

Projekt optimalizace layoutu výrobní haly ve společnosti XY

Bc. Tomáš Vitásek

Diplomová práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš Vitásek**
Osobní číslo: **M120112**
Studijní program: **N6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Projekt optimalizace layoutu výrobní haly ve společnosti XY**

Zásady pro vypracování:

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši vztahující se k problematice štihlé výroby a formulujte teoretická východiska pro zpracování analytické a projektové části.

II. Praktická část

- Analyzujte současný stav layoutu výrobní haly ve společnosti XY.
- Na základě provedené analýzy navrhnete východiska pro zlepšení.
- Propracujte do projektové podoby návrh optimalizace layoutu výrobní haly ve společnosti XY.
- Proveďte ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení.

Závěr

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

Seznam odborné literatury:

HIREGOUDAR, Chandrashekar a B. Raghavendra REDDY. Facility Planning & Layout Design: An Industrial Perspective. First Edition. Pune: Technical Publications Pune, 2007, 354 s. ISBN 81-8431-291-1.

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. Štíhlý a inovativní podnik. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s. ISBN 80-868-5138-9.

MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000, 311 s. ISBN 80-902-2356-7.

SHINGO, Shigeo a Andrew P DILLON. A study of the Toyota production system from an industrial engineering viewpoint. Rev. ed. Cambridge, Mass.: Productivity Press, c1989, 257 p. ISBN 09-152-9917-8.

TUČEK, David a Roman BOBÁK. Výrobní systémy. Vyd. 2. uprav. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 298 s. ISBN 80-731-8381-1.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Veronika Vavrušová
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
Datum zadání diplomové práce: 16. února 2015
Termín odevzdání diplomové práce: 27. dubna 2015

Ve Zlíně dne 16. února 2015

prof. Dr. Ing. Drahomíra Pavelková
děkanka



prof. Ing. Felicita Chromjaková, PhD.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE


Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně 22. 4. 2015


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá optimalizací layoutu výrobní haly s cílem uvolnit místo pro nový projekt a optimalizovat stávající výrobní proces. V teoretické části jsou představeny teoretické poznatky získané studiem odborné literatury zaměřené na prostorové uspořádání pracoviště, štíhlou výrobu a projektové řízení. Tyto poznatky jsou východiskem pro část analytickou, která popisuje stávající stav výrobní linky včetně analýzy výrobního procesu. V navazující projektové části je vypracován projekt na optimalizaci výrobní linky. Je zde představen nový layout a navrženo několik zlepšení včetně zvýšení výkonových norem.

Klíčová slova: layout, plýtvání, štíhlá výroba, produktivita, norma.

ABSTRACT

The thesis deals with an optimization of a production hall layout in order to save space for a new project and to optimize existing manufacturing process. Theoretical part of the thesis presents a literature review of technical literature focused on the spatial arrangement of workplace, lean manufacturing and project management. These findings are as a basis for the analytical part, which describes current state of the production line, including an analysis of the production process. In the following project part there is developed a project to optimize the production line. A new layout is presented and several improvements are suggested, including an increase of performance standards.

Keywords: layout, wasting, lean manufacturing, productivity, standard of performance.

Děkuji společnosti, která si nepřála zveřejnit svůj název, za možnost vypracování diplomové práce. Cením si přístupu, kterým mi zaměstnanci společnosti pomohli proniknout do problematiky řízení výroby a vystavit teoretické poznatky praxi. Děkuji také vedoucí diplomové práce Ing. Veronice Vavrušové za odborné vedení, cenné připomínky a rady.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 6 |
| CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE | 7 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 8 |
| 1 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ | 9 |
| 1.1 DEFINICE PROJEKTU | 9 |
| 1.2 CÍLE PROJEKTU..... | 10 |
| 1.3 ŽIVOTNÍ CYKLUS PROJEKTU | 11 |
| 1.4 ZÁJMOVÉ SUBJEKTY | 12 |
| 2 ŠTÍHLÝ PODNIK | 13 |
| 2.1 ŠTÍHLÁ VÝROBA | 14 |
| 2.1.1 Štíhlé pracoviště | 16 |
| 2.1.2 Štíhlý layout | 17 |
| 2.1.3 Vizualizace | 18 |
| 2.1.4 Kaizen | 19 |
| 2.2 PLÝTVÁNÍ..... | 20 |
| 3 LAYOUT PRACOVIŠTĚ | 24 |
| 3.1 TECHNOLOGICKÉ USPOŘÁDÁNÍ | 25 |
| 3.2 PŘEDMĚTNÉ USPOŘÁDÁNÍ | 26 |
| 3.2.1 Linkové uspořádání výroby..... | 27 |
| 3.2.2 Hnízdové uspořádání výroby | 27 |
| 3.3 VÝROBNÍ BUŇKY | 28 |
| 3.3.1 Typy výrobních buněk | 28 |
| 3.3.2 One Piece Flow | 29 |
| 3.4 ZÁSADY PRO ROZMISŤOVÁNÍ STROJŮ | 30 |
| 3.5 POSTUP PŘI SESTAVOVÁNÍ NÁVRHU LAYOUTU..... | 31 |
| 4 ERGONOMIE | 33 |
| 4.1 ERGONOMICKÝ AUDIT | 34 |
| 4.2 ERGONOMICKÉ PARAMETRY | 36 |
| II PRAKTICKÁ ČÁST | 37 |
| 5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI | 38 |
| 5.1 PRODUKTOVÉ PORTFOLIO..... | 38 |
| 5.2 CERTIFIKACE..... | 39 |
| 5.3 ORGANIZAČNÍ STRUKTURA | 39 |
| 5.4 VÝROBNÍ PROSTORY..... | 40 |
| 6 ZADÁNÍ PROJEKTU | 41 |
| 7 ANALYTICKÁ ČÁST | 43 |
| 7.1 ANALÝZA VÝROBKŮ..... | 43 |
| 7.1.1 Kusovník | 43 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 7.2 | ANALÝZA ČINNOSTÍ | 44 |
| 7.3 | PŮVODNÍ LAYOUT | 48 |
| 7.4 | KVALITA PRODUKCE | 51 |
| 7.5 | VIZUALIZACE PRACOVÍŠTĚ | 52 |
| 7.6 | ORGANIZACE PRÁCE..... | 53 |
| 7.7 | ERGONOMIE | 53 |
| 7.8 | POZOROVANÉ NEDOSTATKY | 53 |
| 8 | ZHODNOCENÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI..... | 55 |
| 9 | PROJEKTOVÁ ČÁST..... | 56 |
| 9.1 | NÁVRH NOVÉHO LAYOUTU..... | 56 |
| 9.2 | NÁVRH ZVÝŠENÍ VÝKONOVÝCH NOREM | 60 |
| 9.3 | PROCESNÍ ANALÝZA | 63 |
| 9.4 | YAMAZUMI CHART | 65 |
| 9.5 | ZLEPŠOVACÍ NÁVRHY | 67 |
| 9.6 | ČINNOSTI SPOJENÉ S PŘESUNEM LINKY 6 FACH | 67 |
| 9.7 | PRODUKTIVITA | 68 |
| 9.7.1 | Produktivita před změnou | 68 |
| 9.7.2 | Produktivita po navrhovaných změnách | 69 |
| 10 | EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PROJEKTU..... | 70 |
| 11 | ZHODNOCENÍ SPLNĚNÍ CÍLŮ PROJEKTU | 72 |
| | ZÁVĚR | 74 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 75 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 78 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 79 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 80 |

ÚVOD

Obstát v dravém konkurenčním prostředí dnešní doby není snadné. Celosvětový trh se po ekonomické krizi roku 2008 neustále vyvíjí, stabilizuje, a v poslední době snad konečně opět i roste. Tržní prostředí však již pravděpodobně nikdy nebude takové, jako před „kri- zí“. Z tohoto důvodu si firmy pravděpodobně více než kdy dřív zakládají na budování dob- rého jména a image solidního a spolehlivého obchodního partnera. Pokud tyto snahy přine- sou ovoce ve formě nabídky nové zakázky, jedná se bezpochyby o značný úspěch a příleži- tost, kterou by si firma neměla nechat ujít. Někdy se však stane, že podmínky pro přijetí nové zakázky nejsou ideální a situace vyžaduje nejprve analýzu a přezkoumání situace a následné návrhy, jak by bylo možné podmínky přizpůsobit.

To byl také případ společnosti, u které byla tato diplomová práce vyhotovena. Společnost si právě z důvodu již zmíněného dravého konkurenčního prostředí nepřála uvést svůj ná- zev, nicméně veškeré informace a data v práci uvedená jsou reálná a pravdivá. Díky nabíd- ce nového lukrativního projektu byla společnost nucena provést interní audit svých výro- bních prostor a snažit se najít místa s potenciálem pro úsporu místa. Během definování pro- jektu návazně přicházely také další otázky a omezení, na něž bylo třeba brát zřetel.

Tato diplomová práce se tedy zabývá optimalizací layoutu výrobní haly s cílem najít mož- nosti úspory prostor pro přijetí nového projektu. V teoretické části práce je uvedena literár- ní rešerše zaměřená především na oblast štíhlé výroby a s ní souvisejícími tématy, jako je např. plynutí, layout, uspořádání výroby apod.

Na teoretická východiska navazuje analytická část, která představuje analyzované praco- viště včetně vyráběných výrobků, pracovního postupu a výchozího prostorového uspořá- dání. Na základě provedených analýz byly v následující části práce identifikovány hlavní nedostatky a byl představen nový layout, který byl sestaven jednak s ohledem na požado- vanou úsporu místa, ale také s ohledem na aplikaci vybraných nápravných opatření.

V závěrečné části práce je projekt zhodnocen po ekonomické stránce a je také uvedeno zhodnocení splnění cílů definovaných při zadávání projektu.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce je optimalizace layoutu výrobních prostor s ohledem na úsporu místa pro výstavbu nově získaného projektu. Na tento hlavní cíl úzce navazují cíle vedlejší, kterými je jednak optimalizovat využití analyzované výrobní linky a identifikovat prostor pro možná zlepšení a případnou eliminaci plýtvání.

Po zpracování literární rešerše dostupných českých i zahraničních zdrojů byla v analytické části provedena analýza stávajícího pracoviště s cílem pochopit veškeré probíhající procesy, jejich návaznost, spojitost a případná omezení. Během analýz byly využívány následující analytické prostředky:

- přímé pozorování,
- analýza videozáznamů pořízených na pracovišti,
- rozhovory se zainteresovanými stranami,
- studium firemní dokumentace.

Práce na projektu probíhala v projektovém týmu, jehož byl diplomant členem. Po rozdělení úkolů byly v pravidelných časových intervalech pořádány projektové schůzky, na nichž bylo kontrolováno plnění jednotlivých úkolů a konzultovány případné problémy, které se vyskytly.

Data získaná z provedených analýz byla následně zpracována a na jejich základě byl navržen nový layout výrobních prostor, který prezentován managementu společnosti a po dodatečných úpravách byl schválen. Následně byly připraveny podklady pro realizaci navrhovaných změn. Po ukončení čtyřměsíčního zkušebního provozu a jeho vyhodnocení bude v srpnu 2015 zahájen ostrý provoz.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ

Projektové řízení je definované jako umění a věda na koordinaci lidí, materiálů, peněz a časových plánů tak, aby byl daný projekt ukončený ve stanoveném čase a při plánovaných nákladech. Většina projektantů z praxe k projektovému řízení poznamená, že je to dobrý nástroj, ale i tak se v každém projektu překročí náklady, termíny a někdy se i v původních cílech projektu hledají kompromisy. Úkol projektového řízení je důležitý už v prvních fázích projektu, kde je nutné sestavit, organizovat a řídit jednotlivé projekční týmy tak, aby sledovaly harmonogram projektu. Význam a rozsah činností projektového řízení stoupá s průběhem projektu, kde se do projektu postupně zapojují další specialisté, externí firmy, dodavatelé stavebních prací a zařízení. (Projektové řízení, 2007)

1.1 Definice projektu

Němec ve své publikaci (2002, s. 11) uvádí, že význam slova projekt se v dřívější projektové praxi ustálil jako námět, plán a komplexní vyřešení zamýšleného úkolu, včetně grafického znázornění (výkresu). Toto pojetí ovšem směřovalo k závěru, že jde o komplexní dokumentaci sloužící k posouzení technickoekonomické úrovně a efektivnosti návrhu a k jeho realizaci.

V současné době se již vychází z anglosaského pojetí slova „project“, které je chápáno, jako proces plánování a řízení rozsáhlých operací. Nejde tedy pouze o výsledek - projektovou dokumentaci, ale o **tvůrčí proces**. (Němec, 2002, s. 11)

Fiala (2004, s. 12) definuje projekt jako jedinečnou množinu koordinovaných aktivit s vymezenými počátečními a koncovými body a realizovanou jednotlivcem nebo organizací s cílem dosáhnout specifických cílů v rámci definovaného časového rozvrhu, nákladů a výkonových parametrů.

Z této definice lze vydedukovat základní charakteristické vlastnosti projektu, kterými jsou:

- **jedinečnost** - projekt se provádí pouze jednou, jde o něco, co se dříve nedělalo;
- **neopakovatelnost** - i jiný podobný projekt je vždy v něčem odlišný;
- **dočasnost** - projekt má vždy stanovený začátek a konec. (Fiala, 2004, s. 12-13)

Téměř pokaždé se na řešení projektu podílí jiný tým projektantů. Projektem proto není periodicky se opakující činnost, jako například každodenní rutinní práce oddělení, běžný

zásobovací proces, opakovaná výroba nebo každodenní cesta do práce, atd. (Němec, 2002, s. 12)

1.2 Cíle projektu

Podle Svozilové (2011) cíle projektů představují slovní popis účelu, kterého má být prostřednictvím realizace projektu dosaženo. Obvykle se jedná o hierarchickou strukturu definovaných podmínek, stavů a vlastností, které popisují budoucí výsledek projektu. Cíle projektu jsou podstatným prvkem řízení a mají pro projekt zcela zásadní význam. A to z následujících důvodů:

- jsou základem kontraktu a všech souvisejících obchodních dohod mezi zákazníkem projektu a jeho dodavatelem,
- jakmile dojde ke schválení cílů projektu, stávají se centrálním bodem komunikace mezi zadavatelem projektu, projektovým manažerem a projektovým týmem,
- ohraničují předmětnou stránku projektu a definují výstupy, které jsou od projektu očekávány,
- jsou základem pro plánovací procesy projektu, volbu postupů a metod, jejich správného načasování a stanovení nákladů na realizaci projektu,
- poskytují rámec požadovaných parametrů a cílů měření pro kontrolní procesy
- deklarují stadium dosažení úspěšného dokončení projektu nebo jeho dílčí části a jsou podkladem pro formulaci závěrečných akceptačních kritérií projektu. (Svozilová, 2011, s. 82)

Vytvoření vhodných podmínek pro realizaci projektu ve fázi formulace jeho cílů lze příznivě ovlivnit použitím techniky SMART, viz následující tabulka (Tab. 1).

Tab. 1: SMART technika formulace cílů projektu (VZ dle Svozilová, 2011)

| | | |
|----------|-------------------|--|
| S | <i>Specific</i> | Cíle mají být specifické a konkrétní. |
| M | <i>Measurable</i> | Cíle mají být opatřeny měřitelnými parametry, podle nich lze rozpoznat, zda cílů bylo dosaženo. |
| A | <i>Assignable</i> | Cíle mají být přidělitelné jedinému subjektu s odpovědností a autoritou k výkonu rozhodnutí. |
| R | <i>Realistic</i> | Cíle mají být realistické a dosažitelné s použitím disponibilních zdrojů. |
| T | <i>Time-bound</i> | Cíle mají být termínované (časově ohraničené) |

1.3 Životní cyklus projektu

Projekt je prvkem, který má charakter procesu. V době své existence se vyvíjí a nachází se v různých fázích, které se nazývají životním cyklem projektu. Existuje celá řada definic životního cyklu projektu - v této oblasti se neshodnou ani teoretici, hospodářské sektory či jednotlivé společnosti. (Svozilová, 2011, s. 37)

Jisté je, že každý projekt má svůj životní cyklus skládající se z několika fází. Zpravidla je možné se setkat s rozdělením na 4-8 fází. Chvalovský (2005) rozděluje životní cyklus projektu na následující fáze:

- **výběr projektu** – obsah této fáze je v podstatě shodný s obsahem příslušného podnikatelského plánu, na jehož základě se management rozhodne iniciovat projekt.
- **koncepce, plánování** – v této fázi je zpracována studie proveditelnosti, definován předmět a rozsah projektu, definována struktura projektu a jeho organizační struktura, jsou definována rizika projektu a jeho podrobný rozpočet, je sestaven harmonogram projektu (podrobný prováděcí plán), plán kvality atd.
- **realizace** – v této fázi jsou plněny úkoly dle prováděcího plánu, jsou monitorována a řešena rizika, projekt je průběžně vyhodnocován a průběžně je prováděn reporting, tedy projektové výkaznictví.

- **uzavření projektu** – výsledky realizace jsou předány, schváleny managementem a je provedena konečná dodavatelská fakturace.
- **audit projektu** – jedná se o průběžné vyhodnocování výsledků projektu, odstranění případných chyb, zdokonalování výsledků a zákaznický servis. (Chvalovský 2005, s. 24-25)

1.4 Zájmové subjekty

Tímto termínem nazýváme osoby nebo organizace, kteří jsou do projektu buď aktivně zapojeni, nebo jsou jejich zájmy pozitivně či negativně ovlivněny realizací nebo výsledkem projektu. Zájmové skupiny musí být projektovým týmem identifikovány a pro úspěch projektu je nezbytné, aby byly určeny a řízeny jejich požadavky. (Fiala, 2004, s. 20)

Fiala (2004) mezi nejdůležitější zájmové subjekty řadí:

- **projektová organizace** – její zaměstnanci jsou přímo zapojeni do práce na projektu;
- **ředitel projektů** – odpovědný na strategické úrovni za plánování a realizaci všech projektů v organizaci;
- **projektový manažer** – plně odpovědný za plánování a realizaci projektu na taktické a operativní úrovni, nejdůležitější osoba zodpovídající za celý projekt;
- **členové projektového týmu** – pracovníci podílející se na jednotlivých pracích;
- **zákazník** – subjekt, jedinec či organizace, kterému jsou určeny výstupy projektu;
- **investor** – osoba nebo skupina, ve firmě nebo mimo ni, která poskytuje finanční zdroje pro projekt. (Fiala 2004, s. 20)

2 ŠTÍHLÝ PODNIK

Štíhlost podniku znamená dělat pouze takové činnosti, které jsou potřebné, dělat je správně hned napoprvé, dělat je rychleji než ostatní a vydávat přitom méně peněz. Šetřením však nelze zbohatnout, štíhlost je o zvyšování výkonnosti firmy tím, že na dané ploše dokáže vyprodukovat víc než konkurenti, že s daným počtem lidí a zařízení vyrobí vyšší přidanou hodnotu než druzí, že na jednotlivé podnikové procesy a činnosti spotřebuje méně času, že v daném čase vyřídí více objednávek. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 17)

Firmy, které úspěšně zvládly přeměnu z masově orientovaných procesů na štíhlé, ve větší či menší míře do svých procesů implementovaly štíhlé principy. Mezi tyto principy patří:

- **Princip zamezení plýtvání a optimalizace hodnotového řetězce** - podnik se zaměřuje na optimalizaci procesů a na maximální uspokojení potřeb zákazníka. Optimalizace procesů spočívá ve správném plánování a kontrole spotřeby všech vstupů.
- **Princip tahu „pull“** – v tomto systému je každý pracovník na určitém výrobním stupni odpovědný za zajištění požadavků navazujících výrobních stupňů. Hlavní předností tohoto systému je snížení výrobních nákladů v důsledku snížení mezioperačních zásob a zkrácení průběžné doby výroby.
- **Princip zaměření se na podstatné aktivity a klíčové schopnosti** – podnik se soustředí na to, co umí ze všech aktivit dělat nejlépe v rámci hodnototvorného řetězce. Na tyto aktivity je pak třeba zaměřit všechny interní kapacity podniku. Dílčí výkony, které nepatří mezi klíčové schopnosti, je třeba zajistit u subdodavatelů (outsourcing), což je v Lean Managementu považováno za strategické rozhodnutí.
- **Princip nepřetržitosti** – zlepšování je ve štíhlém podniku nepřetržitým procesem. Aby podnik získal náskok před konkurencí, je neustále nutné rozpoznat včas diferencovaná přání zákazníků a v předstihu je realizovat. (Tuček a Bobák, 2006, s. 225)

V českých podmínkách mezi štíhlé podniky řadíme především automobilky a výrobce počítačů, kteří však štíhlost nepovažují za konkurenční výhodu, ale za nutný předpoklad pro přežití. Podnik, který chce uspět na trhu, musí usilovat o rozvoj principů, mezi které patří jak eliminace omylů a chyb, tak i produktivita. (Vochozka a Mulač, 2012, s. 423)

Jednotlivé prvky štlhlého podniku jsou znázorněny na následujícím obrázku (Obr. 1). Pro účely diplomové práce bude blíže řešen prvek štlhlé výroby.



