

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Strojírenská technologie-technologie obrábění

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Analýza chyb operátora v průběhu zácvičku

Autor: **Tomáš ZATLOUKAL**

Vedoucí práce: **Ing. Václava POKORNÁ**

Akademický rok 2015/2016

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš ZATLOUKAL**  
Osobní číslo: **S12B0281P**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**  
Název tématu: **Analýza chyb operátora v průběhu zácvičku**  
Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

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

1. Podíl ruční montáže ve strojírenské praxi
2. Obecný rozbor chyb
3. Plán a příprava experimentu v laboratoři KTO
4. Realizace
5. Hodnocení experimentu

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:

- **ZELENKA, Antonín a Mirko KRÁL. Projektování výrobních systémů. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995, 365 s. ISBN 80-010-1302-2.**
- **HOFMANN, Petr a Mirko KRÁL. Technologie montáže. Vyd. 1. Plzeň: Západočeská univerzita, 1997, 90 s. ISBN 80-708-2382-8.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václava Pokorná**  
Katedra technologie obrábění  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Václava Pokorná**  
Katedra technologie obrábění  
Datum zadání bakalářské práce: **18. října 2015**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.  
děkan



Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 20. října 2015

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Václavě Pokorné za její užitečné rady a nápady, které mi během vypracování bakalářské práce poskytovala. Také bych chtěl poděkovat své rodině a blízkým za jejich podporu ve studiu.

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Zatloukal	<b>Jméno</b> Tomáš	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B2301 – „Strojírenská technologie – technologie obrábění“		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Pokorná	<b>Jméno</b> Václava	
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Analýza chyb operátora v průběhu zácviku		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZD.</b>	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	49	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	40	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	9
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Bakalářská práce obsahuje stručný úvod do montáže a kapitol s nimi souvisejících. Dále obsahuje vlastní návrh a realizaci experimentu popisující montáž vzduchového ventilu a vzniklých chyb při montáži. Poslední částí této práce je zhodnocení experimentu a porovnání s odbornou literaturou.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Montáž, operátor, výkonnost, pracoviště, racionalizace, vzduchový ventil, Inventor, křivka zácviku

## SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Zatloukal	Name Tomáš	
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2301 - „Manufacturing proces – Technology of metal cutting“		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Pokorná	Name Václava	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Analysis of the operator's errors during job training		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KTO	<b>SUBMITTED IN</b>	2016
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	49	<b>TEXT PART</b>	40	<b>GRAPHICAL PART</b>	9
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This bachelor thesis contains a brief introduction to assembly and chapters related to it. It also includes design and realization of an experiment describing the assembly of an air valve and errors that occurred during the assembly. The last part of this thesis evaluates the experiment and compares it with technical literature.
<b>KEY WORDS</b>	Assembly, operator, performance, workplace, rationalization, air valve, Inventor, curve training

## OBSAH

ZKRATKY A SYMBOLY .....	3
ÚVOD .....	4
1 POPIS PODÍLU RUČNÍ MONTÁŽE VE STROJÍRENSKÉ PRAXI .....	5
1.1 Montáž.....	5
1.2 Členění montáže.....	6
1.2.1 Stacionární montáž.....	6
1.2.2 Pohyblivá montáž.....	8
1.3 Lidské učení .....	9
1.3.1 Schopnost pracovat .....	9
1.3.2 Ostatní faktory.....	9
1.3.3 Křivka učení .....	10
1.3.4 Důsledek lidského učení na vývoj norem času .....	12
1.4 Metody odměřování času s výkonnostním odhadem .....	12
1.5 Výkonnost pracovníka.....	14
1.5.1 Odlišnost ve výkonu na základě času.....	14
1.5.2 Odlišnost ve výkonu na základě vlastností .....	15
1.5.3 Zásady ekonomie pohybů.....	17
1.6 Pracovní prostředí .....	18
1.6.1 Montážní pracoviště .....	20
1.6.2 Racionalizace .....	21
2 OBECNÝ ROZBOR CHYB .....	23
3 PLÁN A PŘÍPRAVA EXPERIMENTU.....	24



3.1	Návrh experimentu .....	24
3.2	Pracovní postup .....	25
3.3	Použité pomůcky .....	25
3.4	Průběh experimentu.....	25
4	REALIZACE EXPERIMENTU .....	26
5	HODNOCENÍ EXPERIMENTU .....	29
5.1	Chyby operátora .....	29
5.2	Pracoviště .....	30
5.3	Návrhy na změnu pracoviště .....	30
5.4	Nedostatky pracoviště .....	34
5.5	Křivka závivku .....	35
ZÁVĚR.....		36
SEZNAM ZDROJŮ .....		36
SEZNAM OBRÁZKŮ .....		39
SEZNAM PŘÍLOH .....		40

## ZKRATKY A SYMBOLY

kg	kilogram, jednotka hmotnosti
mm	milimetr, jednotka délky
cm	centimetr, jednotka délky
MTM	metoda předem stanoveného času
MOST	metoda předem stanoveného času
LMS	metoda stanovující výkonnostní stupeň
REFA	metoda stanovující výkonnostní stupeň
KTO	Katedra technologie obrábění
FST	Fakulta strojní
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni

## ÚVOD

Montáž je nedílnou součástí výrobního procesu. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl prozkoumat toto téma. Využil jsem poznatky z odborné literatury zaměřující se na montáž, výkonnost, pracovní podmínky a průběh zácvičku operátora. Na tomto základě jsem navrhl experiment.

Tento experiment spočívá v opakovaném sestavování vzduchového ventilu od firmy Bosch po dobu tří dnů. Experimentu se zúčastnily dvě osoby: muž a žena. Hlavními sledovanými parametry byly kromě celkového času sestavení ventilu také vzniklé chyby operátora při montáži. Tyto údaje jsme zapisovali do záznamových archů, ze kterých jsem následně vyhotovil grafy včetně hlavního grafu poukazujícího na celkový průběh experimentu.

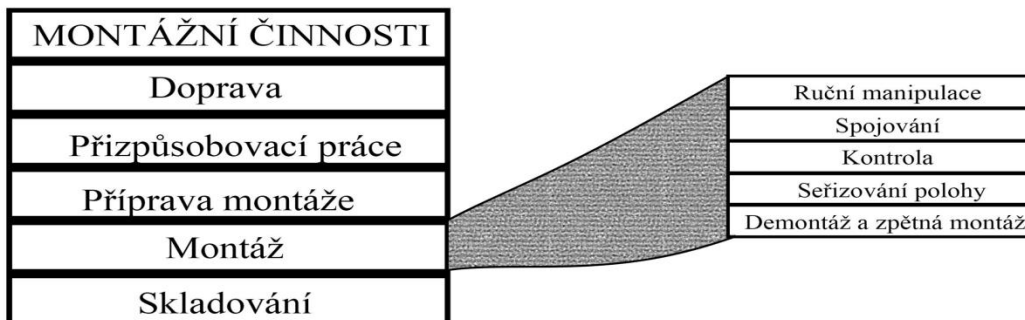
Vzhledem k racionalizaci jsem navrhl možné úpravy a vylepšení montážního pracoviště. Na konci této práce jsem porovnal své výsledky s teorií.

# 1 POPIS PODÍLU RUČNÍ MONTÁŽE VE STROJÍRENSKÉ PRAXI

## 1.1 Montáž

*Definice: Montáž je soubor činností lidí, strojů a zařízení v montážním systému, jejichž vykonáváním ve stanoveném pořadí vznikne z jednotlivých součástí a montážních celků hotový výrobek. [7, str. 1]*

Montáž je nedílnou součástí výrobního procesu, kde se scházejí jednotlivé technické, technologické, organizační, ale i ekonomické činitele z dřívějších etap přípravy a plánování. Důležitost montáže ve strojírenství je možné popsat podílem v celkové pracnosti strojírenských produktů. Tento podíl se pohybuje přibližně okolo 40% u textilního a spotřebního průmyslu. U automobilového průmyslu je tento podíl menší a pohybuje se kolem 32%. Při montáži elektrických zařízení může montáž dosahovat až 80% z celkové pracnosti výroby. Význam montáže lze také charakterizovat procentuálním zastoupením pracovníků pro montáž k celkovému počtu pracovníků ve firmě. V automobilovém průmyslu se tato hodnota pohybuje okolo 40%, v textilním průmyslu je to 30 % a nejmenší podíl montážních pracovníků k celkovému počtu pracovníků má spotřební průmysl a to 20 %. Hodnoty jsou závislé na několika faktorech, například na typu a organizaci výroby, stupni mechanizace nebo konstrukci výrobku. U složitějších výrobků se podíl pracnosti montáže snižuje, což je způsobeno především mechanizací montážních operací z důvodu vyšších nároků na přesnost, s kterou souvisí také kvalita povrchu. Montáž nezahrnuje pouhé spojování a sestavování součástí v celek, ale také dopravu, manipulaci a případnou kontrolu výrobků. [1]



Obrázek 1 Struktura činností při montáži [2]

Montáž se dělí do několika na sobě nezávislých fází, dle druhu výrobku. Těmito fázemi jsou ruční manipulace, spojování, kontrola, seřizování polohy a demontáž a s tím spojena zpětná montáž. [1] [2]

S rostoucí sériovostí montáže roste především podíl u ruční manipulace a u spojování součástí. Naopak se snižuje podíl u kontroly a seřizování polohy. Na tento růst a pokles hodnot má vliv především zvyšující se úroveň a propracovanost výrobního procesu. [1] [2]

Montážní činnost je sestavena z několika etap. První etapa je přípravná, v rámci které se provádí čištění, úprava tvarů, vyvažování, značkování a neorientovaná nebo orientovaná paletizace. Další etapou je manipulace. Do této etapy spadá vkládání, vyjímání, nasouvání, ustavení a přemísťování. Následnou etapou je spojování. Zde se provádí šroubování, které je nejčastěji používaným způsobem spojování součástí, dále sem patří lisování, nýtování, svařování, pájení nebo lepení. Poslední v řadě je etapa kontrolní, během níž se měří a zkouší funkčnost montovaného výrobku. [1] [2]

Rozhodující činnosti v kusové a malosériové výrobě jsou práce přípravné a přizpůsobovací a při vlastní montáži má významný podíl seřizování, kontrola a demontážní práce. Celkem tyto činnosti zahrnují přibližně 80% pracnosti montáže. Na rozdíl od malosériové a kusové montáže bude v hromadné a sériové montáži stoupat podíl typických montážních činností, jako je spojování a manipulace, jelikož se vyloučí řada přizpůsobovacích činností při montáži z důvodu propracovanosti výroby. [1] [2]

## **1.2 Členění montáže**

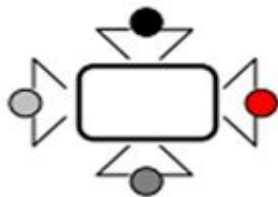
Z technologicko-organizačního hlediska se montáž rozděluje na stacionární a pohyblivou.

### **1.2.1 Stacionární montáž**

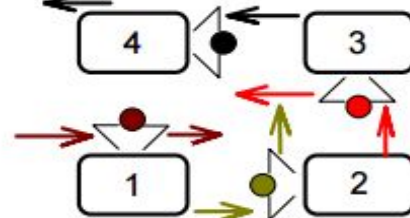
Stacionární montáž probíhá postupně na jednom místě jedním pracovníkem nebo skupinou pracovníků. Nejčastěji se užívá při kusové a malosériové výrobě. Dělí se na soustředěnou a rozčleněnou. [2]

- **Soustředěná montáž.** Soustředěná montáž je tvořena z jednotlivých součástí, které jsou sestavovány skupinou pracovníků na jednom pracovním místě. Většinou práce probíhá podle určitých montážních postupů bez důkladného časového hodnocení. Mezi výhody tohoto druhu montáže patří adaptace montážního prostoru včetně pracovních prostředků, z důvodu častých změn ve výrobním procesu. Mezi nevýhody patří například potřebná kvalifikace pracovníků. Další nevýhodou je velikost montážního místa, která je omezena množstvím pracovníků schopných pracovat u jedné jednotky. S tím souvisí i nároky na velikost pracovní plochy. Dále je to pouze přibližně stanovená norma času, kvůli rozdílné průběžné době montáže a také nepravidelný průběh montáže. Kvůli těmto nevýhodám je nutné zpracovat dlouhodobé nebo krátkodobé lhůtové plány, které umožní rovnoměrné vytížení montážního místa včetně vybavení. Tento způsob montáže se využívá především u těžkotonážních výrobků jako například válcovací tratě, velké motory a velké obráběcí stroje. [2]
- **Rozčleněná montáž.** V případě rozčleněné montáže se výrobek z počátku rozdělí na jednotlivé montážní celky podle montážního schématu. Montážní celky jsou montovány souběžně a ke kompletaci výrobku dochází při dokončení všech celků speciální skupinou pracovníků. Jednotlivé operace mají předem stanovenou normu času. Z pohledu účinnosti provozu je vhodné zahrnout určitou časovou návaznost mezi jednotlivými montážními operacemi, aby byl dodržen pravidelný chod montážního procesu. Na druhou stranu je potřeba mezi jednotlivými úseky zakomponovat určitou časovou rezervu pro případ možného výskytu chyb při montáži. Tento způsob montáže se využívá především pro výrobky a zařízení větších rozměrů a hmotností, jako jsou například obráběcí a stavební stroje nebo lokomotivy. [2]

### SOUSTŘEDĚNÁ MONTÁŽ



### ROZČLENĚNÁ MONTÁŽ

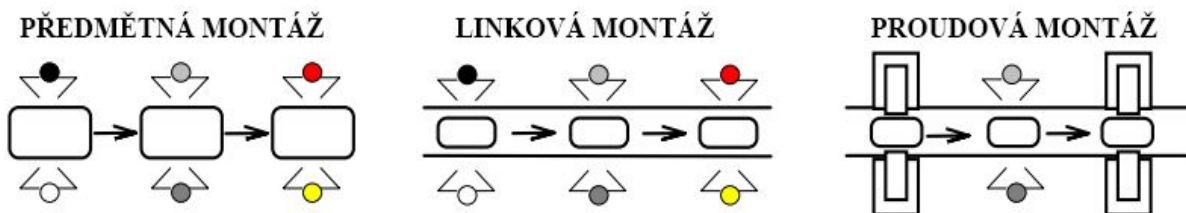


Obrázek 2 Druhy stacionární montáže [7]

### 1.2.2 Pohyblivá montáž

Pohyblivá montáž probíhá synchronizovaně ve více montážních operacích jednotlivcem nebo skupinou dělníků. V průběhu procesu se celky pohybují po předem určených montážních stanovištích v souladu s technologickou a časovou normou. Pohyblivou montáž lze rozdělit do tří skupin. Těmito skupinami jsou předmětná neboli řadová montáž, linková montáž, nazývaná též asynchronní a proudová montáž čili synchronní. [2]

- **Řadová montáž.** V pohyblivé montáži se považuje za nejjednodušší formu, jelikož je nutné pouze uspořádat pracoviště dle schématu dané montáže. Jednotlivá pracoviště nejsou časově vyvážená, proto tato montáž probíhá ve volném taktu. Tato forma montáže je zejména určena pro univerzálně vybavená pracoviště vyrábějící středně těžké výrobky.
- **Linková montáž.** Pro tento druh montáže je typické rozdělení montážních celků do jednotlivých úkonů. Tento způsob montáže se také nazývá asynchronní z důvodu variability pracovního tempa u jednotlivých stanovišť. Používá se v pracovištích s větším podílem ruční montáže a rozdílností výrobků. Tento způsob montáže se uplatňuje především v automobilovém průmyslu pro výrobu automobilového příslušenství. [2]
- **Proudová montáž.** Proudová montáž je označována jako nejvyšší forma pohyblivé montáže. Pro správnou funkčnost je nutná synchronizace jednotlivých stanovišť. Je předem určena kapacita odváděných výrobků za daný časový úsek. Tento druh montáže má vysoký stupeň mechanizace, aby se minimalizovalo množství chyb způsobených lidským faktorem. Mezi výhody proudové montáže patří soudržnost jednotlivých fází montáže a vysoká využitelnost pracoviště, včetně pracovníků. Aby byla tato kritéria dodržena, je nutné podrobné plánování a příprava výroby. Naopak nevýhodou je nutnost plynulého přísunu materiálu a s tím související jeho skladování. [2]



Obrázek 3 Druhy pohyblivé montáže [7]

Pro zajištění správného sledu pracovního procesu je nutné zajistit plynulý tok materiálu k montáži. Je důležité, aby sklady a mezisklady obsahující montážní materiál byly prakticky a vhodně navrženy, kvůli schopnosti plynule zásobovat montážní stanoviště. [2]

Je možné vyslovit názor, že žádná montáž se neobejde bez přítomnosti lidského faktoru, ať už je to přímá účast při montáži v podobě práce operátora nebo pouhá kontrola a řízení montážního procesu. V každém případě je nutné provést u nového zaměstnance potřebný zácvik.

