



Optimalizace a zefektivnění procesů na obráběcí lince

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301R000 – Strojní inženýrství
Autor práce: **Tomáš Košťál**
Vedoucí práce: Ing. František Koblasa, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechanical Engineering ■

Optimization and streamlining processes on Machining Line

Bachelor thesis

Study programme: B2301 – Mechanical Engineering
Study branch: 2301R000 – Mechanical Engineering
Author: **Tomáš Košťál**
Supervisor: Ing. František Koblasa, Ph.D.



Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Košťál**

Osobní číslo: **S15000087**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Strojní inženýrství**

Název tématu: **Optimalizace a zefektivnění procesů na obráběcí lince**

Zadávací katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je analyzovat proces výroby produktu na obráběcí lince, identifikovat slabá místa, plýtvání a navrhnout optimalizace v souladu s principy štíhlé výroby.

1. Úvod do problematiky (vybrané principy štíhlé výroby).
2. Analýza současného stavu.
3. Shrnutí zjištěných nedostatků a rezerv.
4. Návrhy opatření na zlepšení a zefektivnění stavu.
5. Vyhodnocení návrhů a porovnání se současným stavem.
6. Závěr a zhodnocení práce.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] SIXTA, J. a V. MAČÁT. Logistika: teorie a praxe. Vyd. 1. Brno: CP Books, 2005. Business books (CP Books). ISBN 80-251-0573-3.
- [2] CHROMJAKOVÁ, F. Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů. 1. vyd. Žilina: Georg, 2013. ISBN 978-80-8154-058-5
- [3] TUČEK, D. a R. BOBÁK. Výrobní systémy. Vyd. 2., upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-381-1.
- [4] DANĚK, J. a M. PLEVNÝ. Výrobní a logistické systémy. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005. ISBN 80-7043-416-3.
- [5] ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03912-0.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. František Koblasa, Ph.D.

Katedra výrobních systémů a automatizace

Datum zadání bakalářské práce: **6. března 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **6. září 2019**

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan



Ing. Petr Zelený, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 6. března 2018

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 29.5.2019

Podpis: 

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Františku Koblasovi , PhD. za vedení, pomoc a cenné rady při zpracování této práce a zejména za trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat společnosti Renokar CNC s.r.o za poskytnutí údajů a zejména Ing. Davidu Mlatečkovi, který mi byl velkou oporou a vstřícným konzultantem. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat celé své rodině za neustálou podporu během studia.

TÉMA: OPTIMALIZACE A ZEFEKTIVNĚNÍ PROCESŮ NA OBRÁBĚCÍ LINCE

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá analýzou současného procesu výroby produktu na obráběcí lince, následně na základě doporučené literatury odhaluje a identifikuje slabá místa výrobního procesu a navrhuje optimalizaci tohoto procesu v souladu s principy štíhlé výroby. Práce je rozdělena na dvě části. První teoretická část popisuje metody plýtvání, spaghetti diagram a analýzu materiálového toku, procesní analýzu, snímek pracovního dne, varianty rozmístění strojů a metodu 5S. Druhá praktická část je zaměřena na analýzu stávající situace procesu a následném navržení změny nového výrobního procesu. V závěru práce jsou porovnány naměřené výsledky před a po optimalizaci.

Klíčová slova

Optimalizace, snímek pracovního dne, procesní analýza, metody plýtvání

THEME: OPTIMIZATION AND STREAMLINING PROCESSES ON MACHINING LINE

Abstract

The bachelor thesis deals with the analysis of the current production proces of the product on the machining line, then on the recommend literature reveals and identifies the weak points of the production proces and suggests optimizing this proces in accordance with the principles of lean production. The thesis is divided into two parts. The first theoretical part describes methods of waste, spaghetti diagram and material flow analysis, process analysis, monitoring of a work day, machine layout variants and 5S method. The second practical part is focused on the analysis of the current process situation and the new design of production process. At the end of the work, the measured results are compared before and after optimization.

Key words

Optimization, monitoring of a work day, process analysic, methods of waste,

Obsah

Seznam tabulek.....	9
Seznam obrázků.....	10
Seznam grafů	12
1 Úvod.....	13
2 TEORETICKÁ ČÁST	14
2.1 Druhy plýtvání	14
2.2 Spaghetti diagram, analýza materiálových toků	18
2.3 Procesní analýza.....	20
2.4 Snímek pracovního dne.....	21
2.5 Varianty rozmístění strojů a pracovišť	22
2.6 Metoda 5S	27
3 PRAKTICKÁ ČÁST	29
3.1 Úvod do praktické části.....	29
3.2 Představení společnosti	30
3.3 Popis výrobku.....	31
3.4 Analýza současného stavu pracoviště	33
3.4.1 Popis výrobního procesu.....	35
3.4.2 Snímek pracovního dne	39
3.4.3 Grafické znázornění rozdílu výrobních časů před optimalizací	42
3.4.4 Analýza ušlé vzdálenosti operátorů linky před optimalizací	43
3.4.5 Rozbor nalezených bodů pro optimalizaci a jejich řešení	43
3.5 Návrh optimalizace pracoviště.....	48
3.5.1 První varianta nového uspořádání pracoviště	51
3.5.2 Druhá varianta nového uspořádání pracoviště.....	52
3.5.3 Volba vhodné varianty rozmístění strojů.....	54
3.5.4 Analýza ušlé vzdálenosti operátorů linky po optimalizaci	54

3.5.5	Snímek pracovního dne linky po optimalizaci	55
3.5.6	Grafické znázornění rozdílu výrobních časů po optimalizaci	59
4	Závěr	61
	Seznam použité literatury	62

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Snímek pracovního dne operátora A (před optimalizací)	39
Tabulka 2 - Snímek pracovního dne operátora B (před optimalizací)	40
Tabulka 3 - Vzdálenosti operátorů ve výrobní lince	43
Tabulka 4 - Vzdálenosti operátorů ve výrobní lince po optimalizaci	54
Tabulka 5 - Snímek pracovního dne operátora A (po optimalizaci)	55
Tabulka 6 - Snímek pracovního dne operátora B (po optimalizaci)	57

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Nadprodukce [7]	15
Obrázek 2 – Čekání [7].....	15
Obrázek 3 – Zásoba [7]	16
Obrázek 4 – Zmetky [7]	16
Obrázek 5 - Zbytečný pohyb [7]	17
Obrázek 6 – Přeprava [7].....	17
Obrázek 7 – Nadpráce [7].....	17
Obrázek 8 - Nevyužité schopnosti pracovníků [7]	18
Obrázek 9 - Spaghetti diagram [13]	19
Obrázek 10 - Volné rozmístění strojů [2].....	23
Obrázek 11 - Technologické rozmístění strojů [2].....	24
Obrázek 12 - Předmětné rozmístění strojů [2]	25
Obrázek 13 - Modulární rozmístění strojů [2].....	26
Obrázek 14 - Buňkové rozmístění strojů [2]	26
Obrázek 15 - Přehled 5S.....	27
Obrázek 16 - Logo společnosti RENOKAR - CNC s.r.o. [15]	30
Obrázek 17 - 3D pohled na výrobek.....	31
Obrázek 18 - Barevné označení obráběných ploch při 1. výrobní operaci	31
Obrázek 19 - Barevné označení obráběných ploch při 2. výrobní operaci	32
Obrázek 20 - Barevné označení obráběných ploch při 3. výrobní operaci	32
Obrázek 21 - Barevné označení obráběných ploch při 4. výrobní operaci	32
Obrázek 22 - Schéma výrobního procesu.....	33
Obrázek 23 - Layout výrobní linky	34
Obrázek 24 - Celkový pohled na layout výrobní haly společnosti.....	35
Obrázek 25 - Vozík pro přepravu kusů během výrobního procesu.....	35
Obrázek 26 - Grafické znázornění úkonů u stroje F28.....	36
Obrázek 27 - Grafické znázornění úkonů u stroje S6.....	36
Obrázek 28 - Grafické znázornění úkonů u stroje F29.....	37
Obrázek 29 - Grafické znázornění úkonů u stroje F30.....	37
Obrázek 30 - Snímek balicího boxu	38
Obrázek 31 - První varianta navržené paletky pro přepravu dílů.....	44
Obrázek 32 - Druhá varianta navržené paletky pro přepravu dílů	44

Obrázek 33 - Navržený odkládací prostor pro opravu přípravku.....	46
Obrázek 34 - Navržený prostor pro umístění náhradních nástrojů.....	47
Obrázek 35 - Vertikální CNC centrum F500 [17].....	48
Obrázek 36 - Vertikální CNC centrum i-CUT420T [17]	49
Obrázek 37 - Soustruh CNC L230A [17].....	49
Obrázek 38 - 3D model myčky	50
Obrázek 39 - 3D model odstředivky	50
Obrázek 40 - První varianta nového uspořádání výrobní linky.....	51
Obrázek 41 - Druhá varianta nového uspořádání výrobní linky	52

Seznam grafů

Graf 1 - Grafické znázornění snímku pracovního dne operátora A před optimalizací ..	39
Graf 2 - Procentuální vyjádření činností VA, BNVA, NVA (před optimalizací).....	40
Graf 3 - Grafické znázornění snímku pracovního dne operátora B před optimalizací ..	41
Graf 4 - Procentuální vyjádření činností VA, BNVA, NVA (před optimalizací).....	41
Graf 5 - Zobrazení časového rozdílu výrobního času operátorů.....	42
Graf 6 - Grafické znázornění snímku pracovního dne operátora A po optimalizaci	56
Graf 7 - Procentuální vyjádření činností VA, BNVA, NVA po optimalizaci	56
Graf 8 - Grafické znázornění snímku pracovního dne operátora B po optimalizaci	58
Graf 9 - Procentuální vyjádření činností VA, BNVA, NVA po optimalizaci	58
Graf 10 - Zobrazení časového rozdílu výrobního času operátorů po optimalizaci.....	59

1 Úvod

V dnešním automobilovém průmyslu jsou na výrobní procesy kladeny postupně stále vyšší nároky. Ty zahrnují flexibilitu výroby, snižování nákladů na realizaci zakázky a v neposlední řadě také postupné zavádění robotizace do výroby. Vysoká konkurence na trhu nutí společnosti také snižovat ceny svých výrobků. Náročné výrobní procesy si žádají neustále kvalifikovanější a proškolenější zaměstnance napříč všemi pracovními úrovněmi společnosti.

Optimalizace výrobních procesů je jednou z více cest, které vedou k úsporám a s tím spojeným následným vyšším ziskům. Ve všech výrobních halách existuje alespoň jeden proces, který by se mohl optimalizovat. Tato optimalizace nespočívá pouze v novém rozmístění strojů či konstrukční úpravou přípravků, na procesu optimalizace je třeba neustále pracovat a hledat postupně další skrytá zlepšení. Každá vhodně odstraněná sekunda z plýtvání v procesu nám může časem narůst v určité množství času, které bude vést ke zvýšení naší konkurenceschopnosti.

Tuto skutečnost si uvědomuje také vedení společnosti RENOKAR CNC s.r.o. a postupně se snaží jednotlivé výrobní procesy optimalizovat. Zadání bakalářské práce od vedení společnosti spočívalo v analyzování stávajícího výrobního procesu a následném navržení několika variant optimalizovaného pracoviště. Důvodem optimalizace bylo především navýšení poptávky po vyrobených dílech ze strany zákazníka.

Jako hlavní požadavky byly stanoveny níže uvedené body:

- Zmenšení zastavěné plochy výrobní linkou
- Optimalizace a navržení vhodného uspořádání výrobní linky
- Zlepšení ergonomie práce (ušlá vzdálenost)
- Odstranění plýtvání v rámci celého pracoviště
- Snižování času výroby u jednotlivých operátorů

2 TEORETICKÁ ČÁST

V této kapitole budou postupně uvedeny a vysvětleny metody, které jsou použity v bakalářské práci.

2.1 Druhy plýtvání

Za plýtvání můžeme označit všechny činnosti, které jsou prováděny při realizaci produktu a nepřidávají hodnotu výrobku nebo službě, tj. nepodílí se na zvyšování zisku podniku. [1]

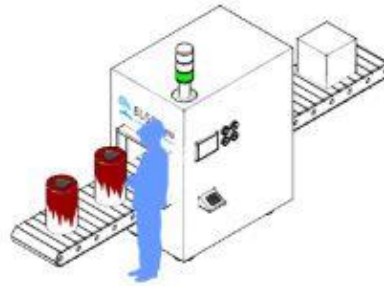
Pod pojmem plýtvání se označuje sedm (osm) základních činností:

- Nadprodukce
- Čekání
- Zásoba
- Zmetky
- Pohyb
- Přeprava
- Nadpráce
- (Nevyužitý lidský potenciál)

Plýtvání můžeme nalézt v každém výrobním podniku, je tedy žádoucí aby se ho pracovníci snažili vyhledat a následně odstranit. Každá eliminace nemusí přinést pouze finanční zlepšení, ale může se také jednat o zlepšení bezpečnosti práce na pracovišti. Důležitým bodem v průběhu odhalování je si uvědomit, že hledáme příčinu plýtvání, nikoli viníky. [2]

Nadprodukce:

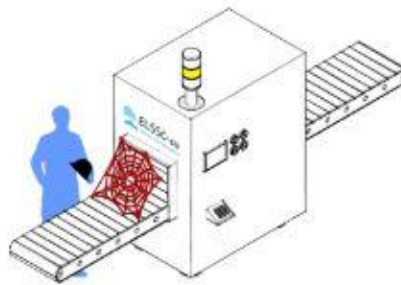
Tato činnost bývá v některých případech označována za jednu z nejhorších. Vzniká v případě maximálního využití výrobních kapacit nebo za účelem vytvoření případných skladových zásob (pokud by nastala vysoká zmetkovitost nebo poruchy ve výrobě). [3]



Obrázek 1 - Nadprodukce [4]

Čekání:

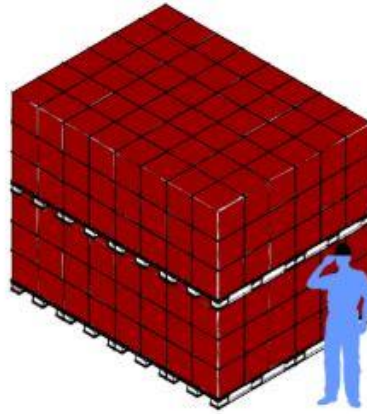
Pod pojmem čekání si můžeme představit zbytečné prostoje nebo nečinnost, konkrétně pracovníky, kteří dohlížejí na automatizovaná zařízení. Dále například prostoje díky poruchám strojů nebo zpoždění procesu. [5]



Obrázek 2 – Čekání [4]

Zásoba:

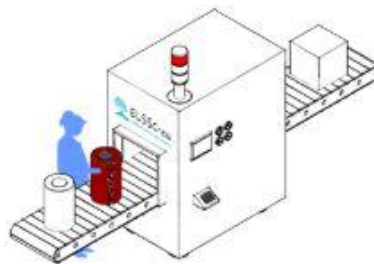
Zásoba rozpracované výroby či hotových výrobků bývají častým zdrojem skladovacích nákladů nebo zastarávání materiálu. Nadbytečné zásoby mohou také zakrývat nevyváženost výroby, časté poruchy, dlouhé časy seřizování nebo zpoždění dodání materiálu od zákazníků. [5]



