

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta strojní

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie



Bakalářská práce

Návrh pracoviště montáže
Assembly workplace design

Autor: Petr Sádovský

Vedoucí práce: Ing. Jiří Kyncl, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Sádovský** Jméno: **Petr** Osobní číslo: **476045**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh pracoviště montáže

Název bakalářské práce anglicky:

Assembly Workplace Design

Pokyny pro vypracování:

- 1) Rešerše problematiky montáže
- 2) Rešerše problematiky navrhování pracovišť
- 3) Analýza vybraného pracoviště
- 4) Návrh optimalizace vybraného pracoviště
- 5) Technicko-ekonomické zhodnocení

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jiří Kyncl, Ph.D., ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **29.07.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Jiří Kyncl, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci „Návrh pracoviště montáže“ vypracoval samostatně a veškeré použité zdroje cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

Datum:

.....

Podpis

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval svému vedoucímu Ing. Jiřímu Kynclovi, Ph.D. za věcné připomínky a cenné rady při vypracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval rodině a přátelům za podporu a pomoc při dosavadních studiích.

Abstrakt

Tato bakalářská práce s názvem „Návrh pracoviště montáže“ se zabývá problematikou navrhování pracovišť. Práce je rozdělena na rešeršní a praktickou část. Rešeršní část popisuje problematiku technologického projektování, montáže a navrhování pracovišť. Následuje část praktická, ve které se analyzuje současné řešení zadaného pracoviště a navrhuje se optimalizace, která je nakonec zhodnocena. Na základě poznatků a řešení je formulován závěr.

Klíčová slova

Montáž, ergonomie, pracoviště, metoda 5s

Abstract

This bachelor thesis named „Assembly Workplace Design“ focuses on problematics of workplace designing. Thesis is divided into theoretical part and practical part. Theoretical part talks about technological designing, assembling and workplace designing. Practical part contains analysis of original workplace and design of optimised workplace, which is evaluated. Lastly conclusion is formulated based on gained knowledge from this thesis.

Key words

Assembly, ergonomics, workplace, 5s method

Obsah

1	Úvod	9
2	Úvod do technologického projektování	10
2.1	Výrobní proces	10
2.1.1	Členění VP podle vztahu k výrobnímu programu	10
2.1.2	Členění VP podle vztahu k výrobku	10
2.1.3	Členění VP podle charakteru činností	11
2.2	Výrobní systém	11
3	Technologie montáže	12
3.1	Členění montážního procesu	12
3.2	Dělení montáže	14
3.3	Podle místa	14
3.3.1	Podle pohybu součástí (Technicko-organizační formy)	14
3.3.2	Podle stupně automatizace	18
3.4	Metody montáže	19
3.5	Montážní činnosti	20
4	Problematika navrhování pracovišť	22
4.1	Ergonomie	22
4.1.1	Fyzikální faktory ovlivňující pracovní prostředí	23
4.1.2	Ergonomie pracovišť v legislativě	24
4.1.3	Metody hodnocení ergonomie	28
4.2	Metody průmyslového inženýrství	29
4.2.1	Six Sigma	29
4.2.2	Kaizen	29
4.2.3	Kanban	30
4.2.4	Just in time	31
4.2.5	One piece flow	31
4.2.6	Metoda 5s	31
5	Analýza současného pracoviště	35
5.1	Popis současného pracoviště	35
5.2	Rozbor montáže	36
5.3	Hodnocení montážního pracoviště	41
6	Návrh pracoviště	44
6.1	Návrh pracoviště č. 1	44
6.2	Návrh pracoviště č.2	45
6.2.1	Montážní proces	48

6.2.2	Návrh osvětlení	50
6.2.3	Zhodnocení 5s	51
6.2.4	Zhodnocení návrhu pracoviště.....	52
7	Závěr.....	55
8	Bibliografie	57
9	Seznam obrázků	60
10	Seznam tabulek.....	61

1 Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem montážního pracoviště pro bandážování statorů. Cílem práce je navrhnout optimalizaci montážního pracoviště implementací metody 5s.

Nejdříve se práce věnuje základním pojmům a principům spojeným s tématem. První kapitola popisuje základy technologického projektování a jsou zde vysvětleny dva hlavní pojmy – výrobní proces a výrobní systém. Druhá kapitola je věnována montáži. Začátek kapitoly popisuje možnosti členění montážního procesu. Dále je popsáno dělení montáže podle třech kritérií, nejdříve je montáž rozdělena podle místa, dále podle pohybu součástí, a nakonec podle stupně automatizace. V další části kapitoly jsou popsány metody montáže. Ke každé metodě jsou uvedeny důvody použití a příklady výrobků, které se danou metodou montují. Další kapitola se zaměřuje na problematiku navrhování pracovišť. Tato kapitola nejdříve řeší ergonomii, která je popsána a jsou uvedeny její cíle. Dále je ergonomie rozdělena na tři základní části. Kapitola pokračuje popisem fyzikálních faktorů ovlivňujících prostředí a povolené pracovní polohy při práci podle legislativy, které jsou v praktické části jedním z hlavních porovnávacích kritérií. Druhá část kapitoly se zabývá metodami průmyslového inženýrství. V této kapitole jsou uvedeny metody Six Sigma, Kaizen, Kanban, Just in time, One piece flow a Metoda 5s, která se implementuje při návrhu optimalizovaného řešení montážního pracoviště.

Informace získané z předešlých kapitol jsou dále využity při analýze a návrhu pracovišť. Nejdříve je provedena analýza současného řešení, kde je popsáno pracoviště a montážní proces společně s kusovníkem. Na základě získaných poznatků jsou uvedeny a naznačeny problémy a nedostatky původního řešení. Následně je proveden návrh optimalizovaného řešení. Jsou zde navrženy dvě pracoviště, ze kterých je vybráno jedno, které je pro daný proces vhodnější. Pracoviště je popsáno a analyzováno na základě stejných kritérií, jako pracoviště původní. Je provedena analýza z pohledu ergonomie a z pohledu Metody 5s. Ergonomická analýza je provedena v programu Siemens Tecnomatix Jack 9.0. V závěru kapitoly je provedeno ekonomické zhodnocení pracoviště, kde jsou uvedeny ceny veškerého potřebného vybavení pro zavedení optimalizace.

2 Úvod do technologického projektování

Tato kapitola se zabývá technologickým projektováním. V první části této kapitoly bude technologické projektování popsáno a budou uvedeny jeho cíle. Následně budou definovány dva základní pojmy, a to výrobní proces a výrobní systém.

Technologické projektování je činnost technicko-ekonomického charakteru zaměřující se na zpracování projektů. Tato činnost má za úkol určit vhodnou technologii výroby a takové podmínky výroby, během kterých dochází k optimálnímu využití zdrojů (materiálů, ploch pracovišť atd.), prostředků (stroje, manipulační zařízení,) a pracovních sil pro dosažení maximální možné efektivity výroby s co nejmenšími možnými náklady. [1] [2]

Výsledkem činnosti projektování je výrobní dokumentace obsahující část technologickou, kde jsou určeny technologie, postupy a návody, a část projektovou, kde jsou určeny potřebné stroje a zařízení pro realizaci projektu. Tuto dokumentaci podnik zpracovává jak pro nově zřízené, tak pro modernizované nebo racionalizované výrobní procesy a systémy. [1] [2]

2.1 Výrobní proces

Výrobním procesem (dále pouze VP) se rozumí souhrn všech vykonaných činností za účelem změny tvarů, rozměrů, složení, jakosti a spojování. VP zahrnuje činnosti technologické, řídicí, manipulační a kontrolní, které popisují způsob a postup výroby produktů. VP můžeme členit podle vztahu procesu k výrobku, programu, anebo podle činností, které se v procesu realizují. Realizace VP je prováděna pracovníky a výrobními prostředky. [1]

2.1.1 Členění VP podle vztahu k výrobnímu programu

- Hlavní VP
 - Hlavní VP zahrnuje základní výrobní program, který určuje charakter výrobního podniku. [2]
- Doplňkový VP
 - Doplňkový výrobní proces zahrnuje vedlejší výrobu, která zajišťuje plné využití strojů, zařízení a výrobních ploch. [2]

2.1.2 Členění VP podle vztahu k výrobku

- Hlavní VP
 - Zabývá se výrobou finálních výrobků, které jsou určeny k expedici mimo daný podnik. [2]

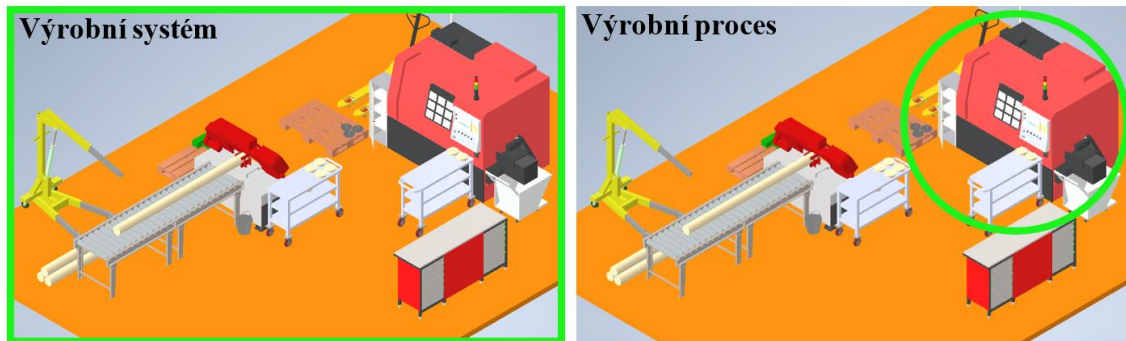
- Pomocný VP
 - Zabývá se výrobou takových produktů, které napomáhají hlavnímu VP. Mezi tyto produkty patří např. výrobu nástrojů a přípravků. [2]
- Vedlejší VP
 - Vedlejší (obslužný) VP se zabývá zajišťováním zásob, energií a služeb (sklad, doprava). [2]

2.1.3 Členění VP podle charakteru činností

- Technologický VP
 - Technologický VP je souhrn technologických činností seřazených v časové posloupnosti výrobního procesu. [2]
- Pracovní VP
 - Pracovní VP je proces vykonávaný pracovní silou např. obsluha strojů, montáž atd. [2]

2.2 Výrobní systém

Výrobní systém lze definovat jako souhrn činností, které mají za cíl přeměnu vstupů na výstupy za dodržení nastavených požadavků. Výrobní systém představuje soubor navzájem propojených prvků výroby. Jedná se např. o výrobní a pomocné prostředky (stroje a zařízení), výrobní sílu a předměty výroby (suroviny, energie, materiál). [3]



Obrázek 1 Výrobní systém x výrobní proces

Tato kapitola pojednává o technologickém projektování a jeho cílech. Dále tato kapitola popisuje výrobní proces a uvádí z čeho se výrobní proces skládá a jak se dělí. Konec kapitoly je věnován popisu výrobního systému.

3 Technologie montáže

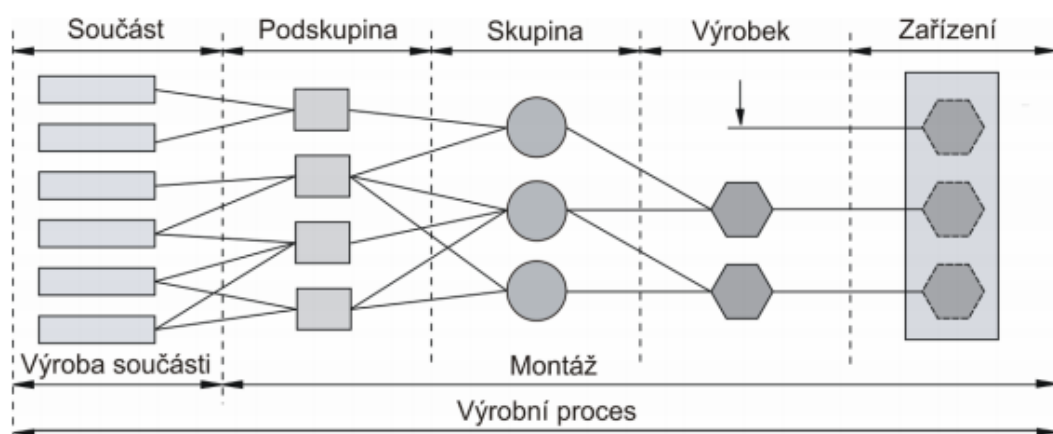
Tato kapitola pojednává o technologii montáže. Nejprve bude tato technologie definována a bude nastíněna její důležitost ve výrobních procesech podniků. V další části této kapitoly bude nastíněno její dělení a metody, kterými lze montáž provádět. Konec kapitoly je věnován samotným činnostem, ze kterých se montáž skládá. Bakalářská práce se zabývá návrhem pracoviště montáže, a proto je tato kapitola důležitá pro popis základních pojmů a seznámení s problematikou.

Montáž lze chápat jako soubor činností, které jsou vykonávány člověkem nebo strojem, které mají za cíl spojovat jednotlivé součásti do montážních podskupin, podskupiny dále do skupin atd. Mimo samotné spojování do montážního procesu patří i činnosti jako např. příprava nářadí a čištění součástí. [4]

Montáž hraje ve výrobních podnicích důležitou roli. Montážních činností se při výrobě účastní 40% až 50% pracovníků. Tato technologie výrazně ovlivňuje výslednou kvalitu výrobku. Nekvalitně provedená, anebo nevhodně zvolená montáž, dokáže znehodnotit přesně vyrobené součásti, ale také naopak vhodnou volbou montážní metody lze zhodnotit výslednou montážní jednotku. [4]

3.1 Členění montážního procesu

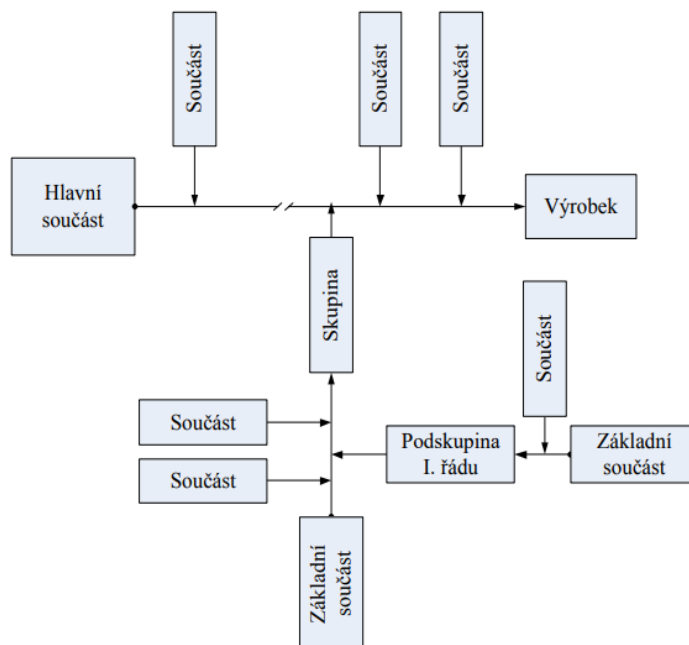
Každý montovaný výrobek může být členěn do montážních prvků. Montážní prvky představují skupiny a komponenty finálních výrobků, které je možné montovat nezávisle na ostatních prvcích výrobku.