Obr. 1: Prvky štlhlého podniku (Štlhlá logistika, 2015)

2.1 Štlhlá výroba

Koncepce štlhlé výroby (Lean Production nebo Lean Manufacturing) pochází z firmy Toyota, kde vznikla v 50-60 letech 20. století jako alternativa k hromadné výrobě v prostředí, které vyžadovalo vysokou úroveň flexibility a postrádalo finance na nákladné investice. (Historie Lean Production, 2006)

Lean Production nepředstavuje konkrétní metodu výroby, ale spíše manažerskou filosofii. Stěžejní myšlenkou je zbavení se všeho přebytečného. Anglické „lean“ lze přeložit jako štlhlý, libový. Tak jako se mnozí lidé snaží zbavit nadbytečných tuků, podniky by měly usilovat o eliminaci či alespoň redukci zbytečných nákladů. Které to vlastně ale jsou? Především ty, které nepřinášejí zákazníkům užitek, a tudíž by za ně nebyli ochotni zaplatit. (Filosofie štlhlé výroby, 2011)

Rozhodujícím faktorem úspěšnosti zavádění tohoto konceptu je správná motivace a zapojení zaměstnanců do všech procesů optimalizace a zlepšování. Štlhlá výroba spočívá ve výrobě pružně reagující na požadavky zákazníka a na poptávku, jež je řízena decentralizovaně, prostřednictvím flexibilních pracovních týmů a při nízkém počtu na sebe navazujících výrobních stupňů (malé hloubce výroby). Koncepce vyžaduje od každého zaměstnan-

ce vysokou odpovědnost jak za kvalitu, tak také průběh výroby. (Tuček a Bobák, 2006, s. 26)

Štíhlá výroba využívá následné klíčové principy pro tvorbu výrobků:

- plynulý tok materiálu a informací ve výrobě;
- malé velikosti výrobních dávek;
- vykonávání výrobních operací správně napoprvé;
- zavedení totálně produktivní údržby (TPM);
- rychlé přetypování (SMED);
- strategie nulové chyby v každém procesu;
- aktivní zapojení a motivace pracovníků pro tvorbu přidané hodnoty;
- redukce variability dílců, procesů;
- vizuální signalizace atd. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 44)

Podle Tučka a Bobáka (2006) mezi hlavní znaky podniku, který se řídí principy Lean Production patří:

- **spolupráce se zákazníky** - zákazník se stává spolupracovníkem při vývoji nových výrobků.
- **spolupráce s dodavateli** - redukuje zásoby a pozitivně působí na zvyšování jakosti výroby. Dodavatelé přebírají značný podíl kompetencí a úkolů.
- **týmový, paralelní vývoj výrobků** - do vývoje výrobků jsou zapojeni kromě vývojových pracovníků a konstruktérů také pracovníci prodeje, marketingu, výroby, montáže, projektování a technologie. Z počátku toto řešení provází zvýšené náklady, ve fázi realizace ale dochází k výrazným úsporám.
- **zjednodušování výrobní struktury** - prosazuje se plošná organizační struktura a decentralizace kompetencí a také zjednodušování všech činností v rámci celého podniku s využitím jasných cílů, úloh a postupů.
- **organizace sestávající z autonomních jednotek s týmovou kooperací** - pracovníci mají vysokou kvalifikaci s širokým spektrem úkolů a kompetencí.
- **využívání pružných výrobních zařízení** a výroby v malých dávkách s rychlým zajištěním změn.
- **používání systému neustálého zlepšování** výrobních procesů - **Kaizen** - směřujícího ke snižování nákladů a zvyšování kvality výroby.

- **úsilí o vysokou kvalitu** - týká se vykonávání všech činností. Využívají se kroužky kvality a TQM. V případě chyby musí pracovník zastavit linku do té doby, než je zjištěna příčina.
- **přehledný informační systém** - umožňuje všem pracovníkům aktivní spolupráci a pochopení situace v podniku. (Tuček a Bobák, 2006, s. 229-230)

Cílem Lean Production je mít stabilní, flexibilní s standardizovanou výrobu. (Štíhlá výroba, 2015)

Jednotlivé oblasti, spadající pod štíhlou výrobu jsou znázorněny na následujícím obrázku (Obr. 2). Pro účely této diplomové práce budou dále řešeny oblasti štíhlého pracoviště, štíhlého layoutu a Kaizen.



Obr. 2: Štíhlá výroba (VZ podle Košturiak a Frolík, 2006, s. 23)

2.1.1 Štíhlé pracoviště

Štíhlé pracoviště tvoří základ Lean Production. Na tom, jak je navrženo pracoviště, závisí pohyby, které na něm musejí pracovníci denně vykonávat. Od pohybů pracovníků se pak odvíjí spotřeba času, výkonové normy, výrobní kapacity a další parametry výroby. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 24)

Štíhlé pracoviště je optimální a přímočaré, co se týká materiálových toků, pohybů pracovníků, plochy, velikosti zásob atd. Zásady štíhlého pracoviště vyjadřují požadavky, jak mají vypadat procesy v týmu, aby bylo možno dosáhnout maximální produktivity, vysoké kvali-

ty, krátkých průběžných dob i efektivní komunikace. Mezi základní pravidla štíhlého pracoviště patří:

- využití vizuálního managementu k určení problému;
- opětovné využití současného vybavení pracoviště;
- využití jen malých skladových ploch v nezbytném případě;
- využití principu tahu;
- zajištění flexibility pro výrobu nových příbuzných výrobků;
- snižování velikosti dávky změnou organizace pracoviště. (Tuček a Bobák, 2006, s. 228)

Zlepšení podmínek na pracovišti, odstranění nedostatků a eliminaci všech druhů plýtvání je možné dosáhnout **optimalizací** pracoviště. Při optimalizaci by se podnik měl zaměřit na zvýšení výkonu (zrychlení výrobního času), snížení nákladů na odstranění plýtvání, lepší kvalitu a standardizaci postupů a také na možnosti zavedení vícestrojové obsluhy a posílení autonomie pracoviště. Rovněž je důležité zavádět prvky ergonomie, aby byly eliminovány úrazy a zatěžování organismu pracovníků. Zkoumány bývají zejména tyto oblasti:

- výrobní proces a technologie - snaha o snížení počtu operací, úprava taktu, zavedení prvků automatizace a mechanizace;
- konstrukce - výrobek musí být smontovatelný a vyrobitelný;
- používané nářadí - je nutné zvažovat investice vzhledem k pracovníkům, k návratnosti a k celkové pružnosti výroby;
- materiál - snažit se hledat nejlepší dodavatele, levnější a zpracovatelnější materiál a zkoumat možnosti recyklace nebo využití odpadu k druhotné výrobě;
- manipulace s materiálem - usilovat o minimální manipulaci za pomoci využití mechanických zařízení;
- layout pracoviště - zredukovat vzdálenosti, vytvoření nového layoutu, standardizace;
- účel optimalizace - analyzovat plýtvání, odstraňovat chyby předchozích operací. (Optimalizace pracoviště, 2009)

2.1.2 Štíhlý layout

V rámci štíhlého pracoviště je zpravidla nutné změnit prostorové uspořádání, čili layout. Nízká produktivita a plýtvání bývají dle Košturiaka a Frolíka (2006, s. 135) velmi často

způsobeny tím, že podniky nevěnují dostatečné úsilí hledání optimálního uspořádání a rozložení pracovišť. Aby bylo takové uspořádání efektivní, je vhodné aplikovat metodu Lean Layout neboli štíhlý layout. Tato metoda umožňuje vytvoření pracoviště, na kterém jsou omezeny prvky plýtvání, které vznikají v důsledku nesprávně navrženého layoutu.

Metoda Lean Layout například nepoužívá regály, velké palety, vysokozdvizné vozíky nebo jeřáby, protože tato zařízení znamenají zbytečně velké požadavky na výrobní plochu nebo vyžadují speciální obsluhu.

Úprava pracoviště pomocí štíhlého layoutu přinese podniku tyto výsledky:

- přímý materiálový tok směrem k montážní lince a expedici;
- minimální plochy na zásobníky a mezisklady;
- minimalizace přepravních vzdáleností mezi operacemi;
- přímočaré a krátké trasy;
- minimální průběžné časy atd. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 135)

Prostorové uspořádání pracoviště bude v rámci této diplomové práce řešeno v samostatné kapitole.

2.1.3 Vizualizace

Je známo, že člověk vnímá až 80% informací zrakem, neboli vizuálně. Vzhledem k tomuto faktu je žádoucí, aby tak bylo přizpůsobeno každé pracoviště. Vizuální komunikace je jednou z nejstarších forem dorozumívání, která v současnosti nabývá stále většího významu díky vizuálnímu řízení. Vizualizace napomáhá řídit, informovat, učit a motivovat pracovníky. Vizuální management a jeho aplikace přináší do podniku řadu výhod, jako je například rozšíření autonomie pracovišť a zlepšení jejich vztahu k pracovnímu prostředí, vizuální řízení a kontrolu procesu, zjednodušení a zlepšení komunikace ve firmě a také rychlejší řešení problémů, které se na pracovištích vyskytují. Pomocí vizualizace lze vytvořit jasně uspořádané, organizované a řízené tzv. vizuální pracoviště, na kterém jsou všechny procesy jasně popsány a je zde pak snadnější identifikace a eliminace plýtvání. (Debnár, 2010; Tuček a Bobák, 2006, s. 286)

Používané prostředky pro vizualizaci nejsou přesně vymezeny. Mezi nejčastěji využívané patří:

- informační tabule, tabule kvality;
- obrazová dokumentace, obrázkové postupy;

- grafické označení na podlaze, na stěně, místa pro palety;
- signalizační zařízení;
- barevné rozlišení nástrojů a součástek;
- instruktážní videa. (Košturiak a Gregor, 2002)

Vizualizace by měla být na první pohled pochopitelná. Přehlednost a jednoduchost patří mezi klíčové parametry.

2.1.4 Kaizen

Podstata pojmu Kaizen je jednoduchá a jasná: Kaizen znamená zlepšování a zdokonalování. Jedná se o neustále probíhající zdokonalování týkající se všech, včetně manažerů a dělníků. Kaizen je filozofie, která předpokládá, že náš způsob života si zaslouží neustálé zdokonalování. (Imai, 2004, s. 15)

Mezi základní principy filozofie Kaizen patří:

- Zaměření na zlepšení, která vycházejí ze znalostí a zkušeností lidí ve výrobě.
- Zapojení lidí do zlepšování procesů jim přináší možnost seberealizace a vyšší uspokojení z práce. Přispívá také k rozvoji schopností lidí a ke zlepšování podnikové kultury.
- Kaizen je atmosféra, v níž lidé spontánně přicházejí se svými nápady a zapojují se do jejich realizace.
- Změny „zvenčí“ jsou většinou spojeny s vyššími náklady a bývají méně stabilní. Při realizaci takových změn bez přímé účasti výrobního personálu bývají navíc takové změny hůře přijímány.
- Lidé by neměli být ve výrobě placeni jen za plnění výkonů a dodržování norem a předpisů. Je třeba od nich požadovat, aby se kolem sebe rozhlédli a hledali možnosti, jak práci udělat rychleji, lépe a levněji. Měli by se také snažit odhalovat plýtvání. Za tuto činnost je také potřeba zaměstnance odměňovat.
- Kaizen je filozofie vnitřní nespokojenosti se současným stavem, která říká, že zítra musí být lépe než dnes. (Košturiak, Frolík, 2006, s. 119)

Při zavádění metody Kaizen se využívá následující postup:

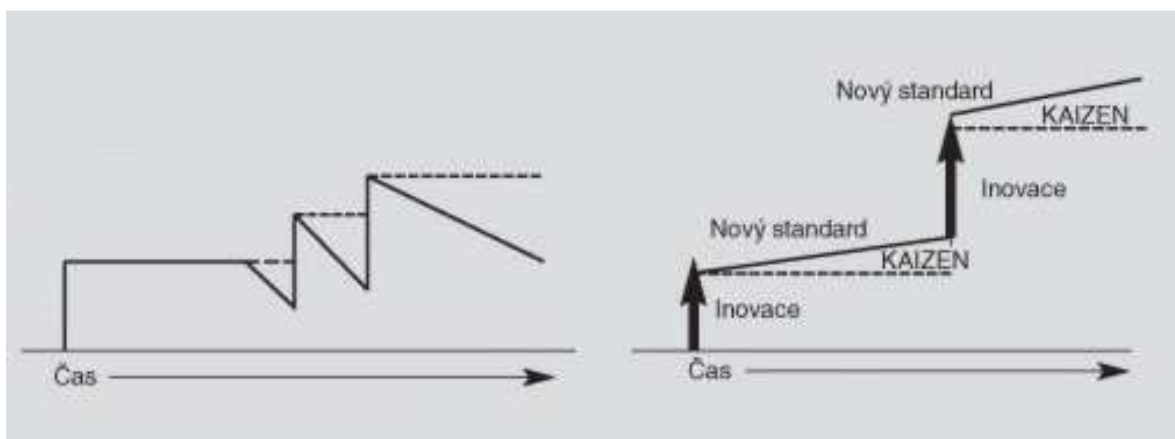
- definice problému;

- analýza problému;
- objasnění příčin problému;
- plánování operací na odstranění problému;
- realizace;
- kontrola výsledků;
- standardizace opatření. (Tuček a Bobák, 2006, s. 268-269)

V českých podmínkách spíše používáme ekvivalenty jako neustálé zlepšování, zlepšovací návrhy, systém kontinuálního zlepšování atd. V kontextu chápání toto spojení lze reprodukovat jako neustálé drobné zlepšování procesů. Aby systém podávání zlepšovacích návrhů byl funkční, musí k němu mít přístup všichni zaměstnanci společnosti. Z toho vyplývá, že každý má právo a možnost podat zlepšovací návrh. (Pavelka, 2011)

Protipólem ke kontinuálnímu, drobnému zlepšování jsou inovace, které znamenají významný, revoluční pokrok ve formě technologických průlomů, nejnovějších manažerských technik či výrobních postupů. Na rozdíl od metody Kaizen se jedná o krátkodobou, většinou jednorázovou záležitost. (Imai, 2004, s. 41)

Vztah mezi inovacemi a metodou Kaizen je znázorněn na následujícím obrázku (Obr. 3). Vlevo je znázorněn obecně známý průběh inovací bez zřetele k metodě Kaizen. Vpravo pak obecně znázorněný průběh inovací se zahrnutím metody Kaizen.



Obr. 3: Vztah mezi inovacemi a metodou Kaizen (VZ dle Imai, 2004, s. 44-45)

2.2 Plýtvání

Za plýtvání se označuje vše, co se ve firmě realizuje a nepřidává hodnotu vyráběnému výrobku nebo službě. O tom, co přidává hodnotu či nikoliv rozhoduje sám zákazník. Co ne-

chce zaplatit je považováno za plýtvání, proto se firmy snaží vyrábět bez plýtvání. Takový stav je jen velice těžko dosažitelný, přesto mohou firmy díky neustálému snižování plýtvání a kombinací různých metod docílit snížení plýtvání na minimální úroveň. (Mašín a Vytlačil, 1996, s. 44-45)

Při identifikaci plýtvání rozlišujeme **sedm základních druhů**, mezi které patří:

- nadprodukce;
- zmetky;
- čekání;
- zásoba;
- pohyb;
- přeprava;
- nadpráce (vícepráce).

Tento výčet je nutné doplnit o další druh. Jedná se o **plýtvání tvůrčím potenciálem, schopnostmi, znalostmi a talentem pracovníků**.

Nadprodukce vzniká z výroby produktů ve větším množství, než zákazník požaduje. Vzniká zpravidla buď za účelem vyššího využití výrobních kapacit (a tudíž dosažení vyšší produktivity práce dělníků) nebo za účelem výroby určitého množství dokončených produktů navíc pro „případ nouze“, jako např. poruchy výrobních zařízení, náhlé vysoké zmetkovosti apod. Díky takovému plýtvání vzniká zbytečná potřeba skladovacích prostor, zvyšují se dopravní i administrativní náklady. Dle Toyoty by vyráběné množství mělo být vždy ovlivněno výhradně objednávkou od zákazníka. (Filosofie štíhlé výroby, 2011; Shingo, 1989, s. 27)

Vznik nekvalitních, zmetkových výrobků vytváří hned několik zbytečných nákladů. Oprava **zmetků** vyžaduje čas, práci zaměstnanců i finanční prostředky navíc. Některé defektní rozpracované výrobky mohou vážně poškodit výrobní zařízení. Navíc pokud se zmetky dostanou k zákazníkovi, následky mohou být i fatální. Správný Lean Manager vede své podřízené k nulové zmetkovosti. ((Filosofie štíhlé výroby, 2011)

K plýtvání **čekáním** dochází tehdy, kdy kvůli čekání na cokoliv nelze pokračovat ve výrobním procesu. Mezi nejčastější zdroje plýtvání patří zejména porucha stroje, nedostatek materiálu, nerovnoměrná výroba, ale také absence potřebných informací, přílišná byrokracie (např. potřeba podpisu několika pracovníků). Tento druh je snadno identifikovatelný.

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. (Filosofie štíhlé výroby, 2011)

Zásoby a jejich udržování patří mezi často diskutované problémy. Tento typ plýtvání vzniká skladováním náhradních dílů, materiálů, nedokončených výrobků, hotových výrobků atd. Všechny tyto položky zbytečně zabírají místo a vyvolávají potřebu dalších nákladů, jako jsou vysokozdvizné vozíky, regály, další pracovníci aj. Pro udržení nadměrně vysokého pracovního kapitálu se v zásobách zbytečně váží finanční prostředky, které by bylo možné účelně vynaložit jinde. (Plýtvání, 2009)

Zbytečné pohyby jsou nepotřebné pohyby, které nelze označit za práci zvyšující hodnotu výrobku. Příkladem může být zbytečná chůze pro polotovar na špatně uspořádaném pracovišti. Také chůze mezi vzdálenými stroji při více strojové obsluze je zahrnuta v tomto druhu plýtvání. V této oblasti je užitečné se ptát: Který pohyb lze z procesu vypustit? Jaká opatření by se měla zavést, aby se minimalizovali potřebné pohyby? (Filosofie štíhlé výroby, 2011)

Bez **přepravy** (externí i interní) se výroba neobejde. V ideálním případě by doprava zahrnovala pouze přeprava materiálu do firmy a odvoz hotových produktů z firmy. Avšak praxe bývá dosti odlišná. Často bývá výrobní proces oddělen do několika úseků, sklad bývá taktéž vzdálen od výroby. Materiálový tok musí být pak zajištěn vnitropodnikovou dopravou. Často jsou pro přepravu využívány vysokozdvizné vozíky, dopravní pásy, paletové vozíky apod., které však pouze ulehčí transport samotný, ale nijak ho neeliminují. Skutečné zlepšení spočívá v minimalizaci míry přepravy s cílem zvýšit efektivitu výroby, což je doprovázeno mimo jiné i optimalizací layoutu. (Filosofie štíhlé výroby, 2011; Shingo, 1989, s. 25)

Špatný pracovní postup může vyvolat potřebu **dodatečné práce**. Patří sem například dlouhé dráhy nástrojů před zahájením vlastní operace, navržení špatného materiálu nebo nevhodnou konstrukcí výrobku, nástroje či přípravku. (Filosofie štíhlé výroby, 2011; Mašín a Vytlačil, 1996, s. 44-47)

Jednotlivé druhy plýtvání se často navzájem prolínají, jejich hranici je v některých případech obtížné striktně vymezit. Avšak díky tomu zpravidla redukce plýtvání v jedné oblasti způsobuje pokles plýtvání i v ostatních oblastech. Plýtvání se vyskytuje v každém podniku, proto by jej měli všichni pracovníci neustále vyhledávat a odstraňovat, aby zvyšovali pro-

duktivitu a snižovali náklady. Při odhalování si musíme uvědomit, že hledáme problémy a jejich příčiny, nikoliv viníky, které bychom chtěli potrestat. (Filosofie štíhlé výroby, 2011; Plýtvání, 2009)

Na následujícím obrázku (Obr. 4) jsou znázorněna možná řešení problémů plýtvání podle Tomka a Vávrové (2014).



