

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Průmyslové inženýrství a management

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Zvýšení efektivity výrobní linky

Autor: **Aleš Pavel**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Michal ŠIMON, Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

## **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**

Tato bakalářská práce byla podpořena formou odborné konzultace Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky v rámci projektu č. CZ.1.07/2.3.00/35.0048 „Popularizace výzkumu a vývoje ve strojním inženýrství a jeho výsledků (POPULÁR)“

Odborným konzultantem byl doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D., kterému děkuji za poskytnuté konzultace, kvalifikované rady a odbornou pomoc při sepsání této BP. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Zdeňkovi Syslovi Ph.D z firmy Heidrive za odborné rady a vedení při řešení praktické části práce. A nakonec samozřejmě děkuji své rodině za podporu během celého mého studia.

## **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

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Pavel	<b>Jméno</b> Aleš		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301R016 Průmyslové inženýrství a management			
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. ŠIMON, Ph.D.	<b>Jméno</b> Michal		
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Zvýšení efektivity výrobní linky			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	84	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	74	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Cílem bakalářské práce je eliminovat plýtvání na výrobních linkách navíjení cívek a montáže elektromotorů ve firmě Heidrive s.r.o.. Dalším cílem je tyto linky spojit a provést vybalancování linky. V první fázi projektu se provádí analýzy současného stavu výroby, hledají se problémová místa, kde dochází k plýtvání a následně je vypracován návrh konkrétních opatření. V další fázi jsou realizovány navržené změny. Nové uspořádání linky je poté podrobeno analýze a je zkoumáno, zda řešení vyhovuje požadavkům. V poslední fázi projektu je provedena standardizace práce a vizualizace na pracovištích linky. V závěru bakalářské práce je zhodnoceno řešení z hlediska časové úspory a ekonomického přínosu.</p>
<p><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>Plýtvání, časové studie, MTM, EKUV analýza, výrobní takt, balancování pracovišť. PDCA, standardizace práce</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Pavel	Name Aleš	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301R016 Industrial Engineering and Management		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. ŠIMON, Ph.D.	Name Michal	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Increasing efficiency of production line		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KPV	<b>SUBMITTED IN</b>	2014
----------------	---------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

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

<b>TOTALLY</b>	84	<b>TEXT PART</b>	73	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>The goal of bachelor thesis is eliminate waste at production lines of winding coils and electric motors in the company Heidrive s.r.o. Another aim is to combine these links and to perform balancing lines. In the first phase of the project is carried out analysis of the current state of production, is looking for trouble spots where there is waste and then drawn up proposals for optimizing. In the next phase the proposed changes are implemented. The new arrangement of the line is analyzed and then it is examined whether the solution meets the requirements. In the last phase of the project is carried out standardization work and visualization of workplaces at the line. In conclusion the thesis is evaluated solutions in terms of time savings and economic benefit.</p>
<b>KEY WORDS</b>	<p>Wasting, Time study, MTM, EKUV analyse, balancing, production takt, PDCA, standadization of work,</p>

## Obsah

Seznam obrázků .....	9
Seznam tabulek: .....	9
Seznam použitých zkratk a cizích výrazů.....	11
1 Metody měření času .....	13
1.1 Přímé měření.....	13
1.1.1 Časový snímek pracovního dne.....	13
1.1.2 Snímky operace .....	14
1.2 Metoda momentového pozorování .....	15
1.3 Nepřímé měření .....	15
1.3.1 MTM (Methods – Time - Measurement) .....	15
1.3.2 MOST.....	17
2 Plýtvání .....	18
3 EKUV analýza .....	20
4 Balancování linky .....	22
5 Metoda PDCA.....	24
6 Praktická část bakalářské práce.....	26
6.1 Představení firmy Heidrive s.r.o.....	26
7 Charakteristika současného stavu .....	28
7.1 Analýza linky navíjení.....	29
7.2 Montáž.....	34
8 Plýtvání na lince.....	40
8.1 Plýtvání na lince navíjení .....	40
8.2 Plýtvání na lince montáže.....	43
9 Návrh optimalizace .....	46
9.1 Stanovení taktu linky .....	46
9.2 Optimalizace navíjení .....	47
9.3 Optimalizace montáže .....	50
9.4 Plýtvání na montážní lince .....	52
9.5 Optimalizace linky montáže .....	54
10 Spojení linek navíjení a montáže .....	57
11 Standardizace a vizualizace linky .....	60
12 Ekonomické zhodnocení řešení .....	61
12.1 Investice.....	61
13 Úspora času.....	62
13.1 Návrh investice .....	62