Obrázek 2 Schéma základního členění montážního procesu [5]

Mezi základní prvky montážního procesu patří:

- **Součást** – Součást je prvotním prvkem montáže, většinou se jedná o prvek vytvořený z jednoho kusu materiálu. [5]
- **Podskupina** – Podskupina je jednotka vzniklá spojením alespoň dvou součástí, podskupiny jsou dále děleny dle řádu. Podskupiny, které se montují přímo do skupiny patří mezi podskupinu prvního řádu. Pro montáž podskupiny prvního řádu mohou být mimo součásti využité i podskupiny nižších řádů. [5]
- **Skupina** – Skupinou se myslí největší montážní prvek, který vznikl spojením více podskupin, nebo podskupiny a součásti, anebo jejich kombinací. [5]
- **Výrobek** – Výrobek je finální produkt, který je určen k prodeji. Je výsledkem montáže skupin, které mohou být doplněny podskupinami, součástmi, anebo jejich kombinací. [5]
- **Zařízení** – Zařízení je soubor výrobků, skupin atd., které je určeno k vykonávání určitých činností. [5]



Obrázek 3 Příklad montážního schématu [5]

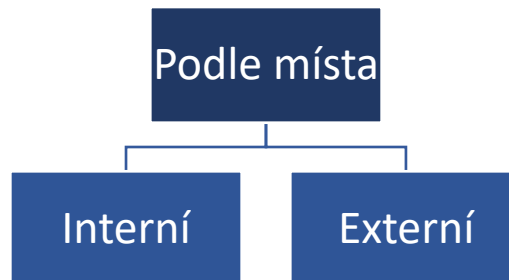
Samotný montážní proces je často popisován montážním schématem. Toto schéma je podklad popisující posloupnost a charakteristiku jednotlivých prvků vstupujících do montážního procesu. [5]

3.2 Dělení montáže

Montáž lze dělit dle mnoha kritérií, a to podle místa vykonávání montáže, dále podle pohybu součástí na pracovišti a podle stupně automatizace.

3.3 Podle místa

Montážní proces můžeme v závislosti na místo vykonávání činností rozdělit do dvou skupin. [6]



Obrázek 4 Dělení montáže podle místa [6]

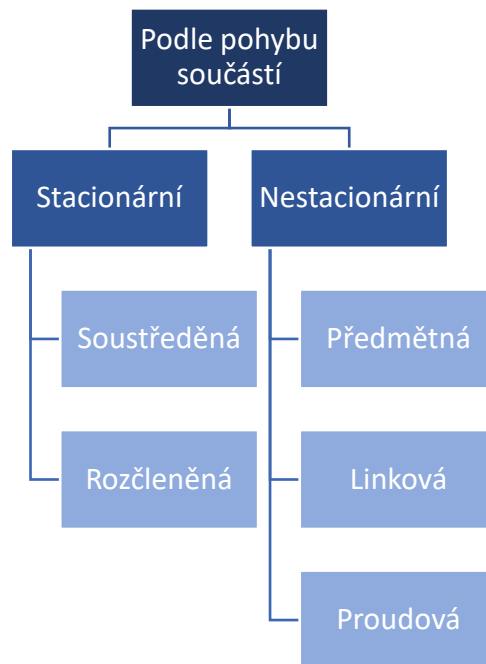
Interní montáží se rozumí takový proces, který probíhá v rámci výrobního podniku. Výrobek obvykle opouští podnik ve stavu, který je provozuschopný a je určen k přímému použití, např. dopravní prostředky, počítače atd. [6]

Externí montáží naopak rozumíme takový proces, který je úplně, anebo částečně montován mimo podnik, kde byly jednotlivé součásti vyrobeny, anebo pořízeny. Mezi externě montované produkty patří např. výrobní a měřicí stroje, vzduchotechnická zařízení, ale také lešení a jiné prostorné výrobky. [6]

Vyrábí-li podnik rozměrné výrobky (např. souřadnicové měřicí stroje), které nejsou pro přepravu vhodné (drahá doprava, nebezpečí z důvodu poškození), provádí se kombinace těchto dvou druhů. Stroj je nejdříve interně smontován, aby se ověřilo, zda jsou všechny součásti správně vyrobeny a stroj je funkční, následně dochází k demontáži, přepravě a následné externí montáži u odběratele. [6]

3.3.1 Podle pohybu součástí (Technicko-organizační formy)

Dále můžeme montáž dělit podle pohybu prvků v procesu. Dělíme je na dvě skupiny, a to na montáž stacionární a nestacionární. [5]



Obrázek 5 Dělení montáže podle pohybu součástí [5]

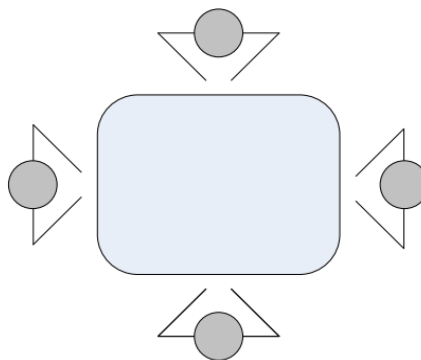
Použití dané formy montáže závisí na mnoha faktorech, např. na složitosti výrobku, na druhu výroby (kusová/hromadná) atd. [5]

3.3.1.1 Stacionární

Během stacionární (nepohyblivé) montáže je sestava montována na jednom místě. Je charakteristická především pro kusovou a malosériovou výrobu. Montáž je prováděna buď jedním, nebo více operátory. Existují dvě formy nepohyblivé montáže: soustředěná a rozčleněná. [5]

- **Soustředěná montáž**

Během soustředěné montáže dochází k vykonávání všech montážních činností na jednom pracovním místě, kde je vykonávána jedním, nebo více operátory (četou). Touto metodou se vyrábí např. turbíny, karusely atd. [5][7]

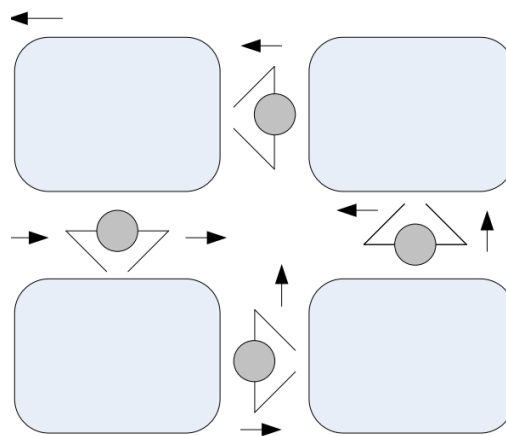


Obrázek 6 Schéma – soustředěná montáž [5]

Metoda je využívána především pro kusovou výrobu. Nevýhodou soustředěné montáže je vysoký nárok na kvalifikaci zaměstnanců, dlouhá průběžná doba a nepravidelný průběh montáže. [5] [7]

- **Rozčleněná montáž**

Tato metoda se dělí na montáž dílčích celků, kde se sestavují dílčí prvky, a na montáž konečnou. Výhodou této metody je fakt, že předmontáž jednotlivých celků probíhá souběžně s montáží konečnou. Operátoři během montáže střídají stacionární pracoviště. Tato metoda je využívána při malosériové výrobě. [5] [7]



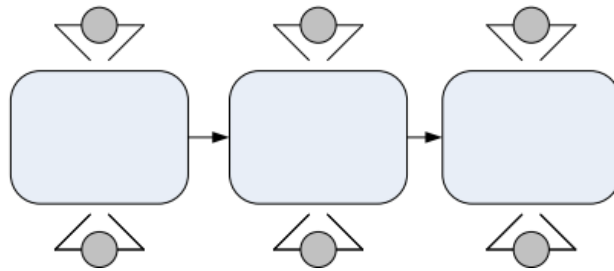
Obrázek 7 Schéma – Rozčleněná montáž [5]

3.3.1.2 Nestacionární

Během nestacionární (pohyblivé) montáže se montovaný předmět pohybuje mezi specializovanými pracovišti. Každému tomuto pracovišti je přidělena určitá operace, která se zde má opakovaně provádět. Existují tři typy nestacionární výroby, které se volí v závislosti na sériovosti výroby a parametrů výrobku (velikost, hmotnost, složitost). [5] [7]

- **Předmětná (řadová)**

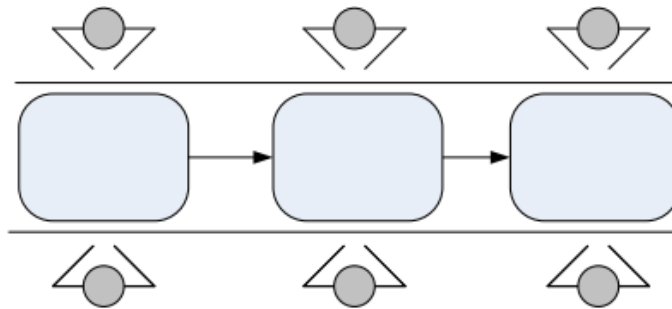
Předmětná montáž je nejjednodušší forma nestacionární montáže. Montovaná sestava se volně posouvá na následující pracoviště v takový čas, kdy je operace dokončena (operace s volným taktem). Montéři opakovaně vykonávají pouze část montážního procesu, pro které je přizpůsobeno pracoviště a jeho vybavení. Tento druh se nejčastěji využívá pro malosériovou a velkosériovou výrobu. [5] [7]



Obrázek 8 Schéma – Předmětná montáž [5]

- **Linková**

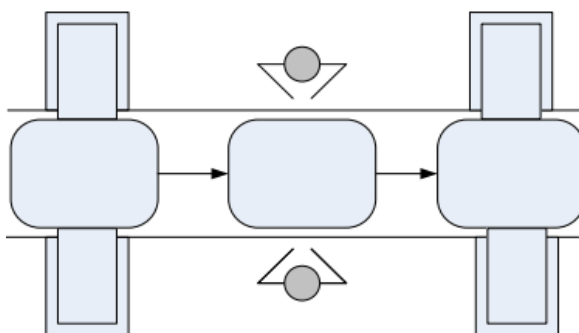
Hlavním rozdílem mezi montáží předmětnou a linkovou je to, že činnost operátora musí být splněna v jistém časovém intervalu (taktu). Jedná se o montáž s pevným taktu výroby. Linková montáž se využívá pro velkosériovou výrobu (např. výroba automobilů). [5] [7]



Obrázek 9 Schéma – Linková montáž [5]

- **Proudová**

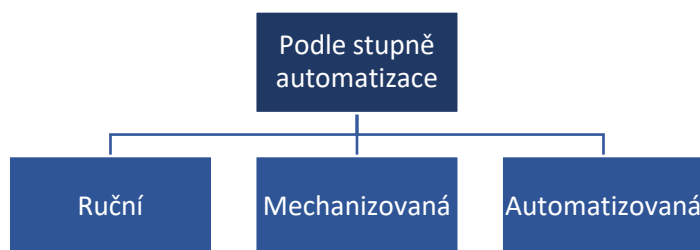
Proudová montáž je nestacionární typ montáže využívaný pro hromadnou výrobu (většinou jednopředmětnou). Tento typ se vyznačuje vysokým stupněm mechanizace. Rozdíl mezi proudovou a linkovou montáží je takový, že během proudové montáže je práce rozdělena na jednodušší úkony. Tato metoda vyžaduje dokonalou synchronizaci mezi jednotlivými pracovišti pro minimální prostoje strojů a operátorů. [5] [7]



Obrázek 10 Schéma – proudová montáž [5]

3.3.2 Podle stupně automatizace

Stupeň automatizace montáže je pro ekonomiku VP velice důležitý. Montáž lze dle automatizace dělit na ruční, automatizovanou a mechanizovanou. Ruční montáž je kompletně prováděna lidskou pracovní silou, automatizovaná je naopak z většiny prováděna stroji. Mezistupněm mezi ruční a automatizovanou montáží je montáž mechanizovaná (poloautomatizovaná). Mechanickou montáž provádí lidská síla za pomoci zařízení, jejichž úkolem je eliminovat náročnou lidskou práci. Jedná se např. o manipulaci s těžkými břemeny. [7]



Obrázek 11 Dělení montáže podle stupně automatizace [7]

Hlavní výhodou ruční montáže je schopnost rychlé adaptace na změnu výroby a nízké náklady na pracoviště a jeho vybavení. Nevýhodou jsou naopak vysoké náklady na pracovní sílu a nízká produktivita práce. Dalším problémem spojeným s ruční výrobou je navrhování pracovišť, u kterých je třeba zajistit maximální využití pracovního prostoru a pokusit se o vytvoření ergonomicky optimálního prostředí. [7]

Zavádění automatizované, či mechanizované montáže, je pro podnik ekonomicky výhodný při vyšší sériovosti výroby z důvodu špatné schopnosti reagovat na změnu výroby. Naopak výhodou je nahrazení většiny lidské práce stroji, která má za následek zvýšení produktivity a zajištění montáže stálé kvality. [7]

3.4 Metody montáže

Požadované přesnosti montážních celků se dosahují použitím vhodné metody montáže.

3.4.1.1 *Metoda úplné vyměnitelnosti*

Metoda úplné vyměnitelnosti umožňuje montování součástí, které jsou vyrobeny v předepsaných rozměrech s předepsanými tolerancemi bez předešlého výběru nebo přizpůsobení. Součásti by měly být tak přesné, aby se při jakémkoliv zvoleném postupu montáže dosáhlo předepsané přesnosti. Tuto metodu lze využít ve velkosériové a hromadné výrobě. [5][8]

Výhodou této metody je možnost mechanizace a automatizace montážního procesu, snadná údržba a možnost rychlého opravení výrobku. Další výhodou je nízká potřebná kvalifikace operátorů při montáži. Mezi hlavní nevýhody naopak patří vysoké požadavky na kvalitu a přesnost součástí vstupující do montáže, které zapříčiňují vyšší náklady a delší čas výroby jednotlivých dílů. S narůstajícím počtem montovaných součástí narůstají i požadavky na jejich přesnost. [5] [8]

3.4.1.2 *Metoda částečné vyměnitelnosti*

Metoda částečné vyměnitelnosti je podobná metodě předešlé. Tato metoda umožňuje provádět montáž ze součástí s nižšími požadavky na jejich přesnost. Nevhodný rozměr montážní jednotky by nastal v takovém případě, kdy by se k sobě montovaly dvě součásti s rozměry na hranách tolerančních polí. Takováto situace je nepravděpodobná a s narůstajícím počtem částí montážní jednotky tato pravděpodobnost dále klesá. Chybovost však není vyloučena, a tak montážní jednotka, která nesplňuje podmínky, musí být vyřazena nebo opravena. [5] [8]

Mezi největší výhody použití této metody patří ekonomičnost výroby. Snížení nákladů vzniká následkem snížení požadavků na přesnost vyrobených, či zakoupených součástí. Mezi hlavní nevýhody patří nutnost zřízení pracovišť pro případné opravy montážních jednotek. [5] [8]

3.4.1.3 *Metoda výběrová (selektivní)*

Metoda výběrová je ve strojírenství využívána, pokud se u součástí vyžaduje malá vůle, anebo přesah (vysoké náklady výroby). Principem této metody je vyrobít součásti s větším tolerančním polem, a poté vybrat montované součásti tak, aby výsledná montážní jednotka dosahovala předepsané vůle, anebo přesahu. Metoda je využívána např. pro montáž valivých ložisek a vstřikovacích čerpadel. [5] [8]

Hlavní nevýhodou této metody je vysoká pracnost, součásti se musí jednotlivě změřit a přiřadit daným protějškům. Mezi další nevýhodou patří nevyužitelnost všech součástí. [5] [8]

3.4.1.4 Metoda kompenzační

Metoda kompenzační využívá kompenzačních prvků (kompenzátorů). Kompenzátory jsou během montáže využívány k dosažení požadované přesnosti a dají se dělit do dvou skupin – pevné (vločky, distanční kroužky) a stavitelné. Metoda je využívána především v kusové a malosériové výrobě. [5]

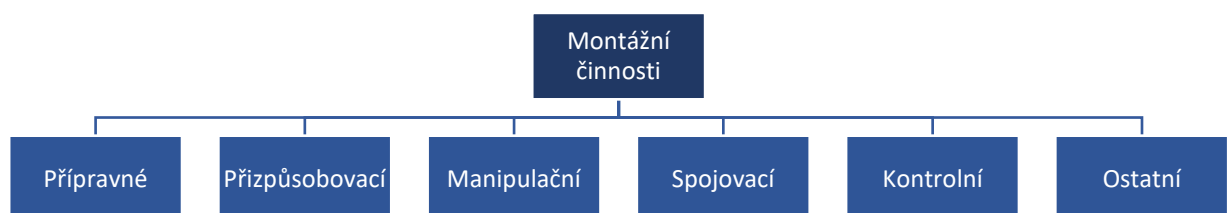
Výhoda opět spočívá ve snížení požadavků na výrobu. Součásti jsou vyráběny s širšími tolerančními poli. Nevýhodou je zvýšení počtu součástí v montážní jednotce. [5]