Obr. 4: Řešení problémů plýtvání (Tomka a Vávrová, 2014, s. 134)

3 LAYOUT PRACOVIŠTĚ

Layout, nebo také prostorové uspořádání pracoviště má velmi významný vliv na efektivitu celého podniku. Týká se uspořádání jednotlivých výrobních oddělení, pracovních stanic, nástrojů, strojů a dalšího potřebného vybavení s důrazem kladeným na pohyb práce. Podstatou prostorového uspořádání je účelné rozmístění výrobního zařízení tak, aby pracovník měl co nejlepší podmínky pro výkon své práce. Vhodné uspořádání pracoviště má velký vliv na kapacitu celého systému a stejně tak ovlivňuje i výrobní náklady, především náklady na manipulaci a přepravu materiálu. Nalézt optimální uspořádání pracoviště není vždy jednoduché, ale je velmi důležité. (Hiregoudar a Reddy, 2007, s. 13)

Podle Tučka a Bobáka (2006) existují základní okolnosti ovlivňující prostorové řešení výroby, kterými jsou:

- **Generel organizace** – jedná se o situační rozmístění objektů organizace, příjezdových cest, vnitrozávodních komunikací apod.
- **Sít' komunikací**
- **Charakter budov** – představuje informace o účelu objektů, jejich podlahové ploše, půdorysu, prostorovém řešení, nosnosti, rozmístění chodeb, dveří, jejich velikosti, atd..
- **Inženýrské sítě** – rozvody elektrické energie, vody, kanalizace, páry apod. Mohou značně ovlivnit prostorové uspořádání výroby.
- **Typ výroby** – čím je vyšší stupeň výroby, tím jsou kladeny vyšší požadavky na uspořádání jednotlivých výrobních prvků.
- **Manipulační prostředky** – například jeřáby s pevnými drahami, závodní železnice nebo další stabilní zařízení.
- **Technologický postup** – technologická náročnost výroby je dalším vlivem, se kterým je nutné předem počítat. (Tuček a Bobák 2006, s. 235)

Prostorové uspořádání výroby bývá zpravidla individuální (volné) nebo skupinové. Individuální rozmístění se používá u nižších typů výrob, kde se výrobní procesy neopakují, a celkový počet pracovišť je malý. Pro rozmístění zařízení je poměrně obtížné určit společné znaky jednotlivých výrobků a operací. Skupinové rozmístění je uplatňováno ve složitějších typech výrob. Dělbá práce zde má klíčovou roli v seskupování a úpravě pracovišť. Zařízení jsou orientována podle dvou základních hledisek. Buď na základě příbuznosti operací a použité technologie do technologického uspořádání, nebo na základě charakteru vyráběné-

ho předmětu do uspořádání předmětného. V praxi je možné se setkat i s kombinací těchto dvou řešení. (Tuček a Bobák, 2006, s. 236)

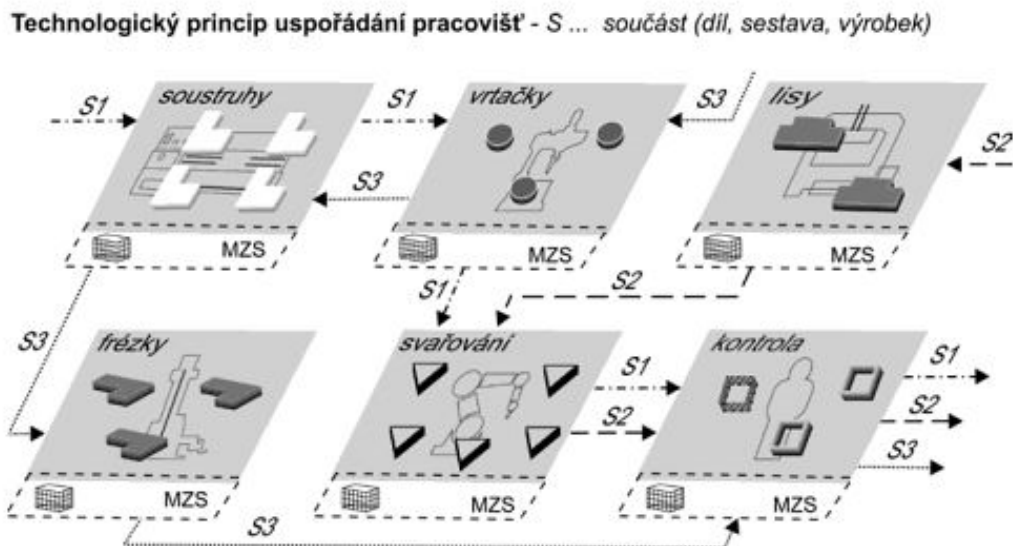
3.1 Technologické uspořádání

Při tomto typu uspořádání vznikají dílny se stejnými druhy strojů, neboť se zařízení seskupují podle technologické příbuznosti, proto se také někdy používá pojem „dílnské uspořádání“. (Hiregoudar a Reddy, 2007, s. 14)

Dílnské uspořádání má podle Tomka a Vávrové (2014) tyto základní předpoklady:

- existuje skupina strojů se shodnou funkcí;
- vzhledem k technologickým postupům jednotlivých produktů není jednotné pořadí zpracování;
- nepožaduje se přesné určení stroje, pouze funkce dané technologickým postupem;
- u zakázek není stanoven jednotný a konstantní čas zpracování;
- není dán pevný rytmus průběhu výroby;

S tímto typem uspořádání se typicky můžeme setkat u výroby dílů ve strojírenské a elektrotechnické výrobě. (Tomek a Vávrová, 2014, s. 44)



Obr. 5: Technologické uspořádání pracovišť (Tomek a Vávrová, 2014, s. 43)

Mezi výhody tohoto druhu uspořádání patří:

- flexibilní a univerzální přizpůsobení změně výrobního programu;
- větší rozhodovací prostor pro všestranněji kvalifikované pracovníky;

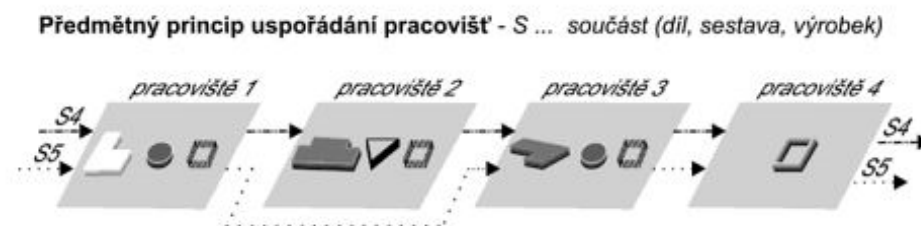
- jednodušší zabezpečení údržby strojů;
- vysoká kvalifikace pracovníků;
- větší variabilita vyráběné produkce užitím univerzálních strojů;
- možnost přijetí nových zakázek;

Za nevýhody tohoto uspořádání se považují:

- časová a prostorová nepřehlednost;
- dlouhé a nejednotné dopravní cesty a s tím související vysoké nároky na manipulaci;
- vyšší nároky na skladovací prostory;
- složitější řízení výrobního procesu;
- trvalá potřeba úprav plánů dle nových zakázek;
- dlouhé doby přerušení ve vztahu k času práce. (Tuček a Bobák, 2006, s. 237; Hiregoudar a Reddy, 2007, s. 15)

3.2 Předmětné uspořádání

Základem je jednotný materiálový tok, někdy také označovaný slovem proud, proto se můžeme setkat i s označením proudová organizace výroby. V tomto systému uspořádání jsou pracoviště seskupována podle technologického postupu daného produktu. Za sebou jsou řazena technologicky odlišná pracoviště podle průběhu technologických operací. Výrobek během výrobního procesu postupuje vždy nejkratší cestou z jednoho pracoviště na druhé. (Tuček a Bobák, 2006, s. 238; Tomek a Vávrová, 2014, s. 45)



Obr. 6: Předmětné uspořádání pracovišť (Tomek a Vávrová, 2014, s. 43)

Výhodami tohoto uspořádání jsou:

- nižší náklady na přepravu a manipulaci;
- krátká průběžná doba výroby;
- přehledný materiálový tok;

- snížení zásob rozpracované výroby a s tím spojený nižší počet meziskladů a úspora výrobních ploch;
- jednodušší operativní řízení výroby;

Mezi nevýhody předmětného uspořádání výroby se řadí:

- vysoké náklady a požadavky na přípravu výrobní linky;
- vysoké nároky na prohlídky a údržbu strojů a zařízení;
- velká vzájemné závislost jednotlivých pracovišť;
- výpadek pracoviště blokuje ostatní;
- špatné rozvržení dodávek materiálu může vést k zastavení výroby. (Tomek a Vávrová, 2014, s. 45; Hiregoudar a Reddy, 2007, s. 16)

V praxi se předmětné uspořádání pracoviště vyskytuje ve dvou formách závislejících na výrobním množství. Jedná se o linkové a hnízdové uspořádání. (Tuček a Bobák, 2006, s. 239)

3.2.1 Linkové uspořádání výroby

Tento typ uspořádání je využíván při výrobě malého počtu druhů výrobku, zpravidla jednoho nebo jen několika, ale vyššího výrobního množství technologicky podobných produktů.

Pokud je vyráběn pouze jeden výrobek, označujeme tuto linku jako **proudovou**. Proudová linka se vyznačuje pevně danou posloupností a dobou trvání všech činností, a také jednosměrným a pevně určeným dopravním spojením mezi jednotlivými pracovišti. Typické jsou pro hromadnou a velkosériovou výrobu.

Pokud je na lince vyráběno několik součástí vymezených tvarem, rozměry nebo technologií výroby, je taková linka označována jako **pružná**. Pro tento typ linek je příznačné volné spojení mezi jednotlivými pracovišti, takže materiálový tok může být dle potřeby měněn co do počtu i pořadí prováděných operací. (Tuček a Bobák, 2006, s. 240)

3.2.2 Hnízdové uspořádání výroby

Hnízdové uspořádání výroby se využívá tam, kde je vyráběn vyšší počet druhů a menší výrobní množství technologicky podobných výrobků. Výroba v tomto typu uspořádání probíhá nejčastěji ve volné časové návaznosti. Z tohoto důvodu je nutné kromě rozmístění strojů řešit i mezioperační skladování. V závislosti na počtu vyráběných dílů, složitosti

výroby, stupni mechanizace a automatizace rozlišujeme následující druhy hnízdového uspořádání výroby:

- volně rozptýlené;
- buňkové;
- řadové.

Nejčastěji se v praxi lze setkat s uspořádáním řadovým a buňkovým. (Tuček a Bobák, 2006, s. 239)

3.3 Výrobní buňky

Podle Kavana (2002) představuje buňková výroba moderní uspořádání strojů do buněk, které jsou schopné produktivně zhotovit výrobky s příbuznými výrobními požadavky. Buňky ve své podstatě znamenají jakousi autonomní a flexibilní obdobu předmětného uspořádání. Stroje jsou v buňce uspořádány s naprosto minimálními požadavky na přepravu. Skupina podobných výrobků v buňce putuje stejnou cestou (může se přeskočit technologická operace, která není potřebná). Buňková výroba usiluje o propojení výhod technologického i předmětného uspořádání. (Kavan 2002, s. 188)

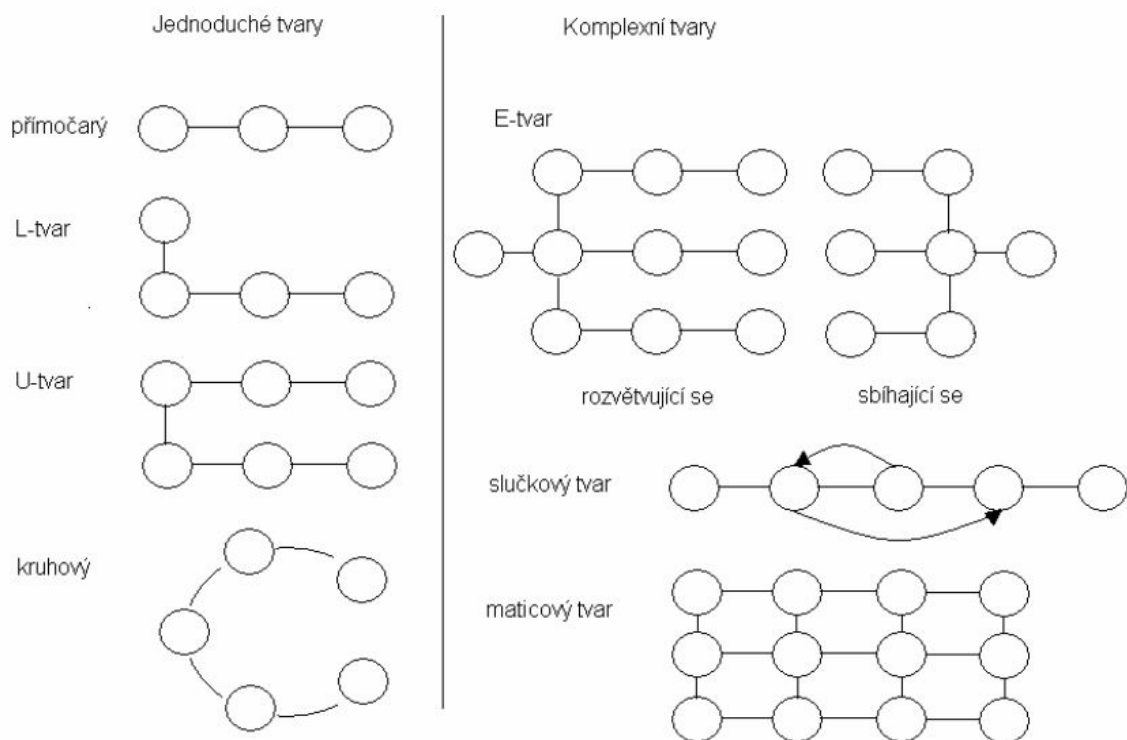
Právě flexibilita je velmi důležitou vlastností výrobních buněk. Tím, že jsou zařízení v buňce vybavena do jisté míry autonomní (např. automatické vyhazování součástek, signalizace abnormalit, apod.) a jsou mezi nimi minimální vzdálenosti, může se operátor pohybovat v buňce a obsluhovat více strojů. Změnou počtu operátorů je pak možno pružně měnit výkon buňky a přizpůsobovat ho požadavkům zákazníka. (Hales a Andersen, 2002)

3.3.1 Typy výrobních buněk

Mašín a Vytlačil (1996) uvádějí tyto nejčastější typy výrobních buněk:

- **Buňky pro výrobu součástí** (např. obrábění, lisování atd.) – je zde soustředěno veškeré technologické zařízení i nástroje, které jsou potřeba pro komplexní výrobu skupiny geometricky nebo procesně příbuzných dílů.
- **Montážní buňky** - vytvářejí se pro skupiny montovaných výrobků, projektují se ve dvou úrovních – předmontážní buňky a buňky finální montáže.
- **Procesní buňky** (např. tepelné zpracování, lakování atd.) - jsou určeny technologickým postupem. (Mašín a Vytlačil 1996, s. 126-128)

Základní tvary výrobních buněk jsou znázorněny na následujícím obrázku (Obr. 7).

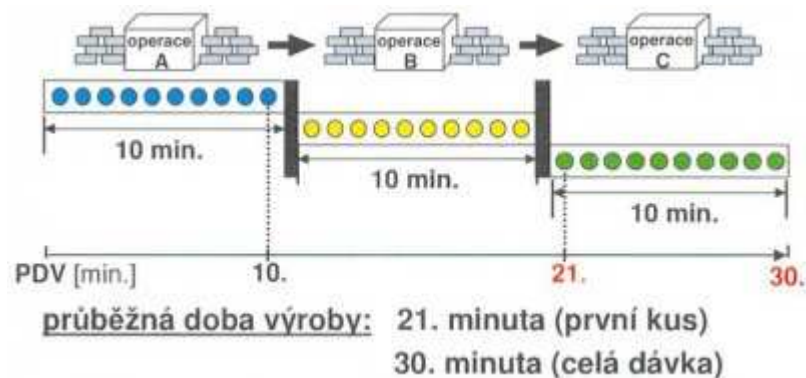


Obr. 7: Základní tvary výrobních buněk (Tuček a Bobák, 2006, s. 247)

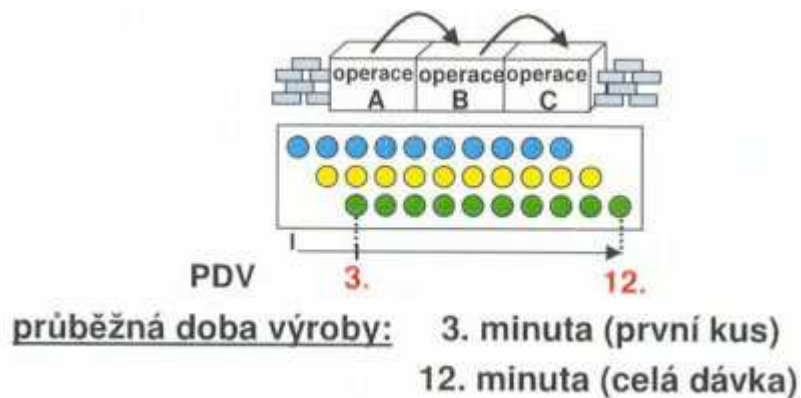
3.3.2 One Piece Flow

One Piece Flow, neboli tok jednoho kusu, je způsob výroby, při kterém procházejí výrobky jednotlivými operacemi celého procesu výroby kus za kusem bez přerušování a čekání. Tato metoda zlepšuje kvalitu a snižuje náklady. Tok jednoho kusu je protikladem výroby v dávkách. Výroba může rychle reagovat na měnící se poptávku a splnit tak nejen požadavky na změny v modelu, ale také na dodací lhůty. (One-piece Flow, 2015; Shingo, 1989, s. 47-52)

Praktickou ukázkou rozdílu mezi dávkovou výrobou a tokem jednoho kusu znázorňují následující obrázky (Obr. 8 a Obr. 9). Jedná se o jeden druh výrobku, který prochází třemi fázemi, kdy se na výrobku pracuje. Každá fáze trvá jednu minutu. Na prvním obrázku (Obr. 8) se vyrábí po dávkách deseti kusů, znamená to, že až po dokončení operace A na všech výrobcích se může začít s operací B a následně s operací C. Z čehož vyplývá, že první kus může být hotov nejdříve za 21 minut. Na rozdíl u toku jednoho kusu, jež znázorňuje druhý obrázek (Obr. 9), kde po provedení operace A na prvním kusu se pokračuje hned s operací B a následně C. První výrobek je tedy hotov za 3 minuty. (One-piece Flow, 2015)



Obr. 8: Výroba v dávkách (One-piece Flow, 2015)



Obr. 9: Tok jednoho kusu (One-piece Flow, 2015)

Mezi hlavní přínosy výroby metodou toku jednoho kusu patří:

- snížení průběžné doby výroby;
- snížení rozpracovanosti výroby;
- identifikace úzkého místa v procesu;
- rychlejší identifikace nekvality;
- redukce výrobních ploch. (One-piece flow, 2015)

3.4 Zásady pro rozmíst'ování strojů

Při tvorbě návrhu prostorového uspořádání pracoviště je třeba brát v úvahu maximální rozměry stroje, tedy včetně jeho pohyblivých, otočných nebo výsuvných částí (různá ra-

mena, šuplíky, dvířka, atd.). Je tedy důležitá znalost stroje i výrobního postupu. V úvahu je potřeba brát následující faktory:

- maximální rozměry stroje;
- prostor pro obsluhu stroje;
- plochy pro bezpečnou práci;
- manipulační prostory;
- trasy pro přepravu materiálu;
- únikové východy;
- přípojky inženýrských sítí;
- rozmístění dveří a oken. (Hiregoudar a Reddy, 2007, s. 216)

Pro vytvoření reálného obrazu o ideálním rozmístění všeho potřebného v rámci plánované úpravy layoutu je vhodné použít některou z metod simulace, která poskytne potřebnou zpětnou vazbu.

