

Analýza výrobního procesu pro vybrané zařízení ve společnosti Austin Detonator s. r. o.

Daniel Mrlina

Bakalářská práce
2022



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: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Daniel Mrlina
Osobní číslo: M19601
Studijní program: B0413P050013 Průmyslové inženýrství
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Analýza výrobního procesu pro vybrané zařízení ve společnosti Austin Detonator s. r. o.

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Proveďte průzkum literárních pramenů a zpracujte teoretické poznatky z oblasti výrobních procesů.

II. Praktická část

- Proveďte analýzu současného stavu výrobního procesu na vybraném zařízení.
- Na základě analýzy zhodnoťte současný stav výrobního procesu zařízení a navrhněte vhodná opatření pro zlepšení současného stavu pro vybrané zařízení.
- Zhodnoťte navrhovaná opatření.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: **cca 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

GREENE, Jack. *Industrial engineering: theory, practice & application: business and production management, productivity and capacity*. North Charleston: CreateSpace, 2013, 411 s. ISBN 978-1482301793.
CHROMJAKOVÁ, Felicity, David TUČEK a Roman BOBÁK. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017, 105 s. ISBN 978-80-7454-680-8.
CHROMJAKOVÁ, Felicity. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 2013, 116 s. ISBN 978-80-8154-058-5.
JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016, 254 s. ISBN 978-80-247-5717-9.
SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011, 223 s. ISBN 978-80-247-3938-0.

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

Datum zadání bakalářské práce: **11. února 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

L.S.

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Felicity Chromjaková, Ph.D.
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 11. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA

BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně

Jméno a příjmení:

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zaměřuje na analýzu výrobního procesu pro vybrané zařízení ve firmě Austin Detonator s. r. o., které systematicky sestavuje a testuje elektronické rozbušky E*Star. Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. Teoretická část popisuje štíhlý podnikový proces, štíhlou výrobu, výrobní proces se zaměřením na jednotlivé druhy plýtvání ve výrobě, metody průmyslového inženýrství, které jsou použity v části praktické a základní poznatky týkající se Průmyslu 4.0. V praktické části je provedena analýza současného stavu výrobního zařízení, která je následně blíže zaměřena na vstupní operace obsluhy. Cílem je identifikovat plýtvání, která během výrobního procesu vznikají a navrhnout řešení na jeho zlepšení, pomocí metod přímého měření, Paretova diagramu a Ishikawa diagram. Hlavním cílem této práce je snížení cyklového času na vstupní operaci o 24 % a snížení výskytu „čekání“ o 10 %. V závěru práce je zpracováno zhodnocení návrhů.

Klíčová slova: Analýza, Štíhlá výroba, Plýtvání, Cyklový čas, Vstupní operace, Paretoův diagram, Ishikawa diagram

ABSTRACT

The Bachelor thesis is focused on the analysis of the production process for the selected equipment in the Austin Detonator s. r. o., which systematically assembles and tests electronic detonators called E*Star. The thesis is divided into theoretical and practical parts. The theoretical part describes a Lean business process, Lean manufacturing, a manufacturing process with focus on individual types of waste in manufacture, methods of industrial engineering that are used in the practical part and basic knowledge of Industry 4.0. In the practical part, an analysis of the current state of the manufacturing equipment is carried out, which is afterwards more closely focused on the input operations of operators. The goal is to identify species of waste that are generated during production process and make a proposal solution to improve it, by using direct measurement methods, the Pareto diagram and the Ishikawa diagram. The main purpose of this thesis is to reduce the cycle time in the input of the manufacture by 24 % and decrease the occurrence of waiting by 10 %. An evaluation of the proposals is carried out at the end of the work.

Keywords: Analysis, Lean Manufacturing, Wastes, Input operation, Cycle time, Pareto diagram, Ishikawa diagram

„Když všichni mluví o nemožnostech, hledej možnosti.“

Tomáš Baťa

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce, paní Ing. Lucii Macurové, Ph. D., která mi pro psaní této práce poskytla mnoho užitečných rad a v první řadě svůj čas. Jsem velmi vděčný za její spolupráci, přístup a ochotu, kterou mi věnovala i v průběhu celého studia.

Nemalý podíl mého vděku patří také společnosti Austin Detonator s. r. o., konkrétně tedy pracovníkům Útvaru pro modernizaci technologií, kteří mi byli plně k dispozici v rámci plnění mé praxe v této firmě, ale také co se zpracování praktické části této bakalářské práce týče.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině, přítelkyni, přátelům a všem mým blízkým, kteří při mně během tvorby této práce stáli.

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

OBSAH

ÚVOD	10
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PROCES	13
1.1 ŠTÍHLÝ PODNIKOVÝ PROCES.....	14
2 VÝROBA V PODNIKU	16
2.1 VÝROBNÍ PROCES	16
2.2 ŠTÍHLÁ VÝROBA	18
2.3 PLÝTVÁNÍ VE VÝROBNÍM PROCESU.....	18
2.3.1 Ztráty vyvolané nadprodukcí	20
2.3.2 Plýtvání zapříčiněné přebytečnými zásobami	21
2.3.3 Plýtvání vyvolané přebytečnou manipulací	22
2.3.4 Ztráty způsobené chybami	23
2.3.5 Plýtvání způsobené prostoji	24
2.3.6 Plýtvání podnícené transportem	26
2.3.7 Ztráty vyvolané chybným zpracováním.....	27
2.3.8 Plýtvání v rámci nevyužitého lidského potenciálu.....	29
3 PRŮMYSL 4.0	31
3.1 ZÁKLADNÍ KONCEPCE PRO PRŮMYSL 4.0.....	31
3.2 VÝVOJ PRŮMYSLOVÉ REVOLUCE	31
4 VYBRANÉ METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ	33
4.1 METODA 5S.....	33
4.2 ISHIKAWA DIAGRAM.....	33
4.3 KAIZEN	34
4.4 KANBAN.....	36
4.5 PŘÍMÉ MĚŘENÍ PRÁCE.....	36
4.5.1 Snímek pracovního dne.....	36
4.5.2 Chronometráž.....	36
4.6 PARETŮV DIAGRAM.....	37
5 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI AUSTIN DETONATOR S. R. O.	40
6.1 AUSTIN VE SVĚTĚ	40
6.2 ORGANIZAČNÍ STRUKTURA PODNIKU	41
6.3 VÝPIS Z OBCHODNÍHO REJSTRÍKU	43

6.4	PORTFOLIO SPOLEČNOSTI	44
6.4.1	Neelektrické rozbušky	44
6.4.2	Elektrické rozbušky	45
6.4.3	Elektronické rozbušky	45
7	LAYOUT PRACOVNÍHO OBJEKTU	46
8	POPIS VYBRANÉHO ZAŘÍZENÍ	47
8.1	POPIS VÝROBKU VE VÝROBNÍM PROCESU	47
9	POPIS SOUČASNÉHO STAVU VÝROBNÍHO PROCESU	49
10	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU VÝROBNÍHO PROCESU	50
10.1	PARETŮV DIAGRAM VE VAZBĚ NA VÝROBNÍ PROCES	52
11	POPIS VSTUPNÍ OPERACE OBSLUHY	53
12	ANALÝZA VYTÍŽENÍ VSTUPNÍHO PROCESU U VÝROBNÍHO ZAŘÍZENÍ	55
12.1	PRVNÍ MĚŘENÍ: OBSLUHA STANICE ST010	56
12.2	DRUHÉ MĚŘENÍ: OBSLUHA STANICE ST020	59
12.3	POROVNÁNÍ MĚŘENÍ OBSLUHY ST010 A ST020	62
12.4	PARETŮV DIAGRAM VE VAZBĚ NA VSTUPNÍ PROCES OBOU STANIC	64
12.5	APLIKACE ISHIKAWA DIAGRAMU	66
12.5.1	Rozbor problémových okruhů způsobujících časové prodlevy v procesu	66
13	SHRUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTÍ	68
14	NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU VÝROBNÍHO PROCESU	69
14.1	NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ PRODUKTIVITY OBSLUHY NA VSTUPU DO VÝROBY	69
14.2	ČASTĚJŠÍ A PODROBNĚJŠÍ ŠKOLENÍ OBSLUHY NA VSTUPU DO VÝROBY	70
14.3	VYUŽITÍ METODY 5S	70
14.4	SENZOR PRO KONTROLU NÍZKÉ KAPACITY ZÁSOBNÍKŮ PRO KONEKTORY	72
14.5	PRACOVNÍK PRO KONTROLU ULOŽENÍ SMYČEK	73
15	ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH ŘEŠENÍ	74
15.1	ANALÝZA VSTUPNÍ OPERACE PO IMPLEMENTACI NÁVRHU	74
15.1.1	Orientační chronometr v rámci jedné provedené operace	74
15.1.2	Snímek pracovního dne po implementaci návrhu	75
15.1.3	Paretův diagram po implementaci navrhovaných zlepšení	76
15.2	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ	78
	ZÁVĚR	80
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	81
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	84

SEZNAM OBRÁZKŮ	85
SEZNAM TABULEK.....	87

ÚVOD

Téměř na denní bázi se firmy ve výrobních procesech setkávají se situací, kterou musí složitě a zdlouhavě řešit. Naskytuje se však způsob, kterým lze pomocí určité analýzy, s využitím patřičných metod průmyslového inženýrství, dospět postupnými kroky k tomu, aby se řešení stalo více efektivní, nezabíralo tolik času a vedlo k větší produktivitě na pracovišti.

Tato bakalářská práce se zabývá zlepšením patřičných nedostatků, z hlediska časového plýtvání ve výrobním procesu, na téměř zcela automatizované výrobní zařízení Elektra, které systematicky sestavuje a testuje elektronické rozbušky, konkrétně produkt s názvem E*Star. Zařízení se nachází ve firmě Austin Detonator s. r. o. Cílem je vytvořit takový návrh na zlepšení, jenž povede k eliminaci těchto prostojů a chyb, která se na pracovišti vyskytují. Hlavním cílem je zavedení opatření, které na vstupní operaci sníží cyklový čas o 24 %, a tím sníží četnost plýtvání v podobě čekání o 10 %.

Práce je rozdělena na dvě části. První část slouží jako podklad pro část praktickou, která na ni navazuje. První neboli teoretická část je orientovaná na literární rešerše se záměrem uvést čtenářům do podvědomí, co to vlastně proces, výrobní proces, štihlý podnikový proces, štihlá výroba a s ní spojené plýtvání, jsou. V návaznosti na automatizované výrobní zařízení Elektra, je obsahem také kapitola o Průmyslu 4.0, která popisuje základní poznatky o tomto rozmachu. Závěr teoretické části slouží jako podklad pro část praktickou, spolu s vybranými metodami průmyslového inženýrství. V navazující praktické části je zohledněn aktuální stav celého výrobního procesu, který se následně blíže orientuje na vstupní operace. Další fáze se věnuje analýze vstupních operací do procesu a jsou zde také popsány jednotlivá identifikovaná plýtvání, které během procesu vznikají.

V závěru této práce jsou navrhovaná řešení na zlepšení současného stavu, která jsou také vyhodnocena.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je identifikace určitých nedostatků a plýtvání, které vznikají během výrobního procesu u vybraného zařízení Elektra ve firmě Austin Detonator, s. r. o., za pomoci využití patřičných metod, jež k tomu slouží. Analýza je blíže zaměřena na vstupní operace, kde právě k časovým prodlevám a prostojům dochází. Dílčími cíli je vytvoření vhodných opatření či návrhů, které eliminují vznikající plýtvání a slouží pro zlepšení celého výrobního procesu, z hlediska efektivity a produktivity. Hlavním cílem je navrhnout takové řešení, které povede ke snížení cyklového času na vstupní operaci o 24 %, a tím sníží výskyt prostojů v podobě čekání na vstupu o 10 %.

Mezi metody, jež sloužily pro analýzu výrobního procesu, jsou:

- **Přímé měření**

- pro analýzu současného stavu výrobního procesu slouží snímek pracovního dne jako velmi užitečný nástroj, kterým možno dospět ke sběru užitečných dat, pomocí kterých lze identifikovat určité prostoje, jež v procesu vznikají. Další metodou přímého měření je chronometráž, která se účinně zaměřuje na dílčí úkony operace, a tak je možno zjistit jednotlivé časy činností na vstupní operaci.

- **Metoda pozorování**

- tato metoda je velice vhodná pro nalezení či spatření určitých nedostatků, které během jednotlivých úkonů obsluhy vznikají.

- **Paretův diagram**

- pomocí dat, které k dispozici dává snímek pracovního dne, je možné sestavit Paretův diagram, v němž lze spatřit operace, které se často v procesu objeví, a jimž je potřeba věnovat patřičnou pozornost.

- **Ishikawa diagram**

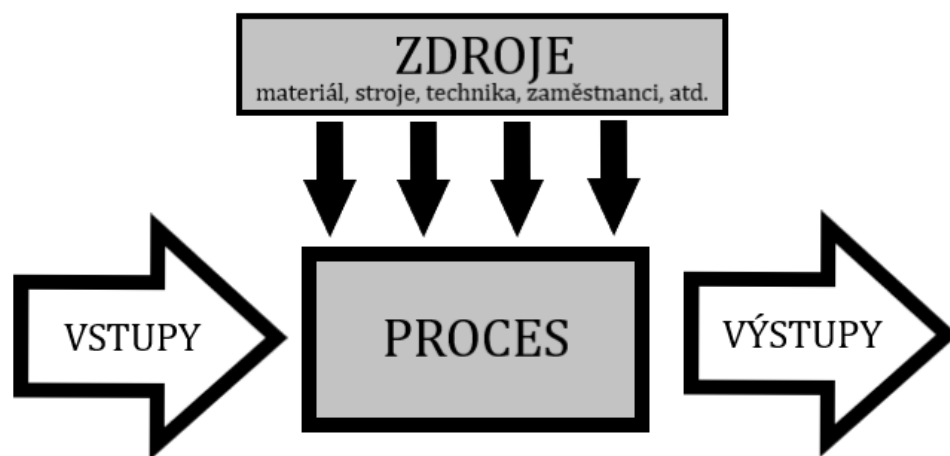
- také diagram „rybí kosti“ je vhodnou metodou pro identifikaci kořenových příčin, které způsobují určitý problém v podobě časových prodlev na pracovišti.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PROCES

Svozilová (2011, s. 14) uvádí, že proces lze chápat jako sérii úkolů či činností, které spolu z logického hlediska souvisí, a jejichž prostřednictvím (jsou-li vykonávány kontinuálně) dosáhneme výsledků, které jsme si předem definovali.

Chromjaková a Rajnoha (2011, s. 7) charakterizují proces, jako souhrn činností, jež jsou navzájem logicky, ale i obsahově propojeny, a které utváří jednotlý celek, jež přináší finální hodnotu zákazníkovi a zároveň dokáže uspokojit i nároky pracovníků a vlastníků firmy, a to za předpokladu požadované kombinace vstupů, činností a výstupů.



Obrázek 1 Schéma procesu
(vlastní zpracování dle Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 9)

Ideálně nastavené procesy v podniku vytváří přidanou hodnotu jak po nefinanční stránce (inovace, zdokonalování podnikových procesů, přidaná hodnota pro zákazníka), tak po stránce finanční (zisky, výnosy procesů podniku). (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 7)

Svozilová (2011, s. 14) uvádí, že se také zabýváme popisy a návrhy procesů, procesními toky a modely.

„Popisování procesu je činností, při níž shromažďujeme a zaznamenáváme informace o sledech pracovních činností a jejich vzájemných vztazích, výkonných procesních rolích, podpůrných systémech procesu a nástrojích, časových, výkonnostních a kvalitativních parametrech, které má proces plnit.“ (Svozilová, 2011, s. 14)

1.1 Štíhlý podnikový proces

Aby bylo možné správně pochopit, co to vlastně je štíhlý podnikový proces, je nutné uvést, co si lze pod termínem „Lean“ představit.

Greene (2013, s. 179) tento termín charakterizuje jako moderní techniku, jež je založena na výrobních systémech Toyota, jejímž účelem je eliminace plýtvání ve výrobě a respektu k zaměstnancům.

Chromjaková (2013, s. 33) tvrdí, že koncept „Lean“ spočívá v přidané hodnotě pro zákazníka. To znamená, že všechny ostatní činnosti podniku, které přidanou hodnotu nemají, jsou považovány za plýtvání, a tudíž by měly být v co největším měřítku eliminovány. Dále autorka uvádí, že cílem štíhlého řízení procesu je odstranit vše nadbytečné, což jsou například zbytečné náklady vyvolané neúčinnými procesy, které nebudou zákazníci chtít zafinancovat.

Podle Dennise (2016, s. 19) lze z obecného hlediska označit štíhlý podnikový proces jako ten, v němž jsou vykonávány pouze činnosti potřebné pro správné fungování podniku. Dále autor zdůrazňuje, že by tyto nezbytné úkony měly být realizovány správně, při využití co nejmenšího počtu pracovníků, pracovní plochy, finančních prostředků, zásob, a to s cílem vyrobit produkt s co nejvyšší přidanou hodnotou v porovnání s konkurencí podniku. Aby ale podnik dokázal být tím „štíhlým podnikem“, je zásadní, aby společnost dokázala vyhovět požadavkům zákazníka.

Košťuriak a Frolík (2006, s. 13) taktéž popisují štíhlost podniku, jako vyhovění požadavkům zákazníka, přičemž se podnik snaží snížit procesy, jež nepřinášejí žádnou či minimální přidanou hodnotu. Dle autorů by správně prosperující štíhlý podnik měl generovat větší zisky, a to rychlejším způsobem při vynaložení menší snahy.

Dle Chromjakové a Rajnohy (2011, s. 46) lze tento proces popsat jako ten, jenž se chová jako autonomní celek a jehož smyslem je redukce nákladů za účelem dosažení úplné dokonalosti. Dále autoři hovoří o základních principech „Lean“ podniku, mezi které patří metodika Kaizen, systém Kanban a analýza toku hodnot.

ProLean (© 2022) charakterizuje cíl konceptu „Lean“ jako tvorbu jednotného propojeného systému z hlediska vedení organizace, jež podporuje:

- Značnou jakost výroby
- Včasné dodávky
- Dostatečnou motivaci zaměstnanců a jejich zodpovědnost
- Bezpečné pracovní podmínky
- Nižší nákladovost

Tento koncept se také zaměřuje na 4 oblasti, které ProLean (© 2022) dělí na **základy**, do kterých patří určité metody, jež ucelují procesy a díky nimž se lépe demaskuje plýtvání. Druhou oblastí je **Jidoka**, jež dokáže zabezpečit kontinuální zlepšování, další sférou je metoda **Just in time**, která zajišťuje plynulost procesů a správně řídí dodávky materiálu v potřebném množství. Poslední oblastí jsou **lidé**, díky kterým se zajišťuje kooperace při řízení procesů. Tyto 4 oblasti může vidět blíže popsané na následujícím obrázku 2.



Obrázek 2 Lean – výrobní systém (ProLean, © 2022)

2 VÝROBA V PODNIKU

Keřkovský a Valsa (2012, s. 1) charakterizují výrobu jako činnosti, jež společnost vykonává za účelem poskytování výrobků či služeb, na jehož podstatě obdrží peníze od zákazníka. Lze tedy z této definice odvodit, že je právě výrobek, nebo služba výstupem z výroby a rovněž mají svůj vlastní výrobní proces.

Výroba, jako taková, existuje kromě průmyslu a zemědělství také v odvětvích, jako je nemocnice, vysoké školy, úřady, doprava, poradenství atd. Aby podnik správně fungoval, je pro něj velice důležité, aby oblasti výrobního procesu věnovaly značnou pozornost, protože právě výroba hraje zásadní roli v rozhodování o výši nákladů, produktivitě, zisku, konkurenceschopnosti, satisfakci zákazníků, a především o podnikatelském úspěchu. (Keřkovský a Valsa, 2012, s. 1)

2.1 Výrobní proces

Pod pojmem výroba si můžeme představit přeměnu výrobních faktorů do ekonomických statků a služeb, jež prochází spotřebou. Statky reprezentují takové fyzické komodity, což jsou především věci, které se vyrábí, aby byly následně spotřebovány či směněny, za účelem uspokojení potřeb (ekonomického blahobytu). Služba neboli statek nehmotný, lze chápat jako úkon či výkon, za nímž existuje poptávka. Výraz výrobní faktory, jež se také označují jako výrobní zdroje, vyjadřuje vstupy ve výrobním procesu. (Keřkovský a Valsa, 2012, s. 2)

Chromjaková a Rajnoha (2011, s. 41) ve své knize popisují výrobní proces jako takový, který především podrobněji poukazuje na vyráběný produkt, posloupnost procesu výroby, strojní čas, velikost dávek apod.

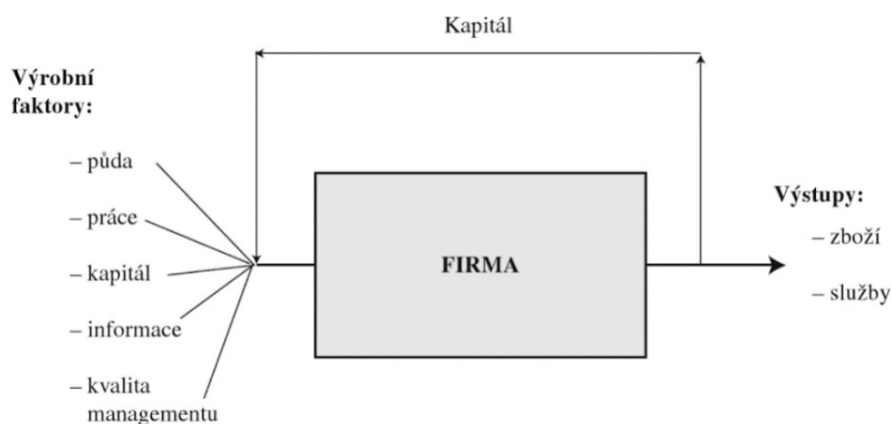
Vochozka a Mulač (2012, s. 72) vychází z národohospodářského úhlu pohledu a člení výrobní faktory do tří primárních skupin následovně:

- Přírodní zdroje (půda)
- Práce
- Kapitál

Podle Vochozky a Mulače (2012, s. 72) výrobní faktory lze rozčlenit i z hlediska podnikohospodářského, jež vychází z pojetí obecně-ekonomického (práce, půda, kapitál) a následně se jistým způsobem dále uzpůsobuje. Výrobní faktory v tomto pojetí tedy členíme jako:

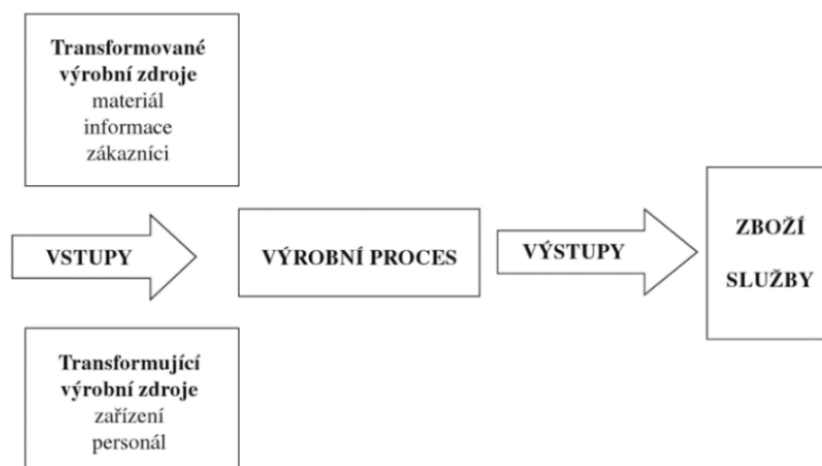
- Výkonná práce
- Materiál
- Dlouhodobý majetek
- Dispozitivní (řídící) práce

Z následujícího schématu, jež vyobrazuje obrázek 3, lze vidět, jak v podniku výrobní faktory nepřetržitě kolují. (Keřkovský a Valsa, 2012, s. 3)



Obrázek 3 Výrobní faktory v podniku (Keřkovský a Valsa, 2012, s. 2)

Dále Váchal a Vochozka (2013, s. 161) uvádí, že ve výrobním procesu lze výše jmenované výrobní zdroje rozdělit na transformované a transformující, které podnik může dále upotřebit kupříkladu při vyhodnocování efektivity využití výrobních faktorů. Následující obrázek 4 nám tuto segmentaci znázorňuje.



