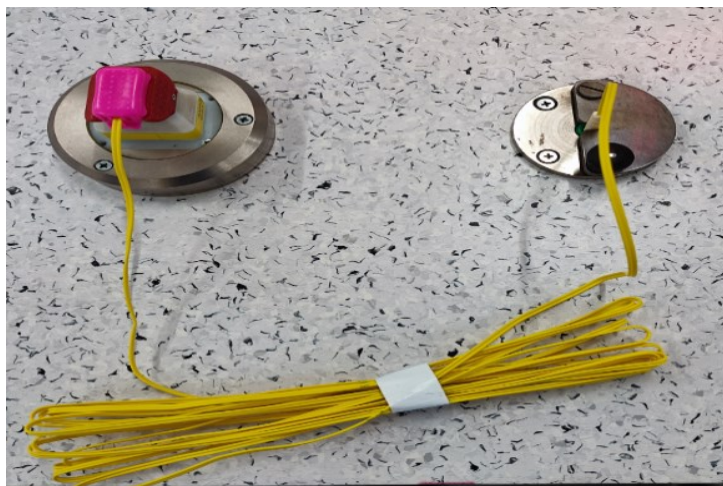
Chronometráž (s)									
113,56	114,11	113,65	113,79	114,21	114,11	113,51	114,19	114,98	113,83
114,45	113,69	114,13	113,97	114,53	113,61	113,78	114,21	114,02	114,66
Průměrný čas				Dávka (ks)		Čas na jeden kus			
114,05				4		28,51			

### 9.5.5 Aplikace RFID praporku

Na pracovišti dochází k naprogramování traceabilitního praporku čili praporku RFID. Ten slouží především pro identifikaci výrobků a bezkontaktní komunikaci na krátkou vzdálenost (dohledatelnost). Pracovnice obsluhy na začátku směny zapne potřebné zařízení, přihlásí se do aplikace. Pomocí kódu jednoho kusu technické nálepky vnitřního obalu načte data a potvrdí výběr šablony, tím načte seznam všech etiket pro daný vnitřní obal.

Poté v rámci výrobního procesu provádí na pracovišti tyto úkony:

- Otočením otevře víko krytu pro rozbušku
- Uchopí rozbušku a zasune ji do otvoru, kryt následně uzavře
- Připojí konektor rozbušky k E\*Star adaptéru a stiskne tlačítko „start“, tím dojde k vytištění praporku RFID (viz. obrázek 22)



Obrázek 22 Upnutí rozbušky při aplikaci RFID praporku  
(vlastní zpracování)

- Odebere RFID praporek a přiloží jej ke čtečce zařízení (viz. obrázek 23)

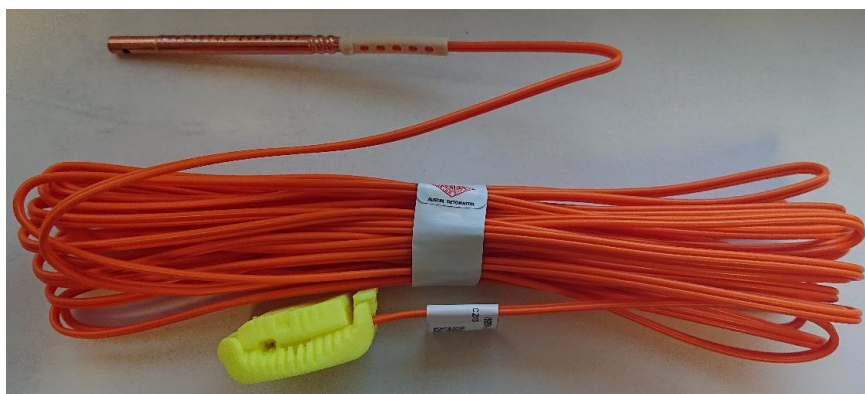


Obrázek 23 Načtení čipu RFID praporku  
(vlastní zpracování)



- Otočí vyhovující RFID praporek spodní stranou vzhůru a vizuálně zkontroluje počet čipů na praporku
- RFID praporek nalepí na přívodní vodič
- Odpojí konektor z adaptérů E\*STAR, uvolní víko krytu proti směru hodinových ručiček a rozbušku vyjme z měřicího boxíku
- Shodné kusy předá na další pracoviště

Pracovnice takto pokračuje v rozpracované výrobě a dokončí rozpracovaný obal. Hotový kus před zabalením lze vidět na obrázku 24 níže.



Obrázek 24 Hotový výrobek E\*STAR smyčka (vlastní zpracování)

Tabulka 6 níže ukazuje, že průměrný naměřený čas je 16,62 sekund/kus. Metodou MOST byla stanovena potřebná doba spotřeby času této operace na 17,27 sekund/kus (viz. Příloha I Aplikace RFID praporku). Z tabulky 6 je tedy patrné, že naměřený čas byl v průměru o 0,65 sekund/kus rychlejší než stanovuje metoda MOST. Z toho vyplývá, že je takt tohoto pracoviště lepší než na pracovišti předchozím. Na pracoviště jsou dodávány 4 kusy, které pracovnice stihne včas olepit, než obdrží další. Pokud by i zde docházelo k časové prodlevě, jednalo by se především o poškozený RFID praporek či nesprávnou polohu čipu na praporku, kdy je nutné provést tisk opakovaně.

Tabulka 6 Chronometráž aplikace RFID praporku (vlastní zpracování)

Chronometráž (s)									
16,50	16,36	16,44	16,98	16,21	16,49	16,23	16,86	16,31	16,21
16,52	17,17	16,94	16,22	17,15	17,06	16,46	16,92	17,12	16,17
Průměrný čas				Dávka (ks)		Čas na jeden kus			
16,62				1		16,62			

### 9.5.6 Balení výrobků do krabic

Před zabalením musí pracovnice na tomto stanovišti provádět 100 % kontrolu, která probíhá následovně:

- Pracovnice ze stolu uchopí hotovou rozbušku a vizuálně kontroluje lemování rozbušky, dutinky těla rozbušek (musí být hladce tažené), značení dna dutinek či potisk dutinek
- Poté shodný kus ohne o 180° směrem ke smyčce

Po shodné kontrole pracovnice obsluhy:

- Uchopí skládačku (vnitřní lepenkový obal) a na dno vloží jeden kus ochranné LDPE fólie
- Do skládačky postupně vloží elektronické rozbušky
- Po naplnění předepsaného množství rozbuškami vloží další kus LDPE folie pod víko a skládačku uzavře – takto naplní čtyři kusy skládaček
- Uchopí krabici a na dno vloží LDPE fólii
- Do krabice následně uloží čtyři kusy naplněných skládaček – jeden kus skládačky ovine keprovou tkanicí pro snadnější vyjmutí z kartonu, jak zohledňuje obrázek 25 níže



Obrázek 25 Skládačky v krabici (vlastní zpracování)

- Provede skenování lepenkových skládaček
- Vloží jeden kus LDPE fólie na lepenkové skládačky a krabici uzavře

- Krabici posune na zařízení cyklop, kde spoj uzavřené krabice přelepí jedním kusem bezpečnostní přelepky a dvěma kusy polypropylenovými páskami cykluje karton (v jedné třetině krabice)
- Krabici odloží na europaletu (viz. obrázek 26) a naskenuje



Obrázek 26 Paleta s hotovými kusy  
(vlastní zpracování)

Obsah krabice se dle typů výrobků a metráže vodičů může lišit. Analýza probíhala při sestavě rozbušek, jejichž délka vodičů je 6 metrů. Při této metráži lze do jedné skládačky umístit 12 kusů hotových výrobků. Do krabice lze uložit 4 kusy naplněných skládaček čili je v jedné takové krabici zabaleno celkem 48 kusů. Z toho důvodu je průměrný čas této operace 321,07 sekund, jak lze vidět v tabulce 7. Průměrný čas na jeden kus je tedy 6,69 sekund. Metodou předem stanovených časů byl stanoven čas operace na 323,38 sekund respektive 6,74 sekund/kus (viz. Příloha I Balení výrobků do krabic). Tudiž lze konstatovat, že má pracoviště rychlejší takt na kus než úzké místo.

Tabulka 7 Chronometráž balení výrobků do krabic

Chronometráž (s)									
320,51	321,46	320,69	320,13	321,45	320,48	321,01	320,56	320,94	322,06
320,22	320,65	321,14	320,84	320,25	322,14	321,74	321,14	322,36	321,66
<b>Průměrný čas</b>				<b>Dávka (ks)</b>		<b>Čas na jeden kus</b>			
321,07				48		6,69			

### 9.5.7 Skládání krabic a skládaček

U skládání krabic (vnějšího lepenkového kartonu) pracovnice obsluhy postupuje:

- Uchopí karton a uloží jej na přípravek, dle kterého poté ohýbá klogy kartonu
- Složí klogy kartonové krabice
- Samolepicí páskou přelepí střed (dno) krabice
- Složený karton sundá z přípravku a předá na pracoviště balicí stůl

Pracovnice zde také vychystává vnitřní obaly (skládačky) obdobným způsobem, které následně dodává spolu s krabicemi na požadované pracoviště.

Z výsledků chronometráže (viz. tabulka 8) je možné vidět, že je pracovnice schopna složit jednu krabici či skládačku za 8,53 sekund. Pomocí metody MOST byla doba operace tohoto pracoviště stanovena na 43,53 sekund respektive 8,71 sekund/kus (viz. Příloha I Skládání krabic a skládaček). Z toho vyplývá, že je pracovnice schopna nachystat téměř tři krabice a dvanáct skládaček, než dojde k naplnění taktu úzkého místa. Jelikož jsou v pracovním objektu situovány dvě ruční linky a každá z nich obsahuje svůj vlastní balicí stůl, pracovnice zásobuje obě tyto pracoviště. Po vychystání nezbytného počtu krabic a skládaček, pracovnice následně dle potřeby manipuluje s vozíky a převáží potřebné komponenty k pracovištím. I tak má ale poměrně dost času a nevyužívá časový fond na 100 %.

*Tabulka 8 Chronometráž skládání krabic a skládaček (vlastní zpracování)*

Chronometráž (s)									
42,96	43,70	43,21	42,88	42,45	42,84	43,12	42,14	41,97	42,54
42,11	43,02	42,26	42,57	42,71	41,86	43,15	42,23	42,44	42,85
Průměrný čas				Dávka (ks)		Čas na jeden kus			
42,65				5		8,53			

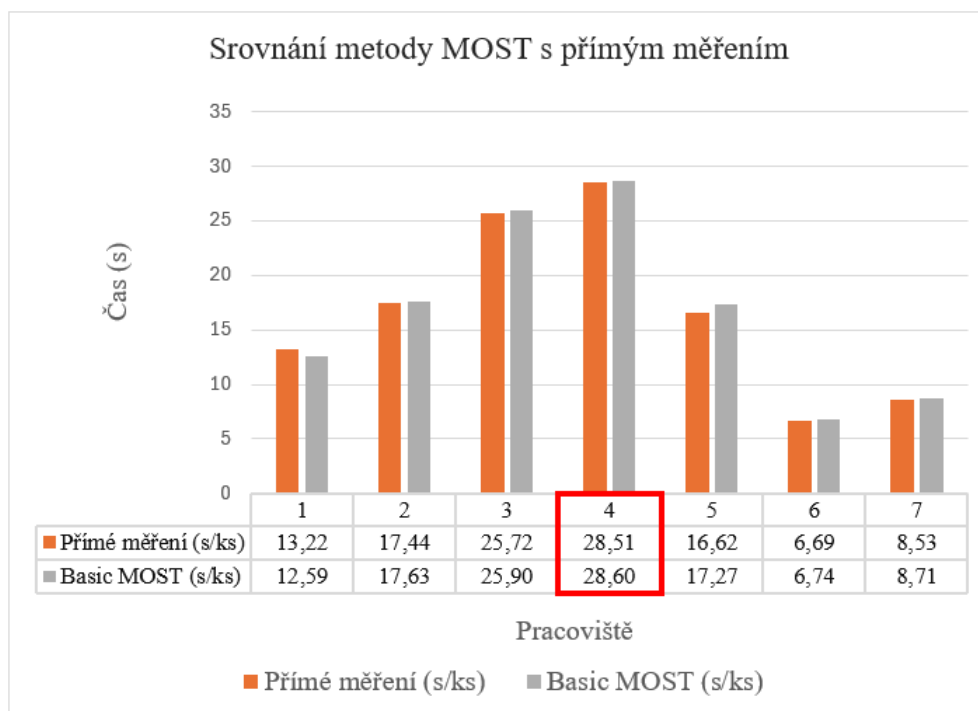
## 9.6 Přehled chronometráže a Basic MOST

Tabulka 9 níže zobrazuje výsledky provedené chronometráže a metody MOST. Poslední sloupec zohledňuje dávku kusů na pracovištích.

Tabulka 9 Přehled chronometráže a Basic MOST (vlastní zpracování)

Operace	Pracoviště	Basic MOST (s/ks)	Přímé měření (s/ks)	Dávka (ks)
1	Krimpování EIM a nastříknutého těsnění	12,59	13,22	1
2	Škracení laborované rozbušky	17,63	17,44	1
3	Lisování vodičů do konektoru a nanesení silikonové pasty	25,90	25,72	1
4	Testování funkčnosti rozbušek	28,60	28,51	4
5	Aplikace RFID praporek	17,27	16,62	1
6	Balení výrobků do krabic	6,74	6,69	48
7	Skládání krabic a skládaček	8,71	8,53	5

Na obrázku 27 lze vidět skupinový sloupcový graf, který dle tabulky 9 výše znázorňuje porovnání časů z přímého měření a metody předem stanovených časů všech pracovišť. Lze vidět, že doba spotřeby časů je u všech operací přepočtena na jeden kus, z důvodu identifikace úzkého místa. Z grafu je patrné, že se jedná o operaci č. 4 čili testování funkčnosti rozbušek, jež je označena červeným lemem. Je tedy žádoucí čas této operace maximálně zkrátit.



Obrázek 27 Graf Srovnání metody MOST s přímým naměřením (vlastní zpracování)

## 9.7 Porovnání výkonnostních ukazatelů ručních linek s linkou Elektra

Kapitola obsahuje popis normovaného času na lince, normy spotřeby práce a srovnání výkonnostních ukazatelů ručních linek s technologicky modernější linkou Elektra. Výkonost je v tomto smyslu definována jako počet vyrobených výrobků za směnu. Především je brán zřetel na parciální produktivitu, která je určena podílem celkové produkce za směnu a počtem pracovníků na výrobní lince. Toto porovnání je žádoucí, jelikož cílem společnosti je rozvoj automatizace a robotizace. Tento fakt tedy spěje k budoucímu nahrazení ručních linek automatickou linkou.

Hlavním cílem této analýzy bylo tedy zohlednit parciální produktivitu a celkovou produkci u obou ručních linek a automatizované linky Elektra. Dále pak nalezení či odhalení potencionálních ztrát ve výrobním procesu. Jak bylo zmíněno v kapitole 9.4 byl výrobní program nastaven na typ rozbušky E\*STAR smyčka. Jelikož jsou požadavky společnosti na bezpečnost při práci velice přísné, nebylo možné využít žádné osobní elektronické zařízení. Pro všechny přímé náměry bylo tedy využito ručního snímkování.

### 9.7.1 Norma spotřeby práce

Normy spotřeby práce, jež společnost stanovuje, zohledňuje tabulka 10 níže. Z tabulky 10 je patrné, že má společnost stanovenou dobu pro přípravu směny. Dále je možné vidět, že mají pracovníci během osmihodinové pracovní doby nárok na třicetiminutovou obědovou přestávku. Další kratší přestávky jsou stanoveny pro rotaci pracovníků na všech pozicích. Rotace pracovníků je v rámci ergonomie velmi důležitá, a to především z hlediska eliminace monotónních činností, které mohou způsobit nežádoucí nemoci z povolání či ztrátu obezřetnosti (soustředění) při prováděném úkonu, což následně vede ke zbytečným chybám a v horším případě i ke zranění. Společnost má také vyhrazenou dobu pro úklid a hygienickou přestávku, která se využívá na konci směny. V tabulce 10 lze také vidět, že má společnost vyhrazenou dobu pro možné časové ztráty z hlediska plánovaných prostojů a oprav, které by neměly být v běžném provozu překročeny. Čistý čas práce neboli čistý disponibilní čas za směnu je tedy stanoven na 350 minut (5,83 hodin), což je v přesném přepočtu 5 hodin a 49 minut a 48 sekund čili 21 000 sekund.

*Tabulka 10 Norma spotřeby práce  
(vlastní zpracování dle interních dokumentů společnosti)*

<b>Norma spotřeby práce</b>		
<b>Důvod</b>	<b>min</b>	<b>tj. hodin</b>
směna s obědem	480	8,00
oběd	30	0,50
směna	450	7,50
příprava směny	10	0,17
ranní přestávka (7:00-7:20)	20	0,33
přestávka (9:00-9:10)	10	0,17
přestávka (12:00-12:10)	10	0,17
Fond bez přestávek	400	6,67
úklid na konci směny (13:25)	25	0,42
fond práce - bez prostojů	375	6,25
Plánované prostoje	25	0,42
Čistý čas práce	350	5,83

Požadavek zákazníka na směnu je u automatizované linky Elektra 2 500 hotových výrobků a u ručních linek 1 200 hotových výrobků. V následující tabulce 11 je možné vidět, jaký je takt na všech linkách dle těchto požadavků zákazníka. Takt se počítá jako podíl čistého disponibilního času za směnu s požadavkem zákazníka na směnu. Z tabulky 11 je patrné, že je takt na automatizované lince Elektře dvakrát rychlejší. Ovšem je nutno dodat, že společnost snižuje normu o 150 kusů na směnu, v případě zaučování nových pracovníků na lince.

*Tabulka 11 Takt na linkách dle požadavku zákazníka (vlastní zpracování)*

Zařízení	Čistý disponibilní čas (s)	Požadavek zákazníka (ks/směna)	Takt na lince (s)
Elektra	21 000	2 500	8,40
1. ruční linka	21 000	1 200	17,50
2. ruční linka	21 000	1 200	17,50

Mezi ukazatele, které společnost na ručních linkách sleduje, patří počet vyrobených produktů za směnu a jejich kvalita. Na rozdíl od ručních linek, má automatizovaná linka Elektra navíc zabudovaný software MAINWARE, který je schopen v reálném čase sledovat ukazatel celkové efektivity zařízení (OEE).