3.5 Postup při sestavování návrhu layoutu

Základním předpokladem pro sestavení kvalitního návrhu prostorového uspořádání pracoviště je zvolit správný metodický postup. Hlavenka (2005) uvádí tyto jednotlivé fáze sestavování layoutu:

- orientační průzkum;
- sběr informací;
- analýza současného stavu;
- návrh;
- realizace.

Orientační průzkum - jde o první a rychlé seznámení s řešeným objektem.

Sběr informací - řadí se mezi nejdůležitější činnosti z celého postupu tvorby návrhu a nemůže být nikdy vynechán. Tuto činnost je nutné organizovat tak, aby byly informace k dispozici v požadovaném termínu, ale aby nedocházelo ke zbytečnému plýtvání. Získané informace je nutné před samotným rozbořem ještě upravit (např. odstranit chyby).

Analýza současného stavu - je důležité situaci posuzovat z různých hledisek, jako např. ekonomického, technického, psychologického, atd. Kvalitně zpracovaná analýza by měla přímo ukázat varianty možného řešení, měli by ji proto provádět vždy vysoce kvalifikovaní

pracovníci. Je vhodné volit nezaujatý pohled na věc, případně analyzovat současný stav s externí pomocí. Mezi hlavní oblasti, které by měly být v rámci analýzy současného stavu zkoumány, patří:

- vybavenost stroji a zařízeními a jejich využití;
- vybavenost výroby speciálním nářadím;
- technický stav základních prostředků;
- úroveň mechanizace a automatizace výrobního procesu;
- standardizace;
- tok materiálu a manipulačních prostředků;
- stávající dispoziční řešení a prostorové uspořádání;
- ergonomické vlivy;
- věková a kvalifikační struktura pracovních sil, atd.

Návrh – v této fázi se využívají zkušenosti a tvůrčí dovednosti projektantů. Důležité je definovat stav, kterého má být změnou dosaženo. Nedílnou součástí každého návrhu je také ekonomické zhodnocení, tedy porovnání všech nákladů a přínosů spojených s realizací nového řešení.

Realizace - je poslední fází projektu. Samotnou realizaci je možné provést vlastními silami, dodavatelsky nebo kombinovaně. V rámci realizace se provede také zhodnocení projektu s ohledem na možná další zlepšení. (Hlavenka, 2005, s. 66-68)

4 ERGONOMIE

Pojem ergonomie vznikl spojením řeckých slov „ergon“ – práce či pracovní síla, a „nomos“ – řád, zákon. Jedná se o interdisciplinární vědní obor, který spojuje poznatky humanitních a technických věd. Předmětem ergonomie je studium vztahů mezi člověkem, pracovním prostředkem a pracovním prostředím. Cílem ergonomie je vytvoření technických a organizačních podmínek pro efektivní lidskou práci, snižování pracovní zátěže, zvyšování pracovní pohody, omezení podmínek pro chyby a zdravotní ohrožení člověka. (Mašín a Vytlačil, 2000, s. 41-44)

Základními oblastmi ergonomie jsou:

- **fyzická ergonomie** – je zkoumán vliv pracovních podmínek a pracovního prostředí na lidské zdraví. Např. problematika pracovních poloh, manipulace s břemeny, opakovatelné pracovní činnosti, bezpečnost práce, uspořádání pracovního místa apod.
- **kognitivní (psychická) ergonomie** – je zaměřena na psychologické aspekty pracovní činnosti, jako např. percepce, paměť, usuzování apod. Do této kategorie patří např. problematika psychické zátěže, procesy rozhodování, dovednosti a výkonnost, pracovní stres apod.
- **organizační ergonomie** – je zaměřena na optimalizaci sociotechnických systémů. Jedná se např. o lidský systém v komunikaci, zajištění pocitu komfortu, týmovou práci, sociální klima, režim práce a odpočinku, směnovou práci apod. (Gilbertová a Matoušek, 2002, s. 15-16)

Obecně platí, že pracovní podmínky a pracovní prostředí musí být přizpůsobeno zaměstnanci, protože jedině tak lze dosáhnout trvale vysoké úrovně osobní výkonnosti a tím i efektivnosti celého podniku. Proto musí podnik zaměstnanci zajistit především:

- vhodnou pracovní polohu,
- vhodné zorné podmínky pro práci,
- vhodnou výšku pracovní plochy,
- vhodné pohybové prostory,
- bezpečný přístup na pracoviště a bezpečnost při práci. (Tuček a Bobák, 2006, s. 234)

Mezi nejčastější pracovní polohy můžeme zařadit sed a stoj, ale vyloučit nelze ani další, jako například leh nebo dřep, zařadit sem musíme také chůzi. Žádný pohyb nebo držení těla však není možné striktně označit za optimální. Aby byly eliminovány záporné fyzikální vlivy, které působí na lidské tělo, doporučuje se v maximální možné míře kombinovat sezení, stání a přecházení. Při dodržování zásad ergonomie je možné snížit zatížení na pracovníka a zjednodušit konkrétní pracovní postupy. Pozitivně se to odrazí také na poklesu zranění pohybového aparátu pracovníků a s tím spojených pracovních neschopností. (Ergonomické hodnocení pracovního místa, 2004)

Základní pravidla ergonomie by se dle Tučka a Bobáka (2006) dala definovat takto:

- pracovat v neutrálních polohách (bez zbytečného ohýbání se, s hlavou rovně a svěšenými rameny);
- snižovat přebytečnou sílu (zkrátit vzdálenosti pro přenášení, úprava úchytů);
- mít vše na dosah;
- odstranit zbytečné pohyby využitím pákových mechanismů nebo převodů;
- odstranit tlakové body (zakulatit hrany, vylepšit uchopení - eliminace puchýřů);
- cvičit a pohybovat se;
- poskytovat volný prostor pro chůzi;
- udržovat příjemné prostředí bez hluku, otřesů, zimy, či naopak horka apod.;
- zmenšovat únavu a statické zatížení přestávkami, střídáním poloh;
- pracovat ve vhodných výškách. (Tuček a Bobák 2006, s. 234-235)

4.1 Ergonomický audit

Ergonomický audit se používá ke kontrole podmínek na pracovišti a hodnotí pracoviště z pohledu organizace, uspořádání pracovního místa, vynaložené síly, použití nástrojů, atd. V případě, že je zjištěna odchylka od definovaného rozmezí, musí podnik provést příslušná nápravná opatření. (Ergonomie, 2015)

Mezi nejdůležitější kritéria pro hodnocení pracovního místa patří:

- **rozměry** – minimální nezastavěná podlahová plocha, minimální světlá výška, minimální vzdušný prostor, přístupové a únikové cesty, výška pracovních a manipulačních rovin, oblastí dosahů horních i dolních končetin a jejich závislosti na základní pracovní poloze (vsedě, ve stoje, střídání obou poloh).

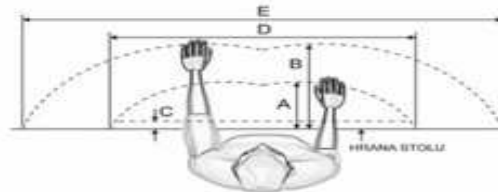
- **pracovní poloha hlavní a vedlejší** – zda odpovídá vykonávaným pohybům, rozměrům a hmotnosti předmětů při manipulaci s nimi, zda ovládací prvky jsou v dosahu, zda přímo sledovaná místa a umístění sdělovačů jsou dobře viditelné ze základní (hlavní) pracovní polohy a zda nedochází k fyziologicky nežádoucí pracovní poloze, jako je např. nutnost trvalejšího předklonu a výponu trupu, jeho otáčení do stran o více než 60 ° apod.
- **pracovní pohyby** – zda jsou střídavě aktivovány různé svalové skupiny a nedochází k jejich dlouhodobému a jednostrannému přetížení, zda dráhy pohybů odpovídají pohybovým stereotypům.
- **fyzická namáhavost** – zda manipulace s břemeny jako jsou obrobky, dílce, vyměnitelné součásti stroje apod. nepřekračují přípustné limity, tj. jejich hmotnost, frekvence zvedání a přenášení, přípustné dráhy a vzdálenosti. Zda je pracovní místo vybaveno mechanizačním zařízením pro přenášení těžkých břemen či je využíváno jiných technických prostředků.
- **technická vybavenost a uspořádání** – zda jsou k dispozici skříňky na nástroje a pomůcky, zda rozmístění technologických prostředků sestavy strojů a dalších technických zařízení je přehledné, snadno přístupné i při vykonávání oprav, seřizování apod. Zda součástí pracovního místa je sedadlo a zda vyhovuje.
- **riziko působení škodlivin** – jak je zamezeno úniku škodlivin např. prachu, chemických látek do ovzduší, přenosu vibrací, záření a dalších faktorů negativně ovlivňujících zdraví. (Ergonomické hodnocení pracovního místa, 2004)

Při hodnocení jsou obvykle používána různá hodnotící hlediska. Příklad formuláře pro hodnocení pracovního místa znázorňuje následující obrázek (Obr. 10).

I. Hodnocení zón dosahu pro práci vsedě

Pracoviště:
Název práce (popis práce):
Datum:
Hodnocení provedl:

| Hodnocené kritérium | Doporučovaný rozměr | Skutečný rozměr | Přijatelné |
|---|---------------------|-----------------|------------|
| A. Doporučený dosah dopředu | 30 cm | | |
| B. Doporučený dosah dopředu | 46 cm | | ANO – NE |
| C. Minimální vzdálenost pro provádění práce | 2,5 – 10 cm | | ANO – NE |
| D. Doporučený dosah do stran | 102 cm | | ANO – NE |
| E. Rozšířený dosah do stran | 152 cm | | ANO – NE |



Obr. 10: Formulář ergonomického auditu (Ergonomie, 2015)

4.2 Ergonomické parametry

Existuje několik základních parametrů, které jsou společné pro všechna ergonomická pracoviště bez ohledu na charakter činnosti. Jedná se o tyto parametry:

- výška stropu - 2,5 m při maximální ploše 50 m², při maximální ploše 2000 m² je výška 3,5 m.
- podlahová plocha - minimálně 2 m² při denním světle, bez denního světla alespoň 5 m²
- pracovní rovina - v sedě i ve stoje ve stejné výšce jako je výška lokte nad podlahou. Pokud jsou kladeny zvýšené nároky na zrak, zvýšit o 10 - 20 cm.
- pracovní prostor - podle fyzických proporcí a pracovní náplně. Ruce by měly v lokti svírat úhel zhruba 100°.
- fyzická zátěž - měří se frekvence tepu nebo energetický výdaj za směnu.
- manipulace s břemeny - rozlišuje se krátkodobá a dlouhodobá zátěž. Limit pro ženy je najednou 15 kg, za směnu 6,5 tuny. Limit pro muže představuje najednou 30 kg a za směnu 10 tun.
- akustické podmínky - zkoumá se hlučnost. Limit pro tvůrčí práci je 40 dB, pro fyzickou práci je to 80 dB.
- mikroklima - záleží na energetickém výdaji a na druhu pracovní činnosti. V létě je rozmezí 23 - 26°C, v zimě pak 20 - 24°C. (Ergonomie pracovního místa, 2015)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Historie společnosti sahá do období před rokem 1989, kdy byla hlavní činnost zaměřena především do oblasti výpočetní techniky. Po zpřístupnění zahraničních trhů po sametové revoluci se společnost začala zabývat výrobou a servisem pro klienty z automobilového a spotřebního průmyslu.

V roce 1991 společnost vznikla jako privátní firma a její služby byly rozšířeny např. o instalaci sítí a prodej spotřebního materiálu. O rok později byla činnost společnosti dále rozšířena o instalace bezpečnostních a tepelně odrazných okenních fólií, které byly využívány především bankami a obchody.

V polovině 90. let bylo na základě zahájení spolupráce s belgickou společností Bosch Tienen zřízeno nové pracoviště pro účely kompletace plastových komponent pro ostřikovací systémy světlometů. Tím byla započata transformace z obchodní organizace na organizaci výrobní, zaměřenou primárně na montážní a elektromontážní práce. Tento trend pokračoval dále a vyústil v budování nového výrobního závodu a razantnímu nárůstu objemu výroby.

Na začátku druhé dekády 21. století zahájila společnost spolupráci s novými partnery založenou na výrobě osvětlovacích systémů, elektroinstalačního materiálu a také na kompletaci kapotáže strojů pro stavebnictví a zemědělství. Z tohoto důvodu vznikla potřeba nových výrobních prostor a pracovníků.

Díky tomu společnost v současné době operuje na ploše o rozloze cca 7500 m² a zaměstnává více než 300 zaměstnanců a stala se významným smluvním partnerem pro výrobu a montáž pro mnoho světových firem. Současné výrobní portfolio společnosti je poměrně široké a je orientováno především na automobilový a elektronický průmysl. Společnost se specializuje především na sériovou výrobu a montáž drobných komponent. (Interní materiály společnosti)

5.1 Produktové portfolio

Společnost patří mezi přední české výrobce automobilových komponent a její hlavní činnosti zahrnují především:

- montáž plastových komponentů pro ostřikovače světlometů automobilu,
- výroba držáků uhlíku pro malé elektromotory v automobilech,

- montáž zadních plastových stěračů pro osobní automobily,
- osazování desek plošných spojů.

Většina produkce je určena na export, a to především do Německa, Rakouska, Maďarska, Belgie, Mexika, Číny a Brazílie. (Interní materiály společnosti)

5.2 Certifikace

Z důvodu rostoucích požadavků zákazníků na kvalitu výrobků společnost klade důraz na neustálé zlepšování vnitřních procesů a služeb. Zdokonalování probíhá aplikací moderních metod řízení kvality, výroby a managementu, jakými jsou např. filozofie Kaizen, TQM, štíhlá výroba apod.

Společnost dosud získala následující certifikáty:

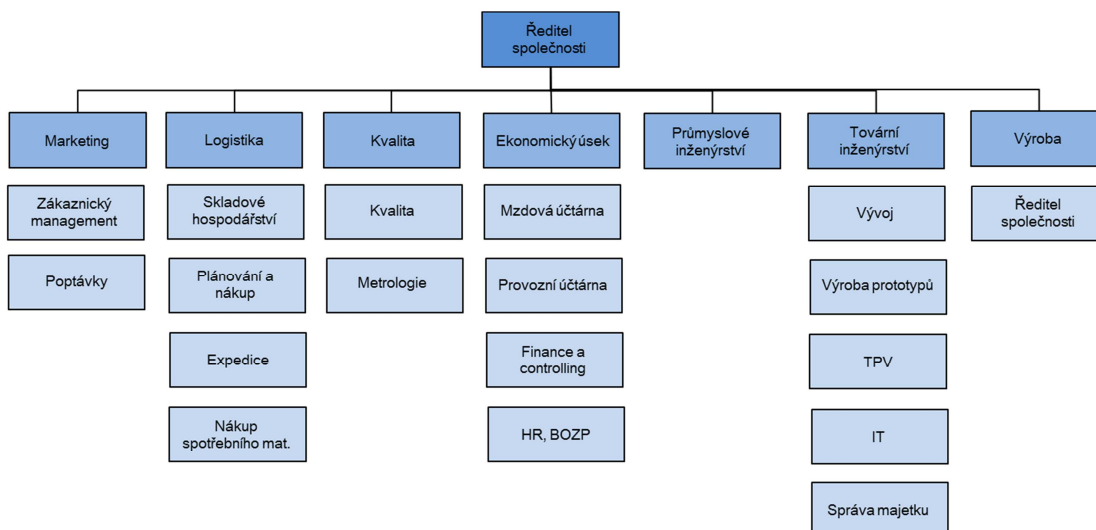
- ISO 9001 (Systém managementu jakosti);
- ISO/TS 16949 (Systém managementu jakosti v automobilovém průmyslu);
- ČSN EN ISO 14001 (Management kvality, environmentu a bezpečnosti).

(Interní materiály společnosti)

5.3 Organizační struktura

Společnost je tvořena základními organizačními jednotkami, které společně vytvářejí funkční organizační strukturu. Ta je specifická tím, že zaměstnanci jsou zařazováni do skupin podle charakteru úkonů, které provádějí. Zaměstnanci s podobnými pracovními úkoly jsou tedy seskupováni do skupin. Jednotlivými organizačními jednotkami jsou provoz (které jsou rozděleny dle výrobních hal), průmyslové inženýrství, útvary kvality, logistiky, marketingu a ekonomiky a tzv. tovární inženýrství, které sestává z technické přípravy výroby a vývoje.

Zjednodušená organizační struktura je pro názornost znázorněna na obrázku níže (Obr. 11).



Obr. 11: Organizační struktura firmy (Vlastní zpracování)

5.4 Výrobní prostory

Společnost provozuje svou činnost ve třech výrobních halách rozdělených dle produkce. Vzhledem k neustále rostoucímu objemu výroby a získávání nových projektů se společnost již několik let potýká s nedostatkem místa ve výrobních halách. Aktuálně navíc společnost získala možnost začít další významný projekt, jehož realizace vyžaduje jisté nároky na ESD výrobní prostory. Z tohoto důvodu došlo ve společnosti k celkovému internímu auditu, jehož cílem bylo vytipovat místa vhodná pro umístění nově získaného projektu. Vzhledem k tomu, že nový projekt musí být umístěn do ESD výrobních prostor, které jsou ve společnosti zajištěny pouze v části jedné výrobní haly, je třeba tyto prostory analyzovat a navrhnout jejich optimalizaci s ohledem na uvolnění místa dalšímu projektu.

ESD prostory jsou ve společnosti vybudovány pouze v části jedné výrobní haly a jejich celková rozloha je 254m². Tento prostor je ve výchozím stavu rozdělen mezi dva projekty, a to montáž držáku Hallova senzoru a montáž držáku uhlíků. Během interního auditu provedeného pracovníky průmyslového inženýrství ve spolupráci s diplomantem byl shledán potenciál pro úsporu výrobních ESD prostor za předpokladu optimalizace layoutu věnovaného projektu montáže držáku uhlíků.

Po projednání situace a požadavků ze strany společnosti byl diplomantem ve spolupráci s pracovníky společnosti sestaven základní rámec projektu, který bude představen v následující kapitole.

6 ZADÁNÍ PROJEKTU

Téma projektu:

- Optimalizace layoutu ESD části výrobní haly.

Hlavní cíl:

- Racionalizací layoutu uvolnit ve výrobní hale prostor pro nový projekt.

Vedlejší cíle:

- Snížením manipulace, racionalizací layoutu a drobnými úpravami zvýšit produktivitu a maximalizovat využití testovací linky.
- Identifikace a eliminace plýtvání.
- Nalezení možných zlepšení.

Rizika projektu

- Neochota zaměstnanců spolupracovat.
- Výrobní postup nesmí být zásadně měněn.
- Dodací lhůty (nesmí být omezena stávající produkce).
- Nesmí být ohrožena kvalita produkce.
- Časový rámec (počátek implementace nového projektu).