ZÁVĚR.....	64
Zdroje .....	65



## Seznam obrázků

Obrázek 1-1: Rozdělení časových studií .....	13
Obrázek 2-1: Schéma linky .....	19
Obrázek 4-1: současný stav balancování - příklad .....	22
Obrázek 4-2: Vybalancování linky - příklad .....	23
Obrázek 5-1: Cyklus PDCA[11] .....	24
Obrázek 5-2 - Kontinuální zlepšování[11] .....	25
Obrázek 6-1: Motor PAR .....	27
Obrázek 6-2 Inhalátor PARI .....	27
Obrázek 7-1: Uspořádání linky navíjení .....	30
Obrázek 7-2: Pracoviště navíjení .....	30
Obrázek 7-3: Pracoviště svařování .....	31
Obrázek 7-4: Pracoviště lisování .....	32
Obrázek 7-5: Vyvážení pracovníků navíjení .....	33
Obrázek 7-6: Stávající podoba linky montáže .....	34
Obrázek 7-7: Pohled na linku montáže .....	34
Obrázek 7-8: Pracoviště kompletace konzole .....	35
Obrázek 7-9: Montáž motoru .....	36
Obrázek 7-10: Kontrola motorů .....	37
Obrázek 7-11: Vyvážení pracovníků montáže .....	39
Obrázek 8-1: Chůze pracovníka navíjení .....	40
Obrázek 8-2: Skladování cívek .....	41
Obrázek 8-3: Doplnění statorů na stůl .....	42
Obrázek 8-4: Zásoby mezi pracovišti .....	43
Obrázek 8-5: Chůze pracovníka montáže balit motory .....	44
Obrázek 8-6: doplňování zásob .....	45
Obrázek 9-1: Optimalizace linky navíjení .....	47
Obrázek 9-2 Svařování a lisování .....	47
Obrázek 9-3: Pracoviště navíjení .....	48
Obrázek 9-4: Schéma dopravního pásu .....	50
Obrázek 9-5: Dopravní pás .....	51
Obrázek 10-1: Plýtvání – balení .....	53
Obrázek 10-2: Zmetky .....	53
Obrázek 10-3: Optimalizace linky montáže .....	54
Obrázek 10-4 - Montáž .....	55
Obrázek 10-5: Kontrola .....	55
Obrázek 11-1: Spojení navíjení a montáže .....	58
Obrázek 11-2: Vytaktování linky .....	59

## Seznam tabulek:

Tabulka 1-1: Tabulka rozdělení metod MTM. [4] .....	17
Tabulka 6-1: Kusovník .....	28
Tabulka 7-1: Časy zaznamenané z videoanalýzy .....	29
Tabulka 7-2: Časy operací vypočtené z videoanalýzy .....	29
Tabulka 7-3: Stanovení časů – navíjení .....	31
Tabulka 7-4: Stanovení časů - svařování .....	32
Tabulka 7-6: Stanovení časů - montáž motoru .....	36

Tabulka 7-7: Stanovení časů - lisování vrtulky .....	37
Tabulka 7-9: Stanovení časů - kontrola .....	38
Tabulka 7-10: Stanovení časů - kontrola .....	38
Tabulka 8-1: Čas chůze k navíjení .....	41
Tabulka 8-2: Plýtvání při balení motorů .....	42
Tabulka 8-3: Čas doplňování statorů .....	43
Tabulka 8-4: Časy balení motorů .....	44
Tabulka 8-5: Časy doplňování materiálu .....	45
Tabulka 9-1: Stanovení doby navíjení .....	46
Tabulka 9-2: Pohyby pracovníka navíjení .....	48
Tabulka 9-3: Pohyby pracovníka svařování .....	49
Tabulka 9-4: Časy navíjení po optimalizaci .....	49
Tabulka 9-5: Časy svařování a lisování po optimalizaci .....	49
Tabulka 9-6: Schnutí časů linky navíjení .....	50
Tabulka 9-7: Čas lisování .....	51
Tabulka 9-8: Čas montáže motoru .....	51
Tabulka 9-9: Čas kontroly motoru .....	51
Tabulka 9-10: Čas balení motorů .....	52
Tabulka 9-11: Čas přípravy bedny pro balení .....	52
Tabulka 10-1: Spotřeba času při balení .....	52
Tabulka 10-2: Pohyby pracovníka montáže motoru .....	56
Tabulka 10-3: Pohyby pracovníka kontroly .....	56
Tabulka 10-4: Čas montáže na lince .....	56
Tabulka 10-5: Čas kontroly motoru .....	57
Tabulka 13-1: Investice .....	61
Tabulka 14-1: Současné normy .....	62
Tabulka 14-2: Nové normy .....	62