### 9.7.2 Aplikace snímku pracovního dne na automatizovanou linku Elektra

První snímek pracovního dne byl zaměřen na výrobní proces automatizované linky Elektra a uskutečnil se 11. 12. 2023 v rámci běžného provozu. U stroje se nachází dvě pracovnice na vstupu, které se starají o zakládání smyčky či cívky do speciálně upravené paletky, jež je pro oba typy výrobků uzpůsobena. Po upnutí potřebného komponentu vpustí pracovnice obsluhu tuto paletku dovnitř zařízení, kde veškerý proces probíhá téměř identicky, jako je tomu u ruční sestavy. Značným rozdílem však je, že stroj pracuje dle naprogramování zcela automaticky bez potřeby zásahu operátorek. Z toho je patrné, že robotická zařízení uvnitř výrobního procesu jsou schopna zastoupit čtyři pracovnice obsluhy. Také vizuální kontrola je nahrazena kamerovou či mechanickou kontrolou. Na výstupu stroje se nachází pásový dopravník, který obsluhují dvě pracovnice obsluhy. Jejich úkony jsou totožné, jako u ruční linky. Jedná se tedy o odebírání shodných kusů, lepení RFID štítků na vodiče a konečné balení. Poslední pracovnice, jež se taktéž nachází na výstupu, zastává práci skládání vnějších či vnitřních lepenkových obalů.

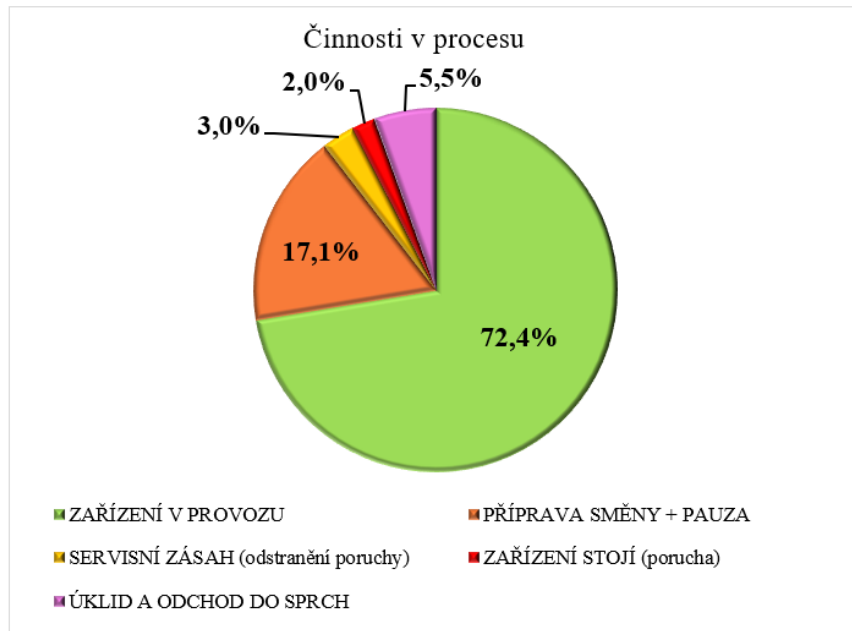


Tabulka 12 níže zohledňuje popis činností, které jsou rozděleny na práci či prostoj stroje. Tyto operace jsou také označena hodnotami, jež přidávají hodnotu (VA), jsou potřebné pro průběh procesu, ale žádnou hodnotu nepřidávají (ENVA) či jsou pro proces nežádoucí a taktéž nepřidávají hodnotu (NVA). Jednotlivá data jsou následně seřazena dle časových úseků jednotlivých operací. Činnost, která v tomto procesu přidává hodnotu je pouze čistý chod zařízení. V neposlední řadě se jedná úkon, který nepřináší žádnou hodnotu, čímž je linka v nečinnosti. V tento moment se z velké části čeká na potřebné seřízení stroje, doplnění zásobníků potřebnými komponenty, odstranění vadných kusů či špatné založení přívodních vodičů do paletky, kdy je nutné provést operaci opakovaně. Operace, které jsou nezbytné pro chod stroje, je seřízení stroje, pauza pracovníků a úklid. Ten se provádí 25 minut před koncem směny a je následován nutnou hygienou čili odchodem pracovníků do sprch, viz. tabulka 12. V tabulce 12 je dále možno vidět, že pauza obsadila v rámci procesu výroby značnou část z celkového náměru. Důvodem tohoto prostoje je třicetiminutová přestávka na oběd a další krátké přestávky, na které mají pracovníce v průběhu směny nárok. Linka Elektra vyprodukovala za 8 hodin celkem 2 464 kusů. Parciální produktivita tedy činí 492,8 hotových výrobků na jednu pracovníci.

Tabulka 12 Snímek pracovního dne zařízení Elektra (vlastní zpracování)

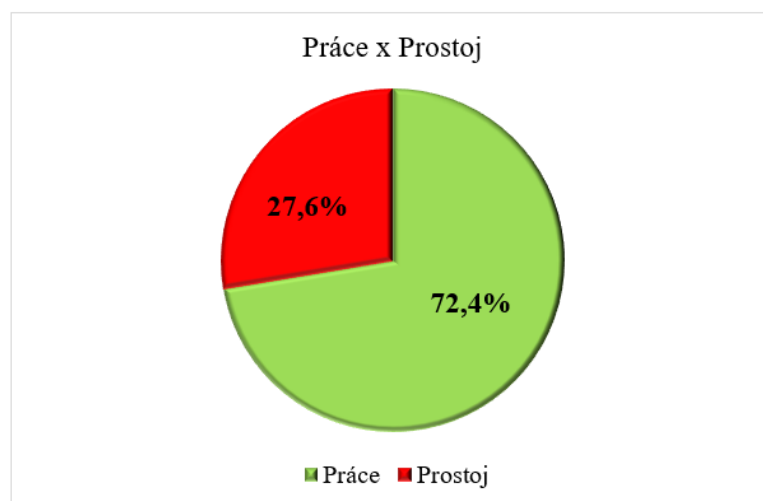
Stroj: ELEKTRA		Datum: 11.12.2023		Začátek: 6:00:00		Počet prac.: 5	
Typ: Smyčky		Směna: ranní		Konec: 14:00:00			
Kategorie	VA/ENVA/NVA	Práce/ Prostoj	Činnost	Délka trvání (h)			
1	VA	Práce	ZAŘÍZENÍ V PROVOZU	5:48:16			
2	ENVA	Prostoj	PŘÍPRAVA SMĚNY + PAUZA	1:22:26			
3	ENVA	Prostoj	SERVISNÍ ZÁSAH (odstranění poruchy)	0:14:18			
4	NVA	Prostoj	ZAŘÍZENÍ STOJÍ (porucha)	0:09:48			
5	ENVA	Prostoj	ÚKLID NA KONCI SMĚNY	0:26:21			
<b>Celkem (h)</b>				<b>8:01:09</b>			
<b>Produkce (ks)</b>				<b>2 464</b>			
<b>Parciální produktivita</b>				<b>492,8</b>			

Na obrázku 28 níže je graficky znázorněna četnost jednotlivých operací v rámci snímku pracovního dne aplikovaného na zařízení Elektra. Tyto činnosti jsou procentuálně vyjádřeny a jak lze vidět, největší podíl v procesu má nepřerušovaný chod zařízení. Následně se jedná o pauzu, stroj v nečinnosti, servisní zásah, úklid a odchod pracovníků do sprch.



Obrázek 28 Činnosti ve výrobním procesu v % – ELEKTRA (vlastní zpracování)

Z grafického znázornění na obrázku 29, lze pozorovat rozdělení procesu výroby u automatizovaného zařízení na práci a prostoj. Ze snímku pracovního dne vyplývá, že práce se na procesu podílí 72,4 % a prostoj 27,6 %. Celkový prostoj byl stanoven součtem procentuálních podílů všech prostojů v procesu.



Obrázek 29 Práce x prostoj – ELEKTRA (vlastní zpracování)

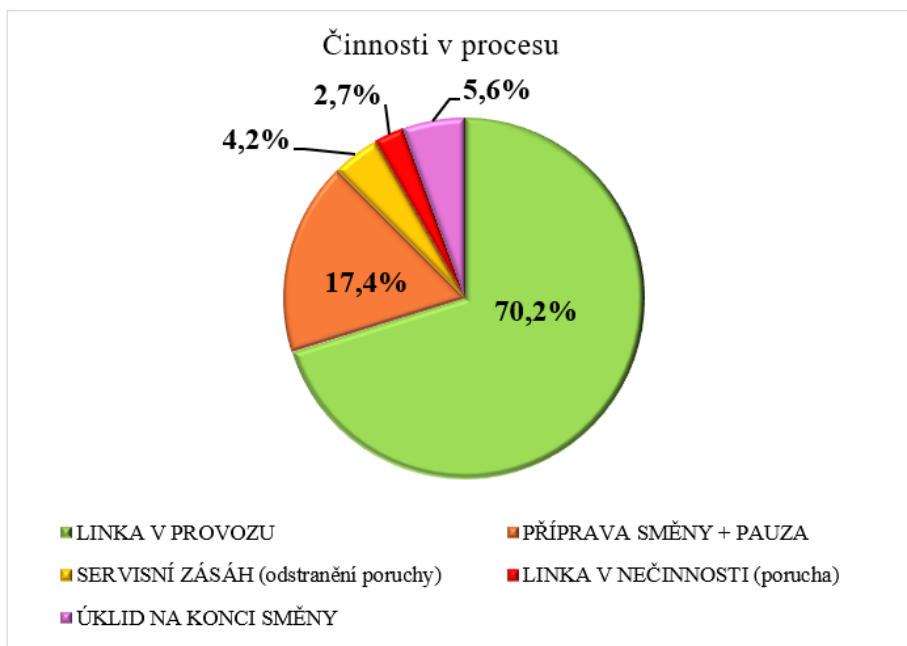
### 9.7.3 Aplikace snímku pracovního dne na první ruční linku

Snímek pracovního dne výrobního procesu u první ruční linky proběhl 14. 12. 2023 v rámci běžného provozu. V tabulce 13 lze pozorovat hodnoty, které přidávají hodnotu či nikoliv, jako je tomu v předešlé kapitole 9.7.2 I zde se jedná výhradně o čistý chod stroje, který je jedinou přidanou hodnotou procesu. Pauza se rovněž využívá pro oběd a rotaci pracovníků. Také zde se na konci směny provádí úklid a následná hygiena pracovníků. V případě ruční linky je ale prostoj v podobě nečinnosti odlišný než u automatizované linky. Pokud není linka v provozu, znamená to, že některé ze sedmi pracovišť čeká na pracoviště předchozí. Při prováděném měření bylo zpozorováno, že pracovnice u testovací stanice několikrát během směny nestihla včas předat shodné kusy na další pracoviště. Důvodem byla délka prováděných úkonů, špatné uložení rozbušky do testovací jímky nebo ustavení konektoru na upínku E\*STAR Testeru, kdy bylo nutné operace provést opakovaně. Tudiž došlo k časovému prodloužení celé operace. Také docházelo k situaci, kdy po ukončení testování rozbušek chyběla některá z otestovaných pozic. Z tohoto důvodu bylo nutné ukončit program a restartovat počítač. Následně musela být kontrola rozbušky provedena opakovaně. Dále se ukázalo, že i na ostatních pracovištích docházelo k chybným akcím. Na prvním pracovišti docházelo ke špatně provedenému krimpování, i když jen zřídka. U dalších pracovišť se jednalo o špatné zaškrcení laborované rozbušky či špatné zalisování vodičů do konektoru. Tudiž pracovnice musela operace provést znovu. U měření se zřídka stalo, že by pracovnice na pracovišti pro lepení RFID praporku musela operaci opakovat. Z tabulky 13 je dále patrné, že uvedený počet pracovníků na lince je 7,5. Je tomu tak z toho důvodu, protože pracovnice na pozici skládání krabic obsluhuje zároveň i druhou ruční linku. Následně lze vidět, že ruční linka vyprodukovala celkem 1 153 kusů za směnu. Parciální produktivita tedy činí 153,7 hotových rozbušek na jednu pracovnici.

Tabulka 13 Snímek pracovního dne první ruční linky (vlastní zpracování)

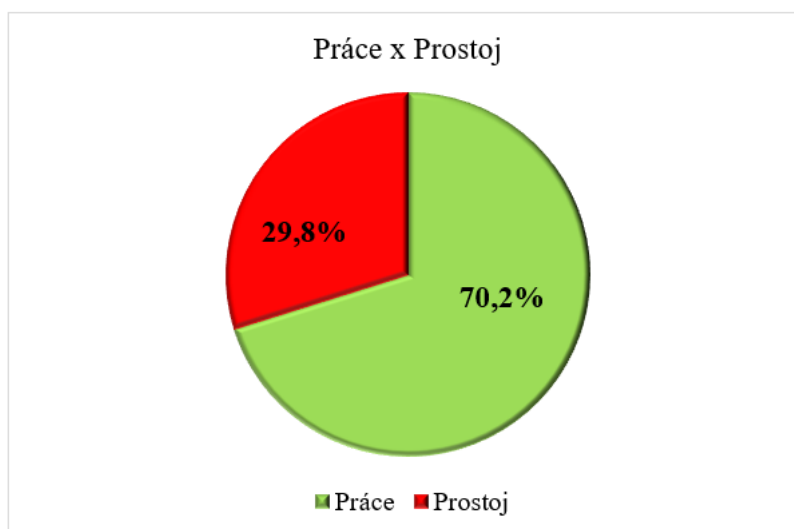
<b>Stroj:</b>	Ruční linka 1	<b>Datum:</b>	14.12.2023	<b>Začátek:</b>	6:00:00	<b>Poč. prac.:</b>	7,5
<b>Typ:</b>	Smyčky	<b>Směna:</b>	ranní	<b>Konec:</b>	14:00:00		
Kategorie	VA/ENVA/NVA	Práce/ Prostoj	Činnost		Délka trvání (h)		
1	VA	Práce	LINKA V PROVOZU		5:38:25		
2	ENVA	Prostoj	PŘÍPRAVA SMĚNY + PAUZA		1:23:51		
3	ENVA	Prostoj	SERVISNÍ ZÁSÁH (odstranění poruchy)		0:20:24		
4	NVA	Prostoj	LINKA V NEČINNOSTI (porucha)		0:12:47		
5	ENVA	Prostoj	ÚKLID NA KONCI SMĚNY		0:26:49		
<b>Celkem (h)</b>					<b>8:02:16</b>		
<b>Produkce (ks)</b>					<b>1 153</b>		
<b>Parciální produktivita</b>					<b>153,7</b>		

Obrázek 30 níže znázorňuje výšečový graf, jenž byl sestrojen z provedeného snímku pracovního dne na první ruční lince. V grafu lze pozorovat procentuální četnost jednotlivých operací, které jsou reprezentovány linkou v provozu, pauzou, servisním zásahem, úklidem, odchodem do sprch a nečinnou linkou, kdy je výrobní proces pozdržen na některém z uzlů linky.



Obrázek 30 Činnosti při výrobě v % – první ruční linka  
(vlastní zpracování)

Z druhého výšečového grafu na obrázku 31 lze vypočítat rozdělení výrobního procesu první ruční linky na práci a prostoj. Z grafu tedy plyne, že podíl práce na procesu tvoří hodnotu 70,2 % a celkový prostoj 29,8 %.



Obrázek 31 Práce x prostoj – první ruční linka  
(vlastní zpracování)

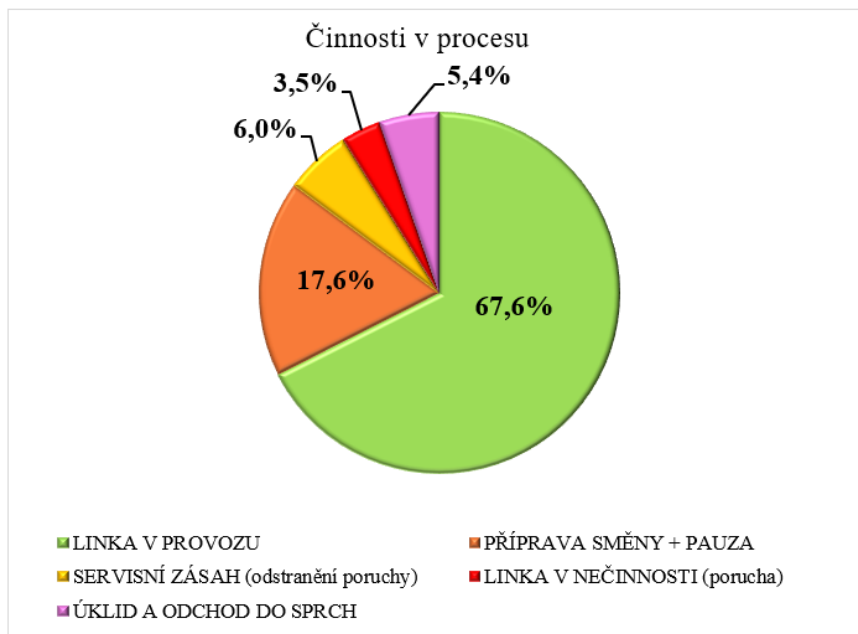
#### 9.7.4 Aplikace snímku pracovního dne na druhou ruční linku

Snímek pracovního dne u druhé ruční linky byl rovněž zaměřen na výrobní proces a konal se 18. 12. 2023 za obvyklého provozu. Forma tabulky 14 je identická jako u kapitol 9.7.2 a 9.7.3, a proto v ní lze pozorovat přidané i nepřidané hodnoty procesu. I zde je aspekt přidané hodnoty zastoupen nepřerušovaným provozem, jako tomu bylo v předešlých případech. Nepřidaná hodnota je rovněž reprezentována pauzou a dalšími aspekty, které se opakují ve stejné podobě jako u snímku pracovního dne první ruční sestavy elektronických rozbušek (viz. kapitola 9.7.3). Linku v nečinném stavu zastává čekání navazujících pracovišť na pracoviště předchozí. Rovněž docházelo k situaci, kdy pracovnice u při testování rozbušek několikrát během směny nestihla včas předat otestované výrobky na navazující operaci, jelikož musela některé úkony na pracovišti opakovat. Opět nastala situace, kdy program po ukončení testování nevyhodnotil některou z testovaných pozic. Po restartu programu tedy proběhl test rozbušek opakovaně. Taktéž bylo zpozorováno plýtvání v podobě chyb na ostatních pracovištích, jako tomu bylo v předešlém případě, v kapitole 9.7.3. Ovšem při tomto měření došlo k situaci, kdy bylo čerpadlo silikonové pasty prázdné a muselo být doplněno. Na pracovišti pro lepení RFID praporek bylo spatřeno, že stroj několikrát během provozu chybně vytisknul čip či více čipů na praporek. Také se stalo, že RFID praporek byl po načtení nevyhovující. Pracovnice následně musela zrušit tisk, po odjištění krytu vysunout rozbušku z jímky a provést operaci znovu. I na druhé lince se nachází 7,5 pracovníků, jelikož pracovnice na pozici skládání krabic obsluhuje obě linky. Tabulka 14 následně znázorňuje produkci 1 088 kusů za směnu, z čehož vyplývá, že se parciální produktivita rovná 145,1 hotovým výrobkům na jednu pracovnici.