Projektový tým

Zadavatel projektu: ředitel společnosti XY

Vedoucí projektu: výrobní ředitel společnosti XY

Členové projektového týmu:

- Vedoucí oddělení průmyslového inženýrství společnosti XY
- Průmyslový inženýr společnosti XY
- Bc. Tomáš Vitásek – diplomant
- Manažer kvality společnosti XY
- Vedoucí TPV společnosti XY

Časový harmonogram projektu

Projekt je rozdělen do několika částí, jejichž časová posloupnost je znázorněna na následujícím obrázku (Obr. 12).

| Aktivity | rok/měsíc | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------|-------|--------|------|-------|--------|-------|------|-------|--------|---------|
| | IX.14 | X.14 | XI.14 | XII.14 | I.15 | II.15 | III.15 | IV.15 | V.15 | VI.15 | VII.15 | VIII.15 |
| Formulace cílů projektu | ■ | | | | | | | | | | | |
| Sestavení projektového týmu | ■ | | | | | | | | | | | |
| Analýza pracoviště | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| Vyhodnocení analýz | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| Prezentace analýz managementu společnosti | | | | | | | ■ | | | | | |
| Návrhy možných zlepšení | | | | | | | ■ | | | | | |
| Prezentace jednotlivých návrhů managementu společnosti | | | | | | | ■ | | | | | |
| Výběr návrhu | | | | | | | ■ | | | | | |
| Příprava podkladů k implementaci návrhu | | | | | | | ■ | ■ | | | | |
| Implementace návrhu | | | | | | | | ■ | | | | |
| Zkušební provoz | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Vyhodnocení zkušebního provozu a případné úpravy | | | | | | | | | | | ■ | |
| Počátek ostrého provozu | | | | | | | | | | | | ■ |
| Řízení projektu | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

Obr. 12: Časový harmonogram projektu (Vlastní zpracování)

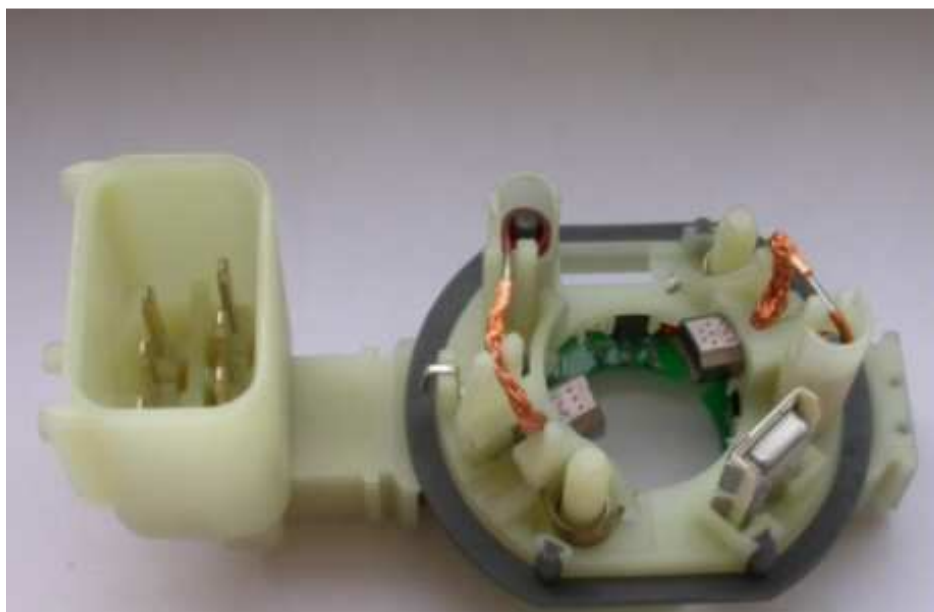
7 ANALYTICKÁ ČÁST

V první fázi byl analyzován výchozí stav s cílem pochopit veškeré probíhající procesy, jejich návaznost, spojitost a případná omezení. Během analýz byly využívány následující analytické prostředky:

- přímé pozorování;
- analýza videozáznamů pořízených na pracovišti;
- rozhovory se zainteresovanými stranami;
- studium firemní dokumentace.

7.1 Analýza výrobků

Na analyzovaném pracovišti jsou vyráběny držáky uhlíků v několika typech. Pracovní postup je u všech typů výrobků velice podobný a bude podrobně představen v další části diplomové práce. Jednotlivé výrobky se liší pouze v drobných detailech, zásadní body výrobního postupu jsou však u všech typů stejné, a proto mohou být analyzovány společně. Na obrázku níže (Obr. 13) je vyfocen kompletní výrobek.



Obr. 13: Kompletní výrobek (Vlastní zpracování)

7.1.1 Kusovník

Níže je v tabulce uveden vzorový kusovník pro nejčastěji vyráběný typ držáku uhlíků. Ostatní typy výrobku mají kusovník obdobný, liší se pouze variantou vstupního materiálu (jiné katalogové označení). Složení výrobku je však u všech vyráběných kusů stejné.

Tab. 2 Kusovník (Interní materiály společnosti)

| Název | Množství | MJ |
|---------------------------------|----------|------|
| Držák uhlíků | 1 | ks |
| Uhlík | 1 | ks |
| Uhlík | 1 | ks |
| Pružina | 2 | ks |
| Termo spínač | 1 | ks |
| Zemnicí kontakt | 1 | ks |
| Tištěný spoj | 1 | ks |
| Karton 475x390x190 | 0,0029 | ks |
| Proložka antistatická 470x380x1 | 0,017391 | ks |
| Rám-Mexiko | 0,001449 | ks |
| Paleta NE-EUR 800x1200 cert. | 0,001449 | ks |
| Kristall 511 Sn60Pb40 Ø 0,7mm | 0,000375 | kg |
| Krycí lak SL 1301ECO-FLZ | 0,0001 | kg |
| Pájecí hroty MTA 16 | 0,000208 | ks |
| Trubička pro cín 704 | 0,000023 | ks |
| Šestihran pro cín 701 | 0,000004 | ks |
| Čistící válečky | 0,000185 | ks |
| Kartuš 55cc | 0,000231 | ks |
| Píst pro kartuš 30/55cc | 0,000178 | ks |
| Disperzní jehly modré | 0,00123 | ks |
| Ředidlo V1301 Peters | 0,000023 | litr |

7.2 Analýza činností

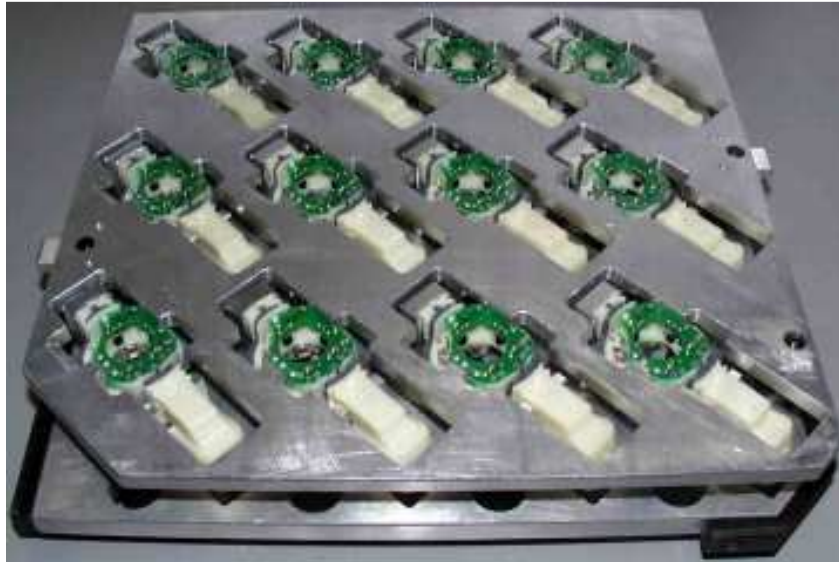
Jak již bylo zmíněno výše, jednotlivé typy výrobků vyráběných na analyzovaném pracovišti se liší pouze v drobných detailech, a to především ve variantách jednotlivých komponent. Pracovní postup je však u všech typů výrobků vždy stejný a je podrobně popsán níže.

Výrobnímu procesu na analyzovaném pracovišti předchází příprava polotovarů na montážní lince. Tato linka je vzhledem k charakteru výrobního procesu posuzována samostatně (mimo jiné má také jinak stanovené výkonové normy). Na tomto výrobním pracovišti operátorky připravují polotovary, které jsou vstupem pro analyzované pracoviště. Norma montážní linky je stanovena na 4300 ks za směnu.

Na pracovišti pracují celkem 4 operátorky a norma analyzovaného pracoviště je stanovena na 4000 ks za směnu. Pracovnice u montážního stolu (OP1) založí do držáku tištěný spoj a takto zkompletovaný držák vloží do masky, jejíž kapacita je 12 ks držáků. Kompletní masku zavře víkem a následně ji umístí do jednoho z volných pájecích automatů. Na pracovišti

zakládání je barevně vizualizováno, kde je již dopájeno. Nachystané masky má pracovnice položené v regálu či na vozíčcích, zapájené masky odkládá do regálu vedle optické kontroly. Průměrný takt pájecího automatu je cca 462 sec.

Na následujícím obrázku (Obr. 14) je vyobrazena maska s držáky uhlíků.

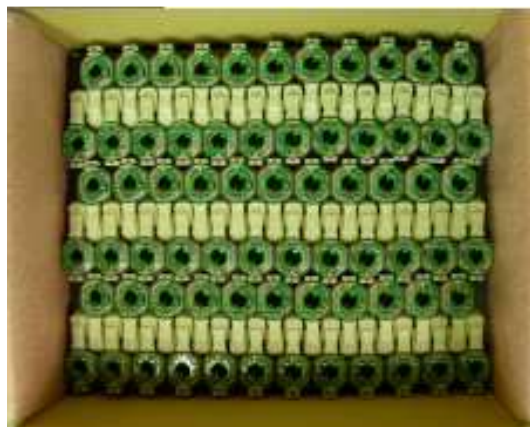


Obr. 14: Držák uhlíků s tištěnými spoji v masce s víkem (Vlastní zpracování)

Masky se zapájenými kusy vyjmuté z pájecího automatu jsou další pracovníci (OP2) zkontrolovány a následně založeny do lakovacího automatu, kde jsou nalakovány. Průměrná doba lakování v lakovacím automatu je 27 sec na masku. Po nalakování operátorka 2 sejme z masky víko, které odloží a kusy přeskládá z masky pro 12 ks do masky pro 48 ks. Během přeskládání je provedena optická kontrola lakování pomocí UV lampy. Případné nedostatky jsou ručně opraveny. Následně jsou kusy založeny do sušící pece. Prázdna maska pro 12 ks je po dopravníku poslána operátorce 1. Po této operaci přichází další kontrola a založení do testovací linky (OP3). Po vyjmutí kusu z testovací linky další operátorka (OP4) provede 100% kontrolu a hotové výrobky zabalí. Výrobky se balí do kartonové krabice po 345 ks. Pracovnice se po čtyřech hodinách práce střídají ve výrobě i na testovací lince.



*Obr. 15: Kontrola zapájených spojů
(Vlastní zpracování)*



*Obr. 16: Balení výrobků v kartonové
krabici (Vlastní zpracování)*

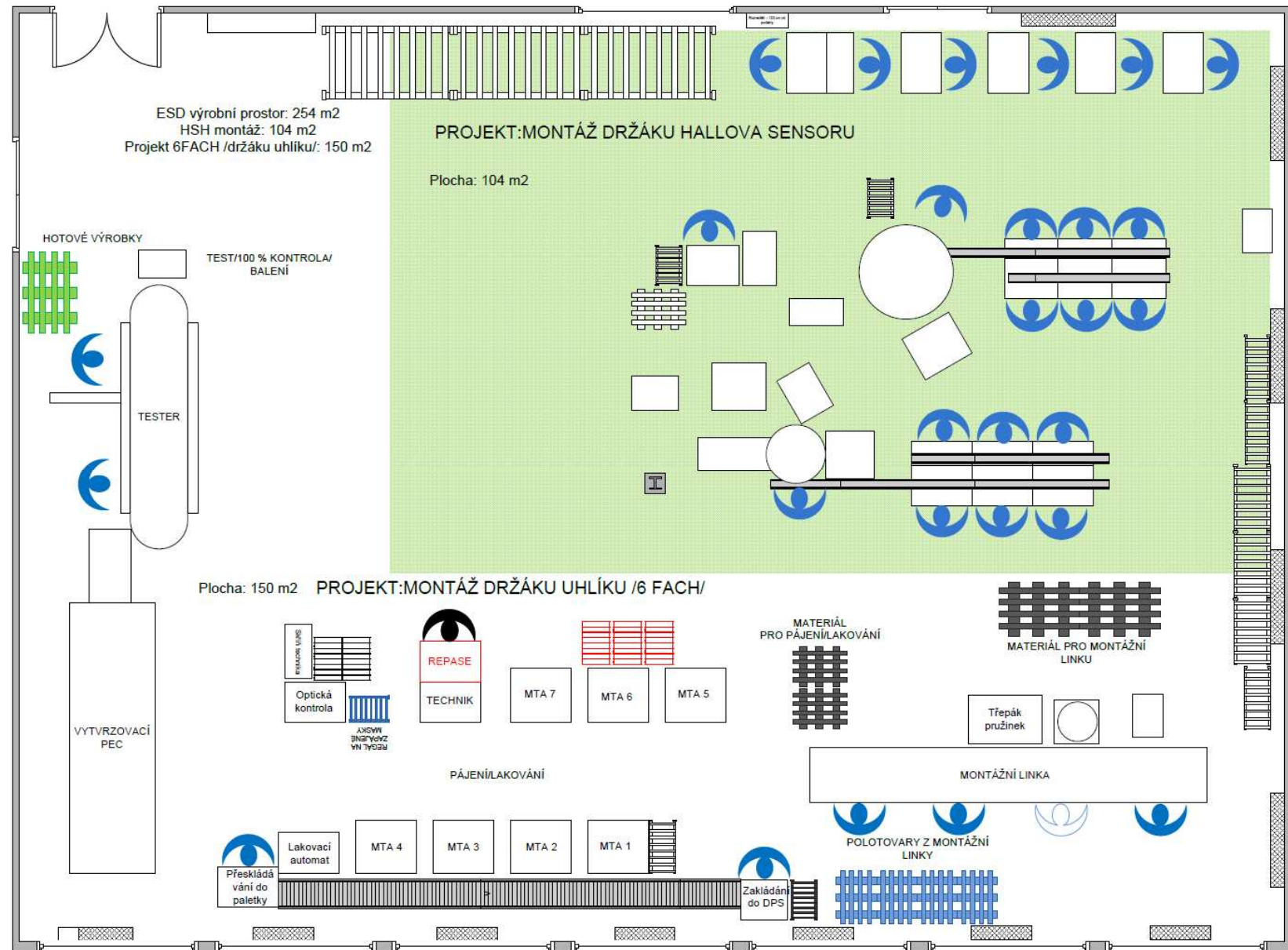
Pro přehlednost jsou jednotlivé kroky uvedeny v následující tabulce (Tab. 3).

Tab. 3: Přehled jednotlivých operací (Vlastní zpracování)

| Operace | Popis |
|--|--|
| Montáž tištěných spojů | Operátorka založí kusy do masky, namontuje desku plošných spojů, založí do pájecího automatu, vyloží z pájecího automatu a odloží na dopravník. |
| Pájecí automat | V lince je celkem 7 pájecích automatů. Čas jednoho cyklu je cca 7,7 min. To znamená, že teoreticky je každých 64,5 sec. dopájena jedna maska (tj. 5,38 sec. na 1 kus). |
| Optická kontrola a opravy | Operátorka odebere masku, zkontroluje ji a v případě potřeby ručně dopájí. |
| Lakování v lakovacím automatu | Operátorka vloží výrobek do LA, po dokončení lakování jej vyjme. Čas lakovacího automatu je 27 sec. |
| Kontrola a oprava laku, založení do sušicí pece | Operátorka zkontroluje lak, případně jej opraví a založí kusy do paletky (48 ks). Až je paletka zaplněná, vloží ji do pece. Masku pošle na druhou stranu. |
| Kontrola a založení do testovací linky | Po dvou kusech kontroluje operátorka především pájení a lakování. Pokud je OK, založí do testeru. |
| 100% kontrola + balení | Kontroluje OK kusy a balí do krabice (69 ks/vrstva; 5 vrstev/bedna). |

7.3 Původní layout

Obrázek níže (Obr. 17) znázorňuje výchozí prostorové uspořádání části výrobní haly s ESD prostorem o celkové výměře 254m². Tento prostor je ve výchozím stavu rozdělen mezi dva projekty, a to montáž držáku Hallova senzoru (na obrázku je pro přehlednost podbarven zeleně) a analyzovaný projekt montáže držáků uhlíku. Výrobní činnosti podrobně popsané v předchozích kapitolách jsou realizovány v prostorech znázorněných bílým podbarvením na následujícím obrázku.



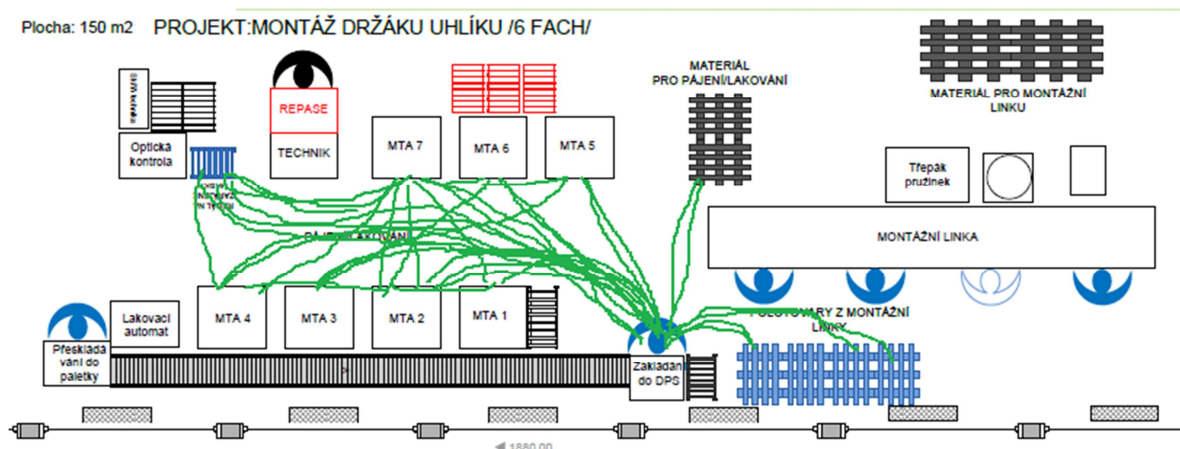
Obr. 17: Původní layout haly (Vlastní zpracování)

Z celkové ESD plochy o výměře 254 m² je 104 m² věnováno projektu držáků Hallova sensoru a na zbylých 150 m² se rozkládá analyzovaný projekt držáků uhlíků.

Počátek výroby je na montážní lince, odkud putují polotovary k operátorce, která je založí do desky plošných spojů a následně zapájí v jednom ze sedmi pájecích automatů. Ty jsou umístěny naproti sobě, v poměrně nevyhovujícím uspořádání jednak z hlediska nepřehlednosti (je vizualizováno, který pájecí automat již dopájel, avšak pokud operátorka stojí u pracoviště zakládání do DPS, nemá z tohoto místa velmi dobrý přehled o všech PA – např. PA 3 a 4 jsou v zákrytu a vizualizace není na první pohled pro operátorku viditelná), ale také kvůli dlouhým dráhám, které operátorka musí při obsluze pájecích automatů urazit.

Přímým měřením bylo zjištěno, že operátorka 1 za směnu (7,5 hod.) nachodí přibližně 4250 m.

Pro lepší představu o pohybu OP1 na pracovišti v průběhu pracovní směny byl sestaven tzv. Spaghetti diagram, který odhaluje nejčastější přechody operátorky mezi jednotlivými pájecími automaty a zpět k pracovišti zakládání DPS. Znázorněno na následujícím obrázku (Obr. 18).

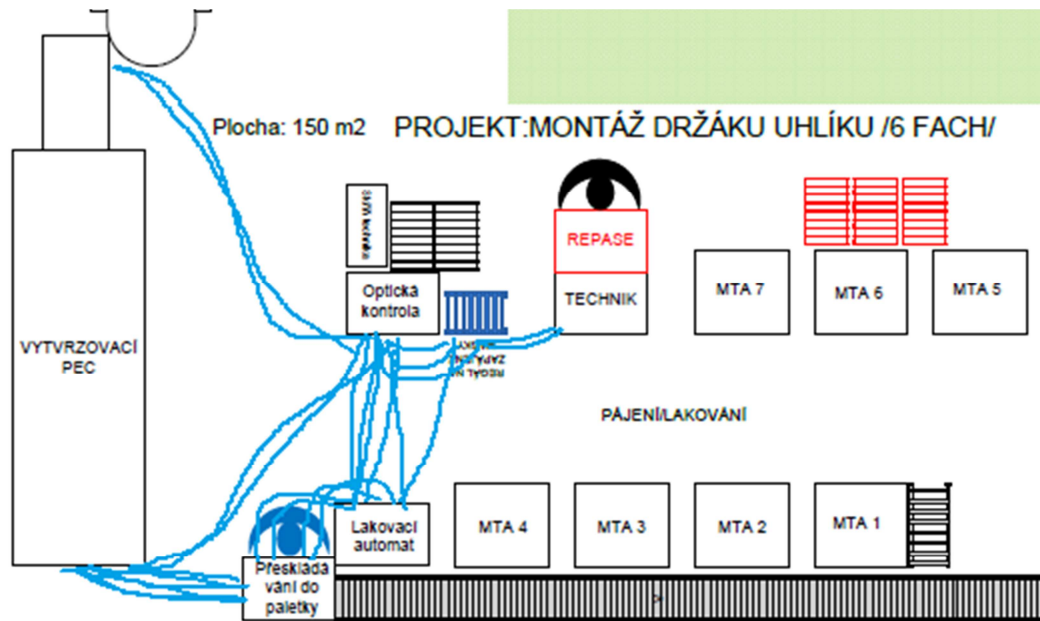


Obr. 18: Spaghetti diagram chůze operátorky OP1 (Vlastní zpracování)

Další část výrobního procesu zabezpečuje operátorka 2, která zkontroluje kvalitu zapájení, přeskládá polotovary z masky pro 12 ks do masky pro 48 ks a vloží je do lakovacího automatu. Po nalakování kusy opět vizuálně zkontroluje a případné nedostatky opraví. Poté kusy založí do vytvrzovací (sušící) pece.