Obrázek 4 Transformující a transformované výrobní zdroje (Keřkovský a Valsa, 2012, s. 3)

2.2 Štíhlá výroba

Tento komplexní systém je nastaven na novém konceptu řízení výroby a její organizace. Hlavním záměrem štíhlé výroby je dosažení optimálně nastaveného procesu výroby a dalších operací, jež s tím souvisí. Tyto operace by měly tvořit přidanou hodnotu a celkově přispívat k efektivnosti procesů v podniku. Aby bylo možné koncept štíhlé výroby správně implementovat, je důležité dostatečně motivovat zaměstnance a správně je seznámit se všemi procesy v rámci jejich zdokonalení a optimalizace. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 44)

Chromjaková a Rajnoha (2011, s. 44) dále ve své knize hovoří o konceptu štíhlé výroby, jako o jakémsi návodu, jak správně řídit, organizovat a plánovat procesy v podniku, díky nimž se naskytují nové možnosti pro důkladné změny v procesech pro zavedení inovačních strategií a neustálého zlepšování, ale rovněž pro zlepšení konkurenceschopnosti společnosti, pokud jsou podnikové procesy správně implementovány.

2.3 Plýtvání ve výrobním procesu

Mašín (2005, s. 60) uvádí, že jako plýtvání lze považovat cokoliv, co nepřináší žádnou přidanou hodnotu či nijak nepřibližuje zákazníkovi jeho produkt, ale naopak zvyšuje náklady.

Abychom účinně zamezili plýtvání, musíme umět rozlišovat procesy výrobní od procesů administrativních. (Jurová, 2016, s. 88)

Pro účely této práce se zaměřím na plýtvání v rámci výrobního procesu.

Při eliminaci plýtvání je nutno brát v potaz **viditelné** a **skutečné zlepšení**. Zlepšení viditelné, což může být např. vybudování regálových

skladů při velkých zásobách, nebo využití automatických dopravníků ve smyslu snížení manipulace s materiály, ještě nemusí znamenat zlepšení skutečné. Výše uvedené příklady viditelného zlepšení spíše zdokonalí organizaci ve firmě, ale problémy, jako jsou velké zásoby ve skladu a časové manko při manipulaci s materiálem stále přetrvává. Pokud ovšem známe problémy a jejich příčiny, teprve tehdy lze hovořit o dosažení skutečného zlepšení. Tohoto zlepšení totiž docílíme analýzou stavu současného a následným provedením určitého zlepšení. Abychom věděli, jaké zlepšení provést, je nutno se ptát např. proč vznikají velké skladové zásoby, nebo proč je třeba zboží přepravit. (Jurová, 2016, s. 88)

Tabulka 1 Sedm druhů plýtvání (vlastní zpracování dle Jurová, 2016, s. 88)

Typ plýtvání	Příklad
Nadvýroba	větší produkce, než je momentálně nutné, příliš časté dodávky
Přebytečné zásoby	zbytečné hromadění zásob ve skladech, výrobní dávky jsou zbytečně velké, tvorba krátkodobých skladů
Zbytečné pohyby	otáčení, přenášení, podávání, hledání dokumentace, nástrojů, dílů
Chyby či defekty	opravy, stejná práce se dělá vícekrát, výroba zmetků
Prostoje	čekání na materiál, počítání dílů, prostoje strojů, prostoje kvůli nadbytečným zásobám, chybnému materiálu apod.
Přeprava	složitý transport, zbytečná přeprava z jednoho místa na druhé, transport veškerých dílů a materiálu
Chybné zpracování (overprocessing)	provádění špatných či zbytečných procesů, nepožadované množství, nepožadovaná úroveň jakosti

Jurová (2016, s. 88) člení plýtvání do sedmi skupin, jež můžeme vidět výše v Tabulce 1.

ProLean (© 2022) přidává ještě jednu položku navíc ve smyslu plýtvání, a tím je nevyužitý potenciál zaměstnanců, kdy společnost nedává dostatečný prostor pracovníkům realizovat jejich nápady.

ProLean (© 2022) stanovilo hned několik cílů vedoucích k eliminaci plýtvání:

- V činnostech, jež provádíme, je třeba se naučit vidět plýtvání
- Naučit se identifikovat ztráty, jež vznikají v celé organizaci a upozornit na ně
- Umět eliminovat plýtvání ve svých činnostech

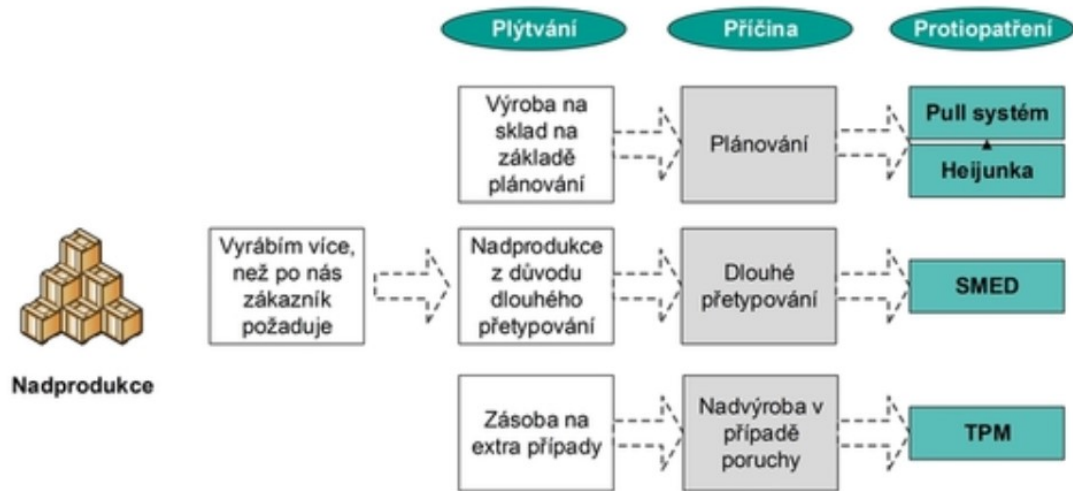


Obrázek 5 7+1 druhů plýtvání (ProLean, © 2022)

2.3.1 Ztráty vyvolané nadprodukcí

Nadprodukce vzniká kvůli výrobě většího množství produktů, jenž požaduje zákazník. Záměrem tohoto druhu plýtvání může být například výroba určitého množství výrobků navíc, které by měly sloužit pro případnou krizi, k níž by mohlo dojít při závadě určité výrobní linky, nebo neočekávané produkci zmetků apod. Dalším významem nadvýroby, by mohlo být vyšší využití kapacit ve výrobě, které zapříčiní vyšší produktivitu práce u pracovníků. Právě takové plýtvání vyvolává nesmyslnou potřebu prostor pro skladování, jež následně zvyšuje administrativní a logistické náklady. Proto je potřebné naučit se s nadprodukcí pracovat. Je rovněž nutné zjistit, zda je pro podnik výhodné fungovat s vyšší úrovní zmetkovitosti a pojistné zásoby na skladě pro případ nefunkčního zařízení, nebo zda je výhodnější přijmout protipatření a rapidně tak snížit produkci vadných výrobků a zamezit výskytů poruch. Firmy by jistě měly vědět, zda upřednostnit produktivitu celého podniku před produktivitou zaměřenou pouze na výrobu, či naopak. (Jurová, 2016, s. 88)

Následující obrázek 6 znázorňuje různé příklady plýtvání, jejich příčiny a doporučená protipatření, při kterých se využívá nástroje Lean metodiky.

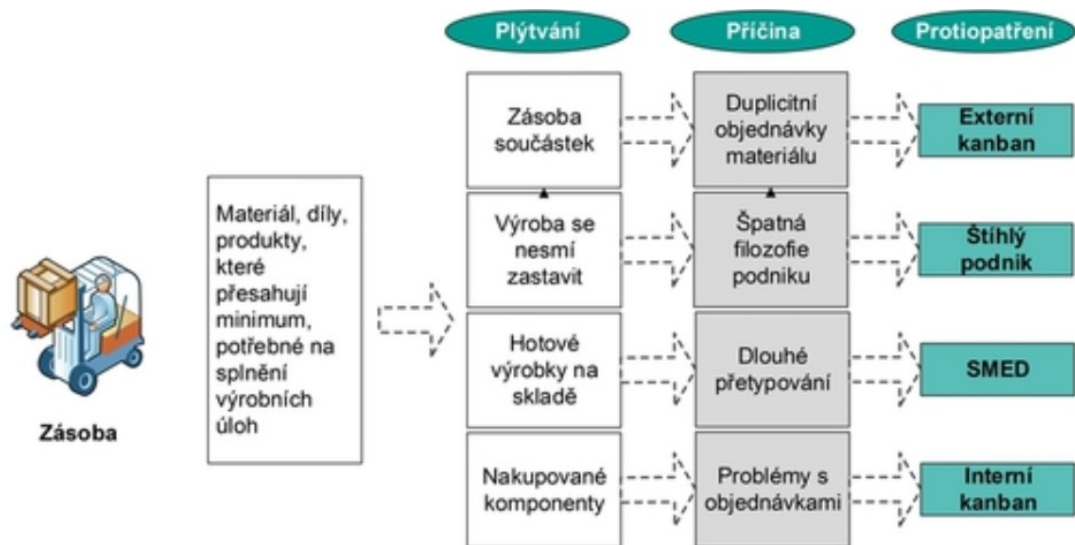


Obrázek 6 Nadvýroba (API - Academy of Productivity and Innovations, © 2005-2022)

2.3.2 Plýtvání zapříčiněné přebytečnými zásobami

Pro přebytečné zásoby je charakteristické skladování materiálů, polotovarů, nedokončené výroby, náhradních dílů, ale také dokončených či hotových výrobků. Jelikož se tyto položky ve skladu uchovávají delší dobu, než je předpokládáno, jsou neefektivně využívány, tím zabírají pouze prostor a vzbuzují nutnost neodkladných nákladů. Jedná se především o nové regály, nové zaměstnance, vozíky apod. V rámci štíhlé výroby se plýtvání vyvolané nadbytečnými zásobami řadí mezi nejzávažnější „prohřešky“, protože finanční prostředky nejsou využívány efektivně, ale zbytečně se váží k zásobám, aby se udržel přebytečně vysoký pracovní kapitál. (Jurová, 2016, s. 88-89)

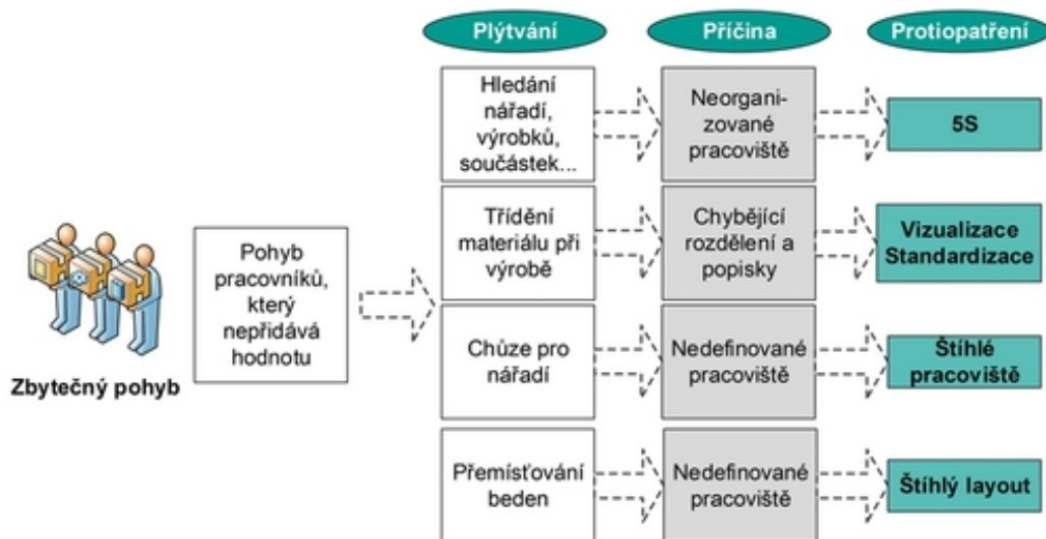
Mezi hlavní příčiny vzniku nadbytečných zásob, které můžeme vidět na Obrázku 7, patří duplicitní objednávky materiálu, dlouhé přetypování, problémy s objednávkami a duplicitní objednávky materiálu. Obrázek 7 dále znázorňuje vhodná opatření, které by měly plýtvání eliminovat.



Obrázek 7 Zásoby (API - Academy of Productivity and Innovations, © 2005 – 2022)

2.3.3 Plýtvání vyvolané přebytečnou manipulací

Zbytečné pohyby ve výrobním procesu jsou definované jako pohyby dělníků, jež výrobku či produktu nepřinášejí přidanou hodnotu. Takovým příkladem může být přechod dělníka z jeho pracovní pozice do skladu. Dále by se také mohlo jednat o další úkony, jako je pohyb rukou pracovníka u výrobní linky při manipulaci se součástkami ze zásobníku – jedná se o úkon, jenž nijak nepřiblíží nedokončený výrobek k jeho finálnímu dohotovení. Aby dělník přinesl výrobku přidanou hodnotu, musí k němu dle filozofie štíhlé výroby nejprve připevnit příslušnou součástku. Zde je potřebné si položit otázky typu: Jaké nastolit opatření, aby se co nejvíce snížily potřebné pohyby? Jaký pohyb lze zcela v procesu vynechat? Je z hlediska nákladů efektivnější přesunout krabice s komponenty a minimalizovat tak jeden pohyb, nebo je pro podnik výhodnější nechat pracovníky stále sbírat součástky z boxů? (Jurová, 2016, s. 89)



Obrázek 8 Zbytečná manipulace
(API - Academy of Productivity and Innovations, © 2005 – 2022)

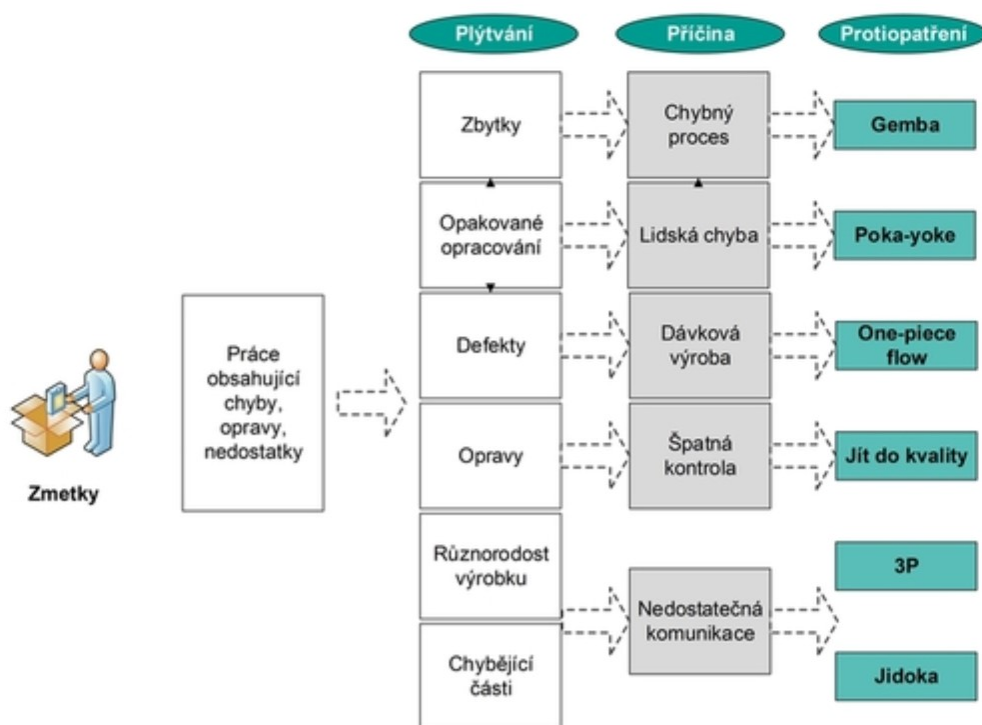
Na obrázku 8 je zcela patrné, které příčiny vyvolávají jednotlivá plýtvání. Jako hlavní příčinu tohoto plýtvání zde můžeme vidět nedefinované pracoviště, které má za následek zbytečné přemísťování beden a chůzi pro nářadí. Obdoba špatně definovaného pracoviště, je příčina nazvaná jako pracoviště neorganizované. Ta má za následek ztrátu nářadí, součástek, výrobků a jejich následné hledání.

2.3.4 Ztráty způsobené chybami

Podle Jurové (2016, s. 89) se nám tvoří zbytečné náklady právě díky genezi vadných, neshodných a nekvalitních produktů. Korekce neshodných výrobků dle autorky totiž vyžaduje nadbytečné úsilí zaměstnanců, čas a finance navíc. Dále autorka uvádí, že některé vadné výrobky mohou výrobní lince způsobit značné škody, a pokud se tyto zmetky v nejhorším případě dostanou až k odběrateli či konečnému zákazníkovi, může to pro výrobní podnik mít katastrofální následky. Abychom této situaci předešli, musíme se dle Jurové (2016, s. 89) snažit o nulovou zmetkovitost.

Chromjaková a Rajnoha (2011, s. 49) ve své knize uvádí, že jakákoli práce, činnost, proces či dokonce produkt je sestaven se záměrem dosažení, co nejmenšího počtu chyb. Ideálně by však mělo docházet k „nulové chybovosti“. S ohledem na tento fakt, není dle autorů zcela snadné chyby v procesech odstranit ihned, jelikož je lze ve většině případů řešit, až po dokončení celého procesu.

Příčin u tohoto druhu plýtvání je poměrně více, než u těch předchozích zmiňovaných. Jak je možné vidět zde na obrázku 9, mezi tu základní lze zařadit nedostatečnou komunikaci, jež má na svědomí hned dvě formy ztrát. První z nich je plýtvání ve formě nesourodých výrobků a do té druhé spadají chybějící části určitého výrobku. Protiopatření má taktéž dvě varianty, ovšem příčina stále zůstává jen jedna. Jako další příčiny, jež vyvolávají ztráty ve formě zmetkovitosti lze zařadit, chybný proces iniciující zbytky, dávkovou výrobu způsobující patřičné korekce, špatnou kontrolu vyvolávající opravy a ve finále lidský faktor, který má za následek opakované opracování výrobku, a díky němuž mohou vzniknout další zbytky a defekty.



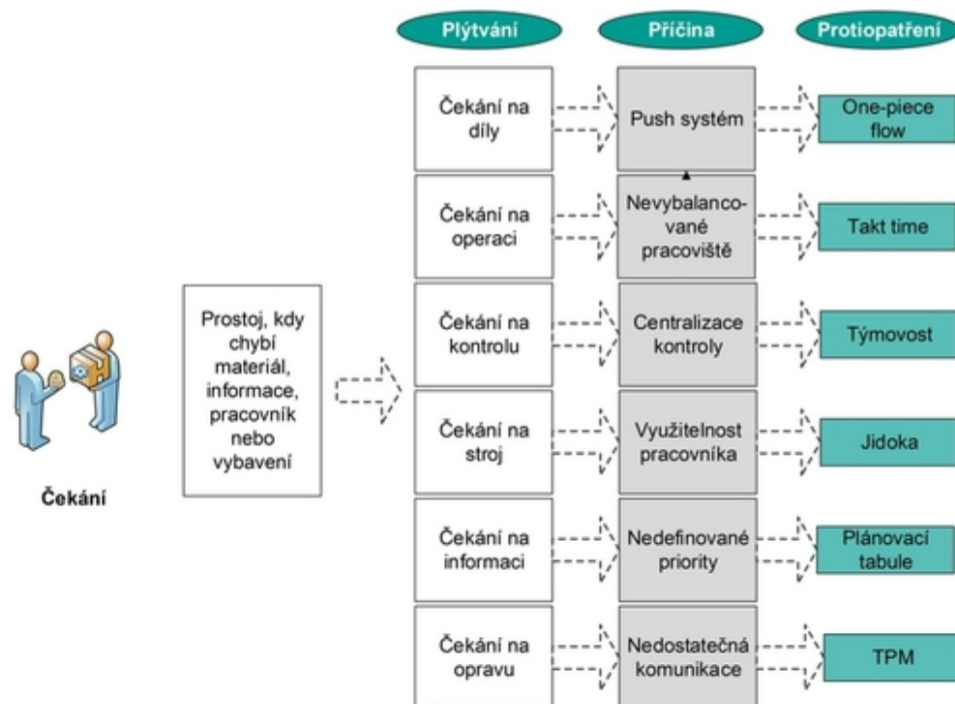
Obrázek 9 Zmetky

(API - Academy of Productivity and Innovations, © 2005 – 2022)

2.3.5 Plýtvání způsobené prostoji

Pokud se v podnikovém procesu vyskytuje čekání, je nutné zvážit, proč existuje. Pokaždé bývá spojeno s neefektivitou a tím i vysokými finančními ztrátami v celoročním úhrnu. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 48)

Podle Jurové (2016, s. 89) prostoj v produkci vzniká právě tehdy, kdy nelze plynule v procesu výroby pokračovat, a to z důvodu jakéhokoliv čekání. Nejčastějšími zdroji plýtvání bývají zejména poruchy strojů, nedostatek surovin, nadměrná byrokracie (např. potřebné podpisy některých zaměstnanců), nerovnoměrná výroba, ale rovněž nedostatek potřebných informací. Tento druh plýtvání lze snadno detekovat. Jak dále Jurová (2016, s. 89) uvádí „plýtvání může v této oblasti představovat několik minut či vteřin, ale některé firmy jsou již se štíhlou výrobou na takové úrovni, že vyhledávají a eliminují i plýtvání o délce několika desetin vteřiny.“



Obrázek 10 Čekání

(API - Academy of Productivity and Innovations, © 2005 – 2022)

U vznikajících ztrát, jež způsobují prostoje či čekání, patří hned několik příčin. Na obrázku 10 je možné vidět šest z nich, které lze považovat jako ty nejzávažnější. Patří zde tedy systém nesprávně založený na principu „PUSH“ (tlaku), který způsobuje nadbytečné čekání na určité díly. Této zásady by se měl výrobní podnik správně vyhnout a z hlediska filozofie „Lean“ by měl být nahrazen systémem založeným na principu „PULL“ (tahu). Mezi další příčiny patří nedostatečná komunikace, která vyvolá přílišné čekání na korekci výrobního zařízení, dále pak nedostatečné využití pracovníků, kteří musí čekat na uvolnění stroje, anebo také nedefinované priority výrobního systému, které zapříčiní prodlevu v rámci dostatečné informovanosti.

V neposlední řadě lze ještě zmínit příčinu centralizace kontroly, jež pochopitelně způsobuje časovou prodlevu v rámci provedení této kontroly.

Chromjaková a Rajnoha (2011, s. 48) ve své knize uvádí další příklady typické pro plýtvání z hlediska čekání, a těmi jsou:

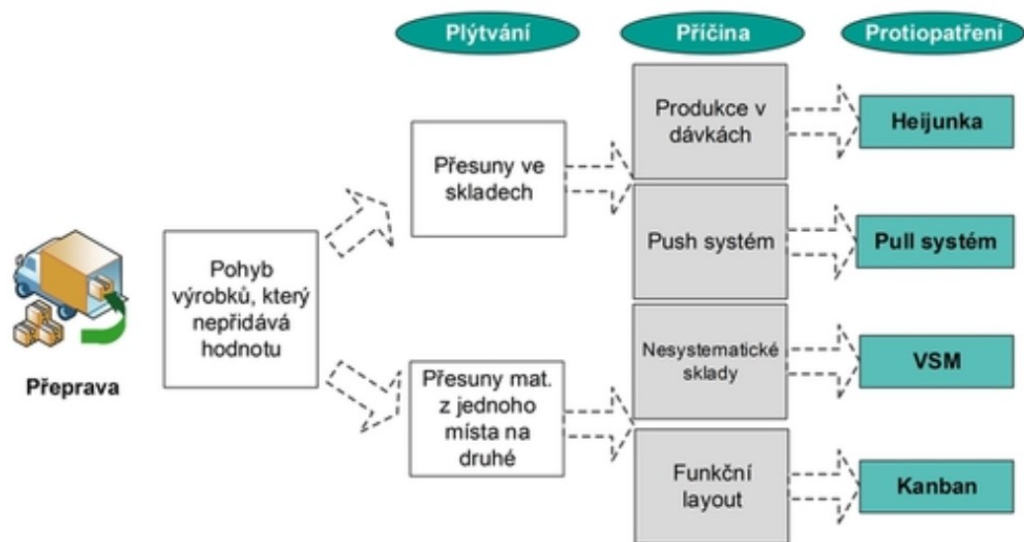
- Čekání na údržbáře, než uvede porouchané zařízení zpět do provozu
- Hledání potřebného materiálu
- Hledání potřebných nástrojů, pomůcek, určitých návodů, katalogů a výrobní dokumentace

2.3.6 Plýtvání podnícené transportem

„Složité materiálové toky mezi pracovišti ve výrobě, složité komunikační kanály mezi dodavateli – výrobcem – odběratelem, vysoký objem rozpracované výroby, neustále skluzby plánu, nedostatečný odhad dodávky materiálu na pracoviště, vysoký objem nadpráce či nepodarků jsou podstatnými důvody, proč existuje ve firmách nadbytečná doprava a proč si právě eliminace tohoto typu ztráty nárokuje velice dlouhý čas.“ (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 49)

Výroba je neoddelitelná od vnější a vnitřní dopravy. Ideálně by měla expedice zahrnovat pouze transport materiálů do společnosti a odvoz hotového výrobku z firmy. Skutečnost je však zcela jiná. Výrobní proces je často rozdělen do více částí a skladový prostor je navíc poměrně vzdálen od výroby. Materiálový tok je pak nutné zajistit vnitřní dopravou, což znamená další náklady, které právě vyvolávají plýtvání. Pod plýtváním finančními prostředky, vynaloženými na zbytečný transport si tedy lze představit dopravníky, vysokozdvížené a paletové vozíky atd. (Jurová, 2016, s. 89)

I v tomto případě existuje hned několik příčin vyvolávajících určité typy plýtvání z hlediska dopravy. Na obrázku 11 lze pozorovat příčiny, jako je produkce v dávkách a systémy fungující na principu tlaku, které způsobují reorganizaci skladových prostor. Dále existují příčiny, které způsobují neustále přesouvání a manipulování s materiálem, a těmi jsou nesystematicky organizované sklady a nefunkčně rozvržená pracoviště.