3.4.1.5 Metoda lícování

Metoda lícování je obdoba metody kompenzační. Při této metodě jsou součásti vyráběny s širokými tolerancemi a přesnost výsledné montážní jednotky je dosahována pomocí dolícování jedné součásti, této součásti se říká lícovací prvek. Dolícování se provádí např. broušením nebo zaškrabáváním. Tato metoda je využívána v kusové a malosériové výrobě. [5] [8]

3.5 Montážní činnosti

Veškeré úkony prováděné při montáži se nazývají montážní činnosti, tyto činnosti je možné rozdělit do 6 základních skupin, viz. Obrázek 12. [5]



Obrázek 12 Rozdělení montážních činností [5]

První skupinou jsou činnosti přípravné. Do této skupiny patří čištění a příprava pracoviště, používaného nářadí a přípravků. [5]

Druhou skupinou jsou činnosti přizpůsobovací, které jsou vykonávány především při metodě kompenzační a metodě lícování. Mezi tyto činnosti patří např. třídění, úprava ploch a tvarů. [5]

Další skupinou jsou činnosti manipulační. Do této skupiny patří vše, co souvisí s pohybem montovaných součástí. Jedná se např. o vkládání a vyjímání součástí z přepravních jednotek, ale také upínání, odepínání a polohování součástí na pracovištích. [5]

Čtvrtou skupinou jsou činnosti spojovací. Jedná se o šroubování, nýtování, lisování, sváření a ostatní možnosti spojování součástí, skupin a dalších. [5]

Montáž zahrnuje i činnosti kontrolní, do kterých patří seřizování, měření a kontrola. [5]

Poslední skupinou montážních činností jsou činnosti ostatní, do kterých patří např. balení výrobků a demontáž. [5]

Podíl těchto činností se liší v závislosti na mnoha faktorech, např. sériovost, opakovatelnost výroby a stupeň automatizace daného montážního procesu. [5]

Cílem této kapitoly je seznámení se se základními informacemi týkající se technologie montáže. Kapitola nejprve pojednává o využití montáže ve výrobních procesech a definuje základní pojmy. Dále jsou zmíněny různé způsoby provádění montážních činností na základě místa, úrovně automatizace a technicko-organizační formy. Poslední část této kapitoly se věnuje metodám využívaných při montáži.

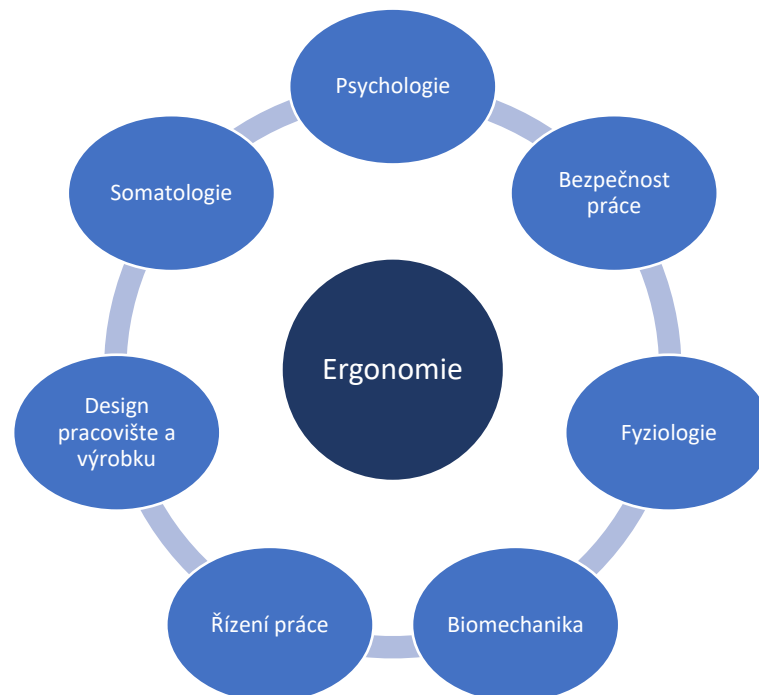
4 Problematika navrhování pracovišť

Pro správné navržení pracoviště je třeba brát v úvahu mnoho faktorů ovlivňující vykonávání práce. Tato kapitola se právě těmito faktory zabývá. V první části bude popsána ergonomie jako věda, čím se zabývá a jaké jsou její cíle. Následně bude tato kapitola pojednávat o vládních nařízeních. Vládních nařízeních zabývajících se ergonomií práce existuje mnoho, a proto se tato práce zaměří pouze na nařízení týkající se této bakalářské práce. V poslední části budou zmíněny různé metody navrhování pracovišť, které se ve výrobních podnicích často využívají. Nejvíce bude popsána Metoda 5s z důvodu použití v praktické části.

4.1 Ergonomie

Tato podkapitola pojednává o ergonomii. Nejprve bude definována ergonomie jako vědní obor a budou zmíněny její cíle. Další část se věnuje fyzikálním faktorům ovlivňující pracovní prostředí. Poslední část se zabývá ergonomií v legislativě. Těchto nařízeních existuje mnoho, a proto se bude tato část kapitoly věnovat pouze legislativním nařízením spojeným s praktickou částí bakalářské práce.

Ergonomie je multidisciplinární vědní obor zabývající se interakcí člověka, techniky a prostředí. Hlavním cílem tohoto oboru je optimalizace psychické a fyzické zátěže za účelem zajistit zdraví, pohodu a efektivitu výkonu. Ergonomií se zabývá mnoho vědních oborů z oblasti sociálních i přírodních věd. [9]

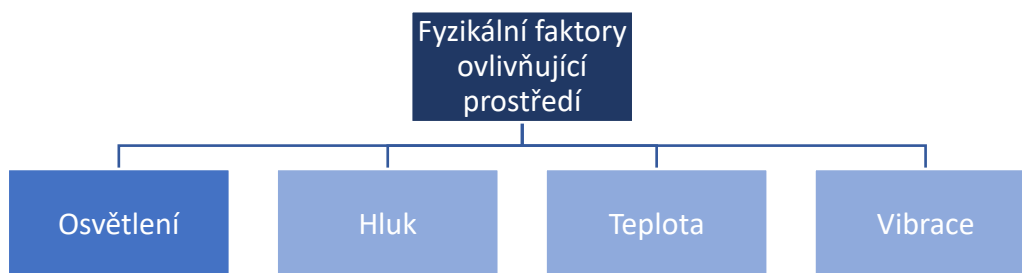


Obrázek 13 Ergonomie jako multidisciplinární obor [9]

Ergonomie se dělí do třech hlavních oblastí na základě jejich působení. Dělí se na ergonomii fyzickou, kognitivní a organizační. Ergonomie fyzická se zabývá vlivem pracovního prostředí a pracovních podmínek na fyzické zdraví. Do této oblasti patří např. problematika spojená s uspořádáním pracoviště, zaujímanými polohami při pracovní činnosti a jejich dopad na fyzické zdraví člověka. Další oblastí je ergonomie kognitivní neboli psychická. Ta se zabývá psychickou zátěží pracovníků a snaží se předcházet vzniku veškerých onemocnění, stresu a dalším problémům spojených s psychickým zdravím člověka. Poslední oblastí je ergonomie organizační, která se zabývá socio-technickými systémy. [9]

4.1.1 Fyzikální faktory ovlivňující pracovní prostředí

Při navrhování pracovišť je důležité se zabývat nejen samotným rozmístěním přípravků, výšek pracovních rovin, ale také prostředím, ve kterém se samotné pracoviště nachází. Existuje mnoho fyzikálních faktorů, na které je třeba brát ohled. Základními faktory ovlivňující prostředí jsou osvětlení, hluk, teplota a další. [9]



Obrázek 14 Fyzikální faktory ovlivňující prostředí [9]

Praktická část bakalářské práce se zabývá návrhem samotného montážního pracoviště, tudíž jediný ovlivnitelný fyzikální faktor je osvětlení.

Osvětlení

Důležitým faktorem pro zdravou a efektivní práci je zajištění kvalitního osvětlení pracoviště. Volbou adekvátního osvětlení lze předcházet zrakové a psychické únavě operátorů. Mimo jiné může osvětlení ovlivnit efektivitu, kvalitu a bezpečnost práce. [9]

Osvětlení se může lišit v závislosti na mnoha aspektech, například se může dělit v závislosti na původu osvětlení, kde je rozděleno na denní (sluneční), umělé (vytvořeno umělým zdrojem – např. žárovka) anebo kombinací výše uvedených. Dále lze osvětlení dělit dle zdroje světla na přímé, kde zdroj osvětlení září vlastním světlem a osvětlení nepřímé, kdy zdroj nevydává své vlastní záření (odraz, rozptyl atd.). [9]

Při samotném návrhu osvětlení pracoviště by měly být podmínky stanoveny takovým způsobem, aby byl operátor vystaven co nejmenší zrakové zátěži. Pro každý pracovní prostor se volí vhodná intenzita osvětlení na základě vykonávané práce na daném pracovišti. Pro montáž je rozhodující velikost kritického detailu. [9]

Tabulka 1 Třídy prací s ohledem na potřebné osvětlení [9]

Třída	Požadavky na osvětlení	Velikost kritického detailu [mm] ze vzdáleností		Osvětlení [lx]
		350 mm	1000 mm	
1	Mimořádné	0,1	0,3	Nad 5000
2	Velmi vysoké	0,1 - 0,2	0,3 - 0,6	2000 - 5000
3	Vysoké	0,2 - 0,4	0,6 - 1,2	600 - 2000
4	Průměrné	0,4 - 0,8	1,2 - 2,3	250 - 600
5	Malé	0,8 - 1,5	2,3 - 4,4	100 - 250
6	Velmi malé	1,5 - 3,0	4,4 - 4,8	25 - 100

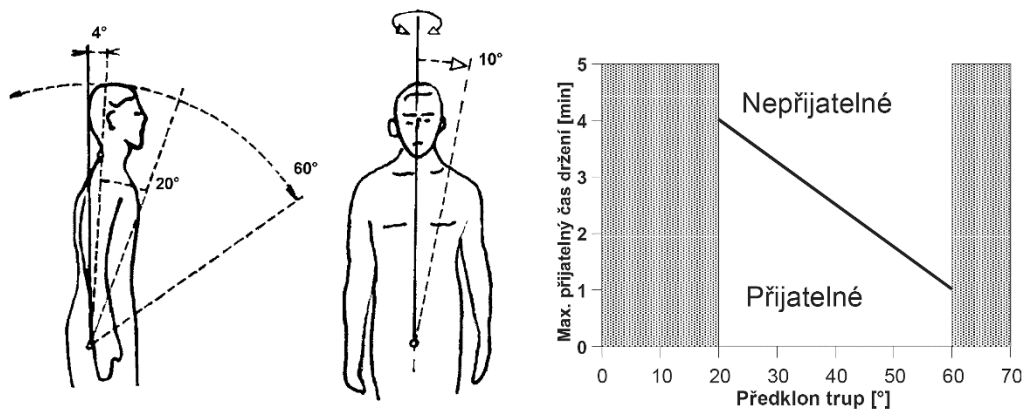
Na základě hodnot z tabulky 1 bude v praktické části navrženo osvětlení navrhovaného montážního pracoviště.

4.1.2 Ergonomie pracovišť v legislativě

Ergonomie v legislativě je velmi rozsáhlé téma a existuje mnoho různých nařízení, která se liší v závislosti na odvětví, do kterého daná pracovní činnost patří. Při návrhu pracoviště se ergonomie věnuje optimalizaci pracovního prostoru s cílem vyřadit nezdravé pohyby vykonávané operátorem. Z tohoto důvodu se z legislativy popisují pouze nařízení týkající se poloh operátora a dosahových vzdáleností. Nařízením zabývajících se touto problematikou je Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

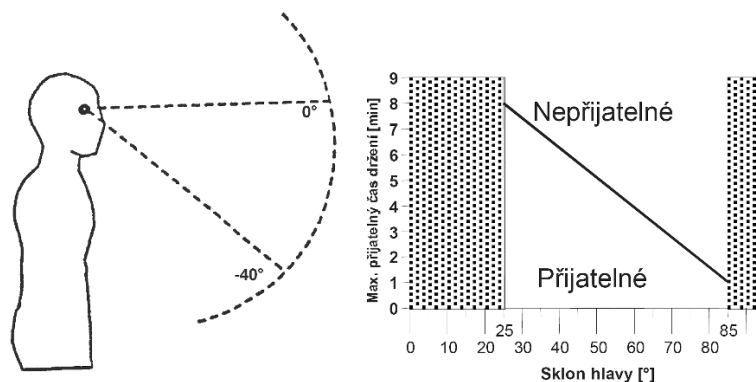
Polohy pracovníka

Ve statické poloze trupu je nepřijatelné, aby se operátor zakláněl bez opory celého těla, anebo aby byl v předklonu, který přesahuje úhel 60°. Mezi další zakázanou polohu patří úklon a pootočení těla o více než 20°. Pokud je předklon menší než 60° a větší než 20°, poté je maximální doba držení těla závislá na velikosti předklonu viz obr. 15. [10]



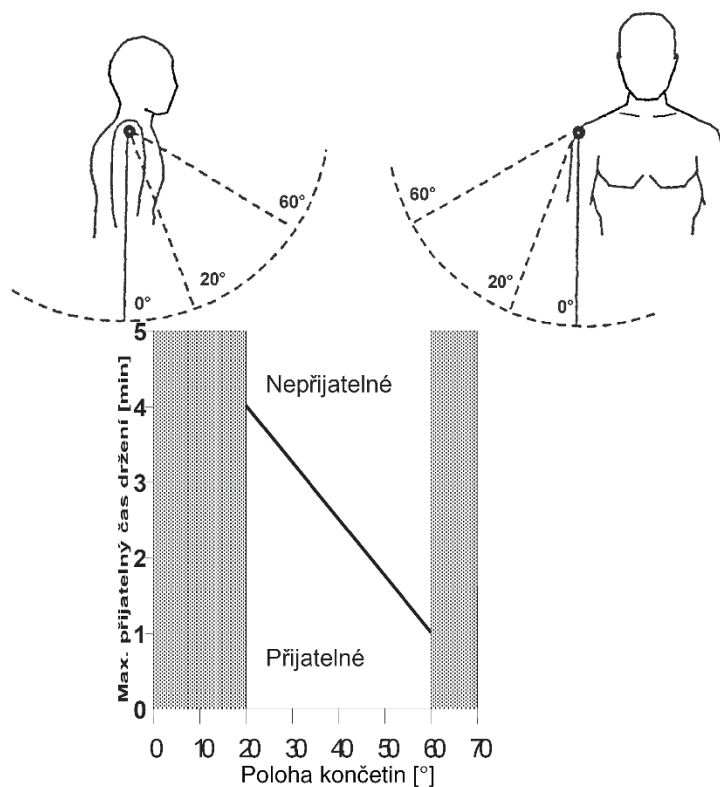
Obrázek 15 Rozsah pohybu – krut trupu [11]

Další nařízením se týká předklonu hlavy. Ve statické poloze je povolený náklon do velikosti úhlu 25° a jakýkoliv statický náklon o větším úhlu než 85° je zakázán. Rozmezí mezi těmito úhly je závislé na době držení polohy. Tato závislost je znázorněna na obrázku č. 16. [10]



Obrázek 16 Rozsah pohybu – sklon hlavy [11]

Mimo předklon těla a náklon hlavy je také důležité brát ohled na polohu paží. Statická předpažená a upažená poloha je povolena do úhlu 20° a nepovolená statická poloha nastává při upažení a předpažení, které je větší než 60°. [10]



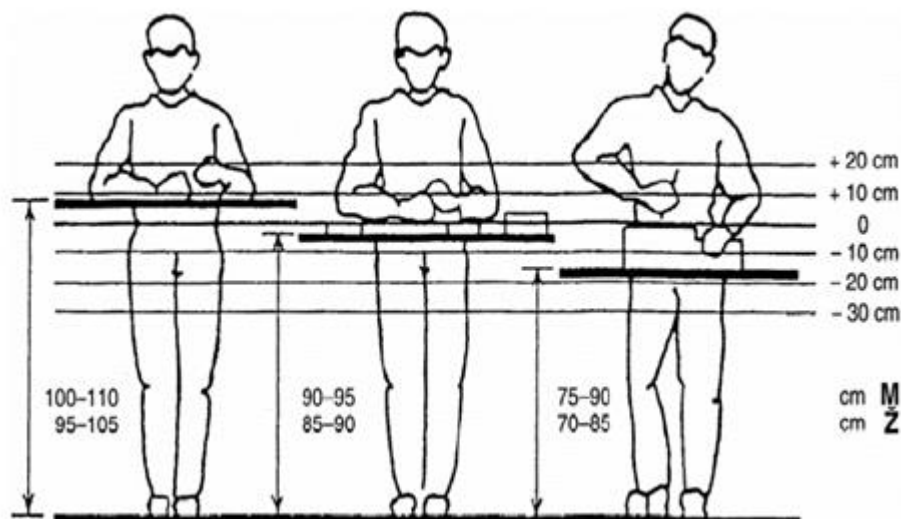
Obrázek 17 Rozsah pohybu – upažení a předpažení [10]

Pro upažení mezi povolenou a mezní hodnotou existuje opět závislost úhlu na čase, viz. Obrázek č. 17.