Operátorka 2 za 1 směnu nachodí přibližně 3600 m.

Pohyb operátorky 2 je znázorněn na následujícím Spaghetti diagramu (Obr. 19).



Obr. 19: Spaghetti diagram chůze operátorky OP2 (Vlastní zpracování)

Zbývající části procesu zabezpečují operátorky č. 3 a 4, jejich úkolem je kontrola hotových výrobků a jejich založení do testovací linky (operátorka č. 3) a následná 100% kontrola po testovací lince a balení hotových držáků (operátorka č. 4).

Operátorky č. 3 a 4 jsou během práce na pevných pracovištích a nemusejí nikam odbíhat, tudíž je jejich pohyb v rámci pracoviště minimální a nebyl v rámci prováděných analýz měřen.

7.4 Kvalita produkce

Po analýze interních záznamů o 100% kontrole, kterou vedou pracovnice na lince, byla sestavena následující tabulka vyskytujících se vad, kterou znázorňuje obrázek níže (Obr. 20). Vady jsou seřazeny dle četnosti od nejčastější po nejméně častou a můžeme vidět, že jednoznačně nejčastěji se opakující vadou za posledních 10 měsíců byl poškozený držák těsnění. Ve většině případů se jedná o vady na nakupovaném materiálu od subdodavatelů, a proto by bylo vhodné zintenzivnit a zpřísnit vstupní kontrolu přijímaného materiálu.

| Typ vady | červen | červenec | srpen | září | říjen | listopad | prosinec | leden | únor | březen | Celkem |
|-------------------------|--------|----------|-------|------|-------|----------|----------|-------|------|--------|--------|
| poškozený držák těsnění | 30 | 13 | 11 | | 28 | 150 | 18 | 35 | 47 | 54 | 386 |
| vada DPS | 14 | 8 | 15 | 54 | 8 | 23 | 30 | 24 | 21 | 29 | 226 |
| celý kus | 1 | 5 | 3 | 17 | | 12 | 17 | 9 | 15 | 33 | 112 |
| elektrický okruh | 47 | 47 | | | | | | | | | 94 |
| popálený držák | 1 | | 3 | | | | 1 | 1 | 10 | 4 | 20 |
| vada těsnění-díry | | | | 15 | | | | | | | 15 |
| spáleno | | | | | | | | | | | 0 |
| ćinování Terma | | | | | | | | | | | 0 |
| špatná DPS | | | | | | | | | | | 0 |
| lakování | | | | | | | | | | | 0 |
| pájení Termo | | | | | | | | | | | 0 |
| pájení DPS | | | | | | | | | | | 0 |

Obr. 20: Nejčastější vady (Vlastní zpracování)

7.5 Vizualizace pracoviště

Na pracovišti je uplatňován vizuální standard značení, který je stejný pro všechny výrobní prostory společnosti. Jednotlivé druhy značení jsou znázorněny na následujícím obrázku (Obr. 21).

| BARVA | VZOR | NÁZEV | DALŠÍ POUŽITÍ |
|-------------------------|---|-------------------------------------|---|
| Černá |  | Materiál/Obaly | Materiál. Místa pro uložení prázdných palet či vratných obalů, vozíků, stojany a vozíky s pomůckami pro čištění a údržbu. |
| Modrá |  | Nedokončená výroba | Nedokončená výroba/Výrobky před balením. |
| Červená |  | Šrot/Nekvalita | Sběrné místo pro neshodné kusy a šrot. |
| Bílá |  | Odpadový materiál | Odpad. |
| Zelená |  | Hotové výrobky | Sběrné místo pro shodné kusy. |
| Žlutá |  | Manipulační zóna/Mobilní prostředky | Hlavní a pomocné uličky ve výrobě, mobilní prostředky. |
| Oranžová |  | Nevýrobní pracoviště | Pracoviště techniků, předaček a jiné. |
| Žluto-černá |  | Bezpečnostní zóny | Zóny, ve kterých nesmí nic stát, zabraňovat průchodu z důvodu BOZP, PO, DČP, OŽP |
| Žlutá s červeným pruhem |  | Reparse | Platí pro podlahové značení. |

Obr. 21: Vizuální standard značení (Interní materiály společnosti)

7.6 Organizace práce

Organizaci a přidělování práce jednotlivým pracovnícím má na starosti předačka, která práci rozděluje na základě schváleného výrobního plánu. Úkolem předačky je také příprava materiálů pro výrobu – jednak proto, aby se jednotlivé pracovníce nemusely zdržovat vychystáváním materiálu, ale také z důvodu zamezení možných chyb plynoucích z toho, že by si některá pracovníce omylem vychystala nesprávný materiál. Na konci každé směny předačka zodpovídá za kontrolu toho, že je pracoviště opuštěno uklizené.

7.7 Ergonomie

Pracovní stoly mají dostatečnou výšku a židle jsou výškově nastavitelné, takže si je operátorky mohou přizpůsobit podle svých požadavků. Vzhledem k tomu, že práce operátorek č. 1 a č. 2 obnáší vysoký podíl chůze, tyto operátorky židle při práci téměř nepoužívají, avšak mají je k dispozici. Kolem každého pracovního stolu je dostatek prostoru, takže se operátorky při pracovních pohybech nemusejí vyhýbat překážkám. Pracovní stoly jsou poměrně nedostatečně osvětlené, zejména pak pracoviště operátorky č. 4, která provádí optickou kontrolu, by mělo být osvětleno lépe. Na pracovišti byla dále identifikována vysoká míra manipulace s těžkými maskami. Co se týká hlučnosti, nejhlučnějším prvkem je na pracovišti dopravník s elektrickým pohonem, který při pohybu vydává poměrně velký hluk způsobený těžkým řetězem, který dopravník pohání.

7.8 Pozorované nedostatky

Během vstupní analýzy původního stavu pracoviště bylo shledáno několik nedostatků. Prvním z těchto nedostatků je nadměrná manipulace s těžkými maskami, které váží cca 5 kg. Vzhledem k tomu, že analyzovanou práci provádějí ženy, je tato skutečnost o to zásadnější. Manipulaci s maskami nelze (s výjimkou plné automatizace, o čemž však společnost v žádném případě neuvažuje) plně vyloučit, s pomocí vhodné úpravy layoutu by však nadměrná manipulace mohla být omezena na nezbytnou úroveň.

Analýzy odhalily také nadměrnou chůzi operátorek č. 1 a č. 2, což lze označit za plýtvání. Další ze vstupních informací pro tvorbu nového layoutu tedy bude i zaměření se na minimalizaci chůze operátorek.

Dalším z pozorovaných nedostatků na pracovišti je chaotický pohyb v rámci pracoviště. Operátorka od montáže držáků a tištěných spojů musí například neustále odbíhat k pájecím automatům. S tím souvisí také velké vzdálenosti, které operátorky v rámci směny nachodí.

Nedostatkem bylo diplomantem shledáno také to, že na pracovišti není definováno signální množství laku v tubách pro přivolání technika. Ve chvíli, kdy v tubách dojde lak, tak pracovnice musejí teprve přivolat technika, což však znamená zdržení výroby. Technik má na starosti více pracovišť, a proto nemusí být k dispozici vždy přesně ve chvíli, kdy je potřebný.

Posledním pozorovaným nedostatkem je neefektivní zavírání masek v pájecích automatech. To probíhá pomocí imbusového klíče, který někdy není u pájecího automatu k dispozici a operátorka jej musí hledat.

8 ZHODNOCENÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI

V analytické části byla nejprve představena společnost, ve které diplomant zpracovával svou diplomovou práci. Jedná se o výrobní společnost působící ve Zlínském kraji, zabývající se především výrobními a montážními činnostmi pro zákazníky z oblasti automobilového a elektronického průmyslu.

Po úvodním představení společnosti bylo diplomantem definováno zadání projektu, jehož hlavním cílem je pomocí racionalizace layoutu uvolnit ve výrobní hale prostor pro nový projekt. Na hlavní cíl navazují cíle vedlejší, např. nalezení možných zlepšení výrobního procesu či zvýšení produktivity a využití testovací linky.

V další části diplomové práce je podrobněji představen výrobek, který je vyráběn na analyzovaném výrobním pracovišti, včetně výrobních variant. Následuje podrobné popsání výrobních procesu a uvedení výkonových norem.

V další podkapitole bylo představeno výchozí prostorové uspořádání pracoviště a byly uvedeny výsledky prováděné 100%-ní kontroly, které odhalily hlavní problémy, s nimiž se pracovníci ve výrobním procesu potýkají. V práci je také věnována kapitola ergonomii analyzovaného pracoviště. Na závěr byly identifikovány hlavní pozorované nedostatky, které diplomant během analýz identifikoval.

Analýzy a východiska uvedené v analytické části této práce slouží jako východisko pro následující projektovou část.

9 PROJEKTOVÁ ČÁST

Po provedených analýzách výrobního procesu i konkrétního pracoviště nadchází projektová část, jejímž cílem je na základě předchozích analýz navrhnout zlepšení s ohledem na uvolnění výrobních prostor v ESD prostředí pro možnost instalace nové výrobní linky věnované novému projektu.

V první fázi byly rozpracovány návrhy pro změnu prostorového uspořádání projektu 6 FACH. Prvotní návrh byl průběžně diskutován s pracovníky společnosti a po společné diskusi byl několikrát měněn. V konečném důsledku vedlo k finální podobě nového layoutu celkem 6 návrhů. Finální návrh, který byl společností schválen, bude představen v následující kapitole.

9.1 Návrh nového layoutu

Primárním podnětem pro změnu výchozího prostorového uspořádání ESD prostor byla již zmíněná možnost získat nový lukrativní projekt, za předpokladu, že na něj bude uvolněna dostatečná prostorová kapacita ESD výrobního prostoru. Ten se rozkládá na ploše 254 m² a pro potřeby nového projektu je nutné uvolnit cca 50 m² (layout nového projektu byl pro potřeby rozhodování sestaven předem a bude představen v další části diplomové práce).

Stávající uspořádání výrobních prostor pro projekt 6 FACH bylo podstatně změněno. Původně využívaná plocha o velikosti přibližně 150 m² byla racionalizací uspořádání redukována na výsledných 95 m². Této úspory bylo dosaženo pomocí přesunu jednotlivých částí výrobních zařízení do kompaktnějšího celku, přičemž výrobní postup zůstal zachován – což bylo také jednou z podmínek při zadávání diplomové práce.

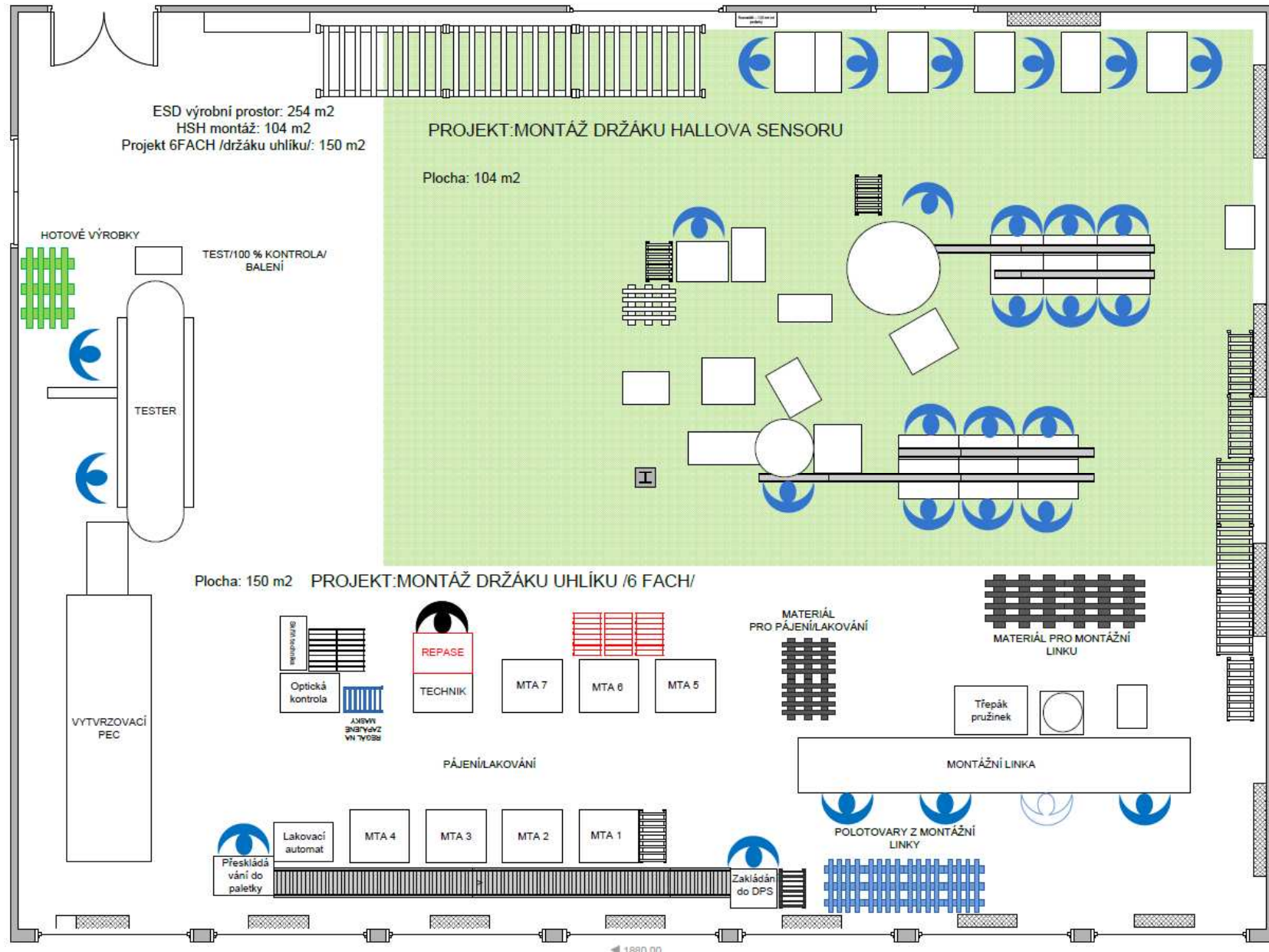
Jak lze vidět na níže uvedených obrázcích znázorňujících stav před změnou a po změně, nejzásadnější změnou je nahrazení původního dopravníku s elektrickým pohonem mezi operátorkou č. 1 a č. 2 za kratší spádový dopravník a změna rozmístění pájecích automatů. Zatímco v původním layoutu byly pájecí automaty umístěny ve dvou řadách naproti sobě (na layoutu označeny MTA 1-7), v návrhu nového layoutu jsou umístěny do tvaru písmene U tak, aby obsluhující operátorka snížila vzdálenost, kterou za směnu mezi pracovištěm zakládání polotovarů do DPS a jednotlivými pájecími automaty nachodí. Po vyložení kusů z pájecích automatů byly původně kusy OP1 přesunuty do regálu, z něž je odebírala OP2. V navrhovaném layoutu je tento regál nahrazen spádovým dopravníkem, po němž OP1 kusy posílá OP2 přímo k optické kontrole.

Operátorce č. 2 bylo oproti původnímu stavu pracoviště optické kontroly přesunuto vedle lakovacího automatu, což je opět opatření vedoucí zejména k omezení zbytečné chůze mezi těmito dvěma pracovišti. Vytvrzovací pec je umístěna také blíže, takže se OP 2 pohybuje v daleko menším prostoru než v původním layoutu.

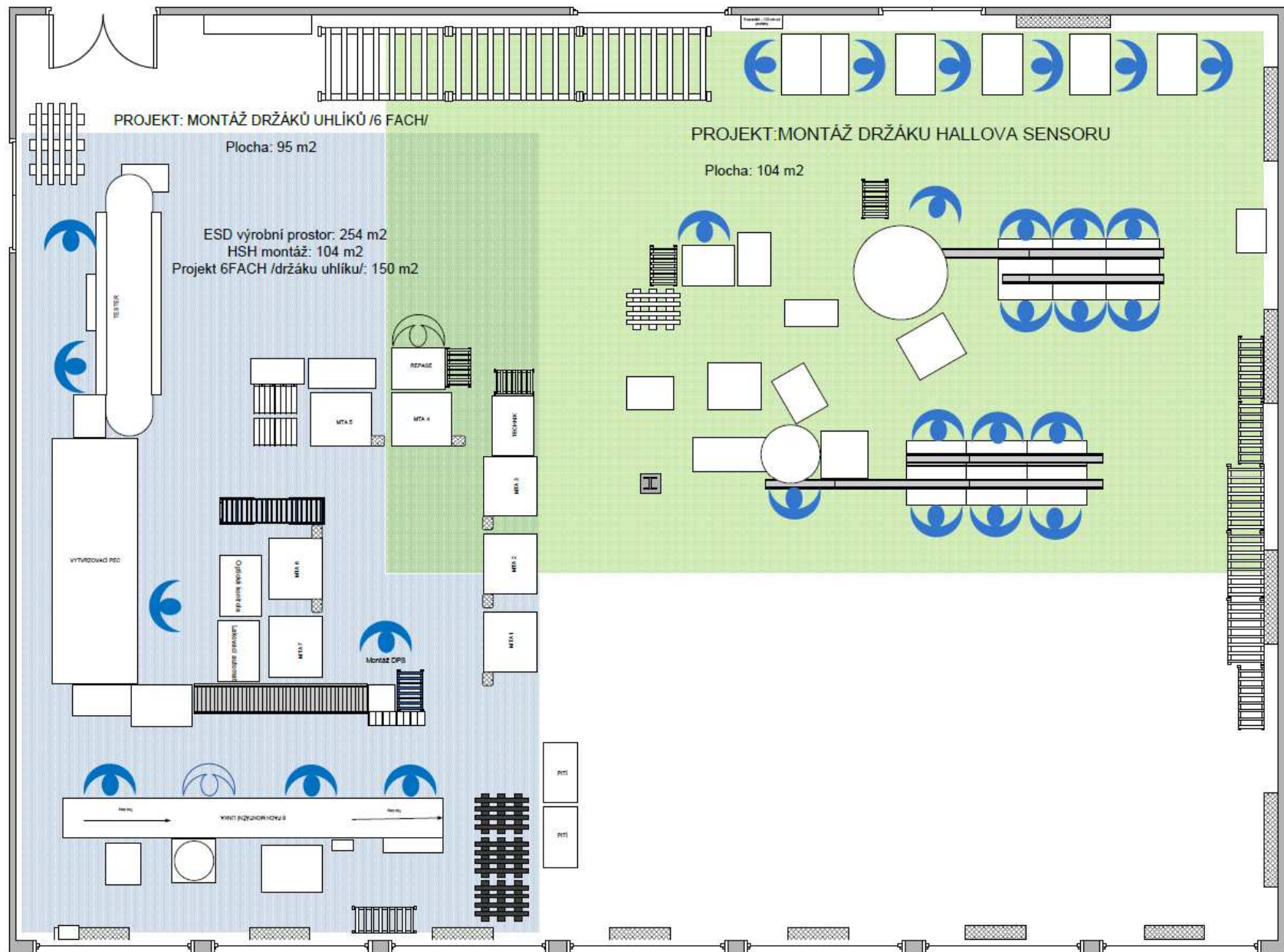
Pracoviště finální kontroly a testeru bylo ponecháno bez zásadnějších změn, operátorky OP3 a OP4 jsou na svých pozicích během směny statické a vzhledem k charakteru své pracovní činnosti se v rámci výrobního procesu pohybují jen minimálně.