Obrázek 11 Transport

(API - Academy of Productivity and Innovations, © 2005 – 2022)

2.3.7 Ztráty vyvolané chybným zpracováním

Chromjaková a Rajnoha (2011, s. 48) ve své knize uvádí, že ve vzájemné provázanosti procesů, jejich obsahu a struktuře se naskytuje dosti veliký prostor k zeštíhlování.

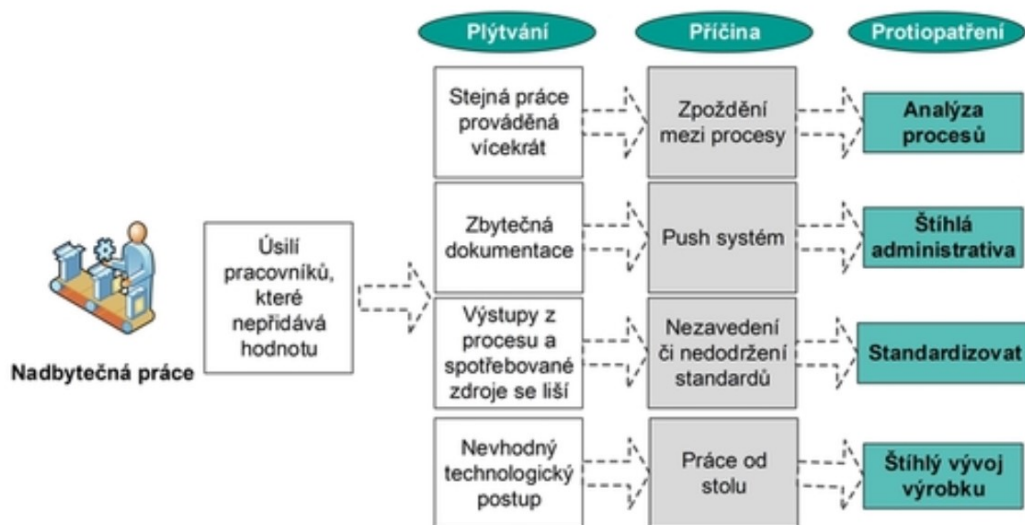
Jak je již z názvu této podkapitoly patrné, plýtvání vzniká také špatným zpracováním, které lze identifikovat uvnitř samotného procesu výroby. Dle Jurové (2016, s. 89) by při takovém chybném zpracování mohlo dojít např. ke vzniku otřepů způsobených nekvalitním řezným zařízením (pilou). Dále Jurová ve své knize poukazuje na další příklady plýtvání, jež lze v technologickém výrobním procesu určit, jedná se o: nadměru náročné technologie v rámci kontroly jakosti, nepříznivé layouty výrobních linek apod.

Chromjaková a Rajnoha (2011, s. 48 – 49) dále poukazují na pouhou změnu, v rámci propojení dvou provázaných procesů, která mnohdy „dokáže ovlivnit průběžnou dobu výroby o 25-30 %, i redukce obsahové náplně procesu patří k podstatným potenciálům, které mají vliv tak na optimalizaci průběžné doby procesu, jakož i na možnou úsporu pracovníka.“

Ztráty v oblasti vadného zpracování lze většinou eliminovat běžnými prostředky. Jak efektivně vytvořit výkonné pracoviště provázáním dvou výrobních linek? Tohoto lze dovést situováním pásového dopravníku mezi svařovnu a montážní linku, anebo také pouhým přemístěním těchto dvou pracovišť k sobě, bez použití dopravníku. (Jurová, 2016, s. 89)

Pokud se podnik zaměřuje na velice komplexní procesy, je podle Chromjakové a Rajnohy (2011, s. 49) dobré se soustředit na překážky jako je: malá soustředěnost zaměstnance v rámci konání více úkolů zároveň, schopnost pokračovat v procesu až po přijetí určitého výsledku, chybná kalibrace nástrojů, neužitečné meetingy a workshopy, špatně připravený program apod.

„Štíhlá výroba vždy usiluje o nikoliv jednoduše geniální řešení, ale o geniálně jednoduché.“ (Jurová, 2016, s. 89)



Obrázek 12 Nadpráce
(API - Academy of Productivity and Innovations, © 2005 – 2022)

Rovněž se zde jako příčina vyskytuje systém založený na principu „tlaku“, který je možno nalézt i u předchozích dvou plýtvání. Tato příčina zde způsobuje přebytečnou dokumentaci, jak je možno vidět na obrázku 12. Jako další příčinu je třeba zmínit prodlevu mezi jednotlivými procesy, který vyvolává opakované konání jedné práce vícekrát, dále pak práci od stolu, jež má za následek nesprávný či nevhodný technologický postup. Nedodržování standardů či jejich úplná absence má v konečném důsledku dopad na odlišné výstupy z procesů a spotřebované zdroje.

2.3.8 Plýtvání v rámci nevyužitého lidského potenciálu

Posledním typem plýtvání je nevyužitý potenciál zaměstnanců v podniku. Tato kategorie se přidružila k původním sedmi typům a je svázána s důrazem na práci s lidmi. Jakmile společnosti nedosahují plného potenciálu svých zaměstnanců, omezují příležitosti pro inovace a neustálé zlepšování. Lidé jsou zdrojem kreativity a kritického myšlení, které pohání produkty a výrobní procesy vpřed. Je to lidský prvek, který v procesu odhaluje nedostatky, slabiny a plýtvání. Díky tomu mohou společnosti získat lepší postavení na trhu ve smyslu konkurenční výhody a dosáhnout diferenciaci. (Malý, 2020)

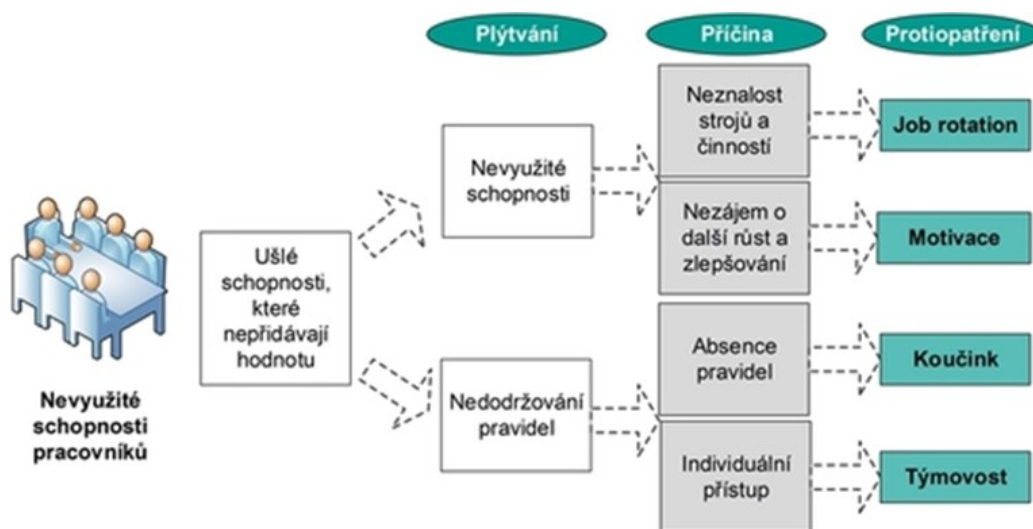
Mašín (2005, s. 54) uvádí, že „*tento druh plýtvání existuje tam, kde není zajištěno dostatečné využití schopnosti pracovníku zaměstnavatelem, kde je rozpojen „řetězec“ mezi podnikem a zákazníkem, kde neexistují „toky znalostí know-how“ mezi jednotlivými úseky podniku apod.*“

Dle Malého (2020) je nadále nezbytné zapojit zaměstnance na všech úrovních do procesu zlepšování a nebýt omezen pouze na malou skupinu „expertů“. Každý může být zdrojem nejrůznějších idejí a zároveň vzájemná kooperace lidí mnohdy vytváří zajímavé návrhy. Současně autor zmiňuje, že je nezbytné dát lidem potřebné kompetence, aby tak mohli dosáhnout vlastního pokroku bez zbytečné byrokracie.

Jak tedy dnes chápat nevyužitý potenciál lidí z hlediska automatizace a neustálého pokroku vpřed v rámci nových technologických vymožeností? I když se často říká, že nové technologie nahradí manuální lidskou činnost, ve skutečnosti to není pravdivý výrok. Lidský faktor lze samozřejmě nahradit, ale většinou pouze tam kde se jedná o neustálé opakování stále stejných, mnohdy i monotónních úkonů. V tomto případě je nahrazení robotem vhodné. Pro řešení extrémních a nepředvídatelných situací však zůstává zcela nezastupitelná lidská role. Význam lidského faktoru se pro schopnost definovat problémy a nacházet řešení naopak zvyšuje – právě prostřednictvím nových technologií. Lidé jsou proto vždy v centru dění a jejich rozvoj je v souladu s obchodním blahem podniku. (Malý, 2020)

„Lidský talent a potenciál je nenahraditelný a v budoucnu si musíme klást otázky, jak jej pomocí nových technologií rozvíjet, nikoliv nahrazovat.“ (Malý, 2020)

Na následujícím obrázku 13 lze vidět hned několik příčin, které vyvolávají plýtvání v oblasti nevyužitého potenciálu zaměstnanců. Mezi tyto příčiny patří především nezáměr pracovníků o zlepšování svého výkonu a karierní růst. Těto příčině by se mělo předcházet tím, že pracovníky jejich nadřízení budou dostatečně motivovat. Dále se jedná o neznalost výrobních zařízení a činností v procesu výroby, kterým lze předcházet pravidelným střídáním pracovních pozic. Nedostatečné proškolení a absence spolupráce způsobují nedodržování stanovených pravidel.



Obrázek 13 Nevyužitý lidský potenciál
(API - Academy of Productivity and Innovations, © 2005 – 2022)

3 PRŮMYSL 4.0

Jelikož je tématem práce analýza výrobního zařízení, které je téměř zcela autonomní, tedy až na obsluhu, zaměříme se v této kapitole právě na Průmysl 4.0, pro který je automatizace výrobního procesu typická.

3.1 Základní koncepce pro Průmysl 4.0

Dle Tomka a Vávrové (2017, s. 10) termín Průmysl 4.0 vychází z německého pojmu „In-dustrie 4.0“. V roce 2011 se na veletrhu v Hannoveru tento koncept objevil poprvé. Později v roce 2012 byla na základě závěrečné zprávy německého týmu zřízena platforma, jež uvádí do vzájemného souladu aktivity v oblasti budoucnosti. Označení termínu 4.0 vyjadřuje fakt, že lze současnou ekonomiku vyjádřit vazbou na čtvrtou průmyslovou revoluci.

Ve světě průmyslu nastává nová revoluce. Charakteristický je přechod k smart fabrikám od tzv. štíhlých podniků. Tímto se staly výrobní procesy a systémy s podporou digitálních a virtuálních technologií ve výrobě více komplexní. Fyzické objekty se přetváří na objekty digitální. (Chromjaková, Tuček a Bobák, 2017, s. 3)

Tato revoluce je především o tzv. inteligentní automatizaci, která dokáže využít přednosti autonomních systémů. Výroba, jak ji známe, se v zásadě změní právě díky dokonalejší technologii. Klíčovou funkcí ve vývoji výroby hraje automatizace továren. (SIEMENS, © 2022)

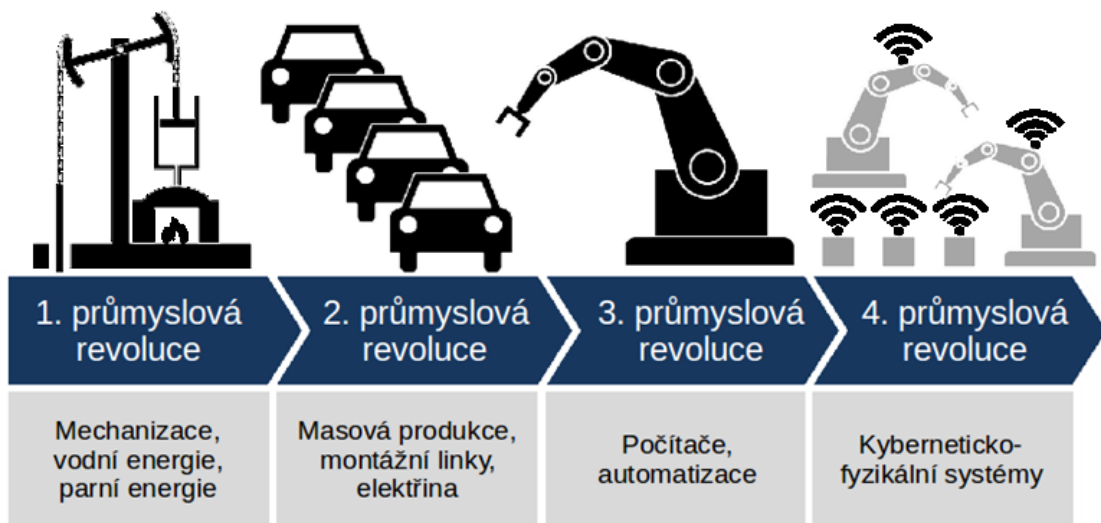
Skilton a Hovsepian (2018, s. 3) ve své knize uvádí, že stroje byly zkonstruovány tak, aby pracovníkům ve výrobě poskytovaly dostatečné rozhraní k obsluze, a ti tak lépe dosahovali plnění určitých úkolů, nebo aby zcela nahradily lidský faktor v procesu výroby.

3.2 Vývoj průmyslové revoluce

Z národohospodářské a vědecko-technické historie je známo, že pro první průmyslovou revoluci je typický vznik mechanizace pomocí parní a vodní energie. Druhou průmyslovou revoluci charakterizuje rozvoj hromadné a sériové výroby, a to právě díky vzniku montážních linek, jež bylo možné přimět k pohybu použitím elektrické energie. Tato revoluce se rovněž vyznačuje novými zásadami dělby práce ve výrobních procesech. Lze zde zmínit také Fordovu pásovou výrobu automobilů, která byla pro toto období typická.

Ve třetí průmyslové revoluci se začalo využívat elektroniky a informačních technologií, se záměrem podpořit rozmach automatizace.

Nakonec přichází čtvrtá průmyslová revoluce, jež je výsledkem přechozího lidského úsilí. Jejím cílem je chytrá továrna, která bude efektivně využívat zdroje, uznávat zásady ergonomie za účelem ulehčení a zajištění bezpečnosti práce, ale také se bude vyznačovat všestranností. (Tomek a Vávrová, 2017, s. 10)



Obrázek 14 Diagram znázorňující 4 industriální revoluce průmyslu (Čížek, 2019)

Dále Tomek a Vávrová (2017, s. 10) uvádí, že v této revoluci jde především o adaptaci podniku na požadavky zákazníka, který má své nároky na produkt. Společnost se tak snaží nabídnout nejnovější technické a technologické poznatky za podmínek dokonalé flexibility a využití automatizační techniky, která může lidem ulehčit jejich práci.

Marr (2018) tvrdí, že Průmysl 4.0 využívá třetí průmyslovou revoluci, konkrétně počítačové systémy a automatizaci, kterou následně rozšíří o chytré a autonomní systémy, jejichž pohonem jsou data. Počítače vzájemně komunikují prostřednictvím sítě, v níž jsou propojeny tak, aby následně rozhodovaly samy bez lidské interakce.

„V konečném důsledku je to síť těchto strojů, které jsou vzájemně digitálně propojeny a vytvářejí a sdílejí informace, což vede ke skutečné síle Průmyslu 4.0.“ (Marr, 2018)

4 VYBRANÉ METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ

V této kapitole jsou popsány některé metody, které se v rámci průmyslového inženýrství využívá k zeštíhlování podnikových či výrobních procesů.

4.1 Metoda 5S

Tato metoda zahrnuje 5 kroků, jež slouží k odstranění ztrát a následné organizaci pracoviště. Značí se 5S, jelikož vychází z japonštiny a každý název jednotlivých kroků začíná písmenem „S“.

ProLean (© 2022) řadí jednotlivé fáze metody následovně:

- **Seiri (třídít)** – Separovat či odstranit věci nepotřebné k činnosti
- **Seiton (systematizovat)** – Snížit plýtvání pomocí systematického uspořádání pracovních předmětů na pracovní ploše
- **Seiso (čistit)** – Zajistit trvalé čištění pracoviště
- **Seiketsu (standardizovat)** – Vytvořit vizualizaci správně uložených předmětů a vytvořit tak nový standard pracoviště
- **Shitsuke (udržovat)** – Zabezpečit dodržování stanovených standardů a zdokonalovat je

Cílem této metody je dle ProLean (© 2022) eliminace jakéhokoli plýtvání na pracovní ploše, zajistit dodržování určitých standardů, udržovat pracoviště v čistotě, zabezpečit rozvoj kázně u pracovníků a jejich kooperaci při organizaci, zdokonalit celkové pracovní prostředí, bezpečnost při práci a uspořádání pracoviště.

4.2 Ishikawa diagram

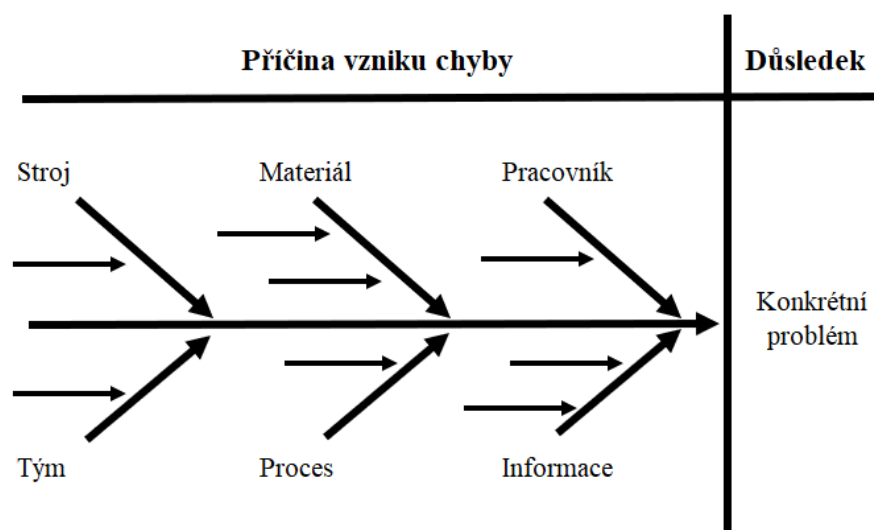
Známý také jako diagram rybí kosti nebo diagram příčin a následků. Slouží tedy k nalezení té nejpravděpodobnější příčiny, kvůli které problém vzniknul. Metoda vychází z principu, že jistě existuje příčina každého problému, a diagram, jenž můžeme vidět níže, napomáhá k odhalování těchto příčin a stanovuje 6 hlavních oblastí, kde se údajné příčiny nachází. (ProLean, © 2022)

Problém se definuje na pravou stranu diagramu, jak lze vidět níže na obrázku 15.

Chromjaková (2013, s. 39) uvádí, že diagram rybí kosti je efektivní metodou, jež dokáže včas chybu nalézt a tím si zajistit i určitou prevenci.

ProLean (© 2022) stanovuje hned několik cílů pro tuto metodu:

- Identifikace pravé příčiny, proč problém vzniknul
- Charakterizovat veškeré kořenové příčiny
- Nalézt ty nejzávažnější kořenové příčiny



Obrázek 15 Ishikawa diagram
(vlastní zpracování dle Chromjaková, 2013, s. 39)

4.3 KAIZEN

Termín Kaizen lze chápat jako kontinuální zlepšování systému. Hlavním smyslem metody Kaizen je právě toto neustále zlepšování zajistit. Aby tomu tak bylo, je třeba pochopit, že jakékoli malé změny v procesu dokáží přispět k velkým přínosům a také přispívají ke zlepšení nejen v rámci jakosti či kvality výrobku, ale také ze strany zvyšování produktivity. (ProLean, © 2022)

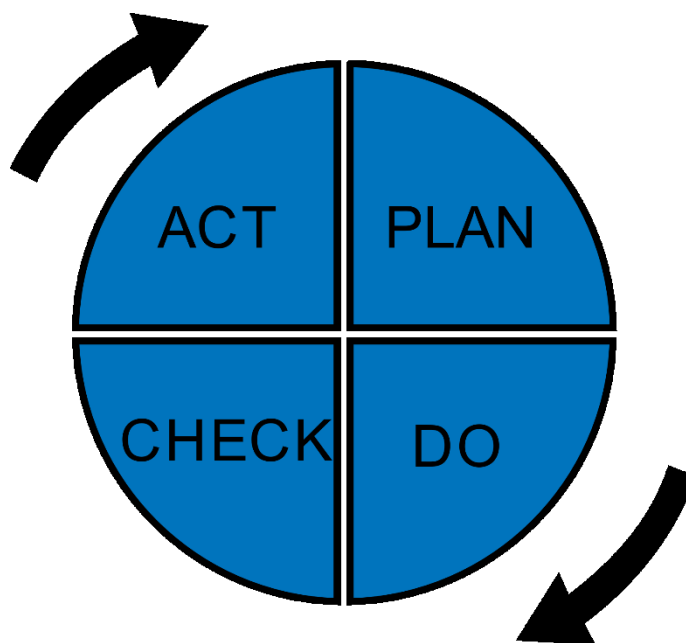
Greene (2013, s. 374) ve své knize popisuje tento termín jako proces na denní bázi, jehož účelem není pouhé zlepšování. Dle autora se jedná o proces, který, pokud je správně implementován, dokáže odstranit plýtvání v podobě příliš tvrdé lidské práce a učí lidi,

jak využívat určité vědecké metody a jak odhalovat a zároveň eliminovat plýtvání v podnikových procesech.

„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, s. 13)

Kaizen využívá metody PDCA, která je znázorněna na obrázku 16 níže a dělí se na 4 kroky a ProLean (© 2022) je popisuje jako:

- **Naplánuj (plan)** – Rozbor současného stavu, definice problému, určení příčiny problému, návrh na řešení problému, přidělení odpovědného pracovníka
- **Vykonej (do)** – Implementace navržených opatření či řešení
- **Prověř (check)** – Analýza předešlého kroku, zda opatření účinné
- **Jednej (act)** – Pozitivní výsledek = zavedení nového standardu
Negativní výsledek = návrh a následné zavedení nových opatření



Obrázek 16 PDCA cyklus
(vlastní zpracování dle ProLean, © 2022)

4.4 KANBAN

Termín Kanban pochází z japonštiny, stejně jako metoda Kaizen. V doslovném překladu slovo Kanban značí „vizuální tabulku“. Metoda se využívá od 50. let 20. století a byla vyvinuta v japonské Toyotě. Původně Kanban vzniknul jako systém určený pro plánování ve štíhlé výrobě. Tato metoda, jež je založena na principu „tahu“, v praxi znamená, že výroba spíše využívá poptávky zákazníků nebo dalšího střediska ve výrobním procesu než klasického principu, jenž je založený na „tlaku“. Cílem metody je vytvořit větší přidanou hodnotu pro zákazníka bez nutnosti zbytečné nákladovosti. (Kanbanize, © 2022)

4.5 Přímé měření práce

Přímé měření práce je způsob, podle kterého lze za pomoci využití určitého měřicího nástroje (stopky, formulář, či digitální zařízení) určit spotřebu času patřičného úkonu. Přímé měření se dělí na snímek pracovního dne a chronometráž. Do technik přímého měření lze také zahrnout metodu pozorování, která je součástí všech měřících metod. (Dlabač, 2015)

4.5.1 Snímek pracovního dne

Dle Dlabače (2015) se snímek pracovního dne využívá jako metoda ustavičného pozorování pro určení celkové spotřeby času za směnu. Autor dále uvádí, že záměrem tohoto měření je nalézt chybovost v procesu v podobě určitého plýtvání, vyselektovat činnosti, jež mají vysoký podíl NVA, a získat tak celkový přehled o časové spotřebě.