## Seznam použitých zkratk a cizích výrazů

PDCA	(Plan – Do – Check – Act) manažerská metoda založená na opakujících se čtyřech krocích, která se používá pro kontrolu nebo kontinuální zlepšování procesů a produktů
MTM	(Methods – Time – Measurement) vyjadřuje v překladu „metoda časového měření“. Metoda nepřímého měření času
Gitterbox	Standardizovaný typ palety, kterou tvoří kovový rám a stěny z drátěného pletiva o rozměrech 1240x835x970mm
MOST	(Maynard Operation Sequence Technique) Metoda nepřímého měření spotřeby času pracovní činnosti.
TMU	(Time Measurement Unit) Časová jednotka měření času
Kanban	Japonský výraz pro „kartu-objednávku“
Pull systém	(Systém tahu) Výroba na základě požadavku zákazníka
One Pice Flow	Pohyb jednoho kusu
Layout	Dispoziční rozvržení prostoru
Poka-yoke	Opatření proti chybám.
TPM	Systém autonomní údržby strojů a pracovišť pro snížení poruchovosti
Jidoka	Autonomizace, automatizace. Zásadní princip štíhlé výroby, který umožní strojům nebo pracovníkům detekci nenormálního stavu a okamžitě zastavit práci.

## Úvod

Prodejní cena produktu je v dnešní době do značné míry určována konkurenčním prostředím na trhu. Jednou z mála možností, jak zvýšit zisk podniku, je redukování vlastních nákladů. Podniky jsou nuceny neustále auditovat interní procesy a zvyšovat jejich efektivitu. Tato bakalářská práce se zaměřuje na zefektivňování výrobní linky. Práce je rozdělená na teoretickou a praktickou část.

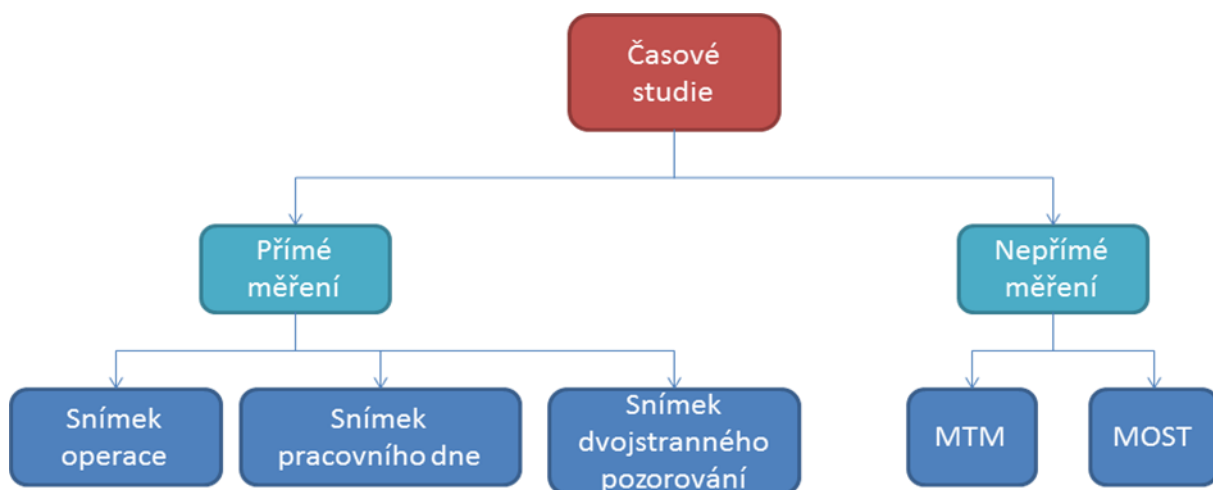
V teoretické části jsou popsány metody průmyslového inženýrství používané pro analýzu a zvyšování efektivity výrobních linek jako jsou časové studie, analýza plýtvání, balancování linek, normování práce, standardizace práce a vizuální management. Tyto metody jsou poté používány pro řešení praktické části práce

