

# Optimalizace pracoviště pro opravu sklářských forem

Antonín Kuře

---

Bakalářská práce  
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	<b>Antonín Kuře</b>
Osobní číslo:	<b>T19305</b>
Studijní program:	<b>B3909 Procesní inženýrství</b>
Studijní obor:	<b>Technologická zařízení</b>
Forma studia:	<b>Kombinovaná</b>
Téma práce:	<b>Optimalizace pracoviště pro opravu sklářských forem</b>

### **Zásady pro vypracování**

1. Teoretická studie na dané téma.
2. Popis současného stavu pracoviště.
3. Optimalizace pracoviště.
4. Zhodnocení přínosů po optimalizaci.

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

**Seznam doporučené literatury:**

MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000, 311 s. ISBN 8090223567.

SMRČEK, Antonín. Strojní tvarování skla. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1981.

SALVENDY, Gavriel, c2012. Handbook of human factors and ergonomics. 4th ed. Hoboken: Wiley. ISBN 9780470528389.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Bednařík, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **5. ledna 2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

L.S.

**prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji 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,**

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:  
Antonín Kuře

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá optimalizací pracoviště opraváře sklářských forem ve sklárně, která se zaměřuje na výrobu obalového skla pro potravinářský průmysl.

V teoretické části bakalářské práce je popsána problematika technologie zpracování skla a tvarování výrobku formou. Dále je teoretická část bakalářské práce zaměřena na problematiku související s optimalizací výrobních procesů. Podrobněji jsou zde popsány metody průmyslového inženýrství a ergonomie.

Praktická část rozebírá současný stav pracoviště opraváře sklářských forem, zaměřuje se na jeho nedostatky a návrhy řešení pro optimalizaci a následné vytvoření optimalizovaného pracoviště a nového pracovního stolu.

V závěru práce jsou shrnuty přínosy, které optimalizace přinesla.

Klíčová slova: optimalizace, sklářské formy, metoda 5S, ergonomie, pracoviště

## **ABSTRACT**

The Bachelor Thesis deals with the optimization of the glass mold repairer's workplace in a glassworks, which is focused on the production of container glass for the food industry.

The theoretical part of the Bachelor Thesis describes the issues of glass processing technology and product shaping. Furthermore, the theoretical part of the Bachelor Thesis focuses on issues related to the optimization of production processes. Methods of industrial engineering and ergonomics are discussed in more detail here.

The practical part analyzes the current state of the glass mold repairer's workplace, focuses on its shortcomings and proposals for solutions needed for optimization and subsequent creation of an optimized workplace and a new desk.

At the end of the work are summarized the benefits that optimization brought.

Keywords: optimization, glass molds, 5S method, ergonomics, workplace

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu Ing. Martinu Bednaříkovi, Ph.D., za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích. Děkuji také vedení společnosti za poskytnutí veškerých materiálů potřebných pro vypracování praktické části bakalářské práce, a to zejména panu Ing. Marku Pokorákovi a zaměstnancům úseku opravy sklářských forem.

V neposlední řadě bych dále rád poděkoval také své rodině za podporu a trpělivost během celého studia.

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

# OBSAH

ÚVOD.....	9
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ SKLA A TVAROVÁNÍ VÝROBKU FORMOU.....</b>	<b>11</b>
1.1 ČLENĚNÍ VÝROBKŮ .....	11
1.1.1 Sklo obalové.....	11
1.1.2 Sklo užitkové.....	12
1.1.3 Sklo technické a pro stavebnictví.....	12
1.1.4 Skleněná vlákna a výrobky z nich.....	13
1.2 POSTUP VÝROBY SKLA .....	13
1.3 ZÁKLADY KONSTRUKCE FOREM .....	14
1.3.1 Členění forem.....	15
1.3.2 Formy k ruční výrobě.....	16
1.3.3 Formy k poloautomatické výrobě .....	17
1.3.4 Formy k plně automatické výrobě.....	17
1.4 VÝROBA A ÚDRŽBA KOVOVÝCH SKLÁŘSKÝCH FOREM.....	18
1.4.1 Obrábění forem .....	19
1.4.2 Povrchová úprava forem .....	19
1.4.3 Mazání forem .....	19
1.4.4 Čištění forem.....	20
1.4.5 Oprava forem .....	20
<b>2 OPTIMALIZACE VÝROBNÍCH PROCESŮ .....</b>	<b>22</b>
2.1 OPTIMALIZACE.....	22
2.2 PLÝTVÁNÍ.....	23
2.3 METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ .....	23
2.3.1 Základní metody.....	23
2.3.2 Komplexní metody.....	27
2.4 PRODUKTIVITA A EFEKTIVITA.....	29
2.5 SNÍMEK PRACOVNÍHO DNE .....	29
2.6 ERGONOMIE .....	30
2.6.1 Ergonomie pracovního místa .....	31
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>32</b>
<b>3 STANOVENÍ CÍLŮ PRÁCE .....</b>	<b>33</b>
<b>4 SOUČASNÝ STAV PRACOVIŠTĚ .....</b>	<b>34</b>
4.1 POPIS SOUČASNÉHO STAVU VYBRANÉHO PRACOVIŠTĚ .....	34
4.2 LAYOUT SOUČASNÉHO PRACOVIŠTĚ .....	37
4.3 POPIS PROVÁDĚNÝCH ČINNOSTÍ.....	38

4.4	SNÍMEK PRACOVNÍHO DNE SOUČASNÉHO PRACOVIŠTĚ A JEHO ZÁVĚRY .....	40
<b>5</b>	<b>NÁVRH OPTIMALIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ .....</b>	<b>43</b>
5.1	ZAVEDENÍ STANDARDU 5S .....	43
5.2	LAYOUT OPTIMALIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ.....	47
5.3	NÁVRH NOVÉHO PRACOVNÍHO STOLU .....	48
5.4	NÁKLADOVÉ ZHODNOCENÍ.....	51
<b>6</b>	<b>ZHODNOCENÍ PROVEDENÉ OPTIMALIZACE .....</b>	<b>53</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>55</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>60</b>



## ÚVOD

Každodenně se s nimi dostáváme do kontaktu, bereme je jako samozřejmost našich životů, ale už se moc nezajímáme o to, jak velké úsilí a technologický pokrok stojí za jejich vznikem. Jsou to láhve na pivo či víno, lahvičky a dózy na kosmetiku, lékovky, zavařovací sklenice a další obalové sklo v jeho mnoha podobách. Dlouhou dobu sklářům stačila k vytvoření mistrovských výrobků pouze píšťala, několik dřevěných forem a tvořítka. Podstatné byly hlavně zkušenosti a fantazie. Poté co sklo přestalo být pouze uměleckým, exkluzivním materiálem a stalo se primárně předmětem denní potřeby, tak jak ho známe dnes, bylo zapotřebí zvýšit produktivitu a přesnost výrobků. Toho bylo možné dosáhnout pouze zavedením automatizovaných strojů s kovovými formami. Ale již vynálezci prvních automatizovaných strojů na výrobu obalového skla zjistili, že nestačí pouhé nastavení stroje, který bude spolehlivě fungovat. Objevila se celá řada problémů, do té doby neznámých. Bylo nutné udržovat určité složení a teplotu dávkované skloviny, teplotu forem i časy výrobního procesu. Kovové formy byly a stále jsou velmi drahé, a proto bylo nutné najít ten nejvhodnější kov pro jejich výrobu. Formy se musely čistit, chromovat, mazat, problémem byla i jejich drsnost, konstrukce a chlazení. K dalšímu rozvoji strojního tvarování byly nezbytné nové zásahy, vedoucí k maximálnímu zvýšení výrobní rychlosti strojů.

V současnosti je zvyšování produktivity výrobního procesu jedním z hlavních způsobů, jak udržet konkurenceschopnost firmy. Narůstají nároky na plynulost pracovního procesu a snížení výrobních nákladů. Optimalizace pracovišť a lidských činností je jedním z nejzásadnějších způsobů, jak právě těchto cílů dosáhnout. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl ve své bakalářské práci na problematiku optimalizace zaměřit.

Bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. V části teoretické je zpracována problematika související s daným tématem. Je zde popsána problematika technologie zpracování skla a tvarování výrobku formou, členění skleněných výrobků, postup výroby skla, konstrukce a výroba sklářských forem. Dále je teoretická část bakalářské práce zaměřena na problematiku související s optimalizací výrobních procesů a podrobněji jsou zde probrány metody průmyslového inženýrství a ergonomie.

Praktická část rozebírá současný stav pracoviště opraváře sklářských forem, zaměřuje se na jeho nedostatky a návrhy řešení potřebných pro optimalizaci a následné vytvoření optimalizovaného pracoviště. Na závěr je celková optimalizace zhodnocena.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ SKLA A TVAROVÁNÍ VÝROBKU FORMOU

## 1.1 Členění výrobků

Výrobky ze skla mohou být děleny do skupin dle způsobu výroby, a to na strojně nebo ručně vyráběné. Druhý způsob dělení je podle funkčního použití [3,6].

Jelikož se může většina výrobků produkovat strojně i ručně, bude vhodnější k dalšímu popisu užití dělení do skupin podle funkčního použití. Tento způsob dělení umožňuje rychlejší orientaci, neboť jsou výrobky ze skla takto obecně charakterizovány. Jednotlivé skupiny jsou popisovány jako sklo obalové, užitkové, technické a sklo pro stavebnictví (skleněné tvárnice).

Uvedené skupiny se mohou dále dělit na podskupiny podle druhu výrobků. Při popisu se vždy uvádí hlavní druhy a tvary, od kterých se pak v praxi jednoduše odvodí požadovaný tvar nebo rozměr výrobku [3,6].

### 1.1.1 Sklo obalové

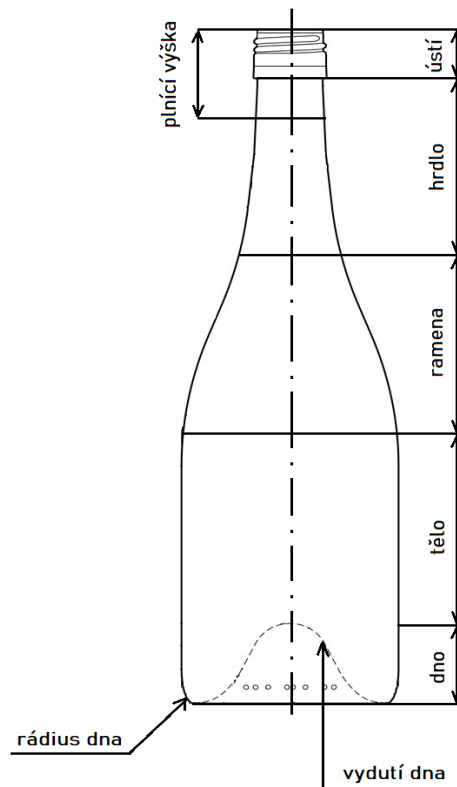
Jedná se o souhrnný název pro všechny druhy skleněných obalů, které jsou vyrobeny za účelem chránit svůj obsah před škodou, kterou by mohl být znehodnocen.

Skleněné obaly se dále dělí na sklo obalové úzkohrdlé a širokohrdlé. Příkladem úzkohrdlého obalu je láhev a mezi obalové sklo širokohrdlé se řadí například konzervové sklenice a kelímky [4,6].

Láhev je typickým obalem k uchování tekutin. Půdorys je zpravidla kruhový, v horní části se tvar láhve zužuje a vyznačuje se malým průměrem v ústí v poměru k průměru těla. Obal označovaný jako láhev musí splňovat podmínku, kdy je poměr největšího průměru těla obalu a vnitřního průměru ústí větší než 2.

Sklenice je definována stejným způsobem jako lahev, liší se jen v poměru největšího průměru těla k vnitřnímu průměru ústí. Kde platí, že poměr největšího průměru těla k vnitřnímu průměru ústí je menší nebo roven 2.

Kelímek je skleněný obal válcového tvaru. Vhodný k balení kosmetických výrobků nebo jiných výrobků pastovité konzistence. Zpravidla má šroubovací nebo nasazovací uzávěr, zhotovený z plastu nebo papíru, popřípadě kovu [4,6].



Obrázek 1. Technické pojmenování jednotlivých částí lahve [6].

### 1.1.2 Sklo užitkové

Mezi sklo užitkové jsou řazeny všechny výrobky sloužící široké potřebě. Jedná se zejména o šálky, misky, soupravy lisovaných výrobků, vázy, popelníky, džbány, soupravy foukaného skla – kalíškoviny, pohárky, odlivky, různé doplňky skleněných výrobků pro domácí zařízení, osvětlovací tělesa atd. Pro tento druh výrobků je typická hlavně rukodílná výroba [6].

### 1.1.3 Sklo technické a pro stavebnictví

Do této skupiny výrobků jsou řazeny skleněné výrobky, které doplňují průmyslové celky nebo nahrazují již dříve zhotovený výrobek z jiného materiálu. Ve většině případů se jedná o aparatury chemického, elektrotechnického, potravinářského průmyslu a sklo ve stavebnictví.

Pro uplatnění skla v průmyslových výrobcích je nutné přizpůsobit jejich tvar technologii sklářské výroby a hodnotám skloviny. I při poměrně složitosti a členitosti skleněných výrobků je nutné zachování technologických zásad sklářské výroby [6].

Ploché sklo neboli tabulové je řazeno do kategorie stavebního a technického skla. Užívá se hlavně při zasklení pláštěů budov, tvorbě skleněných stavebních příček, pro výplně oken,

výloh, dveří, balkónových a schodišťových zábradlí, přístřešků na zastávkách autobusů apod. Dříve bylo ploché sklo vyráběno pomocí skleněných válců nebo rotujících baněk, litím nebo tažením. V dnešní době se využívá nejmodernější technologie výroby plavením [6].

#### 1.1.4 Skleněná vlákna a výrobky z nich

Kompozitní produkty tvořeny skleněnými vlákny mají uplatnění zvláště v dopravních prostředcích a ve stavebnictví z důvodu jejich konstrukčních a fyzikálních vlastností, kterými převyšují vlastnosti tradičních kovových, dřevěných či stavebních materiálů, a to při nižších nákladech. Ve stavebnictví jsou využívány hlavně jako mřížkové tkaniny v zateplovacích systémech budov. Tkanina ze skelných vláken má vysokou odolnost vůči teple, a proto je využívána k šití ochranných oděvů pro extrémně horké provozy.

Skleněná vlákna s optickými vlastnostmi jsou od textilních odlišná svým chemickým složením a technologií výroby. Slouží k přenosu dat, světla, infračervených a laserových paprsků [2,7].

## 1.2 Postup výroby skla

Suroviny používané ve sklářství jsou velmi důležité ve výrobě, protože je díky nim ovlivňován technologický postup výroby, úspěšná tavba skloviny a jakost výrobku. Správný výběr surovin i pečlivé hospodaření s nimi jsou jedním z nejaktuálnějších problémů dnešní sklářské výroby [8].