Pracovní roviny a dosahové vzdálenosti

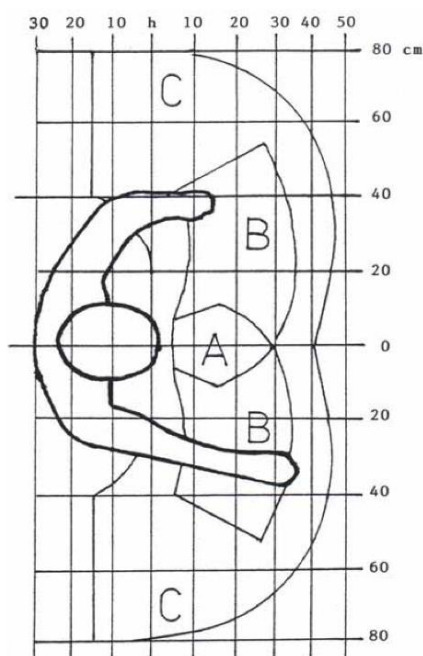
Nařízení vlády se také týkají pracovních rovin, kde se řeší výška pracovní roviny a dosahové vzdálenosti.

Pracovní rovina by měla být přizpůsobena především dvěma faktorům, a to výšce pracovníka a typu vykonávané práce. Na obr. č. 18 můžeme vidět tři různá nastavení výšky pracovní roviny. Obrázek uprostřed naznačuje obecné řešení výšky pracovní roviny. První případ (levá část obrázku) nastává při jemné práci s lehkými předměty např. montáž drobných předmětů. V tomto případě se pracovní rovina zvyšuje o 100 až 200mm. Třetí případ (pravá část obrázku) nastává, pokud se na pracovišti manipuluje s těžkými předměty (více než 2kg). V tomto případě se naopak pracovní rovina o 100 až 200mm snižuje. [10]



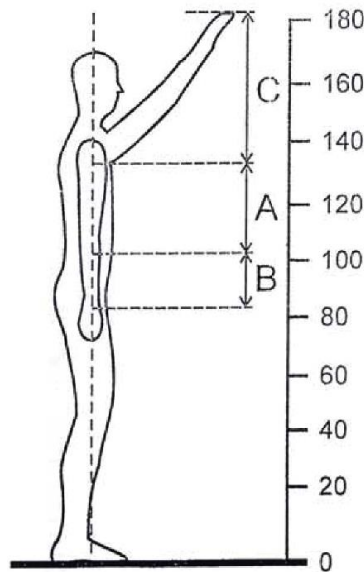
Obrázek 18 Optimální výška pracovní roviny pro práci vstoje [10]

Na obr. č. 19 jsou znázorněny dosahové vzdálenosti pracovníka v pracovní rovině. Vybavení pracoviště by mělo být rozmístěno tak, aby nedocházelo ke zbytečně náročným pohybům, tzn. nejčastěji používané vybavení a nejčastěji vykonávaná práce by se měla provádět v zóně A a B. V zóně A by měly probíhat nejčastěji prováděné a přesné úkony, v zóně B méně prováděné úkony a zóna C představuje maximální dosahovou vzdálenost. Rozmístění předmětů v pracovní rovině by mělo být souměrné, aby nedocházelo k příliš velkému namáhání pravé, anebo levé části těla. [10]



Obrázek 19 Dosahové vzdálenosti v pracovní rovině [10]

Mimo dosahové vzdálenosti v pracovní rovině existuje i doporučení na dosahové vzdálenosti v rovině vertikální.



Obrázek 20 Vertikální dosahové vzdálenosti [11]

Pracovní prostor lze rozdělit na tři dosahové zóny. Zóna A představuje optimální dosah, zóna B představuje přijatelný dosah a zóna C, která je nepřijatelná pro časté pohyby. [10]

4.1.3 Metody hodnocení ergonomie

Tato kapitola se věnuje metodám hodnocení ergonomie. Těchto metod existuje mnoho, ale vzhledem k tématu bakalářské práce a probrané kapitole vztahující se k pracovním polohám bude v práci provedena pouze analýza OWAS. [11]

OWAS (Ovako Work Posture Analysis System) je metoda sloužící k identifikaci nezdravých pracovních poloh při práci. Tyto polohy mohou mít za následek problémy muskuloskeletární soustavy. Cílem této metody je zlepšení hygieny práce. Metoda lze využít pro současná řešení pracovních úkonů, kde se provádí analýza za účelem odhalení nezdravých poloh. OWAS lze také použít při samotném návrhu pracovního procesu např. pomocí programu Siemens Tecnomatix Jack. Metoda je hodnocena v rozmezí 1 až 4. [11]

Tabulka 2 Hodnocení metody OWAS [12]

Hodnocení OWAS	Poloha	Doba optimalizace
1	Přirozená	Není vyžadována optimalizace
2	Málo riziková	Vyžadované vyřešení problému (není akutní)
3	Velmi riziková	Vyžadováno rychlé vyřešení problému
4	Extrémně riziková	Vyžadována okamžitá vyřešení problému

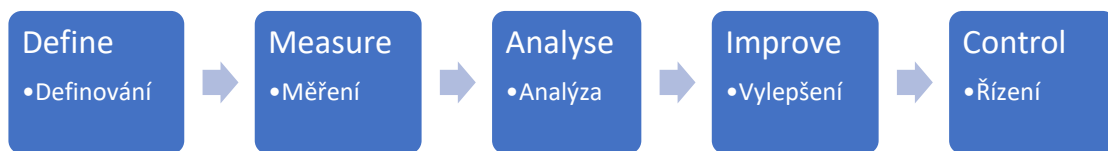
Tato kapitola pojednávala o ergonomii. Byla definována a byly určeny její cíle. Dále popisovala její možné dělení. Z důvodu návrhu osvětlení byly popsány fyzikální faktory ovlivňující pracovní prostředí. Většina kapitoly pojednávala o ergonomii v legislativě.

4.2 Metody průmyslového inženýrství

Mezi důležitý faktor ovlivňující navrhování pracovišť je zvolení vhodné metody průmyslového inženýrství. V této části kapitoly budou vypsány nejčastěji využívané metody, a na konec bude popsána Metoda 5s, která je využívána v praktické části a její pochopení je pro tuto bakalářskou práci zásadní.

4.2.1 Six Sigma

Six Sigma je metoda zabývající se zvýšením efektivity výrobního procesu na základě snížení vad ve výrobě. Cílem této metody je dosáhnout tak efektivního procesu, který dokáže vyrábět se zmetkovitostí menší než 0,00034%. [13]



Obrázek 21 Postup řešení metodou DMAIC [13]

Zavedení metody Six Sigma se provádí pomocí metodiky DMAIC. DMAIC se provádí v pěti krocích. Prvním krokem metody je definice. Během této fáze se definuje cíl a část procesu, která se bude zlepšovat. Následuje měření, kdy se získávají informace o aktuálním fungování procesu (čas výroby, efektivita atd). Třetím krokem je analýza. V tomto kroku se zjišťují příčiny vzniku ztrát a jiných problémů. Čtvrtým krokem metody DMAIC je návrh řešení, které předchází vzniku plýtvání. Posledním krokem je řízení, během kterého je navrhované řešení zavedeno do výroby, a toto řešení je analyzováno, zda vede k zefektivnění. [13] [14]

4.2.2 Kaizen

Kaizen je metoda průmyslového inženýrství, jejíž principem je předpoklad, že nic není dokonalé a vše je možno vylepšit. Zlepšení procesu se provádí velkým množstvím menších změn, které nejsou finančně náročné. [15]

Důležitým faktorem při uplatňování této metody je důraz na zapojení zaměstnanců do samotné optimalizace procesů. Management není schopný předpovědět veškeré situace, které mohou během procesu nastat, a tak je důležité, aby zaměstnanci informovali vedení, kde může docházet k plýtvání. Těmto problémům je následně navrženo řešení, které může přijít jak od

vedení, tak z nižších pracovních pozic. Nejlepší navržená optimalizace je dále zrealizována a otestována, zda je proces efektivnější než předchozí řešení. V případě zefektivnění procesu je optimalizace využita a zlepšení se zaměří na jiný proces, nebo jeho část. Pokud nedojde k optimalizaci, řešení je vyloučeno a proces optimalizace se opakuje. [15] [16]



Obrázek 22 Schéma postupného zlepšování metodou Kaizen [16]

Mezi výhody této metody patří např. zefektivnění výroby snížením ztrát a zvýšená morálka na pracovišti. Mezi nevýhody naopak patří velká důvěra vedení v zaměstnance, která není ve všech podnicích na požadované úrovni. [16]

4.2.3 Kanban

Kanban je metoda průmyslového inženýrství, která se zabývá zjednodušením a zefektivněním materiálových toků ve výrobě. Tato metoda funguje na základě přivolávacího principu (metoda pull), tzn., že veškeré operace jsou řízeny následujícími operacemi. Z pohledu celé výroby lze říct, že vše je řízeno podle finální operace. [17] [18]

Podstatou je vytvoření samoregulačních okruhů, které jsou tvořeny dvojicí sousedních stupňů výroby. V tomto okruhu dochází ke sdělení požadavků pomocí štítků, které jsou předány jedním pracovištěm na pracoviště vykonávající předchozí operaci. Veškeré požadavky by měly být jasně stanovené, měly by obsahovat veškeré informace, např. počet, kvalitu a časový interval dodání. Požadavek je vydán v takovou chvíli, kdy se při výrobě dosáhne kritického stavu zásob. Zásoby se doplní a při opětovném dosažení kritického množství zásob na pracovišti se cyklus opakuje. [17] [18]

4.2.4 Just in time

„Just in time“ neboli „JIT“ je jedna z metod průmyslového inženýrství s původem v Japonsku. Cílem této metody je stav, kdy výrobní podnik disponuje pouze takovými zásobami, které jsou k výrobě nezbytně potřebné. V ideálním případě by měla výroba probíhat tak, že vše je doručeno v takovou chvíli, kdy je potřeba. Tento cíl je v praxi nedocílitelný, tudíž se metoda „JIT“ specializuje na co největší možné snížení potřebných zásob. Mimo včasnou dodávku je důležité včasné odeslání. Tato metoda lze implementovat vnitropodnikově i mimo podnik. [18]

Existuje mnoho výhod a nevýhod využití metody Just in time. Mezi hlavní přednosti této metody patří zmenšení potřebných skladových prostor a snížení nákladů s nimi spojenými, tím se myslí především pronájem prostor a výplaty skladníků. Snížení nároků na prostory se netýká pouze skladů, ale také prostorů výrobních hal. Při skladování většího objemu materiálu na samotné hale se zvětšuje potřebná plocha haly a vzdálenost mezi samotnými procesy se zvětšuje, to má za následek delší prostoje při přesunu materiálu a pracovníků. Hlavní nevýhodou této metody je schopnost reagovat na neočekávané faktory při výrobě, které mají za následek zpoždění výroby. Může se jednat například o pozdní dodávku materiálu nebo změnu typu zakázky, na kterou není výrobní podnik připraven. [18][19]

4.2.5 One piece flow

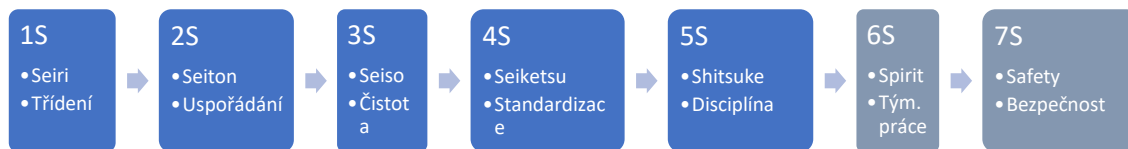
One piece flow neboli tok jednoho kusu, je metoda průmyslového inženýrství, jejíž cílem je zajištění plynulosti výroby takovým způsobem, kdy se na jednom pracovišti vyskytuje pouze jeden výrobek, tzn., že takt výroby by měl být takový, aby nevznikaly žádné prostoje, a aby všechny činnosti probíhaly s co nejmenším časovým rozdílem. Co největší synchronizace výroby je zaváděna proto, aby se zabránilo prostojům, které by mohly vzniknout následkem kratšího času výroby na po sobě jdoucích pracovištích, které mohou mít za následek vznik skladových prostor mezi pracovišti. [20] [21]

Mezi výhody této metody patří např. snížení skladovacích a výrobních prostorů, zvýšená produktivita, zjednodušení a zrychlení odhalování chyb ve výrobě. Pokud bude výrobní proces na jednom pracovišti vykonáván chybně, pak při využití metody One piece flow vznikne méně chybných výrobků než při dávkové výrobě. Mezi hlavní nevýhody patří nákladné zavedení metody. [20] [21]

4.2.6 Metoda 5s

5s je metoda organizace pracovního prostoru napomáhající ke zlepšení organizace pracoviště. Lze ji využít jak ve výrobním podniku, tak v domácnosti. Tato metoda vznikla v Japonsku a skládá se z pěti kroků, které se využívají při úpravě, či návrhu pracovního prostoru.

Každý krok začíná (v japonštině) písmenem „s“, proto se této metodě říká „Metoda 5S“. Modernější formou je Metoda 7S, která přidává kroky zabývající se bezpečností a týmovou prací.