Tabulka 14 Snímek pracovního dne druhé ruční linky (vlastní zpracování)

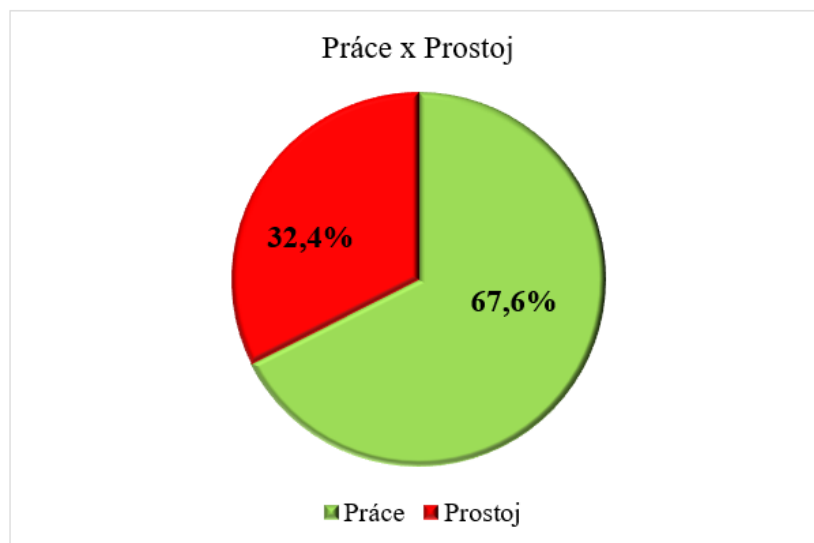
Stroj:		Ruční linka 2	Datum:		18.12.2023	Začátek:		6:00:00	Poč. prac.:		7,5
Typ:		Smyčky	Směna:		ranní	Konec:		14:00:00			
Kategorie	VA/ENVA/NVA	Práce/ Prostoj	Činnost					Délka trvání (h)			
1	VA	Práce	LINKA V PROVOZU					5:25:17			
2	ENVA	Prostoj	PŘÍPRAVA SMĚNY + PAUZA					1:24:38			
3	ENVA	Prostoj	SERVISNÍ ZÁSAH (odstranění poruchy)					0:28:42			
4	NVA	Prostoj	LINKA V NEČINNOSTI (porucha)					0:17:04			
5	ENVA	Prostoj	ÚKLID NA KONCI SMĚNY					0:25:48			
							<b>Celkem (h)</b>	<b>8:01:29</b>			
							<b>Produkce (ks)</b>	<b>1 088</b>			
							<b>Parciální produktivita</b>	<b>145,1</b>			

Z výšečového grafu, na obrázku 32 níže, lze vidět četnost jednotlivých činností v procesu, které jsou vyjádřeny v procentech. Hodnoty úkonů, jež byly naměřeny při snímku pracovního dne druhé ruční linky, vychází z předchozí tabulky 14. Jednotlivé činnosti jsou zastoupeny linkou v provozu, pauzou, servisem, úklidem, hygienou a linkou v nečinnosti.



Obrázek 32 Činnosti při výrobě v % – druhá ruční linka (vlastní zpracování)

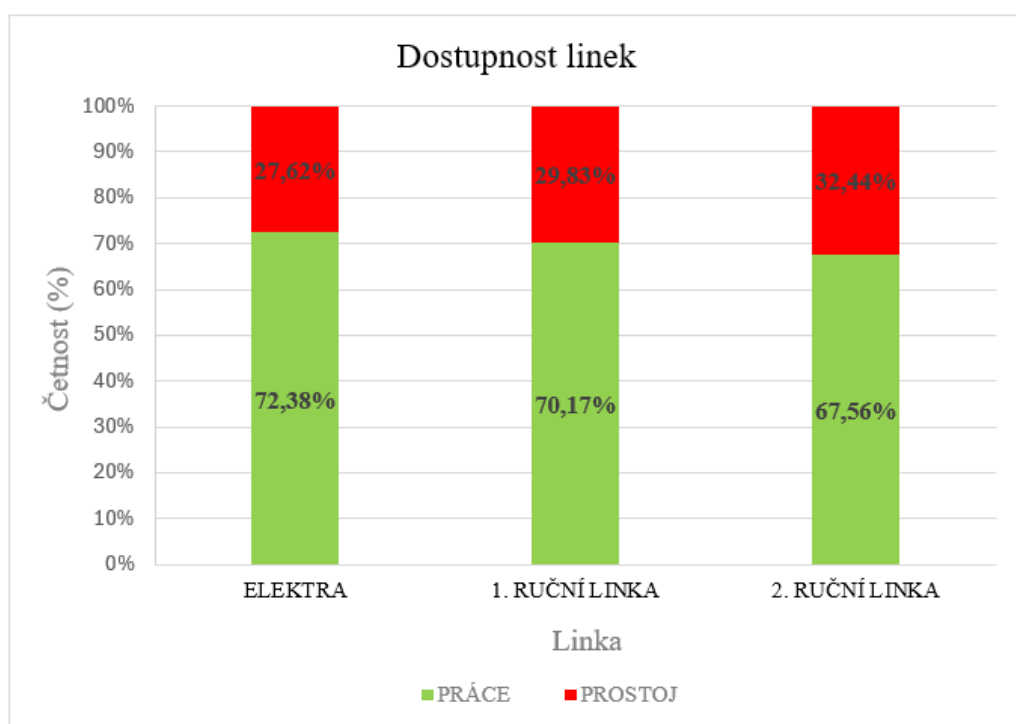
Na obrázku 33, jež znázorňuje graf, lze vidět, že celkový prostoj je u druhé linky značně vyšší, jelikož častěji docházelo k chybným úkonům a také bylo nutné doplnit čerpadlo silikonové pasty. Z grafu je patrné, že celkový prostoj tvoří hodnotu 32,6 % a práce 67,4 %.



Obrázek 33 Práce x prostoj – druhá ruční linka (vlastní zpracování)

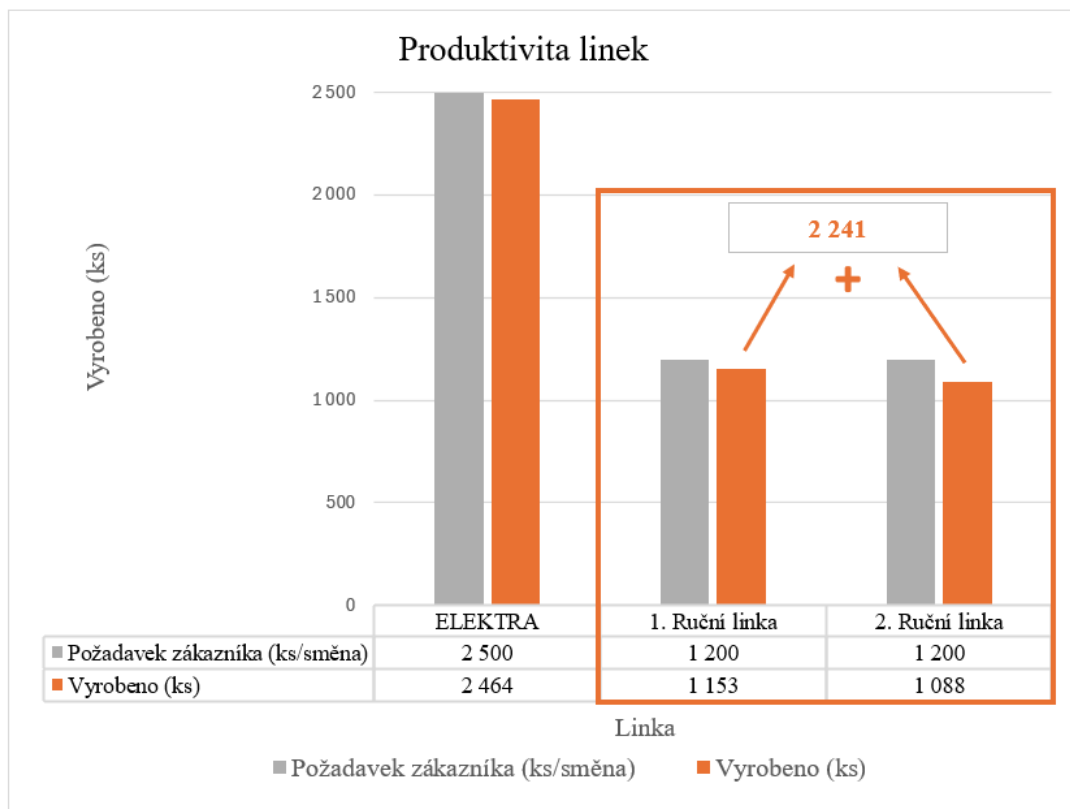
### 9.7.5 Porovnání výsledků z jednotlivých měření

V následujícím grafickém znázornění, na obrázku 34, lze pozorovat porovnání dostupnosti všech tří linek. Ze skládaného sloupcového grafu vyplývá, že se linka Elektra stala nejméně ztrátovou, i když rozdíl od zbývajících dvou linek není až tak značný. Naopak zařízením s nejvíce prostoji, se stala druhá snímková linka, a to v hodnotě 32,44 %. Ovšem, co se počtu vyrobených kusů týče, ten byl značně rozdílný. Automatizované zařízení Elektra dokázalo s čistým disponibilním časem 20 896 sekund (5,8 hodin) vyrobit dvojnásobek hotových výrobků, než obě ruční sestavy rozbušek dohromady viz. skupinový sloupcový graf na obrázku 34 níže. Je tudíž žádoucí zvýšit produkci obou ručních linek, aby také došlo ke zvýšení parciální produktivity, což je hlavním cílem této práce. Také je z grafu patrné, že automatizovaná linka Elektra dokázala využít téměř všechny disponibilní čas 21 000 s (5,83 hodin), který společnost stanovuje (viz. kapitola 9.7.1 a tabulka 10). Co se prostojů na ručních linkách týče, je nutné podotknout, že jsou z převážné části vyvolané lidským faktorem, především chybovostí pracovníků. Z toho důvodu vzniká prostoj, kdy pracovníci na následujících pracovištích musí čekat. Ovšem tomuto prostoji nelze jakkoliv zabránit. I když jsou pracovníci řádně školeni, stále může docházet k chybným úkonům. Taktéž prostojům v podobě chybně vyhodnoceného testu nelze nijak zabránit, jelikož se jedná o softwarové vybavení.



Obrázek 34 Porovnání dostupnosti linek (vlastní zpracování)

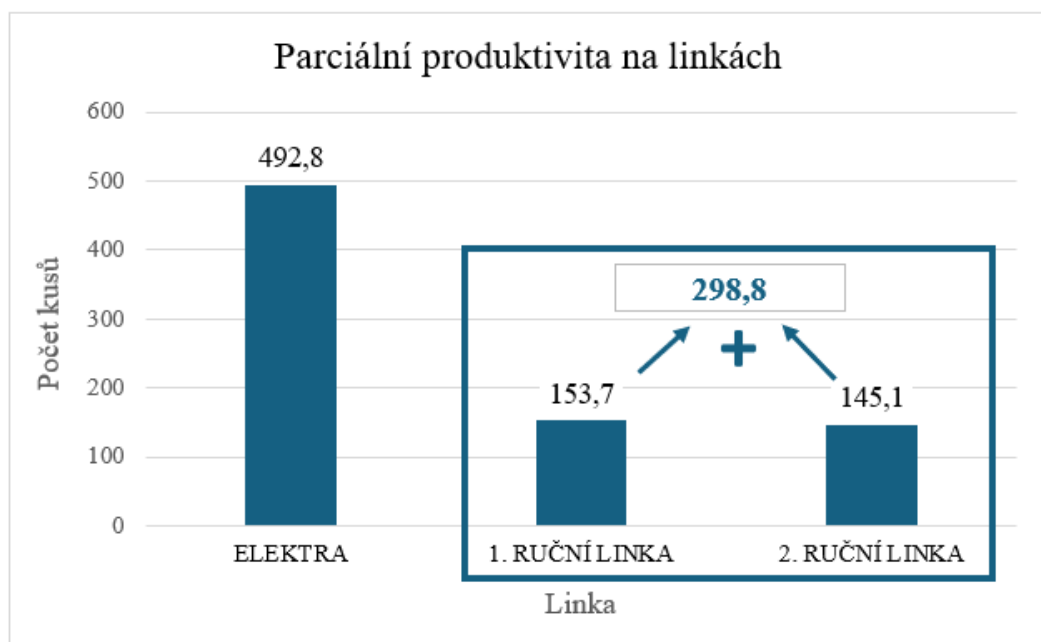
Následující obrázek 35 znázorňuje skupinový sloupcový graf, na němž lze pozorovat porovnání vyrobených kusů za směnu u jednotlivých linek. Skutečný počet vyrobených rozbušek za směnu je zároveň porovnán s požadavkem zákazníka na směnu. Z grafického znázornění, je zcela zřejmé, že produkce automatizované linky plně předčí produkci obou ručních linek, i když nedošlo k naplnění požadavku zákazníka ani u jedné z nich. Jelikož však všechny tyto linky jsou v provozu zároveň, součet produkce první a druhé snímkové ruční linky dokáže během směny stroj Elektra téměř dorovnat. Produkce linky Elektra tedy činí 2 464 hotových výrobků za směnu a součet ručních linek 2 241 kusů za směnu (viz. obrázek 35). Ovšem je nutno dodat, že automatizované zařízení obsluhuje pouze 5 pracovníků, kdežto součet obsluhy ručních sestav je 15 pracovníků. Z toho jednoznačně vyplývá, že parciální produktivita ručních linek je značně rozdílná a je žádoucí ji zvýšit. Ruční linky jsou ohraničeny oranžovým lemem, z hlediska porovnání součtu jejich produkce s celkovou produkcí linky Elektra.



*Obrázek 35 Porovnání vyrobených kusů za směnu u všech linek  
(vlastní zpracování)*



Následující grafické znázornění na obrázku 36 poukazuje na srovnání parciální produktivity všech tří linek. Z grafu je patrné, že parciální produktivita na automatizované lince Elektra je téměř třikrát vyšší než na obou ručních linkách. Pro společnost je žádoucí, aby se alespoň jedna z ručních linek dokázala rovnat výkonu Elektry. Jak bylo již zmíněno, u automatizované linky se nachází pouze 5 pracovníků obsluhy, kdežto u ručních linek je dohromady 15 pracovníků obsluhy, což znamená 7,5 pracovníků na jedné ruční lince. Lze konstatovat, že automatizované zařízení Elektra je z technologického hlediska bezkonkurenčně výkonnější a zaručuje větší bezporuchovost než ruční linky, kde z velké části dochází k chybám a časovým prodlevám, jež jsou vyvolány lidským faktorem. Parciální produktivita je v této práci výchozím měřitelným ukazatelem, na který je potřeba se zaměřit.



Obrázek 36 Porovnání parciálních produktivity linek (vlastní zpracování)

V následující tabulce 15 jsou všechna naměřena data hromadně zohledněna. Lze sledovat porovnání jednotlivých pracovišť z hlediska jejich výkonosti. Jedná se především o komparaci nastavených norem produkce, jež vychází z požadavku zákazníka na směnu, se skutečnou produkcí, stanoveným výrobním taktům linek s výrobním taktům skutečným a disponibilním časem se skutečně odpracovanou dobou. Jelikož tyto normy nebyly ani na jedné z linek plně dosaženy, je možné vidět, že se skutečná parciální produktivita taktěž liší. Jak bylo zmíněno již v kapitole 9.7.5, počet pracovníků obsluhy na obou ručních linkách je 7,5, jelikož operátorka na pozici skládání krabic vychystává lepenkové kartony pro obě tyto linky. Třetí sloupec obsahuje shrnutí první a druhé ruční linky, z důvodu porovnání s automatizovanou linkou Elektra. Nejdůležitějším aspektem z provedených měření však zůstává nepoměr parciální produktivity jednotlivých linek. Z toho důvodu je žádoucí ji u ručních sestav rozbušek systematickým způsobem navýšit či nahradit zařízením, které by bylo schopno vyššího výkonu než ruční linky.

*Tabulka 15 Porovnání získaných dat po aplikaci snímku pracovního dne  
(vlastní zpracování)*

LINKA	ELEKTRA	Ruční linky celkem	1. Ruční linka	2. Ruční linka
Požadavek zákazníka (ks/směna)	2 500	2 400	1 200	1 200
Vyrobena (ks)	2 464	2 241	1 153	1 088
Počet pracovníků	5	15	7,5	7,5
Disponibilní čas (s)	21 000	42 000	21 000	21 000
Skutečně odpracovaný čas (s)	20 896	39 822	20 305	19 517
Takt dle požadavku zákazníka (s)	8,40	35,00	17,50	17,50
Skutečný takt (s)	8,48	35,55	17,61	17,94
Parciální produktivita dle požadavku zákazníka	500	320	160	160
Skutečná parciální produktivita	492,80	298,80	153,73	145,07

Tabulka 16 níže slouží pro ukázkou. Je v ní srovnána celková produkce jednotlivých linek při třísměnném provozu. Pokud by všechny linky z teoretického hlediska, dle požadavku zákazníka vyrobily stanovený počet iniciačních systémů za směnu, lze konstatovat, že zařízení Elektra zcela zastíní obě ruční linky. Z tabulky je patrné, že výrobní proces na noční směně probíhá pouze na automatizovaném zařízení, kdežto na ručních sestavách nikoliv. Je tomu tak, jelikož Báňský úřad nedovoluje provozování ruční sestavy iniciačních systémů na noční směně. Výjimka je však udělena pro automatizované zařízení, kde sestava rozbušek probíhá při bezpečnějších podmínkách uvnitř zařízení a nehrozí tak bezpečnost pracovníků při možné detonaci. Z toho vyplývá, že automatizované a robotizované zařízení je výkonnější, má vyšší produktivitu na jednoho pracovníka a je také z hlediska ochrany zdraví při práci bezpečnější.

*Tabulka 16 Porovnání produkce při třísměnném provozu  
(vlastní zpracování)*

SMĚNA	Produktivita/Linka		
	ELEKTRA	1. Ruční	2. Ruční
<b>Ranní</b>	2 500	1 200	1 200
<b>Odpolední</b>	2 500	1 200	1 200
<b>Noční</b>	2 500		
<b>Celkem (ks)</b>	7 500	2 400	2 400

## 9.8 Zjištěné nedostatky při analýze ručních linek

V navazujících kapitolách jsou popsány deficity ručních linek, jež byly zjištěny při provedené analýze a porovnání s automatizovanou linkou Elektra. Z nedostatků následně plynou potenciální návrhy na zlepšení.

### 9.8.1 Úzké místo ve výrobním procesu

Dle předešlých měření a pozorování bylo potvrzeno, že pracovníce na pracovišti pro testování rozbušek na E\*Star Testeru, které je součástí ruční sestavy rozbušek, čekají přibližně 40 sekund na vyhodnocení testu první shodného kusu. Časový interval se ovšem může lišit z hlediska délky trvání předchozích úkonů pracovníce. Pokud pracovníce stihne založit čtyři rozbušky rychleji, než stanovuje metoda předem stanovených časů, pak bude čekat déle na vyhodnocení testu prvního shodného kusu.