Obrázek 3 – Zásoba [4]

Zmetky:

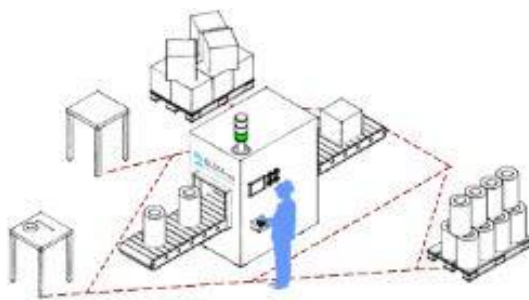
Tímto pojmem bývá označován vadný výrobek, který nesplňuje požadavky od výrobce týkající se kvality. Vadné díly jsou odhaleny během výstupní kontroly nebo v nejhorsím případě u zákazníka. Je důležité zjistit příčinu vzniku zmetku a provést příslušná opatření. [1]



Obrázek 4 – Zmetky [4]

Pohyb:

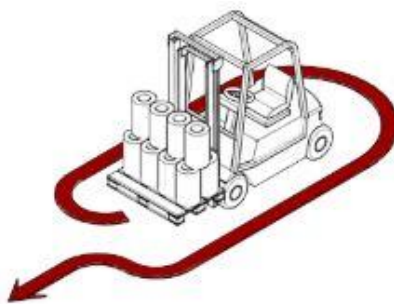
Jedná se o zbytečné pohyby, které nepřidávají výrobku hodnotu. Mezi tyto pohyby patří hledání nástrojů, natahování se pro předměty z důvodu neergonomického navržení pracoviště a zbytečná chůze. Dle filozofie štíhlé výroby dojde k navýšení ceny až tehdy pokud bude součástka přimontována k výrobku. [3]



Obrázek 5 - Zbytečný pohyb [4]

Přeprava:

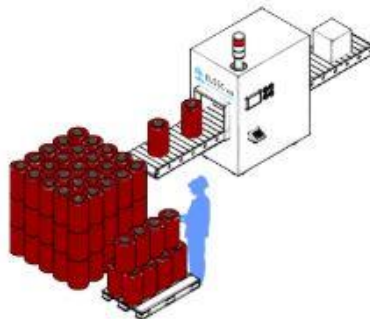
Pod tímto druhem plýtvání je myšlena zbytečná přeprava materiálu v rámci skladu nebo pracoviště. Jedná se o transport, který je zbytečně komplikovaný či nezbytný. [1]



Obrázek 6 – Přeprava [4]

Nadpráce (vícepráce):

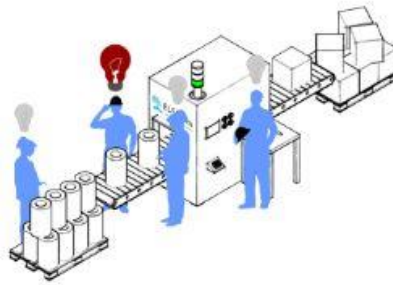
Takto označené činnosti jsou takové, které nejsou nutné k dokončení výrobku, případně chod strojů naprázdno nebo výroba produktu dle nesprávného výrobního postupu. [1]



Obrázek 7 – Nadpráce [4]

Nevyužitý lidský potenciál:

Pracovníci, kteří se pohybují v okolí konkrétní výrobní linky, mohou mít zajisté několik zlepšujících nápadů na zlepšení procesu, proto se považuje za plýtvání nenaslouchat těmto návrhům na zlepšení. [5]

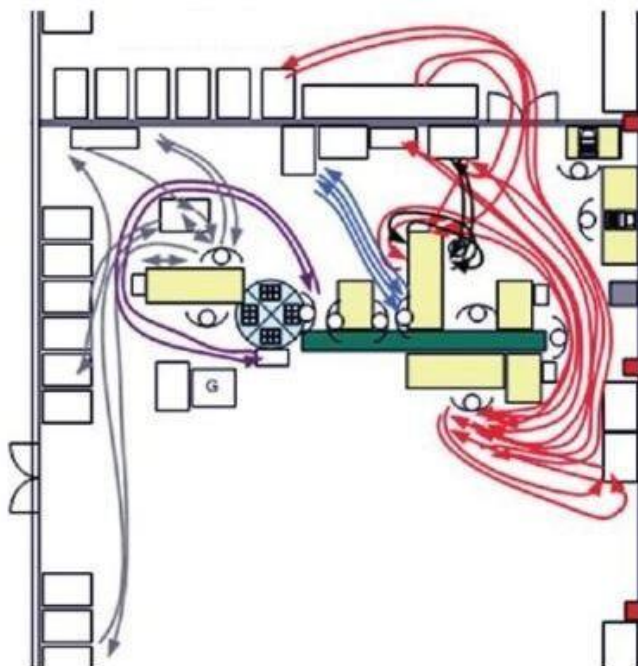


Obrázek 8 - Nevyužitá schopnosti pracovníků [4]

2.2 Spaghetti diagram, analýza materiálových toků

Spaghetti diagram se řadí mezi nejjednodušší metody analýz, které se zabývají mapováním vnitropodnikového toku materiálu a navržením nejvhodnějšího layoutu pracoviště. Tato metoda je založena na principu důkladného zaznamenání pohybu materiálu či pracovníka během stanoveného časového rozpětí. Pokud metodou sledujeme pohyby pracovníka, je možné použít barevné značení. V případě že pracovník během sledování přijde do kontaktu s více výrobky, je vhodné pro každý výrobek použít jinou barvu.[3]

K vytvoření spaghetti diagramu není potřeba žádný software. Nejjednodušší variantou je využít k zaznamenávání pohybu layout budovy nebo její konkrétní části, kdy zakreslujeme jednotlivé pohyby. Následně je provedena analýza ušlé vzdálenosti, snížení počtu zbytečných kroků a v neposlední řadě možné přiblížení potřebného materiálu. [6]



Obrázek 9 - Spaghetti diagram [7]

Níže uvedené zásady jsou určeny pro manipulaci s materiálem během procesu, který je zaznamenáván do spaghetti diagramu, jakožto souhrnnou operaci v transportu, skladování, balení, měření a expedici [8]:

1) Přímé, nejkratší cesty bez křížení a zpětných pohybů

- Využijeme optimálního rozmístění výrobního zařízení. [8]

2) Odstranění přebytečné manipulace s materiálem

- Díky menšímu počtu a snížení rozsahu přepravních úkonů ve výrobním procesu se zmenší objem manipulačních úkonů. [8]

3) Nepřetržitý a plynulý materiálový tok

- Úkolem je zajistit vhodné manipulační prostředky, určit jejich časové a výkonové využití. Dále pro ně obstarat údržbu a opravu. [8]

4) Navýšení mechanizace při manipulaci s materiálem

- Cílem je odstranit podíl namáhavé a nebezpečné práce, s tím souvisí také zvýšení produktivity. Při zavádění automatizace výrobních strojů je žádoucí využít gravitace pohybu materiálu v každém možném případě. [8]

5) Zajištění vhodných pracovních podmínek a bezpečnosti práce při manipulaci s materiálem

Během rozboru manipulace s materiálem musíme respektovat 6 základních požadavků [8]:

P – výrobku: s jakým výrobkem budeme manipulovat?

Q – množství: jaká bude sériovost a opakovatelnost zboží?

R – technologie: na jaké místo budeme materiál přemísťovat?

T – čas, termíny: kdy budeme zboží převážet a jaká bude časová náročnost?

S – služby: jaký manipulační prostředek bude využit pro manipulaci s materiálem?

N – náklady: jak velké finanční prostředky musíme vynaložit na manipulaci?

Během zásobování výrobních buněk potřebným materiálem pro výrobu, je nutné dodržet určité doporučené zásady. Níže budou uvedeny některé ze zásad, které budou využity v této bakalářské práci [9]:

- do pracovní trasy nesmí vyčnívat části strojů
- zásobování linky musí být nastaveno od zadní strany stroje
- tok výrobního procesu musí být pouze jedním směrem
- zásobování linky materiálem nesmí omezovat operátora během pracovní činnosti
- manipulace s materiálem musí být oddělena od prováděných výrobních úkonů

2.3 Procesní analýza

V dnešní době je snaha eliminovat veškeré prováděné aktivity během procesu výroby, za které není zákazník ochoten zaplatit.

Analyzované činnosti můžeme rozdělit do 3 skupin [10]:

➤ **Činnosti přidávající hodnotu:**

- tyto činnosti se označují zkratkou **VA** (Value Added)
- ve výrobě se mezi aktivity započítává např. montáž a samotné výrobní technologie

➤ **Činnosti nepřidávající hodnotu ale nezbytné pro vykonání:**

- označování takové aktivity se můžeme provádět pomocí zkratky **BNVA** (Business Non – Value Added)
- jsou tedy nezbytné vzhledem k průběhu procesu, ale nepřidávají hodnotu

➤ **Činnosti nepřidávající hodnotu:**

- Jsou označovány **NVA** (Non Value Added)
- Ve výrobě jsou takto označovány aktivity jako přeprava materiálu, čekání, prostoje apod.

Během průběhu procesu optimalizace a následném sestavení grafu můžeme získat vysoké procentuální zastoupení NVA činností. V důsledku provádění optimalizace je cílem navýšení procent VA činností v procesu. Tento nástroj nám tedy pomáhá odstraňovat plýtvání.

V různých literaturách se myšlenky o rozdělení výše uvedených činností rozcházejí. Některé zdroje uvádějí, že činnosti lze rozdělit pouze do dvou skupin, a to na činnosti VA a NVA. Oproti tomu autoři určitých knih rozdělují činnosti do tří skupin, tou třetí je skupina označována různě, např. BNVA.

2.4 Snímek pracovního dne

Jedná se o techniku nepřetržitého pozorování veškerého času během pracovní směny. Cílem je získat potřebná data k sestavení tabulky a grafů, které nám poslouží ke znázornění spotřeby času. Dále nám snímek pracovního dne pomůže odhalit případná plýtvání v procesu nebo získáme důležité informace o vytížení pracovníků v pozorovaném procesu. Snímkování není nástrojem, který je používán pouze ve výrobních procesech, ale jeho využití se může uplatnit také v administrativě. [11]

Postup provádění snímku:

- 1. část - příprava
- 2. část – vlastní měření a zpracování naměřených dat
- 3. část – vyhodnocení zpracovaných dat

1. část – příprava:

Úkolem je seznámit pověřené pracovníky s tím, co mají pozorovat a v jakém časovém rozpětí mají zaznamenávat činnosti. [12]

Řeší se následující otázky:

- Jaký je cíl měření?
- Kdo bude provádět měření a na jakém pracovišti?
- Kdy bude měření prováděno?

2. část – vlastní měření a zpracování naměřených dat:

V této části probíhá samotné měření činnosti a zapisování dat do předem připraveného pozorovacího listu. U prováděné činnosti se zapisuje čas začátku a konce činnosti. [12]

3. část – vyhodnocení zpracovaných dat:

V průběhu poslední části se z postupového času vypočte jednotlivý čas vykonávaných činností. Tyto úkony se později sečtou v jeden celkový čas a následně se vyjádří procentuální podíl z celkového času, který byl na měření vyčleněn. Pro lepší znázornění zpracovaných dat se vypočtená procenta následně znázorní pomocí koláčového grafu. [12]

2.5 Varianty rozmístění strojů a pracovišť

Správné rozvržení pracoviště, místa strojů a zařízení je nejdůležitějším bodem technologického projektování. Rozvržením pracoviště musíme docílit [13]:

- efektivnosti výroby
- jednoduchého řízení
- minimální mezioperační přepravy
- souladu s bezpečnostními předpisy
- hygieny a kultury pracovního prostředí
- úspory výrobních ploch

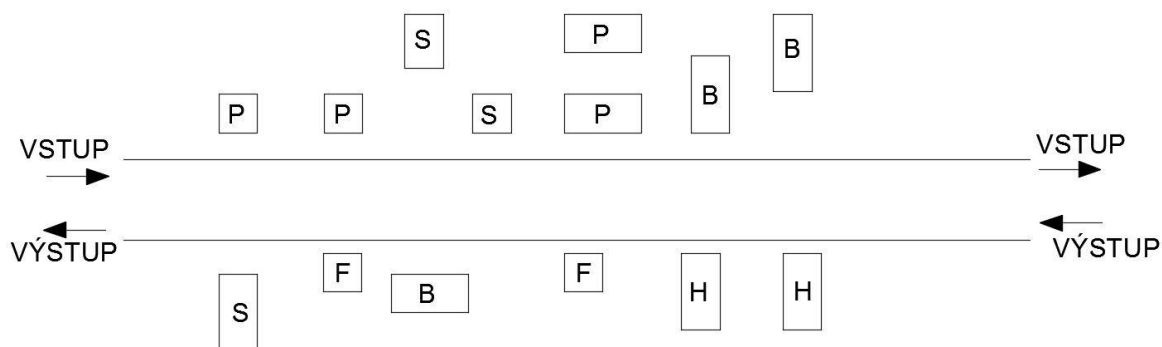
Ve výrobních procesech jsou používány různé možnosti uspořádání strojů do výrobní linky. Optimální rozmístění strojů plyne z různých analýz prováděných během přípravných fází zpracování projektu. [13]

Současný trend rozlišuje níže uvedené základní varianty možného rozmístění [14]:

- volné
- technologické
- předmětné
- modulární
- buňkové
- kombinované

Volné rozmístění:

Při tomto uspořádání jsou stroje nebo jednotlivá pracoviště v provozu umístěna náhodně. Před jejich umístěním nebylo možné jednoznačně určit tok materiálu, nebo jak budou jednotlivé výrobní operace navazovat. Volba tohoto rozmístění výrobních strojů či zařízení je v dnešní době zcela nevhodná a v praxi se od této volby opustilo. [14]



Obrázek 10 - Volné rozmístění strojů [14]

Pozn.: Písmena v obrázku symbolizují jednotlivé výrobní stroje (P = pila, S = soustruh atd.)