Sklo je vyráběno ze směsi přírodních látek, tato směs látek je nazývána kmen. Nejdůležitější složkou kmenu jsou sklářské písky, které mají vysoký obsah oxidu křemičitého, a to v rozmezí 60-80 %. Mezi další základní složky se řadí oxid vápenatý, který dodává sklu chemickou odolnost a stálost. Větší množství CaO zvyšuje křehkost skla a výrobky vyžadují při chlazení vyšší teploty. Při nízkých teplotách zvyšuje viskozitu, ale při vysokých teplotách je jeho vliv na viskozitu poněkud složitější. Při přidávku CaO do 10 % se viskozita snižuje, dalším zvýšením obsahu se ale zvyšuje. Zvýšením obsahu CaO ve skle také vzrůstá jeho lesk. Oxid vápenatý je do skla dodáván primárně v podobě vápence a křídly. Jsou však známy i jiné vápencové horniny, které obsahují oxid vápenatý ve větším či menším měřítku. Jsou to dolomity, dolomitické vápence, slíny a slínovité zeminy [7,8].

Do vsázky se kromě základních složek, jako jsou oxid vápenatý, oxid sodný a oxid draselný přidává také nadrcené odpadní sklo, kterého může být i vysoké procento obsahu

vsázky a to až 54 %. Pro dosažení různé barevnosti a vlastností skla jsou do vsázky přidávány také různé pomocné látky a barviva. Pokud by barva skla nebyla nijak upravována a nechala by se jeho přírodní barva, nebyla by čirá, ale přítomností nežádoucích příměsí by se jednalo spíše o nahnědlou až mírně nazelenalou barvu. K dosažení čiré barvy se sklovina dále odbarvuje a čistí [8].

Tavení sklářského kmene má tři fáze. První fází je roztavení. Dojde k dokonalému roztavení připraveného kmene ve sklářské peci. Výsledné roztavené sklo je nestejnorodé, tuhé, neprůhledné. Obsahuje také velké množství defektů, jako jsou například bublinky, které se odstraňují pomocí různých čeridel. Nejčastěji pomocí síranu sodného nebo oxidy arzenu či antimonu.

Druhá fáze se nazývá čerení. Mizí bublinky, sklo je řidší a postupně se stává průhledným. Ve třetí fázi tzv. sejítí dochází k ochlazení skla a následnému ručnímu nebo strojovému zpracování foukáním, litím, lisováním nebo tažením [8].

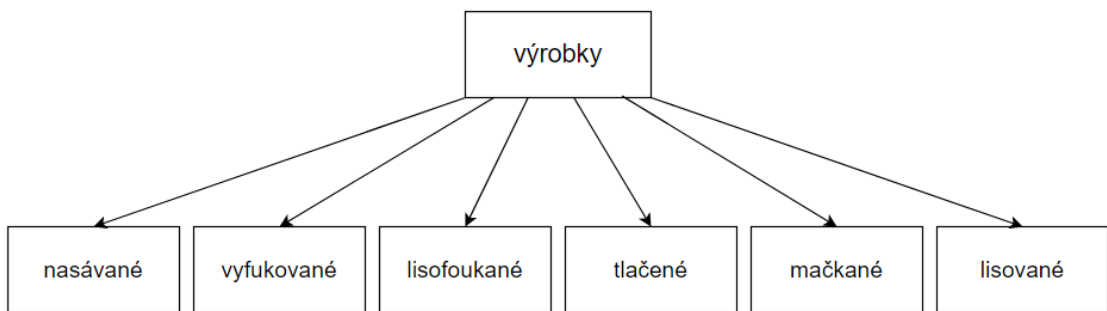
### 1.3 Základy konstrukce forem

Práce spojené s návrhem formy se dají rozdělit na jednotlivé etapy a tím i určit, v jakém postupu bude návrh řešen. V praxi se nejlépe osvědčil postup, kdy se začne s rozborem výkresu výrobku a je posouzena technologická vhodnost sklářské výroby. V případě, že nevyhovuje, jsou provedeny potřebné změny a úpravy. Poté je zvolen způsob výroby a druh stroje, určen druh a způsob konstrukce formy, zhodnocena volba formy a způsob zpracování po ekonomické stránce, propracováno základní řešení konstrukce formy, určeny její tepelné podmínky, navrženy vhodné materiály a vypočteny potřebné tvary. V dalším kroku je již možné sestavit celkovou konstrukci formy a zhotovit dílenské výkresy k výrobě. Navržená konstrukce musí být co nejjednodušší, ale musí plně vyhovovat předpokládanému provozu [1,6].

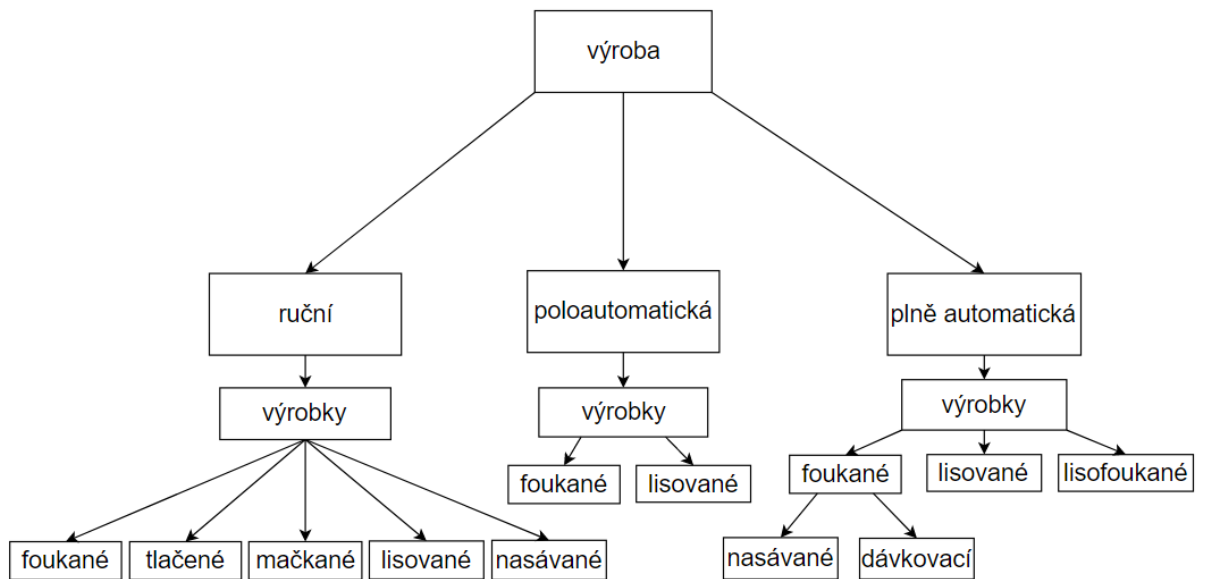
Každá změna nebo navrhované zlepšení musí být vyzkoušeno v simulačním programu nebo na zkušebních formách. Provozní zkoušky je výhodné konat na stroji s několika stanicemi s použitím vždy jediné zkušební formy, aby bylo možné porovnat výsledky zkoušek s původní výrobou [1,6].

### 1.3.1 Členění forem

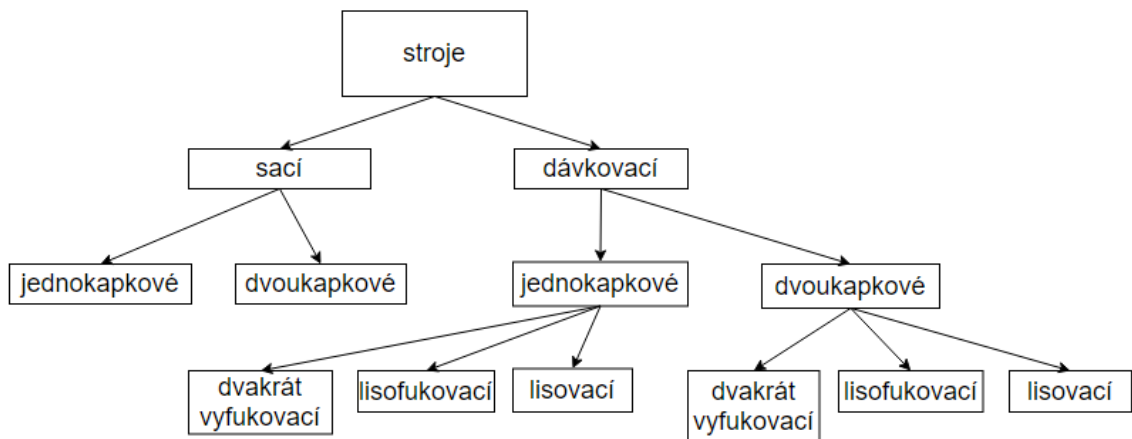
Formy a zařízení můžeme rozdělit na tři hlavní skupiny. Podle výrobků, podle způsobu výroby, podle druhu použitého stroje. Tyto skupiny mohou být dále děleny na podskupiny podle druhu výrobku nebo výroby a stroje, na kterém bude výrobek tvarován [6].



Obrázek 2. Členění forem podle druhu výrobku [6].



Obrázek 3. Členění forem podle výrobní technologie výrobku [6].



Obrázek 4. Členění forem podle druhu použitého stroje [6].

### 1.3.2 Formy k ruční výrobě

Do skupiny forem k ruční výrobě se zahrnují formy na foukané výrobky, tlačené výrobky a na lisované výrobky. Při výrobě foukaného skla je na sklářskou píšťalu nabráno určité množství roztavené skloviny, poté je ochlazena a urovnána valením na připravené desce. Současně je sklářem foukáním do píšťaly vytvarován polotovar hotového výrobku. Při ochlazení baňky je vyrovnána teplota na jejím povrchu, a tím i viskozita skloviny. Baňka je vložena do formy a v ní je vyfouknut konečný tvar výrobku. Takto vyfouknutý výrobek je oddělen od píšťaly odražením nebo je zbytek skla nad formou přefouknutím roztržen [6].

U forem určených pro ruční výrobu není vyžadována zvláštní výrobní přesnost, proto je možné je vyrábět ze dřeva nebo směskové hmoty [1,6].

Tlačené výrobky se vyrábí nabráním určitého množství skloviny na nabírací tyč, pomocí které se sklovina umístí do dutiny formy. Tlačení na tyč naběráku je sklovina tlačena do formy, až dokud ji celou nevyplní. Tímto způsobem jsou vyráběny plné výrobky.

Lisované výrobky jsou tvořeny nabráním skloviny na nabírací tyč, která je vložena do otevřené dutiny formy. Strojní zařízení zatlačí razník, až je dutina formy celá vyplněna sklovinou. Po vytažení razníku je forma ručně rozebrána a dojde k vyjmutí finálního výrobku. Cyklus je prováděn ručně, pouze k vytvoření lisovací síly se používá strojní zařízení [1,6].





Obrázek 5. Ruční sklářská forma [4].

### 1.3.3 Formy k poloautomatické výrobě

Poloautomatická výroba využívá výrobní technologie ruční výroby. Odlišuje se tím, že jsou formy tvarovacího zařízení ovládány strojně. Obsluha stroje řídí obvykle jen mechanizované pohyby, jako např. přestavování formy, otvírání a uzavírání formy, ovládání nálevky, razníku, ústníku a ústní formy, jader, předfukovacího a odfukovacího vzduchu. Formy jsou již jen kovové a jejich konstrukce složitější, takže jsou vhodné i k výrobě těch nejnáročnějších výrobků. Poloautomatická výroba je vhodná pro výrobu menších výrobků v malých sériích.

Forma na foukané výrobky je tvořena z přední a dokončovací formy, ústní vložky, ústníku, dna a ústní formy [6].

### 1.3.4 Formy k plně automatické výrobě

Plně automatická výroba je rozdělena podle způsobu plnění forem sklovinou na dávkovací a sací, podle konstrukce stroje na sacofoukací, dvakrát foukací, lisofukovací a lisovací. Tento způsob výroby dovoluje výrobu lahví, sklenic, kelímků a některých druhů technického a laboratorního skla. Ovládání forem a formovacího zařízení je pro tento druh výroby již plně mechanizováno a centrálně řízeno časovačem nebo vačkovým systémem. V automatické výrobě se pracovník obsluhy stává kontrolním orgánem a v případě potřeby pouze stroj seřizuje. Výroba je vhodná pro velké série až kontinuální výroby [6].

## 1.4 Výroba a údržba kovových sklářských forem

Materiál k výrobě sklářské formy je volen dle požadavků technologických a také podle požadavků zákazníka v závislosti na dané technologii výroby [9].

Nejčastěji používané materiály sklářských forem:

- *litina EN-GJL-250, 300 – (ČSN 42 24 25, 30)*

Slouží k výrobě ručních sklářských forem nebo strojních dílů, které plní pouze pomocnou konstrukční funkci. Materiál nepřichází do přímého kontaktu se sklovinou, není vhodný pro vysoké tepelné namáhání. Vyznačuje se nízkou pevností v tahu, vyšší tepelnou vodivostí, značnou schopností tlumení rázů a vibrací. Nízká pořizovací cena kompenzuje nižší životnost [9].

- *tvárná litina EN-GJS-500,600 – (ČSN 42 23 05, 06)*

Výborné mechanické vlastnosti a opracovatelnost. Vysoká životnost, tvrdost, modul pružnosti a tažnost. Vhodný materiál pro výrobu forem, které jsou v přímém kontaktu se sklovinou [9].

- *ocelolitina AISI 420Cr 17*

Jedná se o ušlechtilý materiál, který se řadí mezi materiály vhodné pro výrobu sklářských forem. Je vhodný na výrobu dílů formy, které přichází do přímého kontaktu se sklovinou. Nevýhodou je vyšší cena, do které se promítá i cena modelového zařízení, které je nutno vyrobít pro odlití formy z tohoto materiálu [9].

- *kovaná nerez ocel 17 145.9*

Žárovzdorná chromová ocel s dalšími přísadovými prvky. Řadí se mezi nejkvalitnější materiály používané ve sklářském průmyslu. Díky svým vlastnostem je vhodná pro použití ve vysoce sériové výrobě. Drsnost povrchu může po vyleštění dosáhnout hodnot až  $Ra < 0,04 \mu\text{m}$ . Životností překonává formy vyrobené z litiny až několikanásobně. Použit se může u všech dílů, které jsou v kontaktu se sklovinou [9].

- *sklářská bronz AlBr*

Speciální sklářská bronz pro použití za vysokých teplot. Využití hlavně u ústních forem [9].

### 1.4.1 Obrábění forem

Po vyhotovení 3D modelu, výkresové dokumentace a CNC obráběcích dat přichází na řadu obrábění dílů forem. Základem je výroba tvarových dílců na moderních CNC strojích s využitím technologie CNC frézování, CNC soustružení a elektroerozivního hloubení. Díky kombinaci těchto technologií je možné vyrobit téměř jakýkoliv tvar dílu [9].