Naopak, jestliže dojde k situaci, kdy si pracovníce dá více záležet na ustavení rozbušek v testovacím zařízení, dojde k situaci, kdy na vyhodnocení prvního testu čeká kratší časový úsek. Dle tabulky 9 v kapitole 9.6 lze usoudit, že naměřený průměrný čas operace se téměř rovná s metodou MOST. K prostoji dochází ve chvíli, kdy po vyhodnocení testu zůstane jedna z otestovaných pozic prázdná čili dochází k chybnému vyhodnocení ze strany zařízení. Z toho důvodu je nutno restartovat celý PC program. Pokud ovšem tester vyhodnotí jednu z rozbušek jako vadnou, znamená to chybně provedenou operaci na některé z předchozích stanic. Tudiž dochází k dalšímu plýtvání v podobě zmetkovitosti.

V tabulce 17 níže je možné vidět provedenou chronometráž při čekání pracovníce na vyhodnocení prvního testu rozbušky E\*Star. Z dvaceti přímých náměrů byl stanoven průměrný čas čekání. Dle předpokladů a předešlých pozorování se prostoje pracovníce pohybovaly v rozmezí od 37 do 46 sekund. Průměrný čas čekání tedy činí 40,54 sekund, jak je z tabulky 17 patrné. Prostoj je nutné eliminovat patřičným opatřením, jelikož pracovníce na tomto pracovišti nevyužívá disponibilní čas efektivně a kvalitně.

*Tabulka 17 Chronometráž čekání pracovníce na vyhodnocení první rozbušky (vlastní zpracování)*

Chronometráž (s)									
38,42	41,12	40,23	40,54	39,81	40,65	42,13	45,08	39,14	38,34
41,22	40,42	39,36	37,92	40,78	40,52	41,28	39,67	42,17	41,94
Průměrný čas									
40,54									

Následující tabulka 18 znázorňuje průměrný čas čekání pracovnice obsluhy na pracovišti testování elektronických rozbušek E\*STAR, který byl stanoven z dvaceti provedených naměrů (viz. tabulka 17). Při výrobě určitého typu výrobku, na které byl výrobní program při prováděné analýze nastaven, se do jedné krabice vleze 48 kusů. Jelikož jedna pracovnice testuje 4 kusy rozbušek zároveň, je v tabulce 18 zohledněno, kolikrát dochází k čekání, než dojde k naplnění krabice. Při stanoveném požadavku zákazníka, který se na ruční lince rovná počtu 1 200 kusů, což odpovídá 25 krabicím, jedna pracovnice čeká přibližně 150krát za směnu. Dle následného propočtu se tedy nevyužitý čas této pracovnice rovná 6 081 sekundám, během kterého by stihla vychystat dalších 348 kusů rozbušek. Tento počet byl stanoven jako podíl nevyužitého času pracovnice s požadovaným taktem linky 17,50 sekund. Při jednom čekání by se tedy jednalo o 2 – 3 rozbušky. Rozdíl disponibilního a nevyužitého času se rovná 14 919 sekundám (přibližně 4 hodinám), což odpovídá čistému odpracovanému času jedné pracovnice na pozici testování rozbušek. Z tabulky 18 je tedy patrné, že kdyby k tomuto prostoji nedocházelo, dokázala by pracovnice vychystat téměř o 348 rozbušek více. Ovšem je nutno podotknout, že je jeden E\*STAR Tester dimenzován pouze na 4 rozbušky, čímž dochází k určitému omezení, a pracovnice tak nemohou podat vyšší výkon. Na jedné ruční lince se nachází 2 takové E\*STAR Testery, jak bylo zmíněno již v popisu operace (kapitola 9.5.4). Pokud by tato testovací zařízení byla dimenzována na více kusů, je možné odhadnout, že by se ruční linka dokázala alespoň z části rovnat produkci automatizované linky Elektra. Přímé měření nevyužitého času již neproběhlo, jelikož byl výrobní program ruční linky později nastaven na jiný typ produktu, pro který se využívá jiný typ balení.

*Tabulka 18 Teoretický výpočet nevyužitého času pracovnice  
(vlastní zpracování)*

<b>Čekání na dokončení testu první rozbušky</b>	
<b>Důvod</b>	<b>Pracovnice</b>
<b>Průměrný čas čekání za 1 dávku (s)</b>	40,54
<b>Kolikrát čeká než se naplní 1 krabice</b>	6
<b>Kolikrát za směnu</b>	150
<b>Disponibilní čas (s)</b>	21 000
<b>Nevyužitý čas (s)</b>	6 081
<b>Odpracovaný čas (s)</b>	14 919
<b>Ztráta v kusech za 1 dávku (ks)</b>	2,32
<b>Ztráta v kusech za směnu (ks)</b>	347,49

### 9.8.2 Nenaplněný potenciál ruční linky

Největším problémem ručních linek je jejich nenaplněný potenciál, jelikož z předchozích měření vychází, že se ani jedna ruční linka nedokáže rovnat výkonu automatizovaného zařízení Elektra. Je to možné pouze v případě, kdy jsou obě ruční linky v provozu zároveň. Ovšem je nutno konstatovat, že při této skutečnosti dochází k situaci, kdy obě ruční linky obsluhuje celkem 15 pracovníků, kdežto linku Elektra pouze pracovníků 5. Je tak očividné, že na ruční lince vzniká daleko menší parciální produktivita, než je tomu u automatizované linky. Taktéž dokáže linka Elektra za osmi hodinovou směnu vyprodukovat více než dvojnásobné množství hotových rozbušek E\*STAR. V rámci prováděné analýzy měly ruční linky nastavenou normu na 1 200 kusů za směnu dle požadavku zákazníka. Takt linky dle tohoto množství odpovídá času 17,50 sekund a 160 hotovým výrobkům na jednu pracovníci. Ani jedna ruční linka ovšem nedokázala během směny požadavek zákazníka splnit (viz. tabulka 15 v kapitole 9.7.5). Jelikož automatizovaná a robotická zařízení uvnitř Elektry pracují dle naprogramování a opakovaně provádí své pohyby, nedochází k takové chybovosti, jako je tomu u ruční linky. Lidský faktor totiž podléhá působení vnějších faktorů, únavě, stresu, kognitivním procesům (myšlení, vnímání, paměť atd.), fyziologickým procesům (náročnost práce, zátěž pohybového aparátu, ergonomické faktory apod.) atd. Tudíž dochází k častější chybovosti pracovníků při prováděném úkonu.

### 9.8.3 Přehled plýtvání ve výrobním procesu při analýze

Podkapitola obsahuje tabulku 19, jež zohledňuje přehled plýtvání, které byly během analýzy ručních linek zpozorovány. Nejvíce problémovým typem prostoje se stalo již zmiňované čekání pracovníce na vyhodnocení testu první rozbušky, které je blíže popsáno v kapitole 9.8.1. Mezi další druhy plýtvání patří chybovost pracovníc, na kterou navazuje výroba vadných kusů. Pokud k takovým prostojům dochází, je nutné, aby zodpovědný pracovník (seřizovač či mistr) následně provedl kontrolu vadného kusu, než dojde k jeho definitivnímu vyřazení. Kontrola se také provádí, i když se nemusí jednat o vadný kus, ale pracovníce pojme podezření o funkčnosti rozbušky. Jelikož tento úkon nepřidává procesu výroby ani zákazníkovi žádnou hodnotu, jedná se o nadbytečnou práci. Za nadbytečnou práci lze také považovat nutný restart PC softwaru, který vyhodnocuje funkčnost rozbušek. K restartu dochází v moment, kdy na obrazovce chybí minimálně jedna otestovaná pozice čili nedochází k vyhodnocení, zda je rozbuška v pořádku či nikoliv. Ovšem k tomuto prostoji dochází jen zřídka. Do zmetků dále také patří špatně vytištěný čip na RFID praporku. Co se nutných oprav týče, jedná se především o úkony, kdy pracovníce špatně umístí krabici na balicí stůl a dochází tak ke špatnému ovinu krabice balicí páskou nebo dochází ke spotřebování pásky ve stroji. Do oprav lze také zařadit doplnění čerpadla silikonové pasty, ke kterému během analýzy v jednom případě došlo. Zbytečné pohyby byly zpozorovány při manuální kontrole rozbušky po zaškrcení, při ručním posunu výrobku po dokončení operace na následující pracoviště, a také při přemísťování vadných kusů rozbušek na patřičné kontrolní stanovitě.

*Tabulka 19 Přehled plýtvání při analýze ručních linek  
(vlastní zpracování)*

<b>Druh plýtvání</b>	<b>Příčina</b>
<b>Čekání</b>	Vyhodnocení testu první testované rozbušky
<b>Chyby</b>	Špatně provedená operace
<b>Nadpráce</b>	Nutná kontrola vadných kusů před vyřazením, restart PC softwaru při testování
<b>Opravy</b>	Špatně zabalená krabice, prázdné čerpadlo silikonové pasty
<b>Zmetky</b>	Výroba vadných kusů, špatně vytištěné čipy na RFID praporku
<b>Zbytečný pohyb</b>	Přemístění vadných kusů na patřičné kontrolní pracoviště, manuální kontrola, přemístění výrobku na následující operaci

## 10 SHRUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI

V úvodu analytické části byly popsány výrobní linky, na kterých se vyrábí elektronické rozbušky E\*STAR. Jedná se o dvě ruční linky, na které bude racionalizace zaměřena a jednu automatizovanou linku, jež nese název Elektra. Automatizované zařízení je zde zmíněno z důvodu komparace naměřených dat. Dále byly tyto linky, pro lepší orientaci, zohledněny v layoutu výrobní haly. Následovala stručná charakteristika produktů vyráběných na linkách, a také bylo uvedeno, na který typ produktu byl výrobní program během analýzy nastaven.

V další fázi analytické části byly uvedeny všechna pracoviště na ruční lince, a také byl detailně popsán postup pracovních činností. U všech sedmi pracovišť byla provedena časová studie, jež obsahuje nepřímá měření ve formě metody předem stanovených časů (Basic MOST) a zároveň přímá měření provedená formou chronometráže. Na každém pracovišti proběhlo několik přímých náměrů, které byly následně očištěny od extrémních hodnot a zredukovány do tabulky na dvacet. Z těchto dvaceti náměrů byl poté stanoven průměr délky trvání jednotlivých operací, které byly následně porovnány s metodou Basic MOST (viz. příloha P I). Souhrnné porovnání je uvedeno v kapitole 9.6.

V kapitole 9.7 byly porovnány výkonnostní ukazatele ručních linek s automatizovanou linkou Elektra. Také zde byla zohledněna norma spotřeby práce, kterou společnost stanovuje. V další části kapitoly 9.7 jsou zohledněny snímky pracovního dne, které byly aplikovány na všechny již zmiňované linky. Nabíraná data ze všech snímků jsou opatřena komentáři a popisem abnormalit, které se během měření vyskytly. Poté došlo k porovnání výsledků z jednotlivých měření. Je zde uvedena dostupnost linek, takt linek, počet kusů za směnu a parciální produktivita linek v rámci jedné směny. Pro ukázkou kapitola 9.7 také obsahuje celkovou produkci linek při třisměnném provozu.

Poslední kapitola analytické části je věnována zjištěným nedostatkům, které během analýzy vyplynuly. Jedná se především o operaci testování funkčnosti rozbušek, kde musí pracovnice obsluhy přibližně 40 sekund čekat, než dojde k vyhodnocení prvního testovaného kusu. Operace se tedy stala úzkým místem v procesu. Bylo provedeno dvacet náměrů, z nichž byl následně stanoven průměrný čas čekání. Jelikož byl později výrobní program nastaven na jiný typ rozbušky, který vyžaduje odlišný typ balení, bylo pomocí tohoto průměru vypočteno, kolik času pracovnice během směny stráví pouhým čekáním při výrobě produktu, který byl součástí výrobního procesu při analýze.



Dalším nedostatkem je nenaplněný potenciál ruční linky, jelikož zde pracuje téměř o tři pracovnice více, než je tomu u automatizované linky Elektra. I tak je produkce ruční linky prakticky dvojnásobně nižší, z čehož vyplývá i nižší parciální produktivita. V poslední řadě jsou v kapitole 9.8.3 uvedeny druhy plýtvání, které byly během provedené analýzy zpozorovány. Jedná se o čekání, chyby, nadbytečnou práci, opravy, zmetky a zbytečný pohyb.

## 11 VYMEZENÍ PROJEKTU

V kapitole jsou uvedeny potřebné náležitosti k uskutečnění projektu, mezi které patří projektový list, harmonogram projektu, logický rámec a RIPRAN analýza.

### 11.1 Projektový list

V následující tabulce 20 je uveden projektový list, v němž lze pozorovat náležitosti potřebné ke správnému definování a zpracování projektu. V popisu projektu název koresponduje s názvem diplomové práce, kterým je racionalizace výrobní linky ve vybrané firmě. Strategická oblast, které se projekt týká je produktivita vybrané výrobní linky, její zefektivnění, plnění požadavku zákazníka za směnu a uspořádání pracovišť na lince, jelikož návrh nové linky bude také obsahovat nové rozvržení pracovišť. Cílem projektu a rovněž hlavním cílem práce je zvýšení parciální produktivity výrobní linky o 150 %, která je pro společnost jedním z klíčových ukazatelů výkonosti strojů, ale také značí stupeň účinnosti lidského faktoru. Dílčím cílem projektu je nahrazení ruční linky novou automatizovanou linkou Elektra XY, čímž by také mělo dojít ke zvýšení efektivity a produktivity dosavadního výrobního procesu. Mezi členy týmu patří projektový manažer, útvar kvality, kdy se primárně jedná o jeho vedoucího, manažer BOZP, technolog, zástupce controllingu a mistr výroby z objektu, kde se nachází analyzované linky. Začátek projektu byl stanoven na 28. 8. 2023 a konec na 15. 12. 2024, kdy by mělo dojít k realizaci navrhovaných řešení čili k finální kompletaci automatizované linky a jejího testování ve výrobním procesu. Do předmětu projektu není zařazena interní logistika materiálů, komponent a hotových výrobků, jelikož se projekt zaměřuje výhradně na výrobní proces jako takový. Linka, jež by měla nahradit dosavadní ruční linky, bude rovněž zaměřena na výrobu elektronických iniciačních systémů E\*STAR. Dosažené úspory jsou v tabulce 20 zohledněny v podobě ušetření deseti pracovníků obsluhy u výrobní linky, jelikož u nové linky bude zapotřebí pouze pěti pracovníků obsluhy. Předpokládané úspory tedy činí 5 500 000 Kč za rok. Další úspory jsou v podobě sestavení konektorů s kovovým kontaktem, které by si nová linka dokázala sestavit sama. Předpokládané úspory se pohybují v hodnotě 3 300 000 Kč za rok. Mezi předpokládané náklady patří bonusy na mzdy pracovníků, jež tvoří členy projektového týmu, a to v hodnotě 115 000 Kč. Především se však jedná o investici v předpokládané částce 35 000 000 Kč na novou automatizovanou linku Elektra XY. Z cíle projektu je patrné, že mezi hlavní metriky projektu patří produktivita výrobní linky. Následně se jedná o produkci výrobní linky a využití disponibilního času na jednotlivých pracovištích.

Mezi metody, jež byly využity v rámci projektu, se řadí přímé měření práce, kdy se především jedná o chronometráž a snímek pracovního dne. Dále byla využita metoda Basic MOST, která je naopak nepřímým měření práce. Ovšem je nutno zmínit přímé pozorování, které sloužilo pro odhalení plýtvání ve výrobním procesu. V neposlední řadě se jedná o dílenské řízení neboli shop floor management, kterého se účastnil celý projektový tým, ale také vedoucí a mistři z ostatních úseků a objektů. Toto setkání bylo využito pro shromáždění informací a dat o výrobním procesu jednotlivých linek, ale také pro přednesení návrhů na jeho zlepšení. Pro diskusi v rámci týmu následně sloužil workshop, kde byly probírány další náležitosti ohledně realizace projektu.

Tabulka 20 Projektový list (vlastní zpracování)

<b>Popis projektu</b>	Racionalizace výrobní linky ve vybrané firmě			
<b>Strategická oblast, které se projekt týká</b>	Produktivita výrobní linky, zefektivnění výrobní linky, plnění požadavku zákazníka za směnu, uspořádání pracovišť na lince			
<b>Cíl projektu</b>	Zvýšení parciální produktivity výrobní linky o 150 %			
<b>Dílčí cíle</b>	Nahrazení ruční linky automatizovanou linkou Elektra XY a navýšení její efektivity			
<b>Členové týmu</b>	Projektový manažer, manažer BOZP, technolog, zástupce controllingu, mistr výroby, student, útvar kvality			
<b>Časový plán</b>	Začátek:	28.08.2023	Konec:	15.12.2024
<b>Co není předmětem projektu</b>	Interní logistika materiálů, komponent a hotových výrobků			
<b>Proces</b>	Výroba elektronických rozbušek E*STAR			
<b>Dosažené úspory</b>	Snížení počtu pracovníků o 10 ➡ 5 500 000 Kč/rok Linka sama sestaví konektor s kontaktem ➡ 3 300 000 Kč/rok			
<b>Předpokládané náklady a investice</b>	Automatizovaná linka Elektra II ➡ 35 000 000 Kč Benefity pracovníků ➡ 115 000 Kč			
<b>Hlavní a kontrolní metriky</b>	Produktivita výrobní linky, produkce výrobní linky, využití disponibilního času			
<b>Nástroje a metody</b>	Metoda MOST, chronometráž, snímek pracovního dne, plýtvání ve výrobním procesu, Dílenské řízení (SFM), workshop			
<b>Vlastník projektu</b>	Projektový manažer			

## 11.2 Harmonogram projektu

Harmonogram projektu je důležitý pro správné naplánování všech úkolů, které jsou v rámci projektu zahrnuty. Tudiž tento nástroj slouží pro určení posloupnosti a časového rámce pro plnění stanovených aktivit. Harmonogram, jenž byl vypracován v rámci projektového týmu, je rozdělen do jednotlivých týdnů v roce a rozčleněn na čtyři hlavní fáze. Jedná se tedy o zahájení projektu, analytickou fázi, aplikační fázi a závěrečnou fázi. Sestrojený harmonogram, pro již zmíněný projekt, zohledňuje Příloha P III.

## 11.3 Logický rámec projektu

V projektovém týmu byl také na začátku projektu sestaven logický, jenž slouží pro uspořádání základní charakteristiky projektu do vzájemných souvislostí. Zároveň slouží pro podrobnější popis jednotlivých cílů, výstupů, aktivit, způsobů ověření informací, různých rizik, jež mohou během realizace projektu nastat či také prostředků, jež jsou v rámci projektu potřebné pro zpracování analytické části a návrhů na řešení. Aktivity zohledněné v logickém rámci korespondují s kapitolami této práce. Logický rámec, jenž zohledňuje Příloha P IV, byl využit v jednotlivých fázích projektu.