Celkově byl návrh nového layoutu koncipován tak, aby přiblížil jednotlivá výrobní zařízení a prostory k sobě takovým způsobem, aby se operátorky svými pohyby vzájemně neomezily, ale zároveň aby byly minimalizovány pohyby nutné pro výkon výrobních činností.

Na obrázcích níže je zobrazen původní layout (Obr. 22) a diplomantem nově navržený layout (Obr. 23).

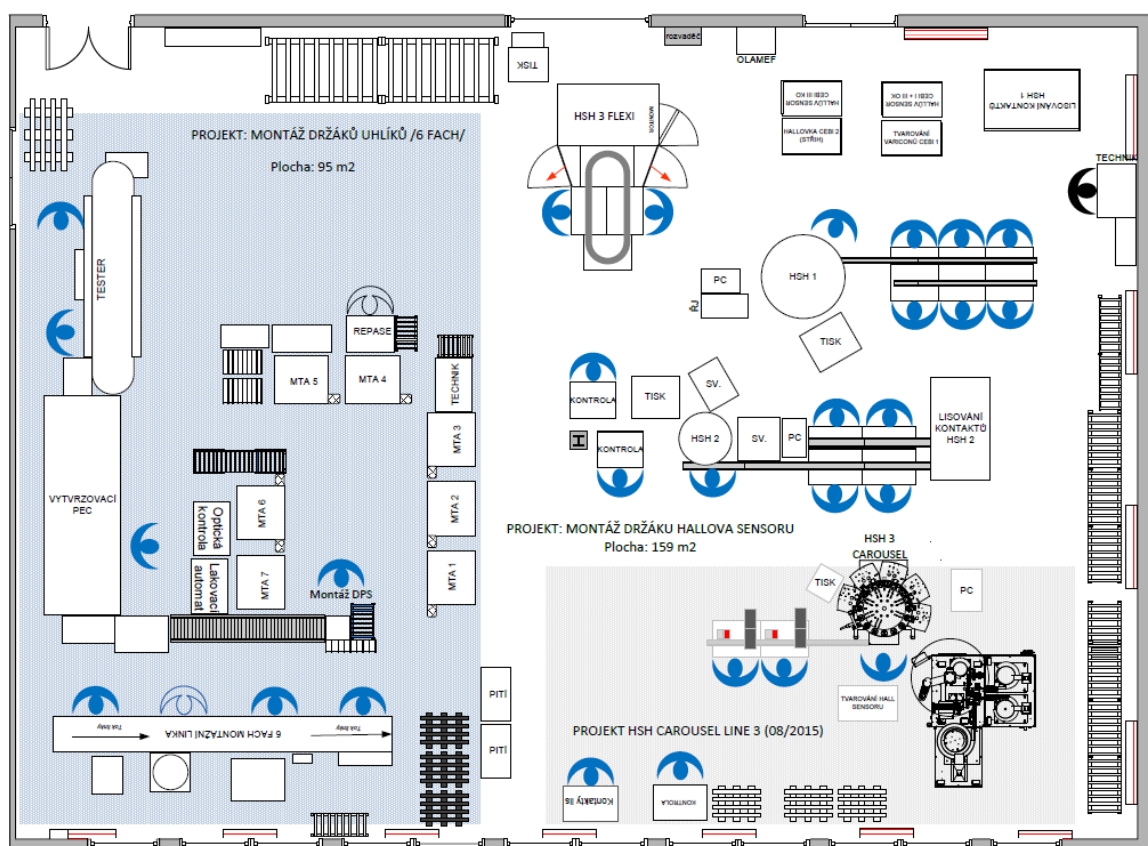


Obr. 22: Původní layout výrobní haly (Vlastní zpracování)



Obr. 23: Nově navržený layout výrobní haly (Vlastní zpracování)

Jak již bylo zmíněno, díky úpravám stávajícího layoutu v hale vznikne dostatečný prostor pro umístění nového projektu, jehož layout byl pro potřeby analýz a rozhodování sestaven pracovníky společnosti, kteří jsou s připravovaným projektem podrobně seznámeni. V termínu odevzdání diplomové práce ještě nový projekt nebyl ve výrobě vystaven, jeho realizace je plánována na srpen 2015. V tomto layoutu jsou kromě vizualizace nové linky zaznačeny také změny na původním projektu (Hallův sensor), kdy některé z ručních pracovišť byly nahrazeny automatickými a robotickými zařízeními. Tyto úpravy nebyly předmětem diplomové práce. Po realizaci návrhu by tedy ESD prostředí ve výrobní hale vypadalo následovně (Obr. 24):



Obr. 24: Budoucí layout výrobní haly po přijetí dalšího projektu (Vlastní zpracování)

9.2 Návrh zvýšení výkonových norem

Studiem interní podnikové dokumentace bylo zjištěno, že stávající norma pro výrobu držáku uhlíků je stanovena na 4000 ks za směnu. Při disponibilním pracovním čase směny 7,5 hod. (tj. 27000 sec.) to tedy znamená takt 6,75 sec. na 1 ks při čtyřech pracovnících. Tato norma byla před změnou layoutu plněna na 100%. Norma pro montážní linku, která dodá-

vá polotovary pro montáž tištěných spojů, je stanovena na 4300 ks za směnu a je taktéž stoprocentně plněna.

Dle údajů za rok 2014 byl celkový požadavek zákazníka téměř 820 tisíc kusů za rok. Při zohlednění disponibilního časového fondu děleného počtem kusů požadovaným zákazníkem získáme následující údaj:

$$\frac{45 \text{ týdnů} * 5 \text{ dnů} * 1 \text{ směna} * 27000 \text{ sec.}}{820000 \text{ ks}} = 7,41 \text{ sec./ks}$$

Takt zákazníka byl tedy v roce 2014 7,41 sec. na kus. Množství objednaných kusů v jednotlivých měsících nebylo rozloženo příliš rovnoměrně a některé měsíce vykazovaly výkyvy v objednávaném množství oproti průměru.

Dle výhledu obchodního oddělení společnosti by měl v roce 2015 objem objednávaného množství vzrůst přibližně o 15% oproti předchozímu roku. Tento nárůst by tedy znamenal roční produkci ve výši 943 tisíc kusů. Zohledněním zvýšeného objemu objednávek získáme následující takt zákazníka pro rok 2015:

$$\frac{45 \text{ týdnů} * 5 \text{ dnů} * 1 \text{ směna} * 27000 \text{ sec.}}{943000 \text{ ks}} = 6,44 \text{ sec./ks}$$

Dle výhledu by tedy takt zákazníka v roce 2015 měl být 6,44 sec. na 1 kus a do budoucna existuje potenciál dalšího růstu.

Z tabulky uvedené níže (Tab. 4) vyplývá, že úzkým místem je operátorka č. 1, která 1 kus „dodá“ na další operace v přepočtu za 5,38 sec. (pájecí automat pájí přibližně 64,5 sec. 12 kusů najednou). Je nutno podotknout, že časy uvedené v tabulce jsou čisté časy trvání operací a byly získány přímým měřením. Nezahrnují však čas strávený chůzí, chystáním či např. hledáním materiálu, ale ani fyziologické přestávky (WC). Tyto okolnosti jsou v normě zohledněny pomocí tzv. přírážky, která byla normovači stanovena na základě kvalifikovaného odhadu.

Důležitá poznámka k údajům uvedeným v tabulce níže: u operátorky 1 se v poli SUMA nejedná o součet dvou operací, ale je uvedena doba trvání delší z operací, protože operátorka pracuje v překrytém čase.

Tab. 4: Časy jednotlivých operací – současný stav (Vlastní zpracování)

| Operátorka | Operace | Sec/maska | Sec/ks | NORMA Sec/ks |
|------------|---|-----------|--------|-----------------|
| 1 | Montáž tištěných spojů | 55 | 5,38 | 6,75 |
| | Pájecí automat | 64,5 | | |
| | SUMA | 64,5 | | |
| 2 | Optická kontrola a opravy | 34,31 | 4,96 | |
| | Lakování v LA | 8 | | |
| | Kontrola a oprava laku, založení do sušicí pece | 17,26 | | |
| | SUMA | 59,57 | | |
| 3 | Kontrola a založení do testovací linky | | 5,06 | |
| 4 | 100% kontrola + balení | | 5,22 | |
| | | | | |

Při porovnání s čistým časem úzkého místa (tj. OP1) vychází přírážka na chůzi a manipulaci ve výši 20,3%. V této přírážce je obsažena také přírážka 3,5% na fyziologické potřeby, která je ve společnosti připočítávána standardně.

Během analýzy pracoviště bylo zjištěno, že operátorka č. 1 za směnu nachodí cca 4250 m. Díky návrhu změny layoutu a při znalosti výrobního procesu bylo spočítáno, že po změně prostorového uspořádání by tato operátorka při zachování normy 4000 ks za směnu reálně nachodila pouze 2500 m, což znamená snížení chůze o 41,2%. Tohoto zlepšení může být dosaženo pomocí uspořádání montážního pracoviště pro zakládání do DPS a sedmi páje-

cích automatů do kompaktnějšího celku, a tedy snížením vzdáleností mezi jednotlivými obsluhovanými částmi pracoviště.

V souvislosti se změnami v nově navrhovaném layoutu by bylo možné snížit množství chůze také pro operátorku č. 2, a to z původních cca 3600 m za směnu na nových 2300 m za směnu (obě vzdálenosti jsou uvedené při uvažované normě 4000 ks za směnu, aby bylo možné je vzájemně porovnat).

Vzhledem k tomu, že norma montážní linky, která dodává polotovary OP1 (a která je po založení do DPS ukládá do pájecích automatů) je stanovena na 4300 ks za směnu, bylo zajímavé pokusit se zjistit, zda by díky sníženému množství chůze OP1 nebylo možné zvýšit normu pracoviště také na 4300 ks místo stávajících 4000 ks a pokusit se tak o zavedení toku jednoho kusu (One-piece Flow).

9.3 Procesní analýza

Pro porovnání původní varianty s variantou po realizaci navrhované změny layoutu byla zvolena procesní analýza. Vzhledem k tomu, že úzkým místem byla identifikována operátorka č. 1, bude analyzována pouze její činnost.

Výstupy z procesní analýzy jsou shrnuty v následující tabulce (Tab. 5).

Tab. 5: Procesní analýza OP1 před změnou (Vlastní zpracování)

| OP1 | Doba trvání (sec.) | Symbol |
|---------------|--------------------|--------|
| operace | 5,38 | ○ |
| čekání | 0 | D |
| skladování | 0 | △ |
| transport | 1,13 | ⇒ |
| kontrola | 0 | □ |
| Celkem | 6,51 | |

Operátorka č. 1 v původním stavu nachodila v přepočtu 1,07 m na 1 kus (12,86 m na montáž a pájení 1 masky, která obsahuje 12 ks držáků). To odpovídá času 1,13 sec/ks. Čekání v tomto případě neuvažujeme, protože operátorka pracuje v překrytém čase a v době, kdy jsou pájecí automaty v provozu, provádí montáž dalších kusů. **Celkový čas OP1 na 1 ks je**

6,74 sec., a tento čas se skládá ze skutečného času 6,51 sec., a připočtení 3,5% přírážky na fyziologické přestávky. To v podstatě téměř přesně odpovídá normě, která byla stanovena firemním normovačem a která je 6,75 sec/ks. Tato norma odpovídá produkci 4000 ks za směnu.

Při uvažovaném vyrovnání taktu analyzovaného pracoviště s montážní linkou, která na toto pracoviště dodává polotovary a pracuje v normě 4300 ks za směnu bylo díky návrhu nového layoutu umožněno snížit chůzi OP1 z původních 12,86 m na montáž a zapájení 1 masky (tj. 12 ks držáků) na 7,5 m na masku, což odpovídá vzdálenosti 0,63 m na 1 kus. Při zohlednění tohoto opatření budou shrnuté výstupy z nové procesní analýzy vypadat následovně (Tab. 6):

Tab. 6: Procesní analýza OP1 po změně (Vlastní zpracování)

| OP1 | Doba trvání (sec.) | Symbol |
|---------------|--------------------|--------|
| operace | 5,38 | ○ |
| čekání | 0 | D |
| skladování | 0 | △ |
| transport | 0,60 | → |
| kontrola | 0 | □ |
| Celkem | 5,98 | |

Vidíme, že celkový čas OP1 byl díky úpravě layoutu snížen na 5,98 sec. na 1 kus. Po připočtení přírážky 3,5% získáme **výsledný čas 6,19 sec. na 1 kus.** Při porovnání s uvažovaným disponibilním časem směny 7,5 hod. (27000 sec) získáme následující údaj:

$$\frac{\text{ disponibilní čas směny: } 27000 \text{ sec.}}{\text{ takt OP1 na kus: } 6,19 \text{ sec.}} = 4361,87, \text{ tj. } \mathbf{4361 \text{ ks/směna}}$$

Z výše uvedeného výpočtu je zřejmé, že díky nově navrženému layoutu jsme schopni snížit takt time úzkého místa, kterým byla na základě provedených analýz identifikována operátorka č. 1. Na základě toho je možné uvažovat o zvýšení výkonových norem z původních 4000 ks za směnu na požadovaných 4300 ks za směnu a připravit tak podmínky pro zave-

dení toku jednoho kusu. Hlavními výhodami tohoto návrhu by byly kromě samotného zvýšení výkonových norem také typické výhody plynoucí ze zavedení toku jednoho kusu, a to především rychlejší identifikace nekvality, snížení průběžné doby výroby či snížení rozpracovanosti výroby.

9.4 Yamazumi chart

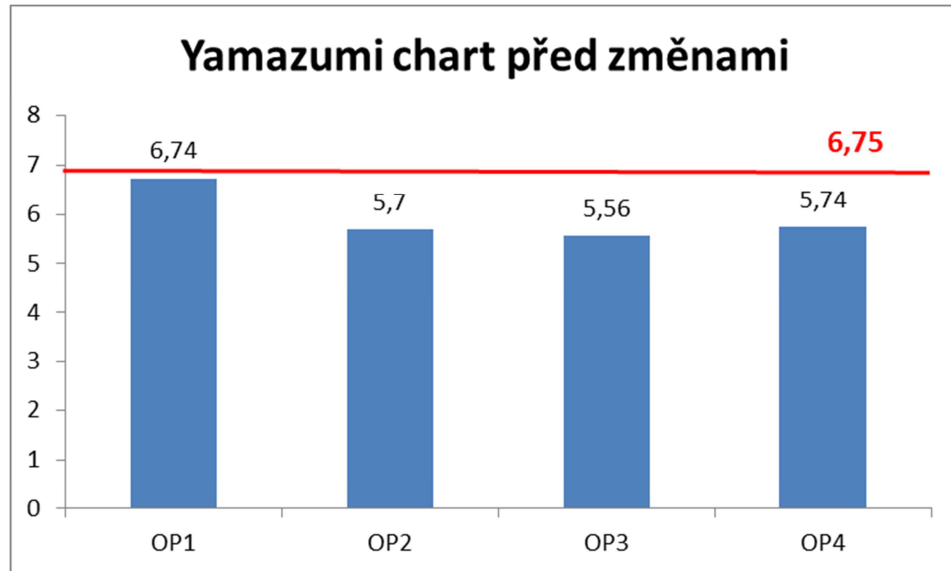
Pro grafické znázornění vytížení jednotlivých operátovek s ohledem na takt linky je používán tzv. Yamazumi chart, který graficky znázorní, který pracovník je jak vytížen. Pokud by byly produkty vyráběny výrazně rychleji, než udává takt linky, znamenalo by to vznik nadvýroby a také zvýšení rozpracované výroby. V opačném případě, kdy by operace byla prováděna pomaleji, než udává takt linky, by se následující operace musela potýkat s nedostatkem výrobků a musela by čekat.

Níže uvedená tabulka (Tab. 7) zobrazuje časy jednotlivých operátovek potřebných na výrobu 1 ks. U operátovek č. 1 a č. 2 se jedná o součet čistého času operace, chůze a přírážky 3,5%, která se ve společnosti standardně připočítává. Můžeme vidět, že po zavedení navrhovaných opatření se kusové časy OP1 a OP2 sníží, a to zásluhou omezení chůze těchto operátovek ve výrobním procesu díky optimalizovanému layoutu. U OP3 a OP4 se jedná o čistý čas operace a připočtení přírážky 10%. Tato přírážka byla stanovena kvalifikovaným odhadem normovačem společnosti. Vzhledem k charakteru práce operátovek 3 a 4 jejich pracovní činnosti nebyly měněny, a proto jsou časy před i po navrhovaných změnách stejné.

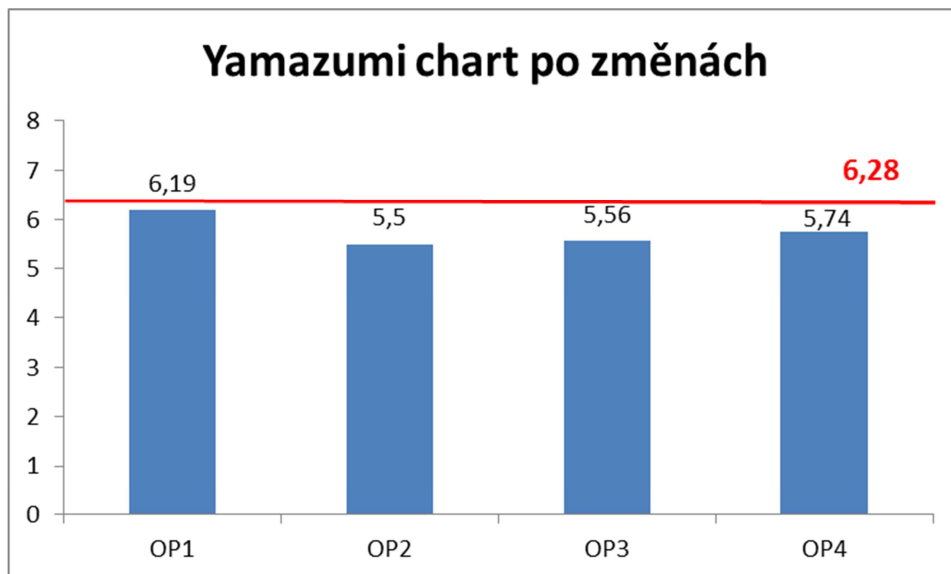
Tab. 7: Časy na výrobu 1 ks výrobku (Vlastní zpracování)

| NORMOČASY | původní | nový |
|------------------|----------------|-------------|
| OP1 | 6,74 | 6,19 |
| OP2 | 5,7 | 5,5 |
| OP3 | 5,56 | 5,56 |
| OP4 | 5,74 | 5,74 |
| NORMA | 6,75 | 6,28 |

Na následujících obrázcích (Obr. 25 a Obr. 26) jsou znázorněny grafy porovnání vytižitosti jednotlivých operátorek v původních podmínkách a po implementaci navrhované změny layoutu.



Obr. 25: Yamazumi chart před změnou (Vlastní zpracování)



Obr. 26: Yamazumi chart po změně (Vlastní zpracování)

Můžeme vidět, že vytižení operátorek je v obou případech poměrně rovnoměrné. V situaci po implementaci návrhu na optimalizaci layoutu byla díky sníženému množství chůze zvýšena výkonová norma, vytižení jednotlivých operátorek však i nadále zůstává rovnoměrné.