Obrázek 23 Metoda 5S/7S [23]

Prvním krokem je třídění. Při tomto kroku se určuje důležitost jednotlivých předmětů (nástroje, materiál, vybavení) vyskytujících se na pracovišti. Potřebné předměty se ponechají a nepotřebné se z pracoviště odstraní. Mezi cíle tohoto kroku patří zvýšení využití plochy pracoviště, snížení času při hledání potřebných věcí pro vykonání činnosti, snížení nákladů a času úkonu. [22] [23]

Druhým krokem metody je uspořádání. Během tohoto kroku se na pracovišti určují prostory, ve kterých se bude vybavení nacházet. Umístění těchto prostor se volí na základě intenzity využití jednotlivých nástrojů a materiálu. Nejčastěji využívané předměty by se měly nacházet co nejbližší pracovníkovi a pracovnímu prostoru. S klesající intenzitou využívání jednotlivých předmětů se vzdaluje jejich uskladnění od samotného pracovníka. Všechny předměty by měly být uskladněny tak, aby bylo jasné, kde se jaký předmět nachází. Uspořádáním předmětů předcházíme časovým ztrátám při řešení abnormalit. [22] [23]

Třetím krokem je čistota. Tato fáze zaručuje snadný úklid a údržbu pracoviště a jeho veškerého vybavení. Úklid a údržbu pracoviště provádí osoba, která na daném pracovišti působí. Tyto úkony mohou sloužit ke zvýšení efektivity práce, kdy pracovník není limitován nečistotami v pracovním prostoru, ale také k detekci zdrojů znečišťování. Dále může pracovník při úklidu odhalit vady vybavení pracoviště. [22] [23]

Čtvrtým krokem je standardizace. Cílem tohoto kroku je nastavit jistý standard pro pracovníka vykonávajícího jakékoliv činnosti. Tímto standardem se zajistí dodržování správných postupů, tzn. aby byly opakované aktivity prováděny ve stejném sledu, ve stejném časovém intervalu a aby měl výsledek pokaždé stejnou kvalitu. Pokud je takový standard nastaven, je mnohem jednodušší odhalit chyby během vykonávaného procesu. [22] [23]

Posledním krokem Metody 5s je disciplína. Cílem tohoto kroku je zajistit dodržování řádu pracoviště z dlouhodobého hlediska, tím se zajistí dlouhodobá funkce Metody 5s a zabrání se tím možnému návratu do původního neuspořádaného stavu. Zajištění disciplíny lze dosáhnout monitorováním montážního procesu. [22] [23]



Obrázek 24 Před aplikací 5s (vlevo) / po aplikaci 5s (vpravo) [24]

Metoda 7S je rozšíření předem popisované Metody 5S, která je obohacena o další dva kroky. Jedná se o rozšíření o „týmovou práci“ a „bezpečnost“.

Jedním z možných rozšíření Metody 5s je týmová práce. Při práci v týmu je jednodušší předcházet špatným rozhodnutím, a také dochází k vyššímu nadšení a zvýšení motivace k práci. Je důležité, aby byl tým složen z kvalifikovaných pracovníků, a aby měl každý tým danou hierarchii. V čele týmu by měl být člověk, který dané problematice rozumí a disponuje potřebnými znalostmi. Tyto informace jsou předávány ostatním členům, a tak se zvyšují znalosti celého týmu. Tým by měl diskutovat nad řešením problémů a navzájem se motivovat. [22] [23]

Druhým rozšířením Metody 5S je bezpečnost. Na tento krok by měl být kladen největší důraz ze všech předem zmíněných. Bezpečnost je prioritou na všech pracovištích. Cílem tohoto kroku je dosáhnout nejnížší možné pravděpodobnosti zapříčinění úrazu. Tohoto stavu lze dosáhnout kombinací dvou faktorů – eliminací všech potenciálních zdrojů nebezpečí a proškolením všech osob využívající pracoviště. Na pracovišti se může předcházet nebezpečí několika způsoby, např. přizpůsobením pracoviště (ochranné kryty pro stroje) anebo vybavením pracovníka ochrannými pomůckami (ochrana očí, sluchu, vhodný oděv). [22] [23]

Mezi výhody zavedení Metody 5S/7S patří čistější, bezpečnější, více přehledné a lépe organizované pracoviště vedoucí ke zvýšení efektivity práce. Následkem implementace této metody se může také dosáhnout např. redukce plochy pracoviště, nákladů na předměty, které se na pracovišti vůbec nemusí vyskytovat atd. [22] [23]

Tato kapitola pojednává o problematice navrhování pracovišť. První část se věnovala problematice ergonomie. Ergonomie byla definována a byly popsány její cíle. Dále se zmínily

nařízení vlády, na které je potřeba brát ohled při návrhu pracoviště v praktické části. Dále byla tato kapitola věnována metodám průmyslového inženýrství. Popis Metody 5s je nejdůležitější část a její správné pochopení je nezbytné pro aplikaci v praktické části bakalářské práce při návrhu montážního pracoviště.

5 Analýza současného pracoviště

Tato kapitola se zabývá popisem a analýzou současného řešení pracoviště a montážního procesu. Nejprve se zaměřuje na popis původního řešení pracoviště a popis montážního procesu. Dále je provedena analýza, ve které je zhodnocena ergonomie a organizace pracoviště.

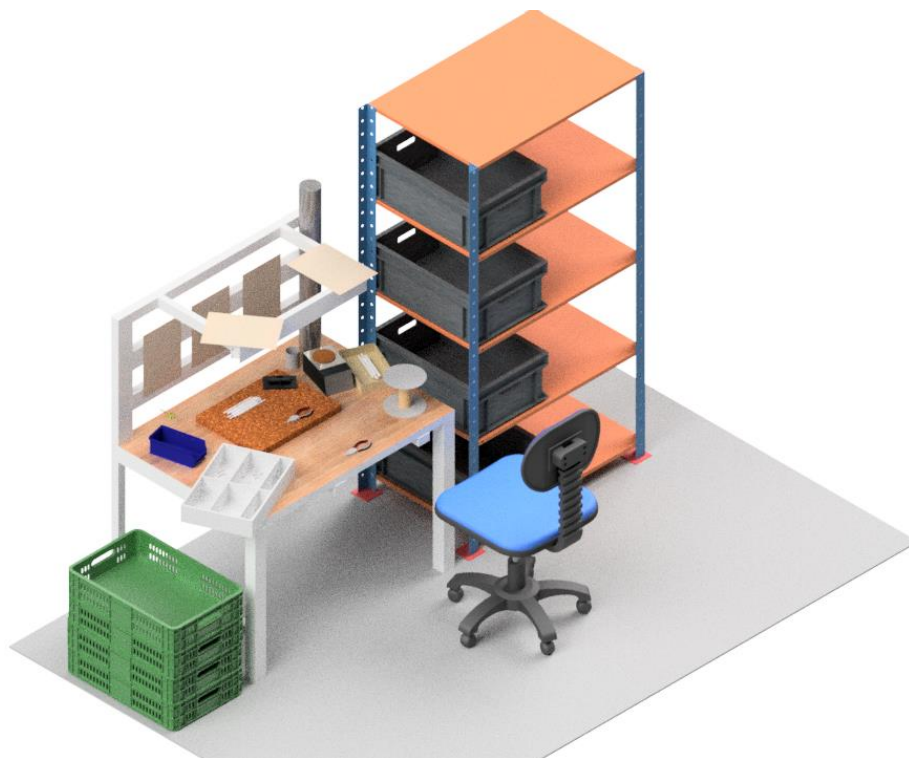
5.1 Popis současného pracoviště

Současné pracoviště se zabývá bandážováním statorů. Jedná se o dávkovou montáž na stacionárním soustředěném pracovišti. Jedná se o pracoviště, kde zásobování probíhá kombinovaně. Část přípravy vykonává sám operátor a část vykonává přípravář výroby.



Obrázek 25 Aktuální řešení pracoviště – fotografie

Aktuální řešení můžeme vidět na obrázku č. 25. Jedná se o pracoviště na sezení obsluhované jedním operátorem.



Obrázek 26 Aktuální řešení pracoviště – model

Pracoviště je převedeno do 3D modelu pro nastínění problémů v následujících částech práce.

5.2 Rozbor montáže

V této kapitole budou uvedeny a popsány potřebné součásti pro vykonání montáže. V druhé části kapitoly je znázorněn kusovník a popsán montážní proces.

Součásti potřebné pro montáž:

Stator – Hlavní součástí montážního procesu je stator. Stator je součást elektromotorů, která nekoná žádný pohyb.

Bandážovací pásy – Bandážovací pásy jsou využívány pro ukotvení cívek pevně k tělu statoru.

Dráty – Při tomto montážním procesu se používají tři dráty různých barev, které slouží k napájení cívek statoru.

Bužírky – V tomto procesu se využívají dva typy bužírek, které slouží k zakrytí pájených spojů

Krytka – Plastová krytka slouží k zakrytí a ochraně cívek statoru

V další části kapitoly je vytvořen kusovník, ve kterém jsou uvedeny součásti vstupující do montážního procesu společně s jejich potřebným počtem kusů pro montáž dané jednotky.








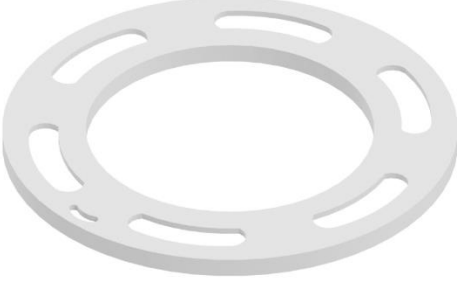
Vybavení pracoviště potřebné pro montáž

Pájecí deska – Tento přípravek slouží ke smáčivému pájení drátů.

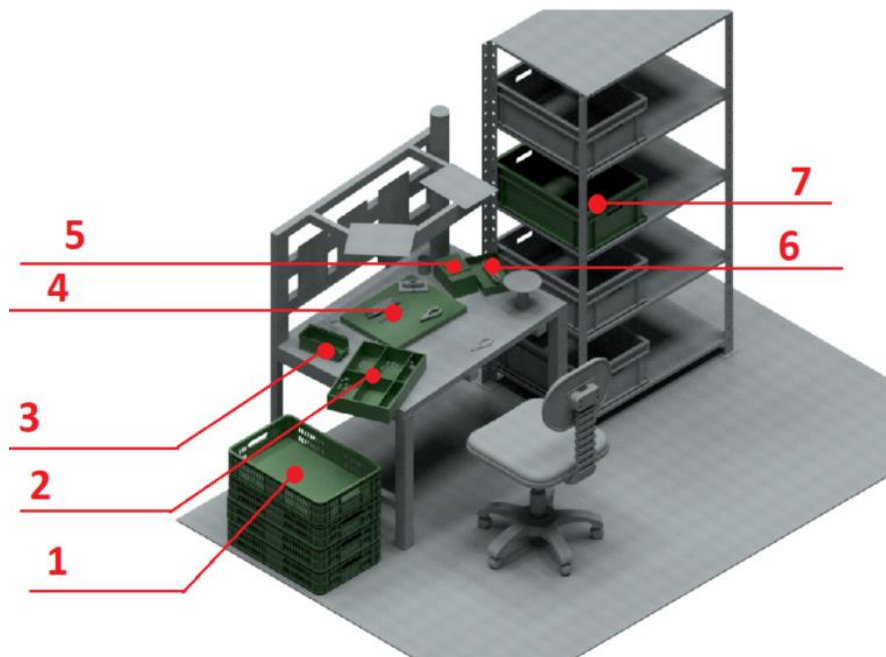
Štípací kleště – Kleště jsou využívány pro odstříhnutí přebytečných částí drátů a bandážovacích pásek.

Pájecí kapalina (tavidlo) – Kapalina, která se v tomto procesu používá před smáčivým pájením.

Tabulka 3 Kusovník

Předmět		Počet	Zkratka
Sator		1	ST
Bandážovací páska		3	BP
Drát černý		1	DČ
Drát hnědý		1	DH
Drát bílý		1	DB
Bužírka dlouhá		3	BK
Bužírka krátká		1	BD
Krytka statoru		2	KS

Dále se práce zabývá samotným montážním procesem, u jednotlivých operací budou uvedeny i předměty, které jsou k montáži potřeba.



Obrázek 27 Původní pracoviště s vyznačenými pracovními prostory

Využívané prostory jsou barevně vyznačeny (zeleně) a očíslovány pro jednodušší nastínění montážního procesu.

Tabulka 4 Montážní proces původního pracoviště

Operace	Popis činnosti	Potřebné součásti	Potřebné vybavení
10	Přesun ST do 4	ST	
20	Příprava BP – vyjmutí z 4	BP	
30	Vložení BP do ST	ST + BP	
40	Bandáž č.1	ST + BP	
50	Příprava kleští – 4		Štípací kleště
60	Odstřihnutí nadbytečné části BP		Štípací kleště
70	Vložení odpadu do 6		
80	Nanesení tavidla na pájené části drátů		Tavidlo
90	Pájení drátů v 5		Pájecí deska
100	Vyjmutí BK z 2	BK	
110	Nástřih BK	BK	Štípací kleště
120	Zakrytí pájeného spoje	BK + ST	
130	Bandáž č.2	BP	
140	Vyjmutí KR z 7		
150	Zakrytování jedné strany ST	KS	
160	Příprava výstupních drátů – 4	DH, DČ, DB	
170	Nanesení tavidla na pájené části drátů		
180	Pájení výstupních drátů – 5	DH, DČ, DB	Pájecí deska
190	Odstřihnutí přebytečné části drátů		Štípací kleště
200	Vložení odpadu do 3		
210	Vyjmutí BD z 2		
220	Zakrytí pájených spojů	3x BD	
230	Bandáž č.3		
240	Odstřihnutí přebytečné BP		
250	Vložení odpadu do 6		
260	Vyjmutí krytky z 7		
270	Zakrytování ST	KS	
280	Vložení ST do 1		

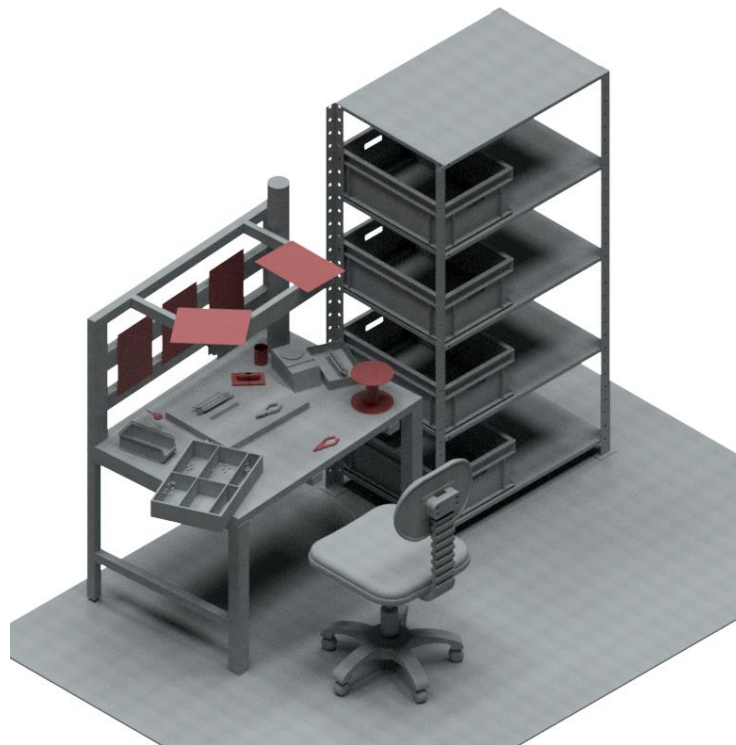
Určení potřebných předmětů související s montáží je pro návrh optimalizovaného řešení důležité. Eliminací nepotřebných předmětů dojde k lepšímu využití pracovního prostoru.

5.3 Hodnocení montážního pracoviště

V této části kapitoly bude na základě získaných poznatků z předchozích podkapitol současné řešení montážního pracoviště zhodnoceno. Současné pracoviště je pro montáž nevhodné z několika důvodů.

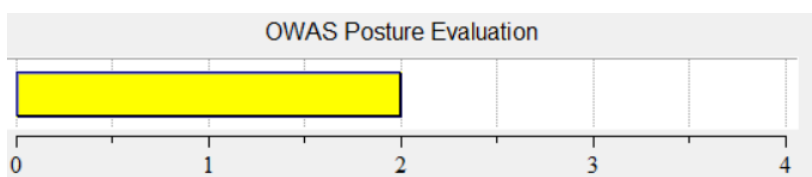
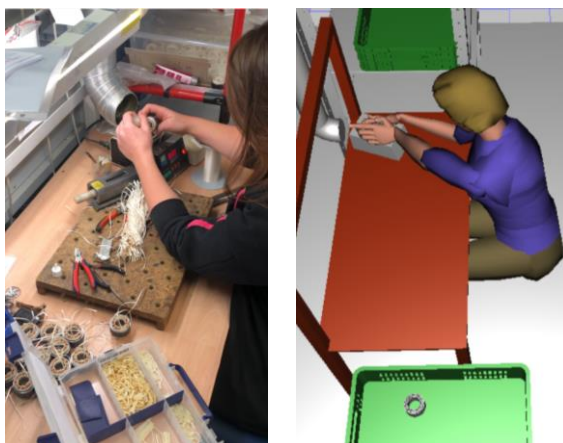
Prvním problémem je velká neuspořádanost pracoviště. Většina součástí a vybavení nemá svůj pevně daný prostor a při analýze montáže je vidět, jak operátor občas hledá součást a nemůže se na pracovišti rychle zorientovat.