4.5.2 Chronometráž

Tento způsob přímého měření se využívá pro zjištění časového trvání určité operace v rámci několika sekund. Chronometráž využívá principu rozčlenění celé operace na dílčí činnosti. (Dlabač, 2015)

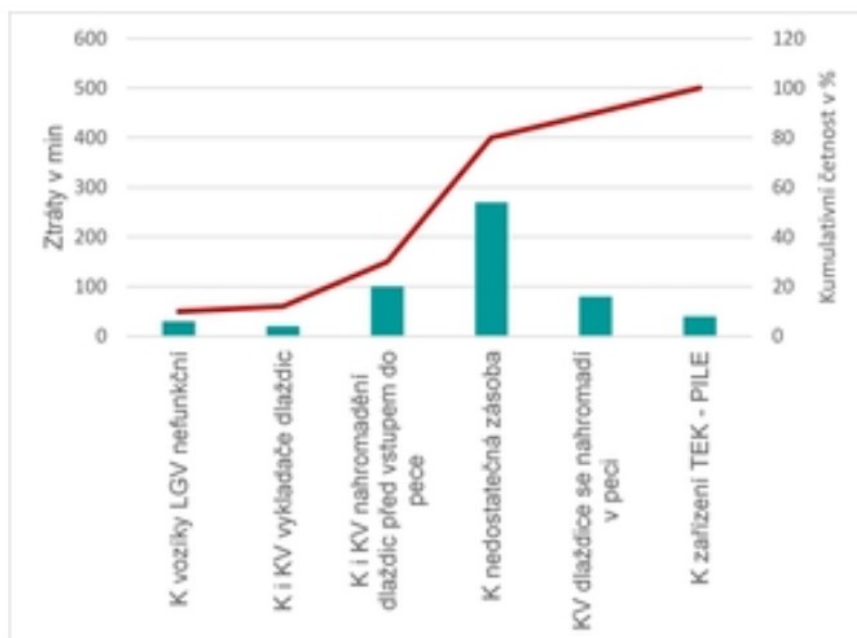
Dlabač (2015) dále zmiňuje výhody této metody, mezi které se řadí především:

- Možnost transferu jednotlivých činností mezi pracovníky
- Formulace úkonů zapříčiňujících plýtvání
- Vysoká jistota měření

4.6 Paretův diagram

Greene (2013, s. 11) uvádí, že princip Paretovy analýzy či metody 80/20 je výborný nástroj k praktickému použití v oblasti průmyslového inženýrství. Autor naznačuje, že malý počet problémů má velké následky, stejně tak několik opatření přináší značné zlepšení uvnitř procesu. Dle autora je důležité identifikovat problémy a stanovovat jim určité priority, aby bylo možné izolovat ty nejvíce relevantní následky, které mohou potenciálně vzniknout.

Nutno podotknout, že tento diagram je správným nástrojem k identifikaci chyb s velkým výskytem. Dle Paretova pravidla platí, že 80 % nákladů je vytvářeno 20 % problémy, což lze pozorovat na obrázku 17 níže. (API - Academy of Productivity and Innovations, © 2005 – 2022)



Obrázek 17 Paretův diagram 80/20
(API - Academy of Productivity and Innovations, © 2005 – 2022)

5 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Pro teoretickou část této bakalářské práce slouží literární rešerše, která je čerpána z knižních i internetových zdrojů.

V kapitole 1 je popsán proces, na který následně navazuje téma štíhlého podnikového procesu. Pro představení výrobního procesu slouží kapitola 2, ve které je také uvedeno, co si lze představit pod pojmem štíhlá výroba. V rámci této kapitoly je blíže specifikováno, k jakým jednotlivým druhům plýtvání by v rámci štíhlé výroby nemělo docházet. V návaznosti na praktickou část, která se následně orientuje na analýzu výrobního procesu pro výrobní zařízení, jež je z většiny automatizováno, je v kapitole 3 zohledněn Průmysl 4.0, který se v dnešní době snaží zavést ne jedna moderní průmyslová firma.

V poslední pasáži teoretické části bylo vybráno několik metod průmyslového inženýrství, které slouží jako podklad pro analýzu výrobního procesu ve společnosti Austin Detonator s. r. o. Mezi tyto metody patří:

- Metody přímého měření
- Pozorovací technika
- Paretův diagram
- Ishikawa diagram

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI AUSTIN DETONATOR S. R. O.

Společnost Austin Detonator (dále jen Austin) sídlí ve Vsetíně a tvoří důležitou složku korporace AUSTIN POWDER, Cleveland, Ohio, USA. Austin je konvenčním výrobcem podnětných systémů pro průmyslové trhací práce a poskytuje technologickou a výzkumně-vývojovou základnu pro jejich produkci.

Počátky Austin Detonator lze hledat v roce 1937, kdy se tehdy ve vsetínské Zbrojovce začala vyrábět munice. Svou činnost zahájila, právě když zainvestovala do koupi výroby rozbušek v již zmíněné Zbrojovce.

Je nepostradatelnou součástí, jakožto zaměstnavatel velkého množství lidí. Nyní má Austin již přes 1000 zaměstnanců, bezpochyby z toho důvodu, že klade důraz na ochranu životního prostředí bezpečnost svých zaměstnanců. Heslem společnosti je „Safety first!“, neboli „Bezpečnost na prvním místě“.

(Austin Detonator s. r. o., © 2022)

6.1 Austin ve světě

Austin je v současnosti největším výrobcem důlních rozbušek v Evropě a jedním z předních světových výrobců v tomto odvětví. Je jedním z předních exportérů v regionu. Téměř 98 % výrobků vyváží do mnoha zemí světa.

(Austin Detonator s. r. o., © 2022)



AUSTIN POWDER

Obrázek 18 Logo společnosti (Austin Detonator s. r. o., © 2022)

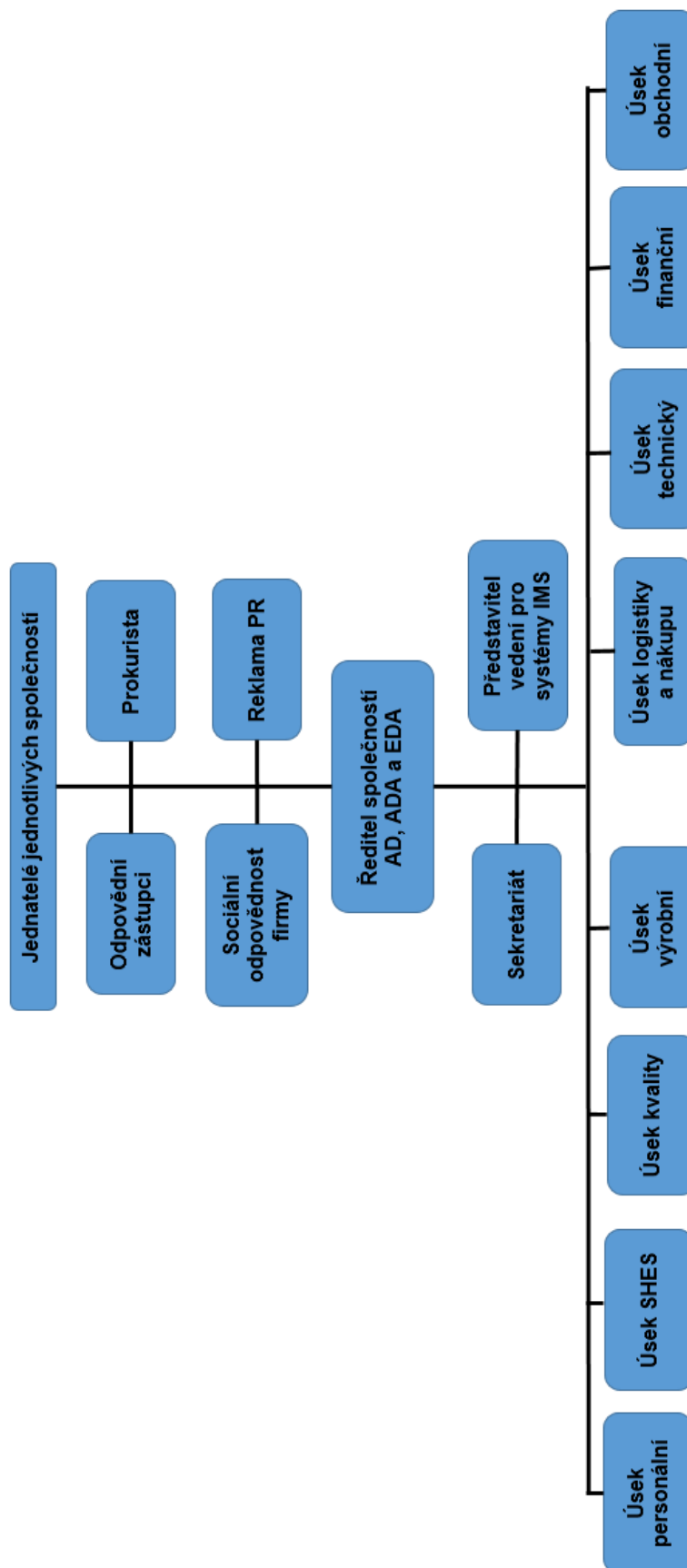
6.2 Organizační struktura podniku

Vertikální dělba činností je ve společnosti stanovena takto:



*Obrázek 19 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, eventuálně jinými akty řízení ředitele SPOL. SPOL je tvořena odbornými úseky řízenými odbornými řediteli, kteří jsou v přímé podřízenosti ředitele SPOL. (interní dokumenty společnosti)



Obrázek 20 Organizační schéma společnosti
(vlastní zpracování dle interních dokumentů společnosti)

6.3 Výpis z Obchodního rejstříku

Jelikož společnost Austin provozuje hned několik živnostenských činností, pro účely této práce bude popsáno pouze první živnostenské oprávnění, které firma provozuje. Další údaje jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 Výpis z OR (vlastní zpracování dle Kurzy.cz, © 2000 – 2022)

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

6.4 Portfolio společnosti

Z předmětu podnikání, které bylo uvedeno v předešlé tabulce je patrné, že se společnost Austin zabývá především výrobou rozbušek, jež jsou následovně využity pro různé účely, a těmi jsou:

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

Pro každý z výše zmíněných případů se využívají určité typy rozbušek. Ve všech oblastech využití se aplikují elektrické a elektronické rozbušky, které Austin vyvíjí a vyrábí. Rovněž se mohou využívat rozbušky neelektrické, tedy až na případ, kdy dochází k seismickému průzkumu, těžbě ropy a zemního plynu, a to z důvodu, že je neelektrická rozbuška nevhodná do prostředí s výskytem hořlavých plynů a prachů.

6.4.1 Neelektrické rozbušky

Tato kompletně sestavená rozbuška se sestává z několika částí a těmi jsou:

- Dutinka s trhavinou
- Zpoždovací váleček s laborovanou složí
- Vložka s pyrotechnickou složí
- Detonační trubička
- Těsnění

Jako příklad neelektrické rozbušky lze uvést produkt Shock*Star, který Austin využívá jak pro podzemní dobývání, stavebnictví tak i pro povrchové doly a lomy.

6.4.2 Elektrické rozbušky

Rozbuška elektrická má podobné seskupení jako ta předešlá, až na několik komponentů.

Je sestavena z těchto částí:

- Dutinka s trhavinou
- Zpoždovací váleček s laborovanou složí
- Elektrická pilule
- Přívodní vodiče
- Těsnění

Austin vyrábí elektrické rozbušky pro určité typy využití. Pro odstřely v povrchových dolech a lomech se využívá například rozbuška typu Rock*Star 25/50. V případě podzemního dobývání lze použít rozbušku Coal*Star 30, ve stavebnictví může jít o typ Rock*Star III Omega, pro seismické průzkumy je možné použít typ Seismic*Star a v případě těžby plynu a ropy jde například o druh pod názvem Oil*Star Detonators.

6.4.3 Elektronické rozbušky

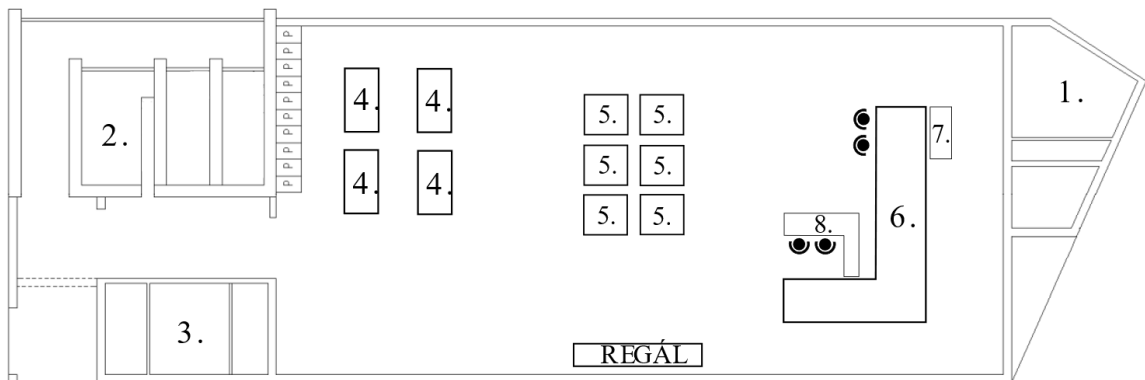
Elektronická rozbuška je jedním z nejvíce technologicky pokrokových produktů, kterými se společnost může chlubit. Tato rozbuška se vyznačuje maximální přesností při detonaci. Jako u předešlých dvou produktů je jádro elektronické rozbušky dosti podobné. Sestává se tedy z níže zmíněných částí:

- Dutinka s trhavinou
- Pojistka s laborovanou složí
- Elektrická pilule
- Elektronický modul
- Přívodní vodiče
- Těsnění

Dle účelu využití se tato rozbuška liší svým složením, ale ve všech pěti případech použití se aplikuje elektronická rozbuška, jež nese název E*Star.

7 LAYOUT PRACOVNÍHO OBJEKTU

Na obrázku 21 lze vidět layout pracoviště, ve kterém je umístěno výrobní zařízení Elektra (č. 6), jehož výrobní proces je předmětem zkoumání této práce. Zařízení je blíže popsáno v následující kapitole. Obrázek dále znázorňuje další objekty, jež jsou v tomto objektu umístěny. Jedná se o místnost seřizovačů, sklad hotových výrobků, denní místnost pro pracovníky, ruční linka pro sestavu elektronických rozbušek E*Star, palety s materiálem potřebným pro výrobu, regál s potřebnými materiály pro balení hotových produktů, zásobníky pro komponenty výrobku a v poslední řadě pracovní stůl, jež využívají pracovnice pro dokončení výrobního procesu, a tím je zabalení dokončených výrobků do krabic.



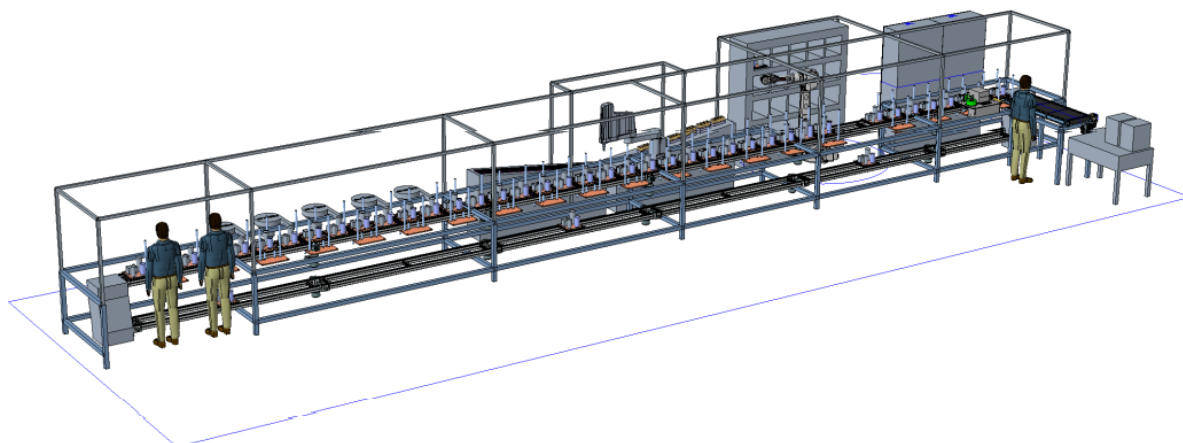
Obrázek 21 Layout pracovního objektu
(vlastní zpracování dle interních dokumentů společnosti)

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| 1 – Místnost seřizovačů | 5 – Paleta s výrobním materiálem |
| 2 – Sklad hotových výrobků | 6 – Výrobní linka Elektra |
| 3 – Denní zóna pro pracovníky | 7 – Zásobníky pro komponenty |
| 4 – Ruční linka E*Star | 8 – Stůl pro balení hotových výrobků |

8 POPIS VYBRANÉHO ZAŘÍZENÍ

Výrobní linku, jež je možné vidět na obrázku 22, navrhla a zkonstruovala firma JHV, dle požadavků Austinu. Snímek linky byl převzat z dokumentu, který vytvořil pan Poskočil, jelikož nebylo možné pořídit fotografický snímek z důvodu bezpečnosti na pracovišti, které je velmi striktní ve vazbě na výrobu rozbušek. Stroj je zcela zautomatizován, tedy až na vstup a výstup, kde je stále potřebný lidský faktor.

Linka je pojmenována dle názvu produktu E*Star, jež vyrábí. Společnost Austin si na této tradici pojmenování strojů zakládá a Elektra není prvním zařízením, jejíž jméno vychází dle vyráběného produktu. Například linka pro sestavu neelektrických rozbušek nese název NELA.



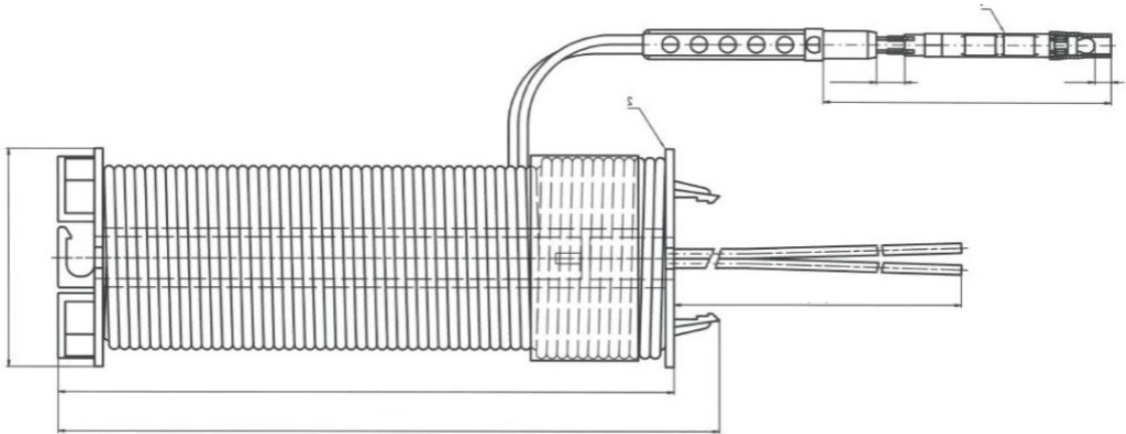
Obrázek 22 Výrobní zařízení Elektra (Poskočil, 2019)

Výrobní zařízení Elektra je navíc vybaveno testovací stanicí pro elektronické rozbušky, a tudíž již není třeba ručního testování. Díky této vymoženosti stroj sám umí vyhodnotit, zda se jedná o vadný kus či nikoliv. Součástí linky jsou také dva naprogramovaní roboti v podobě automatických ramen.

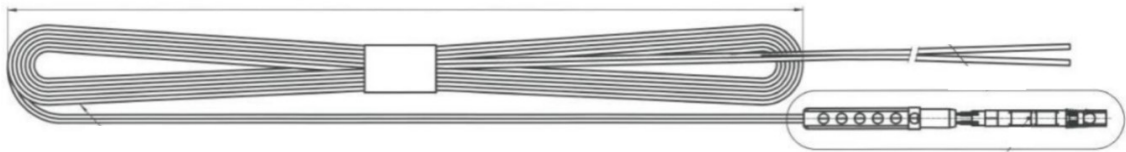
8.1 Popis výrobku ve výrobním procesu

Výrobní proces, na který se tato práce zaměřuje, se zabývá právě výrobou poslední zmíněné rozbušky ve firemním portfoliu, a to produktem E*Star. V průběhu procesu výroby se na elektronickou rozbušku doplní navíc konektor, který slouží pro tvorbu větších roznětných sítí, a traceabilitní praporek, díky jemuž je každý produkt dohledatelný.

Rozbuška E*Star se navíc rozděluje pomocí typů vodičů, a to na provedení vodičů ve tvaru cívky či smyčky. Cívka ani smyčka nemá svým způsobem žádný vliv na systém výrobního procesu, ani jejich podoba nemá žádné určité výhody. Jde o pouhé vyhovění zákazníkovi, jaký typ vodičů u rozbušky preferuje. Tyto typy lze vidět na obrázku 23 a 24.

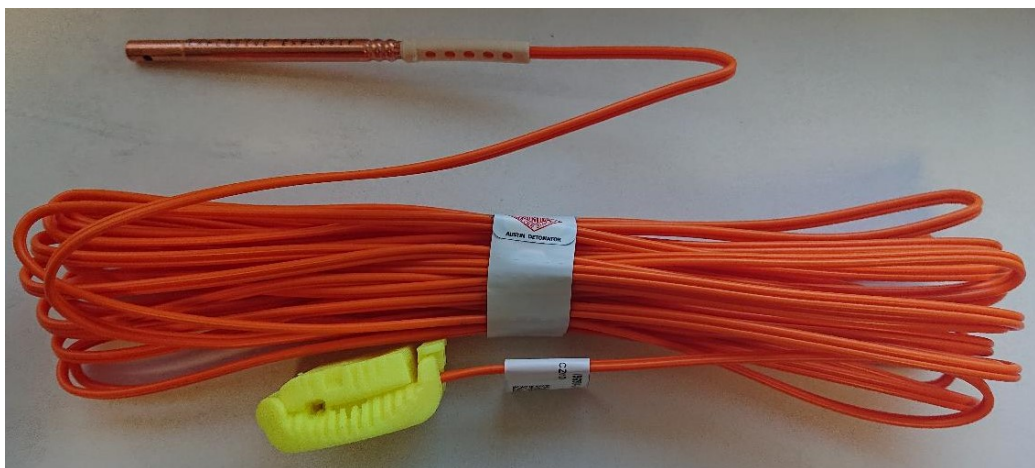


Obrázek 23 E*Star cívka (upraveno dle interních dokumentů společnosti)



Obrázek 24 E*Star smyčka (upraveno dle interních dokumentů společnosti)

V rámci všech prováděných měření, byl výrobní program nastaven na výroby rozbušek typu E*Star smyčka, jež je také uveden na obrázku 25 níže.



Obrázek 25 Dokončený výrobek E*Star smyčka (vlastní zpracování)

9 POPIS SOUČASNÉHO STAVU VÝROBNÍHO PROCESU

Elektra systematicky sestavuje elektronické rozbušky E*Star a skládá se z několika operací a stanovišť v rámci výrobního procesu. Na vstupu zařízení se nachází obsluha, které na již zmíněnou speciální paletku, jež prochází celým zautomatizovaným procesem výroby, založí smyčku či cívku a rovněž na tuto paletku zafixuje volné konce vodičů. Poté sám stroj pomocí kontrolní kamery vyhodnotí, zda jsou vodiče upnuty správně a vpustí paletku s cívkou či smyčkou dál do výrobního procesu. Uvnitř výrobního zařízení se nachází několik stanovišť, které provádí operace jako je:

- Upnutí konektoru
- Zalisování vodičů
- Nalisování EIM čipu
- Založení a zaškrcení rozbušky
- Znehodnocení NOK kusů
- Upnutí traceabilitního praporku

Během výroby obsluha či seřizovač také obstarává doplňování komponent do zásobníků. Na konci procesu přistoupí obsluha, která odejme OK kus z dopravníku a jednotlivé rozbušky patřičně zabalí. Také odebírá NOK kusy, které zařízení vyhodnotí jako vadné a jsou následně umístěny do bezpečného boxu k tomu určenému.