### **1.3 Lidské učení**

Rychlost učení je u člověka ovlivněna mnoha faktory. Mezi nejdůležitější faktory patří individuální schopnosti člověka naučit se určitému druhu práce.

#### **1.3.1 Schopnost pracovat**

*Definice: Schopnost je pojem, který znamená předpoklady, potenciál a dispozice pro určitý druh činností, pro určitou aktivitu a dovednost. Schopnosti se rozvíjejí učením na základě vloh.* [8]

Schopnosti hrají velkou roli ve výkonnosti pracovníka. Člověk by měl znát své schopnosti a podle nich také vybírat druh svého zaměstnání. Schopnosti lze rozdělit na obecné a speciální.

- Obecné – druhy schopností, které jsou spojeny s inteligencí.
- Speciální – zde se vyčleňují zejména:
  - psychomotorické – schopnosti spojené s pohybem
  - kognitivní – schopnosti myslet, rozhodovat se a řešit vzniklé problémy
  - sociální – schopnost komunikovat a vycházet s jinými lidmi
  - organizační – schopnost organizovat si zadanou práci [8]

#### **1.3.2 Ostatní faktory**

Další faktory ovlivňující rychlost lidského učení:

- Délka cyklu. Za normální délku cyklu je považována ucelená činnost, u které by se nemělo projevit zapomínání sekvence následujících úkonů.



- Nejistota v pohybu při provádění pracovního úkonů. Nejistota ve svém základě představuje složku obratnosti. Čím komplikovanější jsou jednotlivé operace, tím je pro pracovníka složitější se daný úkol naučit, a proto se zvětšuje i potřebný čas při jeho učení.
- Věk. Mnoho starších lidí se učí psychicko-motorické dovednosti hůře než mladší. Počet pokusů na naučení určité činnosti je přibližně konstantní v rozmezí 18-36 roku věku. Pak u většiny lidí nastává nárůst počtu pokusů pro naučení dané činnosti.
- Nervový systém člověka a psychické schopnosti. Kvalita nervového systému člověka se mění s narůstajícím věkem.
- Fyzická schopnost klesá s nárůstem věku, který ale začíná až v pozdním věku. Průběh snižování této schopnosti není až tak důležitý pro pracovní výkon. [4]

### 1.3.3 Křivka učení

Křivka učení je jev, ve kterém se s počtem nárůstu opakování určité činnosti za periodu zmenšuje hodnota času. Dříve byla tato závislost nazývána „produkční výrobní funkce“. Teoretická křivka učení je matematicky navržena jako hladká závislost. Na ose Y je vyznačen čas sestavení měřeného kusu nebo celku a na ose X je vyznačen počet opakování. Pro krátké časové úseky je křivka učení méně významná, protože kumulováním času významnost funkce křivky učení stoupá. [4] [6]

#### Matematická závislost

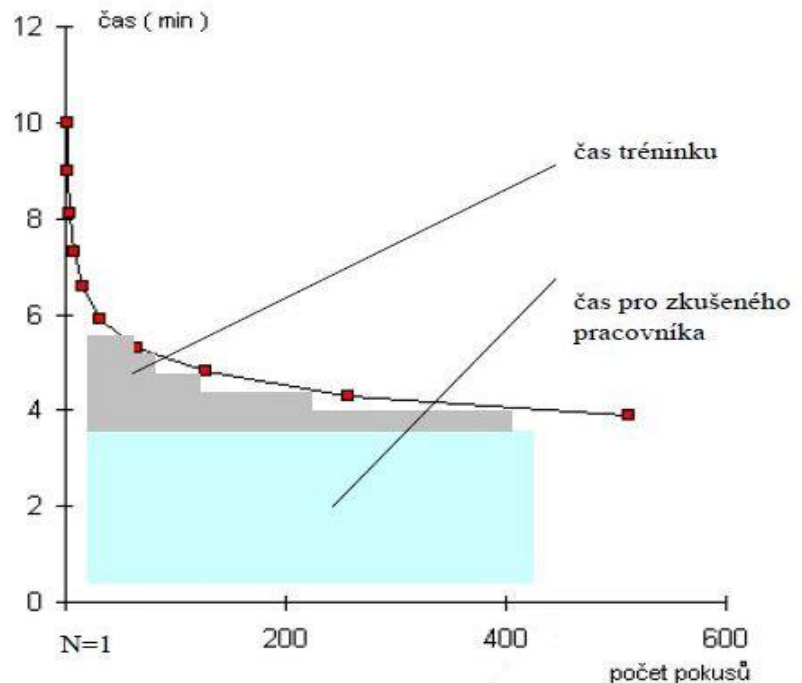
$$Y = K * X^{-A}$$

Y ... čas při x-tém sestavení

K ... Čas sestavení prvního kusu

X ... Počet sestavení

A ... konstanta pro konkrétní situaci

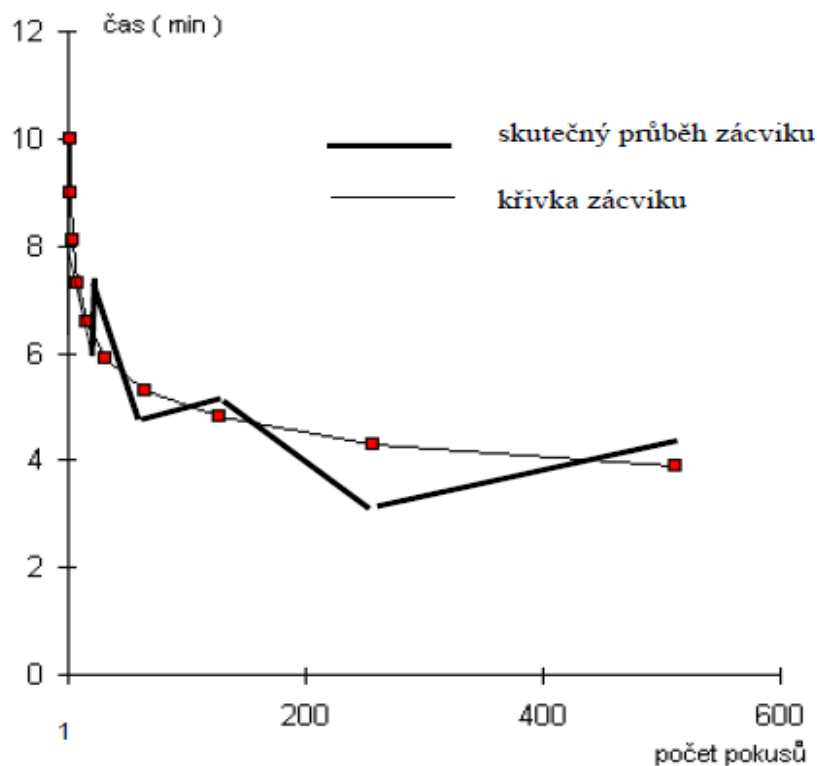


Obrázek 4 Teoretická křivka učení [6]

Pracovník je obvykle při zácviku velmi nejistý a váhavý. Z tohoto důvodu používá zrakovou kontrolu více, než pracovník, který je již zacvičený. Tato informační náročnost se se zvyšujícím se počtem opakování snižuje. To je jeden z hlavních důvodů, proč křivka s nárůstem opakování klesá. Motivací člověka je snaha o co nejkratší využívání zraku a vědomé snižování kontroly polohy. [4]

Při pozorování zkušených zaměstnanců při práci bylo zjištěno, že zrak používají v minimální míře. Operátor, který se může rozhlížet a při tom stále pracovat je označován za zručného. Tento fakt občas dělá potíže řídicímu pracovníkovi, který má pocit, že takovýto operátor se plně nesoustředí na prováděnou činnost. Jestliže operátor reaguje na disciplinární napomenutí, může se jeho produktivita dokonce snížit. [4]

Skutečný průběh zácviku však není hladkou závislostí. Vynikají zde drobné chyby, které ovlivňují výsledný čas sestavení a tím i hladkost křivky. Teprve až po proložení skutečné křivky se můžeme přiblížit ke tvaru křivky teoretické.



Obrázek 5 Skutečný průběh křivky učení [6]

### **1.3.4 Důsledek lidského učení na vývoj norem času**

Znalost problematiky lidského učení je velice důležitá pro průmyslového inženýra, který je zodpovědný za stanovování norem času. Pro průmyslového inženýra je používání časových studií velice důležité, zvláště na nezkušeném pracovníkovi. Časové studie lze rozdělit na přímé, nepřímé, odměřovací a studie na základě odhadu. Nejlepší postup pro inženýra vytvářející časovou studii je zprůměrovat dva případy. Pro první případ bude sledovat a měřit pracovníka s nízkou úrovní šikovnosti, který často používá kontrolu zraku a váhá mezi jednotlivými operacemi. U druhého případu bude sledován již zkušený pracovník, který neváhá mezi jednotlivými kroky. V praxi se často vytvářejí časové studie jen pomocí vlastních zkušeností, pracovník tedy musí podstoupit mnoho pracovních cyklů, aby se stal zkušeným a dodržoval stanovené časy. Čas cyklu se samozřejmě snižuje a nedosahuje konstanty. Studie pracovníků provádějících opakovanou činnost v miliónech opakování dokáží stále snižovat čas na operaci. Čím kratší bude doba jednoho cyklu, tím přesnější bude návrh časové normy a naopak. [4]

## **1.4 Metody odměřování času s výkonnostním odhadem**

Odměřování času je technika, která určuje potřebný čas na vykonání zadaného úkolu průměrným tempem zkušeným a zapracovaným pracovníkem. Metody odměřování času stále patří mezi nejpoužívanější metody na určování výkonové normy i přesto, že v minulých letech tento způsob stanovování norem nebyl příliš oblíbený. Mezi nejznámější používané metody patří MTM, MOST, LMS a REFA. [6]

- **Metoda MTM**

Zkratka vyplývá z anglického názvu *Methods Time Measurement*. Tato metoda vznikla ve Spojených státech amerických v roce 1934. Princip metody spočívá v tom, že se prováděná činnost rozloží do nejkratších a nejjednodušších pracovních pohybů, vyloučí se všechny zbytečné pohyby a určí se pracovní nástroje spolu s pracovními podmínkami. Takto vytvořený postup se pracovník učí. [6] [9]

- **Metoda MOST**

Zkratka vyplývá z anglického názvu Maynard Operation Sequence Technique. Poprvé byla tato metoda použita až roce 1972 firmou Maynard Corporation ve Švédsku. Princip metody je založen na sledování činností propojených s pohybem předmětů a tím konanou prací. Práce je rovna součinu síly působící po určité dráze. Při analyzování potřebných pohybů se zapisuje posloupnost velkých písmen obvykle od 5 do 20. Každé písmeno má určený význam pohybu. [6]

- **Metoda LMS**

Zkratka LMS je sestavena ze tří názvů, kterými jsou Lowry, Maynard, Stegemerten. Standartní výkon se u metody označuje jako výkon středně zapracovaného pracovníka, který dokáže zadanou činnost provádět dlouhodobě, aniž by pociťoval pracovní únavu. Zohledňují se čtyři hlavní faktory: [6] [9]

- **Zručnost.** Zručnost je schopnost pracovníka vykonávat zadanou činnost co nejrychleji a s co nejmenší námahou na základě svých vědomostí a předešlé praxe.
- **Úsilí.** Úsilí neboli snaha je schopnost pracovníka dodržet stanovené cíle. Obvykle je doprovázena emocionální a motivační složkou.
- **Důslednost provádění.** Schopnost pracovníka dodržovat zadaná pravidla a činnosti.
- **Pracovní podmínky.** Vzhledem k předešlým faktorům pracovní podmínky nejsou ovlivnitelné člověkem, pouze mají vliv na velikost výkonu. [6]

- **Metoda REFA**

Výkonost REFA je taková výkonost, kterou může pracovník provádět celou směnu, pokud splní předepsané časy na přestávky a odpočinek. Pracovník svou činnost provádí uvolněně, sebejistě a rytmicky bez zbytečného váhání a pohybů. U této metody se zohledňují dva faktory: [6]

- **Intenzita práce.** Je to množství práce, kterou pracovník vynaloží za určitou dobu na plnění zadaných úkolů. Se zvyšující se intenzitou se zvyšuje i pracovní výkon.
- **Účinnost práce.** Je to výraz vyjadřující kvalitu provedení činnosti pracovníkem. S rostoucí váhavostí a počtem zbytečných pohybů účinnost klesá. [6] [9]

Z výše uvedeného je zřejmé, že pracovní výkonnost ovlivňuje mnoho faktorů. Pro co nepřesnější určení pracovního výkonu je nutné zohlednit také specifické vlastnosti a momentální rozpoložení každého jednotlivce. Výkonnost se určuje nejen u pracovníka ale i u stroje, kde je tato hodnota úzce spojena s efektivností.

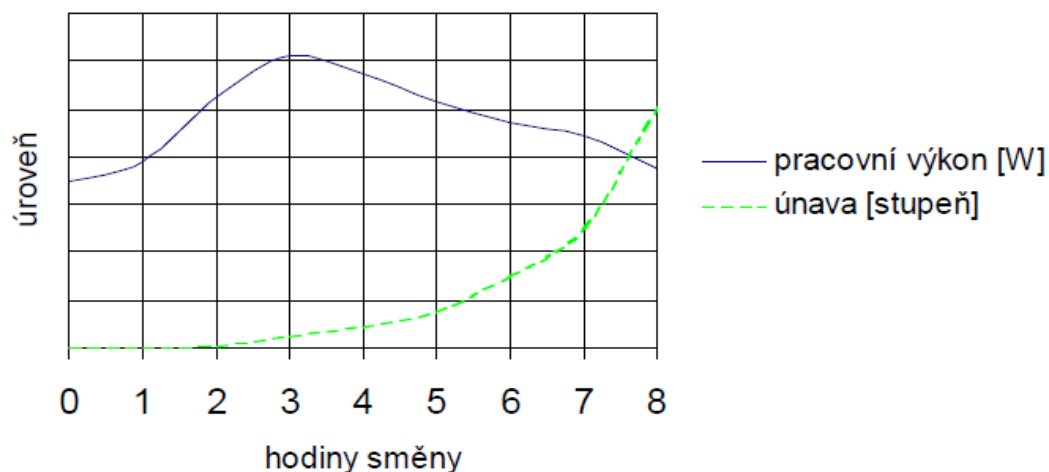
## 1.5 Výkonnost pracovníka

Výkonnost pracovníka lze charakterizovat jako spotřebovávání osobní síly v podobě pohybů na prováděnou činnost v čase.