Technologické rozmístění:

Jedná se o jedno z nejstarších druhů rozmístění. V technologických postupech můžeme vidět, že jednotlivé příbuzné operace jsou slučovány k sobě a stejně tomu je také u strojů. Jak je již uvedeno, tak všechny úkony nebo operace spojené se svařováním budou prováděny ve svařovně, proces obrábění bude prováděn v obrobně, atd. [14]

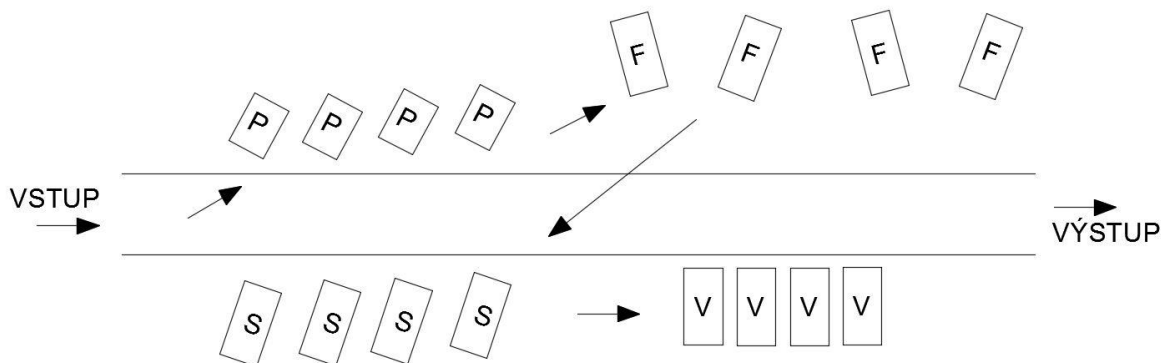
Při důkladnějším pohledu na tento způsob zjistíme, že v obrobě jsou umístěny v jednotlivých skupinách soustruhy, frézky, brusky atd. Pokud zvolíme technologické rozmístění, vytvoříme skupiny, ve kterých se nachází stejné druhy strojů. [14]

Výhody [14]:

- snadné zavedení vícestrojové obsluhy
- porucha jednotlivých strojů nám nenaruší výrobu
- mistrům je umožněno specializovat se dle jejich profese
- snížení nástrojového vybavení (jedno přídatné zařízení nám může sloužit pro více strojů, např.: upínací přípravky, atd.)

Nevýhody [13]:

- komplikovaný a dlouhý tok materiálu
- zvýšení nákladů v logistice
- rostou nároky na dopravu



Obrázek 11 - Technologické rozmístění strojů [14]

Předmětné rozmístění:

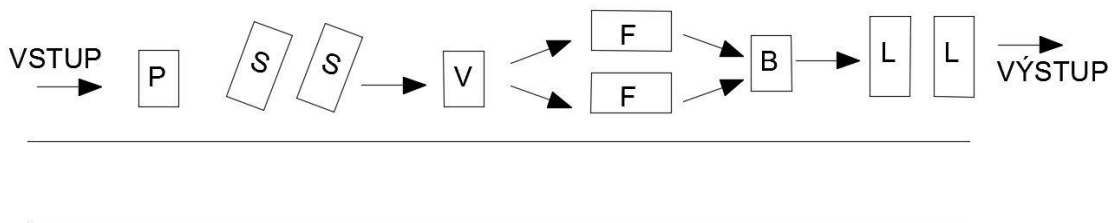
Tento způsob rozmístění strojů je vhodné použít zejména při vyšší sériovosti výroby nebo při velkém počtu opakování menších sérií. Charakteristickým rysem je kopírování toku materiálu dle technologického postupu. [13]

Výhody [13]:

- Zkrácení mezioperačních časů
- Snížení rozpracovanosti výroby
- Úspora pomocných manipulantů (pracovníků)

Nevýhody [14]:

- Konstrukce speciálních jednoúčelových strojů
- Případná úprava výrobního postupu znamená změny v uspořádání strojů



Obrázek 12 - Předmětné rozmístění strojů [14]

Modulární rozmístění:

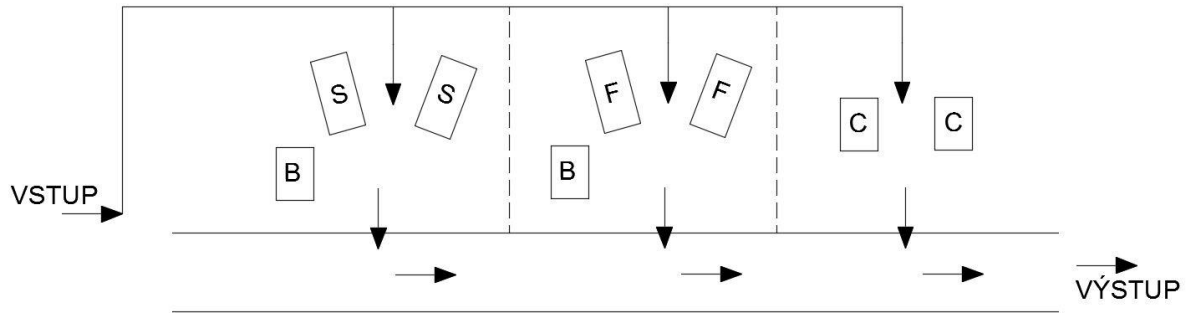
Jedná se o charakteristické seskupení stejných technologických bloků, ze kterých každý zvlášť plní více funkcí. Tento způsob uspořádání strojů se rozšířil díky většímu použití NC a CNC center. Pracoviště se vyznačují vyšší produktivitou, proto se ve výrobě zásobují dle stanoveného harmonogramu materiálem, nářadím, údržbou, atd. S ohledem na produktivitu práce je snaha pracoviště využít ve dvou- i třisměnném provozu. [14]

Výhody [14]:

- Vysoká produktivita práce
- Zlepšení organizace

Nevýhody [14] :

- Vysoká cena strojů a zařízení



Obrázek 13 - Modulární rozmístění strojů [14]

Buňkové rozmístění:

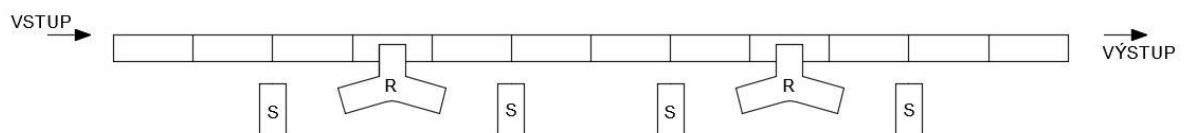
Pracoviště („buňka“) je tvořeno vysoce produktivním strojem s náležitě přizpůsobeným okolím (robotem, zařízením na obrácení a polohování dílů, zásobníky, atd.). Názorným příkladem je robotizované pracoviště. [14]

Výhody [14]:

- Zvýšení kvality a snížení zmetkovitosti
- Robotizovaná, automatizovaná operační i mezioperační manipulace s materiálem

Nevýhody [14]:

- Vysoké pořizovací náklady na celé pracoviště



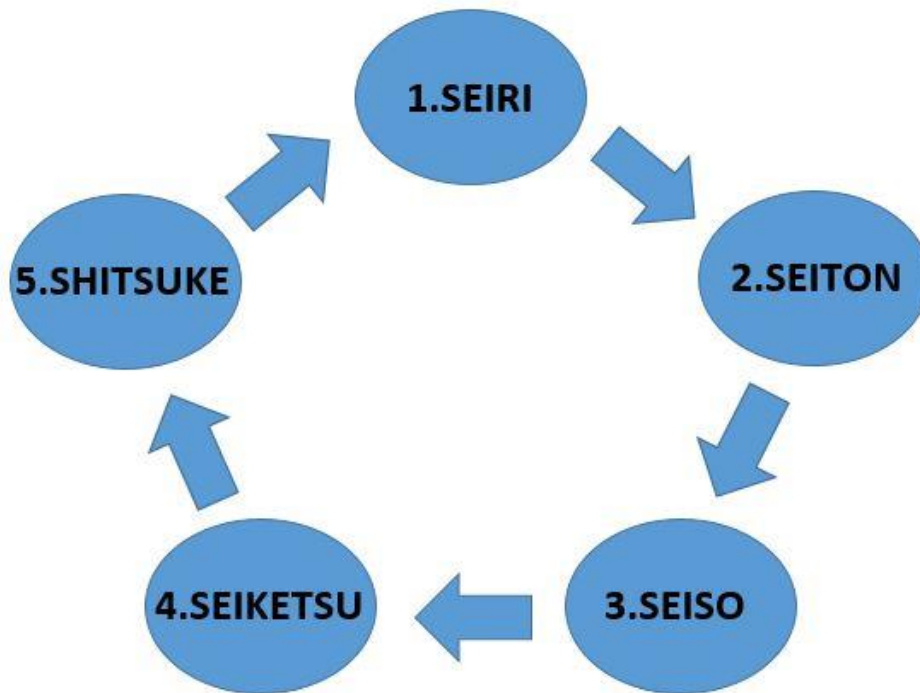
Obrázek 14 - Buňkové rozmístění strojů [14]

Kombinované rozmístění:

Během projektování větších pracovišť není nutno, aby projektant volil pouze jeden z výše uvedených způsobů rozmístění strojů. Je však potřeba zohlednit veškerá kritéria a sáhnout ke správně zvolené kombinaci. [14]

2.6 Metoda 5S

Jedná se o nástroj, který slouží k usnadnění týmové práce. Jde o soupis věcí, které nám pomáhají odstranit ztráty, jež způsobují chyby. Poslední S je nejtěžší k udržení ze všech, protože jeho udržení je podmíněno účinností předchozích čtyř. [5]



Obrázek 15 - Přehled 5S [vlastní]

SEIRI – SEPAROVAT:

V tomto prvním kroku je účelem rozdělit položky na pracovišti do tří skupin. První skupinou jsou položky, které na pracovišti musí být (jsou potřebné k vykonání operace a přidávají výrobku hodnotu). Druhou skupinou jsou položky určené k přemístění (nepoužívají se tak často). Poslední třetí skupinu tvoří položky určené k odstranění. V tomto kroku se využívá označení dle červených kartiček. [15]

SEITON – SYSTEMATIZOVAT:

Cílem druhého kroku je naleznout správné místo pro označené položky z prvního kroku. Místa položek se v layoutu pracoviště označí. Důležitou součástí druhého kroku je položky umístit na takové místo, aby došlo k eliminování pohybu pracovníků (eliminování plýtvání). Pokud jsou položky srovnány do skříněk nebo objektů, je vhodné umístit na ně také tzv. soupis položek. [15]

SEISO – STÁLE ČISTO:

Krok třetí se zajímá o celkovou čistotu pracoviště. Jedná se o hloubkové čištění, tedy očistíme všechny předměty. Doprovodnou činností může být také vyfotografování pracoviště před a následně po provedeném čištění. Během čištění můžeme odhalit různé poničené součásti nebo povolené šrouby, také by se měl vedoucí pracoviště zamyslet nad tím, proč dochází ke znečištění pracoviště a provést příslušná opatření. [16]

SEIKETSU – STANDARDIZOVAT:

Čtvrtý krok standardizuje veškeré provedené činnosti v 1., 2. a 3. kroku. Vznikne nám ucelený pohled, ve kterém máme zaznamenány veškeré provedené aktivity a nový layout pracoviště. [15]

SHITSUKE – SEBEDISCIPLINOVANOST:

Posledním úkolem 5S je aby se zlepšený stav nevrátil do původní podoby. Nejlepší kontrola je provedena tehdy, pokud jednotliví pracovníci si mezi sebou přebírají pracoviště ve standartním stavu. Toto přebrání je stvrzeno podpisem pracovníka a současně mistr během směny provede kontrolu pracoviště. Po kontrole zaznamená do protokolu poznatky, v jakém stavu se pracoviště nachází, a nakonec doplní do protokolu svůj podpis. [16]

3 PRAKTICKÁ ČÁST

V uvedené kapitole je představena společnost RENOKAR CNC s.r.o., následně je popsáno současné rozvržení výrobní linky a navržena její optimalizace.

3.1 Úvod do praktické části

Hlavním cílem bakalářské práce je zhodnotit pomocí nepřetržitého pozorování v rámci směny a snímku pracovního dne současné uspořádání daného pracoviště a dokonale pochopit jednotlivé výrobní cykly. Na základě zjištěných nedostatků navrhnout vedení společnosti nové vhodnější rozmístění daného pracoviště.

Dílčí cíle práce:

- Zpracování teoretické části
- Charakteristika společnosti
- Analýza a měření práce
- Zhodnocení a návrh nového uspořádání

Použité techniky:

- Analýza dokumentů
- Pozorování
- Snímek pracovní směny

Práce je složena ze dvou částí, teoretické a praktické. Teoretická část byla zpracována po studiu odborné literatury zaměřené na téma práce.

Snímek pracovního dne byl prováděn technikou chronometráže. Chronometráž je metoda, která se zabývá určením času a sledováním opakované výrobní operace. Chronometráž se rozděluje do následujících tří skupin [17]:

- Plynulá – pro nepřetržité sledování všech úkonů během výrobního procesu
- Výběrová – předmětem pozorování jsou vybrané úkony v procesu
- Obkročná – používá se pro měření velmi krátkých úkonů během výroby

Pozorování je nejzákladnější a nejobecnější metodou. Jejím cílem je systematické a záměrné vnímání objektivních projevů.

Pozorování probíhalo po celou dobu práce ve společnosti. Jednalo se o nezúčastněné pozorování zjevné. Jednotliví pozorovaní operátoři byli s pozorováním seznámeni.

Při návrhu nového optimalizovaného pracoviště bylo nejdříve nutné poznat celý stávající výrobní proces. Během seznamování s procesem byly prováděny konzultace s technologickým vedoucím úseku, operátory výroby, logistiky a vedoucími úseků jaké mají případné podněty na zlepšení, jaká kritéria je třeba zohlednit při návrhu nebo čemu se naopak vyvarovat. Následovalo sestavení záznamových listů pro měření, zakreslení procesu do diagramu a samotné měření. V poslední řadě bylo potřeba sjednotit naměřená data se získanými poznatky od kolegů ve společnosti. Výstupem sjednocení bylo navržení dvou variant rozmístění pracoviště a layoutu.

3.2 Představení společnosti

Společnost RENOKAR – CNC s.r.o. byla založena v roce 1995 pod názvem Renokar s.r.o., kdy se specializovala na výrobu a renovaci kardanových hřídelí pro automobilový průmysl. Během roku 2005 vznikla samostatná společnost RENOKAR – CNC s.r.o., která se zaměřila na oblast obrábění, v tomtéž roce byla postavena nová moderní výrobní hala ve Stráži pod Ralskem o velikosti přibližně 5500 m² s dalším prostorem pro možné rozšíření. V současné situaci firmu tvoří přibližně 90 zaměstnanců. Společnost se specializuje na obrábění hliníkových tlakových odlitků, extrudovaných hliníkových profilů, ocelových výkovek a tyčoviny převážně pro automobilový průmysl. [18]

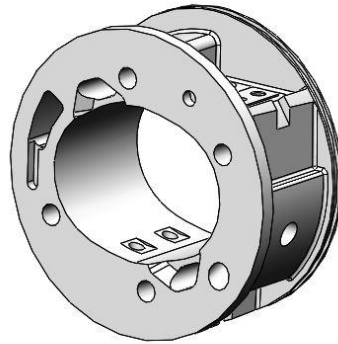


Obrázek 16 - Logo společnosti RENOKAR - CNC s.r.o. [18]

Výrobní hala disponuje více jak 56 vertikálními frézovacími centry, 17 soustružnickými centry, 3 soustružnickými centry s automatizovanými podavači tyčoviny a 9 nářezovými pilami. [18]

3.3 Popis výrobku

Jedná se o výrobek označovaný slovem „CYLINDER“. Je určen pro svaření konstrukce, která se následně montuje do kompresorových jednotek.