Druhým problémem je přebytek nevyužívaných předmětů vyskytujících se na pracovišti. Tyto předměty jsou zvýrazněny na obr. č.28. Nejedná se pouze o předměty spojené s přípravou součástí, ale také o osobní věci operátora.



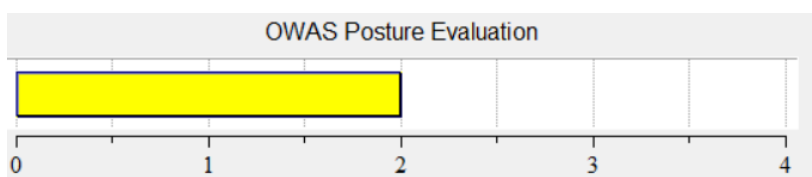
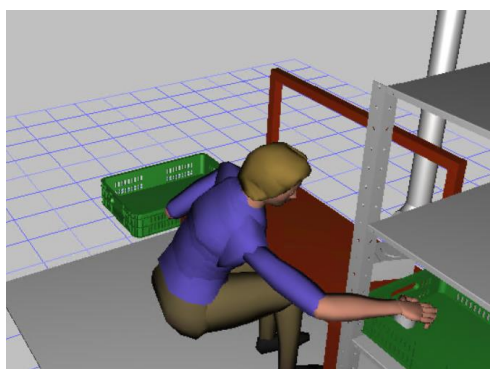
Obrázek 28 Aktuální řešení pracoviště – model

Třetím problémem je ergonomie pracoviště. Při několika pohybech se operátor dostává do nepřírodných poloh – přesněji při operaci 90, 140, 180, 240 a 260.



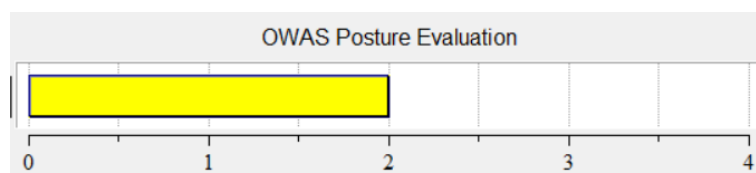
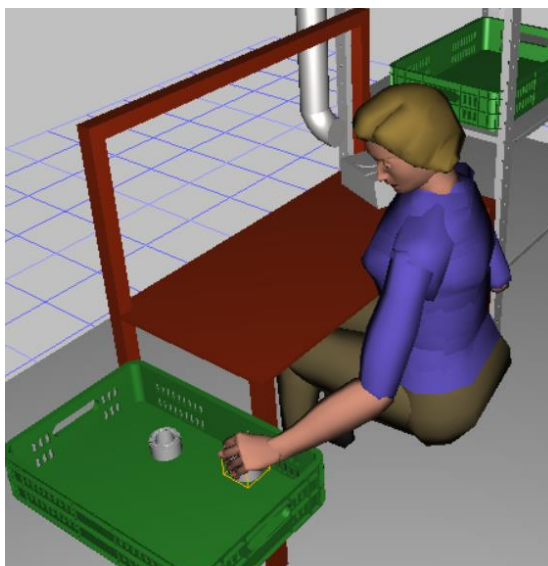
Obrázek 29 Analýza operace 90 a 180

Během operace 90 a 180 se pájí dráty vycházející ze statoru. Dochází zde k předklonu a rotaci těla zapříčiněným špatným umístěním pájecí desky.



Obrázek 30 Analýza operace 140 a 260

Operace 140 a 240 představuje vytažení krytky z euro přepravky. Tato přepravka se nachází daleko od pracovního prostoru, a proto je tento úkon vyhodnocen jako nevhodný.



Obrázek 31 Analýza operace 260

Poslední operace procesu představuje vložení zabandážovaného statoru do europřepravky.

Tato kapitola pojednává o současném řešení pracoviště montáže. Nejdříve popisuje současný montážní proces a pracoviště. Dále je na základě poznatků pracoviště analyzováno a zhodnoceno.

6 Návrh pracoviště

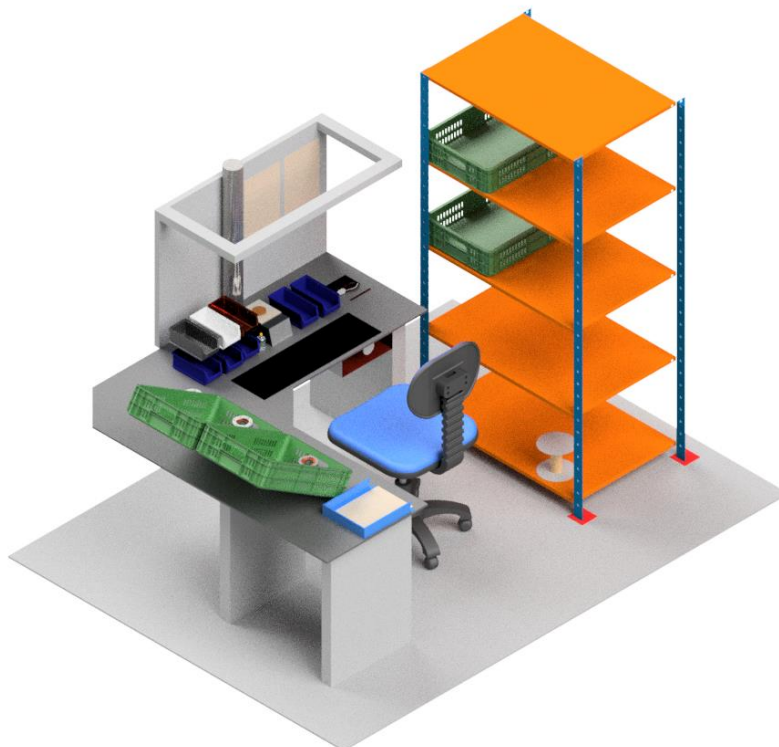
Tato kapitola popisuje dva návrhy, které řeší problémy původního řešení pracoviště montáže. První návrh není plně vyhovující, a proto nebude popsán tak detailně jako návrh č.2. Součástí návrhu č.2 je technicko-ekonomické zhodnocení.

6.1 Návrh pracoviště č. 1

První navržené řešení je pracoviště na sezení u stolu tvaru „L“. Stejně jako u původního řešení zde montáž probíhá dávkově a zásobování je prováděno kombinovaně.

Při návrhu pracoviště se implementovala Metoda 5s, a tak je vidět zlepšení organizace pracoviště. Vše má určeno svůj přesný prostor a zásobníky jsou barevně odlišeny pro lepší orientaci operátora.

Pracoviště je nevyhovující z ergonomického hlediska. Prvním velkým problémem je zásobování pracoviště, při kterém by docházelo k manipulaci s těžkými bednami. Druhým problémem je samotný pohyb operátora, který by musel při práci konat rotaci. I když je pracoviště vybaveno židlí, která je schopna rotace, je nemožné zaručit správné pohyby operátora po celou dobu pracovní směny.

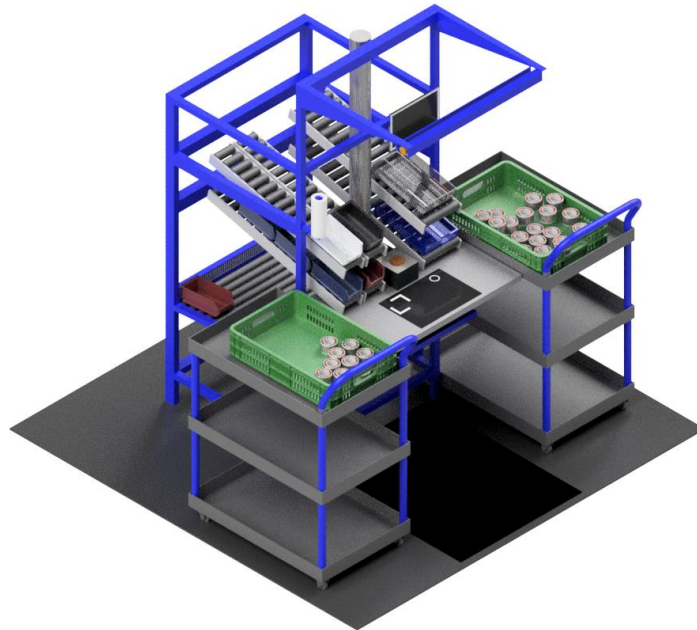


Obrázek 32 Návrh pracoviště č.1

Z výše uvedených důvodů bylo pracoviště shledáno jako nevyhovující pro vykonávání daného montážního procesu.

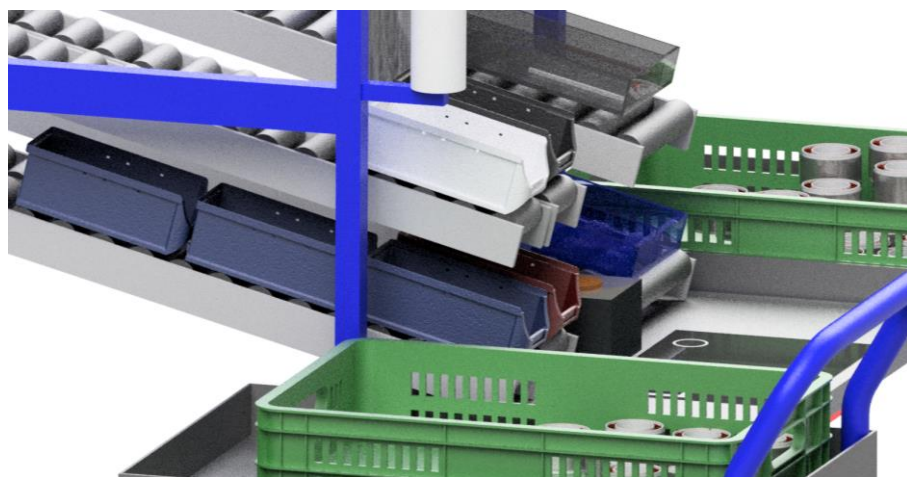
6.2 Návrh pracoviště č.2

Druhý návrh pracoviště je řešený pomocí skluzového systému. Další změnou oproti předchozím řešením pracovišť je změna z pracoviště na sezení na pracoviště obsluhované ve stoje.



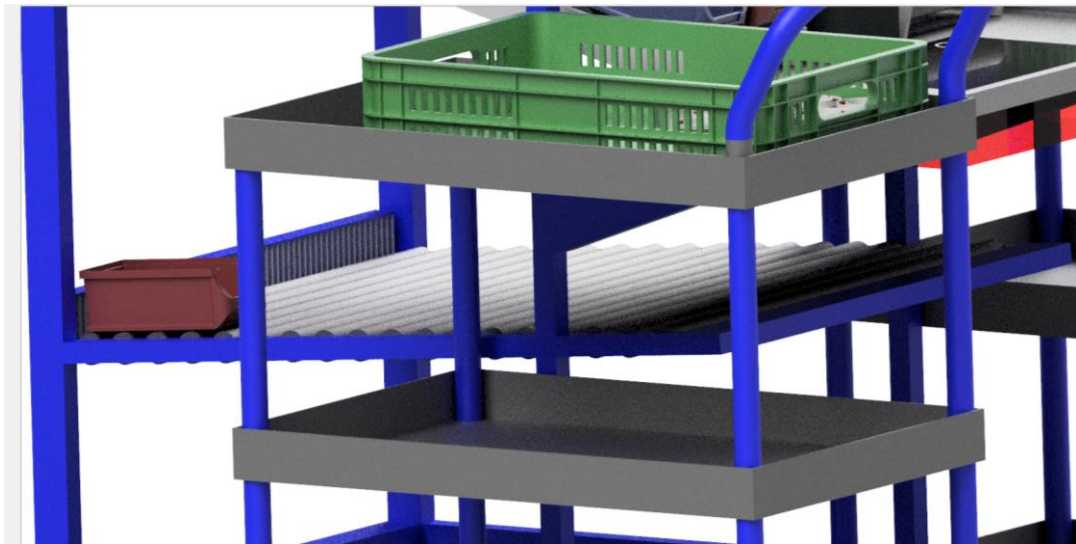
Obrázek 33 Navrhované řešení

Zásobování pracoviště je řešeno kombinací skluzového systému a dílenských vozíků, kde se pomocí dílenských vozíků řeší přeprava vstupního a výstupního statoru. Dílenský vozík byl zvolen z důvodu hmotnosti euro přepravek se statory, které by byly pro jakoukoliv manipulaci nevhodné.



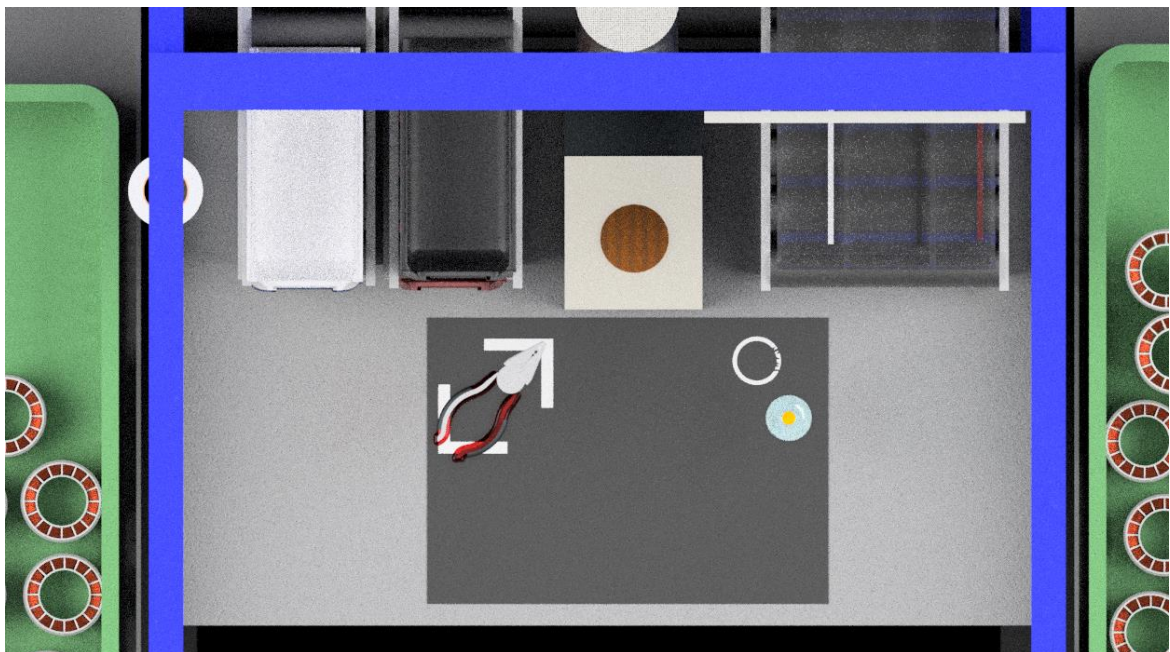
Obrázek 34 Navrhované řešení – detail na zásobování pracoviště

Mimo vstupu a výstupu statorů do pracoviště je veškeré zásobování zajištěno skluzovou konstrukcí pracoviště. Pracoviště je navrženo tak, že operátor vykonává samotný montážní proces a doplňování materiálu obstarává osoba pověřena zásobováním pracovišť. Veškeré boxy a organizéry jsou barevně odlišeny pro snazší a rychlejší orientaci operátora při montáži. Skluzový systém je navrženo tak, aby po vyčerpání veškerého materiálu z jednoho boxu byly v zásobě ještě dva plné boxy téhož materiálu.