Pracovní výkon se posuzuje podle několika kritérií. Mezi ně patří především úspěšnost plnění zadaných činností a také kvalita provedení. Je však důležité brát v potaz i to, za jakých podmínek byl daný výkonnostní stupeň splněn. Každý pracovník má predispozice a vlastnosti, které zásadně ovlivňují jeho výkonnost. Z toho je zřejmé, že výkonnost nemá každý pracovník stejnou. Stejně tak, že se výkonnost u téhož pracovníka v průběhu času může měnit. Tuto rozdílnost lze shrnout do dvou hlavních bodů. [6]

### 1.5.1 Odlišnost ve výkonu na základě času

Tento graf znázorňuje, jak se obvykle mění pracovníkův výkon spolu s únavou během pracovní směny. Z grafu je možné vyčíst, že nejvyšší výkonnost pracovník dosahuje po 3 hodinách práce. Naopak únava s narůstajícím časem stoupá. [6]



Obrázek 6 Změna výkonu a únavy v čase [6]

Únavu lze vysvětlit jako snížení připravenosti pracovníka k zadaným činnostem. Převážně vzniká z důvodu přetížení organismu. Únavu lze rozlišit do těchto bodů. [10]

- **Emocionální únava** – vyskytuje se u pracovníků, kteří jsou mimořádně zodpovědní, řeší velmi důležité situace, které jsou náročné na citové vnímání.
- **Duševní únava** – vyskytuje se u činností, u kterých je zatěžována nervová soustava pracovníka. To je zapříčiněno například vysokým pracovním tempem, které není pracovník schopný zvládnout a také činností, u kterých je potřeba vysoké soustředěnosti.
- **Fyzická únava** – veškeré činnosti, které zatěžují svalovou soustavu pracovníka. [10]

Ve většině případů se únavy lze zbavit změnou prováděné činnosti nebo zavedením přestávek. Přestávky jsou v práci velmi důležité a mají vliv především na zvyšování produktivity práce, zmírnění rozdílnosti ve výkonu pracovníka během pracovní směny, zamezení vzniku psychické a fyzické únavy a tím podpoření kladného vztahu k práci. [10]

*Podle zákona 88 odst. 1 zák. č. 262/2006 Sb. je zaměstnavatel povinen poskytnout zaměstnanci nejdéle po 6 hodinách nepřetržité práce přestávku v práci na jídlo a oddech v trvání nejméně 30 minut. Tato přestávka se nezapočítává do pracovní doby a neposkytují se na začátku nebo konci pracovní směny. [5]*

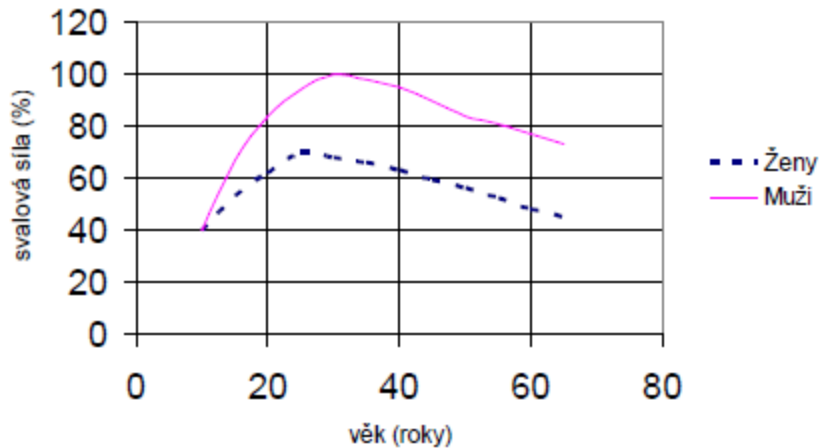
Existují také kratší, pouze oddechové přestávky v trvání od 5 do 8 minut, které nejsou nařízeny zákonem. Zaměstnavatel jí zavádí především u činností, které jsou po celou dobu směny velmi jednotvárné, nebo je prováděná činnost fyzicky nebo psychicky náročná. Tyto přestávky se zavádějí spíše ke konci pracovní doby. [10]

### 1.5.2 Odlišnost ve výkonu na základě vlastností

Odlišnost ve výkonu na základě vlastností se člení do několika bodů:

- **Stavba těla** – stavba těla se především dělí na silnou, středně silnou a slabou.
- **Pohlaví** – podle výzkumu jsou ženy v průměru o 1/3 slabší než muži, oproti tomu ale mají vyšší šikovnost až o 5%.

- **Věk** – síla u mužů a žen se mění spolu s věkem. U mužů síla dosahuje maxima ve věku od 20 do 30 let, u žen je to od 15 do 25 let.



Obrázek 7 Změna síly v závislosti s věkem [6]

- **Tělesná váha** – při standartním zastoupení podílu svalů v těle se síla zvyšuje spolu s rostoucí tělesnou váhou. Naproti tomu se zase zmenšuje vytrvalost.
- **Únava svalů** – při dlouhodobé zátěži se pochopitelně maximální síla zmenšuje.
- **Trénování svalů** – pokud pracovník pravidelně trénuje své tělo, jeho výkonnost a vytrvalost se zvyšuje na rozdíl od pracovníka netrénovaného. [6]

Z těchto analýz však ještě nemůžeme jednoznačně určit výkonnost pracovníka. Výkonnost pracovníka totiž neovlivňují jen vypsane body, ale také určité psychické schopnosti jako je například úsilí, emoce, záliby, potřeby a jiné. Při návrhu pracovního výkonu nebo pracovního postupu nelze vycházet pouze z rozdílnosti jednotlivých pracovníků, ale i celé skupiny pracovníků. Je důležité, aby výsledný návrh hodnoty nebyl pouze průměr hodnot všech pracovníků, ale aby se přihlíželo na hodnoty, které jsou nejvíce zastoupeny skupinou pracovníků. [6]

Rozlišujeme dva druhy výkonnosti. Skutečná výkonnost je prováděna pracovníkem, který si své pracovní tempo zvolil sám. Naopak vztažná výkonnost je prováděna pracovníkem, kterému bylo pracovní tempo určeno zaměstnavatelem. Výkonnostní stupeň lze spočítat jako podíl časů, který je potřeba pro provedení vztažné a skutečné výkonnosti a je bezrozměrný. Pokud výslednou hodnotu vynásobíme 100, výsledek je vyjádřen v procentech. [6]

$$VS = \frac{t_v}{t_s} [-; \%]$$

VS... výkonnostní stupeň

$t_v$ ... čas, který je potřeba k vykonání práce vztažnou výkonností

$t_s$ ... čas, který je potřeba k vykonání práce skutečnou výkonností [6]

S výkonem pracovníka úzce souvisí i ekonomie pohybů. Pracovník vykonávající zadanou činnost by se měl řídit hlavními zásadami ekonomie pohybu. Pro takového pracovníka potom bude daleko snadnější splnit předem stanovené požadavky a normy.

### 1.5.3 Zásady ekonomie pohybů

Tyto zásady můžeme shrnout do několika zásadních bodů:

- Pohyby se snažte provádět symetricky a pokud možno současně.
- Snažte se udržovat pracovní rytmus.
- Hleďte na správnost uspořádání pracoviště a udržujte pořádek na pracovišti.
- Rozeberte a zaznamenejte všechny pohyby při práci a vylučte pohyby zbytečné.
- Nutné pohyby rozřídte podle vhodné kategorie.
- Promyslete si a seřadte pohyby v nejlepším sledu.
- Využívejte prostředky pracoviště, jako například zásobníky, podavače nebo pracovní a ochranné pomůcky.
- Snažte se ulehčit práci horních končetin ovládním mechanismů dolními končetinami.
- Pokud je to možné, snažte se používat víceúčelové nářadí. [6]

Zásady ekonomie pohybů by měl kromě pracovníka znát také zaměstnavatel a vhodně upravit pracovní prostředí a výrobní proces přidáním různých podavačů a zásobníků. Dále pro ulehčení horních končetin přizpůsobit pracoviště pro možnost ovládní některých mechanismů pomocí dolních končetin. Je třeba dbát i na to, aby byli dobře zvolené pracovní a ochranné pomůcky. Také je velmi důležité vytvořit zaměstnanci vhodné pracovní podmínky.



## 1.6 Pracovní prostředí

Pracoviště je část prostoru, ve kterém člověk provádí zadanou činnost a kde tráví většinu pracovní doby. Při tvorbě pracovního prostředí se klade důraz na vybrané požadavky. Mezi nejdůležitější požadavky při tvorbě pracovního prostředí patří bezpečnost a ochrana zdraví při práci, dále hygiena a jiné. Cílem návrhu pracoviště je vytvořit pracoviště, ve kterém bude pracovník vykonávat zadanou činnost spolehlivě a efektivně v optimální pracovní pozici a s co nejmenším rizikem ohrožení svého zdraví. Promyšlené a dobře uspořádané pracoviště vytváří optimální pracovní podmínky pro každého zaměstnance, který s daným pracovištěm přichází do styku. Proto by uspořádání pracoviště mělo být pro nejširší okruh zaměstnanců. Hledí se zde zejména na pohlaví a věk. Je potřeba také respektovat ochranné pomůcky a ostatní vybavení pracoviště. [6] [11]

### Mezi hlavní kritéria pro návrh optimálního pracoviště patří:

- **Pohlaví a věk** pracovníka.
- **Rozměry pracoviště** – patří sem například výška stolu, výška stropu, přístupové a únikové cesty, oblasti dosahu končetin spojenou s pracovní polohou a tak dále.
- **Pracovní pozice** – hledí se na hmotnost a rozměry předmětů pro manipulaci, dosah ovládacích prvků a dobrá viditelnost sdělovačů z hlavní pracovní pozice nebo nežádoucí pracovní pozice jako je např. delší předklon nebo otáčení o více než 60°.
- **Pracovní pohyby** – zda není prováděná činnost příliš monotónní nebo zda není přetěžována určitá svalová partie.
- **Fyzická pracnost** – zda manipulace s těžkými předměty nepřekračuje zadané předpisy. Hledí se především na hmotnost, četnost zvedání a celkovou dráhu manipulace, nebo zda je u pracovního místa k dispozici zařízení pro přesouvání těžkých předmětů.
- **Technická vybavenost** – patří sem nástroje a jejich uložení, stroje a jejich přístupnost při vykonávání činnosti nebo při opravě stroje.
- **Riziko škodlivin** – dodržování předpisů zamezujících úniku škodlivin, které negativně ovlivňuje zdraví pracovníka. Patří sem prach, chemické látky nebo přenos vibrací a jiné. [6]

## **Bezpečnost a ochrana zdraví**

Požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví při práci je potřeba pečlivě dodržovat v celém rozsahu organizování a řízení procesu. Nedodržování těchto předpisů může mít vliv nejen na nedostatečné využívání pracovních norem a s tím spojenou výkonnost pracovníka, ale také může dojít ke zdravotním úrazům, které mohou někdy dokonce končit i smrtí. Normy jsou navrženy tak, aby při nich pracovník dodržoval předepsané požadavky na bezpečnost práce. [11]

### **Nejčastěji se nedodrží tyto body:**

- Nepoužívají se nařízené ochranné pomůcky.
- Nedodržují se bezpečné vzdálenosti při obsluze stroje.
- Chybí značení rizikových prostor a jsou používány v rozporu se zákonem.
- Stroje obsluhují pracovníci, kteří nemají potřebnou kvalifikaci.
- Překračování délky pobytu ve škodlivém nebo nebezpečném prostředí.
- Nedostatek ventilačního a odsávacího vybavení. [11]

Důvodem porušování předepsaných norem pro bezpečnost práce je snaha o vyšší produkci a snadnější a rychlejší vykonání zadané činnosti. Pracovník sice vykonává práci pohodlněji, ale riskuje úraz nebo jiné zdravotní poškození. Proto je nutné požadavky na bezpečnost brát v úvahu i při návrhu technologického a pracovního postupu a následně hlídat jejich dodržování i za cenu snížení produktivity práce. [11]

Zjištění a navržení optimálních pracovních podmínek s požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví je sice obtížné a ekonomicky nákladné, ale z dlouhodobého hlediska naopak výhodné. Při častém zanedbávání bezpečnostních norem hrozí pracovníkovi větší nebezpečí zranění nebo onemocnění a s tím spojená neschopnost pracovat.

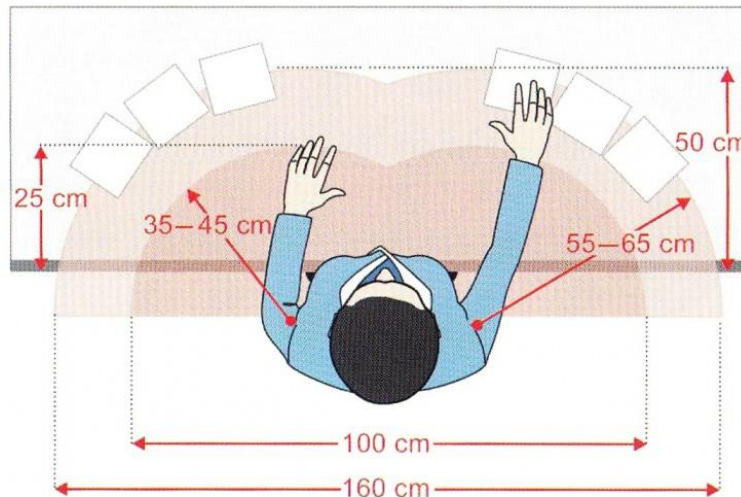
### **Další faktory ovlivňující pracovní prostředí:**

- **Osvětlení** – zvolení vhodného osvětlení má příznivý vliv na zrakovou pohodu na pracovišti. Je třeba zvolit nejen intenzitu světla, ale také jeho směr a barvu. Vhodné osvětlení pracovního prostoru je popsáno příslušnou normou.

- **Barva prostředí** – barevná úprava pracovního prostředí se obvykle provádí na stěnách, podlaze a strojích, především z důvodu určení pracovního procesu a směr postupu, ale také může mít kladný vliv na psychiku pracovníka.
- **Zvuk** – druh a hlasitost zvuku mají vliv na výkonnost zaměstnance. Při častém a dlouhodobém působení nadměrného hluku na člověka dochází k trvalému poškození sluchu. Stejně jako osvětlení má zvuk zákonem stanovené limity. Při překročení těchto limitů je nutné, aby pracovník použil ochranné pomůcky.
- **Vibrace** – vibrace především s kmitočtem od 1 do 6 Hz negativně působí na sluch a může zapříčinit i svědění na konečcích prstů z důvodu cévních křečí. Při dlouhodobějším působení může dokonce vést až k poruchám zažívání.
- **Teplota** – vysoká teplota má na člověka také negativní vliv, způsobuje ztrátu tekutin a pocení, které vede k oslabení organismu a tím i ke snížení výkonu. Tepelná pohoda nezávisí pouze na teplotě vzduchu, ale také na teplotě stěn, výrobků nebo nástrojů. Je třeba zajistit vhodné klimatické podmínky, určit správný režim práce a přestávek, dále zabezpečit větrání pracoviště a zajistit pracovníkům pitný režim. [11]

### 1.6.1 Montážní pracoviště

Montážní pracoviště je navrženo tak, aby operátor při sestavování výrobku měl všechny potřebné součástky na dosah ruky. Pracoviště musí obsahovat také potřebné nástroje a tyto nástroje musí být stejně jako součástky dobře dostupné. Pro přehlednost a jednoduchost jsou na montážním pracovišti potřebné zásobníky na součástky. Nástroje se obvykle zavěšují nad pracoviště. Montáž výrobku by měla vždy začínat od základní součásti, která je upnuta do přípravku, tak aby při sestavování dalších součástí nebylo potřeba základní kus otáčet nebo vyjímat. Druh upínání může být mechanický nebo i pneumatický, tím je umožněno operátorovi pracovat oběma rukama najednou. Nástroje, které operátor častěji používá, jsou k pracovníkovi blíže než nástroje méně používané. Zásobníky jsou na obou stranách stolu, aby bylo možno brát součástky pravou i levou rukou. [3]



Obrázek 8 Schéma montážního pracoviště [13]

S výkonností a pracovním prostředím také souvisí pojem racionalizace. Pro vylepšení pracovního procesu a zvyšování efektivity výroby je možné použít určitých racionalizačních opatření.