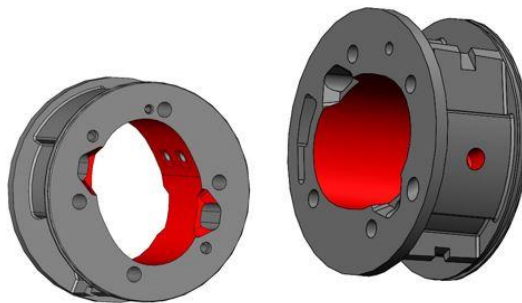


Obrázek 17 - 3D pohled na výrobek [18]

Na obrázku č. 17 je zachycen pohled na 3D model výrobku.

Označení obráběných ploch během jednotlivých výrobních operací:

- *1. výrobní operace*



Obrázek 18 - Barevné označení obráběných ploch při 1. výrobní operaci [vlastní]

Na obrázku č. 18 jsou červeně označené plochy na odlitku obráběné během první výrobní operace na stroji s označením F28.

➤ 2. výrobní operace



Obrázek 19 - Barevné označení obráběných ploch při 2. výrobní operaci [vlastní]

Při druhé výrobní operaci jsou obráběny červeně označené plochy na obrázku č. 19. Tyto označené plochy jsou obráběny na stroji s označením S6.

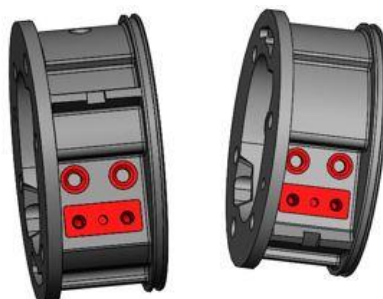
➤ 3. výrobní operace



Obrázek 20 - Barevné označení obráběných ploch při 3. výrobní operaci [vlastní]

Červeně označené plochy (vrtané otvory) jsou vyráběny na stroji s označením F29. Tento stroj je určen pro třetí operaci na výrobní lince.

➤ 4. výrobní operace

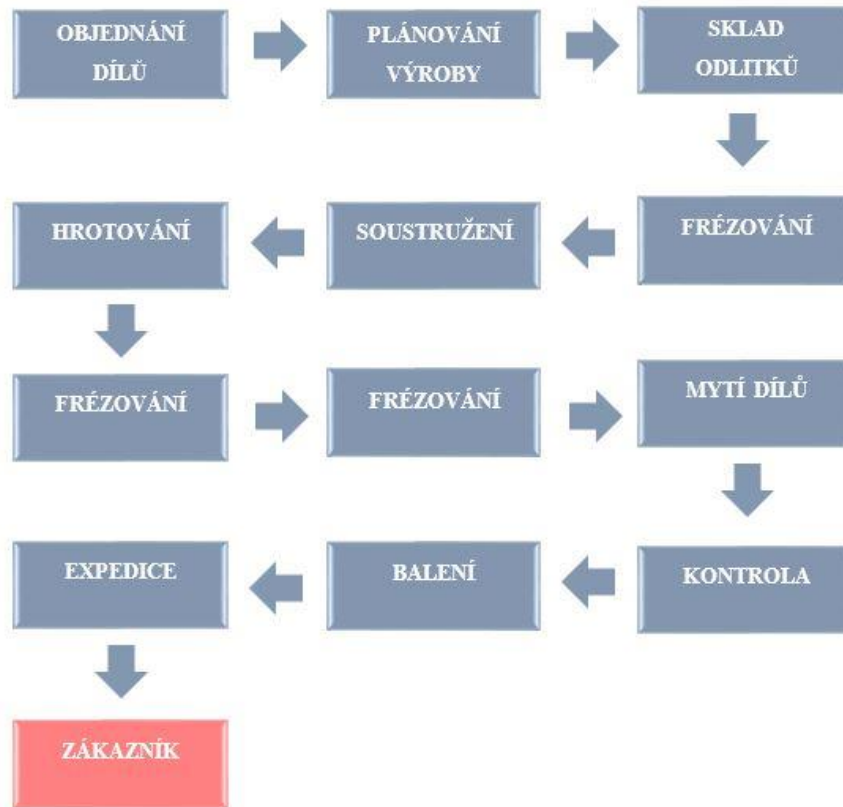


Obrázek 21 - Barevné označení obráběných ploch při 4. výrobní operaci [vlastní]

Během čtvrté výrobní operace jsou na stroji F30 obráběny červeně označené plochy na obrázku č. 21.

3.4 Analýza současného stavu pracoviště

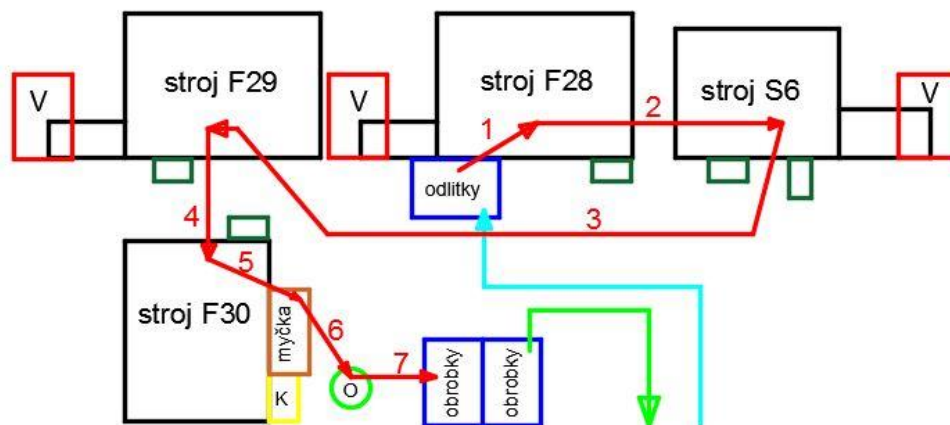
Linka na výrobu dílu s označením „CYLINDER“ se skládá ze dvou CNC strojů HYUNDAI WIA F500, dále z jednoho CNC stroje HYUNDAI WIA i-CUT420T a v poslední řadě jedním soustruhem HYUNDAI WIA SKT21. Dále je k dispozici myčka SUMMA, odstředivka, kontrolní stanoviště a vozíky pro převoz dílů.



Obrázek 22 - Schéma výrobního procesu [vlastní]

Obrázek č. 22 znázorňuje postup dílů v celém procesu výroby od dodání odlitků do společnosti po expedici dílů směrem k zákazníkovi.

Výrobní linku obsluhují dva pracovníci. První z pracovníků má v popisu práce obsluhu stroje s označením F28 a S6. Druhý z pracovníků obsluhuje stroje s označením F29 a F30. Dále má tento druhý pracovník v popisu práce obsluhu myčky SUMMA, odstředivky a později kontrolu balení dílů. Rozvržení výrobní linky s označením sledu operací můžeme vidět na obrázku č. 23. Zastavěná plocha znázorněné výrobní linky je 135 m².



Obrázek 23 - Layout výrobní linky [vlastní]

Na obrázku č. 23 můžeme vidět zakreslený současný layout výrobní linky. Šipky s číslicemi označují postupný směr pohybu výrobku během procesu. Červeně označené obdélníky s písmenem „V“ symbolizují vozíky pro zachycení třísek. Dále v layoutu můžeme vidět zakreslené kontrolní místo (žlutý čtverec s písmenem „K“) a odstředivku (zelený kruh s označením „O“). Směr přiváženého boxu s odlitky je značený modrou šipkou. Balené obrobky se odváží stejným směrem, ten je zakreslen pomocí zelené šipky. Červené šipky v obrázku č. 23 znázorňují postupný tok obráběných dílů (odlitků) ve výrobní lince. Číslice u šipek symbolizují, jakým směrem bude materiál postupovat.

Poloha umístění současné výrobní linky je znázorněna červeným obdélníkem v layoutu výrobní haly na obrázku č. 24, dále je na obrázku označena plocha pro optimalizovanou variantu linky oranžovým obdélníkem. Posledním zvýrazněným místem na obrázku je centrální sklad (modrá barva obdélníku), kde jsou umístěny nástroje pro výrobní stroje a náhradní konstrukční prvky pro přípravky.



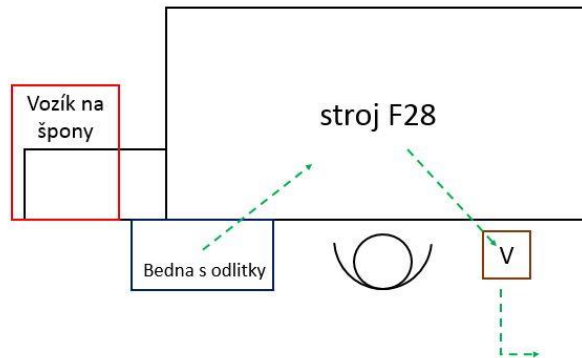
Obrázek 24 - Celkový pohled na layout výrobní haly společnosti [18]

3.4.1 Popis výrobního procesu

Výrobní proces u stávajícího rozvržení výrobní linky bude níže popsán s doplněním obrázků, které zachycují pohyby pracovníků během zakládání kusů do jednotlivých strojů. Zelená šipka v obrázcích zachycuje směr pohybu materiálu. Hnědě označený čtverec s písmenem „V“ slouží pro znázornění vozíku na přepravu kusů. Vozík je znázorněn na obrázku č. 25.



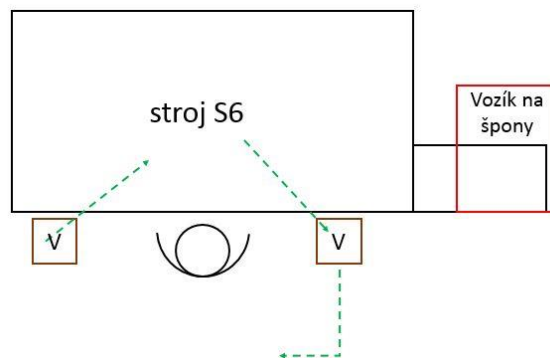
Obrázek 25 - Vozík pro přepravu kusů během výrobního procesu [vlastní]



Obrázek 26 - Grafické znázornění úkonů u stroje F28 [vlastní]

Jak je možné vidět na obrázku č. 26 výše, obrábění odlitků začíná u stroje F28. Obsluha stroje zakládá surové odlitky do stroje přímo z přivezeného boxu. Přípravek ve stroji je navržen pro obrábění 8 kusů a obsluha je schopna uchopit z boxu najednou pouze 2 kusy, tudíž je nucena se opakovaně otáčet.

Po uplynutí výrobního času stroje pracovník překládá obrobené kusy do vozíku a ten později přesouvá k druhé výrobní operaci. Zároveň po vyndání kusů musí založit nové kusy z boxu. Obrobky na vozíku jsou během každé přepravy uloženy volně na rozloženou textilní látku.

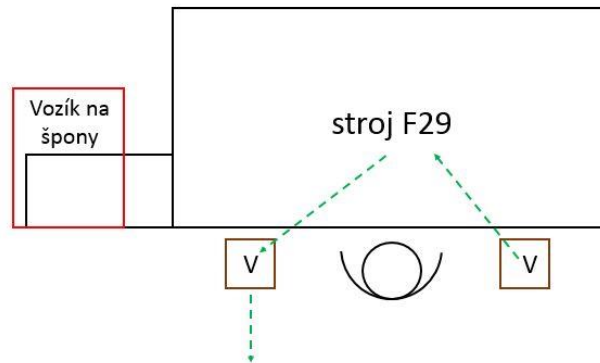


Obrázek 27 - Grafické znázornění úkonů u stroje S6 [vlastní]

Obsluha stroje F28 má v popisu práce také obsluhu stroje S6. Po přivezení vozíku s výrobní dávkou 8 kusů je postupně po jednom kusu zakládá do stroje a následně volně

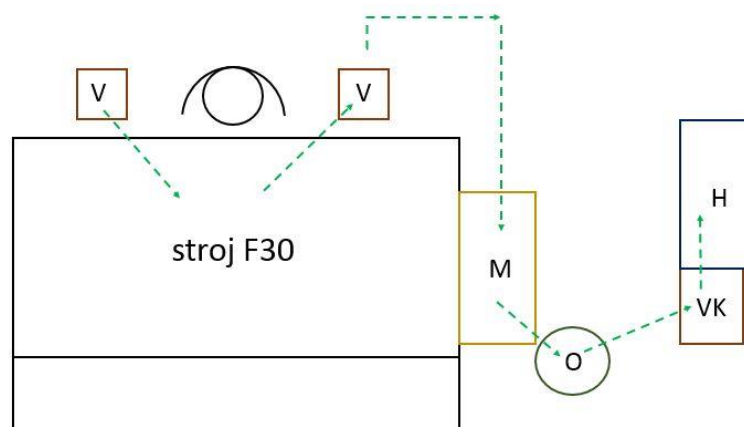
odkládá na připravený vozík k přepravě ke třetí operaci. Operátor této dvojice strojů zároveň zajišťuje stoprocentní kontrolu všech vyrobených kusů.

Přeprava k třetí operaci zahrnuje pro obsluhu strojů F28 a S6 převoz vozíku ke stroji číslo F29. Zde si další obsluha převezme vozík s výrobní dávkou a založí je postupně do stroje F29, následně předá prázdný vozík zpět. Tento vozík se umístí k prvnímu stroji, kde začíná výrobní proces.



Obrázek 28 - Grafické znázornění úkonů u stroje F29 [vlastní]

Obsluha u stroje F29 zakládá kusy do přípravku a následně již obrobene kusy založí na připravený prázdný vozík, ten bude přesunut později k dalšímu stroji. Zakládání obrobky do stroje musí být natočeny do patřičné výrobní polohy, operátor tedy musí dbát zvýšené pozornosti během ustanovení obrobků do přípravku ve stroji F29.



Obrázek 29 - Grafické znázornění úkonů u stroje F30 [vlastní]

Obsluha stroje F29 dále musí obstarat stroj F30, myčku (označení obdélníku písmenem „M“), odstředivku (kruh s písmenem „O“) a výstupní kontrolu celého výrobního procesu.

Po ukončení výrobního cyklu ve stroji F30 se kusy umístí na vozík a přesunou se k místu, kde se nachází myčka s odstředivkou a velkým vozíkem pro kontrolu hotových kusů (označena písmenem „VK“). Po stoprocentní kontrole se kusy balí do příslušného boxu (označen písmenem „H“), který je znázorněn na obrázku č. 30.



Obrázek 30 - Snímek balícího boxu [vlastní]

3.4.2 Snímek pracovního dne

Abychom mohli získat potřebná data pro odhalení ztráty času na pracovištích a identifikovat plýtvání, musíme provést měření pomocí snímku pracovního dne.