## 11.4 RIPRAN analýza

Zpracovaná analýza rizik, jež se nachází v příloze (Příloha P V), vycházela právě z logického rámce projektu. Tato analýza je především důležitá pro stanovení pravděpodobnosti výskytu jednotlivých rizik, jež mohou během realizace projektu nastat a ohrozit tak hlavní cíl projektu. Následně napomáhá určit hodnotu rizik a jejich vliv na projekt. Z toho vychází následné zhotovení jednotlivých opatření vůči možnému riziku. Mezi jednotlivá rizika, jež vychází z logického rámce, patří:

- Chybně zpracovaná analýza
- Nespolupráce ze strany vedení společnosti
- Nepřijetí navrhovaných řešení
- Ukončení výroby elektronických rozbušek E\*STAR
- Ztráta dat
- Nedodržení časového harmonogramu
- Neochota spolupráce ze strany pracovníků
- Nízká poptávka odběratelů
- Překročení rozpočtu na projekt

V projektovém týmu bylo definováno 9 hrozeb, které mohou splnění cíle projektu ovlivnit. Mezi hrozby, jež mají největší pravděpodobnost výskytu, patří neochota pracovníků spolupracovat a chybně zpracovaná analýza. Naopak nejmenší pravděpodobností je ukončení výroby rozbušek E\*STAR. Všechny hrozby, až na dva případy tvoří dva až tři možné scénáře, tudíž analýza skýtá 18 výsledných hodnocení. Přičemž dvě z nich mají vysokou hodnotu rizika a je potřeba se jim za stanovení patřičných opatření zcela vyhnout. Mezi tyto hrozby patří chybně zpracovaná analýza a nepřijetí navrhovaných řešení. Do hrozeb, jež budou přijaty, skýtají malou hodnotu rizika, a tudíž není potřeba tvorby rizikového plánu, se řadí 7 z nich. Pro zbylých 9 scénářů byla stanovena patřičná opatření, jelikož jejich hodnoty dosahovaly střední úrovně. Stanovená opatření by tedy měla možný výskyt rizika eliminovat.

V následujících tabulkách (tabulka 21) jsou zohledněny kritéria, která sloužila pro stanovení hodnot jednotlivých rizik.

*Tabulka 21 Kritéria pro hodnocení RIPRAN analýzy  
(vlastní zpracování)*

Pravděpodobnost rizika			Hodnota rizika a reakce		
Malá	< 20 %	MP	Malá	MHR	Akceptovat riziko
Střední	21 - 66 %	SP	Střední	SHR	Vytvořit rizikový plán
Velká	> 66 %	VP	Vysoká	VHR	Vyhnout se riziku

Vliv na projekt	
Malý	MV
Střední	SV
Velký	VV

Matice	MP	SP	VP
MV	MHR	MHR	SHR
SV	MHR	SHR	VHR
VV	SHR	VHR	VHR

## 12 NAVRHOVANÁ ŘEŠENÍ

Z výsledků analytické části, je patrné, že v rámci výrobního procesu na obou ručních linkách dochází k časovým prostojeům a dalším chybám. V následujících podkapitolách jsou popsány návrhy na racionalizaci a zlepšení dosavadního stavu ručních výrobních linek. Jedním z návrhů je optimalizace na ručních linkách a druhý návrh spočívá v nahrazení ručních linek automatizovanou linkou.

### 12.1 Optimalizace ručních linek

Kapitola obsahuje návrhy na optimalizaci původního stavu ručních linek. Ovšem je nutno dodat, že k zamezení plýtvání v podobě chybovosti pracovníků na ručních linkách nelze zamezit pouhým školením či standardy. Ačkoli jsou všechna pracoviště navržena tak, aby k chybným úkonům docházelo co nejméně a obsahují vizuální standardy, i tak tomu nelze zcela zamezit. Řešením tohoto problému by mohl být přístup Poka Yoke, konkrétně optické snímače a koncové spínače zabudované na ručních linkách. Ovšem i tak nelze předpokládat, že by došlo k potřebnému navýšení parciální produktivity o 150 %. Z hlediska chybně vyhodnocených testů funkčnosti rozbušek, ke kterým občas v rámci výroby na ručních linkách dochází, uvažovala společnost o novém softwaru, který by měl těmto abnormalitám zamezit. Návrh softwaru ovšem není náplní této práce, jelikož se práce zaměřuje výhradně na navýšení parciální produktivity o 150 %. Důležitým aspektem je také strategie firmy, jejíž cílem je zaměření se na automatizaci, a tudíž byl projekt vypracován na návrh nové automatizované linky Elektra XY, jež by měla obě ruční linky nahradit. Tudíž by tyto vysoké investice do ručních linek byly momentálně kontraproduktivní a také protichůdné proti strategii firmy. I tak byly původně vypracovány návrhy na racionalizaci původního stavu ručních linek, které by vedly k potenciálnímu navýšení parciální produktivity. Tyto návrhy jsou popsány níže.

#### 12.1.1 Optimalizace pracoviště pro testování funkčnosti rozbušek

První návrh na racionalizaci ruční linky spočívá ve využití přístupu teorie omezení. Jedná se o úsporu jedné pracovnice obsluhy na pracovišti pro testování elektronických rozbušek E\*STAR, které se stalo úzkým místem v procesu. To znamená, že místo původních 2 pracovníků obsluhy, které se starají o zakládání rozbušek do E\*STAR Testeru a následné vyhodnocení testu, by zde byla pouze 1 pracovnice obsluhy. U obou ručních linek by tedy došlo k úspoře 2 pracovníků celkem.

Tento návrh by měl zamezit nežádoucím prostojům, které se na tomto pracovišti vyskytují v podobě čekání na vyhodnocení testu první testované rozbušky. Během tohoto čekání, které je v průměru 40,54 sekund (viz. tabulka 17), je možné předpokládat, že by pracovnice měla dostatek času na založení dalších 4 kusů do E\*STAR Testeru.

Pro tyto účely byl pomocí metody Basic MOST vytvořen nový předpokládaný čas operace (viz. tabulka 22). Z Tabulky je patrné že by nový průměrný čas operace činil 146,40 sekund respektive 18,30 sekund na kus. To znamená že by se původní čas na 1 kus, dle metody Basic MOST, snížil o 10,30 sekund.

*Tabulka 22 Basic MOST pro návrh změny na pracovišti testování rozbušek (vlastní zpracování)*

Poznámky: Čtvrtá operace - testování funkčnosti rozbušek (pouze 1 pracovnice)										
1	Uchopit rozbušku z kartonu, provést vizuální kontrolu zaškrčení a odložit k testovací pozici	NT	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 0	T 3	A 1 B 0 P 1	A 0	8,00	640	
2	Ručně otočit a otevřít víko krytu o 180°	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0			A 0	8,00	240	
3	Uchopit rozbušku a zasunout do testovacího boxu	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3			A 0	8,00	480	
4	Ručně uzavřít víko krytu o 180°	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0			A 0	8,00	240	
5	Umístit konektor na testovací přípravek	OP	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 3			A 0	8,00	560	
6	Zajistit konektor upínkou	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0			A 0	8,00	240	
7	Stisknout tlačítko start	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0			A 0	8,00	160	
10	Odebrat traceabilní praporek z tiskárny a nalepit na vodiče	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3			A 0	8,00	480	
11	Zkontrolovat na monitoru, zda došlo k přepsání hodnot zpoždění detonace	NT	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	T 1	A 0 B 0 P 0	A 0	2,00	20	
12	Odjistit upínku konektoru	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0			A 0	8,00	240	
13	Uvolnit víko krytu otočením o 180°	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0			A 0	8,00	240	
14	Vyjmout rozbušku a odložit na stůl	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1			A 0	8,00	320	
15	Přenést shodné kusy rozbušek na následující pracoviště	OP	A 1 B 0 G 1	A 6 B 0 P 1			A 6	1,00	210	
Celková spotřeba času:			2,44			146,40			4070	
			minut			sekund			TMU	

Součástí tohoto návrhu není ovšem předpoklad navýšení vyrobených výrobků za směnu. Lze tedy konstatovat, že by parciální produktivita vzrostla z původních 160 výrobků na 185 výrobků, což znamená navýšení o 16 %. Tudíž by nedošlo ke splnění hlavního cíle této práce. Jelikož jde pouze o návrh na uspořádání pracoviště, nejsou zde stanoveny žádné náklady či investice. Ovšem úspory tohoto návrhu jsou v podobě mezd 2 pracovnic obsluhy, které dle předpokladu činí přibližně 1 100 000 Kč za rok.

### 12.1.2 Pásový dopravník na ručních linkách

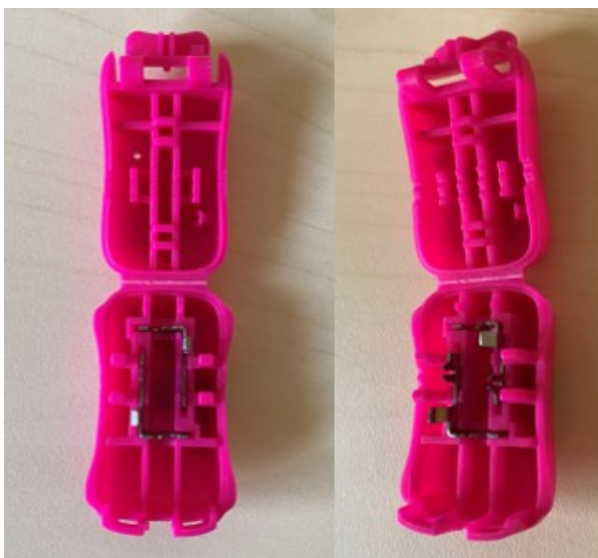
Druhým návrhem na racionalizaci ručních linek je pásový dopravník, který by měl dle předpokladu navýšit efektivitu i produktivitu ručních linek a zároveň zabránit zbytečným pohybům pracovníků při přesunu výrobků po dokončení operace na následující pracoviště. Pásový dopravník by byl umístěn mezi oběma ručními linkami, kdy by pracovníci obsluhy byly situovány na obou stranách tohoto dopravníku. Zároveň by však muselo dojít k úpravě a novému uspořádání linek. Ovšem je nutno podotknout, že by došlo k úspoře pouze 2 pracovníků na obou ručních linkách. Konkrétně na pracovišti pro testování rozbušek, jako je tomu v předešlém případě (viz. kapitola 12.1.1).

Obě linky by tedy obsluhovalo 13 pracovníků obsluhy dohromady. Nedocházelo by tak k potřebnému navýšení parciální produktivity, jelikož by se produkce dle předpokladu společnosti zvýšila maximálně o 100 kusů na jedné ruční lince. Tudíž by se celková produkce jedné ruční linky pohybovala přibližně okolo 1 300 hotových rozbušek za směnu. Parciální produktivita by tak vzrostla z původních 160 kusů rozbušek na 200 kusů rozbušek, což znamená navýšení o 25 %. I tak byly stanoveny předpokládané investice na tento dopravník, jež by se stály společností přibližně 400 000 Kč. Předpokládané úspory na 2 pracovníce činí 1 100 000 Kč za rok.



## 12.2 Nahrazení ručních linek novou automatizovanou linkou Elektra XY

Třetím a zároveň nejvíce přínosným návrhem této práce je nahrazení ručních linek novou automatizovanou linkou Elektra XY. Tento návrh byl inspirován automatizovanou linkou, která se ve výrobní hale již nachází. Ovšem na rozdíl od původní automatizované linky, by nová linka Elektra XY dokázala sama sestavit konektor s kovovým kontaktem (viz. obrázek 37).



*Obrázek 37 Konektor s kontaktem  
(vlastní zpracování)*

Nyní společnost sestavené konektory s kontakty outsourcuje od dodavatele přibližně za 4 Kč za kus. Společnost by však i nadále poptávala tyto komponenty, ovšem nesestavené. Jednalo by se tedy o finanční úspory v předpokládané hodnotě 3 300 000 Kč za rok. Zároveň by linka v době nečinnosti dokázala vyrábět tyto komponenty pro Elektru i ruční linku, která by měla zůstat zachována pro drobné či testující zakázky od nových odběratelů. Případně pro export samostatných komponent pro zákazníky, kteří si provádí sestavu rozbušek samostatně. Jak již bylo zmíněno výše i v kapitole 9.1, je požadavkem společnosti zachovat původní stav jedné z ručních linek z hlediska menších zakázek. Předpokladem je, že se ruční linka rychleji vyprázdní a přetypuje na nový typ výrobku než automatizované zařízení. Drobnější zakázky by se tak vyplatilo vyrábět na ruční lince, jelikož by nebyly vyšší než několik desítek až stovek kusů. Pokud by se tedy v budoucnu ukázalo, že zákazník nebude objednávat určité objemy, aby se vyplatilo automatizované zařízení přetypovat či upravit, byly by zakázky vyhotovovány na ruční lince. Je však nutné podotknout, že tato linka by nebyla v provozu vždy.

V dalším případě může být ruční linka alternativou automatizovaného zařízení z hlediska převisu poptávky, kdy budou automaty využity na 100 % či dojde k jejich odstávce. Ovšem vizí a strategií společnosti je automatizovat veškerou výrobu rozbušek E\*STAR. Je tedy nutné do budoucna nalézt řešení pro výrobu drobných zakázek, kdy je potřeba častého přetypování stroje. Potenciálem automatizovaných linek je do roku 2030 vyrábět několik milionů výrobků ročně. Tato ruční linka by měla být dle předpokladu společnosti zrušena ve chvíli, kdy bude Elektra XY vyladěna na 100 % a bude zadán nový projekt na další automatizovanou linku, která by měla zohlednit menší zakázky. To může znamenat menší linku s jednodušším přetypováním na specifické portfolio výrobků. Ovšem současným cílem je racionalizovat původní stav a navýšit parciální produktivitu o 150 %.

Jednotlivé výhody, které plynou z investice do nové automatizované linky jsou následující. Samotná linka Elektra XY by dokázala ušetřit 10 pracovníků z původních ručních linek, jelikož je potřeba pouze 5 pracovníků obsluhy, jako je tomu u linky Elektra. Zároveň by nová linka dokázala dle předpokladu společnosti vyrobit 2 500 hotových rozbušek za směnu a splňovala by strategický cíl automatizace výrobního procesu. Jednoznačně tak nahradí produkci obou ručních linek. Lze tedy konstatovat že by došlo k potřebnému navýšení parciální produktivity z původních 160 kusů za směnu na 500 kusů. V procentuálním vyjádření by to bylo navýšení parciální produktivity o 212,5 %. Tímto by byl hlavní cíl práce splněn.

Předpokládané investice na novou linku Elektra XY, které plynou z automatizace jednotlivých úseků na lince, činí 35 000 000 Kč. Předpokládané úspory na 10 pracovníků byly stanoveny na 5 500 000 Kč za rok.

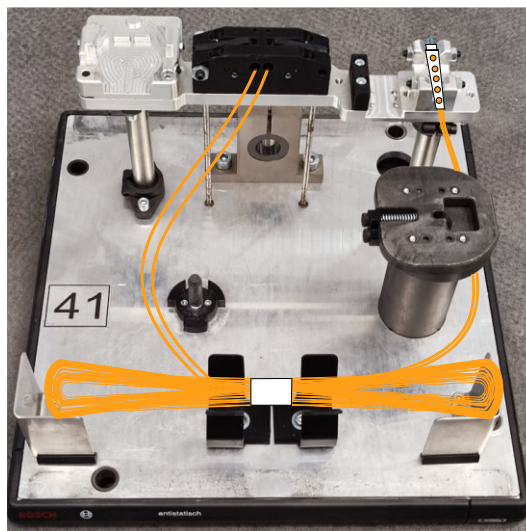
Mezi další výhody nové linky lze zařadit změnu na pracovištích u vstupu. U původní linky Elektra provádí 2 pracovníci obsluhy zakládání vodičů do paletky. Ovšem je nutno dodat že každá pracovníce provádí půl operace, aby nedocházelo k časovým prostojům, kdy by pracovníci na sebe musely navzájem čekat. První pracovníce postupuje takto:

- Vyjme smyčku z ESD boxu
- Upevní vodiče s nastříknutým těsněním do paletky
- Založí smyčku do paletky
- Srovná konce vodičů s nastříknutým těsněním
- Posune paletku po kolejnici k následující pracovníci

V moment, kdy druhá pracovnice převezme paletku provede zbylé operace, jež jsou nutné pro kompletaci procesu na vstupu:

- Založí konce volných vodičů do kazetky
- Provede vizuální kontrolu dohotovené paletky
- Srovná potřebné části smyčky
- Posune paletku po kolejnici na kamerovou kontrolu, která následně vpustí paletku dovnitř zařízení Elektra

Takto vyhotovenou paletku se správně založenými vodiči zohledňuje obrázek 38.



*Obrázek 38 Založená smyčka v paletce  
(vlastní zpracování)*

U nové automatizované linky Elektra XY by obě pracovnice na vstupu prováděly kompletní založení vodičů do paletky současně. Bylo by to možné z důvodu 2 kolejnic a sadě výhybek na nich. Kdyby tedy první pracovnice stihla kompletaci paletky dříve než její kolegyně, nemusela by na ni čekat a poslat paletku po výhybce směrem ke stroji pod kamerovou kontrolu.

### **12.2.1 Popis automatizace a robotizace na lince Elektra XY**

Nová automatizovaná linka by byla schopna zastoupit lidský faktor u krimpování elektronických iniciačních modulů (EIM), škrcení rozbušek, lisování vodičů do konektorů, aplikace silikonové pasty a testování funkčnosti rozbušek. Ovšem sled operací na nové automatizované lince Elektra XY by probíhal odlišně než je tomu u linky ruční.