### 1.4.2 Povrchová úprava forem

Uplatňována na formách kromě forem dřevěných, z přírodních a chemických hmot. Při sériové výrobě jsou nejčastěji využívány formy z šedé formové litiny, které mají nevýhody v tom, že ani legováním není odstraněna nízká odolnost proti oxidaci tvarovacího povrchu. Oxidovaný povrch tvarovacích dutin ve styku se sklovinou vytváří znečištěné plochy s vazbou okují, karbonizačních složek, mazadel, zbytků drceného skla, případně vytěkaných složek skloviny. Tyto nečistoty znehodnocují povrch tvarovací plochy a výrobku. Také se často uvolňují a ulpívají na výrobku nebo funkčně poškodí formu [6].

K odstranění nebo zmírnění těchto nedostatků je povrch dutin upravován ochrannými nátěry, kovovými povlaky nebo je sycen určitým materiálem. Ochranný povlak je možné vytvořit elektrolyticky chromováním, nástřikem kovového povlaku nebo způsobem Colmonoy, sycením povrchu za určitých teplot (alitováním). Ochranný povlak na tvarovacích plochách zvyšuje životnost forem na trojnásobek až dvanáctinásobek. Tloušťka ochranné vrstvy se pohybuje od 10 $\mu$ m do 20 $\mu$ m při elektrolytickém chromování. Souvislým nástřikem kovového povlaku na tvarovací plochy jsou převážně ošetřovány plochy dílů zatížené na otěr a opálení. Tloušťka vrstvy nástřiku dosahuje až 0,8mm. Nástřik je většinou na bázi NiCr se sloučeninami karbidu wolframu, bóru apod. [6, 11].

### 1.4.3 Mazání forem

U forem je během provozu nutno vymazávat tvarovací dutinu vhodným tekutým nebo pevným mazadlem. Pevné mazadlo je využíváno u nekovových forem. Mazání zabraňuje přímému styku horké skloviny se stěnou formy, zchlazení skloviny kovovou stěnou formy a lepení skloviny na stěnu formy. Mazání snižuje i třecí součinitel skloviny. Při kontaktu horké skloviny se spaluje mazadlo a vytváří se plyny, které tvoří částečnou izolaci mezi sklovinou a formou. Mazadla jsou vyrobena z olejů lehce spalných beze zbytku [6, 11].

#### 1.4.4 Čištění forem

Tvarovací povrch sklářské formy je znečištěn oxidací materiálu, ze kterého je forma vyrobena, usazením zuhelnatělých zbytků mazadel a střípků skla. Pro dokonalý vzhled výrobku je potřebný hladký a čistý povrch tvarovací dutiny formy. Proto se tvarovací dutina musí včas zbavovat nežádoucího nánosu mechanickým ručním čištěním, mechanickým strojním čištěním, chemickým nebo elektrochemickým čištěním. U všech způsobů čištění je požadován co nejmenší úbytek materiálu. Interval čištění závisí na druhu zpracované skloviny, druhu mazadel, materiálu formy a jejich tepelných podmínkách, hladkosti plochy a výrobní technologie [6,11].

Nejčastěji vyžadují čištění přední formy, které jsou vystaveny vyšší teplotě než formy konečné. Každým čištěním se odebere tvarovací ploše tloušťka materiálu 0,1 až 0,3mm.

Po odstranění nečistot se musí ještě tvarovací plocha co nejjemněji vyleštit. Na vysoce hladkém povrchu podstatně méně ulpívají cizí přímíšeniny, zmenšuje se tvorba okují a výrobek získá požadovaný vzhled. Za předpokladu, že výrobek získá asi 50% drsnosti od povrchu formy, se dá určit přípustná drsnost tvarovacího povrchu. U běžného obalového skla maximálně  $Ra = 3,2 \mu\text{m}$ , u užitkových nepálených lisovaných výrobků maximálně  $Ra = 0,2 \mu\text{m}$ , u užitkových pálených lisovaných výrobků maximální  $Ra = 0,4 \mu\text{m}$  [6,11].

Mechanické ruční čištění – Nejsou splněny maximální požadavky, ale nevyžaduje nákladné zařízení. Obvykle se čistí za sucha brusným plátnem nebo volným brusivem.

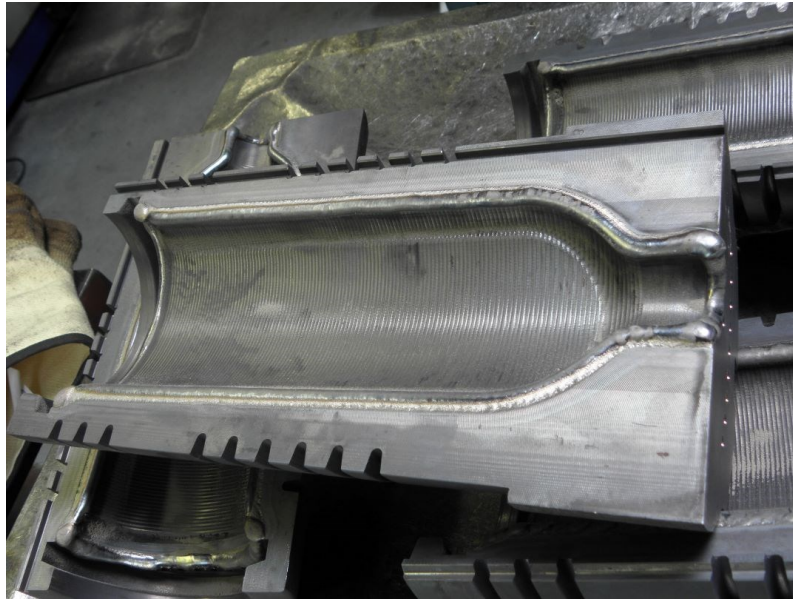
Mechanické strojní čištění – Pomocí vrhání brusiva stlačeným vzduchem dochází k omílání znečištěné plochy formy.

Elektrochemické čištění – Odstraňuje nečistoty elektrochemickou cestou bez poškození povrchu základního kovu formy [6,11]

#### 1.4.5 Oprava forem

Poškozenou formu je možné opravit přepracováním tvaru, vložkováním, pēchováním, metalizací, galvanickým nánosem a navařením. Přepracováním tvaru jsou opraveny rozměry, které je nutné dodržet v určité toleranci. Vložkováním jsou opraveny hrany a plochy poškozené úderem. Pēchováním je přemístěn materiál z plochy, která není funkční, na poškozené místo. Používáno jen v případě, kdy stačí přemístit malé množství materiálu, nejčastěji při opravě dělicích rovin. Nevýhodou pēchování je křehnutí materiálu. Metalizací je možné obnovit celou tvarovací plochu formy. Potahové slitiny jsou nanášeny

pomocí speciálně upravené svářecí pistole. Její konstrukce umožňuje nástřik z odtavované elektrody nebo vyfukování taveného prášku ze zásobníku pistole. Formy je nutné před nanášením prášku přehřát v přehřívací peci na teplotu okolo 500 °C. Tyčové elektrody se používají při navařování hran nebo vyplňování větších prohloubenin [6,11].



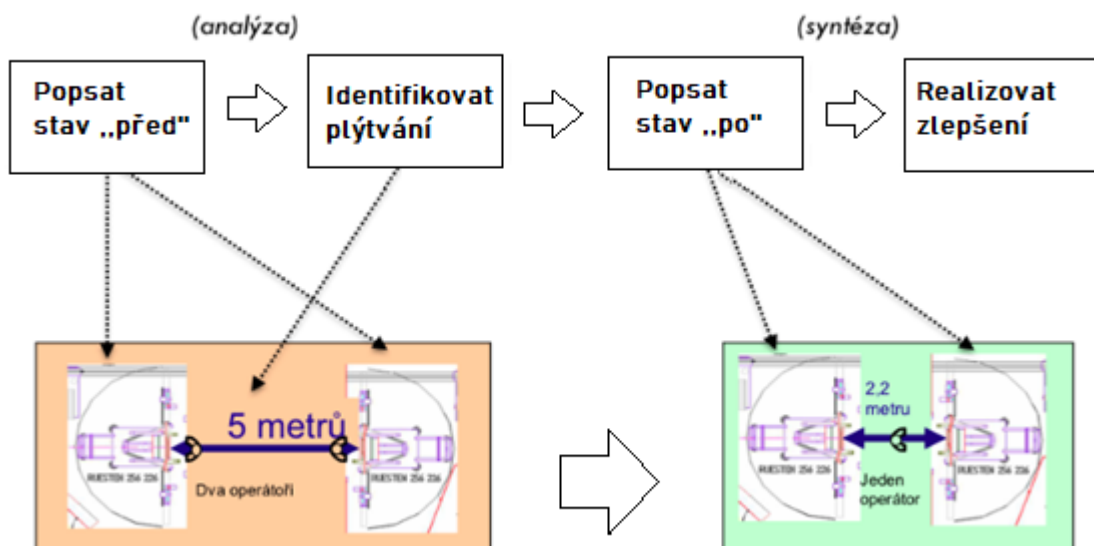
Obrázek 6. Oprava formy navařením [4].

## 2 OPTIMALIZACE VÝROBNÍCH PROCESŮ

Výrobní podniky jsou základní složkou všech hospodářství států. Jsou tvořeny mnoha procesy a postupy, pomocí kterých dosahují svých cílů. Pro udržitelnost podniku je nutné, aby byly výrobky či služby přizpůsobeny nárokům zákazníků za současného dosahování zisku. Z důvodu vysokého tlaku konkurence je nutné přicházet stále s novými nápady a vylepšeními, jak snížit výrobní náklady a zvýšit produktivitu. Řešením je stálá optimalizace výrobních procesů [14].

### 2.1 Optimalizace

Optimalizace je slovo latinského původu často překládáno jako volba nejhodnější varianty z více potenciálních variant. Zabývá se jí každá firma ve snaze ušetřit náklady na realizaci daného produktu nebo služby. Při optimalizaci jde především o nalezení a pochopení problému, který je pomocí inovativních metod a postupů nutno odstranit. Jedná se o finančně nenáročnou metodu, která napomáhá firmám k finančnímu zisku a pevné pozici při boji s konkurencí [14].



Obrázek 7. Princip optimalizace [13].

## 2.2 Plýtvání

Jako plýtvání je možné označit všechny procesy výroby, které nezvyšují výrobku či službě hodnotu, stojí firmu finanční prostředky, za které není zákazník ochoten zaplatit. To vede ke snížení zisku a neefektivitě. Plýtvání je možno rozdělit do osmi skupin [15]:

- **Nadvýroba** – výroba produktů, o které v daný okamžik zákazníci nejeví zájem.
- **Transport a manipulace** – přesun, který není součástí operace.
- **Čekání** – čas, který může být efektivně využit k vytváření hodnot.
- **Chyby a zmetky** – nutnost vynaložení dalších nákladů na opravu, neprodejné zboží, špatná pověst firmy při odhalení zmetkových výrobků u zákazníka.
- **Zbytečné pohyby** – hledání, natahování se pro nástroje, riziko úrazu.
- **Neefektivní práce** – činnosti, které přidají výrobku hodnotu, ale lze je provádět lepším způsobem.
- **Zásoby** – zabírání fyzického nebo virtuálního prostoru.
- **Nevyužití lidského potenciálu** – nevyužití znalostí a zkušeností pracovníků [15].

## 2.3 Metody průmyslového inženýrství

Metody průmyslového inženýrství jsou rozděleny do dvou skupin, a to na základní a komplexní.

### 2.3.1 Základní metody

Jedná se o banální metody zaměřené na úzkou skupinu problémů s přínosem prvních užitečných výsledků ve velmi krátkém časovém úseku, který je jen velmi obtížně dosažitelný za použití jiných metod. Jsou považovány za základ zlepšování a v procesu zavádění průmyslového inženýrství by měly být využívány jako první. Mezi základní metody jsou řazeny: [16]

- Metoda 5 S,
- MOST,
- Kanban,
- Jidoka,

- Jednokusový tok,
- TPM,
- Visuální řízení,
- Standardizace,
- SMED,
- Průmyslová modernizace,
- Projektové řízení,
- POKA-YOKE [16].

### **Metoda 5S**

Organizační metoda původem z Japonska, která vznikla z pěti japonských slov začínajících na S. Většinou je využívána jako jedna z prvních metod při zavádění optimalizace. Jedná se o zorganizování pracoviště, které napomáhá eliminovat plýtvání, zvyšuje produktivitu a bezpečnost na pracovišti. Předpokladem dobré kvality, produktivity a bezpečnosti na pracovišti není jen pořádek a čistota, ale i zavedení pravidel a jejich následné dodržování. Pomocí těchto pěti kroků jsou v pracovním prostředí eliminovány ztráty a vše je zařízeno tak, aby byla umožněna optimální tvorba hodnot [19].

#### **1. Seiri: vytrídění a odstranění nepotřebných věcí**

- Udělat pořádek, odstranit nepotřebné nářadí a díly z pracoviště.
- Ihned vyhodit nepotřebné věci.

#### **2. Seiso: vyčištění pracoviště**

- Každý pracovník provede úklid svého pracoviště.
- Včasné odhalení nedostatků v kvalitě a na zařízeních.

#### **3. Seiton: uspořádání potřebných věcí**

- Označení a unifikace pracovních prostředků a odstavných ploch.
- Označit shromažďovací plochy, vozovky a chodníky.



#### 4. Seiketsu: ustanovit pravidla

- Standardizace a zviditelnění pravidel na pracovišti.
- Předpokladem je disciplína a trénink.

#### 5. Shitsuku: všechny body dodržovat a vylepšovat

- Dodržovat a stále vylepšovat standardy.
- Vytvoření rámcových podmínek pro udržování daného stavu manažery [19].



Obrázek 8. Metoda 5S, vizualizace kroků [18].

#### Kanban

Z japonského slova karta, štítek případně lístek, který v daném systému zastává funkci štítku s objednávkou nebo průvodky. Snahou tohoto systému je co nejvíce zdokonalit přizpůsobení se průběhu výroby materiálovým tokem. Na každém stupni výroby je snaha o podporu výroby na objednávku, pomocí které je umožněno bez výrazných investic snížit objem zásob a plnit dohodnuté termíny. Při poklesu okamžité zásoby materiálu pod kritickou hranici, odešle výrobní pracoviště kanban předchozímu pracovišti. To odešle požadovaný materiál s přiloženým kanbanem v uvedeném termínu a dané kvalitě zpět na pracoviště výroby. Nejvhodnější implementace systému kanban je v opakované výrobě velkého množství stejných součástí. Na kartě kanban musí být zapsáno: [17]

- číslo kanbanové karty,
- označení materiálu,
- množství požadovaného materiálu,

- místo doplnění materiálu,
- může obsahovat i vizuální ukázkou materiálu [17].