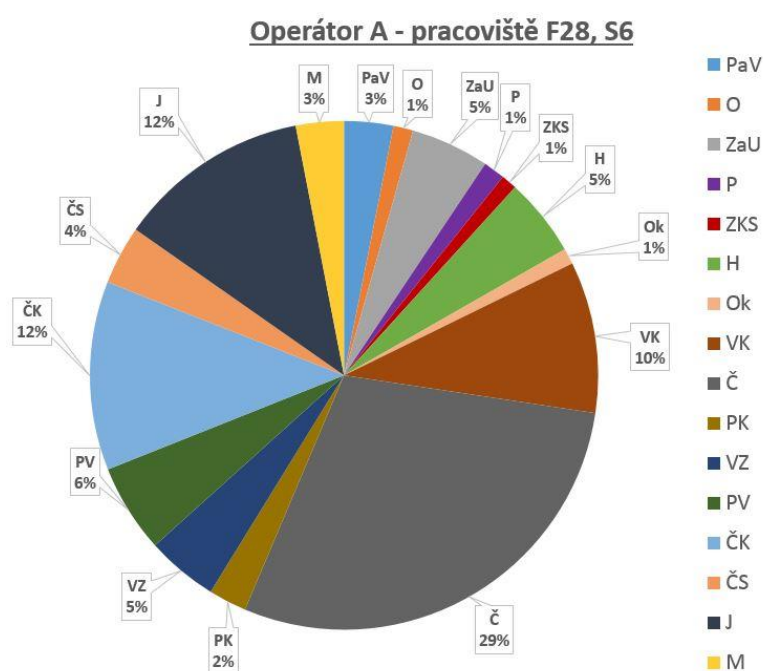
➤ Snímek pracovního dne pro pracoviště F28, S6:

- snímkování operátora probíhalo v rámci několikadenních směn v měsících leden a únor 2018, v tabulce č. 1 je uveden výsledek měření

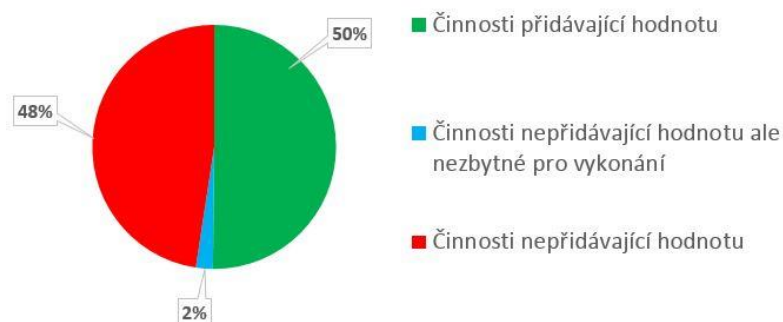
Tabulka 1 - Snímek pracovního dne operátora A (před optimalizací)

Symbol	Činnost	Délka trvání	%	Zařazení činnosti
PaV	Povolení a vyndání kusů z přípravku	0:15:00	3,1	
O	Ofoukání dosedacích a upevňovacích ploch přípravku	0:06:00	1,3	
ZaU	Založení a utahení dílů pro výrobní operaci	0:24:00	5,0	
P	Přecházení	0:06:36	1,4	
ZKS	Založení prvního dílu do soustruhu S6	0:04:48	1,0	
H	Hrotování vyrobených dílů (ruční sražení hran)	0:24:00	5,0	
Ok	Natočení dílů do výrobní pozice	0:04:48	1,0	
VK	Výměna kusů v soustruhu S6	0:46:12	9,6	
Č	Čekání (prostoje u výrobního taktu stroje S6)	2:19:12	29,0	
PK	Vyndání posledního kusu výrobní dávky a kontrola všech kusů	0:11:37	2,4	
VZ	Převezení vozíku s paletkou ke stroji F29	0:21:50	4,6	
PV	Převzetí volného vozíku s paletkou od stroje F29	0:27:00	5,6	
ČK	Čekání (příprava surových odlitků ke stroji F28)	0:57:36	12,0	
ČS	Čištění stroje (okolí čerpadel, oplach vnitřních prostor stroje, puštění dopravníku)	0:17:57	3,7	
J	Přestávka (povinná, oběd)	0:58:45	12,2	
M	Kontrolní měření kusů	0:14:39	3,1	

Pro přehlednější znázornění snímku pracovního dne je tabulka zpracována do podoby koláčového grafu.



Graf 1 - Grafické znázornění snímku pracovního dne operátora A před optimalizací



Graf 2 - Procentuální vyjádření činností VA, BNVA, NVA (před optimalizací)

V grafu č. 2 je možno vidět, že operátor věnuje pozornost činnosti přídávající hodnotu 50 % ze své pracovní doby, dalších 48 % operátor stráví naopak činnostmi nepřídávajícími hodnotu. Zbylá modře označená 2 % označují činnosti BNVA kam jsou zařazeny činnosti, které musíme vykonat pro správné vyrobení kusů. Z grafu č. 1 nám vyplývá, že operátor stráví přibližně 10 % pracovní směny pouze převážením vozíku s obrobky. Další výrazný procentuální podíl zastává čekání (ČK). Tato činnost probíhá při výrobě posledního obrobku ve stroji S6, obsluha využívá čas k přípravě surových odliček pro jejich založení do stroje F28.

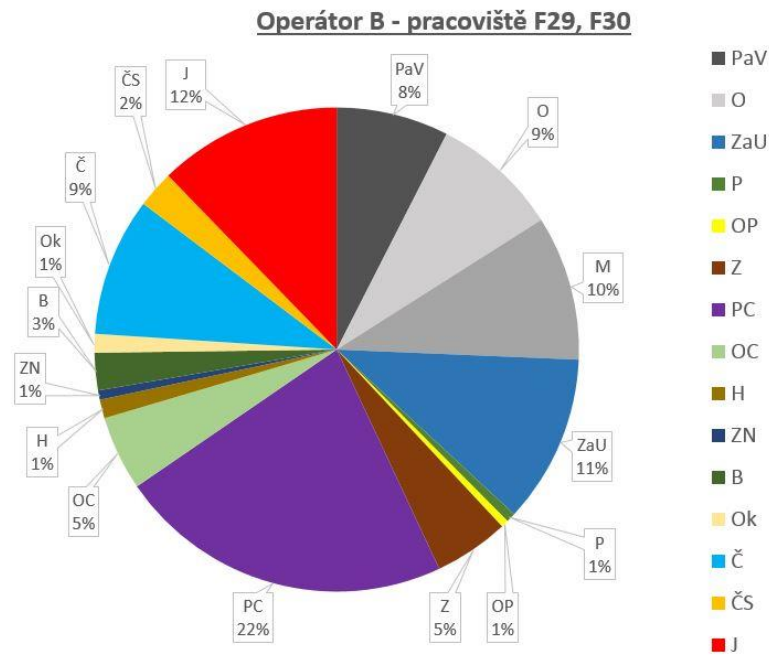
➤ **Snímek pracovního dne pro pracoviště F29, F30:**

- snímkování operátora probíhalo v rámci několikadenních směn v měsících leden a únor 2018, v tabulce č. 2 je uveden výsledek měření

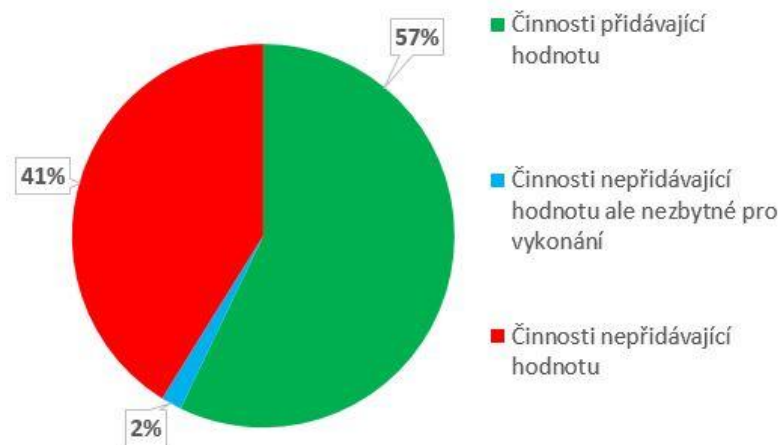
Tabulka 2 - Snímek pracovního dne operátora B (před optimalizací)

Symbol	Činnost	Délka trvání	%	Zařazení činnosti
PaV	Povolení a vyndání kusů z přípravku	0:36:00	7,5	
O	Ofoukání dosedacích a upevňovacích ploch přípravku + ofoukání dílů	0:40:48	8,5	
ZaU	Založení a utažení dílů pro výrobní operaci + spuštění stroje	0:54:00	11,3	
P	Přechod k druhému stroji	0:03:00	0,6	
OP	Hydraulické otočení přípravku o 180°	0:02:24	0,5	
Z	Založení dílů do pračky nebo odstředivky	0:24:00	5,0	
PC	Výrobní cyklus pračky	1:47:29	22,4	
OC	Výrobní cyklus odstředivky	0:23:55	5,0	
H	Hrotování vyrobených dílů (ruční sražení hran)	0:06:00	1,3	
ZN	Barevné značení dílů (označení že díl byl kontrolován)	0:03:00	0,6	
B	Balení dílů do příslušných boxů	0:12:00	2,5	
Ok	Otočení kusů do požadované výrobní polohy	0:06:00	1,3	
Č	Čekání (na díly od strojů F28, S6)	0:44:24	9,3	
ČS	Čištění stroje (okolí čerpadel, oplach vnitřních prostor stroje, puštění dopravníku)	0:11:51	2,5	
J	Přestávka (povinná, oběd)	0:58:45	12,2	
M	Kontrolní měření kusů (zahrnuje dovezení kusů na 3D měření)	0:46:23	9,7	

Pro přehlednější znázornění snímku pracovního dne je tabulka zpracována do podoby koláčového grafu.



Graf 3 - Grafické znázornění snímku pracovního dne operátora B před optimalizací

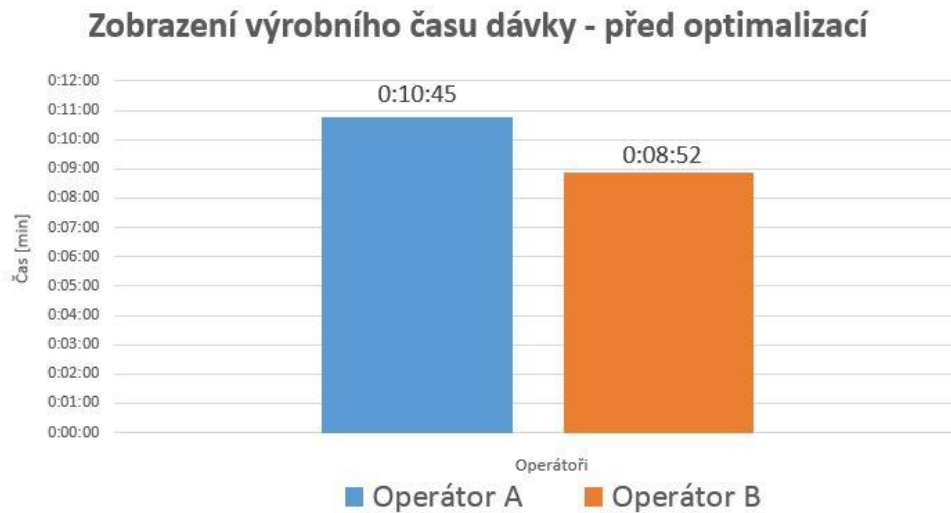


Graf 4 - Procentuální vyjádření činností VA, BNVA, NVA (před optimalizací)

Operátor B na pracovišti F29, F30 věnuje ze své pracovní doby 57 % činnostem přidávajícím hodnotu, dále 41 % zastávají činnosti NVA a zbylá 2 % jsou činnosti BNVA. Ve zdejším grafu č. 4 oproti grafu č. 2 je činnost označovaná „O“ zařazena do kategorie VA. Činnost spočívá jednak v očištění dosedacích ploch na přípravků, ale je zde zahrnuto také vzduchové čištění celého vyrobeného kusu při balení. Z tabulky č. 2 a grafu č. 3 vyplývá, že největší procentuální podíl nám zastává výrobní cyklus pračky (PC) spolu se založením a utažením dílů (ZaU). Obsluha stráví přibližně 9 % pracovní doby čekáním na dovezení obrobků z pracoviště F28, S6. Dále kvůli dopravě obrobků na 3D měření stráví necelých 10 % z pracovní doby mimo pracoviště.

3.4.3 Grafické znázornění rozdílu výrobních časů před optimalizací

V této kapitole bude zobrazen a následně vysvětlen graf, který zobrazuje časový rozdíl výrobních časů jedné dávky (8 ks) na výrobní lince před optimalizací.



Graf 5 - Zobrazení časového rozdílu výrobního času operátorů

Na grafu č. 5 jsou zobrazeny jednotlivé výrobní časy u operátorů A a B. Operátor A obsluhuje dvojici strojů s označením F28, S6 a operátor B obsluhuje stroje F29, F30. K této dvojici strojů (F29, F30) ještě navíc obstarává myčku, odstředivku a balení dílů. Operátor B je tedy závislý na dodávání dílů od obsluhy strojů F28, S6. Jak můžeme vidět v grafu č. 5, rozdíl mezi časy je 0:01:53. Pokud si operátor B u stroje F29 vyjmul obrobené kusy z přípravku a připravil vše pro založení nových kusů, stále mu zbývá čas 65s kdy je nucen čekat na dovezení kusů od operátora A. V tomto okamžiku dochází ke zdržení výroby a vznikají prostoje (plýtvání).

3.4.4 Analýza ušlé vzdálenosti operátorů linky před optimalizací

Níže uvedena tabulka zobrazuje nutnou vzdálenost, jenž musí operátor zvládnout během daného výrobního cyklu.

Tabulka 3 - Vzdálenosti operátorů ve výrobní lince

Činnost	Vzdálenost [m]
operátor A	
Přesunutí vozíku od stroje F28 k S6	3
Přesunutí vozíku od stroje S6 k F29	8
Vrácení prázdného vozíku od stroje F29 k F28	2
Celková vzdálenost za 1 výrobní cyklus	13
operátor B	
Přesunutí paletky od stroje F29 ke stroji F30	0,5
Přemístění paletky od stroje F30 k myčce dílů	2,5
Umístění dílů z myčky do odstředivky	0,5
Založení dílů do balicího boxu z odstředivky	1,5
Přechod ke stroji F29 od balicího boxu	2,5
Celková vzdálenost za 1 výrobní cyklus	7,5

Jak je možné vidět při pohledu na tabulku č. 3 výše, tak operátor A urazí během výrobního cyklu větší vzdálenost než operátor B. Tato vzdálenost je ovlivněna nevhodným uspořádáním výrobní linky a velkou vzdáleností při přesunu vozíku od stroje S6 ke stroji F29.

3.4.5 Rozbor nalezených bodů pro optimalizaci a jejich řešení

Konstrukční úprava přípravků (zavedení metody Poka – Yoke)

V procesu během zakládání dílů do přípravků u každé výrobní operace docházelo často ke špatnému ustavení obrobků. Nebyla zajištěna jediná správná možnost, jak umístit obrobek pro určenou výrobní operaci. S tím souviselo prodloužení času určeného pro upnutí obrobků.