Cílem praktické části bakalářské práce je eliminovat plýtvání na výrobních linkách navíjení cívek a montáže elektromotorů ve firmě Heidrive s.r.o.. Dalším cílem je tyto linky spojit a provést vybalancování linky. Postup řešení projektu se řídí metodou PDCA. V první fázi projektu se provádí analýzy současného stavu výroby, hledají se problémová místa, kde dochází k plýtvání a následně je vypracován návrh konkrétních opatření. V dalších fází jsou realizovány navrhnuté změny. Nové uspořádání linky je poté podrobena analýze a je zkoumáno, zda řešení vyhovuje požadavkům. V poslední fázi projektu je provedena standardizace práce a vizualizace na pracovištích linky. V závěru bakalářské práce je zhodnoceno řešení z hlediska časové úspory a ekonomického přínosu.

## 1 Metody měření času

Metody měření času jsou nástroje průmyslového inženýrství, které jsou zaměřeny na oblast měření a analýzy práce. Cílem je změřit spotřebu času specifikované práce vykonané pracovníkem. Výstupem měření je norma spotřeby času. Informace z časových studií mohou také posloužit jako podklad pro zjištění ztrátových časů a následné racionalizaci práce. V této kapitole jsou popsány jednotlivé časové studie.

Časové studie dělíme:



**Obrázek 1-1: Rozdělení časových studií**

### 1.1 Přímé měření

Přímé měření sleduje proces v reálném čase přímo na pracovišti. Spotřeba času se stanovuje pomocí stopek a formulářů, popřípadě se používá specializované zařízení, které přepisují údaje do elektronické podoby a nahrazují, tak klasické stopky a papírové formuláře. Rozlišují se dva základní způsoby přímého měření. Pro stanovení času operace se používá chronometrůž a v případě, že sledujeme pracovníka, jedná se o snímek pracovního dne.[2]

#### 1.1.1 Časový snímek pracovního dne

Snímek pracovního dne je metoda, která zaznamenává spotřeby a ztráty času v průběhu celého pracovního dne formou nepřetržitého sledování. Snímek pracovního dne se může týkat jak dělníka, tak i administrativního a řídicího pracovníka. Výhodou této metody je získání podrobných informací o činnostech pracovníků během celého dne. Pozorovatel v přímém kontaktu s pracovníkem může rozpoznat lépe příčiny nedostatků a problémů v procesech, které mají za následek neefektivní využití pracovního času. Nevýhodou této metody je časová náročnost a jisté psychické zatížení pozorovatele a pozorovaného. [1]

Rozlišujeme:

- snímek pracovního dne pro jednoho pracovníka
- snímek pracovního dne skupiny pracovníků
- hromadný snímek pracovního dne (pozorování až 30 pracovníků)
- vlastní snímek pracovního dne (časové ztráty způsobené technickými a organizačními problémy)

### Základní etapy sestavování pracovního dne zahrnují: [1]

1. **Přípravy** – V první etapě se stanoví objekt(cíl) pozorování, výběr pracoviště, určení pracovníka a pozorovatele. Pozorovatel se seznámí se základními informacemi o pracovnících, pracovišti, jeho vybavení a organizaci práce. S účelem pozorování jsou seznámeni vedoucí a pozorovaní pracovníci. Výstupem příprav je harmonogram práce, který obsahuje všechny důležité informace o sestavování snímku.
2. **Pozorování a záznam** – Pozorovatel zaznamenává činnosti do pozorovacího listu od počátku směny až po ukončení směny.
3. **Rozbor a vyhodnocení snímku pracovního dne** – Vyhodnocení jednotlivých časů pro bilanci skutečné a normální spotřeby času. Pak následuje výpočet ukazatelů a vypracování návrhů optimalizace k eliminaci ztrát pracovního času.

#### **1.1.2 Snímky operace**

Snímky operace se používají pro analýzu určité práce, která se opakuje na pracovišti pracovníka.

Účelem snímků operace může být získání informací pro: [1]

- stanovení normativů
- zjištění účelnosti pracovního postupu
- podklady pro návrhy technologicko-organizační opatření
- odhalení plýtvání a jeho příčin

##### **1.1.2.1 Snímek průběhu práce**

Snímek průběhu práce zaznamenává druh činnosti a spotřebu práce. Používá se především u delších operací, u kterých je těžké předvídat postup činností (např. montáže strojírenských výrobků). Metoda je vhodná pro kusovou a malosériovou výrobu.