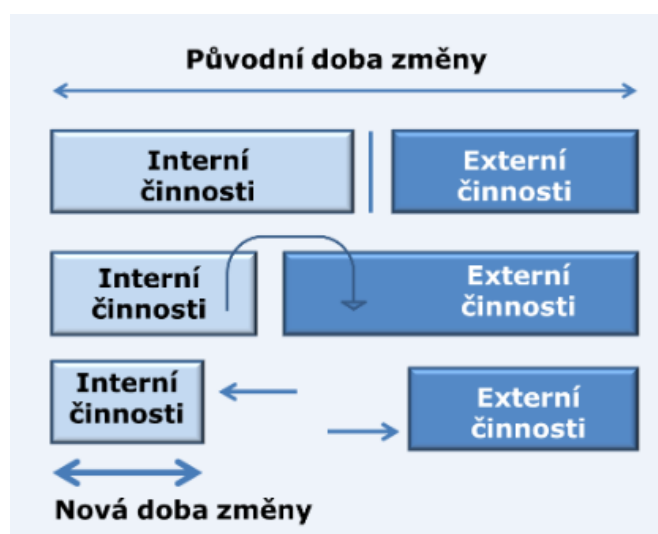
### SMED – Systém rychlé změny výroby

Metoda byla vyvinuta jedním ze zakladatelů výrobních systémů společnosti Toyota, průmyslovým inženýrem Shigeo Shingoem. Označení SMED je složeno z prvních písmen anglické zkratky „Single Minute Exchange of Dies“, kterou je možné přeložit jako „Výměna nástrojů v jednotkách minut“. Tímto procesem je možné snížit seřizovací čas stroje při přechodu na výrobu jiné součásti na stejném stroji [24].

Pro úspěšné zavedení systému rychlé změny výroby je nutné rozdělení činností na dvě oblasti. Na oblast interní, která zahrnuje všechny činnosti, které je nutné vykonat při zastaveném stroji a na oblast externí, která zahrnuje všechny operace prováděné při chodu stroje. Cílem je snaha o zkrácení přechodových časů, které prodlužují celý proces výroby [24,25]

#### Obecně platné kroky při seřizování strojů:

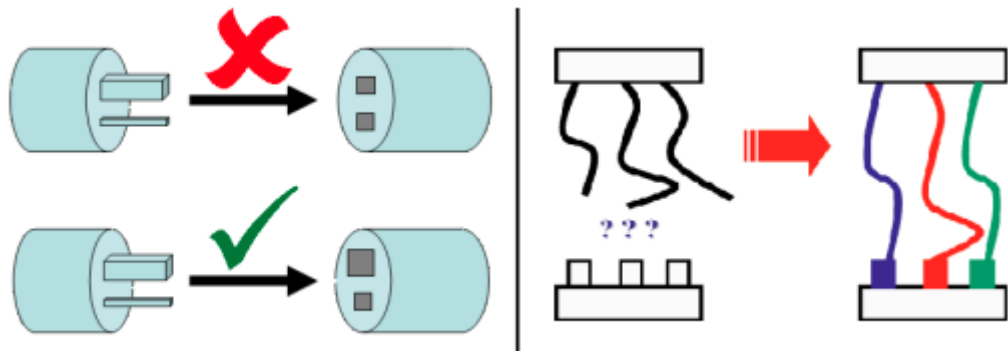
- příprava a kontrola nástrojů a materiálu (30 % z celkového seřizovacího času),
- montáž a výměna nástrojů a přípravků (5 % z celkového seřizovacího času),
- vlastní seřízení rozměrů a polohy nástrojů (15 % z celkového seřizovacího času),
- odzkoušení a následné úpravy (50 % z celkového seřizovacího času) [25].



Obrázek 9. Princip metody SMED [10].

## POKA-YOKE

Dalším ze způsobů, jak předejít vadám a neshodám při výrobním procesu je použití metody POKA-YOKE. Výraz se dá přeložit jako „odolnost vůči chybám“. Metoda dovoluje pouze jediné řešení, tím pádem není možné vyrobit zmetkový kus. Nejčastější příčinou vzniku defektních výrobků je lidská chyba. Může se jednat o špatně vyhodnocenou situaci, neznalost problému nebo o nedostačující kvalifikaci daného zaměstnance. Pro úspěšné řešení problému je nutné zjištění druhu, místa a času výskytu a provést včasnou nápravu. POKA-YOKE si klade za cíl se těchto problémů vyvarovat. Nejčastěji je využívána v malosériových výrobních drahých dílů, u kterých je kladen velký důraz na kvalitu výrobků a je požadován minimální počet zmetků. Pro pochopení metodiky POKA-YOKE je nejvhodnější uvedení příkladů využití. Za nejtypičtější příklad lze považovat způsob výroby počítačů a jejich portů, které jsou koncipovány tak, aby bylo možné konektor zastrčit jen správným směrem. Aby nedošlo k zastrčení nesprávného konektoru do portu, existují konektory různých tvarů a barev, které napomáhají uživateli ke správnému zapojení. Dalším příkladem může být i obyčejná zásuvka, která je navržena tak, aby šla zastrčit jen jedním směrem a nedošlo k záměně fáze. V hromadné výrobě jsou využívány čidla a snímače, které v případě špatného založení dílu detekují odlišnost a oznámí chybu v podobě chybového hlášení [20].



Obrázek 10. Příklad POKA-YOKE u kabelů [20].

### 2.3.2 Komplexní metody

Jsou zaměřeny na širší spektrum problematiky průmyslového podniku. Hlavním účelem je schopnost propojovat základní metody do větších celků. Ve firmách bez zkušeností s procesy zlepšování je uplatnění komplexních metod velmi problematické, proto se

využívají hlavně tam, kde mají zaměstnanci s metodami zlepšování již předchozí zkušenosti. Mezi komplexní metody jsou řazeny: [16]

- Six sigma,
- Kaizen,
- Štíhlé pracoviště,
- Týmová práce,
- Trvalé zlepšování procesů,
- TOC – Teorie omezení,
- Nová montáž,
- Just-In-Time (JIT) [16].

### **Kaizen**

Je sloučenina dvou japonských slov, která se společně překládají jako „dobrá změna“ nebo „vylepšení“. Kaizen však začal znamenat „neustálé zlepšování“ spojením se štíhlou metodikou a principy. Kaizen je přístup k tvorbě neustálého zlepšování založen na velkém množství malých pozitivních změn, které pomohou k výraznému zlepšení. Byl vyvinut ve výrobním sektoru za účelem snížení vad, odstranění odpadu, zvýšení produktivity a podpory inovací. Správná funkce je závislá na zapojení všech osob působících napříč celou společností. Přestože může být dosaženo požadovaných předpokladů, činnost zlepšování nekončí, protože za určitou dobu bude i tato požadovaná úroveň nedostatečná [5,23].

### **Principy metody Kaizen:**

- hledat řešení nalezené chyby,
- nikdy nepřestávat zlepšovat,
- automatizovat,
- zaměřit se na požadavky zákazníka,
- udržovat dobré vztahy v celé společnosti,
- zvyšovat kvalitu a produktivitu,
- provádět údržbu výrobních zařízení [5,23].

## 2.4 Produktivita a efektivita

I když se produktivita a efektivita někdy používají zaměnitelně, ve skutečnosti mají dva samostatné významy. Oba pojmy spolu souvisejí, ale existuje mezi nimi důležitý rozdíl, který má docela velký vliv na to, jak se práce provádí [22,23].

Produktivitu je možné chápat jako efektivitu produktivního úsilí, zejména v průmyslu. Měřená jako míra produkce na jednotku vstupu. Jinými slovy, pokud je vyrobeno 1000 jednotek jeden týden a 1100 jednotek další týden, druhý týden byl produktivnější. Úroveň produktivity je tedy to, jak je daný podnik úspěšný při dosahování výsledků.

Efektivita je vyjádřena jako poměr mezi současným výstupem a standardním výstupem vyjádřený v procentech. Pokud je organizace výroby na vysoké úrovni jsou zaměstnanci schopni dokončit výrobek za kratší dobu, než je obvyklé. Avšak je nutné průběžně sledovat kvalitu výrobků, aby v důsledku kratšího výrobního času nevznikalo více zmetků [22,23].

## 2.5 Snímek pracovního dne

Je řazen mezi metody nepřetržitého bezprostředního studia spotřeby času. Pomocí kterých získáváme skutečnou spotřebu času pracovníka. Snímkem pracovního dne je chápána metoda nepřetržitého pozorování, zaznamenávání a hodnocení spotřeby pracovního času pracovníka nebo skupiny pracovníků v průběhu celé směny. Výhodou metody je zaznamenání všech činností pracovníka současně s časy a tím i získání detailních informací o průběhu práce. Pozorovatel je v přímém kontaktu s pozorovaným pracovníkem a má možnost rozpoznat dané problémy přímo v procesu. Metoda je univerzální, po patřičné úpravě je možné touto metodou pozorovat práci dělníka, administrativního pracovníka i řídicího pracovníka [21].

### Využití výsledků pozorování:

- k vyjádření spotřeby času u jednotlivých činností,
- k rozboru struktury spotřeby pracovní doby,
- k nalezení příčin ztrátových časů,
- k sestrojení výkonnostních křivek průběhu celé směny, v závislosti na množství produkce [21].

## Postup provedení snímku pracovního dne:

### 1. Příprava

Cílem této etapy je sdělení auditovaným osobám, na co se mají zaměřit a co mají zapisovat. Řešeny jsou zde především otázky cíle snímku, volba pracovníka a pracoviště a určení doby, ve které bude snímek pracovního dne proveden [21].

### 2. Vlastní měření a zaznamenávání

Do předem připraveného listu jsou zaznamenány všechny činnosti a naměřený čas zaokrouhlen zpravidla na celé minuty [21].

### 3. Vyhodnocení snímku pracovního dne

Je vypočten jednotlivý čas z postupného času a každý jednotlivý čas je zde posouzen z hlediska činnosti, či nečinnosti. Následně jsou sečteny stejnorodé činnosti do skutečné bilance spotřeby času směny. Za pomoci skutečné bilance je vyjádřeno, kolik času v minutách a procentech z celkového času směny připadá na jednotlivé kategorie zkoumaného času pracovní směny [21].

## 2.6 Ergonomie

Vědní disciplína, která zkoumá vztahy mezi člověkem, pracovním prostředím a pracovními nástroji. Zahrnuje antropometrii včetně biomechaniky, fyziologii práce, psychologii práce a hygienu práce. Předmětem ergonomie je problematika přizpůsobení člověka pracovním podmínkám, a jak reaguje organismus na pracovní prostředí. Základní ergonomickou zásadou pro práci s repetitivními úkony rukou a zápěstí je snížit množství pohybů během pracovní doby a udržovat neutrální polohu. Vhodná je minimalizace ohýbání, úklonů a rotace zápěstí. Za další zásadu je možno považovat redukci silového namáhání rukou, při manipulaci s těžkými břemeny. Při výběru vhodného nářadí a nástrojů by měl být kladen důraz na snížení přenosu vibrací na ruce [12, 26].

**Fyzická ergonomie** se zabývá vlivem pracovních podmínek a pracovního prostředí na lidské zdraví. Patří sem např. problematika pracovních poloh, manipulace s břemeny, opakovatelné pracovní činnosti, profesionálně podmíněná onemocnění – především pohybového systému, uspořádání pracovního místa, bezpečnost práce [26].

**Kognitivní (psychická) ergonomie** je zaměřena na psychologické aspekty pracovní činnosti, jako např. na percepci, paměť, usuzování apod. Patří sem psychická zátěž,

procesy rozhodování, dovednosti a výkonnost, interakce člověk – počítač, pracovní stres atd. [12,26].

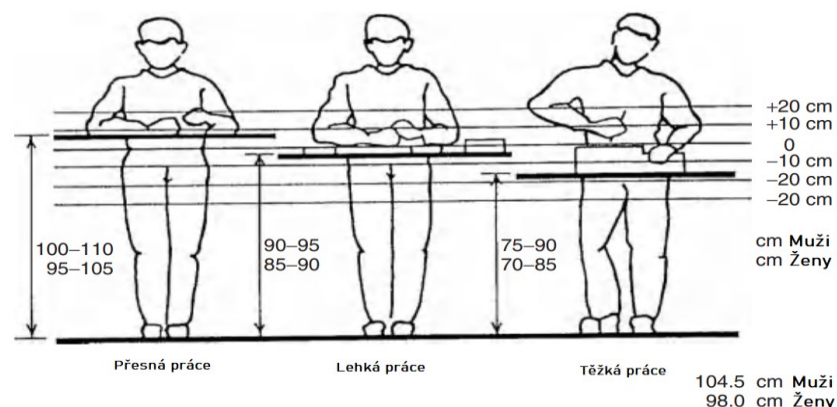
**Organizační ergonomie** je zaměřena na optimalizaci sociálně – technických systémů včetně jejich organizačních struktur, strategií a postupů. Patří sem lidský systém v komunikaci, zajištění pocitu komfortu, týmová práce, sociální klima, režim práce a odpočinku, směnová práce apod. [12,26].

### 2.6.1 Ergonomie pracovního místa

Pracovní místo je část pracoviště, na kterém pracovník vykonává pracovní činnost požadovanou technologií nebo postupem. Pracovní prostor musí zohledňovat ergonomické hledisko a vyhovovat nárokům a potřebám jednotlivých pracovníků. Správné uspořádání pracoviště, by mělo mít pozitivní vliv na výkon pracovníka a tím i na zvýšení jejich produktivity. Vymezení pracovního prostoru je ovlivněno mnoha parametry, jako jsou například typ práce prováděný na daném pracovišti, pracovní poloha nebo pohyblivost pracovního stanoviště [12,26].

#### Faktory ovlivňující uspořádání pracoviště:

- antropometrické údaje,
- počet pracovníků na daném pracovišti,
- předpisy a nařízení související s bezpečností a hygienou na pracovišti,
- psychologicko – fyziologické informace,
- časová náročnost používání prostoru,
- charakter práce, vybavenost pracoviště, pracovní poloha, organizace práce [26].



Obrázek 11. Doporučené výšky pro práci ve stoje [12].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



### 3 STANOVENÍ CÍLŮ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je optimalizovat pracoviště pro opravu sklářských ústních forem a vytvořit návrh nového pracovního stolu, který zajistí kontinuální tok opravovaných forem, větší komfort při opravách, zvýší efektivitu průběhu celé opravy a sníží celkový čas potřebný na opravu ústních forem. Následujícím cílem je nalezení nedostatků vybraného pracoviště a vytvoření následných návrhů k jejich zlepšení. Cílem práce není optimalizovat pracoviště za účelem snížení nákladů potřebných na opravu ústních forem, ale je pravděpodobné, že v důsledku časové úspory vznikne i úspora finančních prostředků.

Pro lepší možnost vyhledání potenciálů ke zlepšení je v práci také zmapován celý pracovní proces opravy sklářských forem. Optimalizace se konkrétně zaměřuje na pracoviště opravy ústních forem, které již delší dobu neprošlo žádnou větší úpravou. Kvalita opravy těchto forem je pro sklářskou výrobu stěžejní, a proto jsem se ve své práci zaměřil právě na tento úsek.