Návrh:

Konstrukční úprava přípravku společně se zavedením metody Poka – Yoke. Metoda nám vymezí pouze jedinou správnou možnost umístění obrobků do přípravku. Tato optimalizace je určena pro přípravky ve strojích F29 (metoda zvolena na orientaci pomocí otvoru vyráběného na stroji F28) a F30 (orientace zajištěna dle vrtaného otvoru na stroji F29).

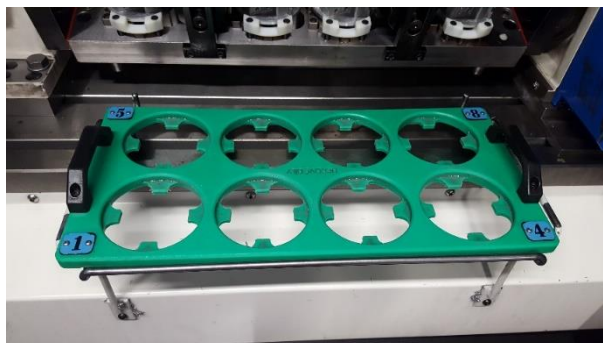
Dlouhé zakládání obráběných kusů do přípravků

Během pozorování a seznamování se s výrobním procesem na lince bylo zjištěno, že operátor během zakládání dílů do přípravku neprovádí tuto činnost efektivně a ergonomicky správně. Obsluha strojů je schopna uchopit najednou pouze 2ks a tento úkon je nucena 4x opakovat, aby umístila do přípravku celou výrobní dávku. S touto špatnou ergonomií práce je spojené také prodloužení času pro upnutí dílů – dochází k plýtvání.

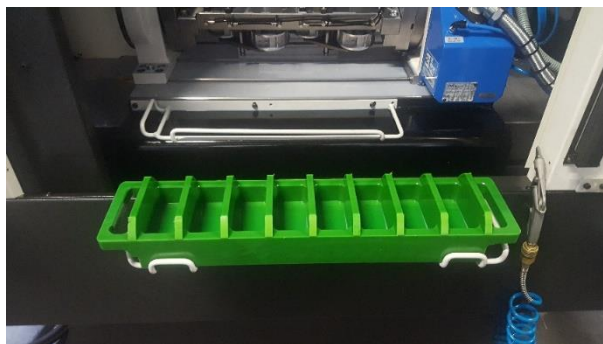
Návrh:

Pro zlepšení ergonomie práce a zefektivnění procesu upínání dílů byly navrženy paletky společně s držáky, které umožní obsluze rychlejší proces. Byly navrženy dvě varianty těchto paletek. První varianta sloužila pro přepravu kusů během celého výrobního procesu a rychlejší založení kusů do strojů. Druhá varianta byla určena pouze pro přenášení dílů od posledního stroje k myčce.

Zmiňovaná první varianta paletky je zobrazena na obrázku č. 31. Druhou variantu zachycuje obrázek č. 32.



Obrázek 31 - První varianta navržené paletky pro přepravu dílů [vlastní]



Obrázek 32 - Druhá varianta navržené paletky pro přepravu dílů [vlastní]

Čekání operátora B na dopravu kusů z předešlé výrobní operace

Tato problematika je graficky znázorněna na grafu č. 5 v kapitole 4.3.3. Během pozorování bylo zjištěno, že u stroje F29 není vytvořena zásoba výrobní dávky a dochází k jeho zdržení během výroby. Operátor B je nucen čekat na výrobní dávku, bez níž nemůže dále vyrábět a dochází zde k plýtvání.

Návrh:

Aby nedocházelo k výše zmiňovanému zdržení operátora B, bylo nutno zavést pravidlo vyrobené dávky předem. Toto pravidlo spočívalo k vyrobení jedné výrobní dávky, která byla umístěna na stolek s paletkou a postavena ke stroji F29. Tak došlo k odstranění čekání operátora. Společně se zavedením takového pravidla bylo nutno zvýšit počet vozíků na pracovišti.

Oprava poškozených přípravků ve výrobních strojích

Pokud v průběhu pracovní směny došlo k poškození přípravku ve strojích vlivem kolize nebo se upínací části povolily, bylo nutné provést okamžité opravení. Tuto opravu provádí vždy vedoucí pracovník směny. V případě, že se jednalo o lehčí variantu opravy, byl vedoucí pracovník nucen vyhodnotit rozsah vzniklých škod (jaké části je nucen vyměnit). Tyto části vyhledal v centrálním skladu společně s potřebným nářadím, poté se vrátil na výrobní linku a přípravek opravil. Během tohoto úkonu byla celá výrobní linka zastavena.

Návrh:

Aby bylo docíleno zkrácení času opravy přípravku, byl technolog zodpovídající za tento projekt pověřen vyhodnocením, jak velký rozsah poškození může směnový vedoucí opravovat. Společně s tím byl navržen odkládací prostor pro potřebné nářadí k opravě a s tím související díly k výměně. Tento odkládací prostor se umístí na každý výrobní stroj v lince. Odkládací prostor je zobrazen na obrázku č. 33 níže.



Obrázek 33 - Navržený odkládací prostor pro opravu přípravku [vlastní]

Výměna opotřebených nebo zničených nástrojů

Během výrobního procesu obrábění dochází k opotřebení břitových destiček. V důsledku jejich opotřebení se horší kvalita obrobene plochy a také se nedosahuje požadovaných rozměrů obrobků. Proto je nutné nástroje vyměnit. Pokud tato situace nastala na jakémkoli výrobním stroji v lince, byla celá linka zastavena a přivolán vedoucí pracovník směny. Ten odhalil, o jaký nástroj se jedná a musel jej vyhledat v centrálním skladu. Poté byl nástroj vyměněn a provedeno nezbytné nastavení ve stroji.

Návrh:

Ve stávající podobě výměny dochází k plýtvání (prostoje a čekání). Proto se vypracoval návrh společně s technologem zodpovědným za výrobní linku, jak přiblížit potřebné nástroje pro celou linku. Byl navržen úložný prostor na každý stroj, kam se umístily všechny nástroje potřebné pro výrobu na daném stroji. Dále s tím se označil na stroji prostor, kam vedoucí pracovník v případě výměny nástrojů odkládal nástroje vyjmuté ze stroje. Takto navržený prostor je znázorněn na obrázku č. 34.



Obrázek 34 - Navržený prostor pro umístění náhradních nástrojů [vlastní]

Snížení časového rozsahu cyklu mytí dílů

Během seznamování se s výrobním procesem na lince a pozdějším vyhodnocením získaných dat, která jsou zobrazena v tabulce č. 2, můžeme vidět, jak velké procentuální zastoupení má proces mytí dílů (22 % z pracovní směny).

Návrh:

Abychom dosáhli optimalizace celého procesu na výrobní lince s cílem zvýšit počet vyrobených kusů, je nutné optimalizovat veškeré činnosti a odstranit plýtvání. Proto byl vznesen dotaz směrem k technologům na snížení délky pracovního cyklu u myčky. Snížení času bylo podmíněno podmínkou, aby nebyla ovlivněna kvalita umytých dílů. Současná délka cyklu činila 180 s a její snížení bylo schváleno na polovinu, tedy na 90 s.

Snížení časového rozsahu cyklu odstředivky

Po pracím cyklu myčky jsou díly ihned přemísťovány do odstředivky. Zde v průběhu procesu je z dílů odstraňována voda vlivem odstředivé síly. Po ukončení cyklu v odstředivce se díly ofoukávají a balí do příslušného expedičního boxu.

Návrh:

S ohledem na optimalizaci celého procesu na výrobní lince, byl snížen čas odstředivky z původních 40 s na pouhých 10 s. Důvodem bylo snížit časový rozsah procesu a díly se poté dále ručně ofoukávají a kontrolují.

3.5 Návrh optimalizace pracoviště

V této kapitole budou představeny dvě varianty pro optimalizaci výrobní linky. Tyto varianty byly představeny a prezentovány před vedoucími pracovníky jednotlivých úseků (logistika, údržba, technologie) a vedením společnosti. Byly představeny silné a slabé stránky každého uspořádání, dále volba vhodného uspořádání s následným odůvodněním této volby.

Společnost pro optimalizované uspořádání výrobní linky vymezila nový prostor o rozloze 90 m². K nové výrobní lince byly objednány tyto níže zobrazené stroje:

➤ 2x HYUNDAI WIA CNC vertikální centrum F500



- Rozměry stroje:

➤ Šířka: 2060 mm

➤ Délka: 3890 mm

- Rozměry oblastí okolo stroje:

➤ Pracovní prostor před strojem: 600 mm

➤ Prostor pro údržbu okolo stroje: 800 mm

Obrázek 35 - Vertikální CNC centrum F500 [19]

Na obrázku č. 35 je zobrazený stroj s jeho důležitými parametry. Jedná se o tříosý stroj s externě přidanou čtvrtou osou v podobě dělicího zařízení.

➤ **1x HYUNDAI WIA CNC vertikální centrum i-CUT420T**



- **Rozměry stroje:**

- Šířka: 2575 mm
- Délka: 2060 mm

- **Rozměry oblastí okolo stroje:**

- Pracovní prostor před strojem: 600 mm
- Prostor pro údržbu okolo stroje: 800 mm

Obrázek 36 - Vertikální CNC centrum i-CUT420T [19]

Další určený stroj pro výrobní linku s jeho důležitými parametry zachycuje obrázek č. 36. Jedná se také o tříosý stroj s externě přidanou čtvrtou osou pomocí dělicího zařízení.

➤ **1x HYUNDAI WIA CNC soustruh L230A**



- **Rozměry stroje:**

- Šířka: 2785 mm
- Délka: 3630 mm

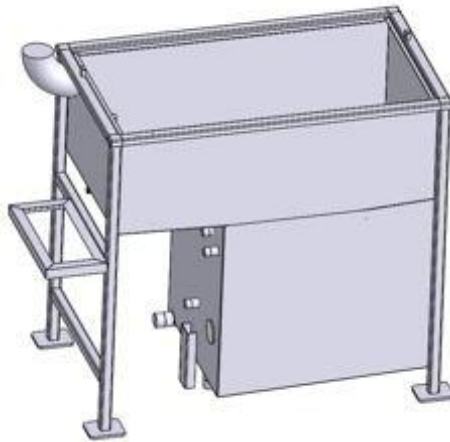
- **Rozměry oblastí okolo stroje:**

- Pracovní prostor před strojem: 600 mm
- Prostor pro údržbu okolo stroje: 800 mm

Obrázek 37 - Soustruh CNC L230A [19]

Poslední určený stroj s jeho parametry pro výrobní linku je na obrázku č. 37. Jedná se o dvouosý stroj.

➤ **1x SUMMA myčka**



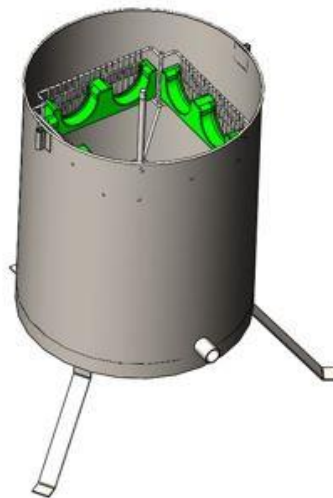
- **Rozměry:**

- Šířka: 570 mm
- Délka: 1220 mm

Obrázek 38 - 3D model myčky [18]

Na obrázku č. 38 je zachycen 3D model myčky určený pro mytí obrobených dílů určených k expedici. Vyobrazenou myčku dodává společnost SUMMA.

➤ **1x Odstředivka**



- **Rozměry stroje:**

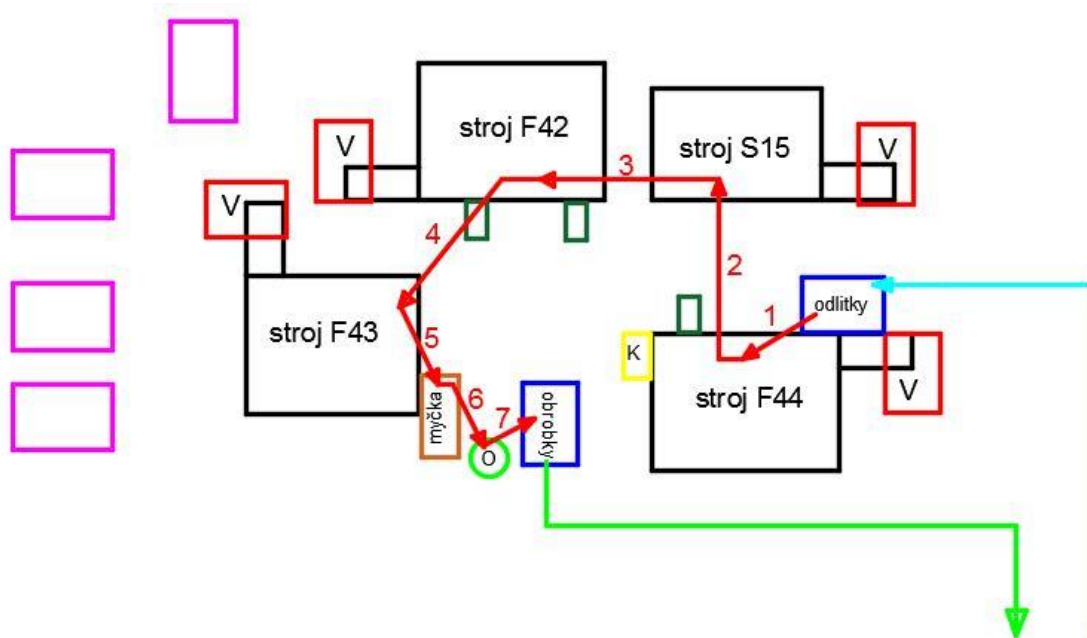
- Průměr: 555 mm

Obrázek 39 - 3D model odstředivky [18]

Obrázek č. 39 nám zobrazuje 3D model odstředivky, která slouží k vysušení dílů z myčky. Odstředivka se kompletuje pomocí nakoupených dílů a vyrobených komponentů ve společnosti.

3.5.1 První varianta nového uspořádání pracoviště

V této kapitole bude představena první varianta navrženého uspořádání pro výrobní linku.



Obrázek 40 - První varianta nového uspořádání výrobní linky [vlastní]

Rozmístění výrobních strojů, které je možné vidět na obrázku č. 40, bylo voleno s ohledem na dodržení zásad při navrhování materiálových toků. Fialové obdélníky znázorňují umístění kompresorů ve výrobní hale. Zelená šipka na obrázku č. 40 zachycuje směr odvážení boxu s obrobky. Světle modrá šipka naopak zachycuje směr, odkud se dováží odlitky ze skladu. Červené šipky s číslicemi označují směr toku materiálu navrženou výrobní linkou. Stroj s označením F43 je umístěn na poslední operaci z konstrukčních důvodů (jedná se o stroj, který má nejvyšší otáčky a dosahuje nejvyšších otáček, což je výhodné s ohledem na dodržení výrobního postupu výrobku). Orientace strojů S15, F42 a F44 není možná měnit, hlavním důvodem je omezení stanovenou plochou pro nové uspořádání výrobní linky. Níže budou uvedeny body s výhodami a nevýhodami zobrazeného uspořádání výrobních strojů.