10 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU VÝROBNÍHO PROCESU

První kontrolní snímkování pracovního dne bylo provedeno 14. 1. 2022 během běžného provozu a bylo zaměřeno na celkový výrobní proces zařízení Elektra, protože bylo nutné zjistit, na které stanoviště se blíže v další fázi snímkování zaměřit. Hlavním cílem této analýzy bylo najít či odhalit, kde se nachází potenciální ztráty a o jaký typ se jedná. Při předešlé konzultaci s odpovědným pracovníkem společnosti bylo zjištěno, že určitý druh plýtvání vzniká na samotném vstupu do procesu výroby, kdy dvě pracovnice zakládají smyčky a její vodiče do paletky.

Pro účely této prvotní analýzy bylo využito ručního snímkování, jelikož nebylo možné použít žádné elektronické zařízení z hlediska bezpečnosti na pracovišti a přílišnému přiblížení se k výrobní lince. Při tomto měření byl výrobní program nastaven na typ rozbušky E*Star smyčka, jak bylo již zmíněno v předešlé kapitole 8.1.

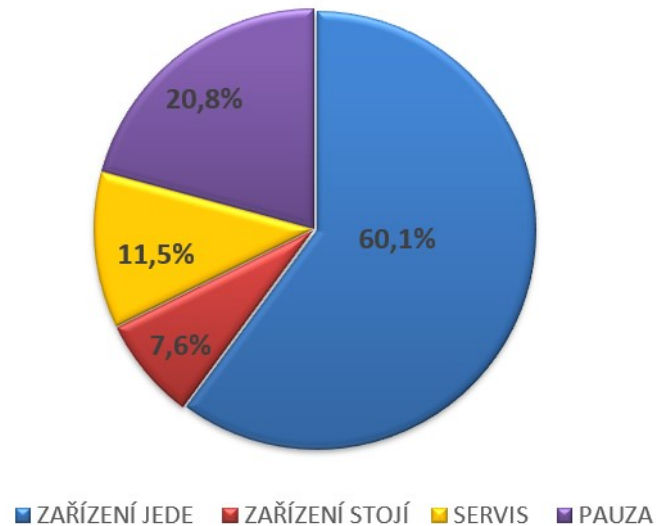
Tabulka 3 Měření výrobního procesu – metoda snímkování (vlastní zpracování)

Stroj: Elektra **Datum:** 14.01.2022 **Začátek pozorování:** 6:11:00
Typ: Smyčky **Směna:** ranní **Konec pozorování:** 13:00:00

Kategorie	VA/ENVA/NVA	Práce/Prostoj	Činnost	Délka trvání
1	VA	Práce	ZAŘÍZENÍ JEDE	4:06:00
4	ENVA	Prostoj	PAUZA	1:25:00
3	ENVA	Prostoj	SERVIS	0:47:00
2	NVA	Prostoj	ZAŘÍZENÍ STOJÍ	0:31:00
Celkem				6:49:00

Z tabulky 3 je zcela patrné, kolik hodin výrobní proces trval. Data jsou v tabulce seřazena dle doby trvání jednotlivých operací. Taktéž lze pozorovat, že pauza v rámci výroby zabrala poměrně značnou část z celkového měření. Příčinou je, že pracovnice mají během směny nárok na několik krátkých přestávek a na jednu půl hodinovou pauzu, kterou využívají převážně jako obědovou. Krátké přestávky jsou využívány z toho důvodu, aby nedocházelo ke zbytečné chybovosti lidského faktoru, protože se jedná převážně o monotónní činnosti. Proto po každé z přestávek dochází k rotaci pracovníků na všech pozicích obsluhy. V tabulce jsou také uvedeny hodnoty, které přidávají hodnotu (VA), nepřidávají hodnotu (NVA), anebo jsou potřebné pro proces, ale rovněž žádnou hodnotu nepřidávají (ENVA). Jediná činnost, která v tomto procesu hodnotu přidává, je nepřetržitý chod zařízení.

Akce, která naopak žádnou hodnotu nepřidává, je linka v nečinném stavu, kdy se převážně čeká na úkon seřizovače, doplnění komponent do zásobníků, odstranění NOK kusů nebo obsluhu na pozici zakládání smyček do paletky. Mezi úkony potřebné pro provoz zařízení patří pauza a zásah seřizovačů. Z většiny provedených seřízení se jednalo o odstranění porušené rozbušky, kdy robot špatně uchopil sestavenou rozbušku a přetrhnul, vodiče nebo poškodil těsnění.

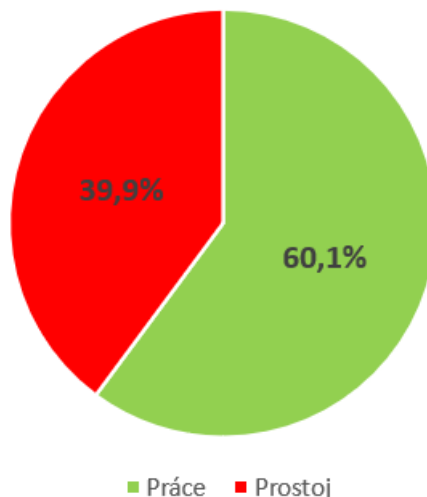


Obrázek 26 Četnost činností výrobního procesu v %
(vlastní zpracování)

Na obrázku 26 je graficky znázorněna četnost jednotlivých činností v rámci prvního měření. Tyto úkony jsou uvedeny v procentech, a jak je z obrázku patrné, největší podíl má výrobní linka v nepřerušovaném chodu. Dále se jedná o pauzu, nečinné výrobní zařízení a servisní zásah seřizovačů.

Během měření bylo zpozorováno předpokládané plýtvání z hlediska čekání, které je blíže popsáno v kapitole 2.3.5, kdy 2 pracovníce na vstupu nestíhají v dostatečném časovém rozpětí připravit smyčku na paletku, její vodiče zafixovat a jedna pracovníce musí častokrát čekat na úkon té druhé, než vykoná vše potřebné. Z provedeného měření (tabulka 3) není toto plýtvání zcela patrné, jelikož během provozu může být uvnitř zařízení hned několik paletek najednou. A tudíž, i během prodloužení obsluhy na vstupu, výrobní proces stále běží, protože má linka dostatečnou kapacitní rezervu. I přes to byla částečná neproduktivita na pracovišti viditelná. Proto proběhly další dvě měření v měsíci únoru, jež byly rovněž provedeny na základě pozorování a metody snímku pracovního dne, a které byly již zaměřeny přímo na jednotlivé vstupní operace obsluhy obou stanic (ST010 a ST020). Tato měření jsou popsána níže v dalších kapitolách.

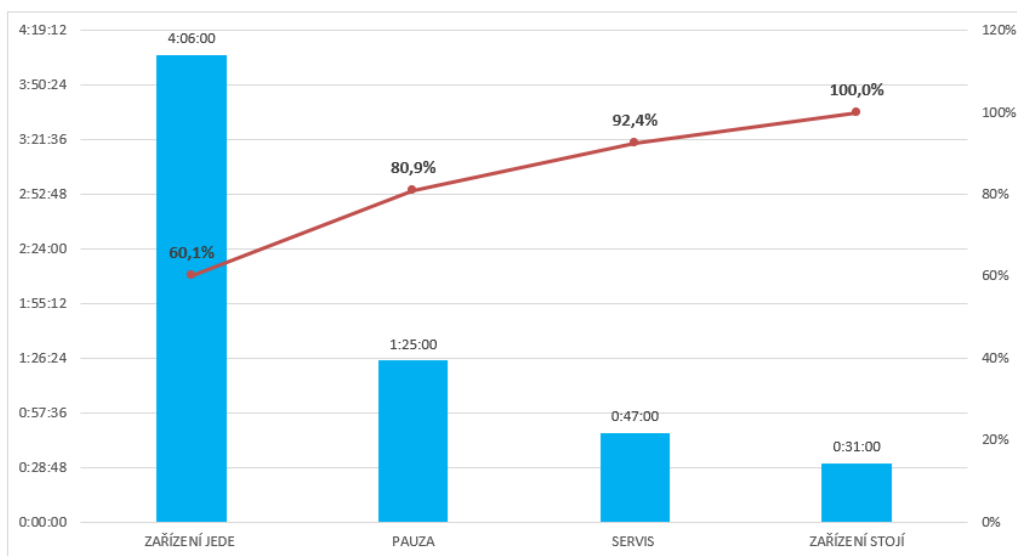
Z obrázku 27, na němž je uveden graf, lze pozorovat rozdělení výrobního procesu na „práci“ a „prostoje“. Z celkového měření vyplývá, že „práce“ se na činnostech podílí 60,1 %, a to v počtu 4 hodin a 6 minut, jež také lze pozorovat v tabulce 3. V provedeném snímku má „prostoje“ podíl 39,9 % a zastoupení v nečinnostech, mezi které patří pauza, servis a nečinné zařízení, to vše v celkovém počtu 1 hodiny 56 minut. Tento počet hodin byl zjištěn součtem prostoje, jenž vychází rovněž z tabulky 3.



Obrázek 27 Práce x Prostoj
(vlastní zpracování)

10.1 Paretův diagram ve vazbě na výrobní proces

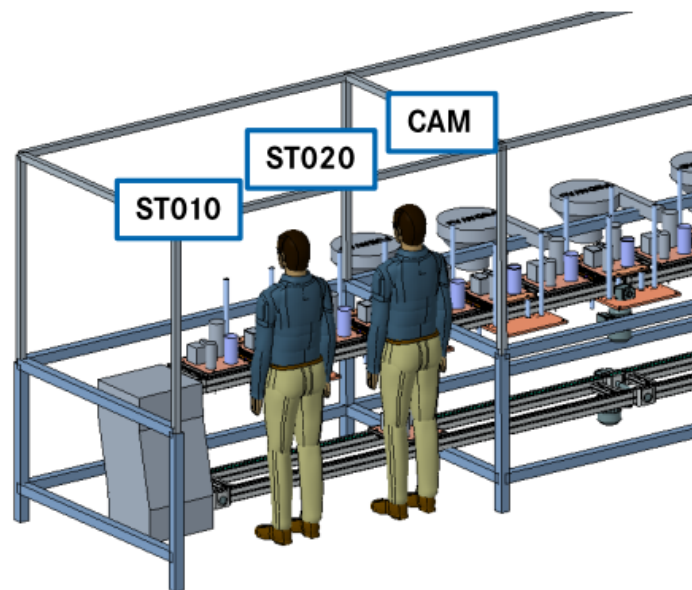
Z Paretova pravidla, které je blíže popsáno v kapitole 4.6 a z obrázku 28, jenž je uveden níže, vyplývá, že 80 % činností lze zvládnout ve 20 % celkového času výroby. Spadá zde zařízení v provozu a prostoje v podobě přestávky.



Obrázek 28 Paretův diagram z časů jednotlivých operací (vlastní zpracování)

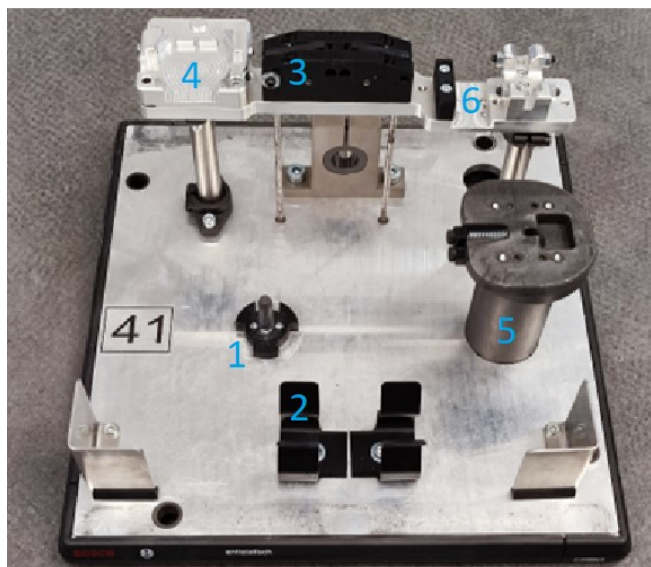
11 POPIS VSTUPNÍ OPERACE OBSLUHY

Obrázek 29 znázorňuje obsluhu na pozici zakládání smyčky či cívky do speciálně upravené paletky (obrázek 30), která je navržena tak, aby na ni bylo možné oba dva typy přípravků jednoduše upevnit. Z obrázku 29 tedy vyplývá, že na vstupu působí dvě pracovnice. Proces probíhá způsobem, že jedna pracovnice na stanici č. 1 (ST010) a druhá na stanici č. 2 (ST020) uchopí smyčku, nebo cívku z ESD boxu, jenž mají umístěn nad sebou a ručně ji přenesou nad paletku.



Obrázek 29 Manuální stanice na vstupu výrobního procesu (Poskočil, 2019)

Následně pracovnice založí volný konec vodiče s nastříknutým těsněním do paletky (č. 6), poté umístí smyčku do plastového držáku ve tvaru „U“ (č. 2) nebo cívku narazí na trn (č. 1). V další fázi pracovnice vyrovnají konce vyčnívajících vodičů na straně, kde se nachází nastříknuté těsnění tak, aby byly v rovné ose. Na druhé straně cívky či smyčky pracovnice uchopí volné přívodní vodiče a taktéž je zafixují do paletky, konkrétně do plastové kazety umístěné na platformě paletky (č. 3), jež je k tomu určená.



*Obrázek 30 Paletka ve výrobním procesu
(vlastní zpracování)*

V posledním kroku obě pracovnice zkontrolují založení a zafixování celého přípravku a stiskem ruky potvrdí tlačítko (to změni barvu na zelenou) a paletku zasílají po kolejnici na kamerovou kontrolu, která následně v případě správného upnutí všech částí uvolní paletku na dopravník uvnitř výrobního zařízení, kde na jednotlivých automatizovaných stanovištích probíhají již další úkony. V druhém případě kamera nalezne vadné zafixování, vyhodnotí chybu a paletku dovnitř procesu nevpustí, tudíž pracovnice musí znovu zkontrolovat všechny části vodičů, správně je upravit a znovu paletku poslat na kontrolní kamerové stanoviště.

Dále lze na paletce vidět držák pro upnutí konektoru (č. 4), který již provádí samo zařízení a ocelový tubus pro sestavenou rozbušku E*Star (č. 5), do kterého ji vkládá robotické rameno a chrání zařízení i obsluhu při náhodné detonaci.

Dle informací Austinu se celkový cyklový čas operace, bez chybovosti obsluhy, nachází mezi 10 – 15 sekundami, a tak před zahájením pozorování a snímkování v měsíci únoru, bylo na konci ledna provedeno orientační měření stanice ST010, které je zohledněno v následující kapitole.

12 ANALÝZA VYTÍŽENÍ VSTUPNÍHO PROCESU U VÝROBNÍHO ZAŘÍZENÍ

Tato kapitola se zabývá analýzou jednotlivých vstupních operací, které vykonávají pracovníci na stanicích ST010 a ST020. Pro každou stanicí bylo provedeno jedno třicetiminutové měření na základě snímkování a pozorování, jelikož obě pracovníci provádějí úkony, které se odehrávají v rámci několika sekund. Během této doby také nedochází k doplňování smyček do ESD zásobníku, což eliminuje nepožadovanou odchylku během měření. Jako nástroj pro pořízení snímku bylo tentokrát svoleno využít firemní tablet s mobilní aplikací, která je určená pro snímek pracovního dne.

Jak bylo zmíněno v předešlé kapitole 11, na konci ledna bylo provedeno orientační měření, které je provedeno na základě využití chronometráže, jež je uvedena v podkapitole 4.5.2, za účelem zjištění cyklového času celé operace obsluhy na stanici ST010, které je zohledněno v následující tabulce 4.

Tabulka 4 Orientační měření cyklového času na pozici ST010 (vlastní zpracování)

Stroj: Elektra **Datum:** 21.01.2022 **Pozice:** ST010 **Začátek:** 8:00:00
Typ: Smyčky **Směna:** ranní **Počet pracovníků:** 1 **Konec:** 8:00:15

Operace	Činnost	Délka trvání (s)
1	VYJMUTÍ SMYČKY Z BOXU	0:00:01
2	UPEVNĚNÍ VODIČE S TĚSNĚNÍM DO PALETKY	0:00:03
3	ZALOŽENÍ SMYČKY DO PALETKY	0:00:02
4	ZAROVNÁNÍ KONCE VODIČŮ S TĚSNĚNÍM	0:00:01
5	ZAFIXOVÁNÍ VOLNÝCH VODIČŮ DO KAZETY	0:00:02
6	VIZUÁLNÍ KONTROLA A POSUNUTÍ PALETKY PO KOLEJNICI	0:00:02
7	ČEKÁNÍ NA OBSLUHU ST020	0:00:02
8	KAMEROVÁ KONTROLA	0:00:01
9	VPUŠTĚNÍ PALETKY DOVNITŘ ZAŘÍZENÍ	0:00:01
Celkem se zohledněním čekání		0:00:15
Celkem bez čekání na obsluhu ST020		0:00:13

Z tabulky výše je patrné, že i během zkušebního měření cyklového času došlo k plýtvání v podobě čekání na obsluhu druhé stanice ST020 a to počtu 2 sekund. Pokud by se tento prostoj v konečném součtu všech operací nezohlednil, dostali bychom číslo 13 sekund, které se nachází v toleranci s požadovaným cyklovým časem celkové operace 10 – 15 sekund.

12.1 První Měření: obsluha stanice ST010

První snímek byl vytvořen dne 4. 2. 2022, jak lze vidět v tabulce 5 níže. Měření bylo zahájeno na začátku směny v 6:00, jelikož jsou plné kapacity zásobníků jednotlivých komponent a smyček a zároveň je vyloučeno, že v následujících několika hodinách dojde k přetypování výrobního systému na výrobu cívek.

Z tabulky 5 je dále patrné, jaké úkony musí pracovnice na stanovišti ST010 při zakládání smyček udělat. Jednotlivé činnosti nejsou v tabulce seřazeny postupně, jak jdou za sebou, ale podle četnosti výskytu jednotlivých operací v rámci třicetiminutového měření.

Tabulka 5 První měření ST010 (vlastní zpracování)

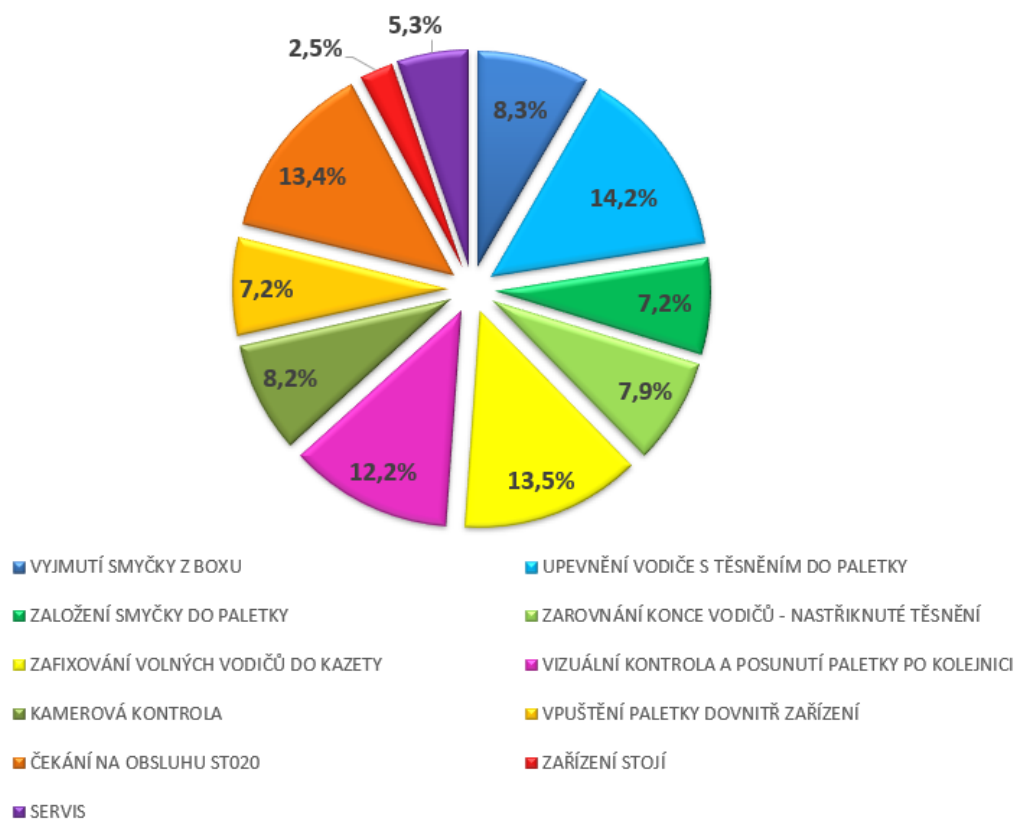
Stroj: Elektra Datum: 04.02.2022 Pozice: ST010 Začátek: 6:00:00
Typ: Smyčky Směna: ranní Počet pracovníků: 1 Konec: 6:30:21

Operace	VA/NVA/ ENVA	Práce/ Prostoj	Činnost	Délka trvání (min)	Četnost
2	ENVA	Práce	Upevnění vodiče s těsněním do paletky	0:04:18	14,2%
5	ENVA	Práce	Zafixování volných vodičů do kazety	0:04:06	13,5%
9	NVA	Prostoj	Čekání na obsluhu ST020	0:04:04	13,4%
6	ENVA	Práce	Vizuální kontrola a posunutí paletky po kolejnici	0:03:42	12,2%
1	ENVA	Práce	Vyjmutí smyčky z boxu	0:02:32	8,3%
7	ENVA	Práce	Kamerová kontrola	0:02:30	8,2%
4	ENVA	Práce	Zarovnání konce vodičů s těsněním	0:02:24	7,9%
8	ENVA	Práce	Vpuštění paletky dovnitř zařízení	0:02:12	7,2%
3	ENVA	Práce	Založení smyčky do paletky	0:02:11	7,2%
11	ENVA	Prostoj	Servis	0:01:36	5,3%
10	NVA	Prostoj	Zařízení stojí	0:00:46	2,5%
Celkem				0:30:21	100,0%

První sloupec tabulky znázorňuje posloupnost vykonávaných činností, tedy až na operaci č. 11, jelikož tato činnost nespadá do kompetencí pracovníků, ale je rovněž součástí výrobního procesu. Další dvě operace, která je označena číslem 9 a 10 znázorňují prostoj v podobě čekání či nečinnosti zařízení. Rovněž je nutné tento prostoj v měření zohlednit, jelikož se v průběhu výroby vyskytuje. Dále je možno z tabulky vyčíst, které operace jsou potřebné pro proces, ačkoli nepřinášejí žádnou hodnotu výrobku (ENVA), a které nejsou potřebné vůbec (NVA). Třetí sloupec zohledňuje, zda se jedná o práci či prostoj. V předposledním sloupci lze pozorovat celkovou délku jednotlivých úkonů v rámci provedeného pozorování a snímkování. V posledním sloupci je zobrazen procentuální podíl

jednotlivých činností na celkovém čase pozorování. Vytvořena tabulka 4 je také důležitá pro tvorbu jednotlivých grafických znázornění, které jsou popsány níže.

Z obrázku 31, jenž je uveden výše, graficky vyplývá četnost jednotlivých operací v rámci prvního měření obsluhy stanice ST010. Všechny činnosti jsou uvedeny v procentech. Obrázek 31 jasně znázorňuje, které činnosti trvají nejdéle, a tak mají největší podíl v provedeném měření. Je třeba poukázat na prostoj, který je v procesu zastoupen nemalým podílem 13,4 %. Tato časová ztráta vzniká při čekání první pracovníce na pozici ST010, na druhou, která se nachází vedle ni na stanici ST020, než vykoná stejný proces. Jelikož je stanice ST010 situována na levé straně zařízení tedy na samotném začátku výrobní linky, musí pracovníce po dokončeném procesu poslat paletku do zařízení přes stanici ST020. Pokud tedy obsluha na stanici ST020 nestíhá svou činnost dokončit včas či zároveň s obsluhou na stanici předchozí, musí pracovníce na pozici ST010 čekat.