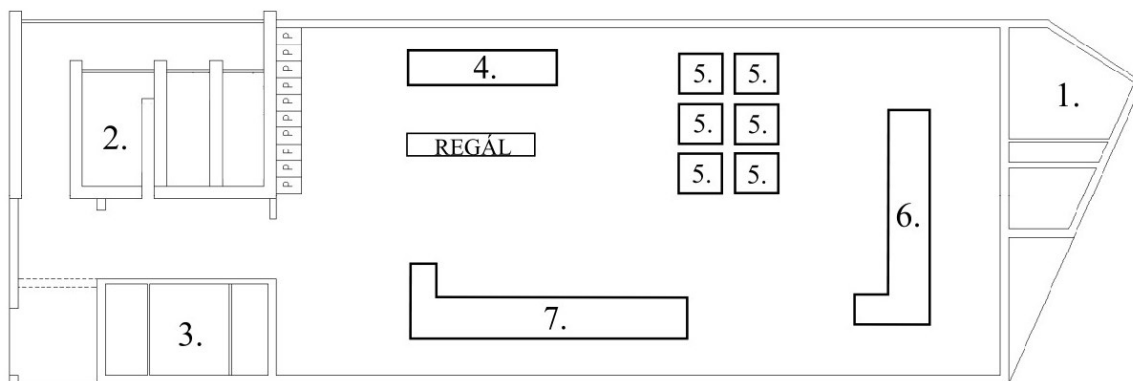
Po kompletaci komponent do paletky, by uvnitř zařízení došlo k založení obou dílu konektoru s kontaktem pomocí pneumatického manipulátoru. Následně by pneumatický manipulátor provedl zalisování vodičů do konektoru, kdy by poté došlo k nanesení silikonové pasty dávkovacím ventilem s nastavitelnou dávkou. Po nanesení pasty by pneumatický manipulátor provedl uzavření konektoru. V další fázi výroby by nainstalovaný 4osý scara robot odebíral EIM ze zásobníků a následně jej umístil na konce vodičů s nastříknutým těsněním. Poté by krimpovací hlava provedla spojení vodičů s kontakty. Totožný 4osý scara robot by následně uchopil laborovanou rozbušku ze zásobníku a po kamerové kontrole popisku rozbušky přenesl na manipulátor, jenž by následně zasunul laborovanou rozbušku na EIM s nastříknutým těsněním. Potřebné zaškrcení by poté realizovala škrťící hlava. Pneumatický manipulátor by posléze přeložil rozbušku do ocelového ochranného tubusu umístěného na paletce. Po úspěšné kompletaci všech předchozích činností by chybělo rozbušku pouze otestovat. Tento úkon by zastoupil 6osý průmyslový robot, jenž by založil paletku do testovacího boxu. Po úspěšném testu by totožný průmyslový robot následně vyjmul paletku a umístil zpět na dopravník, kde by manipulátor odstranil případný vadný kus vložil jej do patřičného boxu k tomu určenému. Shodný kus by pokračoval linkou dál, kde by byl později olepen traceabilitním praporkem. Poslední automatizovanou operací by byl manipulátor pro odebírání shodných kusů z paletky, které by předával na pásový dopravník. Vizuální a ruční kontrola pracovníků by byla nahrazena senzory a kamerovou kontrolou, mechanickou kontrolou či čtečkou kódu v případě čitelnosti traceabilitních štítků. U výstupu by bylo umístěno sjednocené pracoviště pro 3 pracovníky obsluhy, které by se staraly o odebírání kusů z dopravníku, aplikaci RFID štítků, sestavování krabic a skládaček a finální balení.

Do procesu výroby bude tedy lidský faktor zasahovat v minimálním rozsahu, což povede ke zvýšení parciální produktivity i zamezení chyb vyvolaných obsluhou pracovníků.

### 12.2.2 Nový layout výrobní linky ve výrobní hale

Jelikož je implementace návrhu nové automatizované linky Elektra XY velice pravděpodobná, je nutné sestavit nový layout výrobní haly. Dle konzultací s vedením a projektovým týmem, by nový layout objektu mohl vypadat dle následujícího obrázku 39 níže. Ovšem je nutné dodat, že je layout na obrázku 39 dle požadavku společnosti zjednodušen. V nově navrženém layoutu je možné vidět rozložení jednotlivých výrobních zařízení a dalších objektů, jimiž jsou:

1. Místnost seřizovačů
2. Sklad hotových výrobků
3. Denní zóna pro pracovníky
4. Ruční linka E\*STAR
5. Palety s výrobním materiálem
6. Výrobní linka Elektra
7. Nově navržená výrobní linka Elektra XY



Obrázek 39 Nový layout výrobní haly  
(vlastní zpracování dle interních dokumentů společnosti)

### 13 ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH ŘEŠENÍ

V kapitole jsou jednotlivé návrhy na racionalizaci výrobních linek zhodnoceny jak z ekonomického hlediska, tak z hlediska možných úspor i vlivu na produktivitu. Celkové shrnutí lze najít v kapitole 13.4. Následující tabulka 23 zohledňuje zhodnocení variant na racionalizaci vybraných výrobních linek z hlediska výkonosti. Z tabulky je patrné, že k potřebnému navýšení parciální produktivity o 150 % dojde pouze v případě, kdy budou ruční linky nahrazeny automatizovanou linkou.

Tabulka 23 Porovnání navrhovaných řešení z hlediska výkonosti (vlastní zpracování)

Způsob	Varianta	Výkon (ks/směna)	Parciální produktivita (ks)	Přínosy
Optimalizace ručních linek	Změna pracoviště pro testování funkčnosti rozbušek	1 200	185	Zvýšení parciální produktivity o 16 %
Optimalizace ručních linek	Pásový dopravník na ručních linkách	1 300	200	Zvýšení parciální produktivity o 25 %
Nahrazení ručních linek	Nahrazení ručních linek novou automatizovanou linkou Elektra XY	2 500	500	Zvýšení parciální produktivity o 212,5 %

#### 13.1 Optimalizace pracoviště pro testování funkčnosti rozbušek

Prvním navrhovaným řešením bylo uspoření 1 pracovnice na každé z ručních linek. To znamená 2 pracovnic celkem. Konkrétně se jedná o pracoviště pro testování funkčnosti rozbušek E\*STAR. Na obou ručních linkách by tak došlo k zamezení časových prostojů při čekání pracovnice na vyhodnocení testu první rozbušky, jelikož by přítomná pracovnice obsluhy zakládala 8 kusů rozbušek do obou E\*Star Testerů. Tudíž by naplnila maximální kapacitu těchto testovacích zařízení. Zároveň by došlo ke zkrácení operačního času o 10,30 sekund na 1 kus. Předpokládané úspory tohoto návrhu jsou v podobě mezd 2 pracovnic v celkové hodnotě 1 100 000 Kč za rok. Předpokladem však není navýšení výroby rozbušek za směnu, a tudíž by byla parciální produktivita navýšena o 16 %, což je dle stanoveného cíle práce a požadavků společnosti nedostatečné. Proto byla realizace tohoto návrhu zamítnuta.

### 13.2 Pásový dopravník na ručních linkách

Druhým navrhovaným řešením byl pásový dopravník, pomocí kterého by dle předpokladu společnosti došlo k navýšení produktivity i efektivity ručních linek. Taktéž by mělo dojít k zamezení zbytečným pohybům, jež se na pracovišti vyskytují. I tento návrh zahrnuje úsporu 2 pracovníků na pozicích pro testování elektronických rozbušek E\*STAR, jako je tomu v předešlém případě (viz. kapitola 13.1). Předpokládané finanční úspory tedy činí 1 100 000 Kč za rok. Ovšem společnost předpokládá navýšení vyrobených výrobků za směnu v maximálním počtu 100 kusů, což by znamenalo 1 300 výrobků za směnu na jedné ruční lince. Došlo by tak k navýšení parciální produktivity o 25 % a celkové produktivity o 8,33 %.

Předpokládané investice na pásový dopravník by činily 400 000 Kč. Podílem investice na pásový dopravník s úsporami na 2 pracovníky, by doba návratu investice činila 0,36 roku čili přibližně 4,5 měsíce. Ovšem navýšení parciální produktivity by nebylo dostatečné a nekoresponduje s hlavním cíle této práce ani s požadavky společnosti. Tudíž k realizaci tohoto návrhu nedojde.

### 13.3 Nahrazení ručních linek novou automatizovanou linkou Elektra XY

Nejvíce přínosným návrhem, pro který byl projekt zpracován, je nahrazení ručních linek novou automatizovanou linkou Elektra XY. Jak je z předchozích částí této práce patrné, jedna taková linka se již ve výrobní hale nachází. Ovšem na rozdíl od ní by měla nová linka určité modifikace. Tyto modifikace spočívají v sestavě konektorů s kovovými kontakty, kdy by docházelo k předpokládané úspoře 3 300 000 Kč za rok. Další modifikací je vstupní operace, která by obsahovala 2 kolejnice namísto 1, jako je tomu u původní linky Elektra. Tímto by mělo dojít k zamezení plýtvání v podobě prostoje, kdy pracovníci čekají na sebe navzájem.

Na nové lince by pracovaly 2 pracovníky u vstupní operace a 3 pracovníky na výstupu, jelikož by ostatní operace probíhaly uvnitř automatizované linky. Nově navržená linka Elektra XY by tak dokázala ušetřit 10 pracovníků obsluhy, které nyní pracují na ručních linkách. Dle předpokladu společnosti by nová linka měla vyrobit 2 500 hotových rozbušek za směnu, respektive 500 rozbušek za směnu na 1 pracovníci. Lze tedy konstatovat, že by došlo k navýšení parciální produktivity o 212,5 % z původních 160 výrobků a celkové produktivity o 4,17 % (o 100 kusů).

Jelikož bylo hlavním cílem práce i požadavkem společnosti navýšit parciální produktivitu o 150 % (400 kusů), je tento výsledek více než uspokojivý. Došlo by tak ke splnění hlavního cíle i realizaci návrhu na novou automatizovanou linku Elektra XY.

Odhadovaná investice na novou linku Elektra XY činí dle společnosti přibližně 35 000 000 Kč. Předpokládané úspory na 10 pracovních by byly stanoveny na 5 500 000 Kč za rok. Další úspory, v podobě sestavy konektorů s kontakty, by činily přibližně 3 300 000 Kč ročně. Výsledným podílem investice na novou linku Elektra XY s předpokládanými úsporami, by byla návratnost investice v horizontu 3,98 let čili přibližně 47,8 měsíců.

### 13.4 Shrnutí zhodnocení navrhovaných řešení

V podkapitole je zohledněna tabulka 24, v níž jsou všechny návrhy na racionalizaci vybrané výrobní linky shrnuty. Hlavní cíl práce, kterým je navýšení parciální produktivity o 150 %, by byl splněn pouze u třetího návrhu. Jak již bylo zmíněno, tak cíl práce koresponduje s požadavky společnosti, a tudíž dojde k implementaci pouze třetího návrhu, kterým je nahrazení ručních linek novou automatizovanou linkou Elektra XY. I když je doba návratnosti nové automatizované linky Elektra XY 3,98 let, tak přesto je vhodné tuto linku zavést, a nahradit tak dosavadní ruční linky z hlediska trendu snižujícího se počtu ekonomicky aktivních obyvatel, ale rovněž z hlediska monotónních a často opakujících se činností, které vedou k chybovosti, úrazům či nemocem z povolání. Zároveň automatizace procesu nahrazuje lidský faktor, zaručuje vyšší kvalitu výrobků, nižší chybovost, předchází pracovním úrazům a také splňuje strategický cíl společnosti.

*Tabulka 24 Shrnutí navrhovaných řešení z hlediska investic, úspor a přínosů (vlastní zpracování)*

Kapitola	Navrhovaná opatření	Investice (včetně DPH)	Úspory (včetně DPH)	Návratnost (rok)	Návratnost (měsíc)	Přínosy
12.1.1	Změna pracoviště pro testování funkčnosti rozbušek	0 Kč	2 pracovníce = <b>1 100 000 Kč/rok</b>	0	0	Zvýšení parciální produktivity o 16 %
12.1.2	Pásový dopravník na ručních linkách	400 000 Kč	2 pracovníce = <b>1 100 000 Kč/rok</b>	0,36	4,4	Zvýšení parciální produktivity o 25 %
12.2	Nahrazení ručních linek novou automatizovanou linkou Elektra XY	35 000 000 Kč	10 pracovních + konektory = <b>8 800 000 Kč/rok</b>	3,98	47,8	Zvýšení parciální produktivity o 212,5 %



## ZÁVĚR

Dílčí cíle práce spočívaly v racionálních návrzích na změnu původního stavu ručních linek, pomocí kterých lze dosáhnout zefektivnění výrobního procesu, čímž by také došlo k navýšení celkové produktivity, snížení operačních časů či využití automatizace, která sníží takt výrobní linky, výskyt plýtvání a možných zranění při manipulaci. Takové návrhy vedly ke splnění hlavního cíle práce, kterým je navýšení parciální produktivity o 150 %. Aby bylo možné cíl splnit, byly využity metody průmyslového inženýrství, konkrétně se jednalo o pozorování, přímé a nepřímé měření. Princip teorie omezení sloužil ke stanovení úzkého místa ve výrobním procesu na ručních linkách, které bylo nutné optimalizovat.

Práce se dělí na teoretickou a praktickou část. Teoretická část spočívala v průzkumu literárních pramenů z knih, článků i internetových zdrojů. V jejím úvodu byl popsán výrobní proces společně s možnostmi uspořádání pracovišť. Ve vazbě na výrobní proces také byly zmíněny druhy plýtvání, na které navazuje štíhlý podnikový proces, s vybranými metodami, jež organizace usilovně využívá. V návaznosti na cíl diplomové práce byla popsána produktivita a norma spotřeby práce. V další části jsou uvedeny analytické metody průmyslového inženýrství, které byly v analytické části využity pro sběr dat. V návaznosti na jeden z návrhů na racionalizaci původního stavu ručních linek je popsán smysl automatizace výrobního procesu, který je jistě v současné době oblíbeným přístupem k navýšení produktivity výrobního procesu se současným snižováním prostojů či jiných druhů plýtvání. Ovšem budoucí pokrok automatizace spočívá v přístupu čtvrté průmyslové revoluce, tedy Průmyslu 4.0, který je v samotném závěru teoretické části uveden.

Úvod praktické části představuje organizaci Austin Detonator, s. r. o., ve které byla praktická část práce zpracována. Následující kapitola spočívá v analýze současného stavu ručních linek a automatizované linky Elektra, na kterých se vyrábí elektronické rozbušky E\*STAR. Je nutné zmínit že obě ruční linky by dohromady měly dle normy vyrobit 2 400 hotových výrobků za směnu, kdy pro obsluhu obou linek je potřeba 15 pracovníků. Součástí analýzy je také popis těchto linek a zohlednění v layoutu výrobní haly. Využitím metody MOST a chronometraže proběhla časová studie na jednotlivých pracovištích ručních linek, které byly následně přehledně shrnuty. Pomocí principu TOC bylo také definováno úzké místo v procesu výroby. K identifikaci dalších nedostatků byly využity snímky pracovního dne pro obě ruční linky i automatizovanou linku Elektra, která byla s ručními linkami porovnána z hlediska prostojů, dostupnosti i výkonnosti.

Mezi zjištěné nedostatky patří úzké místo ve výrobním procesu, nenaplněný potenciál ruční linky a další plýtvání, které je zohledněno v tabulce 19. V praktické části je vymezen projekt práce, který obsahuje projektový list, harmonogram projektu, logický rámec projektu a RIPRAN analýzu. V závěru práce jsou uvedeny návrhy na racionalizaci původního stavu ručních linek. Mezi tyto návrhy patří optimalizace ručních linek z hlediska změny pracoviště pro testování funkčnosti rozbušek což by vedlo k navýšení parciální produktivity o 16 % a pásový dopravník, kdy by se jednalo o navýšení parciální produktivity o 25 %. Ovšem tyto návrhy nekorespondují s hlavním cílem práce ani strategii firmy. Jelikož by bylo navýšení parciální produktivity nedostatečné, bylo od těchto návrhů opuštěno. Podstatou návrhu, který byl součástí projektu, je nahrazení obou ručních linek novou automatizovanou linkou Elektra XY. Tímto způsobem by došlo k potřebnému navýšení parciální produktivity, konkrétně o 212,5 %, jelikož by nová linka dokázala vyrobit 2 500 hotových výrobků a vyžadovala obsluhu pouze 5 pracovníků. Odhadovaná investice na novou linku Elektra XY činí dle společnosti přibližně 35 000 000 Kč. Předpokládané úspory na 10 pracovníků byly stanoveny na 5 500 000 Kč za rok. Další úspory jsou v podobě automatické sestavy konektorů s kontakty, které by si nová linka Elektra XY dokázala oproti původní automatizované lince Elektře provádět sama. Ty by činily přibližně 3 300 000 Kč ročně. Návratnost investice by tedy byla v horizontu 3,98 let. I když se doba návratnosti nové automatizované linky Elektra XY může zdát dlouhá, tak přesto je vhodné tuto linku zavést, a nahradit tak dosavadní ruční linky z hlediska trendu snižujícího se počtu ekonomicky aktivních obyvatel, ale rovněž z hlediska monotónních a často opakujících se činností, které vedou k chybovosti, úrazům či nemocem z povolání. Zároveň by automatizace procesu navýšila totální produktivity linky, snížila výrobní takt linky a zaručovala by vyšší kvalitu výrobků, nižší chybovost a předcházela by pracovním úrazům a také by splnila strategický cíl společnosti.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.**

*Austin Detonator s.r.o.: Obchodní rejstřík*, © 2000 - 2024. Online. Kurzy.cz. Dostupné z: <https://rejstrik-firem.kurzy.cz/25689916/austin-detonator-sro/>. [cit. 2024-01-30].

BAUER, Miroslav, 2013. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks. ISBN 978-80-265-0029-2.

CAGÁŇOVÁ, Dagmar; CHROMJAKOVÁ, Felicita a ŠUJANOVÁ, Jana, 2020. *Industry 4.0 and circular economy*. Zlín: Tomas Bata University in Zlín. ISBN 978-80-7454-969-4.

ČÍŽEK, Jakub, 2019. *Většina českých studentů technických škol netuší, co je to průmysl 4.0*. Online. In: Connect.cz. Dostupné z: <https://connect.zive.cz/clanky/pruzkum-vetsina-ceskych-studentu-technickyh-skol-netusi-co-je-to-prumysl-40/sc-320-a-197617/default.aspx>. [cit. 2024-04-06].

DAVIDSON, Gregg W. a CARLSON, Jarrett E., 2021. *Rapid Excavation and Tunneling Conference 2021 Proceedings*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. ISBN 978-0-87335-492-9.

DANESHJO, Naqib a MALEGA, Peter, 2020. Measurement of Productivity in Small-Series Production and Application of Lean Production Elements. *TEM Journal*. Online. Vol. 9, iss. 1, s. 107-116. ISSN 2217-8309. Dostupné z: <https://doi.org/10.18421/TEM91-16>. [cit. 2023-11-24].

DENNIS, Pascal, 2016. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4987-0887-6.

DEWI, S. K.; UTAMA, D. M. a ROHMAN, R. N., 2021. Minimize waste on production process using lean concept. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021-02-01, Online. Vol. 1764, iss. 1. ISSN 1742-6588. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012201>. [cit. 2023-11-22].

DLABAČ, Jaroslav, 2015. *Analýza a měření práce*. Online. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>. [cit. 2023-10-07].

DLABAČ, Jaroslav, 2023. *Analýza a normování práce je pro velkou část českých firem stále aktuálnějším tématem*. Online. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25840n-analyza-a-normovani-prace-je-pro-velkou-cast-ceskych-firem-stale-aktualnejsim-tematem>. [cit. 2023-10-08].

FÍŠER, Roman, 2014. *Procesní řízení pro manažery: Jak zařídit, aby lidé věděli, chtěli, uměli i mohli*. Grada. ISBN 978-80-247-5038-5.

GILCHRIST, Alasdair, 2016. *Industry 4.0: the industrial internet of things*. New York: Apress. ISBN 978-1-4842-2046-7.

GREENE, Jack, 2013. *Industrial engineering: theory, practice & application: business and production management, productivity and capacity*. North Charleston: CreateSpace. ISBN 978-1482301793.