### 1.6.2 Racionalizace

Slovo racionalizace vzniklo od latinského slova ratio, které znamená rozum. Racionalizací chápeme činnost, u které byla provedena řada technicko-organizačních opatření, která vedla k co nejvyšší technicko-ekonomické úrovni dané činnosti. Racionalizaci proto můžeme charakterizovat jako určité vylepšování systému s cílem dosáhnout optimálního výrobního efektu s minimalizací nároků na vstupní zdroje, mezi které patří zejména materiál, čas, potřebná energie a v neposlední řadě nároky na člověka. [6]

#### Druhy racionalizace

- **Klasický přístup** – sledovanou soustavu rozčleníme na jednotlivé činnosti, které pak řešíme bez ohledu na vazby.
- **Systémový přístup** – sledovanou soustavu řešíme jako celek s ohledem na vazby.

### **Základní znaky racionalizace**

- **Univerzálnost** – racionalizace pro všechny druhy pracovních činností. Může to být jak práce tělesná tak i duševní. Nezáleží na tom, kde je daná činnost vykonávána.
- **Systematičnost** – výrobní soustava je rozdělena do základních činností, které jsou zkoumány a hodnoceny, zda se provádějí optimálním způsobem.
- **Komplexnost** – je důležité, abychom sledovanou soustavu vnímali jako celek. Proto při racionalizačních změnách je nutné vnímat i následek změn a dopad na celou soustavu. Racionalizační řešení by mělo být posuzováno z co nejvíce hledisek, mezi která patří například technologie, ekonomie nebo organizace. Z toho plyne fakt, že při řešení složitější soustavy je potřeba mít team specialistů, pro každý vědní obor. Teamová práce je jedinou možností, jak dosáhnout optimálních výsledků racionalizace. [6]

### **Průběh tvorby racionalizačního návrhu**

1. Diagnostika – sledování dané soustavy a jednotlivých činností z vybraných hledisek.
2. Záznam informací – zjištění a zaznamenání nedostatků a vzniklých chyb.
3. Rozbor – analýza vzniklých chyb a nedostatků, příčina a podstata vzniku.
4. Návrh racionalizačního řešení.
5. Zpracování racionalizačního řešení.
6. Realizace.

## 2 OBECNÝ ROZBOR CHYB

Chyba, která je způsobena pracovníkem na pracovišti se dělí na dva hlavní druhy. Prvním druhem je chyba způsobená nepřesností pracovníka. Odchylka je větší než udává norma. Druhým typem chyby je nedodržení zadaných pravidel na pracovišti. Je však důležité říct, že každá chyba nemusí skončit neúspěchem. Je zapotřebí s případnou chybou počítat a v čas jí odhalit. [12]

V roce 1980 byl proveden výzkum, který zkoumal vznik a četnost chyb způsobených lidským faktorem. Výzkum došel k závěru, že nejmenší výskyt chyb se objevoval u činností, které byly standardizované a často se opakovaly. Také zde hrají velkou roli požadavky na pracovníka, pracovní podmínky a pracoviště. V podnicích se spíše kusovou a malosériovou výrobou je zapotřebí provádět více kontrol, z důvodu častějšího výskytu chyb. Kontroly se provádějí především u výrobků, které mají vysoký koeficient bezpečnosti. Typickým příkladem pro tento druh výroby jsou například letadla. V leteckém průmyslu bývá až na drobné výjimky hlavní příčinou selhání člověk. [12]

Existuje mnoho faktorů, které ovlivňují člověka a s tím spojený i výskyt chyb. Faktory ovlivňující výskyt chyb jsou environmentální, vnitřní a stresové. Mezi environmentální faktory řadíme fyzické, organizační a osobní. Do vnitřních faktorů patří výběr jednotlivců, trénink neboli zaučení a zkušenosti. Okolnosti a osobní stav se řadí mezi stresové faktory. Uvedené chyby a jejich příčiny jsou pouze orientační. [12]

### **Příklady vzniklých chyb při montáži**

- Vynechání součástky
- Špatné sestavení montované součástky
- Nedodržení zadaných předpisu a norem
- Nepoužívání ochranných pomůcek
- Pád součástky nebo montovaného kusu
- Nedůsledná kontrola během sestavování součástky
- Nedodržení bezpečnostních pokynů

## 3 PLÁN A PŘÍPRAVA EXPERIMENTU

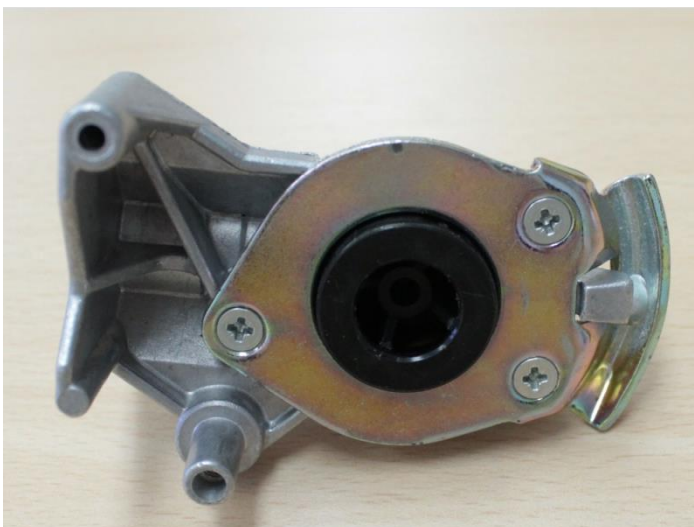
### 3.1 Návrh experimentu

Experiment bude probíhat na Katedře Technologie Obrábění v místnosti UL 209. V místnosti se nachází pracoviště pro montáž vzduchového ventilu od firmy Bosch.



Obrázek 9 Montážní pracoviště

Vzduchový ventil je zařízení, které slouží k regulaci průtoku vzduchu. Vzduchový ventil se skládá z deseti součástí a k jejich sestavení je zapotřebí ruční montáže.



Obrázek 10 Vzduchový ventil - složený

#### Součásti ventilu:

- 1) Skříň
- 2) Pružina
- 3) Podložka
- 4) Talíř
- 5) Lící deska
- 6) Píst
- 7) Těsnící kroužek malý
- 8) Váleček
- 9) Těsnící kroužek velký
- 10) Šrouby 3x

### 3.2 Pracovní postup

K sestavení ventilu je možné využít dvou pracovních postupů. První pracovní postup je psaný pouze písemnou formou v ruce. Tento postup je velmi nepřehledný a nečitelný a v některých případech by bylo potřeba podrobnějších popisů pro lepší pochopení jednotlivých kroků. Druhý pracovní postup je obrázkový, doplněný stručným popisem jednotlivých kroků. Podle druhého postupu byl složen vzduchový ventil velmi rychle a jednoduše, proto by tento postup byl vhodnější variantou při zácviku pracovníka. Je nutné podotknout, že popisky zásobníků byly chybně označeny, takže nebyť obrázků u postupu, bylo by velmi obtížné ventil složit správně. K dalšímu sestavování ventilů už pracovní postup nebyl zapotřebí, protože se dal postup sestavení velmi snadno zapamatovat. Druhý pracovní postup je k nahlédnutí v příloze číslo 1.

### 3.3 Použité pomůcky

Pomůcky k sestavení ventilu jsou klasický křížový šroubovák, pomocná páka, která je již součástí pracovního stolu a dva druhy pracovních postupů pro správné sestavení vzduchového ventilu. Dále budou potřeba pomůcky pro měření a zapisování výsledných časů. Pro snadnější a rychlejší rozebrání sestavených ventilů je k dispozici ruční aku vrtačka a pro pořízení fotodokumentace fotoaparát.

### 3.4 Průběh experimentu

Experiment bude proveden ve třech po sobě jdoucích dnech. Experimentu se zúčastní dvě osoby, které budou měřit výsledný čas sestavení jednoho kusu. První den operátoři sestaví deset kusů, čtyřikrát po sobě s desetiminutovými přestávkami. Cílem pozorování bude čas sestavení jednotlivých kusů a pozorování chyb při zácviku. Druhý a třetí den operátoři sestaví najednou 35 kusů dvakrát, s třiceti minutovou přestávkou. Cílem pozorování budou opět jednotlivé časy sestavení, pozorování chyb a určitých nedostatků na pracovišti.

Parametry Operátorů: Muž, výška 184 cm, váha 95 kg, aktivní sportovec  
Žena, výška 160 cm, váha 55 kg, příležitostný sportovec

V roli muže se montáže zúčastním já, autor práce Tomáš Zatloukal a v roli ženy se zúčastní Michaela Šnebergerová.



## 4 REALIZACE EXPERIMENTU

Experiment byl proveden podle zadaných parametrů ve dnech od 24. do 26. 2. 2016. Měření a zapisování výsledných času vždy prováděl operátor, který v daný moment nepracoval.





Obrázek 12 Operátor při montáži ventilu



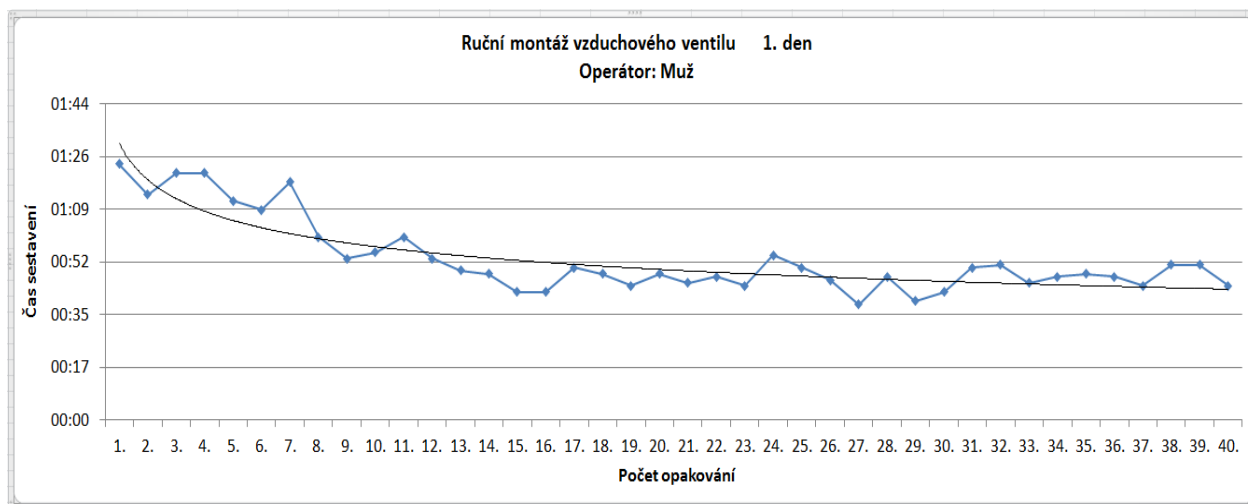
Obrázek 11 Operátorka při montáži ventilu

Časy se zaznamenávaly do předem připravených tabulek, které obsahovaly základní údaje o prováděné činnosti jako je datum, pracoviště, jméno operátora a pozorovatele, číslo kusu s časem sestavení a případně prostor pro poznámky. Záznamový arch z prvního dne měření je zobrazen na obrázku číslo 11. Záznamové archy z druhého a třetího dne jsou k nahlédnutí v příloze 2 až 5.

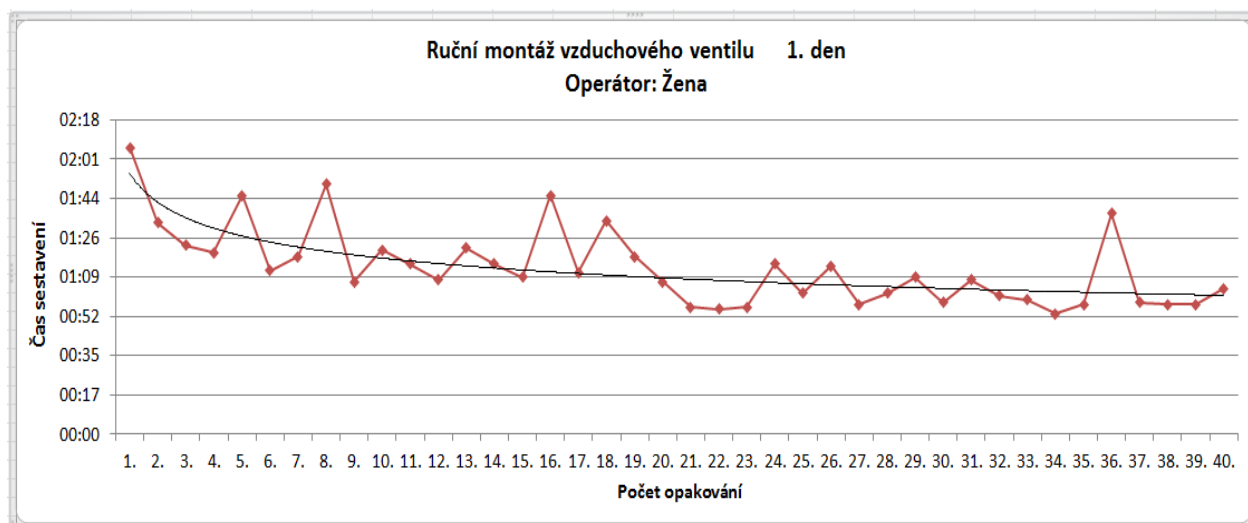
Ruční montáž vzduchového ventilu 1. den				List č. 1/1	Ruční montáž vzduchového ventilu 1. den				List č. 1/1
Operátor: Muž		Pozorovatel: M. Šnebergerová			Operátor: Žena		Pozorovatel: T. Zatloukal		
Datum: 10.2.2016		Pracoviště: UL 209			Datum: 10.2.2016		Pracoviště: UL 209		
č. kusu	Čas	Poznámka			č. kusu	Čas	Poznámka		
1.	0:01:24				1.	0:02:08			
2.	0:01:14				2.	0:01:33			
3.	0:01:21				3.	0:01:23			
4.	0:01:21				4.	0:01:20			
5.	0:01:12				5.	0:01:45	Zapomenutá součástka - velké těsnění		
6.	0:01:09				6.	0:01:12			
7.	0:01:18	Problém při šroubování šroubů			7.	0:01:18			
8.	0:01:00				8.	0:01:50	Problém při šroubování šroubů		
9.	0:00:53				9.	0:01:07			
10.	0:00:55				10.	0:01:21			
<b>Součet časů</b>	<b>0:11:47</b>				<b>Součet časů</b>	<b>0:14:55</b>			
11.	0:01:00				11.	0:01:15			
12.	0:00:53				12.	0:01:08			
13.	0:00:49				13.	0:01:22	Problém při šroubování šroubků		
14.	0:00:48				14.	0:01:15			
15.	0:00:42	Zapomenutá součástka - velké těsnění			15.	0:01:09			
16.	0:00:42	Zapomenutá součástka - velké těsnění			16.	0:01:45	Problém při šroubování šroubů		
17.	0:00:50				17.	0:01:11			
18.	0:00:48				18.	0:01:34	Problém při sestavení - pomocná páka		
19.	0:00:44				19.	0:01:18			
20.	0:00:48				20.	0:01:07			
<b>Součet časů</b>	<b>0:08:04</b>				<b>Součet časů</b>	<b>0:13:04</b>			
21.	0:00:45				21.	0:00:56			
22.	0:00:47				22.	0:00:55			
23.	0:00:44				23.	0:00:56			
24.	0:00:54	Problém při šroubování šroubů			24.	0:01:15	Problém při sestavení - pomocná páka		
25.	0:00:50				25.	0:01:02			
26.	0:00:46				26.	0:01:14	Problém při šroubování šroubů		
27.	0:00:38	Zapomenutá součástka - velké těsnění			27.	0:00:57			
28.	0:00:47				28.	0:01:02			
29.	0:00:39				29.	0:01:09	Problém při šroubování šroubů		
30.	0:00:42				30.	0:00:58			
<b>Součet časů</b>	<b>0:07:32</b>				<b>Součet časů</b>	<b>0:10:24</b>			
31.	0:00:50				31.	0:01:08			
32.	0:00:51	Zapomenutá součástka - velké těsnění			32.	0:01:01			
33.	0:00:45				33.	0:00:59			
34.	0:00:47				34.	0:00:53			
35.	0:00:48				35.	0:00:57			
36.	0:00:47				36.	0:01:37	Problém při sestavení - pomocná páka		
37.	0:00:44				37.	0:00:58			
38.	0:00:51				38.	0:00:57			
39.	0:00:51				39.	0:00:57			
40.	0:00:44				40.	0:01:04			
<b>Součet časů</b>	<b>0:07:58</b>				<b>Součet časů</b>	<b>0:10:31</b>			