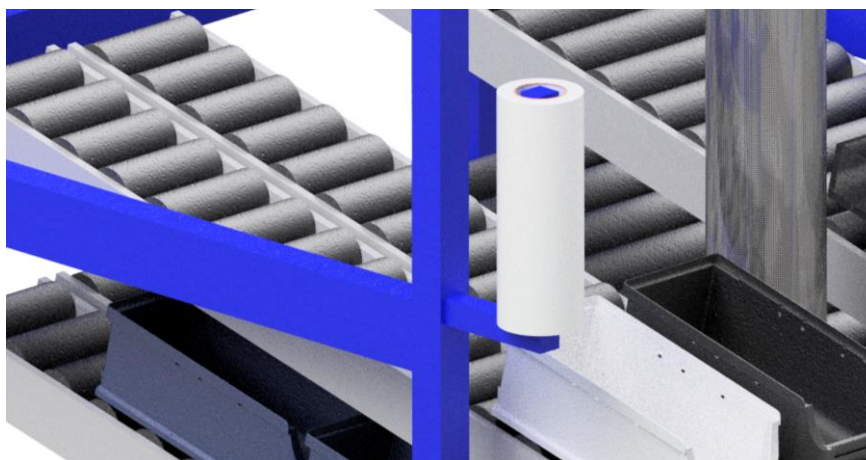
Obrázek 35 Navrhované řešení pracoviště – detail na skluz prázdných boxů

V momentě, kdy se využije veškerý materiál z daného zásobníku, operátor tento box přemístí na skluz pod pracovní rovinou, který box odvede pryč z pracoviště.



Obrázek 36 Navrhované řešení – pracovní rovina

V pracovní rovině se dále vyskytuje deska pro smáčivé pájení a podložka, na které je daná montáž vykonávána, štípací kleště a tavidlo. Na podložce jsou jasně vyznačené prostory pro odklad kleští a tavidla viz obrázek 36.



Obrázek 37 Navrhované řešení – detail na doplnění pracoviště o čisticí prostředky

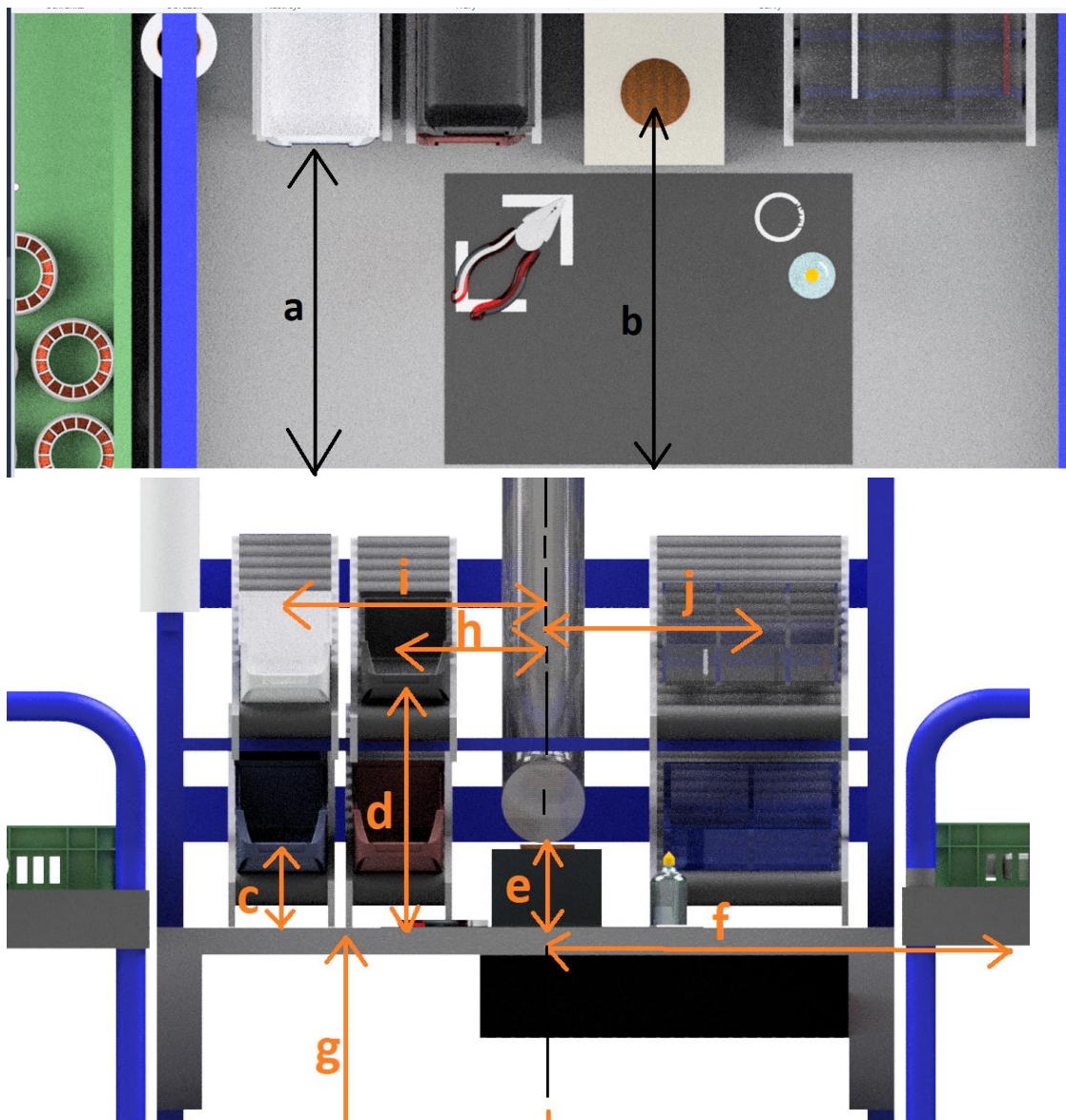
Vybavení navrhovaného pracoviště je shodné s potřebným vybavením pracoviště původního, jedinou změnou je doplnění o papírové utěrky zajišťující případné očištění operátora, nebo pracoviště při potřísnění tavidlem.

V této části práce jsou naznačeny vzdálenosti jednotlivých zásobníků na pracovišti.

Tabulka 5 Prostory pracoviště

Označení	Popis	Vzdálenost [mm]
a	vzdálenost od hrany stolu k zásobníkům	290
b	vzdálenost od hrany stolu k pájecí desce	330
c	Vzdálenost od plochy stolu k vrchní řadě zásobníků	100
d	Vzdálenost od plochy stolu k spodní řadě zásobníků	300
e	Výška pájecí desky	100
f	Vzdálenost osy přepravky od osy pracoviště	600
g	Výška pracovní roviny	950
h	Vzdálenost osy zásobníku od osy pracoviště	220
i	Vzdálenost osy zásobníku od osy pracoviště	300
j	Vzdálenost osy organizéru od osy pracoviště	260

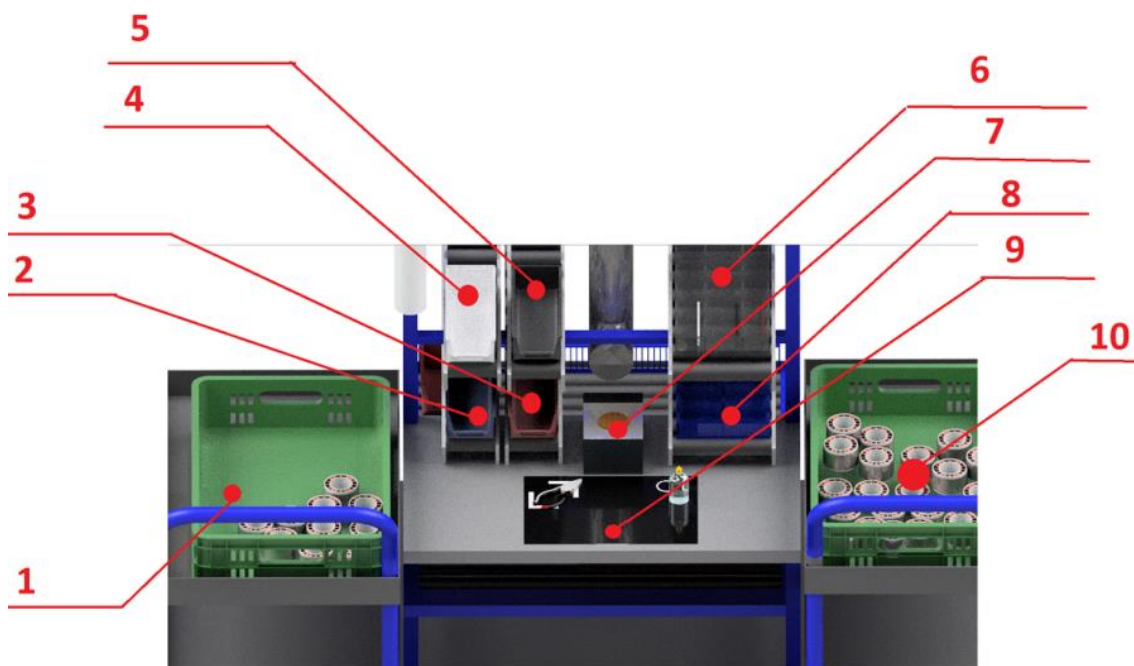
Kóty označující vzdálenosti byly dále zakresleny do schématu navrhovaného řešení pracoviště.



Obrázek 38 Okótované schéma pracoviště

6.2.1 Montážní proces

Montážní proces navrhovaného pracoviště není nijak pozměněn, jediná změna nastala v umístění potřebného materiálu. Montážní proces je opět doplněn o schéma pracoviště pro nastínění využívaných prostor.



Obrázek 39 Navrhované pracoviště s vyznačenými pracovními prostory

Organizéry (6,7) a pracovní podložka (8) jsou dále rozčleněny na jejich jednotlivé části z důvodu zvýšení organizace pracoviště.

Tabulka 6 Montážní proces optimalizovaného pracoviště

Operace	Popis činnosti	Potřebné součásti	Potřebné vybavení
10	Přesun ST z 1 do 9	ST	
20	Příprava BP – vyjmutí z 4	BP	
30	Vložení BP do statoru	ST + BP	
40	Bandáž č.1	ST + BP	
50	Příprava kleští – 9		Štípací kleště
60	Odstřihnutí nadbytečné části BP		Štípací kleště
70	Vložení odpadu do 4		
80	Nanesení tavidla na pájené části drátů		Tavidlo
90	Pájení drátů v 7		Štípací kleště
100	Vyjmutí bužírky z 8	BK	
110	Nástřih BK	BK	Štípací kleště
120	Zakrytí pájeného spoje	BK + ST	
130	Bandáž č.2	BP	
140	Uchopení krytky – prostor 5		
150	Zakrytování jedné strany statoru	KS	
160	Příprava drátů – 6	DČ, DB, DH	
170	Nanesení tavidla na dráty		
180	Připájení DČ, DB a DH – 7	DČ, DB, DH	Pájecí deska
190	Odstřihnutí přebytečné části drátů		Štípací kleště
200	Vložení odpadu do 2		
210	Vyjmutí BD z 8		
220	Zakrytí pájených spojů	3x BD	
230	Bandáž č.3		
240	Odstřihnutí přebytečné BP		
250	Vložení odpadu do 4		
260	Vyjmutí krytky z 5	KS	
270	Zakrytování ST	KS	
280	Vložení ST do 10	ST	

Tato část popisuje montážní proces na optimalizovaném pracovišti. Proces je doplněn schématem pracoviště pro zjednodušení popisu pohybů operátora.

6.2.2 Návrh osvětlení

Vzhledem k druhu vykonávané montáže na pracovišti je volen vysoký požadavek na osvětlení (600-2000 lx). Dílny jsou většinou osvětleny v rozmezí 500 lx na pracovní rovině, tudíž

je třeba zajistit vyšší světelnost pomocí přidaného zdroje světla. Prostor pro zářivku se nachází v konstrukci stolu.

Zdroj světla je volen na základě požadovaného osvětlení pracovní roviny, která by neměla být nižší než 600lx a vyšší než 2000lx.

Jako zdroj osvětlení volím dílenské osvětlení Ansmann 1600-0303 LED produkující intenzitu osvětlení 275 lx. Svítidlo je dále doplněno o clonu zamezující oslnění operátora.

6.2.3 Zhodnocení 5s

Tato podkapitola bude popisovat provedené kroky při aplikaci Metody 5s. Pro každý bod budou popsány optimalizační kroky.

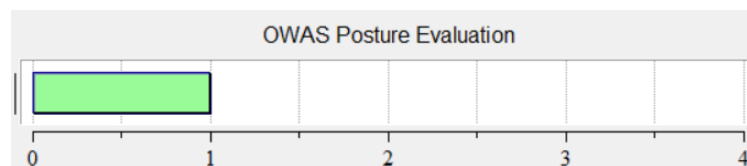
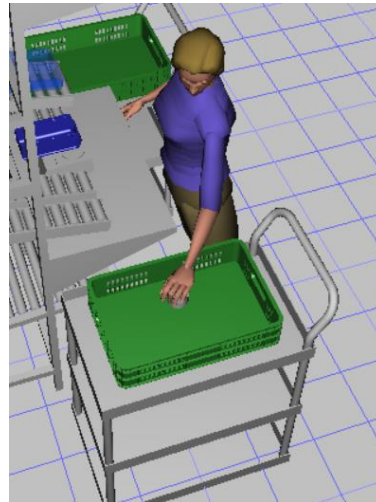
Tabulka 7 Formulář 5S

1S – Třídění	
Odstranění nepotřebných součástí a přípravků z pracoviště	2x Kleště
	Role Bandážovací pásky
	Osobní věci (klíče)
	Papíry
	Přípravek nesouvisející s montážním procesem
2S – Uspořádání	
Určení přesných ploch pro odklad náradí	Kleště
	Tavidlo
Určení přesných ploch pro odklad součástí na základě dosahových vzdáleností	Vstup materiálu
	Výstup materiálu
	Zásobníky
	Organizéry
Zjednodušení orientace v prostoru	Barevné odlišení zásobníků
Vytvoření formuláře pro zapsání stavu pracoviště	Stav přípravků + pracoviště
	Zápis chybějícího/poškozeného vybavení
3S – Čistota	
Vytvoření snadno čistitelného prostředí	
Zařízení čistoty vzduchu	Odsávání škodlivin při pájení
Zajištění čisticích prostředků	Role utěrek
4S – Standardizace	
Vytvoření postupu práce na pracovišti	Montážní proces
Zajištění čistoty pracoviště	úklid po každé směně
5S – Disciplína	
Zajištění kvalifikované obsluhy	Pravidelně školení zaměstnanců
Kontrola dodržování předpisů	Pověření zaměstnance kontrolou pracoviště

6.2.4 Zhodnocení návrhu pracoviště

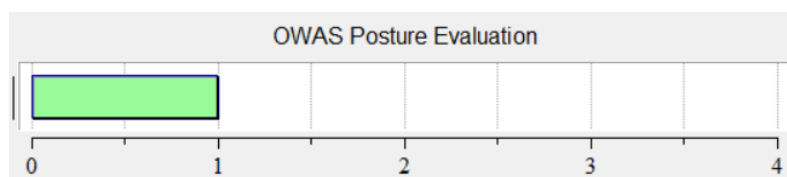
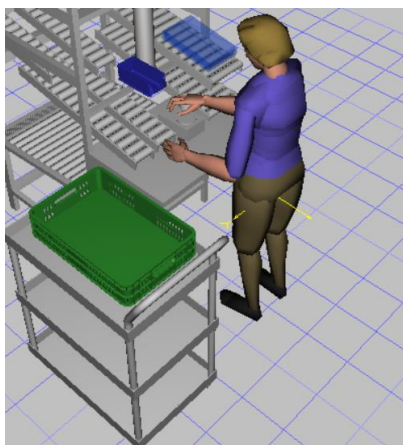
Pracoviště bude zhodnoceno na základě dvou kritérií. Nejdříve bude provedena ergonomická analýza a poté bude provedeno ekonomické zhodnocení pracoviště

V této části bude navrhované pracoviště zhodnoceno z pohledu ergonomie pomocí programu Siemens Jack a porovnáno s původním řešením pracoviště.