##### **1.1.2.2 Chronometráž**

Pro chronometráž je charakteristické pozorování cyklických operací, které se opakují. Dílčí činnosti předem známe a proto se spotřebovaný čas zaznamenává do předem předepsaných formulářů.

#### **Druhy chronometrání:**

##### Plynulá chronometráž:

- Nepřetržité pozorování všech operací
- Zjištění skutečných časů pro jednotlivé činnosti a celou operaci
- Pro velké série a hromadnou výrobu

##### Výběrová chronometráž:

- Pozorování jen některých vybraných činností operace
- Zaznamenávání konce a začátku činnosti
- Stanovení průměrných spotřeb času vybraných činností

### Obkročná chronometráž

- Nepřímé měření spotřeby času
- Neměří se čas jednotlivých činností, ale čas trvání skupiny prvků
- Zpětně se dopočítávají časy jednotlivých činností

#### **1.1.2.3 Videozáznam**

Záznam snímku práce pomocí videokamery je výhodné použít pro snímání operace s velmi krátkými úkony. Při vyhodnocování je k dispozici obraz činnosti a je proto možné přesně určit trvání i rychlých pohybů, které trvají krátkou dobu. Metoda se používá především v sériové výrobě, kde se manipuluje s relativně lehkými součástmi. [1]

## **1.2 Metoda momentového pozorování**

Tato metoda využívá teorie statistiky, pravděpodobnosti a náhodného měření. Zjišťuje počet výskytů pozorovaných dějů v průběhu pracovního procesu. Náhodně se volí momenty pozorování a zaznamenává se stav (např. zařízení pracuje nebo ne). Důležité je při zjištění, že zařízení je ve stavu nečinnosti, zaznamenat důvod proč tomu tak je. Pokud je získaný statistický soubor dostatečně velký, můžeme s vysokou pravděpodobností říci, že pozorování reprezentují reálný stav. Momentový snímek má použití především při zjišťování rozsahu prostojů u skupiny pracovníků nebo u strojů.[3],[9]

Výhody této metody oproti snímku pracovního dne jsou: [5]

- Nižší náklady
- Snadnější provedení
- Příznivější psychologické klima
- Možnost přerušení
- Žádné měřicí přístroje

Nevýhody metody:

- Neumožňuje získat podrobné informace o sledovaném ději
- Velký počet pozorování u málo četných časů

## **1.3 Nepřímé měření**

Zatímco metody momentového pozorování, snímky pracovního dne nebo operace jsou metodami přímého měření a pozorování spotřeby času, metody předem určených časů jsou metodami nepřímého pozorování. Jsou založeny na kombinaci časových a pohybových studií, tedy přiřazují základním pohybům (v závislosti na délce pohybu) předem určené časy, zjištěné na základě dlouhodobých měření práce. Jsou vhodné pro aplikaci ve všech odvětvích průmyslu se sériovou i malosériovou výrobou. [3]

### **1.3.1 MTM (Methods – Time - Measurement)**

Název Methods – Time – Measurement vyjadřuje v překladu „metoda časového měření“. Metoda MTM je definována jako postup, který rozkládá každou manuální operaci na základní elementární pohyby (mikropohyby) potřebné na vykonání práce a každému pohybu přiděluje dopředu určitou časovou hodnotu, která je vymezena povahou pohybu a podmínkami, za nichž se vykonává.[1]

Metoda MTM se používá jako nástroj pro tvorbu optimálních pracovních postupů. Z analýz MTM se zjistí pohyby, které jsou zbytečné, neefektivní a časově náročné. Poté se snažíme pracovní metodu optimalizovat z pohledu plýtvání času a ergonomie práce.

Časová jednotka měření je TMU (TimeMeasurement Unit) představuje 0,00001 hodiny (jednu stotisícinu hodiny)

Proměnné faktory, které jsou zkoumány:

- vzdálenosti
- typy pohybů
- úhly
- hmotnosti

### **Třídění základních elementárních pohybů: :[1]**

#### Pohyby ruky:

- sáhnout R (Rash)
- uchopit G (Grasp)
- přemístit M (Move)
- pustit RL (Relaease)
- umístit P (Position)
- oddělit D (Disengage)
- obrátit T (Turn)
- otočit C (Crank)
- tlačit AP (Aply-Pressure)

#### Funkce zraku:

- sledování pohledem ET (EyeTravel)
- pohled (zaostřit, rozlišit) EF (EyeFocus)