Obrázek 13 Záznamový arch z prvního dne

Ze zaznamenaných časů a čísel kusů byl vytvořen graf znázorňující skutečnou křivku zácvičku. Graf byl vytvořen pro každého operátora zvlášť. Nyní zde budou uvedeny dva grafy z prvního dne experimentu. Grafy z druhého a třetího dne jsou k dispozici v příloze číslo 6 a 7.



Obrázek 14 Křivka zácvičku prvního dne – muž



Obrázek 15 Křivka zácvičku prvního dne – žena

Významné výchylky jsou uvedeny v záznamovém archu ve sloupci s názvem Poznámka. Například u operátorky při sestavování ventilu s číslem 36 se vyskytl problém při sestavení ventilu, konkrétně to byl problém s pomocnou pákou, který znamenal přibližně 40 sekundové navýšení času oproti předešlým časům.

## 5 HODNOCENÍ EXPERIMENTU

### 5.1 Chyby operátorů

Při sestavování prvních kusů se stávalo, že operátoři často zapomínali na součástky, působili zmateně a nebyli si stoprocentně jisti tím, jestli při sestavování na něco nezapomněli. To je ovšem při zácvičku běžný jev. Po zacvičení operátorů a ustálení jejich výsledných časů sestavení ventilů se objevovaly následující chyby.

Operátor především v prvním dnu montáže zapomínal na velké těsnění, které se mělo navléct na váleček. Tato drobná a na první pohled nepodstatná chyba má velmi vážný důsledek a to v těsnosti ventilu, který se tímto způsobem stává zmetkem. Při zjištění chyby lze samozřejmě ventil rozebrat, chybějící těsnění doplnit a následně ventil opět složit, ale to by bylo časově náročné, což by se negativně projevilo na efektivitě výroby a na výkonnosti pracovníka. Navíc operátor si této chyby ve většině případů ani nevšiml.

Další zjištěnou chybou, která se často vyskytovala u obou operátorů, byla manipulace s drobnými šrouby. Vzhledem k tomu, že polovina času sestavení ventilu spočívala v tom, že se šrouby museli uchopit, vložit do díry a zašroubovat, nabízí se zde možnost použít patřičná vylepšení pro zvýšení efektivity výroby. Při manipulaci se občas stávalo, že šrouby při vkládání do děr zapadly do ventilu. Zapadlý šroub se pak musel nejčastěji šroubovákem vyndat a opět vložit do díry, což se zásadně projevilo na výsledném čase sestavení. Tento problém lze snadno odstranit výměnou původního šroubováku za šroubovák s magnetickým koncem, se kterým by bylo vkládání šroubů podstatně jednodušší a rychlejší.

Poslední významnou chybou, která se objevovala zejména u operátorky, bylo špatné usazení lící desky na páku. Při špatném uložení lící desky páka nešla stlačit až ke stolu, protože neseseděla s tvarem těla pístu. Tato chyba znamenala minimálně 15 sekundové zvýšení celkového času sestavení. Při prozkoumání problému, byla chyba zjištěna, operátorka upozorněna a při další montáži se již chyba tohoto druhu nevyskytla.

Každý operátor celkem za 3 dny sestavil 180 vzduchových ventilů. Nyní bude v tabulce uveden název a četnost vzniklých chyb.

	<b>Muž</b>	<b>Žena</b>
Problém při šroubování	8x	12x
Zapomenutí na velké těsnění	5x	5x
Problém s pomocnou pákou	1x	11x

Tabulka 1 Druh a četnost chyb u operátorů

## 5.2 Pracoviště

Pracoviště na sestavování vzduchového ventilu bylo na první pohled v pořádku. Vše potřebné k sestavení bylo přímo na jednom stole a na dosah ruky, takže nebylo potřeba dalších zbytečných pohybů, které by stály čas a energii operátora. Dále musím ocenit šikovnost pomocného přípravku, takzvané páky. Bez ní by bylo sestavování ventilu velmi obtížné a časově náročné, protože bylo zapotřebí lícní desku stlačit a překonat tak odpor pružiny a při tom se soustředit na zašroubování tří malých šroubů o průměru 3 mm. Pomocná páka při zatlačení a zaháknutí držela lícní desku a tělo ventilu u sebe i přes odpor pružiny. Díky tomu se operátor mohl soustředit pouze na šroubování.

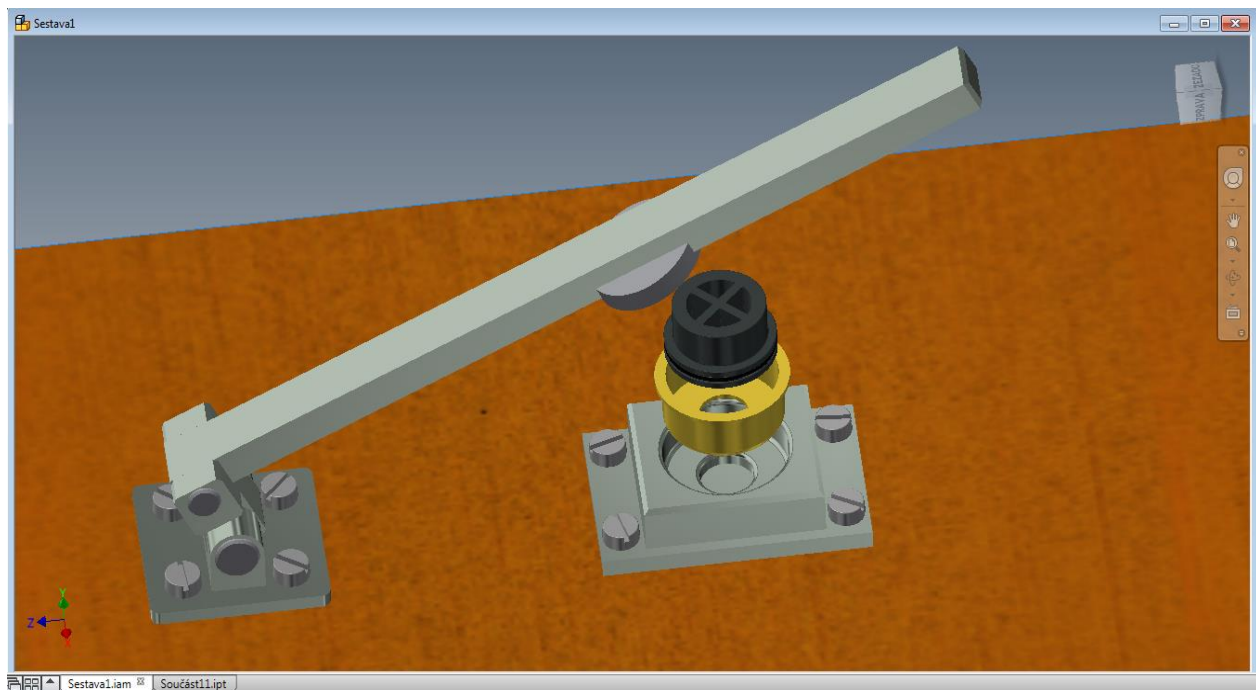
## 5.3 Návrhy na změnu pracoviště

Uvedené návrhy byly vymodelované v programu Autodesk Inventor Professional 2015. Jedním z hlavních možných vylepšení by bylo navrhnout a namontovat ještě jednu, ale menší pomocnou páku. Při vkládání pístu do válečku je totiž zapotřebí větší síly. Už během sestavování prvních kusů ventilu se začala objevovat velmi nepříjemná bolest v prstech, která by při dlouhodobější montáži ventilů mohla zapříčinit i neschopnost dále pokračovat v sestavování. Po proměření pracovního stolu by byla možná druhou pomocnou páku připevnit ke stolu mezi první pomocnou pákou a krabicí, ve které jsou uloženy skříně ventilů. Mezi krabicí a pákou je přibližně 20 cm místa, což je pro upevnění dostačující. Připevnění páky k pracovnímu stolu bych řešil pomocí šroubů.



Obrázek 16 Vkládání pístu do válečku

Tento návrh na vylepšení pracoviště řeší spíše pohodlí pracovníka. Výsledný čas sestavení by nebyl příliš odlišný od naměřených časů. Je však velmi pravděpodobné, že při sestavování většího množství ventilu by vzniklá bolest operátora zdržovala. Další pohledy tohoto návrhu jsou k dispozici v příloze 8.



Obrázek 17 Návrh pomocné páky - pohled I

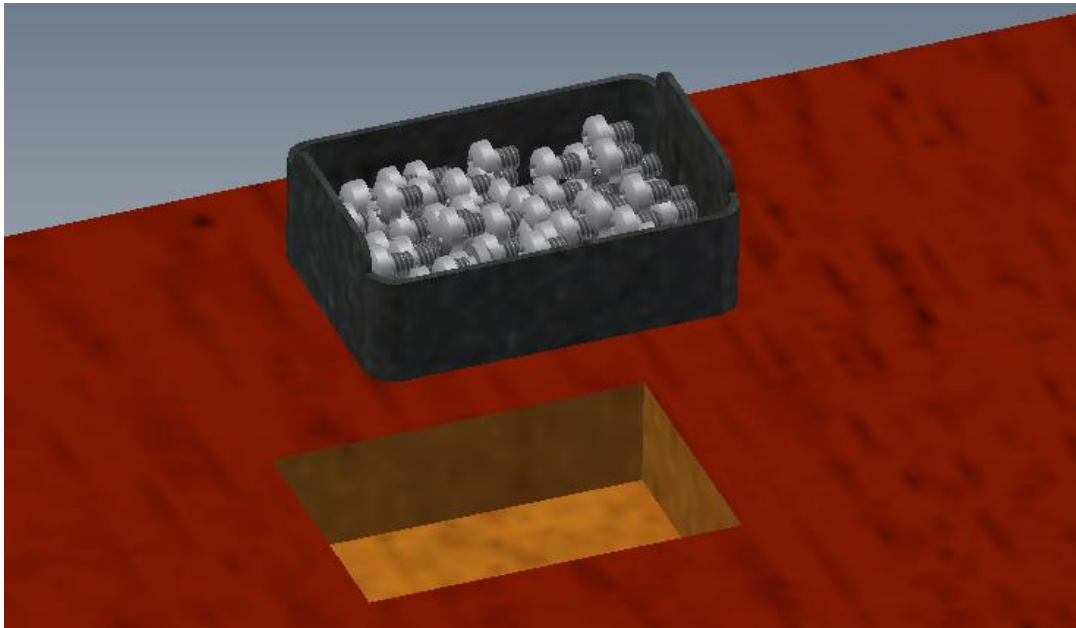
Další možné vylepšení se týká zásobníku na šrouby. Často se stávalo, že se šrouby v zásobníku zasekly a nepadaly ven na výstupní plochu. Příčinou tohoto problému byl špatně zvolený úhel výstupní plochy, která šla až příliš do kopce. Jediným řešením, jak šrouby ze zásobníku vyjmout byla nutnost zásobníkem zatřást, což operátory zdržovalo v montáži. Navíc se stávalo, že při otřesu zásobníkem vypadly šrouby i na pracovní stůl. Pokud byl v zásobníku menší počet šroubů, tak ani při otřesu zásobníkem šrouby nešly uchopit.



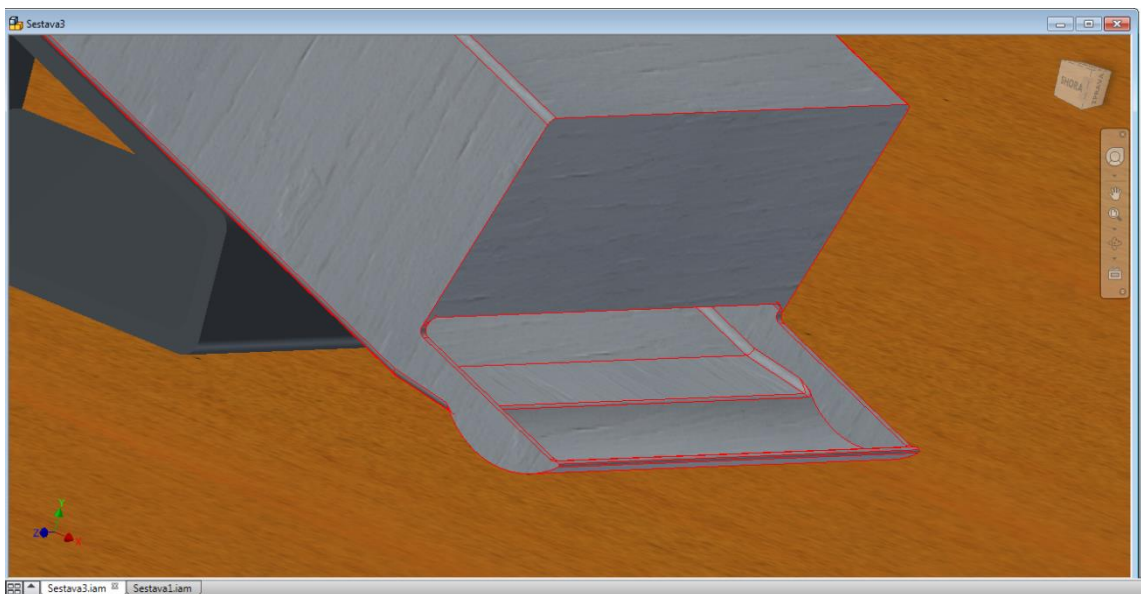
Obrázek 18 Stávající zásobník na šrouby

Nyní zde budou uvedeny dva způsoby řešení. Prvním řešením by mohlo být úplné zrušení zásobníku na šrouby a nahradit jej otevřeným boxem zabudovaným do pracovního stolu. Tím sice ubyde jeden zásobník, ale tento návrh by zabral další část pracovního stolu. Vhodné místo kam zabudovat box je prostor před zásobníky, které jsou na pracovním stole. Rozměry tohoto boxu bych zvolil například 12 x 7 centimetrů s hloubkou 5 centimetrů.