## 4 SOUČASNÝ STAV PRACOVIŠTĚ

Při výrobě všech skleněných obalových materiálů, které jsou v horní části zakončeny závitem, či korunkou je nutné použití ústní formy (Obrázek 12). Kvalita těchto korunek a závitů se odvíjí od kvality provedení opravy právě ústních forem. Vzhledem k vysoké náročnosti opravy, vysokému podílu manuální práce a velkým nárokům na kvalitu je pracoviště opravy ústních forem náležitě řazeno mezi stěžejní články firmy. Ústní formy zde nejsou vyráběny, ale pouze opravovány, a to nejen před zahájením výroby, ale také v jejím průběhu.



Obrázek 12. Ústní forma se středícím kroužkem.

### 4.1 Popis současného stavu vybraného pracoviště

Na pracovišti se nachází 4 samostatné pracovní stoly, které jsou plně vybaveny potřebnými bruskami, svěrákem, odsáváním, svařečkou na svařování plamenem s přídavným materiálem, přívodem vzduchu zakončeného vzduchovou pistolí a diamantovou brusnou plochou pro srovnání ploch dělicích rovin (Obrázek 13). Každý z těchto stolů je určen jednomu opraváři, je tedy možná práce všech opravářů současně, aniž by se vzájemně nějak omezovali. Avšak stůl s bruskami a stůl s hrubovacími frézky je již pro všechny opraváře společný a v případě, že by více opravářů pracovalo na ústních formách stejného průměru, mohou vzniknout problémy z důvodu čekání na uvolnění potřebné frézky.

Práce zde probíhá na ranní a odpolední směně včetně víkendů. Noční směna na pracovišti není zavedena. Ranní směna je obsazena třemi opraváři, odpolední směna poté pouze dvěma.



Obrázek 13. Pracoviště opraváře ústních forem.

U samostatně stojícího pracovního stolu (Obrázek 14) je umístěno devatenáct brusek, které pomocí středícího kroužku zarovnávají vnitřní funkční plochy ústních forem po navařování a vytváří rovnou přechodovou plochu, která zaručuje, že vyrobené ústí obalového skla bude v požadované kvalitě. Odsávání nečistot je zajištěno pomocí čtyř odsávacích hubic, které jsou umístěny na pohyblivém ramenu, tak aby je bylo možné individuálně nastavit do požadované pozice. Uprostřed stolu je umístěn stojan se středícími kroužky různých průměrů, které opraváři vyměňují na bruskách vždy dle právě opravovaného průměru ústní formy. Při broušení vzniká velké množství nečistot, které odsávací hubice nejsou schopny odsát, a proto jsou u stolu také umístěny dvě hadice zakončené vzduchovými pistolemi se stlačeným vzduchem, pomocí kterých je možné odfouknout zmíněné nečistoty. Dostatečné osvětlení je zajištěno zářivkami umístěnými nad pracovním stolem. Nevýhodou těchto

zářivek je, že jsou nepohyblivé a není možné jejich individuální nastavení. Na podlaze u stolu je z důvodu práce ve stoje umístěna protiúnavová rohož, která napomáhá ke snížení únavy nohou opravářů.



Obrázek 14. Pracovní stůl s bruskami.

Poslední samostatně stojící pracovní stůl (Obrázek 15) je osazen dvěma hrubovacími frézami, přípravkem s diamantovými brusnými hranoly a diamantovou brusnou plochou pro srovnání ploch dělicích rovin po navaření tvrdokovu. Nad stolem jsou umístěny zářivky zajišťující dostatečné osvětlení. Stůl není vybaven odsáváním ani hadicí se stlačeným vzduchem. I přesto, že práce zde je prováděna ve stoje, není u stolu umístěna protiúnavová rohož. Na zadním čele stolu, které je z plexiskla jsou umístěny informace o aktuálních změnách ve výrobě.

Nepostradatelnou položkou nacházející se na pracovišti je ruční tryskací zařízení, používané k očištění ústních forem po navaření nebo k odstranění nečistot, které zůstaly na ústních formách i po předchozím očištění na pracovišti čistírnou forem.

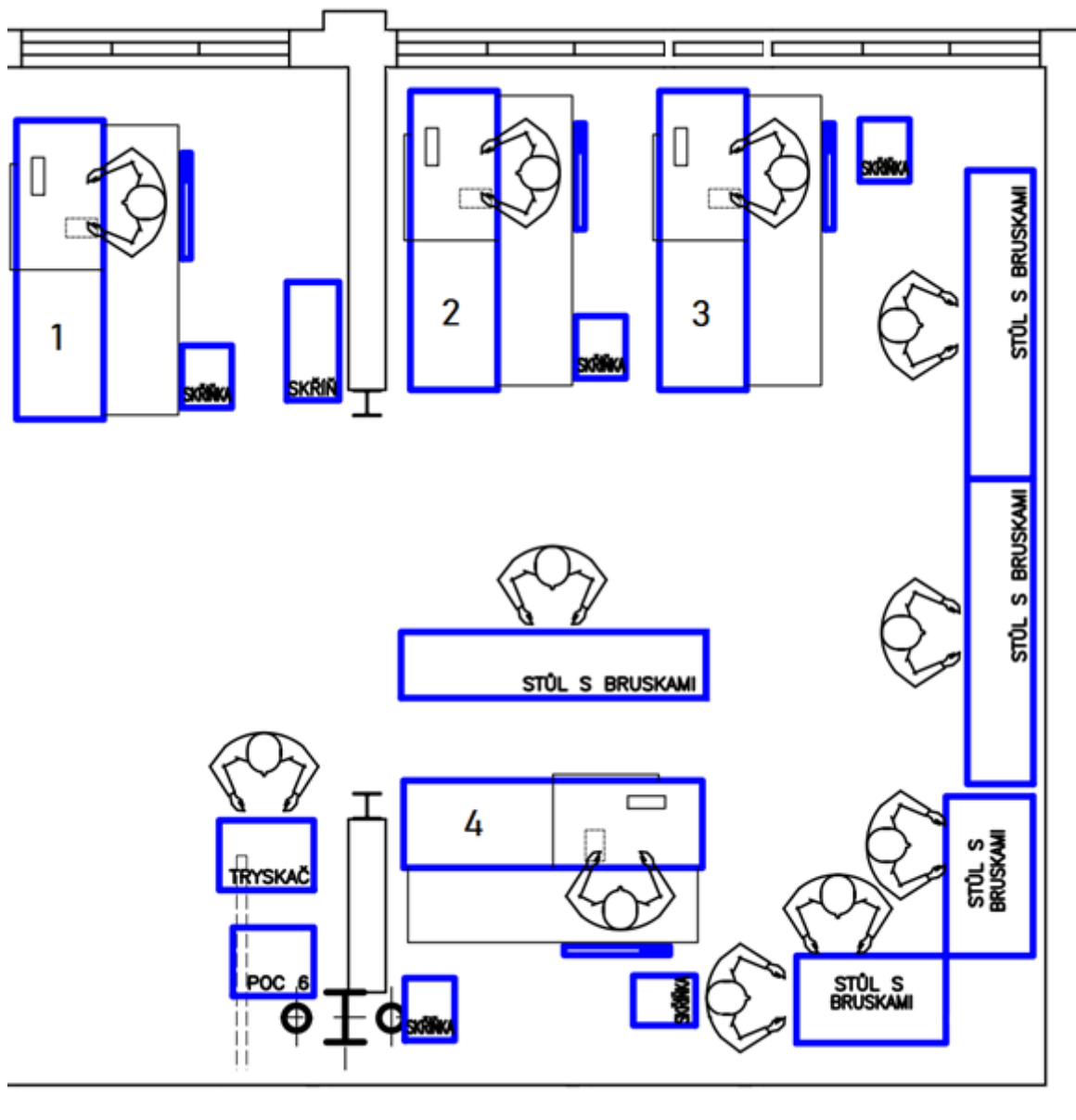




Obrázek 15. Stůl s hrubovacími frézkami.

## 4.2 Layout současného pracoviště

Současné uspořádání pracoviště (Obrázek 16) není ideální a bylo by vhodné jej lépe uspořádat, ale bohužel k omezeným prostorovým možnostem výrobní haly je volba vhodnějšího uspořádání velmi obtížná. Jedním z nedostatků je nekontinuální tok opravovaných ústních forem a častá potřeba opravářů ústních forem přecházet od svého pracovního stolu ke společným stolům s bruskami. Nevhodný je také povrch podlahy, na kterém se nachází roztržená protiúnavová rohož.



Obrázek 16. Stávající layout pracoviště.

### 4.3 Popis prováděných činností

Po příchodu na směnu opravář ústních forem zajede s manipulačním vozíkem do čistírny forem, kde dle aktuální výroby naloží z odkládacího stolu otryskané ústní formy určené k opravě. Po návratu na své pracoviště formy nejprve vizuálně prohlédne a v případě, že je část plochy v dělicí rovině poškozena, musí tuto poškozenou část navařit vrstvou prášku z tvrdokovu (Obrázek 17). Při navařování je používán prášek Deloroalloy 35K. Forma je ještě před nanesením navařovacího prášku předehřáta plamenem na teplotu okolo 400 °C, aby došlo k vytvoření dostatečně pevného návaru. Snahou opraváře je tuto vrstvu vytvořit

co možná nejtenčí, avšak dostatečně velkou na to, aby při následném broušení nevznikala místa s nedostatkem navařeného materiálu. Veškerá práce je prováděna ručně a kvalita je tedy plně závislá na zručnosti opraváře.



Obrázek 17. Navařování dělicí roviny.

Pokud je dělicí rovina v pořádku není nutné její navaření. Ústní forma je vyleštěna bruskou s filcovým kotoučem (Obrázek 18), zkontrolována shoda čísla kroužku a ústní formy, přeměřeny kontrolované rozměry tvaru podle uvedených tolerancí v katalogu, oražena razítkem o provedení opravy. Poté jsou všechny opravené ústní formy převezeny na pracoviště kontroly, kde jsou tolerované rozměry ještě jednou přeměřeny.



Obrázek 18. Leštění funkční části formy.

V případě, že je nutno vytvořit v dělicí rovině ústní formy návar dochází navíc ke spasování dělicích rovin, hrubování dělicích rovin na brusce s diamantovými kotouči (Obrázek 19), k otryskání v ručním tryskači, očištění po návaru a k broušení na hrubovacích frézách.



Obrázek 19. Broušení dělicí roviny.

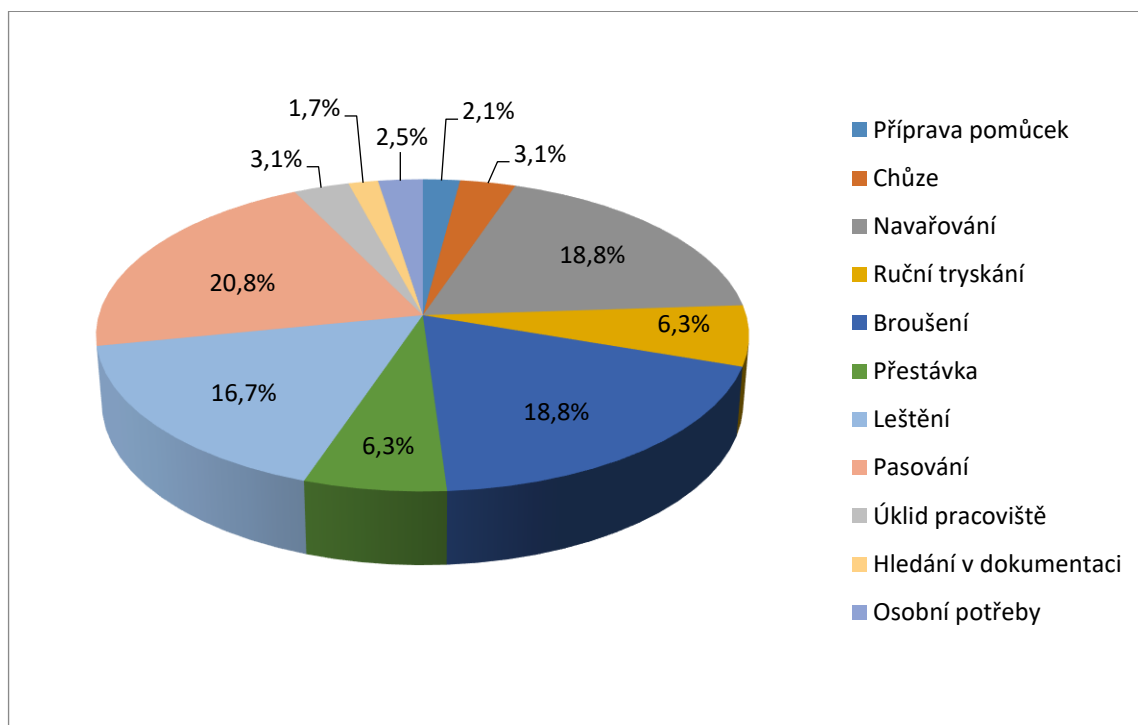
Všechny operace jsou prováděny ručně a kvalita jejich provedení se odvíjí od preciznosti opraváře. Denní norma je stanovena na 28 bodů, každá litinová ústní forma má hodnotu 0,8 bodu a ústní forma z bronzu má hodnotu 1 bod. Oprava ústní formy z bronzu je náročnější, a proto má vyšší bodové ohodnocení než oprava formy vyrobené z litiny. Časová náročnost na opravu jedné ústní formy je přibližně 15 minut.

#### 4.4 Snímek pracovního dne současného pracoviště a jeho závěry

Pracoviště opravy ústních forem bylo dále analyzováno pomocí metody snímku pracovního dne. Snímek pracovního dne zaznamenává všechny činnosti i s jejich časy trvání. Z této analýzy pak lze snadněji odhalit nedostatky. Současně je možné zanalyzovat organizaci práce a najít nejrůznější formy plýtvání, ať už v podobě chůze, hledání či čekání. Výstupem snímku je výsečový graf (Obrázek 20) znázorňující procentuální zastoupení jednotlivých činností prováděných v průběhu jedné osmihodinové pracovní

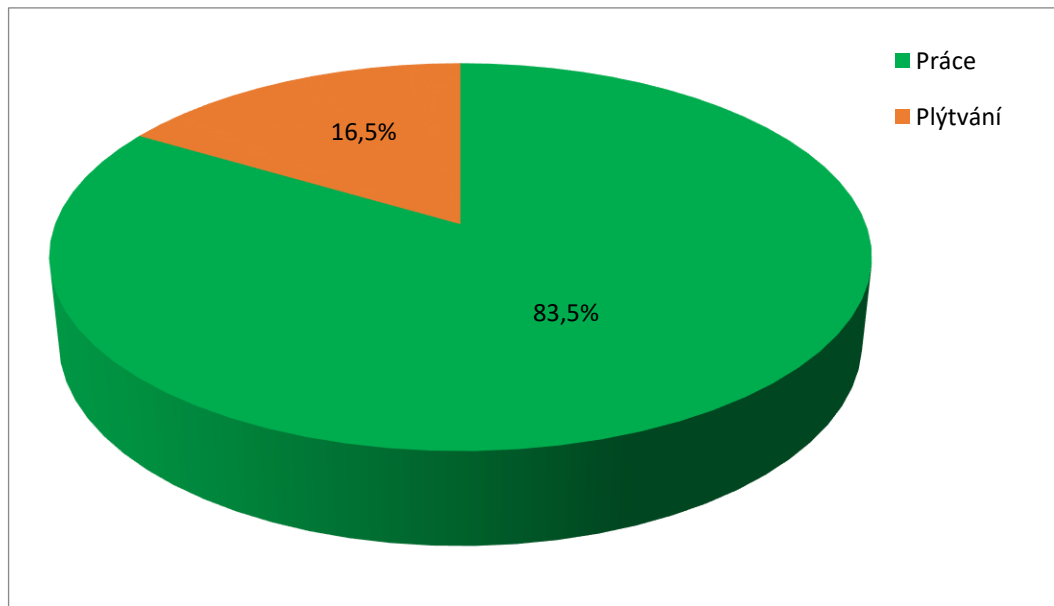


směny. Dále jsou pak vyhodnoceny nedostatky a návrhy na zlepšení vycházející ze snímku pracovního dne.