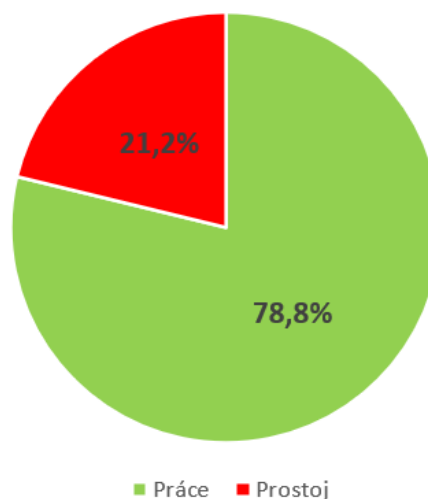


Obrázek 31 Četnost jednotlivých operací na stanici ST010 (vlastní zpracování)

Existuje také případ, že pracovníce při odejmutí smyčky z boxu musí složitě rozmotávat vodiče, jelikož jsou do sebe zamotány. To zapříčiňuje nedostatečný způsob balení smyček a jejich následné vkládání do boxu nad linkou. Díky tomuto vzniká další časová prodleva, kdy musí první pracovníce čekat na dokončení operace pracovníce na pozici ST020.

Nebo také může být pracovnice na ST020 v zakládání smyčky rychlejší než její kolegyně, vyšle paletku do linky a začne celý proces opakovat. V této fázi vzniká taktéž prostoj, jelikož pracovnice na stanici ST010 dokončuje teprve původní operaci, během toho, co druhá pracovnice zakládá již další paletku, a musí tak opět čekat než kolegyně na pozici ST020 operaci dokončí. Následně zasílají obě pracovnice paletku dovnitř výrobního zařízení. Z důvodu, že je tento způsob plýtvání nežádoucí a lze jej ovlivnit, je třeba se na něj zaměřit eliminovat ho. Lze říci, že proces funguje na tzv. principu „tlaku“.

Dále lze v obrázku 31 pozorovat, že se během procesu vyskytla určitá závada, jelikož se zařízení zastavilo a bylo potřeba servisního zásahu. Tato chyba nebyla na straně obsluhy, ale autonomního robota, který špatně uchopil již dokončenou rozbušku z paletky a vytrhnul přírodní vodiče. Z toho důvodu bylo nutné, aby zasáhnul seřizovač, který vadný kus odejmul a z linky odstranil.



Obrázek 32 Práce x Prostoj na stanici ST010 (vlastní zpracování)

V grafickém znázornění, jež je uvedeno na obrázku 32, lze vidět, že má „práce“ v celkovém procesu podíl 78,8 % a „prostoj“ 21,2 %. Dle tabulky 5, která je výše uvedena, lze zjistit, že „práce“ je v procesu zastoupená celkovým počtem 23 minut 55 sekund a „prostoj“ 6 minut 26 sekund. Do kategorie „práce“ se řadí všechny úkony od založení vodičů s nastříknutým těsněním, až po odeslání zkontrolované paletky dovnitř procesu. Mezi prostoje tedy patří zastavená výrobní linka, servis a již zmiňované čekání na obsluhu.

12.2 Druhé měření: obsluha stanice ST020

Tento snímek byl také vytvořen dne 4. 2. 2022, téměř půl hodiny po dokončení měření obsluhy na stanici ST010, jak vyplývá z následující tabulky 6. Zahájení měření tedy bylo v 7:00.

V tabulce 6 je dále možné vidět, že pracovnice na stanici ST020 provádí stejné úkony jako její kolegyně na první stanici ST010. Činnosti jsou rovněž seřazeny dle četnosti jejich výskytu v rámci třicetiminutového procesu.

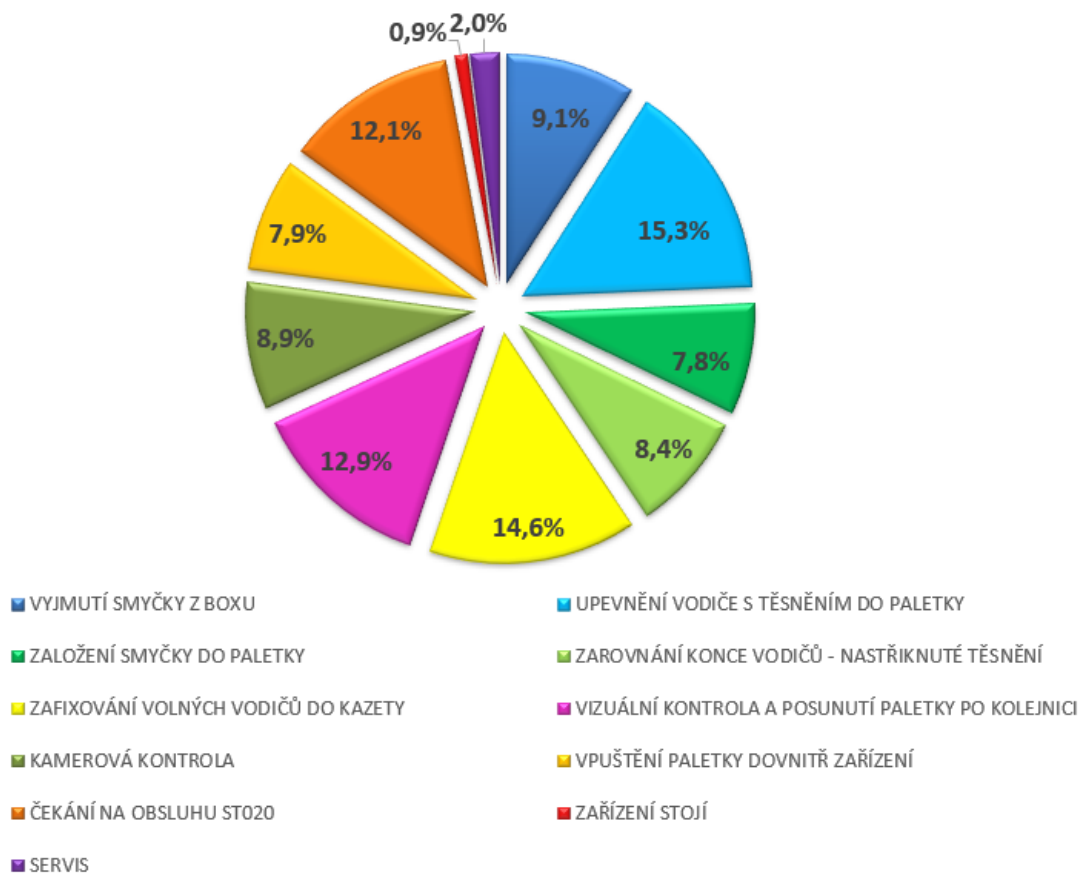
Tabulka 6 První měření ST020 (vlastní zpracování)

Stroj: Elektra **Datum:** 04.02.2022 **Pozice:** ST020 **Začátek:** 7:00:00
Typ: Smyčky **Směna:** ranní **Počet pracovníků:** 1 **Konec:** 7:30:27

Operace	VA/NVA/ENVA	Práce/Prostoj	Činnost	Délka trvání (min)	Četnost
2	ENVA	Práce	Upevnění vodiče s těsněním do paletky	0:04:39	15,3%
5	ENVA	Práce	Zafixování volných vodičů do kazety	0:04:27	14,6%
6	ENVA	Práce	Vizuální kontrola a posunutí paletky po kolejnici	0:03:56	12,9%
9	NVA	Prostoj	Čekání na obsluhu ST010	0:03:41	12,1%
1	ENVA	Práce	Vyjmutí smyčky z boxu	0:02:46	9,1%
7	ENVA	Práce	Kamerová kontrola	0:02:43	8,9%
4	ENVA	Práce	Zarovnání konce vodičů s těsněním	0:02:34	8,4%
8	ENVA	Práce	Vpuštění paletky dovnitř zařízení	0:02:25	7,9%
3	ENVA	Práce	Založení smyčky do paletky	0:02:23	7,8%
11	ENVA	Prostoj	Servis	0:00:36	2,0%
10	NVA	Prostoj	Zařízení stojí	0:00:17	0,9%
Celkem				0:30:27	100,0%

Z tabulky také vyplývá, že se zde opět nachází dva prostoje, které nejsou pro proces potřebné a nepřidávají žádnou hodnotu výrobku. Jedná se opět o čekání na obsluhu stanice ST010 a zastavení linky. Třetím prostojem je servisní zásah seřizovače, který musí vyskytnutý problém vyřešit. Jeho úkon taktéž nepřidává hodnotu, ale je potřebný pro chod celého procesu.

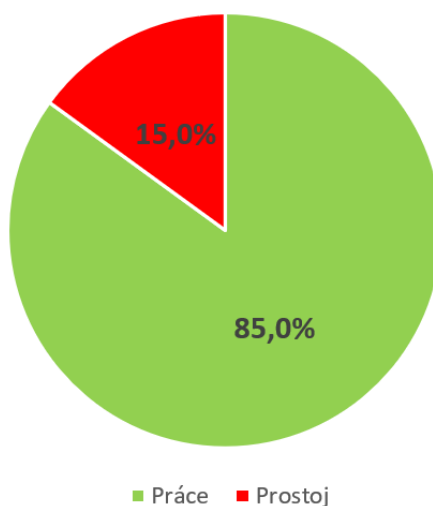
Podle četností výskytu jednotlivých operací, bylo vytvořeno grafické znázornění, které lze pozorovat na obrázku 33.



Obrázek 33 Četnost jednotlivých operací na stanici ST020 (vlastní zpracování)

Na obrázku 33 lze tedy vidět procentuální podíl každého úkonu. Největší podíl v procesu je zastoupen upevněním vodiče s těsněním do paletky, a to v hodnotě 15,3 %. Tato operace v celkovém součtu sekund zabere pracovníci na druhém stanovišti ST020 4 minuty a 39 sekund. V rámci třicetiminutového pozorování a snímkování je tento úkon delší než u předchozího snímku, jelikož se zde nevyskytovala taková poruchovost stroje a prodlev z hlediska čekání. Zařízení v nečinnosti je v procesu zastoupeno 0,9 % z celku, a to z důvodu že v jednom případě došlo k zastavení stroje kvůli potřebnému doplnění zásobníků u konektorů. V druhém případě se jednalo o poruchu, kde opět robotické rameno špatně uchopilo přívodní vodiče rozbušky, tím vodiče vytrhly a výrobek znehodnotily. V obou situacích byl nutný servisní zásah, který se na celkovém procesu podílí 2 %. Seřizovač v první fázi doplnil patřičné komponenty a ve fázi druhé odejmul NOK kus z výrobního zařízení a uvedl zařízení opět do provozu.

Co se časových prodlev týče, ty se na celkovém čase pozorování podílí 12,1 %. Při pozorování pracovnice na stanici ST020, nedocházelo k takovému čekání, jelikož není nijak ovlivněna pracovníci na pozici ST010, protože se nachází hned vedle zařízení, a tudíž nemusí čekat, než její kolegyně proces dokončí a po finálním založení všech částí smyčky, vizuální kontrole, posouvá paletku rovnou ke kameře a následně vpouští dovnitř výrobní linky. Nutno však dodat, že v případě, pokud je pracovnice při zakládání paletky o pár sekund rychlejší, může na první pracovníci, jež je na stanici ST010 počkat, než začne celý proces opakovat. Pokud ale vyhodnotí, že čekat netřeba a začne zakládat další paletku, může docházet k daleko větším časovým prostožům, které jsou zohledněny v předešlé kapitole v rámci měření a pozorování obsluhy na stanici ST010. I u stanice ST020 dochází k občasnému zamotávání či porušení smyčky, při vyjmutí obsluhou z ESD boxu, a to z důvodu špatného uložení polotovaru v krabici. Časový prostož v tomto případě sice není takový, jako v přechozím měření, ale stále se na procesu podílí vysokou četností.



Obrázek 34 Práce x Prostož na stanici ST020 (vlastní zpracování)

V celkovém třicetiminutovém měření se „práce“ na procesu podílí 85 % a „prostož“ 15 %, jak lze patrně z grafického znázornění na obrázku 34. Po součtu celkových časů „práce“ z tabulky 6 se jedná o hodnotu 25 minut a 53 sekund a „prostož“ se podílí hodnotou 4 minut a 34 sekund.

I zde se do kategorie „práce“ řadí všechny úkony od vyjmutí smyčky z ESD boxu, až po zaslání kompletně založené paletky do výrobní linky. Do kategorie „prostož“ rovněž, jako u předešlého měření, řadíme čekání na obsluhu, servisní zásah a nečinné výrobní zařízení Elektra.

12.3 Porovnání měření obsluhy ST010 a ST020

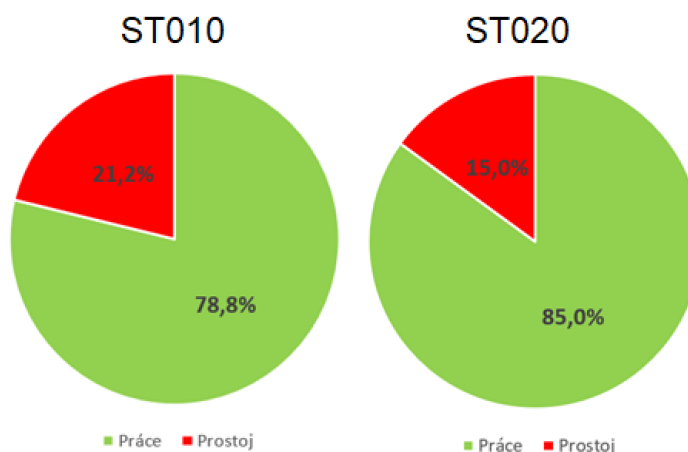
Tato kapitola slouží pro porovnání obou měření, aby byly patrné rozdíly z hlediska četnosti výskytů jednotlivých operací, práce, prostojů, ale také k určení efektivnosti a produktivity individuálních stanic.

Tabulka 7 Porovnání měření stanic ST010 a ST020 (vlastní zpracování)

Operace	Činnost	ST010	ST020	Rozdíl (s)	ST010/ST020
1	Vyjmutí smyčky z boxu	0:02:32	0:02:46	0:00:14	ST020
2	Upevnění vodiče s těsněním do paletky	0:04:18	0:04:39	0:00:21	ST020
3	Založení smyčky do paletky	0:02:11	0:02:23	0:00:12	ST020
4	Zarovnání konce vodičů s těsněním	0:02:24	0:02:34	0:00:10	ST020
5	Zafixování volných vodičů do kazety	0:04:06	0:04:27	0:00:21	ST020
6	Vizuální kontrola a posunutí paletky po kolejnici	0:03:42	0:03:56	0:00:14	ST020
7	Kamerová kontrola	0:02:30	0:02:43	0:00:13	ST020
8	Vpuštění paletky dovnitř zařízení	0:02:12	0:02:25	0:00:13	ST020
9	Čekání na obsluhu druhé stanice	0:04:04	0:03:41	-0:00:23	ST020
10	Zařízení stojí	0:00:46	0:00:17	-0:00:29	ST020
11	Servis	0:01:36	0:00:36	-0:01:00	ST020
	Celkem	0:30:21	0:30:27	0:00:06	ST020

V tabulce 7 je provedené srovnání obou měření, kde jsou jednotlivé činnosti obsluhy seřazeny dle posloupnosti. Červeně vyznačené „činnosti“ jsou prostoje, které byly v porovnání časů taktéž zohledněny. Dále je v tabulce znázorněn sloupec z naměřených dat, který zohledňuje rozdíl jednotlivých úkonů pracovníků. V posledním sloupci je viditelné, která stanice je v rámci provedených měření více produktivní a efektivněji využívá pracovní čas. Jedná se tedy o stanici ST020. Nutno ale podotknout, že pracovníce na této pozici stihla při druhém měření vykonat více úkonů, jelikož nemusela tak často čekat na pracovníci, jež prováděla operace na stanici ST010. Také se ale během druhého měření nevyskytnul tak dlouhý prostoj, co se týče výpadku zařízení či zásahu seřizovače, jak je také možno vidět v tabulce 7. Celkový časový rozdíl pozorování je 6 sekund. I když může být z tabulky 7 zjevné, že pracovníce na stanici ST020 prováděla úkony déle, není tomu tak, jelikož se během snímku pracovního dne nevyskytla žádná větší odchylka, která by chod zařízení pozastavila, tudíž pracovníce na pozici ST020 v rámci druhého provedeného pozorování a snímkování dokázala zkompletovat více paletek v porovnání s prvním provedeným snímkem výkonu pracovníce, která pracuje na stanovišti ST010.

Co se týká časových ztrát z hlediska čekání, které je blíže popsáno v podkapitole 2.3.5, ty se při prvním provedeném měření na vstupu procesu, konkrétně na stanici ST010, podílí v hodnotě 13,4 %, jak zobrazuje obrázek 31. Z obrázku 33 je patrné, že se v rámci druhého provedeného snímkování na stanici ST020 tento prostoj na procesu podílí 12,1 %. V porovnání obou grafických znázornění vyplývá, že je čekání při druhém provedeném snímku o 1,3 % menší než u snímku prvního, nebo také o 23 sekund (tabulka 7).



Obrázek 35 Srovnání Práce x Prostoj z obou snímků
(vlastní zpracování)

Při srovnání grafických znázornění obou provedených snímků pracovního dne, které jsou viditelné na obrázku 35, vyplývá, že větší produktivitu „práce“ představuje výkon pracovnice na pozici ST020, a to rozdílem o 6,2 %. Dále je z obrázku patrné, že vzniklé „prostoje“ byly o rovněž 6,2 % větší než u druhého měření založeného na metodě snímkování. Po srovnání grafických znázornění z obrázku 35 lze tedy usoudit, že vstupní proces je v rámci druhého vykonaného snímkování více produktivní.

Tabulka 8 Porovnání četností výskytu činností bez ohledu na prostoje
(vlastní zpracování)

Operace	Činnost	ST010	Četnost	ST020	Četnost	Rozdíl (s)
1	Vyjmutí smyčky z boxu	0:02:32	10,6%	0:02:46	10,7%	0:00:14
2	Upevnění vodiče s těsněním do paletky	0:04:18	18,0%	0:04:39	18,0%	0:00:21
3	Založení smyčky do paletky	0:02:11	9,1%	0:02:23	9,2%	0:00:12
4	Zarovnání konce vodičů s těsněním	0:02:24	10,0%	0:02:34	9,9%	0:00:10
5	Zafixování volných vodičů do kazety	0:04:06	17,1%	0:04:27	17,2%	0:00:21
6	Vizuální kontrola a posunutí paletky po kolejnici	0:03:42	15,5%	0:03:56	15,2%	0:00:14
7	Kamerová kontrola	0:02:30	10,5%	0:02:43	10,5%	0:00:13
8	Vpuštění paletky dovnitř zařízení	0:02:12	9,2%	0:02:25	9,3%	0:00:13
	Celkem	0:23:55	100,0%	0:25:53	100,0%	0:01:58

Z tabulky 8 lze vyčíst, že pokud by se nezohlednily prostoje a v první řadě ztráty v podobě čekání, všechny operace by měly podobné procento četností výskytu jednotlivých operací, které jsou potřebné pro výrobu rozbušek E*Star. Lze tedy usoudit, že je třeba čekání v průběhu vstupního procesu eliminovat.

12.4 Paretův diagram ve vazbě na vstupní proces obou stanic

V této podkapitole byl proveden průměr z obou měření, který byl následně využit pro tvorbu Paretova diagramu. V tabulce 9 jsou znázorněny všechny potřebné činnosti k vytvoření grafu 80/20. Prostoje jsou v tabulce označeny červeně. Celkový průměr z obou měření vychází na 30 minut a 25 sekund.

Tabulka 9 Průměr časů z obou měření (vlastní zpracování)

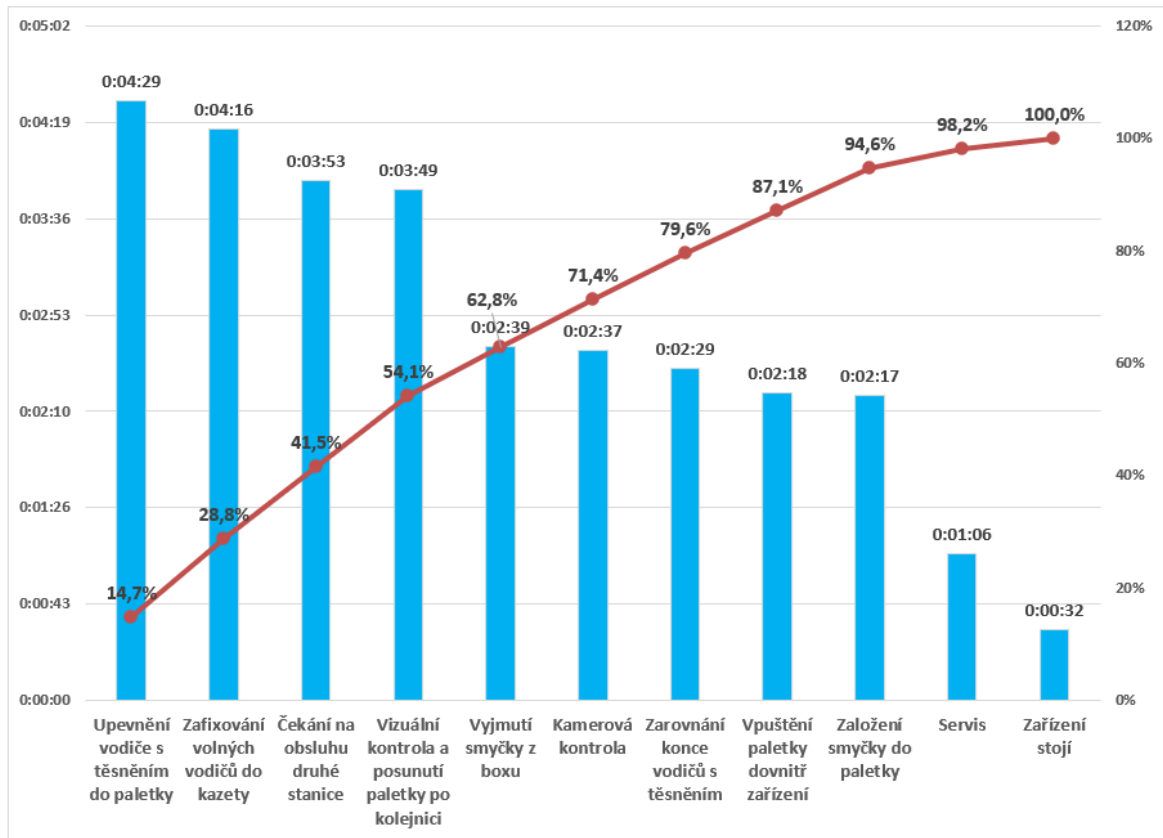
Operace	Činnost	ST010	ST020	Průměr
1	Vyjmutí smyčky z boxu	0:02:32	0:02:46	0:02:39
2	Upevnění vodiče s těsněním do paletky	0:04:18	0:04:39	0:04:29
3	Založení smyčky do paletky	0:02:11	0:02:23	0:02:17
4	Zarovnání konce vodičů s těsněním	0:02:24	0:02:34	0:02:29
5	Zafixování volných vodičů do kazety	0:04:06	0:04:27	0:04:16
6	Vizuální kontrola a posunutí paletky po kolejnici	0:03:42	0:03:56	0:03:49
7	Kamerová kontrola	0:02:30	0:02:43	0:02:37
8	Vpuštění paletky dovnitř zařízení	0:02:12	0:02:25	0:02:18
9	Čekání na obsluhu druhé stanice	0:04:04	0:03:41	0:03:53
10	Zařízení stojí	0:00:46	0:00:17	0:00:32
11	Servis	0:01:36	0:00:36	0:01:06
Celkem		0:30:21	0:30:27	0:30:25

V následující tabulce 10 jsou všechna data seřazena sestupně dle četností výskytů individuálních operací v procesu. Z průměru, jenž je uveden v tabulce 9, byla vytvořena četnost, ze které byl následně zohledněn kumulativní součet. Červeně označené „činnosti“ opět poukazují na prostoje. Tabulka 10 sloužila jako hlavní podklad pro tvorbu Paretova diagramu.

Tabulka 10 Data k vytvoření Paretova diagramu (vlastní zpracování)

Operace	Činnost	Průměr	Četnost	Kumulativně
2	Upevnění vodiče s těsněním do paletky	0:04:29	14,7%	14,7%
5	Zafixování volných vodičů do kazety	0:04:16	14,0%	28,8%
9	Čekání na obsluhu druhé stanice	0:03:53	12,8%	41,5%
6	Vizuální kontrola a posunutí paletky po kolejnici	0:03:49	12,5%	54,1%
1	Vyjmutí smyčky z boxu	0:02:39	8,7%	62,8%
7	Kamerová kontrola	0:02:37	8,6%	71,4%
4	Zarovnání konce vodičů s těsněním	0:02:29	8,2%	79,6%
8	Vpuštění paletky dovnitř zařízení	0:02:18	7,6%	87,1%
3	Založení smyčky do paletky	0:02:17	7,5%	94,6%
11	Servis	0:01:06	3,6%	98,2%
10	Zařízení stojí	0:00:32	1,8%	100,0%
Celkem		0:30:25	100,0%	

Na obrázku 36 níže je sestaven Paretův diagram, kde je na jednotlivých sloupcích zohledněn průměrný čas z obou provedených snímků pracovního dne. Na ose „x“ jsou uvedeny názvy prováděných operací a na ose „y“ čas. Pomocná osa slouží pro kumulativní součet a vedlejší osa napravo je určena pro procentuální podíl jednotlivých činností. Podle Vilfreda Pareta vyplývá, že by se společnost měla zaměřit na 80 % času.