Druhým způsobem, jak tento problém vyřešit, je zásobník na šrouby zachovat a pouze pozměnit jeho výstupní část přidáním žlábků a poupravit úhel sklonu výstupní plochy. Tím zamezíme jednak zasekávání šroubů v zásobníku a také vypadávání šroubů na montážní stůl. Z přidaného žlábků na výstupu zásobníku by se šrouby brali operátorům daleko pohodlněji. Další pohledy těchto řešení jsou k nahlédnutí v příloze 9.



Obrázek 19 Návrh zásobníku na šrouby I



Obrázek 20 Návrh zásobníku na šrouby II

Výška stolu byla pro operátora mužského pohlaví měřícího 184 cm naprosto vyhovující. Při skládání ventilu měl ruce v pravém úhlu a na montovaný ventil dobře viděl. Naopak u operátorky, která měřila 160 cm, byla výška stolu nevhodující. Při skládání ventilu to ještě nebyl takový problém jako u šroubování, kdy operátorka musela zvedat pravou ruku až do výšky ramen a neustále se naklánět nad pracovní stůl. Také proto při skládání více ventilů za sebou operátorka



pocívala bolest v rameni a zápěstí. Je možné, že hlavním důvodem delších časů sestavení ventilu oproti operátorovi byla právě nevyhovující výška pracovního stolu.



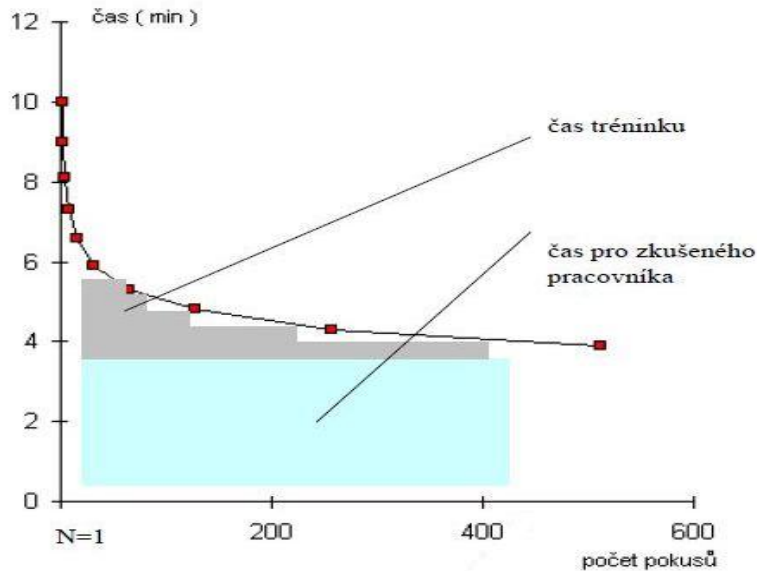
Obrázek 21 Operátorka při šroubování ventilu

#### 5.4 Nedostatky pracoviště

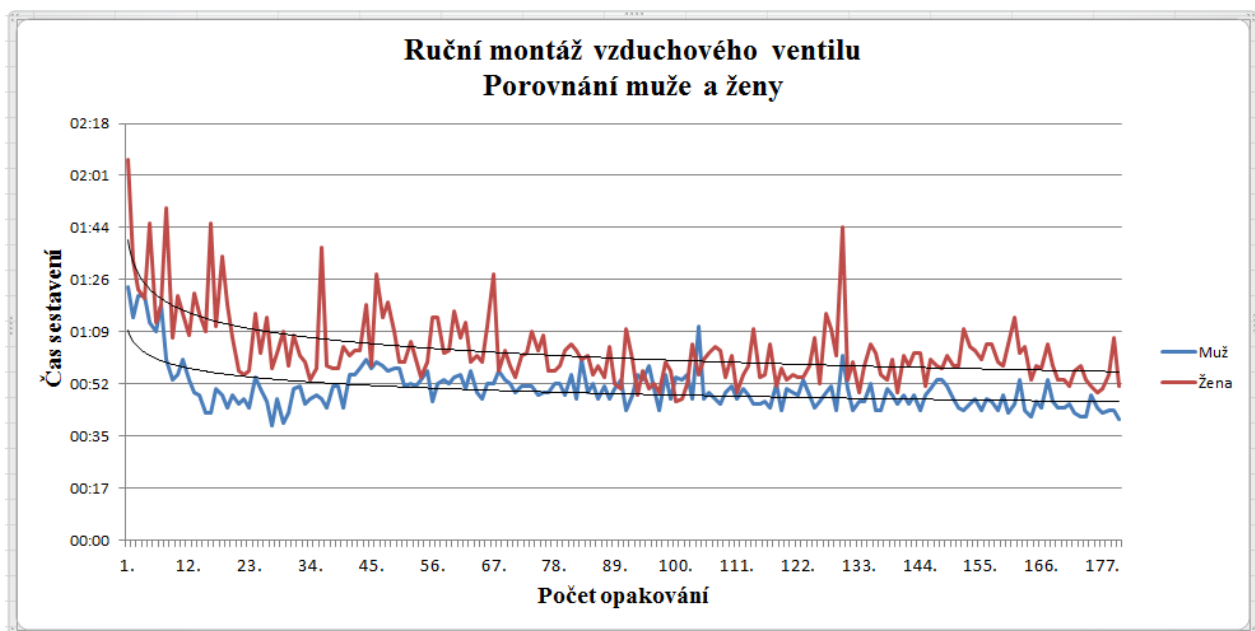
Na pracovišti se nevyskytly závažné nedostatky. Níže uvedené úpravy jsou jen drobná vylepšení, která by opět o něco více usnadnila práci a vylepšila komfort při sestavování. Tyto úpravy by se daly vyřešit okamžitě. Jedním z nedostatků byla absence šroubováku s magnetickým koncem, se kterým by byla manipulace se šrouby daleko jednodušší, jak již bylo popsáno v odstavci „Chyby operátorů“. Dalším nedostatkem byla odkládací plocha na sestavené ventily. Při sestavení více jak 15 ventilů se museli začít ventily skládat na sebe a zvyšovalo se riziko jejich pádu ze stolu, při kterém by mohlo dojít i k nepatrnému prasknutí těla ventilu, což by se projevilo na jeho funkčnosti. Problém by se dal vyřešit například nastavením délky pracovního stolu nebo přidáním přepravky na odkládací místo. Poté se zřídka stávalo, že když bylo v zásobníku hodně pružin, tak se dvě pružiny zasekly do sebe a trvalo přibližně osm sekund pružiny od sebe oddělit. Taková situace nastala pouze 7 krát z celkem 360 sestavovaných kusů, takže není potřeba tento problém nijak řešit. Posledním zaznamenaným nedostatkem byla závada na světelném zářivkovém tělese, které vydávalo dosti hlasitý a nepříjemný zvuk. Zde se nabízí pouze jedno řešení a to zářivku opravit, výměnou vadné tlumivky.

## 5.5 Porovnání křivky zácviku

Jak již bylo uvedeno, křivka zácviku je jev, ve kterém se s počtem nárůstu opakování určité činnosti za periodu zmenšuje časová hodnota. Ze záznamového archu se z hodnot časů a čísel kusů vytvořil graf znázorňující skutečnou křivku zácviku. Po proložení tohoto grafu by se měla vzniklá křivka co nejvíce přibližovat křivce teoretické.



Obrázek 22 Teoretická křivka zácviku [6]



Obrázek 23 Skutečný průběh křivky zácviku z celého experimentu

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo popsat podíl ruční montáže ve strojírenské praxi a obecný rozbor chyb. Následoval plán a příprava experimentu, jeho realizace a závěrečné hodnocení. Obsahem popisu podílu ruční montáže ve strojírenské praxi byla definice montáže a její členění. Jelikož se montáž neobejde bez přítomnosti lidského faktoru, je potřeba u každého nového zaměstnance provést odpovídající zácvik. Při ruční montáži se u operátora hledí především na jeho výkonnost. Pro určení výkonnostního stupně je možné použít vhodných metod. Posledním bodem této části byl popis pracovního prostředí. Následoval obecný rozbor chyb, včetně příkladů nejčastěji se vyskytujících chyb při montáži.

V praktické části jsem se zabýval plánem a přípravou experimentu. Experiment spočíval v sestavování vzduchového ventilu od firmy Bosch v místnosti UL 209, která je jednou z výukových laboratoří Katedry technologie obrábění. Celý experiment probíhal po dobu tří po sobě jdoucích dnů. Montáže se zúčastnily dvě osoby. Hlavními sledovanými parametry byly: celkový čas, nutný k sestavení 1 celku – vzduchového ventilu, dále pak počet sestavených kusů a analýza chyb, kterých se operátoři dopouštěli v průběhu montáže. Tyto parametry byly zapsány do záznamových archů, ze kterých byly následně vyhotoveny grafy.

Podstata hodnocení experimentu spočívala ve výčtu chyb při montáži, popisu montážního pracoviště s vlastními návrhy na možné vylepšení pracoviště a porovnání výsledné křivky zácviku s teoretickou křivkou zácviku. Mezi nejčastěji se vyskytující chyby patřily zdlouhavá manipulace se šrouby, zapomínání na součástku s názvem „velké těsnění“ a problémy při sestavování ventilu pomocnou pákou. Pro usnadnění operace vkládání pístu do válečku jsem navrhl přípravek, díky kterému bude dle mého názoru tato činnost pro operátora snadnější. Druhým návrhem byla změna stávajícího zásobníku na šrouby z důvodu lepší manipulace s nimi. Následovalo porovnání skutečné a teoretické křivky, při kterém jsem došel k závěru, že tvary křivek se shodují. U operátora mužského pohlaví se čas sestavení jednoho ventilu průměrně pohyboval kolem 46 vteřin. U operátora ženského pohlaví byl tento čas vyšší a pohyboval se okolo 56 vteřin. Dle mého názoru hlavní příčinou tohoto časového rozdílu byla nevyhovující výška stolu pro operátora ženského pohlaví měřícího 160 centimetrů.

Celý experiment prokázal skutečnost, jak je důležité věnovat potřebný čas a úsilí při zácviku nového pracovníka.

## SEZNAM ZDROJŮ

- [1] VIGNER, Miloslav, KRÁL, Mirko a ZELENKA, Antonín. *Metodika projektování výrobních procesů*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1984. 588 s.
- [2] ZELENKA, Antonín, Vratislav PRECLÍK a Milan HANINGER. *Projektování procesů obrábění a montáží*. Vyd. 2. přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999, 190 s. ISBN 80-010-2013-4.
- [3] MIČKAL, Karel a KOLÁŘ, Přemysl. *Strojní montáže: Učebnice pro stud. obor strojírenství se zaměřením pro zprac. kovů a montáž strojů a zařízení*. 2., nezm. vyd. Praha: SNTL, 1989. 205 s.
- [4] SALVENDY, Gavriel. *Handbook of industrial engineering*. 2nd ed. New York: Wiley, c1992. ISBN 0471502766.
- [5] Zákon 88 odst. 1 zák. č. 262/2006 Sb., Zákoník práce
- [6] MATĚJKA, Jan. *Racionalizace práce*. [přednášky]. Plzeň: ZČU, 2016. Dostupné z: <https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/kto/rp/studijni-materialy.html>
- [7] *Základy montáže a její členění* [online]. 2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: [http://old.fst.zcu.cz/\\_files\\_web\\_FST/\\_dokumenty\\_FST/\\_akreditace-FST-09/DATA/ukazky/2%20ZAKLADY%20MONTAZE%20FOL.pdf](http://old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_dokumenty_FST/_akreditace-FST-09/DATA/ukazky/2%20ZAKLADY%20MONTAZE%20FOL.pdf)
- [8] *Schopnosti, definice a rozdělení* [online]. 2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/schopnost>
- [9] *Metody předem stanovených časů* [online]. 2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=28718](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=28718)
- [10] *Výkon a výkonnost pracovníka* [online]. 2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.univerzita-online.cz/mng/psychologie-v-ekonomicke-praxi/vykon-vykonnost-pracovnika-pracovni-rezim/>

- [11] Pracovní podmínky a bezpečnost při práci [online]. 2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z:  
[http://www.mzdovapraxe.cz/archiv/dokument/doc-d1017v993-metody-a-techniky-organizaceanormovaniprace/?search\\_query=\\$source=3%20sortkey0min:20050101%20sortkey0max:2](http://www.mzdovapraxe.cz/archiv/dokument/doc-d1017v993-metody-a-techniky-organizaceanormovaniprace/?search_query=$source=3%20sortkey0min:20050101%20sortkey0max:2)
- [12] Popis a členění chyb při montáži [online]. 2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z:  
[http://www.lifetime-reliability.com/cms/tutorials/reliability-engineering/human\\_error\\_rate\\_table\\_insights/](http://www.lifetime-reliability.com/cms/tutorials/reliability-engineering/human_error_rate_table_insights/)
- [13] Ergonomie pracovního prostředí [online]. 2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z:  
<http://www.zdravezidle.cz/index.php?id=1&idclanku=50>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Struktura činností při montáži [2] .....	5
Obrázek 2 Druhy stacionární montáže [7] .....	7
Obrázek 3 Druhy pohyblivé montáže [7] .....	8
Obrázek 4 Teoretická křivka učení [6] .....	10
Obrázek 5 Skutečný průběh křivky učení [6] .....	11
Obrázek 6 Změna výkonu a únavy v čase [6] .....	14
Obrázek 7 Změna síly v závislosti s věkem [6] .....	16
Obrázek 8 Schéma montážního pracoviště [13] .....	21
Obrázek 9 Montážní pracoviště .....	24
Obrázek 10 Vzduchový ventil - složený .....	24
Obrázek 11 Operátorka při montáži ventilu .....	26
Obrázek 12 Operátor při montáži ventilu .....	26
Obrázek 13 Záznamový arch z prvního dne .....	27
Obrázek 14 Křivka zácviku prvního dne – muž .....	28
Obrázek 15 Křivka zácviku prvního dne – žena .....	28
Obrázek 16 Vkládání pístu do válečku .....	31
Obrázek 17 Návrh pomocné páky - pohled I .....	31
Obrázek 18 Stávající zásobník na šrouby .....	32
Obrázek 19 Návrh zásobníku na šrouby I .....	33
Obrázek 20 Návrh zásobníku na šrouby II .....	33
Obrázek 21 Operátorka při šroubování ventilu .....	34
Obrázek 22 Teoretická křivka zácviku [6] .....	35
Obrázek 23 Skutečný průběh křivky zácviku z celého experimentu .....	35

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Druh a četnost chyb u operátorů .....	30
---	----