Obrázek 20. Snímek pracovního dne.

Po provedení analýzy metodou snímku pracovního dne bylo zjištěno, že hlavními nedostatky jsou neustálé přecházení opraváře mezi jednotlivými pracovními stoly, hledání tolerančních norem jednotlivých výrobků v dokumentaci a neuspořádanost pracoviště, která prodlužuje proces přípravy nástrojů. Činnosti byly rozděleny do dvou kategorií v návaznosti na to, zda přidávají, či nepřidávají hodnotu. Výsledné zastoupení je možné vidět na následujícím obrázku (Obrázek 21). Výsledkem je, že 83,5 % času z pracovní doby opraváře je tvořeno činnostmi přidávajícími hodnotu a zbylých 16,5 % času hodnotu nepřidává. Do této hodnoty byla zahrnuta i 30minutová povinná pracovní přestávka, která tvoří 6,3 % z této hodnoty. Výsledné plýtvání času, které je možné redukovat je tedy ve výši 10,2 % z celkové osmihodinové pracovní doby.



Obrázek 21. Činnosti přidávající a nepřidávající hodnotu.

Dále bylo zjištěno, že na pracovišti nejsou vytvořeny standardy úklidu, čištění a standardy údržby strojů, není vytvořen seznam pracovních pomůcek nacházejících se na pracovišti. U tryskacího stroje chybí evidence spotřeby abraziva. Při současném uspořádání a velkém množství práce ve stoje se nachází na podlaze pouze malá gumová protiúnavová rohož, která je navíc roztržena a zvyšuje riziko úrazu opravářů.

Jedním z návrhů na zefektivnění je vytvoření nového layoutu pracoviště, na kterém bude docházet k plynulému toku opravovaných ústních forem a opraváři tak nebudou muset neustále odbíhat od svého pracovního stolu ke stolům s frézky a brusky. Možným řešením je vytvoření nového pracovního stolu pro opraváře, který bude vybaven frézou s otočnými nástavci a přehledně uloženými nástroji potřebnými k opravám. Dlouhý pracovní stůl zůstane zachován pro použití při opravách forem, které se ve výrobě nepoužívají tak často. Dále je možné snížit čas, kdy opravář hledá rozměrové tolerance opravované ústní formy v papírové složce převedením těchto dokumentů do elektronické podoby. Opravář by byl poté schopen si rozměrové tolerance snadno a rychle vyhledat zadáním označení opravované ústní formy do vyhledávače. Dalším návrhem pro zefektivnění je vytvoření standardů pro čištění strojů, úklid pracoviště, vytvoření seznamu pracovních pomůcek nacházejících se na pracovišti a vytvoření zápisového formuláře pro evidenci spotřeby abraziva v ručním tryskacím zařízení. Díky zavedení výše uvedených návrhů dojde ke zvýšení životnosti strojů, eliminaci času plýtvání, zvýšení kvality opravovaných ústních forem, zlepší se orientace opraváře při hledání nástavců na frézky a také se zlepší pracovní komfort opravářů ústních forem.

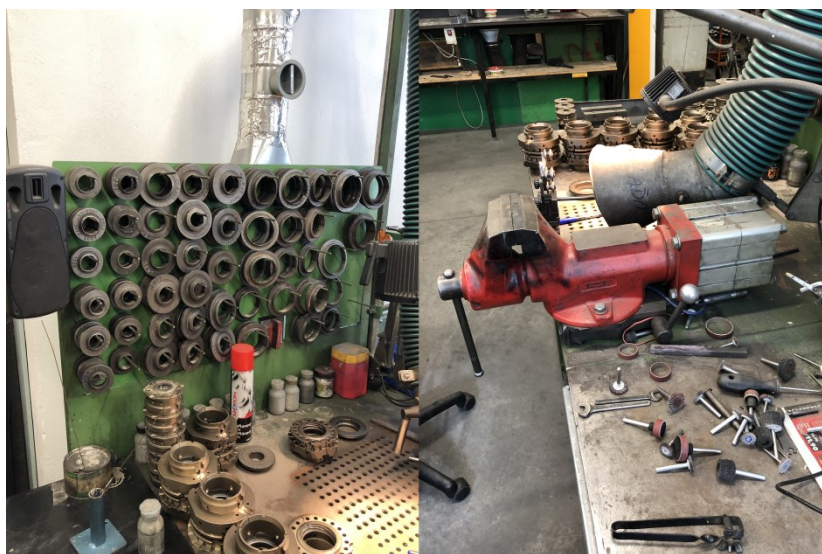
## 5 NÁVRH OPTIMALIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ

### 5.1 Zavedení standardu 5S

Již při prvním pohledu na pracoviště je viditelná neuspořádanost a celková chaotičnost (Obrázek 22). Důsledkem tohoto problému je vznik nevyužitelného času, kdy opravář hledá potřebné nástroje. Vzniká také riziko, že dojde k odcizení některého z potřebných nástrojů z pracoviště a opravář to zjistí, až v době, kdy bude daný nástroj k opravě potřebovat, ale nikde ho nenajde a v důsledku absence nástroje nebude schopen provést opravu ústní formy. Po zavedení standardu 5S bude na pracovišti čistota a pořádek, zabráněno výskytu plýtvání a hromadění nepotřebných věcí.

#### Vytřídění a odstranění nepotřebných věcí (Seiri)

Na pracovišti zůstanou jen věci potřebné a používané při opravách ústních forem. Málo využívané pomůcky budou uskladněny v šuplících pracovního stolu a nepotřebné úplně odstraněny z pracoviště. Vznikne tak přehledné pracoviště s dostatkem místa pro práci. Na následujícím obrázku pracoviště (Obrázek 22) je možné vidět, že nahromaděním nepotřebných věcí došlo k velmi výraznému úbytku místa, které je nutné pro opravu ústních forem. Práce na pracovišti v tomto stavu může vést ke snížení kvality opravovaných forem a celkovému nekomfortu opraváře při práci v takto stísněných podmínkách.



Obrázek 22. Stav pracoviště před vytříděním.

### Udržování pořádku na pracovišti (Seiso)

Vzhledem k tomu, že na pracovišti doposud nebyl zaveden žádný úklidový plán, bylo nutné vytvořit plán úplně nový, pomocí kterého bude na pracovišti udržována čistota a pořádek (Tabulka 1). V prvním sloupci tabulky je uvedeno místo, na kterém bude úklid prováděn. Ve druhém sloupci je uvedena činnost, která má být na uvedeném místě vykonána. V následujícím třetím sloupci je označeno, kdo danou úklidovou činnost provede. Pro lepší přehlednost jsou činnosti, které provádí obsluha pracoviště označeny světle modrou barvou a činnosti prováděny úklidovou firmou jsou bílé. Ve čtvrtém sloupci je uveden způsob, jakým bude úklidová činnost provedena a vyjmenovány pomůcky, které budou při této činnosti použity. V předposledním sloupci jsou vypsány časové náročnosti jednotlivých úklidových činností v minutách. Poslední sloupec obsahuje intervaly, s jakými musí být vybrané úklidové činnosti prováděny.

Tabulka 1. Úklidový plán pracoviště.

	Místo	Činnost	Provede	Způsob a pomůcky	Doba	Interval
1	Prostor navařování	Odstranění prachu	Obsluha pracoviště	Ručně – smetáček, lopatka	2 min	Po každé směně
2	Prostor okolo pracovního stolu	Zametení nečistot a prachu	Obsluha pracoviště	Ručně – smetáček, lopatka	2 min	Po každé směně
3	Zásobník prachu ručního tryskače	Vynesení prachu	Obsluha pracoviště	Ručně	5 min	1x měsíčně
4	Odpadkový koš	Vysypání	Úklidová firma	Ručně	1 min	Po každé ranní směně
5	Manipulační a skladovací plochy	Zametení nečistot a prachu	Úklidová firma	Ručně – smetáček, lopatka	2 min	Po každé ranní směně
6	Prostor pracoviště	Mokrě vytření	Úklidová firma	Čistící stroj	2 min	Po každé ranní směně

### Uspořádání potřebných věcí (Seiton)

Nový pracovní stůl je navržen tak, aby nejpoužívanější pracovní pomůcky a nářadí byly umístěny přehledně na stálém místě a vždy co nejbliže k opraváři. Méně často používané nástroje jsou umístěny v šuplících. Za pomoci speciální formovací pěny byly vyříznuty tvary přesně podle konkrétního nástroje a vznikly tak nezaměnitelné otvory. Do šuplíků

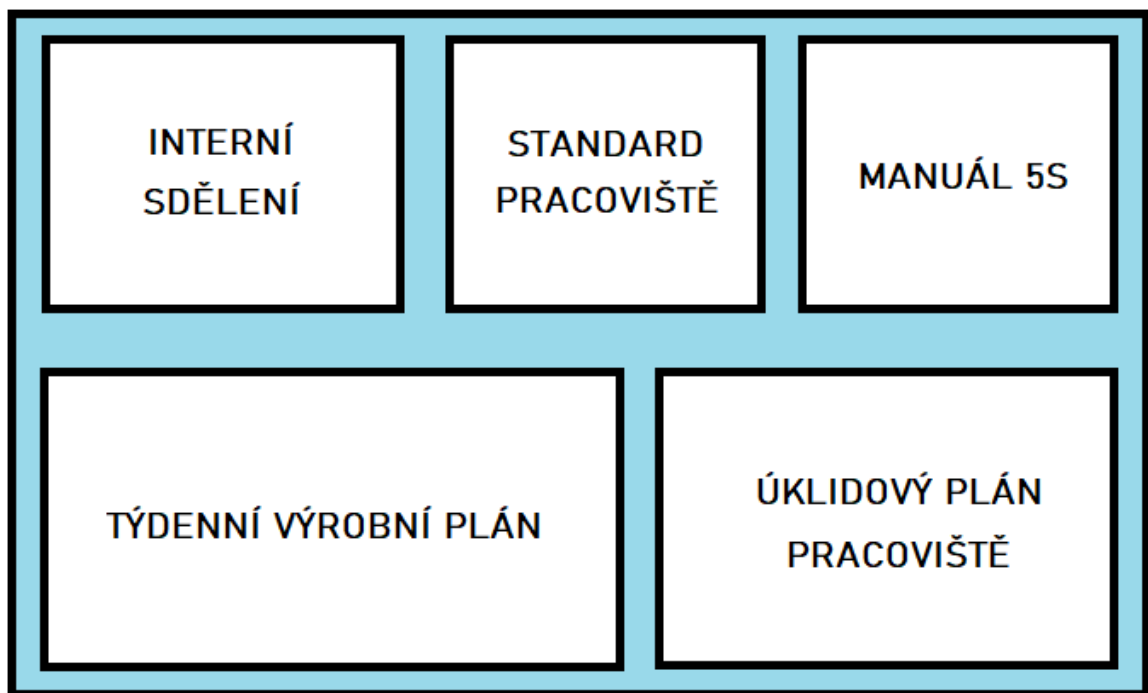
byly umístěny dřevěné desky s vyfrézovanými tvary dle konkrétního nářadí. Není tedy možné vložit nářadí do jiného otvoru než do toho, který je pro něj přesně určený. Opravář má také okamžitý přehled o tom, které nástroje mu chybí.



Obrázek 23 Uložení pracovního nářadí

### Ustanovit pravidla (Seiketsu)

Standardizace a zviditelnění pravidel na pracovišti pomocí nové, přehledné vizualizační tabule. Vytvoření kontrolního listu o provedení úklidu dle úklidového plánu. Nová vizualizační tabule (Obrázek 24) bude umístěna na viditelném místě na pracovišti, aby měli opraváři informace na očích ihned po příchodu na směnu. V levém horním rohu tabule bude vyvěšeno interní sdělení. Napravo od něj je uveden standard pracoviště, pro zachování jeho správného rozložení. V pravém rohu je vytištěn manuál popisující metodu 5S, aby se s ní opraváři mohli seznámit a následně ji dodržovat. V levé spodní části je umístěn týdenní výrobní plán, dle kterého jsou prováděny opravy vybraných ústních forem, které jsou zrovna zařazeny do výroby. V pravém dolním rohu je umístěn úklidový plán pracoviště, dle kterého jsou dodržovány intervaly a způsoby úklidu pracoviště.