Obrázek 36 Paretův diagram z průměrných časů obou měření (vlastní zpracování)

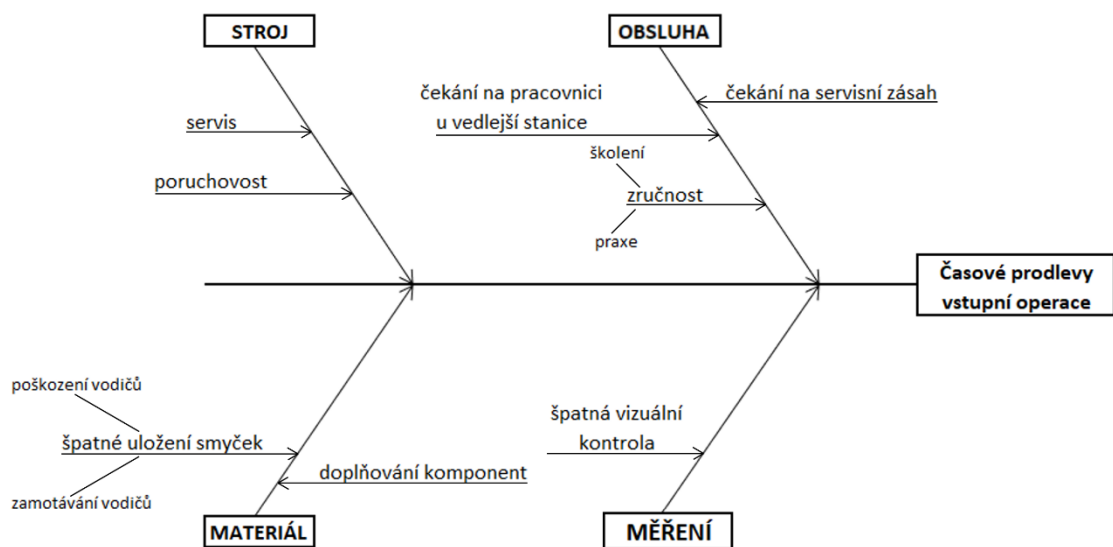
Z diagramu je patrné že hlavní zastoupení má upevnění vodičů s nastříknutým těsněním do paletky, zafixování volných vodičů do kazety, čekání na obsluhu druhé stanice a vizuální kontrola paletky s následným posunutím paletky po kolejnici směrem k zařízení. Mezi další činnosti, jež je možno zohlednit, patří vyjmutí smyčky z ESD boxu, kamerová kontrola a zarovnání konce vodičů s nastříknutým těsněním do rovné osy.

Jelikož se převážně jedná o úkony, které jsou nutné k tomu, aby proces mohl dál pokračovat, měla by se společnost Austin více zaměřit na časové plýtvání, které během procesu vzniká.

12.5 Aplikace Ishikawa diagramu

Pro aplikování diagramu rybí kosti, který je popsán v kapitole 4.2, lze na obrázku 37 vidět, že jako hlavním následkem všech příčin je časové prodloužení na vstupních operacích, kde se nachází dvě pracovnice, pro které bylo uskutečněno pozorování a měření v podobě metody snímkování, jež je popsáno v předešlých kapitolách.

Mezi hlavní příčiny vzniku tohoto prostoje patří stroj, obsluha, materiál a měření, jak je z obrázku 37 níže patrné.



Obrázek 37 Ishikawa diagram k zjištění hlavních příčin při čekání (vlastní zpracování)

12.5.1 Rozbor problémových okruhů způsobujících časové prodlevy v procesu

První stanovenou příčinou je **stroj**, který se může zastavit z několika důvodů a je třeba jej uvést opět do provozu. Mezi tyto důvody, v rámci provedených pozorování, patří vytrhnutí přívodních vodičů ze sestavené rozbušky při vyjmutí z paletky. Při poruše stroj způsobuje časové prodlevy v hodnotě 1,8 %, jak lze možno pozorovat v tabulce 10, kde jsou zohledněny časové průměry jednotlivých operací a četnosti jejich výskytů. Dále se jedná o servisní zásah seřizovače, který svým úkonem rovněž způsobuje časový prostoj, protože během jeho operace stroj stále stojí, ačkoli je tento zásah potřebný pro uvedení výrobní linky zpět do činného stavu. Z tabulky 10 je patrné, že průměrný čas zásahu seřizovače je 3,6 % z celku.

Mezi příčiny, jež byly během pozorování spatřeny, se dále řadí **obsluha**, která způsobuje plýtvání v podobě čekání. Jedná se o případ, kdy jedna pracovnice musí čekat na úkon té druhé, než posune zkompletovanou paletku dovnitř výrobní linky. Také lze dodat že ono zmíněné plýtvání vzniká kvůli tzv. principu „PUSH“, jak bylo již zmíněno v kapitole 12.1, kdy je výrobní systém nepříznivě „tlačen“, a ne poptávan následujícím střediskem. Toto plýtvání se na celkovém procesu, při provedeném snímkování, podílí průměrem 12,8 %, jak lze vidět v tabulce 10 a je blíže popsáno v kapitole 12.1 a 12.2. Jelikož lze tento typ plýtvání poměrně dobře ovlivnit, je třeba se více zaměřit na jeho eliminaci. Časová prodleva také vzniká, kvůli špatné zručnosti příliš nezaučených pracovníků, nebo také z hlediska jejich nedostačující praxe v oboru. Činnost pracovnice může být dále omezena servisním zásahem seřizovače, na kterého musí v případě zastaveného výrobního zařízení čekat, než provede příslušná opatření k uvolnění linky zpět do provozu.

V sekci **měření**, jež je uvedeno na obrázku 37, je vyobrazena špatná vizuální kontrola všech založených vodičů ve finálně založené paletce. Z tohoto důvodu vzniká taktéž časové prodloužení a zdržení celého výrobního procesu, jelikož kontrolní kamera nepustí paletku dovnitř zařízení, a tudíž obsluha musí opět provést vizuální kontrolu všech založených vodičů a znovu posunout paletku směrem ke kameře.

Při manipulaci s **materiálem**, se může jednat o časovou prodlevu v rámci doplňování komponent v podobě plastových konektorů do zásobníků, které nebylo seřizovačem provedeno během chodu zařízení, ale až při zastavení celé linky, a to právě z důvodu prázdných zásobníků. Během pozorování byl dále spatřen prostoj, kdy pracovnice manipulují příliš dlouho se smyčkou po jejím vyjmutí z ESD boxu. Tento úkon se během procesu vyskytuje v průměru 8,7 %, jak bylo naměřeno v tabulce 10, a to z důvodu, že pracovnice musí často rozmotávat vodiče, které jsou v sobě zaklíněné, a tedy vykonává nadbytečnou práci. V nejhorším možném případě, kdy jsou přívodní vodiče smyčky poškozeny, musí obsluha tento polotovár odložit do určeného boxu pro NOK kusy.

13 SHRNU TÍ ANALYTICKÉ ČÁSTÍ

V počátku praktické části této práce, byla představena společnost Austin Detonator s. r. o., v níž proběhl sběr dat potřebný pro analýzu výrobního zařízení Elektra. Následně bylo představeno produktové portfolio, se záměrem seznámit čtenáře s jednotlivými výrobky firmy. Následoval popis layoutu pracoviště, kde se nachází výrobní zařízení Elektra, na kterém byla provedena analýza současného stavu výrobního procesu. Následně byl představen výrobek, jehož produkcí se linka Elektra zabývá, a popis zařízení samotného. V neposlední řadě byl vyobrazen současný stav výrobního procesu.

Podkladem pro analýzu sloužila metoda pozorování a snímek pracovního dne. V návaznosti na identifikované plýtvání, v rámci analýzy realizované na celý výrobní proces, byla po sléze analýza konkretizována na vstupní operace obsluhy linky Elektra. Pomocí Paretova diagramu byly odhaleny příčiny, jež mají vliv na čistý chod výrobního procesu a využitím Ishikawa diagramu byly tyto příčiny blíže specifikovány v podkapitole 12.5 a 12.5.1 a následně shrnuty do následující tabulky 11, kde ale nebyla zahrnuta chybovost robotického ramene a čekání na servisní zásah, jelikož se tato práce blíže specifikuje na vstup výrobního zařízení a prostoje z hlediska nečinného zařízení se v provedených snímcích neprojeví tak vysokou četností. Zásah seřizovače je pouze zohledněn v rámci doplňování komponentů, v podobě plastových konektorů, do zásobníků. Tabulka 11 dále slouží jako podklad pro navrhovaná řešení na eliminaci plýtvání.

Tabulka 11 Shrnutí příčin způsobujících časové prodloužení ve výrobním procesu (vlastní zpracování)

	Příčina	Následek	Navrhovaná zlepšení
1	Čekání na dokončení operace druhé pracovnice na vstupu	Prostoj ve výrobě, chybovost	14.1
2	Nezručnost pracovnic	Prostoj ve výrobě, chybovost	14.2, 14.3
3	Špatná vizuální kontrola zkompletované paletky	Prostoj ve výrobě, chybovost	14.3
4	Čekání na doplnění plastových konektorů do zásobníků	Prostoj ve výrobě	14.4
5	Příliš dlouhá manipulace obsluhy se smyčkou při vyjmutí z ESD boxu, kvůli zamotaným či porušeným vodičům	Prostoj ve výrobě	14.3, 14.5

14 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU VÝROBNÍHO PROCESU

Po provedené analýze současného stavu na celkové výrobní zařízení, bylo pomocí metody pozorování identifikováno plýtvání na vstupních operacích, pro které následující navrhovaná zlepšení slouží.

14.1 Návrhy na zlepšení produktivity obsluhy na vstupu do výroby

Prvním a nejdůležitějším návrhem je zlepšení produktivity pracovníků, které se nachází na stanici ST010 a ST020. Z tabulky 4 (kapitola 12), kde byl proveden orientační snímek je zřejmé, že současný cyklový čas, který se měří od vyjmutí smyčky z ESD boxu, až po vpuštění kompletně založené paletky dovnitř výrobní linky se nachází v toleranci 10 – 15 sekund, jak bylo i sděleno odpovědným pracovníkem Austinu.

Navrhovaným řešením je využití prvků KANBAN, který je zohledněn v kapitole 4.4, a je založen na systému „tahu“. Tímto by mělo dojít k eliminaci systému, který je doposud založený na principu „tlaku“. Návrh spočívá v tom, že pracovníci na stanici ST010 provede operace, do kterých spadá:

- | | |
|---|--|
| 1. Vyjmutí smyčky z ESD boxu | 4. Srovnání koncových vodičů s nastříknutým těsněním |
| 2. Upevnění vodiče s nastříknutým těsněním do paletky | 5. Posuv po kolejnici na stanici ST020 |
| 3. Založení smyčky do paletky | |

V druhé fázi převezme pracovníci na stanici ST020 paletku a provede zbylé operace nutné k dohotovení vstupního procesu:

- | | |
|--|--|
| 6. Založení konců volných vodičů do kazety | 8. Srovnání potřebných částí smyčky |
| 7. Vizuální kontrola dohotovené paletky | 9. Posuv na kamerovou kontrolu a následné vpuštění do zařízení |

Rozložením jednotlivých operací mezi obě pracovníky, by mělo také dojít ke snížení výskytu plýtvání v podobě čekání pracovníků na sebe navzájem o 10 %, ale také by mělo docházet k zredukování časů u dílčích operací. Dle metody KAIZEN by tak mělo docházet k postupnému zlepšování celkového procesu, jak uvádí kapitola 4.3.

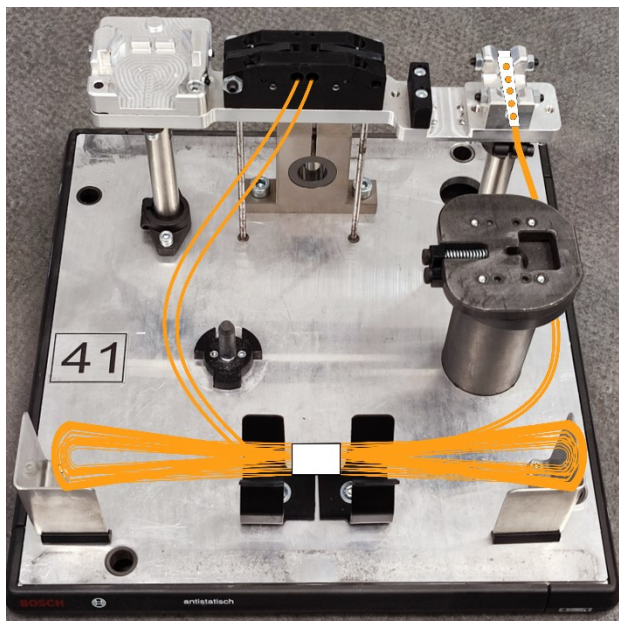
Po konzultaci s manažery ve společnosti by navrhované řešení mělo snížit původní cyklový čas o 24 %, tedy v přepočtu jde o snížení na 9,5 sekund z původního průměrného cyklového času 12,5 sekund. Tento výpočet byl vytvořen z průměru původního cyklového času, který se tedy pohybuje okolo 12,5 sekund, jak je patrné z tabulky 4. Tento návrh byl následně implementován, zanalyzován a je blíže popsán v následující podkapitole 15.1.

14.2 Častější a podrobnější školení obsluhy na vstupu do výroby

Protože pracovníci nemusí být tolik zručné nebo neproběhlo dostatečné školení, dalším zlepšovacím návrhem je tedy častější a podrobnější školení pracovníků ze strany mistra ve výrobě, který tuto funkci zastoupí. Mistr by novým zaměstnankyním podrobněji představil činnosti, jež budou vykonávat, a dohlédl by na správné zakládání paletek. Dále by mistr dvakrát týdně kontroloval, jak vstupní proces probíhá a v případě potřeby by dovysvětlil určité nedostatky, jež mohou vzniknout. Přínosem tohoto návrhu je eliminace chybovosti nových, méně zaškolených, či dokonce ne tolik zručných pracovníků.

14.3 Využití metody 5S

Jako další návrh na zlepšení je využití metody 5S, tedy konkrétně 4. krok Seiketsu, který je blíže popsán v kapitole 4.1 a orientuje se na standardizaci pracoviště. Na obrázku 38 lze pozorovat navrhovaný vizuální standard správně založené paletky. Tento standard by měl být umístěn nad pracovištěm, aby se dle něj mohly pracovníci obou stanic ST010 i ST020 orientovat. Díky tomuto vyobrazení by nemělo docházet ke špatné vizuální kontrole, jelikož pracovníci na standardu uvidí, jak by správně zkompletovaná paletka měla vypadat.



Obrázek 38 Vizualní standard správně založené smyčky do paletky (vlastní zpracování)

Standard by měl sloužit také pro ne tolik zaučené či zručné pracovníce, které se dle něj mohou lépe orientovat, a tím i zredukovat chybovost při procesu.

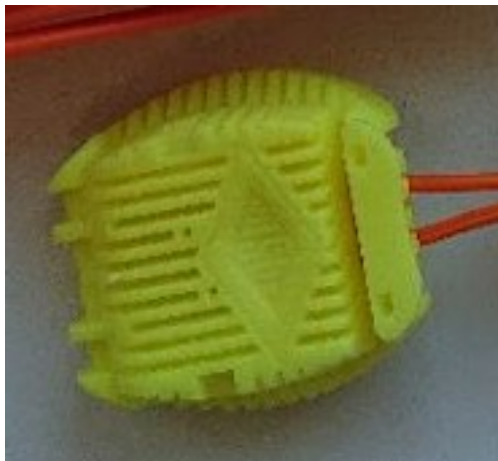
Aby nedocházelo k zamotávání či poškození vodičů smyčky, je dalším navrhovaným vizuálním standardem správné uložení těchto polotovárů. Tato vizualizace by byla umístěna na pracovním objektu, kde dochází k výrobě smyček a jejich následnému balení do kartonových krabic, které jsou poté přesunuty na pracoviště k výrobnímu zařízení Elektra. Pracovníci by podle tohoto standardu umístily kartonovou překližku doprostřed krabice, aby se všechny smyčky nekupily přes sebe, jak je možno vidět na obrázku 39.



Obrázek 39 Vizualní standard pro správné uložení smyček (vlastní zpracování)

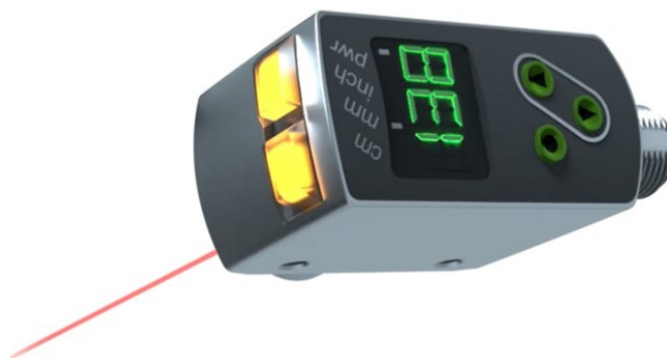
14.4 Senzor pro kontrolu nízké kapacity zásobníků pro konektory

Aby nedocházelo ke zbytečným výpadku zařízení a vznikaly tak prostoje, je třeba včas doplňovat zásobníky potřebných komponent, konkrétně jde tedy o plastové konektory. Konektor se skládá ze dvou částí, a tak je potřeba, aby pro každý jeho díl byl určen individuální zásobník. Správně upnutý konektor na vodičích lze vidět na obrázku 40. Na pracovišti se tedy nachází celkem dva zásobníky pro tyto komponenty.



Obrázek 40 Správně upnutý konektor na smyčce (vlastní zpracování)

Návrhem na zlepšení je využití laserových snímačů, pro který slouží ilustrační obrázek 41. Tyto snímače dokáží hlídat kapacitu obou zásobníků pro spodní i vrchní díl komponentu. Snímače by byly propojeny s počítačem, který se nachází v místnosti pro seřizovače, a díky tomu by tito operátoři mohli pozorovat přímo na displeji PC jaká je aktuální kapacita obou zásobníků. V případě nízké kapacity by snímače s časovým předstihem, zvukovým a vizuálním signálem na počítači, upozornily seřizovače na doplnění. Tudíž by se nemělo již stát, aby se výrobní linka zastavila kvůli prázdným zásobníkům.



Obrázek 41 Laserový snímač AL009 pro hlídání kapacity zásobníků (Autosen, © 2022)

Velkým plusem je, že tyto laserový snímače lze umístit do těsných prostor a poměrně drsných podmínek, což vibrační zásobníky pro jednotliví díly konektorů jsou.

14.5 Pracovník pro kontrolu uložení smyček

Jelikož dochází k občasnému zamotání či porušení přírodních vodičů z důvodu špatného uložení smyček, pracovnice musí tyto vodiče složitě rozmotávat nebo odkládat do NOK boxu. Zbytečně tak dochází k časovým prostojům. Navrhovaným řešením je pracovník, jenž se nachází na pracovním objektu, kde je také výrobní zařízení Elektra. Tento pracovník, bude před ukládáním těchto polotovarů do ESD boxu, kontrolovat jejich kvalitu a v případě zamotaných vodičů je uvolní. Pokud ale budou tyto vodiče poškozeny, odstraní je do NOK boxu. Pracovníkem může být například seřizovač, který tuto činnost během procesu zastane, pokud zrovna nebude nutný servisní zásah z důvodu poruchy zařízení. Přínosem by tedy byla eliminace nadbytečných pohybů pracovnic, které by již nemusely vodiče smyček složitě rozmotávat, a tím by rovněž docházelo k eliminaci časových prostojů.

15 ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH ŘEŠENÍ

Tato kapitola obsahuje podkapitoly, které zhodnocují hlavní cíl této práce, tedy snížení původního taktu vstupní operace z původního průměrného času 12,5 sekund na 9,5 sekund, jak je uvedeno výše v podkapitole 14.1.

15.1 Analýza vstupní operace po implementaci návrhu

V této podkapitole je provedena analýza vstupní operace pracovníků, kde bylo po navrženém řešení na zlepšení zavedeno rozložení jednotlivých činností mezi obě pracovníce na stanici ST010 a ST020 tak, aby došlo k eliminaci čekání a zvýšení produktivity obou pracovníků.

15.1.1 Orientační chronometrůž v rámci jedné provedené operace

Opět byla v měsíci březnu provedena orientační chronometrůž, která je znázorněna v tabulce 12 a rovněž se zaměřuje na jednotlivé činnosti pracovníků, tentokrát ale na obě pracovníce zároveň, jelikož jsou jednotlivé úkony celé operace rozděleny mezi ně, jak je výše uvedeno.

Tabulka 12 Orientační měření cyklového času po zavedení opatření
(vlastní zpracování)

Stroj: Elektra **Datum:** 11.03.2022 **Pozice:** ST010 a ST020 **Začátek:** 6:00:00
Typ: Smyčky **Směna:** ranní **Počet pracovníků:** 2 **Konec:** 6:00:08,5

ST010/ ST020	Operace	Činnost	Délka trvání (s)
ST010	1	VYJMUTÍ SMYČKY Z BOXU	00:01,0
ST010	2	UPEVNĚNÍ VODIČE S TĚSNĚNÍM DO PALETKY	00:01,5
ST010	3	ZALOŽENÍ SMYČKY DO PALETKY	00:00,5
ST010	4	ZAROVNÁNÍ KONCE VODIČŮ S TĚSNĚNÍM	00:00,5
ST010	5	POSUV PO KOLEJNICÍCH NA STANICI ST020	00:00,5
ST020	6	ZAFIXOVÁNÍ VOLNÝCH VODIČŮ DO KAZETY	00:01,5
ST020	7	VIZUÁLNÍ KONTROLA, SROVNÁNÍ ČÁSTÍ, POSUNUTÍ PALETKY DÁL	00:01,0
ST020	8	KAMEROVÁ KONTROLA	00:01,0
ST020	9	VPUŠTĚNÍ PALETKY DOVNITŘ ZAŘÍZENÍ	00:01,0
x	10	ČEKÁNÍ	00:00,0
Celkem se zohledněním čekání			x
Celkem bez čekání			00:08,5

Po provedení orientační chronometrůže na vstupní operaci, bylo zjištěno, že se cyklový čas opravdu snížil, zde dokonce o více než 24 %. V tabulce 12 je patrné, že se při orientačním měření čas celkové operace zredukoval na 8,5 sekundy, což je o 32 % z původního průměrného času 12,5 sekund. Lze tedy podotknout, že bylo dosaženo jednoho z hlavních cílů této bakalářské práce a to snížení cyklového času o 24 %.

Dále lze v tabulce pozorovat jednotlivé úkony pracovnice, které jsou seřazeny dle posloupnosti. V prvním sloupci tabulky je možno vidět, které činnosti, jaká pracovnice zastupuje. Možno si dále v posledním sloupci povšimnout, že se časy jednotlivých úkonů poměrně snížily oproti časům, které byly naměřeny v původním orientačním měření v tabulce 4. A to z důvodu toho, že rozložením jednotlivých činností mezi stanici ST010 a ST020, umožnilo pracovnícím se více soustředit na menší počet dílčích operací, a tudíž je provádějí rychleji než původně. Jelikož se ale jedná pouze o prvotní měření v rámci jedné provedené operace na začátku směny, nelze brát v potaz, že by pracovnice dokázaly dodržet cyklový čas, jenž byl naměřen v této tabulce 12, z hlediska celé směny. Jelikož se zde neprojevil žádný prostoj, bylo provedeno další měření v ten samý den, které již bylo v rámci třicetiminutového snímku pracovního dne.

15.1.2 Snímek pracovního dne po implementaci návrhu

Pokud by mělo být navrhované řešení efektivní z hlediska delšího časového horizontu, měla by se rapidně snížit četnost u plýtvání v podobě čekání.