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 - Pracovní postup

Příloha 2 - Záznamový arch druhého dne, list číslo 1/2

Příloha 3 - Záznamový arch druhého dne, list číslo 2/2

Příloha 4 - Záznamový arch třetího dne, list číslo 1/2

Příloha 5 - Záznamový arch třetího dne, list číslo 2/2

Příloha 6 - Křivka zácviku druhého a třetího dne, operátor muž

Příloha 7 - Křivka zácviku druhého a třetího dne, operátor žena

Příloha 8 - Další pohledy navržené páky

Příloha 9 - Další pohledy návrhů změn zásobníku



## Příloha 1 - Pracovní postup



Obrázek 24 Pracovní postup – grafický





Příloha 2 - Záznamový arch druhého dne, list číslo 1/2

Ruční montáž vzduchového ventilu 2. den		 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	List č.  1/2	Ruční montáž vzduchového ventilu 2. den		 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	List č.  1/2
Operátor: Muž		Pozorovatel: M. Šnebergerová		Operátor: Žena		Pozorovatel: T. Zatloukal	
Datum: 11.2.2016		Pracoviště: UL 209		Datum: 11.2.2016		Pracoviště: UL 209	
č. kusu	Čas	Poznámka		č. kusu	Čas	Poznámka	
1.	0:00:55			1.	0:01:01		
2.	0:00:55			2.	0:01:03		
3.	0:00:57			3.	0:01:03		
4.	0:01:00	Problém při šroubování šroubů		4.	0:01:18	Problém při šroubování šroubů	
5.	0:00:57			5.	0:00:58		
6.	0:00:59	Pružiny zaseknuté v sobě		6.	0:01:28	Problém při sestavení - pomocná páka	
7.	0:00:58			7.	0:01:14	Pružiny zaseknuté v sobě	
8.	0:00:56			8.	0:01:19	Problém při šroubování šroubů	
9.	0:00:57			9.	0:01:09		
10.	0:00:57			10.	0:00:59		
11.	0:00:51			11.	0:00:59		
12.	0:00:52			12.	0:01:06		
13.	0:00:51			13.	0:01:00		
14.	0:00:53			14.	0:00:54		
15.	0:00:56			15.	0:00:59		
16.	0:00:46			16.	0:01:14	Problém při sestavení - pomocná páka	
17.	0:00:52			17.	0:01:14	Problém při sestavení - pomocná páka	
18.	0:00:53			18.	0:01:02		
19.	0:00:52			19.	0:01:03		
20.	0:00:54			20.	0:01:16	Problém při šroubování šroubů	
21.	0:00:55			21.	0:01:07		
22.	0:00:50			22.	0:01:12		
23.	0:00:56			23.	0:00:59		
24.	0:00:49			24.	0:01:01		
25.	0:00:47			25.	0:00:59		
26.	0:00:52			26.	0:01:11		
27.	0:00:52			27.	0:01:28	Zapomenutá součástka - velké těsnění	
28.	0:00:56	Problém při šroubování šroubů		28.	0:00:56		
29.	0:00:53			29.	0:01:03		
30.	0:00:52			30.	0:00:58		
31.	0:00:49			31.	0:00:54		
32.	0:00:51			32.	0:01:01		
33.	0:00:51			33.	0:01:02		
34.	0:00:51			34.	0:01:09		
35.	0:00:48			35.	0:01:03		
Součet časů		0:31:03		Součet časů		0:38:22	



Obrázek 25 Záznamový arch z druhého dne 1/2

Příloha 3 - Záznamový arch druhého dne, list číslo 2/2

Ruční montáž vzduchového ventilu 2. den				List č. 2/2	Ruční montáž vzduchového ventilu 2. den				List č. 2/2
Operátor: Muž		Pozorovatel: M. Šnebergerová			Operátor: Žena		Pozorovatel: T. Zatloukal		
Datum: 11.2.2016		Pracoviště: UL 209			Datum: 11.2.2016		Pracoviště: UL 209		
č. kusu	Čas	Poznámka			č. kusu	Čas	Poznámka		
36.	0:00:49				36.	0:01:08	Problém při šroubování šroubů		
37.	0:00:49				37.	0:00:56			
38.	0:00:52				38.	0:00:56			
39.	0:00:52				39.	0:00:58			
40.	0:00:48	Zapomenutá součástka - velké těsnění			40.	0:01:03			
41.	0:00:55				41.	0:01:05	Pružiny zaseknuté v sobě		
42.	0:00:47				42.	0:01:03			
43.	0:01:00	Problém při šroubování šroubů			43.	0:01:00			
44.	0:00:49				44.	0:01:01			
45.	0:00:52				45.	0:00:55			
46.	0:00:47				46.	0:00:58			
47.	0:00:51				47.	0:00:54			
48.	0:00:47				48.	0:01:04	Problém při sestavení - pomocná páka		
49.	0:00:50				49.	0:00:52			
50.	0:00:53	Pružiny zaseknuté v sobě			50.	0:00:50			
51.	0:00:43				51.	0:01:10	Problém při sestavení - pomocná páka		
52.	0:00:48				52.	0:01:00			
53.	0:00:55				53.	0:00:48			
54.	0:00:53				54.	0:00:56			
55.	0:00:58				55.	0:00:50			
56.	0:00:50				56.	0:00:52			
57.	0:00:43				57.	0:00:49			
58.	0:00:55	Problém při šroubování šroubů			58.	0:00:59			
59.	0:00:47				59.	0:00:56			
60.	0:00:54	Problém při šroubování šroubů			60.	0:00:46			
61.	0:00:53				61.	0:00:47			
62.	0:00:55	Problém při šroubování šroubů			62.	0:00:52			
63.	0:00:47				63.	0:01:05	Problém při šroubování šroubů		
64.	0:01:11	Problém při sestavení - pomocná páka			64.	0:00:55			
65.	0:00:47				65.	0:01:00			
66.	0:00:49				66.	0:01:02			
67.	0:00:47				67.	0:01:04	Zapomenutá součástka - velké těsnění		
68.	0:00:45				68.	0:01:03			
69.	0:00:49				69.	0:00:54			
70.	0:00:51				70.	0:01:01			
<b>Součet časů</b>	<b>0:29:41</b>				<b>Součet časů</b>	<b>0:33:32</b>			


Obrázek 26 Záznamový arch z druhého dne 2/2

Příloha 4 - Záznamový arch třetího dne, list číslo 1/2


Ruční montáž vzduchového ventilu 3. den				List č. 1/2	Ruční montáž vzduchového ventilu 3. den				List č. 1/2
Operátor: Muž		Pozorovatel: M. Šnebergerová			Operátor: Žena		Pozorovatel: T. Zatloukal		
Datum: 12.2.2016		Pracoviště: UL 209			Datum: 12.2.2016		Pracoviště: UL 209		
č. kusu	Čas	Poznámka			č. kusu	Čas	Poznámka		
1.	0:00:47				1.	0:00:49			
2.	0:00:50				2.	0:00:55			
3.	0:00:48				3.	0:00:58			
4.	0:00:45				4.	0:01:10	Problém při šroubování šroubů		
5.	0:00:45				5.	0:00:54			
6.	0:00:46				6.	0:00:55			
7.	0:00:44				7.	0:01:05			
8.	0:00:52				8.	0:00:51			
9.	0:00:43				9.	0:00:57			
10.	0:00:50				10.	0:00:53			
11.	0:00:49				11.	0:00:55			
12.	0:00:48				12.	0:00:54			
13.	0:00:53				13.	0:00:54			
14.	0:00:48				14.	0:00:58			
15.	0:00:44				15.	0:01:07	Pružiny zaseknuté v sobě		
16.	0:00:46				16.	0:00:52			
17.	0:00:49				17.	0:01:15	Problém při sestavení - pomocná páka		
18.	0:00:51				18.	0:01:10	Zapomenutá součástka - velké těsnění		
19.	0:00:43				19.	0:01:01			
20.	0:01:01	Pružiny zaseknuté v sobě			20.	0:01:44	Problém při sestavení - pomocná páka		
21.	0:00:50				21.	0:00:53			
22.	0:00:43				22.	0:00:59			
23.	0:00:46				23.	0:00:49			
24.	0:00:46				24.	0:00:58			
25.	0:00:52				25.	0:01:05			
26.	0:00:43				26.	0:01:02			
27.	0:00:43				27.	0:00:55			
28.	0:00:50				28.	0:00:53			
29.	0:00:48				29.	0:01:00			
30.	0:00:45				30.	0:00:49			
31.	0:00:48				31.	0:01:01			
32.	0:00:45				32.	0:00:58			
33.	0:00:48				33.	0:01:02			
34.	0:00:43				34.	0:01:02			
35.	0:00:48				35.	0:00:51			
Součet časů		0:27:40			Součet časů		0:34:34		

Obrázek 27 Záznamový arch z třetího dne 1/2

Příloha 5 - Záznamový arch třetího dne, list číslo 2/2

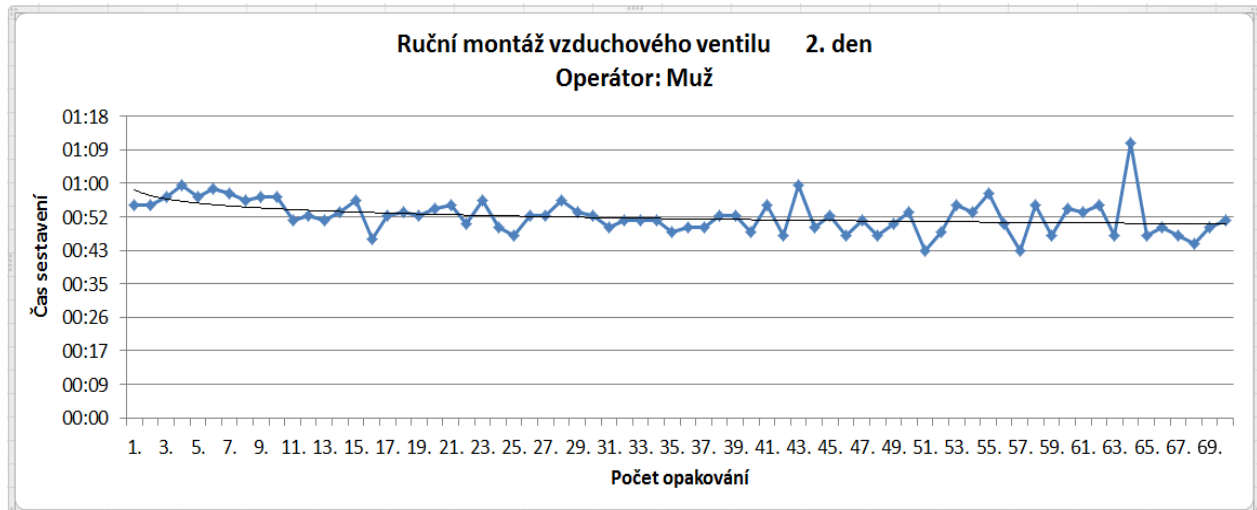
Ruční montáž vzduchového ventilu 3. den		 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI		List č. 2/2
Operátor: Muž		Pozorovatel: M. Šnebergerová		
Datum: 12.2.2016		Pracoviště: UL 209		
č. kusu	Čas	Poznámka		
36.	0:00:50			
37.	0:00:53			
38.	0:00:53	Pružiny zaseknuté v sobě		
39.	0:00:51			
40.	0:00:47			
41.	0:00:44			
42.	0:00:43			
43.	0:00:45			
44.	0:00:47			
45.	0:00:43			
46.	0:00:47			
47.	0:00:46			
48.	0:00:43			
49.	0:00:48			
50.	0:00:42			
51.	0:00:45			
52.	0:00:53			
53.	0:00:43			
54.	0:00:41			
55.	0:00:46			
56.	0:00:44			
57.	0:00:53			
58.	0:00:46			
59.	0:00:44			
60.	0:00:44			
61.	0:00:45			
62.	0:00:42			
63.	0:00:41			
64.	0:00:41			
65.	0:00:48			
66.	0:00:44			
67.	0:00:42			
68.	0:00:43			
69.	0:00:43			
70.	0:00:40			
<b>Součet časů</b>	<b>0:26:30</b>			

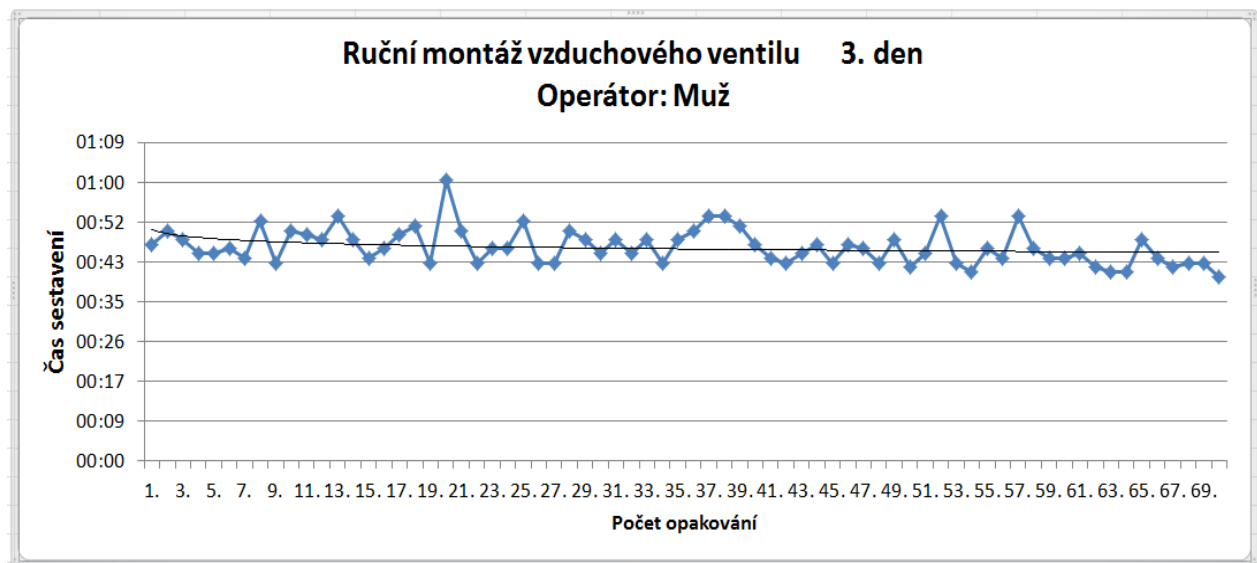
Ruční montáž vzduchového ventilu 3. den		 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI		List č. 2/2
Operátor: Žena		Pozorovatel: T. Zatloukal		
Datum: 12.2.2016		Pracoviště: UL 209		
č. kusu	Čas	Poznámka		
36.	0:01:00	Zapomenutá součástka - velké těsnění		
37.	0:00:58			
38.	0:00:57			
39.	0:01:01			
40.	0:00:58			
41.	0:00:58			
42.	0:01:10			
43.	0:01:04			
44.	0:01:03			
45.	0:01:00			
46.	0:01:05			
47.	0:01:05			
48.	0:00:59			
49.	0:00:58			
50.	0:01:05			
51.	0:01:14	kýchnutí (+12s)		
52.	0:01:02			
53.	0:01:04			
54.	0:00:53			
55.	0:00:58			
56.	0:00:57			
57.	0:01:05	Problém při šroubování šroubů		
58.	0:00:58			
59.	0:00:53			
60.	0:00:53			
61.	0:00:51			
62.	0:00:56			
63.	0:00:58			
64.	0:00:53			
65.	0:00:51			
66.	0:00:49			
67.	0:00:50			
68.	0:00:55			
69.	0:01:07	Problém při sestavení - pomocná páka		
70.	0:00:51			
<b>Součet časů</b>	<b>0:34:19</b>			