Obrázek 24 Návrh vizualizační tabule

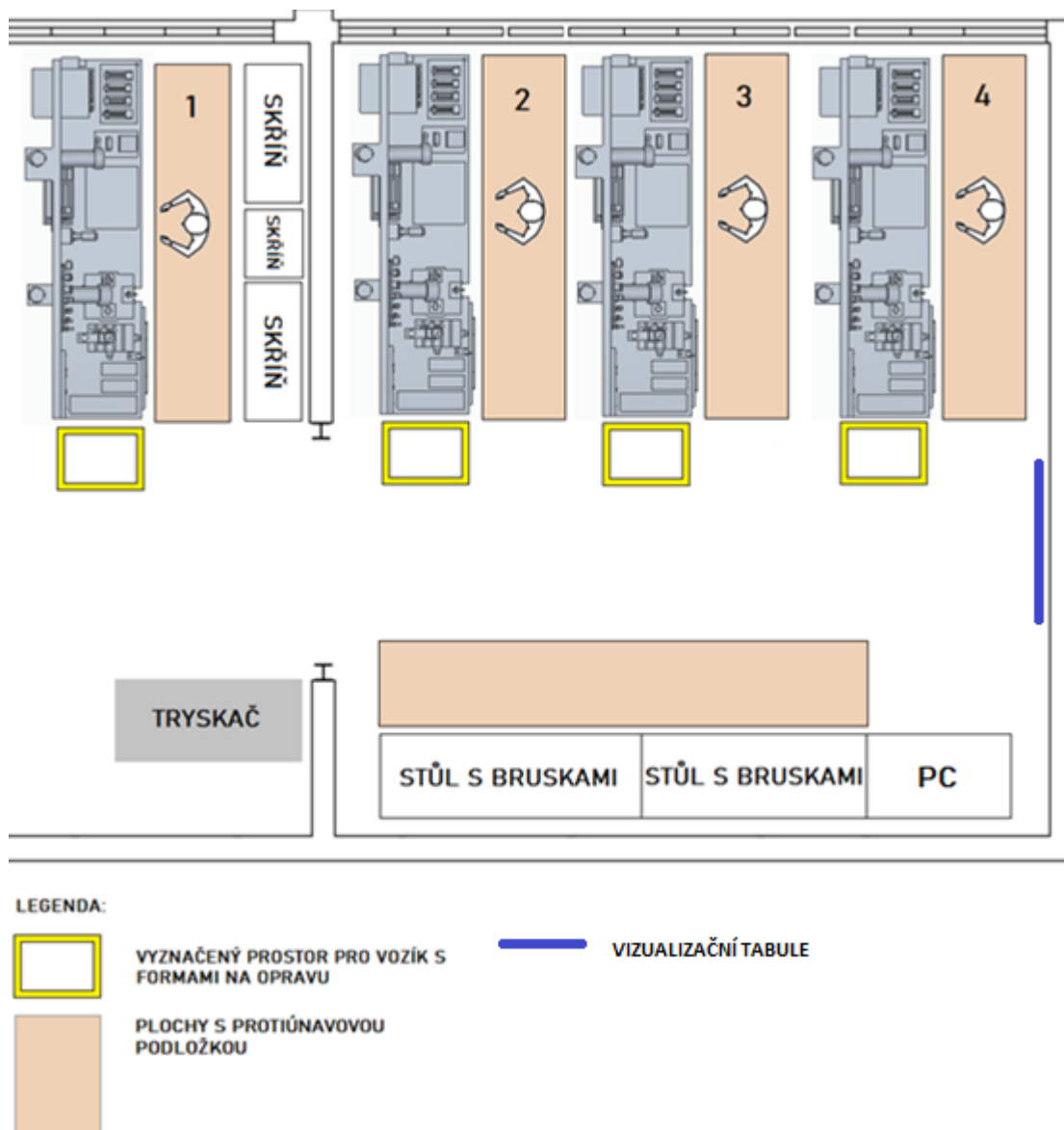
**Všechny body dodržovat a vylepšovat (Shitsuku)**

Zajistit dodržování předchozích 4S a uvést je do běžného pracovního postupu. Pomoci by měla hlavně nová vizualizační tabule, na které bude manuál 5S vyvěšen a všichni pracovníci tak budou mít možnost se s touto metodou dostatečně seznámit. Nutností je také provádět pravidelný audit pracoviště, alespoň jednou za půl roku nadřízeným pracovníkem, aby bylo ověřeno, zda je metoda zaměstnanci opravdu dodržována. V případě pracoviště opravy ústních forem je tímto nadřízeným pracovníkem mistr skladu a opravny forem.



## 5.2 Layout optimalizovaného pracoviště

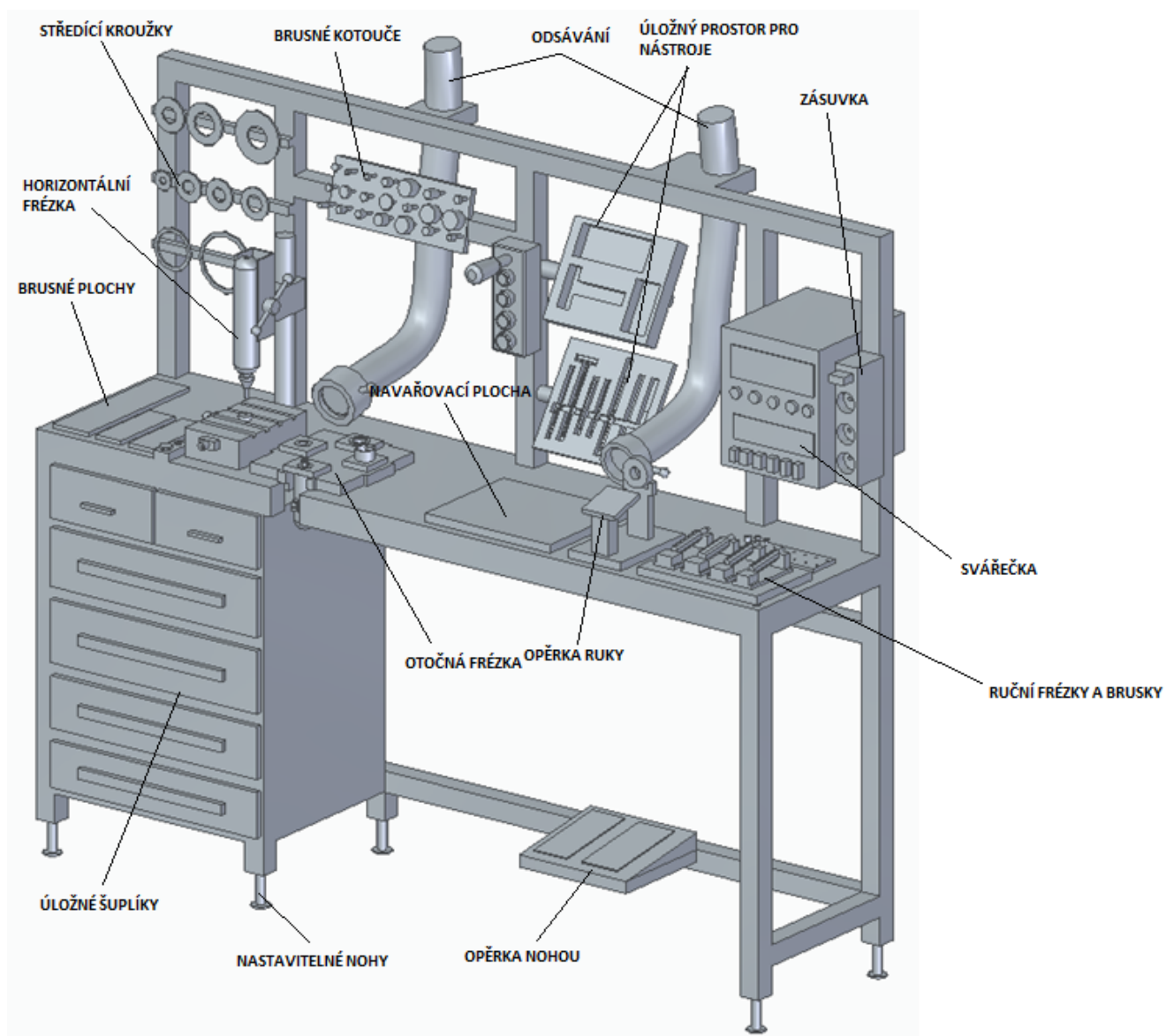
Návrh nového uspořádání pracoviště obsahuje 4 nové pracovní stoly, s potřebnými nástroji a vybavením pro každého opraváře. V blízkosti stolů, v místech, kde dochází k práci ve stoje, jsou umístěny protiúnavové rohože, které při této práci zabezpečují větší pohodlí. U každého pracoviště jsou nově vyznačena místa pro odstavení vozíků s formami určenými k opravě. V rohu je nově umístěn počítač s databází dovolených odchylek pro opravy ústních forem. Vedle počítače jsou zachovány pracovní stoly s původními bruskami, které budou sloužit k méně častým opravám. Umístění tryskače zůstává stejné jako u stávajícího layoutu. V zadní části je na stěnu připevněna vizualizační tabule.



Obrázek 25. Layout optimalizovaného pracoviště.

### 5.3 Návrh nového pracovního stolu

Nový pracovní stůl (Obrázek 26) splňuje podmínku kontinuálního toku opravovaných ústních forem. Nohy stolu se dají individuálně nastavit dle konkrétních potřeb daného opraváře. Stůl obsahuje veškeré potřebné vybavení a nástroje, které jsou nezbytné pro opravu ústních forem. Při návrhu bylo myšleno i na ergonomii a vhodné umístění úložných prostorů často používaných nástrojů, tak aby měl opravář ty nejpoužívanější vždy po ruce.

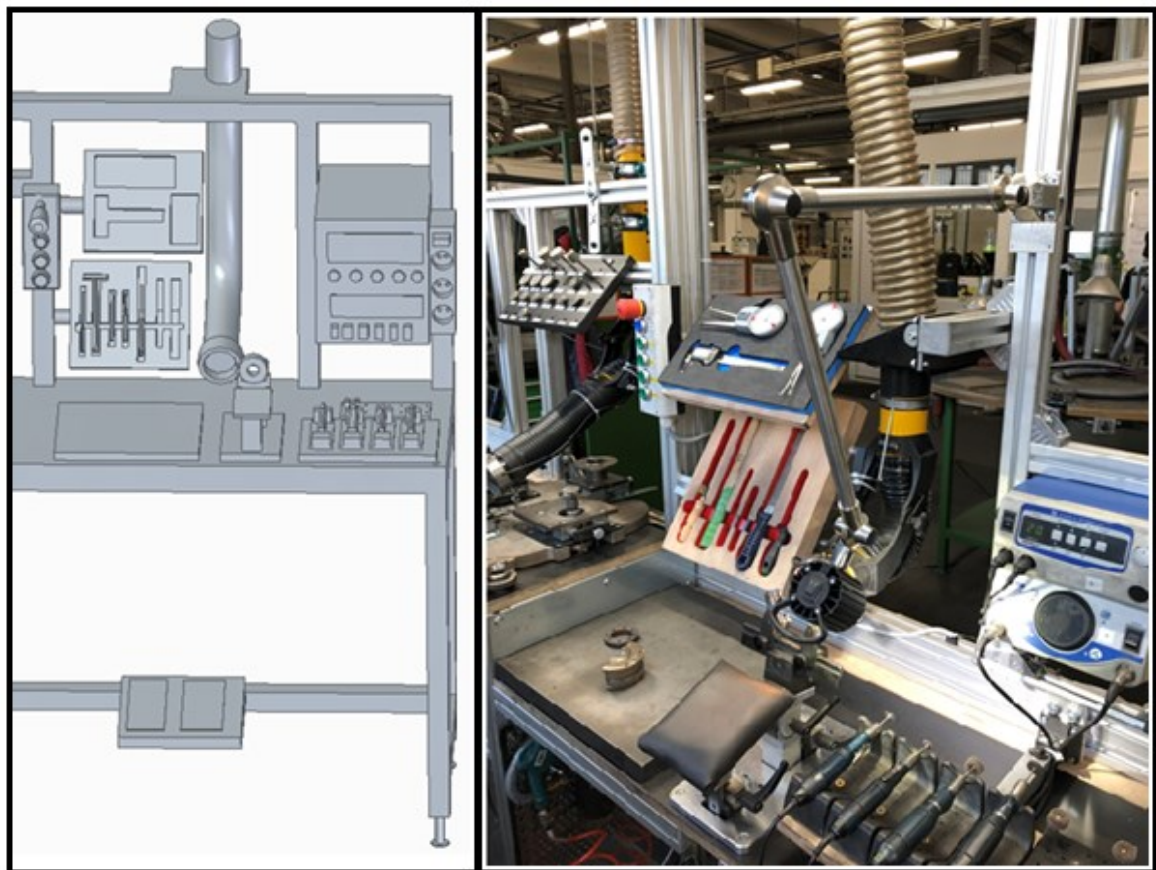


Obrázek 26, Zpracování 3D modelu v programu SolidEdge.



Oprava forem začíná na pravé straně pracovního stolu (Obrázek 27), kde je umístěn nástavec k přichycení ústní formy i s opěrkou na ruku, která je ergonomicky navržena tak, aby nedocházelo k únavě a bolestem rukou opravářů. Vpravo od nástavce jsou umístěny všechny potřebné brusky používané při opravě, zásuvka a svářečka. Za nástavcem se nachází nastavitelné odsávání, které odvádí výpary ze svařování a kovový prach vznikající při broušení. Odsávání je dále opatřeno stmívatelným LED světlem po svém obvodu, které zajišťuje lepší podmínky pro vizuální kontrolu a práci při opravě.

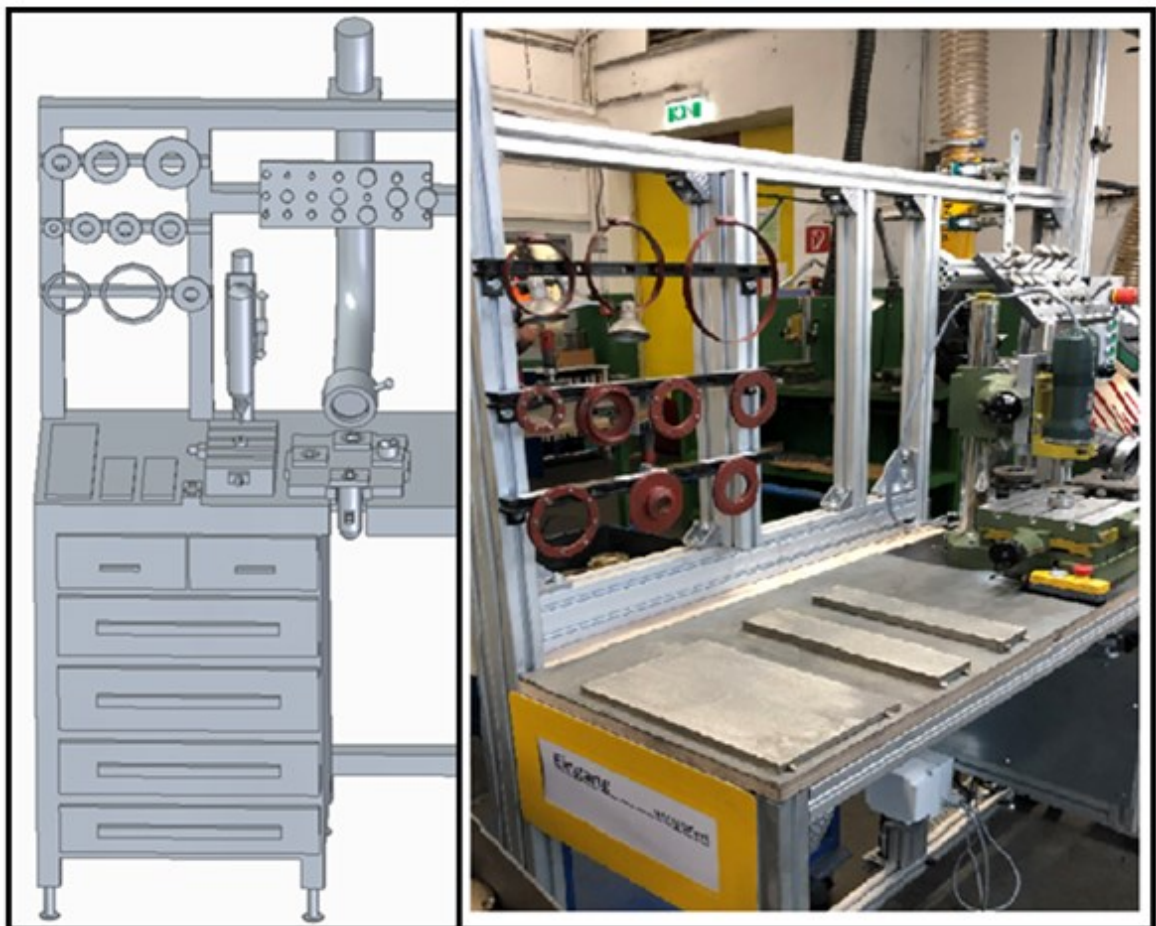
Přibližně ve středu stolu je umístěn vyztužený kovový plát, na kterém dochází k vyvažování poškozených ploch ústních forem. Za tímto prostorem jsou umístěny nejpoužívanější pracovní pomůcky a nářadí přehledně na stálém místě a co nejbližší k opraváři. Každá pomůcka má své konkrétní místo dané výřezem v odkládacím prostoru. Nemůže tedy dojít k tomu, že by byly pomůcky pokaždé na jiném místě, a také je snadno zjistitelné, jestli některá z pomůcek na pracovišti neschází.