GUPTA, Saurabh; RANI, Sangeeta a DIXIT, Amit, 2019. Recent Trends in Automation-A study of RPA Development Tools. *2019 3rd International Conference on Recent Developments in Control, Automation & Power Engineering (RDCAPE)* Online. S. 159-163. ISBN 978-1-7281-2068-3. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/RDCAPE47089.2019.8979084>. [cit. 2023-11-16].

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg. ISBN 978-80-8154-058-5.

CHROMJAKOVÁ, Felicita; TUČEK, David a BOBÁK, Roman, 2017. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7454-680-8.

CHROMJAKOVÁ, Felicita a RAJNOHA, Rastislav, 2011. *Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra*. Žilina: Georg. ISBN 978-80-89401-26-0.

Interní dokumenty společnosti Austin Detonator s.r.o.

IVANČIĆ, Lucija; SUŠA VUGEC, Dalia a BOSILJ VUKŠIĆ, Vesna, 2019. Robotic Process Automation: Systematic Literature Review. *Business Process Management: Blockchain and Central and Eastern Europe Forum*. Lecture Notes in Business Information Processing. Online. Vol. 361, ISSN 1865-1348. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30429-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30429-4_19). [cit. 2023-11-16].

JANUŠKA, Martin, 2018. *Úvod do operativního řízení podniku*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. ISBN 978-80-261-0800-9.

JUROVÁ, Marie, 2013. *Výrobní procesy řízené logistikou*. Praha: Brno: BizBooks. ISBN 978-80-265-0059-9.

JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5717-9.

KAVAN, Michal, 2002. *Výrobní a provozní management*. Expert. Praha: Grada. ISBN 80-247-0199-5.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a VALSA, Ondřej, 2012. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3. dopl. vyd. C.H. Beck pro praxi. Praha: C.H. Beck. ISBN 978-80-7179-319-9.

*Kdo jsme?*, © 2024. Online. Austin Powder. Dostupné z: <https://austinpowder.com/austindetonator/about-us/>. [cit. 2024-01-30].

KHAIRUNNISA; HIDAYATI, Juliza a SHALIHIN, Ahmad, 2020. Reducing waste order production process more efficient approach effective and lean manufacturing (Journal Review). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020-01-01, Online. Vol. 725, iss. 1. ISSN 1757-8981. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/725/1/012001>. [cit. 2023-11-20].

KIRAN, D. R., 2019. *Production Planning and Control - A Comprehensive Approach*. Elsevier. ISBN 978-0-1281-8364-9.

KOPACEK, P., 2019. Trends in Production Automation. *IFAC-PapersOnLine*. Online. Vol. 52, iss. 25, s. 509-512. ISSN 2405-8963. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.595>. [cit. 2023-11-16].

KOŠTURIÁK, Ján, 2010. *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Business books. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-2349-2.

KUČEROVÁ, Marta; MLKVA, Miroslava; SABLÍK, Jozef a GEJGUŠ, Mirk, 2015. Eliminating waste in the production process using tools and methods of industrial engineering. *Production Engineering Archives*. Online. Vol. 9, s. 30-34. ISSN 2353-7779. Dostupné z: <https://doi.org/10.30657/pea.2015.09.08>. [cit. 2023-11-22].

LIEVANO-MARTÍNEZ, Federico A.; FERNÁNDEZ-LEDESMA, Javier D.; BURGOS, Daniel; BRANCH-BEDOYA, John W. a JIMENEZ-BUILES, Jovani A., 2022. Intelligent Process Automation: An Application in Manufacturing Industry. *Sustainability*. Online. Vol. 14, iss. 14. ISSN 2071-1050. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su14148804>. [cit. 2023-11-16].

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

MAŠÍN, Ivan a VYTLAČIL, Milan, 2000. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství. ISBN 80-902235-6-7.

NENADÁL, Jaroslav, 2018. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-561-2.

OPLETAL, Petr, 2023. *Snímek pracovního dne*. Online. In: Contros.cz. Dostupné z: <https://www.contros.cz/blog/snimek-pracovniho-dne/>. [cit. 2024-04-08].

PIVODOVÁ, Pavlína, 2013a. *Studie metod a měření práce*.

PIVODOVÁ, Pavlína, 2013b. *Měření práce*.

PRINCLÍK, Jan, © 2013. *Snímek pracovního dne (Personální audit)*. Online. In: Proexperty.cz. Dostupné z: <https://theexperts.cz/firemni-vzdelavani/human-resources/56-snimek-pracovniho-dne-personalni-audit>. [cit. 2024-04-07].

ROJAS, Alejandro Mejia a BARBIERI, Giacomo, 2019. A Low-Cost and Scaled Automation System for Education in Industrial Automation. *2019 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETF A)*. Online. Vol. 17, iss. 1, s. 439-444. ISSN 1848-5588. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ETF A.2019.8869535>. [cit. 2023-11-24].

SARTOR, Marco a ORZES, Guido (ed.), 2019. *Quality management: tools, methods, and standards*. United Kingdom: Emerald Publishing. ISBN 978-1-78769-804-8.

SKILTON, Mark a HOVSEPIAN, Felix, 2018. *The 4th industrial revolution: responding to the impact of artificial intelligence on business*. Cham: Springer. ISBN 978-3-319-62478-5.

SHARMA, K. L. S., 2017. *Overview of Industrial Process Automation*. 2nd ed. United States: Elsevier Science. ISBN 978-0-12-805354-6.

- SJÖDIN, David R.; PARIDA, Vinit; LEKSELL, Markus a PETROVIC, Aleksandar, 2018. Smart Factory Implementation and Process Innovation. Online. *Research-Technology Management*. Vol. 61, iss. 5, s. 22-31. ISSN 0895-6308. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/08956308.2018.1471277>. [cit. 2024-04-03].
- SOBRINO, Daynier Ronaldo Delgado a VELÍŠEK, Karol, 2018. *Novel Trends in Production Devices and Systems IV*. Trans Tech. ISBN 978-3-0357-1265-0.
- TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra, 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Expert (Grada). Praha: Grada. ISBN 978-802-4744-865.
- TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra, 2017. *Průmysl 4.0, aneb, Nikdo sám nevyhraje*. Průhonice: Professional. ISBN 978-80-906594-4-5.
- TUČEK, David a BOBÁK, Roman, 2006. *Výrobní systémy*. Vyd. 2., upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 80-731-8381-1
- ÜSTÜNDAĞ, Alp a ÇEVIKCAN, Emre, 2018. *Industry 4.0: managing the digital transformation*. Cham: Springer. Springer. ISBN 978-331-9578-705.
- VAPSKI, Dejan and PANDILOV, Zoran, 2023. Automation of Production Line in Order to Increase the Productivity. *Tehnički glasnik*. 2023-02-01, Online. Vol. 17, iss. 1, s. 146-152. Available at: <https://doi.org/10.31803/tg-20210211230401> [cit. 2023-11-24].
- VOCHOZKA, Marek a MULAČ, Petr, 2012. *Podniková ekonomika*. Finanční řízení. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4372-1.
- ZANDIN, Kjell B., 2003. *MOST work measurement systems*. 3rd ed., rev. and expanded. Industrial engineering. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis. ISBN 0-8247-0953-5
- ZANDIN, Kjell B. a SCHMIDT, Therese M., 2021. *MOST® Work Measurement Systems*. 4th ed. CRC Press. ISBN 978-0-367-34531-0.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AI	Artificial intelligence (umělá inteligence)
atd.	A tak dále
apod.	A podobně
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
č.	Číslo
EIM	Elektronický iniciační modul
ENVA	Essential Non-Value Added (nezbytný, ale nepřidává hodnotu)
LDPE	Low density polyethylene (nízko-hustotní polyethylen)
NVA	Non-Value Added (nepřidává hodnotu)
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Celková efektivnost zařízení)
OŘ	Organizační řád
PC	Personal computer (osobní počítač)
RFID	Radio Frequency Identification (identifikace na rádiové frekvenci)
RPA	Robotic process automation (robotická automatizace procesů)
SPOL	Označení Austin Detonator s. r. o.
s. r. o.	Společnost s ručením omezeným
TOC	Theory of Constraints (Teorie omezení)
VA	Value Added (přidává hodnotu)



## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Výrobní faktory v podniku (Keřkovský a Valsa, 2012)</i> .....	13
<i>Obrázek 2 Technologické uspořádání výroby (Jurová, 2016)</i> .....	16
<i>Obrázek 3 Předmětné uspořádání výroby (Jurová, 2016)</i> .....	17
<i>Obrázek 4 Buňkové uspořádání výroby (Jurová, 2016)</i> .....	18
<i>Obrázek 5 Metoda Drum, Buffer, Rope (Fišer, 2014)</i> .....	29
<i>Obrázek 6 Spotřeba času pracovníka (vlastní zpracování dle Jurová, 2016)</i> .....	31
<i>Obrázek 7 Čtyři průmyslové revoluce (Čížek, 2019)</i> .....	39
<i>Obrázek 8 Logo společnosti (Kdo jsme?, © 2024)</i> .....	46
<i>Obrázek 9 Organizační struktura Austin Detonator s. r. o. (interní dokumenty společnosti)</i> .....	47
<i>Obrázek 10 Layout výrobní linky (vlastní zpracování dle interních dokumentů společnosti)</i> .....	52
<i>Obrázek 11 Výrobní linka Elektra (interní dokumenty společnosti)</i> .....	52
<i>Obrázek 12 Layout výrobní haly (vlastní zpracování dle interních dokumentů společnosti)</i> .....	53
<i>Obrázek 13 E*STAR smyčka (upraveno dle interních dokumentů společnosti)</i> .....	54
<i>Obrázek 14 E*STAR cívka (upraveno dle interních dokumentů společnosti)</i> .....	54
<i>Obrázek 15 Detail krimpování vodičů a EIM (vlastní zpracování)</i> .....	56
<i>Obrázek 16 Proces škrvení (vlastní zpracování)</i> .....	57
<i>Obrázek 17 Zkouška tahem (vlastní zpracování)</i> .....	58
<i>Obrázek 18 Ustavení konektoru a vodičů (vlastní zpracování)</i> .....	59
<i>Obrázek 19 Zalisování vodičů do konektoru (vlastní zpracování)</i> .....	59
<i>Obrázek 20 Nanesení vazelíny do konektoru (vlastní zpracování)</i> .....	60
<i>Obrázek 21 Testování rozbušek na E*Star Testeru (vlastní zpracování)</i> .....	62
<i>Obrázek 22 Upnutí rozbušky při aplikaci RFID praporku (vlastní zpracování)</i> .....	64
<i>Obrázek 23 Načtení čipu RFID praporku (vlastní zpracování)</i> .....	64
<i>Obrázek 24 Hotový výrobek E*STAR smyčka (vlastní zpracování)</i> .....	65
<i>Obrázek 25 Skládačky v krabici (vlastní zpracování)</i> .....	66
<i>Obrázek 26 Paleta s hotovými kusy (vlastní zpracování)</i> .....	67
<i>Obrázek 27 Graf Srovnání metody MOST s přímým náměrem (vlastní zpracování)</i> .....	69
<i>Obrázek 28 Činnosti ve výrobním procesu v % – ELEKTRA (vlastní zpracování)</i> .....	74
<i>Obrázek 29 Práce x prostoj – ELEKTRA (vlastní zpracování)</i> .....	74
<i>Obrázek 30 Činnosti při výrobě v % – první ruční linka (vlastní zpracování)</i> .....	76
<i>Obrázek 31 Práce x prostoj – první ruční linka (vlastní zpracování)</i> .....	76

---

<i>Obrázek 32 Činnosti při výrobě v % – druhá ruční linka (vlastní zpracování)</i> .....	78
<i>Obrázek 33 Práce x prostoj – druhá ruční linka (vlastní zpracování)</i> .....	78
<i>Obrázek 34 Porovnání dostupnosti linek (vlastní zpracování)</i> .....	79
<i>Obrázek 35 Porovnání vyrobených kusů za směnu u všech linek (vlastní zpracování)</i> .....	80
<i>Obrázek 36 Porovnání parciálních produktivity linek (vlastní zpracování)</i> .....	81
<i>Obrázek 37 Konektor s kontaktem (vlastní zpracování)</i> .....	97
<i>Obrázek 38 Založená smyčka v paletce (vlastní zpracování)</i> .....	99
<i>Obrázek 39 Nový layout výrobní haly (vlastní zpracování dle interních dokumentů společnosti)</i> .....	101

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1 Výpis z OR (vlastní zpracování dle Austin Detonator s.r.o.: Obchodní rejstřík, © 2000 – 2024) .....</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 2 Chronometráž krimpování EIM a nastříknutého těsnění (vlastní zpracování) .</i>	<i>56</i>
<i>Tabulka 3 Chronometráž škracení laborované rozbušky (vlastní zpracování) .....</i>	<i>58</i>
<i>Tabulka 4 Chronometráž lisování vodičů do konektoru a nanesení pasty (vlastní zpracování) .....</i>	<i>61</i>
<i>Tabulka 5 Chronometráž testování funkčnosti rozbušek (vlastní zpracování) .....</i>	<i>63</i>
<i>Tabulka 6 Chronometráž aplikace RFID praporku (vlastní zpracování).....</i>	<i>65</i>
<i>Tabulka 7 Chronometráž balení výrobků do krabic .....</i>	<i>67</i>
<i>Tabulka 8 Chronometráž skládání krabic a skládaček (vlastní zpracování).....</i>	<i>68</i>
<i>Tabulka 9 Přehled chronometráže a Basic MOST (vlastní zpracování) .....</i>	<i>69</i>
<i>Tabulka 10 Norma spotřeby práce (vlastní zpracování dle interních dokumentů společnosti) .....</i>	<i>71</i>
<i>Tabulka 11 Takt na linkách dle požadavku zákazníka (vlastní zpracování).....</i>	<i>72</i>
<i>Tabulka 12 Snímek pracovního dne zařízení Elektra (vlastní zpracování) .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabulka 13 Snímek pracovního dne první ruční linky (vlastní zpracování) .....</i>	<i>75</i>
<i>Tabulka 14 Snímek pracovního dne druhé ruční linky (vlastní zpracování) .....</i>	<i>77</i>
<i>Tabulka 15 Porovnání získaných dat po aplikaci snímku pracovního dne (vlastní zpracování) .....</i>	<i>82</i>
<i>Tabulka 16 Porovnání produkce při třisměnném provozu (vlastní zpracování) .....</i>	<i>83</i>
<i>Tabulka 17 Chronometráž čekání pracovnice na vyhodnocení první rozbušky (vlastní zpracování) .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabulka 18 Teoretický výpočet nevyužitého času pracovnice (vlastní zpracování) .....</i>	<i>85</i>
<i>Tabulka 19 Přehled plýtvání při analýze ručních linek (vlastní zpracování).....</i>	<i>87</i>
<i>Tabulka 20 Projektový list (vlastní zpracování) .....</i>	<i>91</i>
<i>Tabulka 21 Kritéria pro hodnocení RIPRAN analýzy (vlastní zpracování) .....</i>	<i>93</i>
<i>Tabulka 22 Basic MOST pro návrh změny na pracovišti testování rozbušek (vlastní zpracování) .....</i>	<i>95</i>
<i>Tabulka 23 Porovnání navrhovaných řešení z hlediska výkonosti (vlastní zpracování) ...</i>	<i>102</i>
<i>Tabulka 24 Shrnutí navrhovaných řešení z hlediska investic, úspor a přínosů (vlastní zpracování) .....</i>	<i>104</i>

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha P I: Aplikace Basic MOST na současný stav

Příloha P II: Organizační schéma společnosti

Příloha P III: Harmonogram projektu

Příloha P IV: Logický rámec projektu

Příloha P V: RIPRAN analýza

# PŘÍLOHA P I: APLIKACE BASIC MOST NA SOUČASNÝ STAV

## Krimpování EIM a nastříknutého těsnění

Poznámky: První operace - krimpování EIM s vodiči nastříknutého těsnění											
Pořadové číslo	Popis operace	Použití rukou	Sekvence						A - Návrat	Frekvence	TMU
			OP	ABG - Ziskat			ABP - Položit				
			ŘP	MXI - Přemístit/Spustit							
			N	ABP - Položit			Nástroj	ABP - Položit stranou			
			J	ATK - Ziskat			FVL - Položit	VPT - Položit stranou			
1	Vzít cívku/smyčku z bedny	OP	A 1 B 0 G 3	A 0 B 0 P 0				A 0	1,00	40	
2	Vzít EIM z krabičky	OP	A 1 B 0 G 1	A 0 B 0 P 0				A 0	1,00	20	
3	EIM umístit s ustavením pod nástroj	OP	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 6				A 0	1,00	70	
4	Konce vodičů ustavit do žlábků EIM	OP	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 6				A 0	1,00	70	
5	Obezpečetit sešlápnout nožní pedál	ŘP	A 1 B 0 G 0	M 1 X 6 I 0				A 0	1,00	80	
6	Přidržovat EIM i nastříknuté těsnění, aby nedošlo k vysunutí vodičů	OP	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0				A 0	1,00	0	
7	Vyjmout díl z přípravku a provést vizuální kontrolu a předat OK kus na další operaci	NT	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 0	T 3	A 1 B 0 P 1	A 1	1,00	70		
Celková spotřeba času:				0,21		12,59		350			
				minut		sekund		TMU			

## Škracení laborované rozbušky

Poznámky: Druhá operace - Škracení laborované rozbušky											
Pořadové číslo	Popis operace	Použití rukou	Sekvence						A - Návrat	Frekvence	TMU
			OP	ABG - Ziskat			ABP - Položit				
			ŘP	MXI - Přemístit/Spustit							
			N	ABP - Položit			Nástroj	ABP - Položit stranou			
			J	ATK - Ziskat			FVL - Položit	VPT - Položit stranou			
1	Uchopit laborovanou rozbušku z ochranného bloku	OP	A 1 B 0 G 1	A 0 B 0 P 0				A 0	1,00	20	
2	Provést vizuální kontrolu potisku rozbušky a vložit do otvoru škrťáčky	NT	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 0	T 3	A 1 B 0 P 6	A 0	1,00	110		
3	Zasunout palník do laborované rozbušky na doraz	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6				A 0	1,00	90	
4	Palcem pravé ruky spustit cyklus škracení, který je dokončen v automatickém režimu 2 sekund	ŘP	A 1 B 0 G 0	M 1 X 10 I 0				A 0	1,00	120	
5	Vyjmout rozbušku a vizuálně zkontrolovat vzhled škracení	NT	A 0 B 0 G 1	A 1 B 0 P 0	T 3	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	50		
6	Provést zkoušku tahem	ŘP	A 0 B 0 G 0	M 1 X 3 I 0				A 0	1,00	70	
7	OK kus předat na další operaci	OP	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 1				A 1	1,00	30	
Celková spotřeba času:				0,29		17,63		490			
				minut		sekund		TMU			