Výhody:

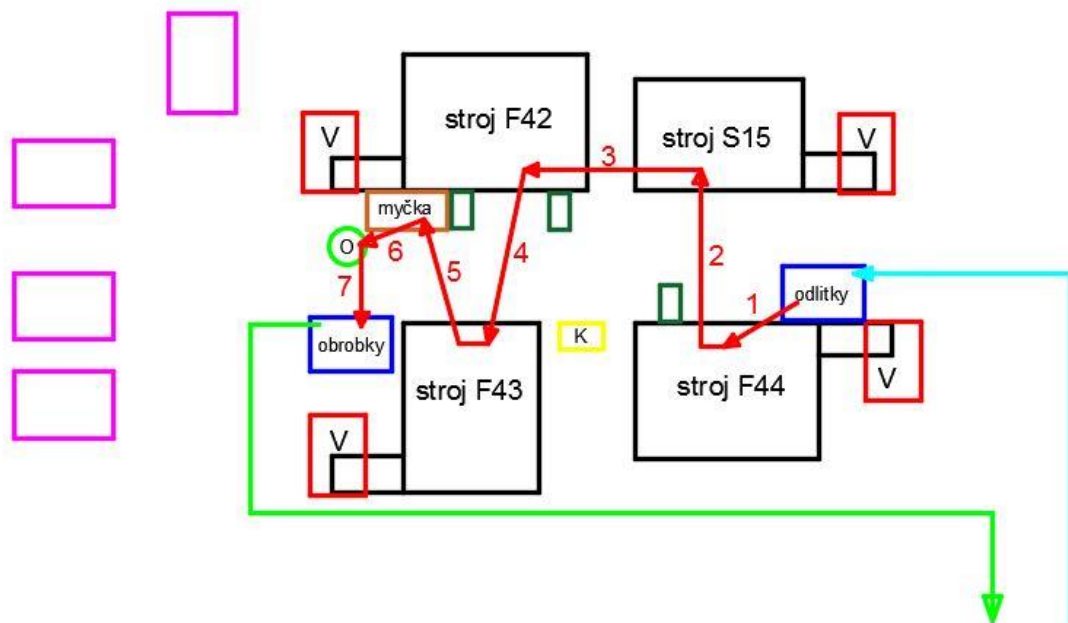
- Tok materiálu (nedochází ke křížení, je přímý, bez zpětných pohybů)
- Obsluha u dvojice strojů F44, S15 může vypomoci při balení kusů bez narušení pracovního prostoru u dvojice strojů F42, F43

Nevýhody:

- Velká zastavěná plocha (108 m²)
- Narušení prostoru u kompresorů (nutnost přemístit kompresory v rámci výrobní haly na jiné místo)
- Horší dostupnost při výměně vozíku na třískové hospodářství

3.5.2 Druhá varianta nového uspořádání pracoviště

V této kapitole bude představena druhá varianta navrženého uspořádání pro výrobní linku.



Obrázek 41 - Druhá varianta nového uspořádání výrobní linky [vlastní]

Rozmístění výrobních strojů, které je možné vidět na obrázku č. 41, bylo voleno s ohledem na co nejmenší zastavěnou plochu výrobní linkou. Orientace všech výrobních strojů není možná měnit. Fialové obdélníky znázorňují umístění kompresorů ve výrobní hale. Zelená šipka na obrázku č. 41 zachycuje směr odvážení boxu s obrobky. Světle modrá šipka naopak zachycuje směr, odkud se dováží odlitky ze skladu. Červené šipky s číslicemi označují směr toku materiálu navrženou výrobní linkou. Stroj s označením F43 je umístěn na poslední operaci z konstrukčních důvodů (jedná se o stroj, který má nejvýkonnější vřeteno a dosahuje nejvyšších otáček, což je výhodné s ohledem na dodržení výrobního postupu výrobku). Níže budou uvedeny body s výhodami a nevýhodami zobrazeného uspořádání výrobních strojů.

Výhody:

- Zastavěná plocha (90 m²)
- Není narušen prostor určený okolo kompresorů a nemusí dojít k jejich přemístování
- Lepší přístup k čištění strojů, které je prováděno pomocí čistícího stroje

Nevýhody:

- Tok materiálu (není přímý)
- Možnost znečištění balených dílů v boxu pomocí špon
- Pokud obsluha od dvojice F44, S15 bude docházet k výpomoci během balení dílů, tak narušuje pracovní prostor obsluze u dvojice F42, F43

3.5.3 Volba vhodné varianty rozmístění strojů

Výše uvedené návrhy zobrazení optimalizované varianty linky (kapitola 3.5.1 a 3.5.2) byly prezentovány před vedením společnosti společně s vedoucími pracovníky jednotlivých úseků. Součástí prezentace bylo představení naměřených dat během pozorování linky před optimalizací. Dále byly zmíněny nalezené body pro optimalizaci a navrženo jejich eliminování. Na konci prezentace byla navržena z mého pohledu vhodnější varianta (uspořádání z kapitoly 3.5.1) s odůvodněním lepšího toku materiálu a ve které si obsluha nebude případně překážet při balení kusů. Hlavní nevýhodou tohoto uspořádání společně s větším zástavbovým prostorem bylo narušení prostoru pro kompresory. Bylo by nutné přesunout kompresory do vhodnějšího prostoru v rámci výrobní haly.

Vedení společnosti s ohledem na příliš nákladné přemístění kompresorů tento návrh označilo za nevhodný a upřednostnilo variantu z kapitoly 3.5.2. U této varianty nedochází k narušení prostoru určeného pro kompresorovny, dále zastavěná plocha je menší přibližně o 18 m².

3.5.4 Analýza ušlé vzdálenosti operátorů linky po optimalizaci

Níže uvedená tabulka č. 4 zobrazuje nutnou vzdálenost, jenž musí operátor zvládnout během daného výrobního cyklu.

Tabulka 4 - Vzdálenosti operátorů ve výrobní lince po optimalizaci

Činnost	Vzdálenost [m]
operátor A	
Přesunutí vozíku od stroje F44 k S15	1,5
Přesunutí vozíku od stroje S15 k F42	4,5
Vrácení prázdného vozíku od stroje F42 k F44	4
Celková vzdálenost za 1 výrobní cyklus	10
operátor B	
Přesunutí paletky od stroje F42 ke stroji F43	1,5
Přemístění paletky od stroje F43 k myčce dílů	1
Umístění dílů z myčky do odstředivky	0,5
Založení dílů do balícího boxu z odstředivky	0,5
Přechod ke stroji F42 od balícího boxu	1,5
Celková vzdálenost za 1 výrobní cyklus	5

Zobrazená tabulka č. 4 ukazuje, jakou vzdálenost každý operátor urazí během výrobního cyklu. Celkové vzdálenosti jsou s porovnáním tabulky č. 3 nižší. Ke snížení celkové vzdálenosti během výrobního cyklu přispělo vhodnější uspořádání výrobní linky.

3.5.5 Snímek pracovního dne linky po optimalizaci

Po sestavení optimalizované výrobní linky a uvedení této linky do provozu byl pořízen snímek pracovního dne. Tento snímek posloužil pro porovnání linky před a po provedení optimalizace.

➤ Snímek pracovního dne pro pracoviště F44, S15:

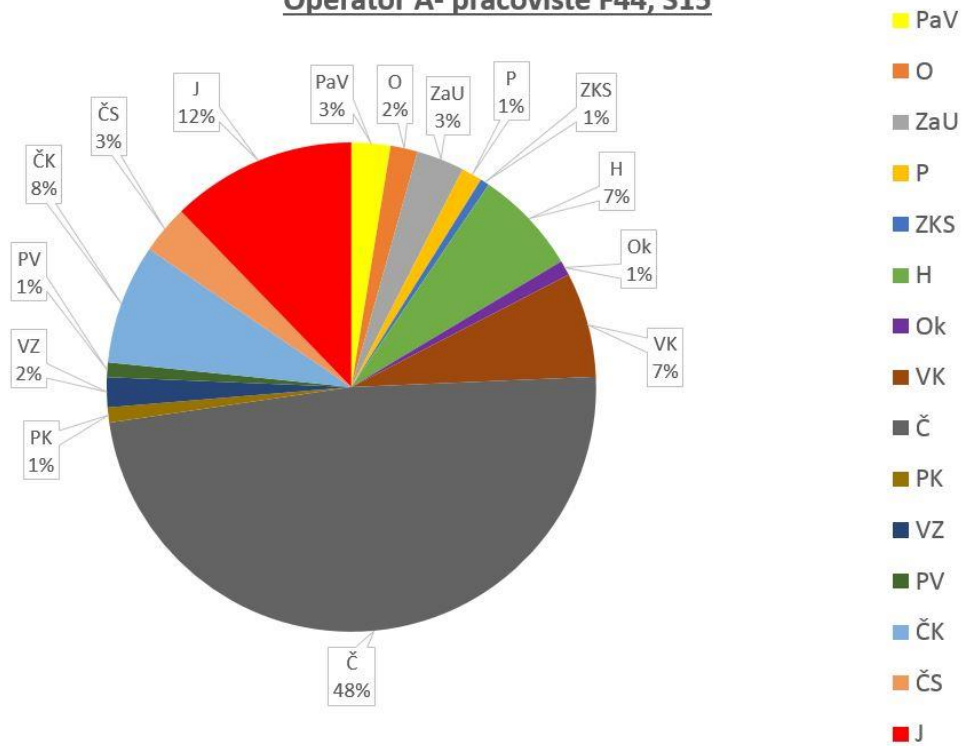
- snímkování operátora probíhalo v rámci několikadenních směn v měsících červen a červenec 2018, v tabulce č. 3 je uveden výsledek měření

Tabulka 5 - Snímek pracovního dne operátora A (po optimalizaci)

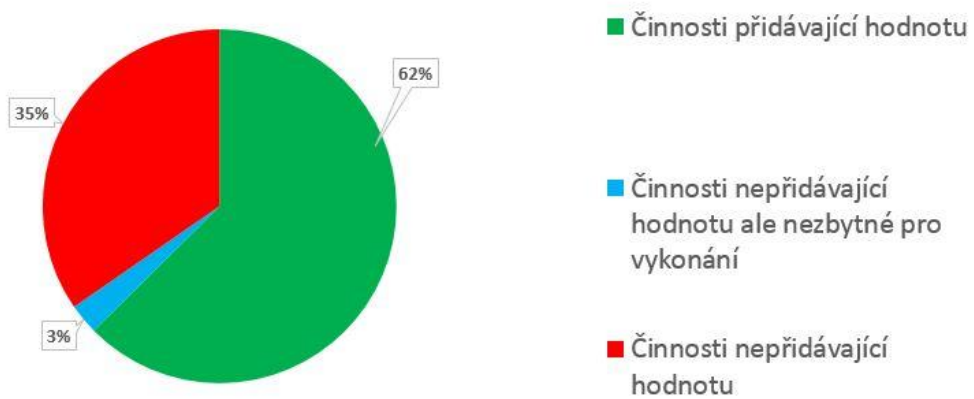
Symbol	Činnost	Délka trvání	%	Zařazení činnosti
PaV	Povolení a vyndání kusů z přípravku	0:12:21	2,6	
O	Ofoukání dosedacích a upevňovacích ploch přípravku	0:08:33	1,8	
ZaU	Založení a utažení dílů pro výrobní operaci	0:15:12	3,2	
P	Přecházení	0:06:34	1,4	
ZKS	Založení prvního dílu do soustruhu S15	0:02:51	0,6	
H	Hrotování vyrobených dílů (ruční sražení hran)	0:33:15	6,9	
Ok	Natočení dílů do výrobní pozice	0:04:45	1,0	
VK	Výměna kusů v soustruhu S15	0:33:15	6,9	
Č	Čekání (prostoj u výrobního taktu stroje S15)	3:52:05	48,4	
PK	Vyndání posledního kusu výrobní dávky	0:04:45	1,0	
VZ	Převezení vozíku s paletkou ke stroji F42	0:09:30	2,0	
PV	Převzetí volného vozíku s paletkou od stroje F42	0:04:40	1,0	
ČK	Čekání (příprava surových odlitků ke stroji F44)	0:38:00	7,9	
ČS	Čištění stroje (okolí čerpadel, oplach vnitřních prostor stroje, puštění dopravníku)	0:15:29	3,2	
J	Přestávka (povinná, oběd)	0:58:45	12,2	

Pro přehlednější znázornění snímku pracovního dne je tabulka č. 3 zpracována do formy koláčového grafu.

Operátor A- pracoviště F44, S15



Graf 6 - Grafické znázornění snímku pracovního dne operátora A po optimalizaci



Graf 7 - Procentuální vyjádření činností VA, BNVA, NVA po optimalizaci

Jak je možné vidět na grafu č. 7, operátor A stráví 62 % ze směny konáním činností VA. Tento procentuální podíl je vyšší, než tomu bylo u grafu č. 2, který zobrazuje činnosti operátora před optimalizací. Dále na grafu č. 6 je patrné, že obsluha stráví téměř polovinu směny (konkrétně 48 %) u taktu stroje S15. Tento výrobní takt je krátký, a proto obsluha stráví tento čas (prostoje) kontrolou vyrobených kusů. Dále při porovnání se získanými hodnotami, které jsou viditelné z grafů č. 6 a č. 1 nebo z tabulek 5 a 1, je možné vidět, že došlo k procentuálnímu snížení u činností „PV“ a „VZ“. Konkrétně u činnosti „VZ“ (převezení vozíku s paletkou) došlo ke snížení ze 4,6 % na 2 %, to zejména díky novému uspořádání výrobní linky. U činnosti „PV“ (převzetí volného vozíku) došlo ke snížení z původních 5,6 % na 1 %, toto snížení bylo zajištěno díky zavedení pravidla předem vyrobených kusů u stroje F42 (popsáno v kapitole 4.3.5). Dalším aspektem, který dopomohl ke snížení podílu činností NVA (současný podíl 35 % z pracovní směny), byla činnost „ČK“ (příprava surových odlitků ke stroji F44). Snížení procent této činnosti bylo docíleno díky novému uspořádání výrobní linky a tím snížení vzdálenosti mezi stroji. Zbylé modře označené činnosti v grafu (podíl 3 %) obsahují činnosti „O“ a „Ok“. Podíl těchto činností vzrostl z původních 2 % na 3 % díky vyššímu množství vyrobených kusů.