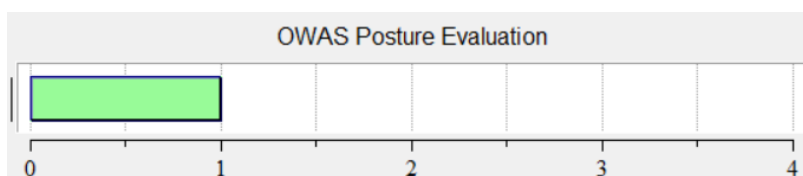
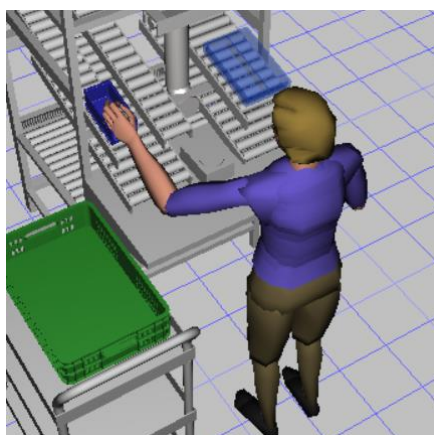
Obrázek 40 OWAS analýza operace 10

Operace 10 představuje přesun statoru z euro přepravky do pracovního prostoru. Pro původní řešení byla OWAS analýza vyhodnocena druhým stupněm. Při návrhu došlo k optimalizaci.



Obrázek 41 OWAS analýza operace 90 a 180

Operace 90 a 180 představují pájení drátů na pájecí desce. Při porovnání s původním řešením došlo k optimalizaci.



Obrázek 42 OWAS analýza operace 70

Operace 70 představuje polohu, kdy operátor sahá do nejvzdálenějšího zásobníku. Analýza OWAS nenaznačuje nezdravou polohu operátora.

Tabulka 8 ukazuje potřebné finanční prostředky pro zavedení optimalizovaného řešení montážního pracoviště.

Tabulka 8 Ekonomické zhodnocení

Předmět	Cena 1 ks [Kč]	Počet [kus]	Cena celkem [Kč]
Zásobník malý	50	4	200
Euro přepravka	100	4	400
Dílenský vozík	4140	2	8280
Organizér	100	2	200
Obrazovka	6000	1	6000
Ergonomická rohož	800	1	800
Osvětlení pracoviště	800	1	800
Pracovní podložka	300	1	300
Skluzová konstrukce	120 000	1	120 000

Pro zavedení optimalizovaného pracoviště je potřeba 136 980 Kč. Pracoviště nelze otestovat, a tak nelze zjistit přesný rozdíl času montáže. Z tohoto důvodu není možné přesně určit návratnost investice.

Tato kapitola obsahuje dvě části. V části týkající se ergonomie byly zhodnoceny tři operace – pájení, přendání statoru z euro přepravky do pracovního prostoru a vyndání součásti z nejvzdálenějšího zásobníku. Při porovnání s původním řešením došlo k optimalizaci všech operací. Dále bylo provedeno ekonomické zhodnocení pracoviště.

Na základě analýzy původního řešení pracoviště bylo navrženo optimalizované řešení montážního pracoviště. Nejdříve bylo samotné pracoviště popsáno a dále byl popsán samotný montážní proces. Další část se věnovala návrhu světelného zdroje z důvodu nedostatečného osvětlení pracovní roviny. Následně bylo popsáno použití Metody 5s na daném pracovišti. Poslední část se týkala ergonomického a ekonomického zhodnocení.

7 Závěr

Bakalářská práce se zabývala návrhem montážního pracoviště pomocí Metody 5s, na kterém probíhá bandážování statorů.

Práce se nejprve zabývala problematikou technologického projektování, ve kterých byl popsán výrobní proces a výrobní systém. Dále se bakalářská práce zabývala technologií montáže, kde bylo nejprve naznačeno dělení montážního procesu na jednotlivé prvky – součást, podskupina atd. Poté bylo popsáno dělení montáže, které lze dělit podle místa, pohybu montované jednotky a stupně automatizace. V následující podkapitole byly popsány montážní metody, kde byla popsána metoda úplné vyměnitelnosti, metoda částečné vyměnitelnosti, metoda výběrová, metoda kompenzační a metoda lícování. Kapitola byla ukončena popisem jednotlivých montážních činností. Dále se práce věnovala problematice navrhování pracovišť, která popisovala ergonomii a metody průmyslového inženýrství. V první části byla ergonomie popsána a bylo uvedeno její dělení a cíle. V této kapitole byly dále popsány fyzikální faktory ovlivňující pracovní prostředí a povolené pracovní polohy podle české legislativy. V souvislosti s navrhováním pracovišť byly dále popsány metody průmyslového inženýrství, kde byly popsány metody Six Sigma, Kaizen, Kanban, Just in time, One piece flow a Metoda 5s

Další část nejprve pojednávala o původním řešení montážního pracoviště. Původní pracoviště bylo koncipováno jako pracoviště na sezení. V pracovním prostoru se nacházelo mnoho předmětů nesouvisející s montáží, jako např. osobní věci operátora, anebo přípravy, které se při montážním procesu vůbec nepoužily. Dalším problémem samotného pracoviště byla jeho špatná organizace, žádný předmět neměl svůj přidělený prostor. Při sledování operátora při vykonávání práce bylo několikrát vidět, že se na pracovišti neorientuje a nemůže najít potřebné součásti. Pracoviště bylo mimo špatnou organizaci nevyhovující i ergonomicky. Operátor opakovaně vykonával tři operace, během kterých se dostával do nezdravých poloh, tyto pohyby byly zhodnoceny v programu Siemens Jack.

Na základě poznatků z analýzy původního pracoviště byly navrženy dvě optimalizované pracoviště. První navržené pracoviště zajistilo pouze vyšší organizaci, ale bylo stále nevhodné a nezaručovalo pohyby v souladu s ergonomickými předpisy.

Druhý návrh optimalizace bylo pracoviště obsluhované ve stoje. Zásobování na tomto pracovišti bylo řešeno pomocí dílenských vozíků a skluzového systému. Při optimalizaci byl brán důraz na ergonomii pracoviště. Ta byla optimalizována třemi kroky. Prvním krokem byl přesun všech zásobníků do pracovních prostorů operátora. Druhým krokem byla změna zásobování pracoviště. Drobné součásti, které byly využívány při montáži, byly na pracoviště dopravovány

skluzovým systémem. Dále byl optimalizován vstup a výstup materiálu na pracoviště, který byl na navrhovaném řešení řešen dílenskými vozíky. Tato optimalizace nepomohla samotnému operátorovi, ale přípraváři výroby. Třetím krokem ergonomické optimalizace bylo použití ergonomické rohože. Pohyby, které byly v předešlém řešení vyhodnoceny jako nevhodné byly po optimalizaci opět analyzovány a ve všech případech došlo ke zlepšení. Poslední optimalizace se týkala zlepšení organizace na pracovišti. Všechny zásobníky mají svůj přesně určený skluz, tedy prostor, ve kterém se nachází. Zásobníky jsou dále barevně odlišeny pro rychlejší orientaci operátora. Na konec bylo provedeno ekonomické zhodnocení pracoviště, které vyjádřilo potřebné finanční prostředky pro zavedení tohoto pracoviště. Optimalizované pracoviště je více ergonomické a organizované.

8 Bibliografie

- [1] ZELENKA, Antonín. *Projektování výrobních procesů a systémů*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN isbn978-80-01-03912-0.
- [2] ZELENKA, Antonín a Vratislav PRECLÍK. *Projektování výrobních procesů II: (obrábění a montáže)*. Praha: České vysoké učení technické, 1992. ISBN isbn80-01-00863-0.
- [3] ZELENKA, Antonín a Mirko Král. *Projektování výrobních systémů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-10-01302-2.
- [4] PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Základy montáže: učební text*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2773-5.
- [5] ČEP, Robert a Jana PETRŮ. *Týmová cvičení z předmětu montážní práce a automatizace montáží*. Ostrava, 2011. ISBN 978-80-248-2707-0.
- [6] SOVA, František a Západočeská univerzita. *Technologie obrábění a montáže*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-7082-823-4.
- [7] DUŠÁK, Karel. *Technologie montáže: základy*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-906-6.
- [8] MÁDL, Jan. *Technologičnost konstrukce: obrábění a montáže: obrábění a montáže*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, s. (1a). ISBN 80-01-03288-4.
- [9] Chundela, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3
- [10] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. ze dne 12. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha, 2007, č. 361. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>

- [11] RAMADHANI, Muhammad, Darul PRAYOGO a Diajeng AYU D. P. Assessment Analysis of Ergonomics Work Posture on Wheel Installation With Ovako Work Posture Analysis System (OWAS) Method AND Rapid Entire Body Assesment (REBA) Method Preventing Musculoskeleal Disorders AT Perum PPD Jakarta. *IOSR Journal Of Humanities And Social Science* [online]. 2018, (23), 11 [cit. 2021-7-28]. ISSN 2279-0837. Dostupné z: <https://poseidon01.ssrn.com/delivery.php?ID=552114115001088023015110125017090027046082018033091033077096118073113091107115093005034102023059043112038105084000105081089082053021092039027004088005004126104094004069013011125030084103085070098007082066025002028022082124113099091123072029068084121068&EXT=pdf&INDEX=TRUE>
- [12] GÓMEZ-GALÁN, Marta, José PÉREZ-ALONSO, Ángel-Jesús CALLEJÓN-FERRE a Julián SÁNCHEZ-HERMOSILLA-LÓPEZ. Sustainability 2018, 10, 2729; doi:10.3390/su10082729 www.mdpi.com/journal/sustainability Article Assessment of Postural Load during Melon Cultivation in Mediterranean Greenhouses. *MDPI* [online]. 2018, 2018, 33 [cit. 2021-7-28]. Dostupné z: doi:10.3390/su10082729
- [13] VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA. *Podnikové řízení*. Praha: Grada, 2013, s. 520. ISBN 978-80-247-4642-5.
- [14] PANKAJ, Kumar. What is Six Sigma: Everything You Need to know About it. World's Simplilearn [online]. 2009 [cit. 16.04.2021]. Dostupné z: <https://www.simplilearn.com/what-is-six-sigma-a-complete-overview-article>
- [15] PISKÁČEK, Bedřich. *Řízení jakosti*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02276-5.
- [16] DIANN, Daniel. Kaizen (continuous improvement). *TechTarget* [online]. [cit. 2021-4-10]. Dostupné z: <https://searcherp.techtarget.com/definition/kaizen-or-continuous-improvement>
- [17] ZAHRADNÍK, Jaroslav a České vysoké učení technické v Praze. *Management podniku*. Praha: ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02724-4.
- [18] DANĚK, Jan a Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. *Logistické systémy*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1017-4.
- [19] ROSER, Christoph. 2016. AllAboutLean. What Is "Just in Time"? [Online] Christoph Roser, 21. červen 2016. [Cit: 06. 04 2021.] <https://www.allaboutlean.com/what-is-just-in-time/>.

- [20] CRITCHLEY, Liam. One Piece Flow Process – A Guide. Material Science 2018 [cit. 16.04.2021]. Dostupné z: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=16106#:~:text=As%20with%20any%20process%2C%20there,implement%20in%20the%20first%20place.>
- [21] PEREIRA, Ron. 10 Benefits of One Piece Flow, Gemba Academy. Gemba Academy Improvement Learning, Improved. [online]. 2009 [cit. 16.04.2021]. Dostupné z: <https://blog.gembaacademy.com/2008/03/27/10-benefits-of-one-piece-flow/>
- [22] FILIP, F C a V MARASCU-KLEIN. The 5S lean method as a tool of industrial management performances. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. 2015, 95 [cit.2021-04-04]. ISSN 1757-8981. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899X/95/1/012127
- [23] SUKDEO, Nita, Kemlall RAMDASS a Given PETJA. Application of 7S: a systematic approach in a bucket manufacturing organisation. *South African Journal of Industrial Engineering* [online]. 2020, 31 [cit. 2021-04-04]. ISSN 22247890. Dostupné z: doi:10.7166/31-4-2283
- [24] 5SToday.com. 2018. What is 5S: 5S TODAY. [Online] 5SToday.com, 2018. [Citace: 2021-04-04] Dostupné z <https://www.5stoday.com/what-is-5s/>.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 Výrobní systém x výrobní proces	11
Obrázek 2 Schéma základního členění montážního procesu [5]	12
Obrázek 3 Příklad montážního schématu [5]	13
Obrázek 4 Dělení montáže podle místa [6].....	14
Obrázek 5 Dělení montáže podle pohybu součástí [5]	15
Obrázek 6 Schéma – soustředná montáž [5]	15
Obrázek 7 Schéma – Rozčleněna montáž [5]	16
Obrázek 8 Schéma – Předmětná montáž [5]	17
Obrázek 9 Schéma – Linková montáž [5]	17
Obrázek 10 Schéma – proudová montáž [5].....	18
Obrázek 11 Dělení montáže podle stupně automatizace [7].....	18
Obrázek 12 Rozdělení montážních činností [5].....	20
Obrázek 13 Ergonomie jako multidisciplinární obor [9]	22
Obrázek 14 Fyzikální faktory ovlivňující prostředí [9].....	23
Obrázek 15 Rozsah pohybu – krut trupu [11]	25
Obrázek 16 Rozsah pohybu – sklon hlavy [11].....	25
Obrázek 17 Rozsah pohybu – upažení a předpažení [10]	26
Obrázek 18 Optimální výška pracovní roviny pro práci vstoje [10]	27
Obrázek 19 Dosahové vzdálenosti v pracovní rovině [10]	27
Obrázek 20 Vertikální dosahové vzdálenosti [11].....	28
Obrázek 21 Postup řešení metodou DMAIC [13].....	29
Obrázek 22 Schéma postupného zlepšování metodou Kaizen [16].....	30
Obrázek 23 Metoda 5S/7S [23]	32
Obrázek 24 Před aplikací 5s (vlevo) / po aplikaci 5s (vpravo) [24]	33
Obrázek 25 Aktuální řešení pracoviště – fotografie.....	35
Obrázek 26 Aktuální řešení pracoviště – model	36
Obrázek 27 Původní pracoviště s vyznačenými pracovními prostory.....	39
Obrázek 28 Aktuální řešení pracoviště – model	41
Obrázek 29 Analýza operace 90 a 180	42
Obrázek 30 Analýza operace 140 a 260	42
Obrázek 31 Analýza operace 260	43
Obrázek 32 Návrh pracoviště č.1	44
Obrázek 33 Navrhované řešení	45
Obrázek 34 Navrhované řešení – detail na zásobování pracoviště	45
Obrázek 35 Navrhované řešení pracoviště – detail na skluz prázdných boxů	46
Obrázek 36 Navrhované řešení – pracovní rovina	46
Obrázek 37 Navrhované řešení – detail na doplnění pracoviště o čisticí prostředky	47
Obrázek 38 Okótované schéma pracoviště.....	48
Obrázek 39 Navrhované pracoviště s vyznačenými pracovními prostory	49
Obrázek 40 OWAS analýza operace 10	52
Obrázek 41 OWAS analýza operace 90 a 180	53
Obrázek 42 OWAS analýza operace 70	53

10 Seznam tabulek

Tabulka 1 Třídy prací s ohledem na potřebné osvětlení [9]	24
Tabulka 2 Hodnocení metody OWAS [12]	28
Tabulka 3 Kusovník.....	38
Tabulka 4 Montážní proces původního pracoviště	40
Tabulka 5 Prostory pracoviště.....	47
Tabulka 6 Montážní proces optimalizovaného pracoviště	50
Tabulka 7 Formulář 5S.....	51
Tabulka 8 Ekonomické zhodnocení.....	54