Obrázek 27. Vizualizace popísané pravé části ve 3D programu (vlevo), realizovaná pravá část stolu (vpravo).

Na levé polovině stolu (Obrázek 28) se nachází otočná deska s bruskou, opatřena čtyřmi segmenty, které slouží k zarovnání vyvařených dělicích rovin ústních forem. Díky použitému otočnému způsobu se snižuje potřebné množství místa pro usazení brusek za sebou. V blízkosti otočné desky je nastavitelné odsávání, které zabezpečuje odsávání kovového prachu, který vzniká při broušení. V horní části stolu jsou umístěny nejpoužívanější průměry brusných kotoučů využívaných při opravách ústních forem odlišných rozměrů.

Dále je na stole umístěna vertikální bruska, která slouží k broušení vnitřního průměru opravované ústní formy. Na levé straně jsou připevněny používané průměry středících kroužků na magnetických lištách.



Obrázek 28. Vizualizace levé části stolu ve 3D programu (vlevo), Realizovaná levá část stolu (vpravo).

Na levém okraji stolu dochází k finální úpravě ústních forem na diamantových brusných deskách. Jsou zde umístěny tři desky o různých rozměrech a zrnitostech.

Pod stolem je také umístěna ergonomická nášlapná plocha k odlehčení nohou, pro případ práce opraváře vsedě. Na podlaze v okolí všech pracovních stolů je umístěna protiúnavová rohož (Obrázek 32), která zpomalí vznik bolesti nohou způsobenou dlouhou činností ve stoje. Pracovní stůl má i spoustu úložného prostoru, který je zabezpečen množstvím umístěných šuplíků. V šuplících jsou pro zachování větší přehlednosti a rychlejší orientaci položeny desky s vyfrézovanými tvary dle ukládaných nástrojů. Osvětlení nad pracovním stolem budou zajišťovat dvě podélná LED svítidla, která nejsou zakreslena ve 3D vizualizaci stolu, jelikož budou součástí vybavení pracoviště a ukotveny přímo do stropu haly.



Obrázek 29. Protiúnavová rohož.

#### 5.4 Nákladové zhodnocení

Potřebné finanční prostředky, které by firma musela vynaložit při zavádění navrhovaných zlepšení, jsou uvedeny v následující tabulce (Tabulka 2). Nejvyšší výdaje jsou za nové pracovní stoly, konkrétně se jedná o částku 1 408 000 Kč za 4 kusy nových pracovních stolů. Avšak implementace těchto stolů současně se zakoupením stolu s počítačem a vybavení šuplíků organizéry pro uložení používaných nástrojů, přinese dohromady 10 % časovou úsporu při opravách, vyšší kvalitu opravovaných ústních forem a také podstatně zvýší celkovou úroveň pracoviště z pohledu ergonomie. Pokud by se firma rozhodla investovat do všech navrhovaných zlepšení, bylo by nezbytné investovat částku ve výši 1 437 295 Kč.

Tabulka 2. Nákladové zhodnocení.

<b>Položka</b>	<b>Cena za 1 kus</b>	<b>Potřebný počet kusů</b>	<b>Cena za potřebný počet kusů</b>	<b>Celkové náklady</b>
<b>Pracovní sůl</b>	352 000 Kč	4	1 408 000 Kč	1 437 295 Kč
<b>Protiúnavová rohož</b>	1 097 Kč	5	5 485 Kč	
<b>Stůl s počítačem</b>	5 860 Kč	1	5 860 Kč	
<b>Vizualizační tabule</b>	1 902 Kč	1	1 902 Kč	
<b>Vyznačení míst pro vozíky</b>	82 Kč	4	328 Kč	
<b>Nástrojové organizéry (5S)</b>	524 Kč	30	15 720 Kč	

## 6 ZHODNOCENÍ PROVEDENÉ OPTIMALIZACE

Celkem bylo navrženo několik možností ke zlepšení stávajícího pracoviště opravářů ústních forem. Za nejzásadnější je možné považovat vytvoření nového pracovního stolu, který zajistí kontinuální tok opravovaných forem a v kombinaci se zavedením digitální databáze rozměrových tolerancí ústních forem a zakoupením organizérů pro nástroje sníží čas potřebný na opravu o 10 %. Tato úspora vzniká primárně díky eliminaci pohybů mezi jednotlivými stoly s bruskami. Nový stůl je také vhodnější z ergonomického pohledu, obsahuje například podložku nohou, protiúnavovou rohož nebo opěrku na zapření loktu. Nově vytvořené úložné prostory pracovních pomůcek zajišťují snadnou orientaci a dostupnost. Tím také urychlují celý proces opravy ústních forem a značně ulehčují práci opravářům.

Počítač s databází byl umístěn dle nového layoutu pracoviště (Obrázek 25) do pravého dolního rohu.

Značným přínosem je i zavedení metody 5S. Na pracovišti zůstanou jen používané věci, zvýší se přehlednost, uspořádanost, čistota a pořádek, dojde k eliminaci doby hledání pomůcek potřebných k opravě. Byl vytvořen úklidový plán a navržena nová vizualizační tabule.

Při tvorbě nového layoutu pracoviště zůstal zachován stejný počet pracovních stolů. Došlo k přesunu čtvrtého pracovního stolu, který uvolnil místo pro stoly s bruskami. Staré stoly s bruskami zůstaly zachovány pro opravu ústních forem, které nejsou ve výrobě tak časté. U pracovních stolů bylo vyznačeno místo určené pro odstavení vozíků s ústními formami určenými k opravě.

V případě realizace navržených řešení bude nejvyšší investicí nákup nových pracovních stolů. Investici do počítače s databází a zavedení metody 5S nepovažuji vzhledem k obratu dané firmy za vysokou. Některé přínosy provedené optimalizace je možné po zavedení podložit čísly, ale ani neměřitelné přínosy nejsou k zahoezení, jelikož zvyšují komfort pracovníků, zlepšují organizaci práce nebo zpřehledňují a zpříjemňují pracovní prostředí.

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo optimalizovat pracoviště pro opravu sklářských forem. Nalézt nedostatky tohoto pracoviště, vytvořit následné návrhy k jejich zlepšení a navrhnout nový pracovní stůl vhodný pro vybrané pracoviště. Pro lepší možnost vyhledání potenciálů ke zlepšení byl v práci zmapován celý pracovní proces opravy sklářských forem. Po vytvoření snímku pracovního dne bylo zjištěno, že opraváři v průběhu opravy ústních forem musí neustále přecházet mezi jednotlivými stoly, hodně času tráví hledáním rozměrových tolerancí ústních forem nebo nástrojů a tím dochází k neefektivnímu využití času. Implementací nových pracovních stolů je tento nevyužitý čas eliminován.

Mezi hlavní přínosy optimalizace se řadí eliminace přecházení opraváře ústních forem mezi jednotlivými pracovními stoly, zlepšení pracovních podmínek vytvořením nových pracovních stolů, ulehčení a zefektivnění práce opravářů zavedením metody 5S, snížení časových ztrát zavedením elektronické databáze tolerovaných rozměrů ústních forem a také celkové zvýšení kultury podniku.

Práce může sloužit firmě jako vhodný podklad při řešení optimalizace pracoviště pro opravu sklářských forem. Bylo by vhodné, kdyby se zavedení metody 5S na tomto výrobním úseku stalo inspirací pro jeho rozšíření na všechny úseky výroby.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] LE BOURHIS, Professor Eric. *Glass: Mechanics and Technology*. Weinheim: 2008 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2007. ISBN 978-3-527-31549-9.
- [2] WALLENBERGER, Frederick T. a Paul A. BINGHAM. *Fiberglass and Glass Technology: Energy - Friendly Compositions and applications*. Springer, 2009. ISBN 978-1-4419-0736-3.
- [3] *Historie sklářské výroby v českých zemích, I. díl*. Praha: Akademie věd České republiky, 2005. ISBN 80-200-1287-7.
- [4] *Bohemian & Moravian Container Glass: History and the Present*. Plzeň: G2 studio, 2007. ISBN 978-80-903893-1-1.
- [5] SUÁREZ BARRAZA, Manuel Francisco. Thoughts on Kaizen and its Evolution: Three Different Perspectives and Guiding Principles. *International Journal of Lean Six Sigma* [online]. 2011, Listopad 2011, (Vol. 2 4,) [cit. 2021-01-08]. Dostupné z: doi:10.1108/20401461111189407
- [6] TRNKA, Josef. *Hutní sklářská příručka: Sklářské formy*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1972.
- [7] *Asociace sklářského a keramického průmyslu ČR* [online]. [cit. 2020-10-17]. Dostupné z: <https://askpcr.cz/o-skle/cesky-sklarsky-prumysl>
- [8] KOTŠMÍD, Prof. Ing. Dr. František. *Hutní sklářská příručka: Suroviny*. Druhé, upravené a doplněné vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1974.
- [9] *Nedform* [online]. [cit. 2020-10-17]. Dostupné z: <http://test28.nowonet.com/material>
- [10] MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. ISBN 80-902235-6-7.
- [11] SMRČEK, Antonín. *Strojní tvarování skla*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1981.
- [12] SALVENDY, Gavriel, c2012. *Handbook of human factors and ergonomics*. 4th ed. Hoboken: Wiley. ISBN 9780470528389.



- [13] *Escare* [online]. [cit. 2020-11-11]. Dostupné z: <https://www.escare.cz/blog/zkusenosti-optimalizaci-procesu/>
- [14] LUKASÍK, Petr, Jaroslav PROCHÁZKA a Vladimír VANĚK. *Procesní řízení: Text pro distanční studium*. Ostrava: Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Katedra informatiky a počítačů. 90 stran.
- [15] GREASLEY, Andrew. *Operations Management*. 3rd Edition. United States: John Wiley, 2013. ISBN 9781119978541.
- [16] IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press, c2007. Business books (Computer Press). ISBN 978-80-251-1621-0.
- [17] KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. Praha: C.H. Beck, 2001. C.H. Beck pro praxi. ISBN 80-7179-471-6.
- [18] *LEANFAB* [online]. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://www.lean-fabrika.cz/terminologie/5s-metoda#.X61ctshKiUk>
- [19] HIROYUKI, Hirano. *5S pro operátory: 5 pilířů vizuálního pracoviště*. Brno: SC&C Partner 2009, 2009. ISBN 978-80-904099-1-0.
- [20] *POKA YOKE – A method to create a Safe Design. PDCA HOME* [online]. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://pdcahome.com/english/124/poka-yoke-a-method-to-create-a-safe-design/>
- [21] CIBULKA, Václav a Jiří NĚMEJC. *Základní terminologie z oblasti projektování výrobních procesů a systémů*. 2. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, Strojní fakulta, 2001, 60 s. ISBN 80-7082-760-2.
- [22] MAŠÍN, Ivan, 2005. *Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štihlé výroby*. 1. vydání. Liberec: Institut technologie a managementu, 106 s. ISBN 8090353312
- [23] IMAI, Masaaki. *Kaizen: Metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. 1. vyd. Praha: Computer Press, a. s., 2011. ISBN 978-80-251-1621-0.
- [24] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006. ISBN 80-86851-38-9.
- [25] THE PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM. *Quick Changeover for Operators: The SMED System*. New York: Productivity Press, 1996. ISBN 1-56327125-7.



- [26] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. Praha: ČVUT, 2001. 173 s. ISBN 80-01-02301-X.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

3D	Trojrozměrný
5S	Metoda průmyslového inženýrství
6σ	Six sigma / strategie řízení podniku využívající poznatky statistiky
AlBr	Sklářská bronz
CaO	Oxid vápenatý
cm	Centimetr
CNC	Computer Numerical Control / počítačem řízený obráběcí stroj
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
LED	Light-Emitting Diode / elektroluminiscenční dioda
min	Minuta
mm	Milimetr
MOST	Metoda nepřímého měření spotřeby času pracovní činnost
NiCr	Nichrom
Ra	Střední aritmetická úchylka profilu
SMED	Single Minute Exchange of Die / výměna nástroje do deseti minut
TOC	Theory of Constraints / teorie omezení
TPM	Total Productive Maintenance / totálně produktivní údržba
%	Procenta
μm	Mikrometr
°C	Celsiův stupeň

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1. Technické pojmenování jednotlivých částí lahve [6].	12
Obrázek 2. Členění forem podle druhu výrobku [6].	15
Obrázek 3. Členění forem podle výrobní technologie výrobku [6].	15
Obrázek 4. Členění forem podle druhu použitého stroje [6].	16
Obrázek 5. Ruční sklářská forma [4].	17
Obrázek 6. Oprava formy navařením [4].	21
Obrázek 7. Princip optimalizace [13].	22
Obrázek 8. Metoda 5S, vizualizace kroků [18].	25
Obrázek 10. Princip metody SMED [10].	26
Obrázek 9. Příklad POKA-YOKE u kabelů [20].	27
Obrázek 11. Doporučené výšky pro práci ve stoje [12].	31
Obrázek 12. Ústní forma se středícím kroužkem.	34
Obrázek 13. Pracoviště opraváře ústních forem.	35
Obrázek 14. Pracovní stůl s bruskami.	36
Obrázek 15. Stůl s hrubovacími frézky.	37
Obrázek 16. Stávající layout pracoviště.	38
Obrázek 17. Navařování dělicí roviny.	39
Obrázek 18. Leštění funkční části formy.	39
Obrázek 19. Broušení dělicí roviny.	40
Obrázek 20. Snímek pracovního dne.	41
Obrázek 21. Činnosti přidávající a nepřidávající hodnotu.	42
Obrázek 22. Stav pracoviště před vytříděním.	43
Obrázek 23 Uložení pracovního nářadí	45
Obrázek 24 Návrh vizualizační tabule	46
Obrázek 25. Layout optimalizovaného pracoviště.	47
Obrázek 26, Zpracování 3D modelu v programu SolidEdge.	48
Obrázek 27. Vizualizace popisované pravé části ve 3D programu (vlevo), realizovaná pravá část stolu (vpravo).	49
Obrázek 28. Vizualizace levé části stolu ve 3D programu (vlevo), Realizovaná levá část stolu (vpravo).	50
Obrázek 32. Protiúnavová rohož.	51

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. Úklidový plán pracoviště.....	44
Tabulka 2. Nákladové zhodnocení.....	52