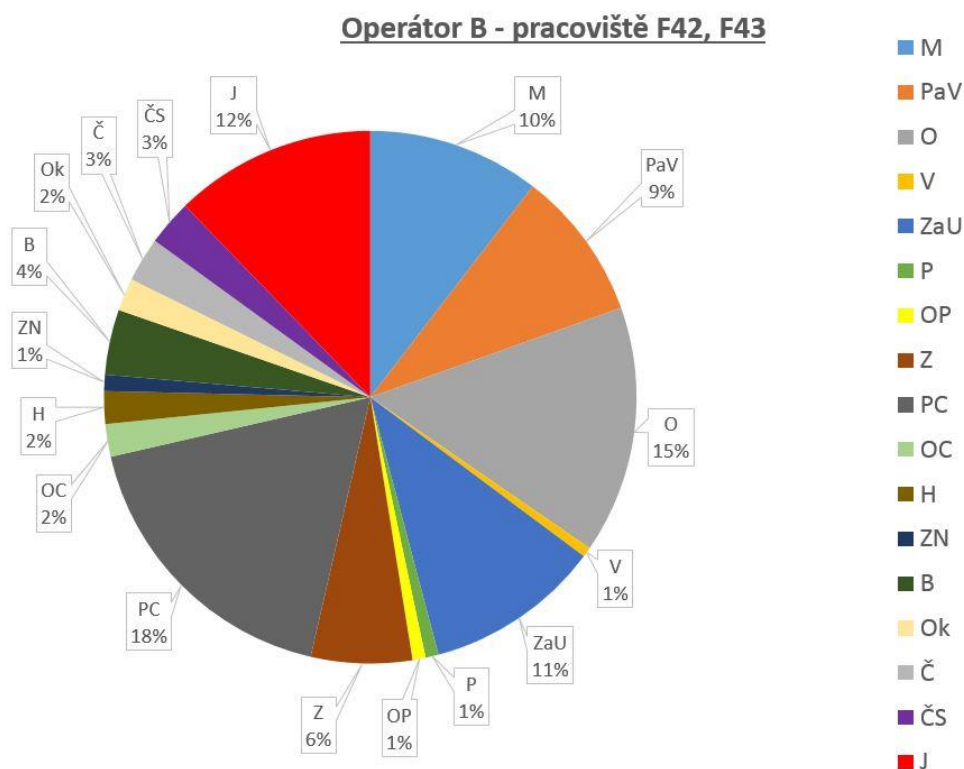
➤ **Snímek pracovního dne pro pracoviště F42, F43:**

- Snímkování operátora probíhalo v rámci několikadenních směn v měsících červen a červenec 2018, v tabulce č. 4 je uveden výsledek měření

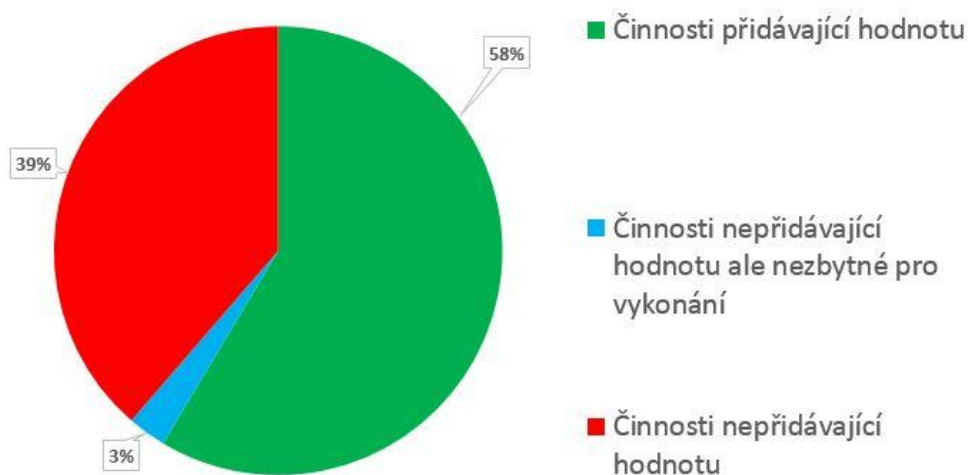
Tabulka 6 - Snímek pracovního dne operátora B (po optimalizaci)

Symbol	Činnost	Délka trvání	%	Zařazení činnosti
M	Měření kusů	0:50:09	10,4	
PaV	Povolení a vyndání kusů z přípravku	0:43:42	9,1	
O	Ofoukání dosedacích a upevňovacích ploch přípravku + ofoukání dílů	1:12:12	15,0	
V	Výměna plata na vozíčkách	0:02:51	0,6	
ZaU	Založení a utahení dílů pro výrobní operaci + spuštění stroje	0:51:18	10,7	
P	Přechod k druhému stroji	0:03:48	0,8	
OP	Hydraulické otočení přípravku o 180°	0:03:48	0,8	
Z	Založení dílů do pračky nebo odstředivky	0:29:27	6,1	
PC	Výrobní cyklus pračky	1:25:30	17,8	
OC	Výrobní cyklus odstředivky	0:09:30	2,0	
H	Hrotování vyrobených dílů (ruční sražení hran)	0:09:30	2,0	
ZN	Barevné značení dílů (označení že díl byl kontrolován)	0:04:45	1,0	
B	Balení dílů do příslušných boxů	0:19:00	4,0	
Ok	Otočení kusů do požadované výrobní polohy	0:09:30	2,0	
Č	Čekání (na dokončení výrobního cyklu stroje F42)	0:13:00	2,7	
ČS	Čištění stroje (okolí čerpadel, oplach vnitřních prostor stroje, puštění dopravníku)	0:13:15	2,8	
J	Přestávka (povinná, oběd)	0:58:45	12,2	

Pro přehlednější znázornění snímku pracovního dne je tabulka 3 zpracována do formy koláčového grafu.



Graf 8 - Grafické znázornění snímku pracovního dne operátora B po optimalizaci

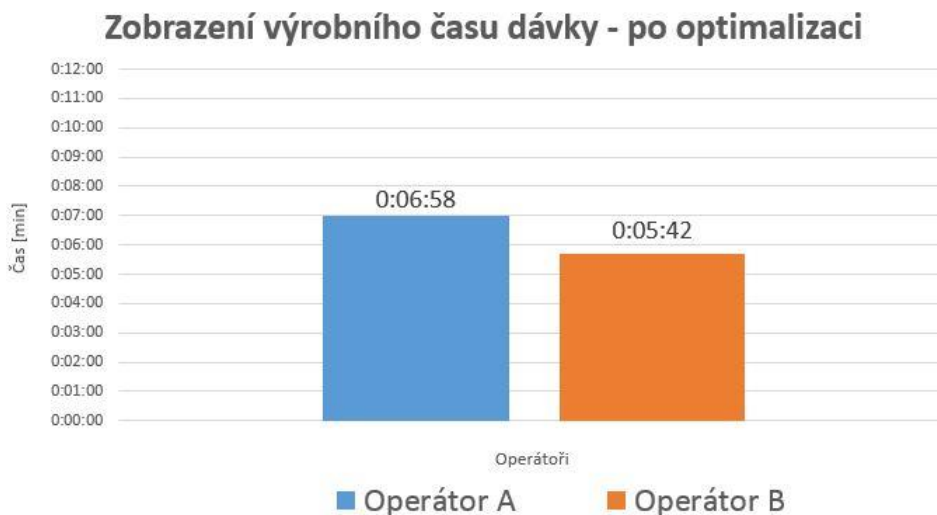


Graf 9 - Procentuální vyjádření činností VA, BNVA, NVA po optimalizaci

Z grafu č. 9 je možné vidět, že obsluha strojů stráví 58 % času činnostmi VA. Tato procenta jsou téměř shodná s procenty v grafu č. 4 před optimalizací. Při pohledu na graf č. 8 je patrné, že nejvyšší podíl procent tvoří činnosti „PC“, „O“, „ZaU“, „M“. První zmiňovaná činnost „PC“ (prací cyklus) tvoří 17,8 % což je nižší podíl než u grafu č. 3, a to díky snížení času pracího cyklu. Naopak u činnosti „O“ (ofoukání přípravku a dílů) je podíl procent vyšší, to konkrétně z 8,5 % na 15 %. Zvýšení procent způsobil zejména vyšší počet vyrobených kusů na výrobní lince. Zvýšení normy mělo za následek nárůst procent také u činnosti „ZaU“ (založení, utažení dílů a spuštění stroje). Procentuální snížení činností nepřidávajících hodnotu (ze 41 % na 39 %) pomohlo zejména odstranění čekání na kusy od operátora A u dvojice strojů F44, S15. Modře zvýrazněná část činností BNVA u grafu č. 9 je zastoupena činnostmi s označením „Ok“, „Op“. Tyto činnosti souvisí s navýšením počtu vyrobených kusů na optimalizované výrobní lince.

3.5.6 Grafické znázornění rozdílů výrobních časů po optimalizaci

V této kapitole je zobrazen a následně popsán graf, který zachycuje časový rozdíl výrobních časů jedné dávky (8 ks) na výrobní lince po provedení její optimalizace.



Graf 10 - Zobrazení časového rozdílu výrobního času operátorů po optimalizaci

Na výše uvedeném grafu č. 10 jsou zobrazeny výrobní časy u operátorů na optimalizované výrobní lince. Operátor A obsluhuje dvojici strojů s označením F44, S15 a operátor B obstarává dvojici F42, F43. Dále tento operátor obsluhuje myčku, odstředivku a zajišťuje výstupní kontrolu balením dílů do příslušného balícího boxu. Jak bylo již popsáno z grafu č. 5, operátor B je výrobně závislý na dodávání dílů od operátora A. U optimalizované výrobní linky bylo zavedeno pravidlo předem vyrobených dílů a nedochází tedy k prostojům. Operátor B není nucen čekat na dodání dílů a může použít připravenou zásobu kusů. Tyto díly založí postupně do přípravku a spustí výrobní proces, následně prázdný vozík ponechá na stávajícím místě u výrobního stroje. Tento prázdný vozík si později vymění operátor B s právě přivezenými kusy na jiném vozíku. Graf č. 10 nám dále ukazuje, že vlivem optimalizace výrobní linky bylo docíleno snížení časového rozdílu výrobních cyklů z původního stavu 0:01:53 na čas 0:01:16.

4 Závěr

V úvodní části práce jsou uvedeny a popsány teoretické metody pro řešení zadaného projektu od společnosti RENOKAR CNC s.r.o. Následovalo popsání současného rozvržení výrobní linky, která byla společností určena k optimalizaci a její stávající podoba byla určena pro novou výrobu. Dále s využitím časových studií, spaghetti diagramu a analýzy vzdálenosti kroků během výrobního cyklu byly zanalyzovány činnosti a následně přeneseny do přehlednější grafické podoby. Během pozorování výrobního procesu na lince a s jejím seznámením, byly postupně odhaleny další body pro optimalizovanou podobu. Získané výsledky naměřených dat a nalezených bodů byly prezentovány před vedením společnosti a vedoucími pracovníky jednotlivých výrobních úseků. Součástí prezentace bylo odhalení získaných poznatků určených k optimalizaci a navržení jejich odstranění nebo optimalizování. V závěru prezentace byly představeny možné varianty rozvržení výrobních strojů na optimalizované lince. Společně s rozvržením byl navržen materiálový tok celou linkou. U každé varianty byly zmíněny její výhody a nevýhody. Vedení společnosti s ohledem na příliš velký a finančně nákladný zásah do výrobních prostor upřednostnilo variantu z kapitoly 3.5.2.

Po instalaci výrobních strojů a uvedení celé výrobní linky do provozu, byla opakovaně provedena analýza celého procesu. Opět bylo využito časových studií a analýzy vzdálenosti kroků během výrobního cyklu. Při pozdějším porovnání získaných hodnot z měření před a po provedení optimalizace na výrobní lince bylo zjištěno, že došlo k navýšení procentuálního podílu činností, které přidávají dílu hodnotu. Bylo docíleno snížení zastavěné plochy výrobní linkou o 45 m² (tedy 33 %). Dále bylo díky vhodnějšímu uspořádání strojů ve výrobní lince docíleno snížení ušlé vzdálenosti u jednotlivých operátorů. U operátora A došlo ke snížení za jeden výrobní cyklus o 6,5 m (tedy 50 %) a u operátora B došlo ke snížení o 2,5 m (tedy 33 %). Vhodnější uspořádání výrobní linky společně s novými stroji a odstranění nalezených bodů určených k optimalizaci přispěly ke snížení výrobního času jedné dávky u jednotlivých operátorů. U operátora A došlo ke snížení času o 3 min 47 s (tedy o 35 %) a u operátora B o 3 min 10 s (o 36 %).

Seznam použité literatury

- [1] *Academy of Productivity and Innovations* [online]. [cit. 2018-09-26]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p>
- [2] *Svět produktivity* [online]. [cit. 2018-09-26]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-plytvani.htm>
- [3] JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9
- [4] *8 druhů plýtvání* [online]. EUROPEAN LEAN SIX SIGMA COMMUNITY [cit. 2018-11-22]. Dostupné z: <https://elssc.eu/dictionary/deadly-wastes>
- [5] *TAK TO DĚLÁ TOYOTA*. Vydání 1. (dotisk). PRAHA: MANAGEMENT PRESS, 2008. ISBN 978-80-7261-173-7
- [6] *SystemOnLine* [online]. [cit. 2018-11-22]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/stihla-logistika.htm>
- [7] *MM* [online]. 2015 [cit. 2018-11-24]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/naucte-se-videt-a-odstranovat-plytvani.html>
- [8] ZELENKA, Antonín a Mirko KRÁL. *Projektování výrobních systémů*. Praha: ČVUT, 1995. ISBN 80-01-01302-2
- [9] Jakub Myška. In: *Academy of Productivity and Innovations* [online]. Nový Bydžov, 2017 [cit. 2018-12-04]. Dostupné z: https://www.e-api.cz/wcd/docs/vzdelavani/cespi-xvii/blok-5/projektovnmontnchbunk_2015-03-29_tiskupravene.pdf
- [10] *Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <http://lean6sigma.cz/procesni-analyza/>
- [11] *Academy of Productivity and Innovations* [online]. 2015 [cit. 2018-11-24]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- [12] *Snímek pracovního dne* [online]. Praha, 2011 [cit. 2018-11-24]. Dostupné z: http://www.strancice.cz/assets/File.ashx?id_org=15606&id_dokumenty=97254
- [13] MILO, Peter. *Technologické projektovanie v praxi*. Bratislava: Alfa, 1990. ISBN 80-05-00103-7

- [14] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6
- [15] IPA [online]. 2007 [cit. 2018-11-22]. Dostupné z:
<https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/5s>
- [16] SVĚT PRODUKTIVITY [online]. 2012 [cit. 2018-11-22]. Dostupné z:
<http://www.svetproduktivity.cz/clanek/5s-6s-nebo-dokonce-7s.htm/>
- [17] IPA [online]. 2007 [cit. 2019-01-09]. Dostupné z:
<https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/casove-studie>
- [18] RENOKAR - CNC s.r.o. [online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z:
<http://www.renokarcnc.cz/>
- [19] PROFIKA s.r.o. [online]. [cit. 2018-12-03]. Dostupné z:
<http://www.profika.cz/>