Obrázek 28 Záznamový arch z třetího dne 2/2

Příloha 6 - Křivka zácvičku druhého a třetího dne, operátor muž

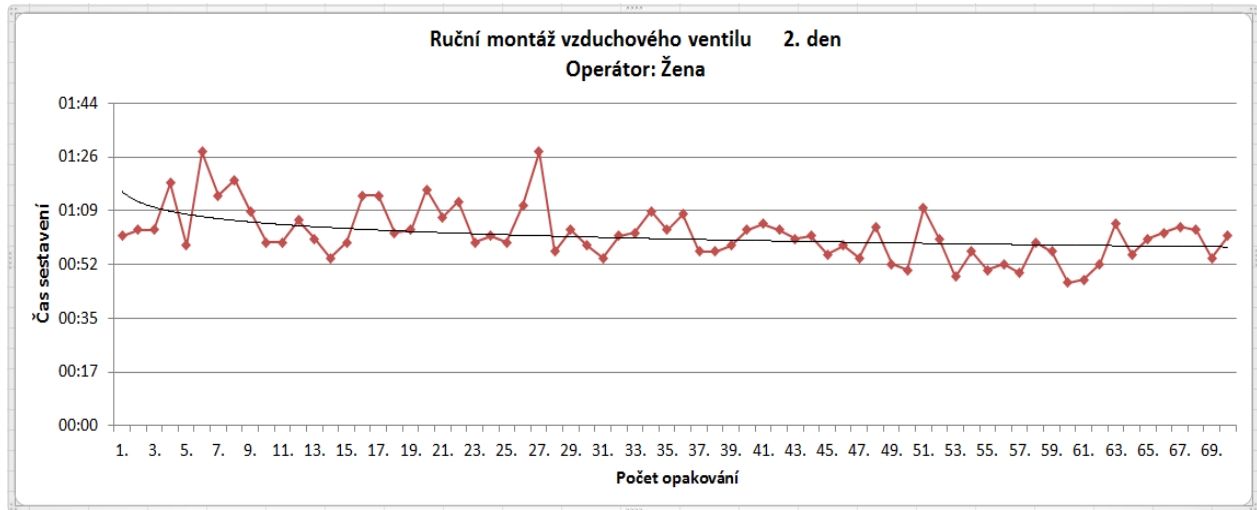


Obrázek 29 Křivka zácvičku druhého dne - muž

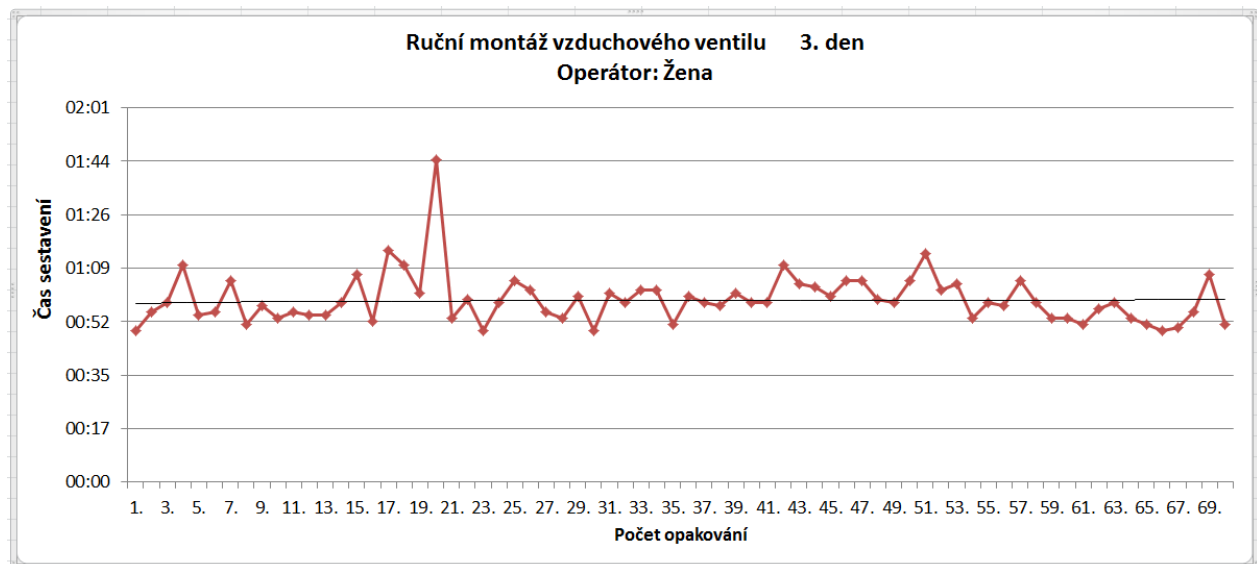


Obrázek 30 Křivka zácvičku třetího dne – muž

Příloha 7 - Křivka zácvičku druhého a třetího dne, operátor žena

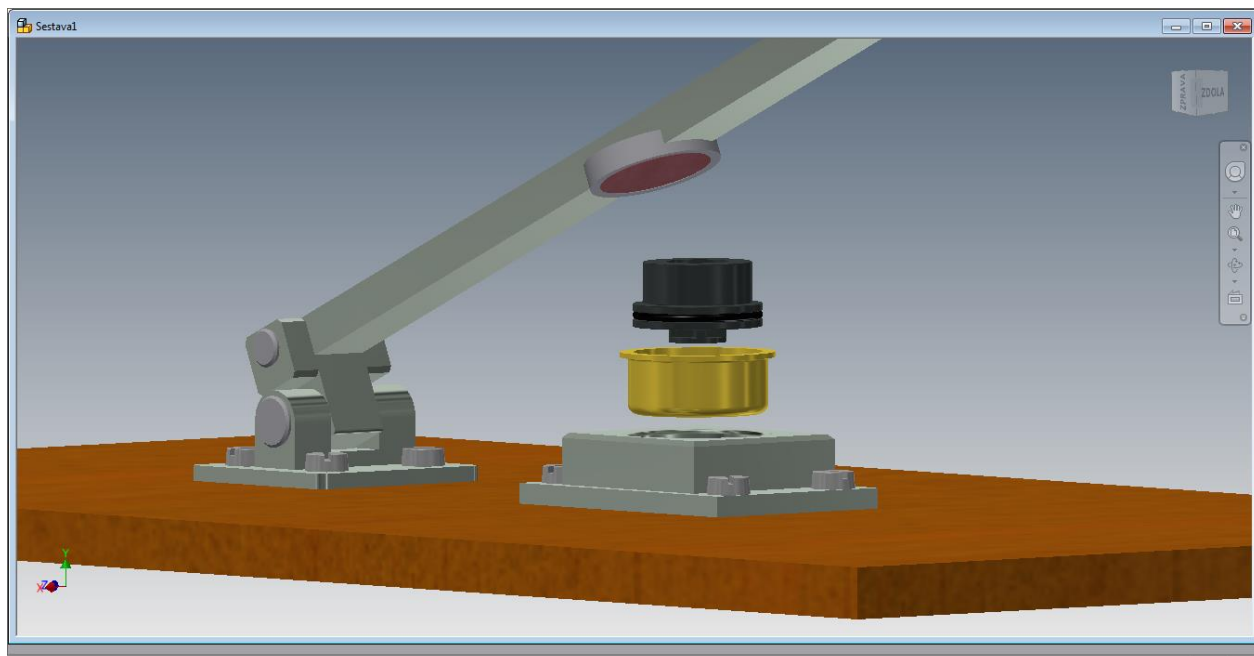


Obrázek 31 Křivka zácvičku druhého dne – žena

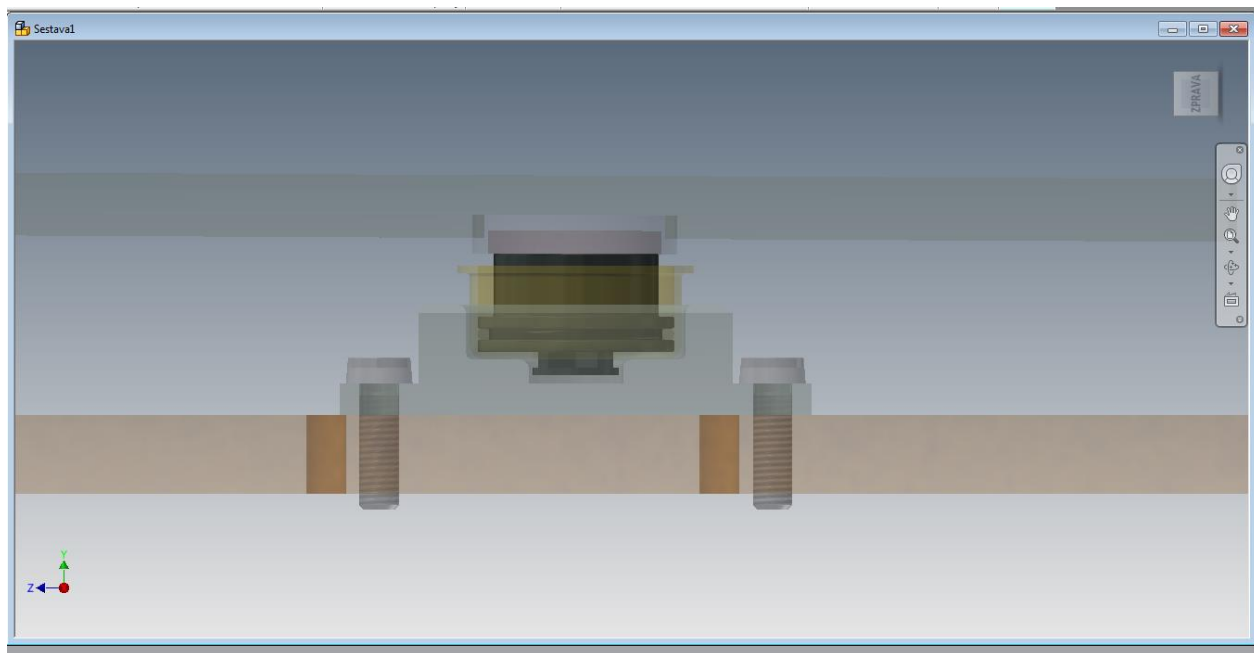


Obrázek 32 Křivka zácvičku třetího dne – žena

Příloha 8 - Další pohledy navrhnuté páky

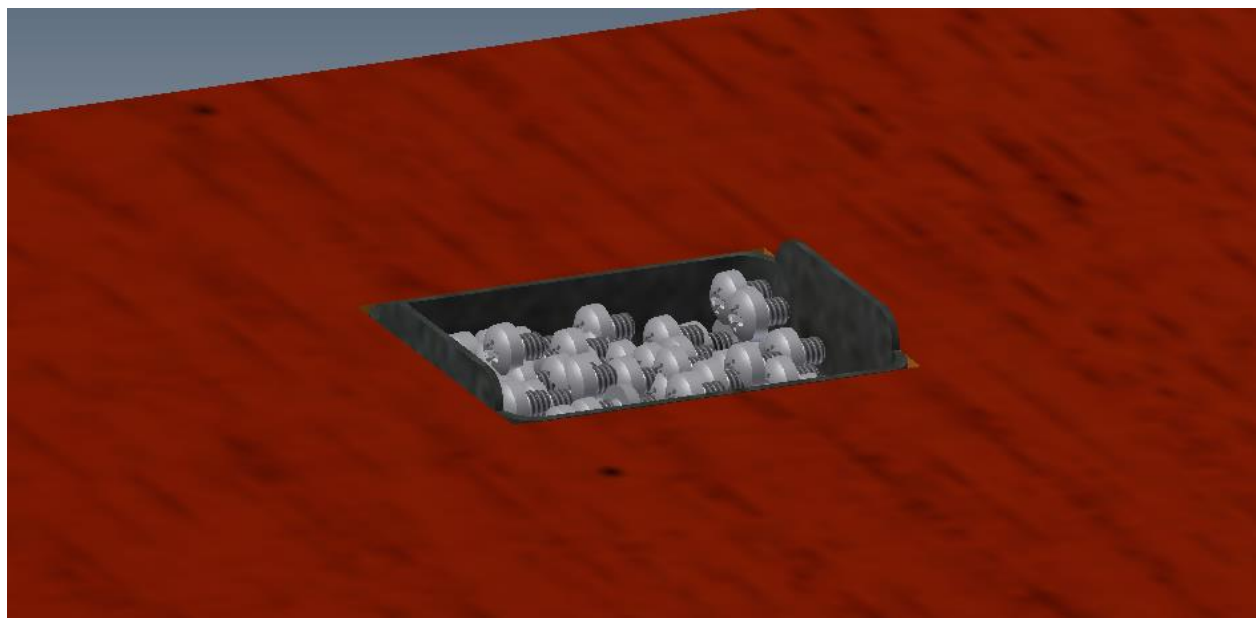


Obrázek 33 Návrh pomocné páky - pohled II

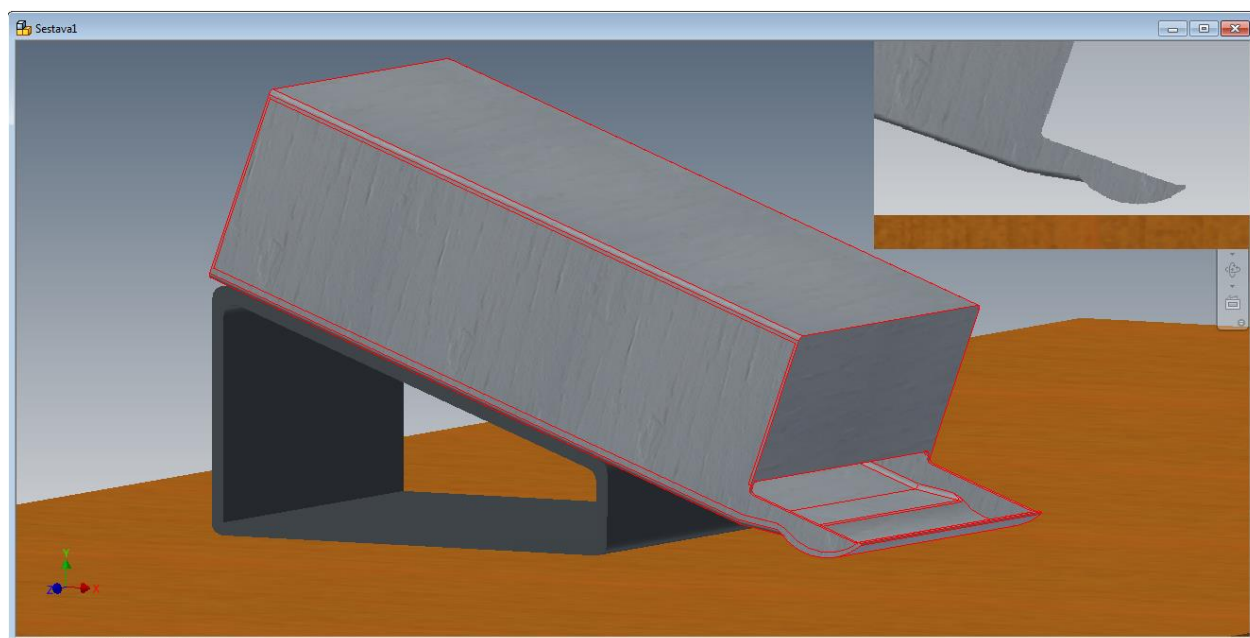


Obrázek 34 Návrh pomocné páky - pohled III

Příloha 9 - Další pohledy návrhů změn zásobníku



Obrázek 35 Návrh zásobníku na šrouby II



Obrázek 36 Návrh zásobníku na šrouby II s bočním pohledem