## Lisování vodičů do konektoru a nanesení silikonové pasty

Poznámky: Třetí operace - Lisování vodičů do konektoru										
Pořadové číslo	Popis operace	Použití rukou	Sekvence						Frekvence	TMU
			OP	ABG - Ziskat	ABP - Položit			A - Návrat		
			ŘP		MXI - Přemístit/Spustit					
			N		ABP - Položit	Nástroj	ABP - Položit stranou			
			J	ATK - Ziskat	FVL - Položit		VPT - Položit stranou			
1	Uchopit konektor a vložit do desky v přípravku	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6				A 0	1,00	90
2	Uchopit rozbušku a konce vodičů ustavit do drážek kontaktů v konektoru	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6				A 0	1,00	90
3	Uchopit madlo krytu a zatáhnout směrem dolů, lis zalisuje vodiče	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 10 I 0				A 0	1,00	130
4	Zvednout madlo nahoru	ŘP	A 0 B 0 G 0	M 1 X 3 I 0				A 0	1,00	40
5	Vyjmout konektor z přípravku, provést vizuální kontrolu vodičů a umístit pod vstříkovací ventil	NT	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 0	T 3	A 1 B 0 P 6		A 0	1,00	130
6	Sešlápnout pedál	ŘP	A 1 B 0 G 0	M 1 X 10 I 0				A 0	1,00	150
7	Položit konektor na stůl	OP	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 1				A 0	1,00	20
8	Uzavřít víčko konektoru zatlačením prstů	ŘP	A 0 B 0 G 0	M 1 X 3 I 0				A 0	1,00	40
9	Rozbušku uložit do kartonu na transportní vozík	OP	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 1				A 1	1,00	30
Celková spotřeba času:					0,43	25,90			720	
					minut	sekund			TMU	

## Testování funkčnosti rozbušek

Poznámky: Čtvrtá operace - testování funkčnosti rozbušek (tuto činnost provádí 4x)										
Pořadové číslo	Popis operace	Použití rukou	Sekvence						Frekvence	TMU
			OP	ABG - Ziskat	ABP - Položit			A - Návrat		
			ŘP		MXI - Přemístit/Spustit					
			N		ABP - Položit	Nástroj	ABP - Položit stranou			
			J	ATK - Ziskat	FVL - Položit		VPT - Položit stranou			
1	Uchopit rozbušku z kartonu, provést vizuální kontrolu zaškrčení a odložit k testovací pozici	NT	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 0	T 3	A 1 B 0 P 1		A 0	4,00	320
2	Ručně otočit a otevřít víko krytu o 180°	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0				A 0	4,00	120
3	Uchopit rozbušku a zasunout do testovacího boxu	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3				A 0	4,00	240
4	Ručně uzavřít víko krytu o 180°	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0				A 0	4,00	120
5	Umístit konektor na testovací přípravek	OP	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 3				A 0	4,00	280
6	Zajistit konektor upínkou	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0				A 0	4,00	120
7	Stisknout tlačítko start	ŘP	A 1 B 0 G 0	M 1 X 0 I 0				A 0	4,00	80
9	Čekat na vyhodnocení testu první rozbušky	Č	čas 0,66 min						1,00	1100,22
10	Odebrat traceabilitní praporek z tiskárny a nalepit na vodiče	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3				A 0	4,00	240
11	Zkontrolovat na monitoru, zda došlo k přepsání hodnot zpoždění detonace	NT	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	T 1	A 0 B 0 P 0		A 0	1,00	10
12	Odjistit upínku konektoru	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0				A 0	4,00	120
13	Uvolnit víko krytu otočením o 180°	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0				A 0	4,00	120
14	Vyjmout rozbušku a odložit na stůl	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1				A 0	4,00	160
15	Přenést 4 shodné kusy rozbušek na následující pracoviště	OP	A 1 B 0 G 1	A 3 B 0 P 1				A 3	1,00	150
Celková spotřeba času:					1,91	114,40			3180,22	
					minut	sekund			TMU	

## Aplikace RFID praporku

Poznámky: Pátá operace - Aplikace RFID praporku											
Pořadové číslo	Popis operace	Kód	Sekvence						A - Návrat	Frekvence	TMU
			ABG - Získat	ABP - Položit	MXI - Přemístit/Spustit	Nástroj	ABP - Položit stranou	FVL - Položit			
	OP - obecné přemístění	OP									
	ŘP - řízené přemístění (Č - Procesní čas)	ŘP									
	N - Použití nástroje	N									
	J - Jeřáb	J									
			ATK - Získat								
1	Ručně otočit a otevřít víko krytu o 180°	ŘP	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	M 1 X 0 I 0 1 1 1 1				A 0 1	1,00	30	
2	Uchopit rozbušku a vložit ji do boxu	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1 1				A 0 1	1,00	60	
3	Ručně uzavřít víko krytu o 180°	ŘP	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	M 1 X 0 I 0 1 1 1 1				A 0 1	1,00	30	
4	Konektor připojit na adaptér	OP	A 0 B 0 G 0 1 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1 1				A 0 1	1,00	40	
5	Stisknout tlačítko start	ŘP	A 0 B 0 G 1 1 1 1 1	M 1 X 6 I 0 1 1 1 1				A 0 1	1,00	80	
6	Odebrat RFID praporek a přiložit ke čtečce	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1 1				A 0 1	1,00	60	
7	Otočit RFID praporek spodní stranou vzhůru, vizuálně zkontrolovat počet čipů a nalepit na vodiče	NT	A 0 B 0 G 0 1 1 1 1	A 1 B 0 P 0 1 1 1 1	T 3 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1 1		A 0 1	1,00	80	
8	Odpojit konektor z adaptéru	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1 1				A 0 1	1,00	20	
9	Ručně uvolnit a otevřít víko krytu o 180°	ŘP	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	M 1 X 0 I 0 1 1 1 1				A 0 1	1,00	30	
10	Výjmout rozbušku z měřicího boxu a shodný kus předat na další pracoviště	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1 1				A 1 1	1,00	50	
Celková spotřeba času:			0,29			17,27			480		
			minut			sekund			TMU		

## Balení výrobků do krabic

Poznámky: **Šestá operace - balení výrobků do krabic** (ve skládačce je 12 ks a v krabici 4 ks skládaček => 48 ks rozbušek)

Pořadové číslo	Popis operace	OP	Sekvence						A - Návrat	Frekvence	TMU
			ABG - Ziskat		ABP - Položit		Nástroj				
Použití rukou	OP - obecné přemístění	ŘP	MXI - Přemístit/Spustit		ABP - Položit		ABP - Položit stranou		A - Návrat	Frekvence	TMU
	ŘP - řízené přemístění (Č - Procesní čas)	N	FVL - Položit		VPT - Položit stranou						
	N - Použití nástroje	J	ATK - Ziskat		FVL - Položit		VPT - Položit stranou		A - Návrat	Frekvence	TMU
	J - Jefáb										
1	Uchopit rozbušku a provést vizuální kontrolu	NT	A 1 B 0 G 1	A 0 B 0 P 0	T 6	A 0 B 0 P 0	A 0	48,00	3840		
2	Ohnout shodný kus o 180° ke smyčce	ŘP	A 0 B 0 G 0	M 1 X 0 I 0			A 0	48,00	480		
3	Vložit jeden kus fólie na dno skládačky	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1			A 0	4,00	160		
4	Vložit rozbušku do skládačky	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3			A 0	48,00	2880		
5	Vložit jeden kus fólie pod víko skládačky	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1			A 0	4,00	160		
6	Uzavřít skládačku	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 0 X 3 I 0			A 0	4,00	200		
7	Vložit jeden kus fólie na dno krabice	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1			A 0	1,00	40		
8	Uložit skládačku do krabice	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3			A 0	4,00	240		
9	Ovinout skládačku keprovou tkanicí	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 3 X 3 I 0			A 0	1,00	80		
10	Provést sken skládačky	NM	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1	M 1	A 1 B 0 P 1	A 0	4,00	280		
11	Vložit jeden kus fólie na skládačky	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1			A 0	1,00	40		
12	Uzavřít krabici	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 0 X 3 I 0			A 0	1,00	50		
13	Posunout krabici na cyklop	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3			A 0	2,00	120		
14	Přeplepit krabici bezpečnostní přeplepkou	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3			A 0	1,00	60		
15	Obmotat krabici polypropylenovou páskou	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3			A 0	2,00	120		
16	Cyklop provede cyklus	ŘP	A 0 B 0 G 0	M 0 X 3 I 0			A 0	1,00	30		
17	Odložit krabici na europaletu	OP	A 1 B 0 G 1	A 3 B 3 P 3			A 0	1,00	110		
18	Provést sken krabice	NM	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1	M 1	A 1 B 0 P 1	A 3	1,00	100		
Celková spotřeba času:			5,39			323,38			8990		
			minut			sekund			TMU		

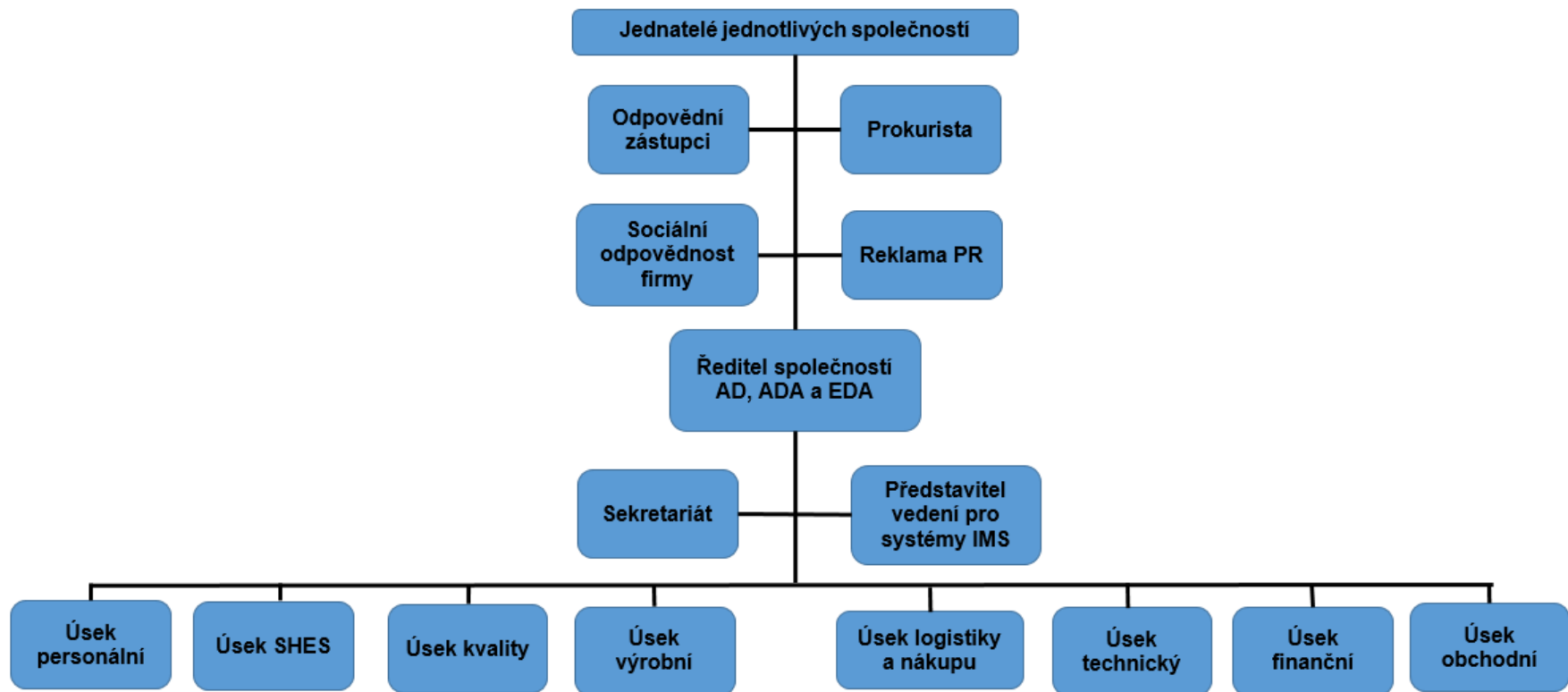
## Skládání krabic a skládaček

Poznámky: **Sedmá operace - Skládání krabic (vychystání krabic a skládaček pro balení)**

Pořadové číslo	Popis operace	OP	Sekvence						A - Návrat	Frekvence	TMU
			ABG - Ziskat		ABP - Položit		Nástroj				
Použití rukou	OP - obecné přemístění	ŘP	MXI - Přemístit/Spustit		ABP - Položit		ABP - Položit stranou		A - Návrat	Frekvence	TMU
	ŘP - řízené přemístění (Č - Procesní čas)	N	FVL - Položit		VPT - Položit stranou						
	N - Použití nástroje	J	ATK - Ziskat		FVL - Položit		VPT - Položit stranou		A - Návrat	Frekvence	TMU
	J - Jefáb										
1	Uchopit karton a uložit jej na přípravek	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3			A 0	5,00	300		
2	Složit klopky kartonové krabice	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 0 X 3 I 0			A 0	1,00	50		
3	Zavřít dno skládačky	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 0 X 3 I 0			A 0	4,00	200		
4	Přeplepit střed krabice samolepicí páskou	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 0 X 3 I 0			A 0	1,00	50		
5	Odložit samolepicí pásku	OP	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 1			A 0	1,00	20		
6	Sundat karton z přípravku a položit na stůl	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1			A 0	1,00	40		
7	Vložit 4 kusy skládačky do krabice	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3			A 0	4,00	240		
8	Předat na balící stůl	OP	A 1 B 0 G 1	A 6 B 0 P 1			A 0	1,00	90		
9	Vytáhnout 4 kusy skládaček z krabice	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1			A 6	1,00	220		
Celková spotřeba času:			0,73			43,53			1210		
			minut			sekund			TMU		



**PŘÍLOHA P II: ORGANIZAČNÍ SCHEMA SPOLEČNOSTI**  
**(VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ DLE INTERNÍCH DOKUMENTŮ SPOLEČNOSTI)**





## PŘÍLOHA P IV: LOGICKÝ RÁMEC PROJEKTU (VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ)

	Hiearchie cílů	Objektivně ověřitelné ukazatele	Způsob ověření
<b>Hlavní cíl</b>	Zvýšení parciální produktivity na výrobní lince	Výkonnost jednotlivých linek	MAINWARE - ukazatele produktivity a dostupnosti
<b>Projektový cíl</b>	Zefektivnění a zvýšení parciální produktivity výrobní linky	Zvýšení parciální produktivity o 150 %	MAINWARE - condition monitoring
<b>Výstupy</b>	1.1 Analýza současného stavu	Výsledky analýzy současného stavu	Přehled přímých a nepřímých měření, výkonnostní ukazatele linky
	1.2 Navrhovaná řešení	Nové automatizované zařízení Elektra II, nový layout výrobní linky a výrobní haly	Popis nového automatizovaného zařízení Elektra II, Vytvořený nový layout
	1.3 Zhodnocení navrhovaných řešení	Přínosy a finanční vyhodnocení návrhů	Zhodnocení navrhovaných řešení
<b>Aktivity</b>	1.1.1 Popis současného stavu výrobní linky	<b>Prostředky</b>	<b>Harmonogram projektu</b>
	1.1.2 Analýza výrobní linky	Náměry jednotlivých operací	35. týden 2023 - 50. týden 2024
	1.1.3 Využití přímých a nepřímých náměrů	Formuláře pro přímé a nepřímé měření	<b>Rizika</b>
	1.1.4 Vyhodnocení časových studií	MS Office	Chybně zpracovaná analýza
	1.1.5 Provedeny snímky pracovního dne všech linek	Technické vybavení (PC, stopky, tablet)	Nespolupráce ze strany vedení společnosti
	1.1.6 Vyhodnocení snímků pracovního dne	Odborná literatura	Nepřijetí navrhovaných řešení
	1.1.7 Porovnání s modernější linkou	Interní dokumenty společnosti	Společnost ukončí výrobu rozbušek E*STAR
	1.1.8 Vymezení plýtvání		Ztráta dat
	1.2.1 Návrh nahrazení ruční linky automatizovanou linkou Elektra II		Nedodržení časového harmonogramu
	1.2.2 Návrh nového layoutu výrobní linky a výrobní haly		Neochota spolupráce ze strany pracovníků
	1.3.1 Zhodnocení navrhovaných řešení		Nízká poptávka odběratelů Překročení rozpočtu na projekt

## PŘÍLOHA P V: RIPRAN ANALÝZA (VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ)

ID	Hrozba	P-st hrozby	ID	Scénář	P-st scénáře	P-st celková	Kategorie	Vliv	Hodnota rizika	Opatření
1	Chybně zpracovaná analýza	28%	1.1	Neobhájení DP	85%	23,8%	SP	SV	SHR	Patričná kontrola dat s členy týmu a vedoucím DP
			1.2	Nepřesné výsledky	90%	25,2%	SP	VV	VHR	
2	Nespolupráce ze strany vedení společnosti	15%	2.1	Neodevzdání DP	95%	14,25%	MP	SV	SHR	Pravidelná komunikace s vedením a ověření zájmu společnosti
			2.2	Zrušení projektu	20%	3%	MP	VV	SHR	
			2.3	Zdržení projektu	85%	12,75%	MP	SV	MHR	
3	Nepřijetí navrhovaných řešení	25%	3.1	Zdržení projektu	85%	21,25%	SP	SV	SHR	Prezentace výhod navrhovaných řešení
			3.2	Nesplnění cílů DP	90%	22,5%	SP	VV	VHR	
4	Společnost ukončí výrobu rozbušek E*STAR	2%	4.1	Nedokončení projektu	100%	2%	MP	VV	SHR	Nelze ovlivnit - akceptace rizika
5	Ztráta dat	8%	5.1	Nedodržení časového harmonogramu	85%	6,8%	MP	SV	MHR	Akceptace rizika
			5.2	Nutnost opětovné analýzy	95%	7,6%	MP	VV	SHR	Zalohovat data na cloud či více zařízeních
6	Nedodržení časového harmonogramu	15%	6.1	Zdržení projektu	95%	14,25%	MP	SV	MHR	Akceptace rizika
			6.2	Neodevzdání DP včas	90%	13,5%	MP	SV	MHR	Akceptace rizika
7	Neochota spolupráce ze strany pracovníků	45%	7.1	Neposkytnutí informací	60%	27%	SP	SV	SHR	Získání informací od mistra či vedení společnosti
			7.2	Nepřijetí návrhů na změnu	50%	23%	SP	MV	MHR	Akceptace rizika
8	Nízká poptávka odběratelů	15%	8.1	Nedokončení projektu	70%	10,5%	MP	VV	SHR	Pravidelně komunikovat se zákazníkem - vhodné PR a CRM
9	Překročení rozpočtu na projekt	12%	9.1	Zdržení projektu	55%	6,6%	MP	SV	MHR	Akceptace rizika
			9.2	Zrušení projektu	10%	1,2%	MP	VV	SHR	Řádný propočet finanční náročnosti projektu
			9.3	Zdražení výrobku	25%	3%	MP	SV	MHR	Akceptace rizika