9.5 Zlepšovací návrhy

Během prováděných analýz pracoviště bylo pozorováno několik drobných nedostatků či prostoru k možným zlepšením. Protože oddělení průmyslového inženýrství ve společnosti již několik měsíců školí své zaměstnance v oblasti metodiky Kaizen a vytvořila velice zajímavý motivační systém odměn pro autory zlepšovacích návrhů, je možné, že postupem času přijdou od operátorek působících na lince nové návrhy na zlepšení. Právě lidé, kteří na pracovišti tráví každý den mnoho času, bývají nejlepšími znalci „svého“ pracoviště a skýtají největší potenciál pro podávání zlepšovacích návrhů. Nicméně během práce na projektu a zpracovávání této diplomové práce byly diplomantem navrženy následující drobné zlepšovací návrhy:

- zavírání masek v pájecích automatech imbusovým klíčem nahradit zavíracím systémem, který by byl možný zavřít bez pomoci imbusového klíče, který často na pracovišti chybí a pracovnice jej musí hledat.
- stav pájecích automatů vizualizovat přímo na pracovišti montáže tištěných spojů, aby jej měla OP1 přímo před očima.
- nahrazení policového regálu na zapájené masky (mezi OP1 a OP2) spádovým dopravníkem.
- nahrazení elektricky poháněného dopravníku, kterým OP2 posílá prázdné masky OP1, spádovým dopravníkem (díky zkrácení dráhy).
- zlepšit osvětlení pracovních stolů, zejména na pracovišti 100% kontroly obsluhovaném OP4.

9.6 Činnosti spojené s přesunem linky 6 FACH

Návrh nového layoutu byl managementem společnosti přijat, a proto byly zahájeny kroky pro jeho úspěšnou realizaci. Přesun linky byl zrealizován v dubnu 2015 a obnášel mnoho kroků, které v zájmu plynulého přesunu a nenarušení plánu výroby musely být předem pečlivě naplánovány. Kromě samotného přesunu jednotlivých pracovišť a výrobních zařízení bylo třeba vyřešit také rozvody elektroinstalace, odsávání apod. Seznam kroků, které vedly k úspěšné implementaci nového layoutu linky, je uveden níže:

- přesunutí montážní linky 6 FACH + její otočení o 180° (elektroinstalace, vzduch, osvětlení integrované na montážní stoly);

- přesunutí pájecích automatů (odsávání, elektroinstalace, police na odkládání masek, osvětlení integrované na stoly PA);
- přesunutí a zkrácení dopravníku na masky + jeho výměna;
- přesunutí lakovacího automatu – odsávání, osvětlení integrované na stole, vzduchotechnika;
- přesunutí optické kontroly – osvětlení integrované na stole, odsávání, páječka pro případné opravy;
- přesunutí pracoviště zakládání do pece – osvětlení integrované;
- přesunutí stolu technika – osvětlení integrované, odsávání;
- přesunutí testeru – osvětlení nad zakládáním a vykládáním – obojí zavěšeno pod stropem, vzduch, elektroinstalace;
- spádový regál na zapájené masky (od PA k optické kontrole).

Linka byla přestavena dle navrženého layoutu na začátku dubna 2015. Po přesunutí byl na lince spuštěn zkušební provoz, který dle časového harmonogramu poběží až do počátku července 2015, kdy budou zhodnoceny výsledky, na jejichž základě budou provedeny případné úpravy. Ostrý provoz má být spuštěn od srpna 2015.

9.7 Produktivita

V této části diplomové práce bude porovnána produktivita pracoviště před navrženými změnami s produktivitou, které by mohlo být dosaženo po realizaci návrhů diplomanta.

9.7.1 Produktivita před změnou

Vzhledem k neochotě managementu společnosti uveřejňovat konkrétní údaje bude v této části práce uveřejněna pouze vypočtená hodnota produktivity bez uvedení dílčích výpočtů dosazených do vzorce. Diplomantovi však tyto údaje byly sděleny a výpočet produktivity byl proveden dle reálných údajů.

Při výpočtu bylo postupováno podle následujícího vzorce:

$$TP = \frac{\text{celkový měřitelný výstup}}{\text{celkový měřitelný vstup}} = \frac{(HV \times PC) + (RV \times PR \times PC) + OST}{PS + M + K + E + Tch + V + Ad + T + Q}$$

Totální produktivita pracoviště před změnami dosáhla hodnoty koeficientu 15,5. Tento koeficient znamená, že hodnota výstupů více než 15x převyšuje hodnotu vstupů.

9.7.2 Produktivita po navrhovaných změnách

Jelikož díky navrhovaným změnám došlo ke snížení kusového času, bude produktivita po navrhovaných změnách dosahovat odlišných hodnot než původní produktivita. Z důvodu zachování obchodního tajemství opět nemohou být zveřejněny dílčí údaje, nicméně produktivita po změnách (vypočtena dle stejného vzorce jako v předchozím případě) dosahuje koeficientu 17,66, což znamená zlepšení produktivity o 13,9%. Tohoto zvýšení bylo dosaženo pomocí navrhovaných změn vedoucích ke snížené spotřebě času při výrobě držáků uhlíku. Znázorněno v následující tabulce (Tab. 8).

Tab. 8: Srovnání totální produktivity (Vlastní zpracování)

| | Původní stav | Návrh | Změna (v %) |
|----------------------|---------------------|--------------|--------------------|
| Totální produktivita | 15,5 | 17,66 | 13,9 |

10 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PROJEKTU

Z celkové původní plochy výrobního projektu 6 FACH 150 m² je tento projekt po navržených úpravách rozložen na ploše 95 m², což znamená navrženou úsporu prostoru ve výši 55 m². Společnost výrobu provozuje na svých vlastních pozemcích a neplatí tedy za výrobní prostory žádné nájemné, i přesto by však úspora prostoru znamenala úspory plynoucí např. z nižších nároků na osvětlení, odsávání apod. Jednoznačně největším přínosem je však možnost přijmout zákazníkem nově nabízený lukrativní výrobní projekt, který může být umístěn na uvolněnou část výrobní haly a poskytnout tak společnosti možnost nových zisků. Konkrétní vyčíslení úspor plynoucích z redukce výrobních prostor, stejně jako i potenciální příjmy plynoucí z nového projektu, jsou managementem společnosti vnímány jako přísně střežené obchodní tajemství, a proto konkrétní údaje v této diplomové práci bohužel nemohou být zveřejněny.

Diplomant se snažil projekt navrhnout mimo jiné i s ohledem na maximální využití stávajícího výrobního zařízení. Díky tomu jsou náklady na optimalizaci layoutu poměrně nízké – není nutné pořizovat nové stoly ani stroje, protože návrh počítá s využitím stávajícího zařízení. Hlavními nákladovými položkami bude výměna elektrického dopravníku za spádový, který si ovšem společnost je schopna vyrobit vlastními silami.

Jisté náklady bude obnášet úprava elektroinstalací a osvětlení, vše však bude provedeno pracovníky údržby v rámci jejich pracovní činnosti, takže se jedná především o náklady za materiál. Pokud jde o samotné stěhování jednotlivých výrobních zařízení a nábytku, také to bude provedeno zaměstnanci společnosti v rámci pracovní činnosti. Nově pořizovanými položkami by tak byl pouze spádový regál na zapájené masky od pájecího automatu k optické kontrole a několik nových světel. Celkový soupis nákladů je shrnut v níže uvedené tabulce (Tab. 9).

Tab. 9: Přehled nákladů spojených se změnou layoutu (Vlastní zpracování)

| položka | náklady celkem (v Kč) |
|---------------------------------------|------------------------------|
| osvětlení, elektroinstalace, odsávání | 25000 |
| materiál | 20000 |
| mzdové náklady | 4000 |
| Náklady celkem | 49000 |

Když vezmeme do úvahy úsporu času, kterou návrh zvýšení výrobních norem přinese, pak při výpočtu dle produkce za rok 2014, která činila téměř 800 tisíc kusů, získáme po vyná-

sobení hodinovým tarifem **úsporu na mzdových nákladech ve výši 92 954 Kč za rok.** Dle výhledů obchodního oddělení by měla produkce v roce 2015 vzrůst zhruba o 15% oproti minulému roku.

11 ZHODNOCENÍ SPLNĚNÍ CÍLŮ PROJEKTU

V kapitole 6 byly definovány hlavní a vedlejší cíle projektu zaměřeného na optimalizaci layoutu ESD části výrobní haly. Nyní bude zhodnoceno splnění definovaných cílů projektu.

Hlavní cíl:

- Racionalizací layoutu uvolnit ve výrobní hale prostor pro nový projekt.

Původní layout byl změněn, díky novému uspořádání pracoviště bylo v hale uvolněno 55m² ESD prostoru, což poskytuje dostatečný prostor pro umístění nového projektu. Návrh nového layoutu byl podrobně představen v kapitole 9.1. Hlavní cíl projektu byl tedy splněn.

Vedlejší cíle:

- Snížením manipulace, racionalizací layoutu a drobnými úpravami zvýšit produktivitu a maximalizovat využití testovací linky.

Díky novému layoutu byly poměrně zásadně sníženy dráhy, které operátorky č. 1 a č. 2 musí během směny nachodit. Na základě sníženého množství chůze bylo navrženo zvýšení výkonových norem z původních 4000 ks na nových 4300 ks za směnu, což odpovídá normě montážní linky dodávající na analyzované pracoviště polotovary. Po ověření možnosti zvýšení výkonových norem výše uvedeným způsobem bylo společnosti navrženo zavést tok jednoho kusu. Produktivita pracoviště byla po navrhovaných opatřeních zvýšena o 13,9%, jak je uvedeno v kapitole 9.7.

- Identifikace a eliminace plýtvání.

Mezi hlavní omezení plýtvání patří především návrh snížení chůze operátorky č. 1 (z původních 4250 m za směnu na nových 2500 m za směnu) a operátorky č. 2 (z původních 3600 m za směnu na nových 2300 m za směnu). Tím by se zároveň i snížila manipulace s velkými a cca 5 kg těžkými maskami, což by mělo pozitivní vliv také z ergonomického hlediska. Další návrhy na eliminaci plýtvání byly představeny v kapitole 9.4 věnované zlepšovacím návrhům, z nichž jmenujme např. efektivnější zavírání masek pomocí nahrazení imbusového klíče či nahrazení policového regálu na zapájené masky (mezi OP1 a OP2) spádovým dopravníkem.

- Nalezení možných zlepšení.

Návrhy možných zlepšení byly představeny v kapitole 9.5 nazvané Zlepšovací návrhy.

Definované vedlejší cíle projektu tedy mohou být také považovány za splněné.

ZÁVĚR

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je uvedena literární rešerše českých i zahraničních odborných knih a elektronických zdrojů. Uvedená literární rešerše slouží jako teoretické východisko pro následující praktickou část. Ta je dále rozdělena na část analytickou a projektovou. V analytické části jsou zveřejněny výsledky prováděných analýz pracoviště, výrobku i výrobního postupu včetně identifikovaných prostorů pro zlepšení. Navazující projektová část se zabývá představením navrhovaných změn včetně zhodnocení jejich účinnosti.

Hlavním cílem práce bylo optimalizovat layout výrobních prostor s ohledem na uvolnění místa pro nový projekt. Tento cíl byl v práci splněn a pro potřeby nového projektu bylo uvolněno 55 m², což představuje dostatečnou kapacitu. Na hlavní cíl úzce navazovaly cíle vedlejší, kterými byla jednak identifikace plýtvání, zvýšení produktivity analyzované linky a mimo jiné i nalezení možných zlepšení. Závěry prezentované v práci dokazují, že všechny cíle byly splněny a projekt byl tedy společností hodnocen jako úspěšný. V době odevzdání diplomové práce byl zahájen zkušební provoz s nově vzniklým prostorovým uspořádáním a dle plánu bude po čtyřech měsících zkušebního provozu a jeho vyhodnocení spuštěn ostrý provoz.

Práci na tomto projektu hodnotím jako velice přínosnou a věřím, že zpětná vazba od společnosti bude i po zavedení zmíněného ostrého provozu na lince pozitivní.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- DEBNÁR, Peter, 2010. Vizuální management. In: *Akademie Produktivity a Inovací* [online]. [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://e-api.cz/article/69650.vizualni-management/>
- Ergonomické hodnocení pracovního místa. *BOZP info* [online]. 10. 5. 2004 [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: http://www.bozpinfo.cz/knihovna-bozp/citarna/tematicke_prilohy/ergonomie/ergonomie2.html
- Ergonomie. *API – Akademie produktivity a inovací* [online]. © 2005 - 2015 [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68399.ergonomie/>
- Ergonomie pracovního místa. *Ergopro.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://www.ergopro.cz/ergonomie-obecne/>
- FIALA, P. *Projektové řízení: modely, metody, analýzy*. Praha: Professional Publishing, 2004, 1. vyd. ISBN 80-86419-24-X.
- Filosofie štíhlé výroby, 2011. *Trilogiq: Solutions for Lean Manufacturing* [online]. [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://www.trilogiq.cz/cz/stihla-vyroba/>
- GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK. *Ergonomie: Optimalizace lidské činnosti*. Praha: Grada Publishing, 2002. ISBN 80-247-0226-6.
- HALES, H., L., ANDERSEN, B. *Planning Manufacturing Cells*. Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 2002, ISBN 0-8726263-549-X.
- HIREGOUDAR, Chandrashekar a B. Raghavendra REDDY. *Facility Planning & Layout Design: An Industrial Perspective*. First Edition. Pune: Technical Publications Pune, 2007, 354 s. ISBN 81-8431-291-1.
- Historie Lean Production, 2006. In: *Lean Company* [online]. [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://www.leancompany.cz/historie.html>
- HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů – Technologické projekty I*. Brno: Cerm 2005. ISBN 80-214-2871-6.
- CHROMJAKOVÁ, Felicity a Rastislav RAJNOHA, 2011. *Řízení a organizace výrobních procesů*. Žilina: Georg. ISBN 978-80-89401-26-0.

CHVALOVSKÝ, Václav, 2005. *Řízení projektů aneb překážkový běh na dlouhou trať*. 1. vyd. ASPI, a.s. ISBN 80-7357-085-8.

IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2004, vi, 272 s. ISBN 80-251-0461-3.

Interní materiály společnosti.

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

KOŠTURIÁK, Ján a Milan GREGOR, 2002. *Jak zvyšovat produktivitu firmy*. Žilina: INFORM. ISBN 8096858319.

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

MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL, 1996. *Cesty k vyšší produktivitě*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství. ISBN 80-902235-0-8.

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

NĚMEC, Vladimír. *Projektový management*. 1. vyd. Praha: Grada, 2002, 182 s. ISBN 80-247-0392-0.

One-piece Flow. *API – Akademie produktivity a inovací* [online]. © 2005 - 2015 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68413.one-piece-flow/>

Optimalizace pracoviště, 2009. *API – Akademie produktivity a inovací* [online]. Č. 1 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68401.optimalizace-pracoviste/>

PAVELKA, Marcel. Fungování zlepšovateľského hnutí ve výrobních podnicích. *API – Akademie produktivity a inovací* [online]. 14. 4. 2011 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://e-api.cz/article/70345.fungovani-zlepsovatelstsekeho-hnuti-ve-vyrobnich-podnicich/>

Plytvání, 2009. In: *API – Akademie produktivity a inovací* [online]. [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/67789.plytvani-eliminace-lean/>

Projektové řízení. IPA CZECH. *Firemní vzdělávání, Inovace, Strategický rozvoj, Výrobní management, Optimalizace výroby, Soft skills - IPA Czech* [online]. 30. 11. 2007 [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/projektove-řízení>

SHINGŌ, Shigeo a a Andrew P DILLON. *A study of the Toyota production system from an industrial engineering viewpoint*. Cambridge, Mass.: Productivity Press, c1989, xxxiv, 257 s. ISBN 09-152-9917-8.

SVOZILOVÁ, Alena. *Projektový management: Systémový přístup k řízení projektů*. 2. vyd. Praha: Grada, 2011, 392 s. ISBN 80-247-7428-3.

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

Štíhlá logistika. *Ekonomické a informační systémy v praxi* [online]. © 2001 - 2015 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/stihla-logistika.htm>

Štíhlá výroba. *API – Akademie produktivity a inovací* [online]. © 2005 - 2015 [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/67819.stihla-vyroba/>

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 366 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.

TUČEK, David a Roman BOBÁK, 2006. *Výrobní systémy*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati. ISBN 80-7318-381-1.

Vlastní zpracování

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

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|------|-------------------------------|
| DPS | deska plošných spojů |
| ESD | Electrostatic discharge |
| kg | kilogram |
| ks | kus |
| m | metr |
| OP1 | operátorka č. 1 |
| OP2 | operátorka č. 2 |
| OP3 | operátorka č. 3 |
| OP4 | operátorka č. 4 |
| PA | pájecí automat |
| sec | sekunda |
| SMED | Single Minute Exchange of Die |
| TPM | Total Productive Maintenance |
| TPV | technická příprava výroby |
| TQM | Total Quality Management |
| VZ | vlastní zpracování |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| <i>Obr. 1: Prvky štíhlého podniku (Štíhlá logistika, 2015)</i> | 14 |
| <i>Obr. 2: Štíhlá výroba (VZ podle Košturiak a Frolík, 2006, s. 23)</i> | 16 |
| <i>Obr. 3: Vztah mezi inovacemi a metodou Kaizen (VZ dle Imai, 2004, s. 44-45)</i> | 20 |
| <i>Obr. 4: Řešení problémů plýtvání (Tomek a Vávrová, 2014, s. 134)</i> | 23 |
| <i>Obr. 5: Technologické uspořádání pracovišť (Tomek a Vávrová, 2014, s. 43)</i> | 25 |
| <i>Obr. 6: Předmětné uspořádání pracovišť (Tomek a Vávrová, 2014, s. 43)</i> | 26 |
| <i>Obr. 7: Základní tvary výrobních buněk (Tuček a Bobák, 2006, s. 247)</i> | 29 |
| <i>Obr. 8: Výroba v dávkách (One-piece Flow, 2015)</i> | 30 |
| <i>Obr. 9: Tok jednoho kusu (One-piece Flow, 2015)</i> | 30 |
| <i>Obr. 10: Formulář ergonomického auditu (Ergonomie, 2015)</i> | 36 |
| <i>Obr. 11: Organizační struktura firmy (Vlastní zpracování)</i> | 40 |
| <i>Obr. 12: Časový harmonogram projektu (Vlastní zpracování)</i> | 42 |
| <i>Obr. 13: Kompletní výrobek (Vlastní zpracování)</i> | 43 |
| <i>Obr. 14: Držák uhlíků s tištěnými spoji v masce s víkem (Vlastní zpracování)</i> | 45 |
| <i>Obr. 15: Kontrola zapájených spojů (Vlastní zpracování)</i> | 46 |
| <i>Obr. 16: Balení výrobků v kartonové krabici (Vlastní zpracování)</i> | 46 |
| <i>Obr. 17: Původní layout haly (Vlastní zpracování)</i> | 49 |
| <i>Obr. 18: Spaghetti diagram chůze operátorky OP1 (Vlastní zpracování)</i> | 50 |
| <i>Obr. 19: Spaghetti diagram chůze operátorky OP2 (Vlastní zpracování)</i> | 51 |
| <i>Obr. 20: Nejčastější vady (Vlastní zpracování)</i> | 52 |
| <i>Obr. 21: Vizuální standard značení (Interní materiály společnosti)</i> | 52 |
| <i>Obr. 22: Původní layout výrobní haly (Vlastní zpracování)</i> | 58 |
| <i>Obr. 23: Nově navržený layout výrobní haly (Vlastní zpracování)</i> | 59 |
| <i>Obr. 24: Budoucí layout výrobní haly po přijetí dalšího projektu (VZ)</i> | 60 |
| <i>Obr. 25: Yamazumi chart před změnou (Vlastní zpracování)</i> | 66 |
| <i>Obr. 26: Yamazumi chart po změně (Vlastní zpracování)</i> | 66 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| <i>Tab. 1: SMART technika formulace cílů projektu (VZ dle Svozilová, 2011).....</i> | 11 |
| <i>Tab. 2 Kusovník (Interní materiály společnosti)</i> | 44 |
| <i>Tab. 3: Přehled jednotlivých operací (Vlastní zpracování).....</i> | 47 |
| <i>Tab. 4: Časy jednotlivých operací – současný stav (Vlastní zpracování)</i> | 62 |
| <i>Tab. 5: Procesní analýza OP1 před změnou (Vlastní zpracování).....</i> | 63 |
| <i>Tab. 6: Procesní analýza OP1 po změně (Vlastní zpracování)</i> | 64 |
| <i>Tab. 7: Časy na výrobu 1 ks výrobku (Vlastní zpracování).....</i> | 65 |
| <i>Tab. 8: Srovnání totální produktivity (Vlastní zpracování).....</i> | 69 |
| <i>Tab. 9: Přehled nákladů spojených se změnou layoutu (Vlastní zpracování).....</i> | 70 |