Tabulka 13 Snímek pracovního dne po implementaci návrhu na zvýšení produktivity (vlastní zpracování)

Stroj: Elektra Datum: 11.03.2022 Pozice: ST010/ST020 Začátek: 7:00:00
Typ: Smyčky Směna: ranní Počet pracovníků: 2 Konec: 7:30:29

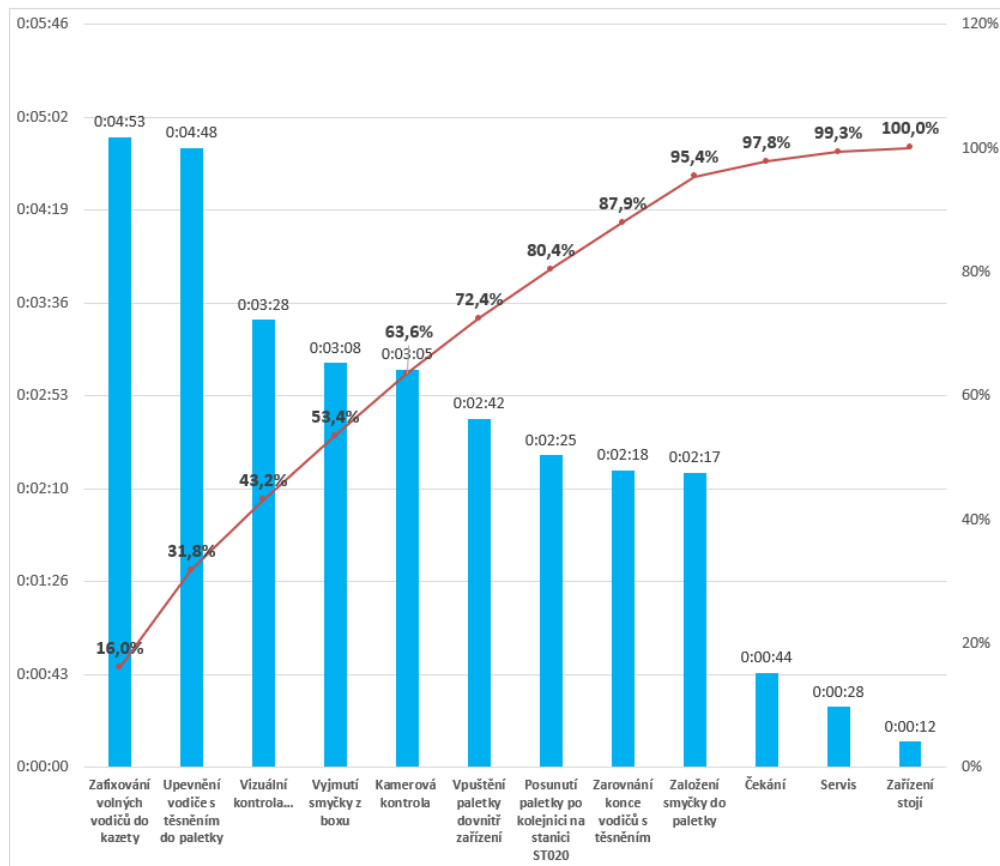
Operace	VA/NVA/ ENVA	Práce/ Prostoj	Činnost	Délka trvání (min)	Četnost
6	ENVA	Práce	Zafixování volných vodičů do kazety	0:04:53	16,0%
2	ENVA	Práce	Upevnění vodiče s těsněním do paletky	0:04:48	15,8%
7	ENVA	Práce	Vizuální kontrola, srovnání potřebných částí, posunutí paletky	0:03:28	11,4%
1	ENVA	Práce	Vyjmutí smyčky z boxu	0:03:08	10,3%
8	ENVA	Práce	Kamerová kontrola	0:03:05	10,1%
9	ENVA	Práce	Vpuštění paletky dovnitř zařízení	0:02:42	8,9%
5	ENVA	Práce	Posunutí paletky po kolejnici na stanici ST020	0:02:25	7,9%
4	ENVA	Práce	Zarovnání konce vodičů s těsněním	0:02:18	7,5%
3	ENVA	Práce	Založení smyčky do paletky	0:02:17	7,5%
10	NVA	Prostoj	Čekání	0:00:44	2,4%
12	ENVA	Prostoj	Servis	0:00:28	1,5%
11	NVA	Prostoj	Zařízení stojí	0:00:12	0,7%
Celkem				0:30:28	100,0%

V tabulce 13, jež je výše uvedena, jsou uvedeny časy jednotlivých činností po implementování návrhu na zlepšení. Dílčí operace jsou seřazeny dle četnosti výskytu v rámci třicetiminutového měření. Tabulka 13 rovněž zohledňuje, zda se jedná o „práci“ či „prostoj“ a které úkony jsou potřebné pro výrobní proces, či nikoliv.

Při tomto měření je viditelné, že se prostoj v podobě čekání projevuje pouze 2,4 %, což je oproti předchozím měřením značný rozdíl. Čekání se při tomto měření objevilo pouze v situaci, kdy pracovníce na stanici ST020 nesprávně zkontrolovala jednotlivé části vodičů a kamerová kontrola nevpustila paletku dovnitř výrobní linky, tudíž musela paletku znovu vizuálně zkontrolovat a tyto dvě činnosti opakovat. Z toho důvodu musela pracovníce na pozici ST010 v celkovém součtu 44 sekund počkat na její kolegyni, než patřičně upraví paletku. Prostoj v podobě zastavení stroje se opět objevil při špatné manipulaci hotového výrobku robotickým ramenem, a v případě nutnosti doplnění konektorů do zásobníků.

15.1.3 Paretův diagram po implementaci navrhovaných zlepšení

Pro znázornění výskytu jednotlivých činností také slouží následující Paretův diagram, jenž je možné vidět na obrázku 42, ze kterého vyplývá, že 80 % všech činností, které jsou potřebné pro vstupní operaci lze zvládnout ve 20 % celkového času měření. Také je zde patrné, že se jakékoliv plýtvání téměř v procesu neprojevuje a zavedeným protiopatřením je čekání téměř eliminováno.



Obrázek 42 Paretův diagram z časů dílčích operací po implementaci návrhů (vlastní zpracování)

V následující tabulce 14 jsou porovnány průměrné časy z předchozích měření a časy z měření po aplikování návrhu. Z této tabulky je na první pohled patrné, že se po implementaci návrhu rapidně snížila četnost plýtvání v podobě čekání o 10,4 %. Tímto bylo dosaženo stanoveného cíle. Při porovnání s průměrnými časy z předchozích měření se může zdát, že se některé časy či četnosti u určitých činnostech příliš neliší. Je to z toho důvodu, že po implementaci návrhu se některé časy dílčích operací poměrně snížily, jelikož pracovníci zvládají tyto úkony rychleji než původně (tabulka 12), a tudíž během třicetiminutového snímání, po uskutečnění návrhu, zvládají zkompletovat více paletky. Lze si v tabulce sice povšimnout, že se po implementaci zohledňuje úkon č. 6, a to „posunutí paletky po kolejnici na stanici ST020“. Tento úkon byl v předešlých operacích již zohledněn v rámci úkonu č. 7, jak uvádí tabulka 14, jelikož před aplikací návrhu na zlepšení vizuálně kontrolovala paletku každá pracovníce individuálně. Po zavedení návrhu tuto činnost zastupovala pouze pracovníce na stanici ST020. I když činnost č. 6 zabírá poměrně dost času, i tak nedochází k takovým prostojům jako při původním stavu. Lze tedy tvrdit, že navrhované řešení na rozložení dílčích operací mezi dvě pracovníce bylo úspěšné a splnilo druhý stanovený hlavní cíl této bakalářské práce, a to snížení výskytu „čekání“ o 10 %, jelikož při snímání se výskyt plýtvání v podobě čekání snížil o 10,4 %, a tudíž se i úspěšně snížil cyklový čas.

Tabulka 14 Porovnání časů před a po implementaci (vlastní zpracování)

Operace	Činnost	Průměr z časů (před implementací)	Četnost	Časy (po implementaci)	Četnost
1	Vyjmутí smyčky z boxu	0:02:39	8,7%	0:03:08	10,3%
2	Upevnění vodiče s těsněním do paletky	0:04:29	14,7%	0:04:48	15,8%
3	Založení smyčky do paletky	0:02:17	7,5%	0:02:17	7,5%
4	Zarovnání konce vodičů s těsněním	0:02:29	8,2%	0:02:18	7,5%
5	Zafixování volných vodičů do kazety	0:04:16	14,0%	0:04:53	16,0%
6	Posunutí paletky po kolejnici na stanici ST020			0:02:25	7,9%
7	Vizuální kontrola a posunutí paletky po kolejnici	0:03:49	12,5%	0:03:28	11,4%
8	Kamerová kontrola	0:02:37	8,6%	0:03:05	10,1%
9	Vpuštění paletky dovnitř zařízení	0:02:18	7,6%	0:02:42	8,9%
10	Čekání na obsluhu druhé stanice	0:03:53	12,8%	0:00:44	2,4%
11	Zařízení stojí	0:00:32	1,8%	0:00:12	0,7%
12	Servis	0:01:06	3,6%	0:00:28	1,5%
Celkem		0:30:25	100,0%	0:30:28	100,0%

15.2 Ekonomické zhodnocení návrhů

V této podkapitole jsou v tabulce 15 zhodnocena jednotlivá navrhovaná řešení, včetně nákladovosti, na eliminaci plýtvání a následného zlepšení výrobního procesu.

Tabulka 15 Zhodnocení navrhovaných opatření na eliminaci plýtvání
(vlastní zpracování)

Kapitola	Navrhovaná opatření	Náklady (včetně DPH)	Zhodnocení
14.1	Rozložení jednotlivých operací mezi pracovníce na stanici ST010 a ST020	0 Kč	<ul style="list-style-type: none"> • Přínosy – snížení původního taktu vstupní operace o 24 % a snížení výskytu „čekání“ o 10 % • Úspory – časové úspory a eliminace čekání • Bariéry – nedodržování dílčích úkonů, které mají pracovníci vykonat, či adaptace obsluhy na změny vstupního procesu
14.2	Častější a podrobnější školení obsluhy	0 Kč	<ul style="list-style-type: none"> • Přínosy – zlepšení znalostí a dovedností pracovníků • Úspory – časové úspory a snížení chybovosti pracovníků • Bariéry – nedodržování pravidelného školení ze strany mistra, či nepozornost pracovníků při školení
14.3	Vizuální standardy	0 Kč	<ul style="list-style-type: none"> • Přínosy – dobrý přehled pracovníků a rychlé pochopení práce • Úspory – snížení chybovosti pracovníků a časová úspora • Bariéry – nerespektování standardů
14.4	Laserový senzor	5 200 Kč/stroj (5 200*2) = 10 400 Kč	<ul style="list-style-type: none"> • Přínosy – včasné upozornění seřizovačů na nízkou kapacitu zásobníků • Úspory – rychlá reakce seřizovače a snížení prostojů • Bariéry – seřizovač si nepovšimne upozornění na displeji PC, neuslyší zvukové upozornění z PC
14.5	Kontrola kvality smyček	0 Kč	<ul style="list-style-type: none"> • Přínosy – odlehčení a ušetření vstupní operace pracovníků • Úspory – časové úspory, eliminace čekání a nadbytečné práce • Bariéry – nedodržování kontroly ze strany seřizovače, či nekvalitní kontrola

Z tabulky 15 je patrné, že z hlediska nákladovosti vzrostou pouze náklady na pořízení laserových senzorů pro kontrolu kapacity zásobníků. Tyto náklad činí v přepočtu 5 200 Kč/ks, dohromady tedy 10 400 Kč, jelikož je třeba pořídit 2 senzory. Co se ostatních nákladů na navrhovaná zlepšení týče, ty se žádným finančním nákladem neprojeví. U rozložení jednotlivých činností mezi dvě pracovnice na vstupu se stále jedná o tu stejnou činnost, která by byla určitým způsobem poněkud modifikována. Zajištění častějšího a podrobnějšího školení taktéž nezpůsobí žádnou nákladovost, jelikož se jedná o činnost mistra, kterou má v popisu práce. Tvorba vizuálních standardů spadá do kompetencí technologa společnosti, a proto ani v tomto případě nevznikají žádné finanční náklady. Posledním navrhovaným zlepšením je kontrola kvality smyček, při vyjmutí z kartónových krabic. Tuto kontrolu by prováděl seřizovač, který by tímto úkonem opět nijak finančně společnost nezatížil, jelikož by tuto činnost prováděl v čase, kdy je plynulý chod výrobního procesu, jenž nepotřebuje žádný servisní zásah. Jednotlivé přínosy všech navrhovaných opatření lze vidět tedy v tabulce 12, ale také v podkapitolách 14.1 – 14.5. Zhodnocení hlavního cíle této práce je blíže popsáno v podkapitole 15.1.

ZÁVĚR

Dílním cílem této práce bylo za pomoci využití metod průmyslového inženýrství, konkrétně tedy šlo o metody přímého měření, pozorování, Paretova diagramu a Ishikawa diagramu, identifikovat patřičné nedostatky, chyby či plýtvání v rámci výrobního procesu pro vybrané zařízení Elektra ve firmě Austin Detonator s. r. o. Hlavním cílem této práce bylo navrhnout zlepšovací řešení, které sníží cyklový čas vstupní operace o 24 %, a tím při následné implementaci sníží výskyt plýtvání v podobě čekání o 10 %. Tento cíl byl po analýze původního stavu a zavedení specifického návrhu na zlepšení úspěšně splněn.

Teoretická část spočívala v literární rešerši, čerpaných z knih i internetových zdrojů. V samotném úvodu práce byly specifikovány oblasti, jako je proces, štíhlý podnikový proces, výrobní proces v kombinaci se štíhlou výrobou a osmi druhy plýtvání, jež mohou ve výrobě vznikat. V návaznosti na automatizované zařízení Elektra, kde probíhala analýza výrobního procesu, byla představena kapitola s názvem Průmysl 4.0, ve které byl popsán koncept a vývoj této čtvrté průmyslové revoluce. V závěru teoretické části byly představeny vybrané metody průmyslového inženýrství, které byly použity pro následnou analýzu.

V praktické části, byla představena společnost Austin Detonator s. r. o., v níž proběhla analýza výrobního procesu zařízení Elektra. Pomocí této analýzy byly identifikovány časové prostoje a chybovost pracovníků na vstupních operacích. Následovalo navrnutí patřičných opatření na zlepšení průběhu výrobního procesu, za účelem zvýšení efektivity a produktivity. V závěru proběhlo zhodnocení jednotlivých navrhovaných zlepšení, kde byla vyjádřena i nákladovost jednotlivých návrhů. Všechna opatření by byla v režii odpovědných pracovníků společnosti Austin, proto by zde žádné náklady nevznikly. Jediným finančním nákladem je pořízení laserových snímačů, které by hlídaly kapacitu vibračních zásobníků pro obě části konektorů. Toto opatření by firmu Austin stálo 10 000 Kč včetně DPH. Nejdůležitějším návrhem je však rozdělení dílčích úkonů vstupní operace mezi dvě pracovníce, aby tak došlo ke snížení cyklového času o 24 % z původního průměrného časového cyklu 12,5 sekund na 9,5 sekundy a snížení výskytu četnosti čekání o 10 %.

Záměrem čtvrté průmyslové revoluce by nemělo být odstranění lidského faktoru z procesu výroby, ale naopak by se měly průmyslové firmy snažit o zainteresování a propojení jednotlivých operací lidí s tímto procesem, aby se stal o to víc efektivní a produktivní.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

API - Academy of Productivity and Innovations, © 2005-2022 *Jednotlivé metody a nástroje (I - P): Plýtvání ve výrobě*. [online]. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p>

Austin Detonator s. r. o., © 2022. [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.austin.cz/o-nas/>

Autosen, © 2022. *AL009 Laser-Distanční senzor Ultra Precizní* [online]. [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: https://autosen.com/cs/Snimace-polohy/Opticke-senzory/Laserove-snimace-vzdalenosti/Laser-Distančni-senzor-Ultra-Precizni-AL009?gclid=Cj0KCQjwpv2TBhDoARIsALBnVnlPqeRj2If6sJMHev76MsZRPTbUGsvd6uKFWhG0xBhL2G1vHoXmrDUaAqbuEALw_wcB

BAUER, Miroslav, 2013. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.

ČÍŽEK, Jakub, 2019. Většina českých studentů technických škol netuší, co je to průmysl 4.0. *Connect.cz* [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://connect.zive.cz/clanky/pruzkum-vetsina-ceskych-studentu-technicky-skol-netusi-co-je-to-prumysl-40/sc-320-a-197617/default.aspx>

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, xxvi, 223 s. ISBN 978-1-4987-0887-6.

DLABAČ, Jaroslav, 2015. *Analýza a měření práce*. API-Akademie produktivity a inovací [online]. [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>

GREENE, Jack, 2013. *Industrial engineering: theory, practice & application: business and production management, productivity and capacity*. North Charleston: CreateSpace,, 411 s. ISBN 978-1482301793.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, David TUČEK a Roman BOBÁK, 2017. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 105 s. ISBN 978-80-7454-680-8.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štíhlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 116 s. ISBN 978-80-8154-058-5

CHROMJAKOVÁ, Felicita a Rastislav RAJNOHA, 2011. *Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra*. Žilina: GEORG, 138 s. ISBN 978-80-89401-26-0.

Interní dokumenty společnosti Austin Detonator s. r. o.

JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 254 s. Expert. ISBN 978-80-247-5717-9.

Kanbanize, © 2022. *What Is Kanban? Explained for Beginners* [online]. [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://kanbanize.com/kanban-resources/getting-started/what-is-kanban>

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA, 2012. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, xxi, 153 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.

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

Kurzy.cz, © 2000 – 2022. *Austin Detonator s.r.o.: Obchodní rejstřík* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://rejstrik-firem.kurzy.cz/25689916/austin-detonator-sro/>

MALÝ, Štěpán, 2020. *Lean plýtvání v Průmyslu 4.0 - Nevyužitý potenciál*. LinkedIn [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://cz.linkedin.com/pulse/lean-pl%C3%BDtv%C3%A1n%C3%AD-v-pr%C5%AFmyslu-40-nevyu%C5%BEit%C3%BD-potenci%C3%A11-stepan-maly>

MARR, Bernard, 2018. *What is Industry 4.0? Here's A Super Easy Explanation For Anyone*. *Forbes* [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/?sh=2ca34b7d9788>

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

POSKOČIL, Milan, 2019. *Automatická sestava a testování el. Rozbušky E*STAR*. JHV.

ProLean: *ODHALOVAT PLÝTVÁNÍ: Naučit se vidět plýtvání*, © 2022. [online]. [cit. 2022-02-26]. Dostupné z: https://prolean.cz/7-1plytvani/?gclid=CjwKCAiAvOeQBhBkEiwAxutUVN0prfedRiA4VmH9aUe0fr5wEZOAx0wfsOg3UHhqsK6BIMGfqADNORoCre0QAvD_BwE

SKILTON, Mark a Felix HOVSEPIAN, 2018. *The 4th industrial revolution: responding to the impact of artificial intelligence on business*. Cham: Springer, xxxv, 322 s. ISBN 978-3-319-62478-5.

SIEMENS, © 2022. *Integration³ – Totally Integrated Automation expands thanks to the integration of future technologies: Everything about the future of automation*. [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/tia/future-topics.html>

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 223 s. ISBN 978-80-247-3938-0.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2017. *Průmysl 4.0, aneb, Nikdo sám nevyhraje*. Průhonice: Professional Publishing, 200 s. ISBN 978-80-906594-4-5.

VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA, 2013. *Podnikové řízení*. Praha: Grada, 685 s. Finanční řízení. ISBN 978-80-247-4642-5.

VOCHOZKA, Marek a Petr MULAČ, 2012. *Podniková ekonomika*. Praha: Grada, 570 s. Finanční řízení. ISBN 978-80-247-4372-1.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

apod.	A podobně
atd.	A tak dále
č	Číslo
DPH	Daň z přidané hodnoty
EIM	Elektronický iniciační modul
ENVA	Essential Non-Value Added
ESD	Electrostatic discharge
Kč	Korun českých
NOK	Not OK
NVA	Non-Value Added
OK	All correct
OŘ	Organizační řád
PC	Personal Computer
SPOL	Označení Austin Detonator s. r. o.
ST010	Stanice obsluhy č. 1
ST020	Stanice obsluhy č. 2
s. r. o.	Společnost s ručením omezeným
VA	Value Added

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Schéma procesu</i>	13
<i>Obrázek 2 Lean – výrobní systém</i>	15
<i>Obrázek 3 Výrobní faktory v podniku</i>	17
<i>Obrázek 4 Transformující a transformované výrobní zdroje</i>	17
<i>Obrázek 5 7+1 druhů plýtvání</i>	20
<i>Obrázek 6 Nadvýroba</i>	21
<i>Obrázek 7 Zásoby</i>	22
<i>Obrázek 8 Zbytečná manipulace</i>	23
<i>Obrázek 9 Zmetky</i>	24
<i>Obrázek 10 Čekání</i>	25
<i>Obrázek 11 Transport</i>	27
<i>Obrázek 12 Nadpráce</i>	28
<i>Obrázek 13 Nevyužitý lidský potenciál</i>	30
<i>Obrázek 14 Diagram znázorňující 4 industriální revoluce průmyslu</i>	32
<i>Obrázek 15 Ishikawa diagram</i>	34
<i>Obrázek 16 PDCA cyklus</i>	35
<i>Obrázek 17 Paretův diagram 80/20</i>	37
<i>Obrázek 18 Logo společnosti</i>	40
<i>Obrázek 19 Organizační struktura Austin Detonator s. r. o.</i>	41
<i>Obrázek 20 Organizační schéma společnosti</i>	42
<i>Obrázek 21 Layout pracovního objektu</i>	46
<i>Obrázek 22 Výrobní zařízení Elektra</i>	47
<i>Obrázek 23 E*Star cívka</i>	48
<i>Obrázek 24 E*Star smyčka</i>	48
<i>Obrázek 25 Dokončený výrobek E*Star smyčka</i>	48
<i>Obrázek 26 Četnost činností výrobního procesu v %</i>	51
<i>Obrázek 27 Práce x Prostoje</i>	52
<i>Obrázek 28 Paretův diagram z časů jednotlivých operací</i>	52
<i>Obrázek 29 Manuální stanice na vstupu výrobního procesu</i>	53
<i>Obrázek 30 Paletka ve výrobním procesu</i>	54
<i>Obrázek 31 Četnost jednotlivých operací na stanici ST010</i>	57
<i>Obrázek 32 Práce x Prostoje na stanici ST010</i>	58
<i>Obrázek 33 Četnost jednotlivých operací na stanici ST020</i>	60
<i>Obrázek 34 Práce x Prostoje na stanici ST020</i>	61

<i>Obrázek 35 Srovnání Práce x Prostož z obou snímků</i>	<i>63</i>
<i>Obrázek 36 Paretův diagram z průměrných časů obou měření</i>	<i>65</i>
<i>Obrázek 37 Ishikawa diagram k zjištění hlavních příčin při čekání</i>	<i>66</i>
<i>Obrázek 38 Vizualní standard správně založené smyčky do paletky</i>	<i>71</i>
<i>Obrázek 39 Vizualní standard pro správné uložení smyček</i>	<i>71</i>
<i>Obrázek 40 Správně upnutý konektor na smyčce</i>	<i>72</i>
<i>Obrázek 41 Laserový snímač AL009 pro hlídání kapacity zásobníků</i>	<i>72</i>
<i>Obrázek 42 Paretův diagram z časů dílčích operací po implementaci návrhů</i>	<i>76</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Sedm druhů plýtvání</i>	<i>19</i>
<i>Tabulka 2 Výpis z OR.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 3 Měření výrobního procesu – metoda snímkování</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka 4 Orientační měření cyklového času na pozici ST010.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabulka 5 První měření ST010</i>	<i>56</i>
<i>Tabulka 6 První měření ST020</i>	<i>59</i>
<i>Tabulka 7 Porovnání měření stanic ST010 a ST020</i>	<i>62</i>
<i>Tabulka 8 Porovnání četností výskytu činností bez ohledu na prostoje</i>	<i>63</i>
<i>Tabulka 9 Průměr časů z obou měření</i>	<i>64</i>
<i>Tabulka 10 Data k vytvoření Paretova diagramu</i>	<i>64</i>
<i>Tabulka 11 Shrnutí příčin způsobujících časové prodloužení ve výrobním procesu</i>	<i>68</i>
<i>Tabulka 12 Orientační měření cyklového času po zavedení opatření</i>	<i>74</i>
<i>Tabulka 13 Snímek pracovního dne po implementaci návrhu na zvýšení produktivity).....</i>	<i>75</i>
<i>Tabulka 14 Porovnání časů před a po implementaci</i>	<i>77</i>
<i>Tabulka 15 Zhodnocení navrhovaných opatření na eliminaci plýtvání</i>	<i>78</i>