#### Pohyby těla a nohou:

- pohyb chodidla FM (FootMotion)
- pohyb nohy LM (Leg Motion)
- úkrok SS(Side Step)
- otočení trupu TB (Turn Body)
- nachýlení B (Bend)
- sehnutí SS (Stoop)
- pokleknutí KOK (Kneel on OneKnee)
- vzpřímení AB (Arise tromBend)
- usednutí SIT (Sit)
- postavení SDT (Stand)
- chůze WP (Walk Pace)
- kleknutí KBK (Kneel on BothKnees)
- vzpřímení z kleku AKBK(Arise fromKneel on BothKnees)



Základní systém MTM se označuje jako MTM – 1. Metoda MTM – 1 se používá především ve hromadné a velkosériové výrobě, kde je třeba provést podrobnou analýzu spotřeby času. Nevýhoda této analýzy je její časová náročnost, proto se nehodí pro kusové výroby a výroby s malým objemem kusů. Pro malosériovou a kusovou výrobu vznikly metody odvozené od základní metody MTM, které analýzu zjednodušují a analýza není tolik časově náročná a nákladná.[4]

Stupeň MTM	Podrobnost členění analýzy	Trvání operace v min.
MTM 1	Základní pohyby	0,1 – 0,5
MTM 2	Komplex pohybů	0,5 – 3
MTM 3	Úkony operace	3 – 30
MTM 4	Úseky operace	30 – 1800
MTM 5	Operace jako celek	více jak 1800

**Tabulka 1-1: Tabulka rozdělení metod MTM. [4]**

### 1.3.2 MOST

MOST = Maynard Operation Sequence Technique

Metoda nepřímého měření spotřeby času pracovní činnosti. Vychází ze skutečnosti, že jakákoliv práce je vlastně přemísťování hmoty či objektu a můžeme tuto práci popsat jedním ze čtyř sekvenčních modelů. K jednotlivým parametrům sekvenčních modelů jsou potom přiřazovány předdefinované indexy.[2]

Formy metody MOST:

- BacisMOST – činnosti s délkou trvání 2 – 10 s
- MniniMOST - činnosti s délkou trvání 10 s – 10 min
- MaxiMOST - činnosti s délkou trvání 2 min a více

**Přínosy metody MOST:[2]**

- velmi příznivý poměr mezi náročností metody a její přesností,
- odpadá subjektivita vznikající při přímém měření (stopky),
- možno definovat časy budoucích operací,
- identifikace plýtvání během vykonávané práce (vysoké indexy jsou podnětem pro zlepšení).

## 2 Plýtvání

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

Při identifikaci plýtvání rozlišujeme sedm základních druhů, mezi které patří: nadprodukce, zmetky, čekání, zásoba, pohyb, přeprava, nadpráce (vícepráce) a osmým je nevyužitý potenciál pracovníků.

Plýtvání se vyskytuje v každém podniku, proto by jej měli všichni pracovníci neustále vyhledávat a odstraňovat, aby zvyšovali produktivitu a snižovali náklady. Při odhalování si musíme uvědomit, že hledáme problémy a jejich příčiny, nikoliv viníky, které bychom chtěli potrestat.[2]

### Nadvýroba

Nadvýroba nastane, když je vyrobeno více výrobků, než požaduje zákazník. Nadvýroba se považuje za nejhorší plýtvání, protože skrývá nebo generuje ostatní plýtvání ve firmě. S nadvýrobou souvisejí nadbytečné zásoby, které vyžadují prostředky na úložný prostor, dopravu a jiné činnosti, které nepřidávají hodnotu produktu.

### Čekání

Kdykoli výrobek není ve stavu zpracování nebo dopravy, je to považováno za čekání. V tradičních výrobních postupech je velká část času ve výrobě čekání. Čekání na nástroje, lidi, zařízení či informace.

### Zásoby

Skladování v prostoru, na stolech nebo v počítačích. Skladování nepřidává výrobku žádnou hodnotu. Místo vyhrazené pro skladování může být využito efektivněji.

### Opravy

Špatně vyrobené produkty vyžadují opravy, korekce, přepracování. To vše způsobuje ztráty. Na zmetkové kusy se přichází během výroby nebo na výstupní kontrole. Velký problém nastává, když se zjistí špatně vyrobený produkt u zákazníka. Vznikají pak další náklady spojené s reklamací. Pro eliminaci oprav je důležité zjistit příčiny chyb. Poté provést opatření, aby nemohlo docházet k produkci zmetků. Například použití Poka-yoke, TPM nebo Jidoka.

### Pohyb

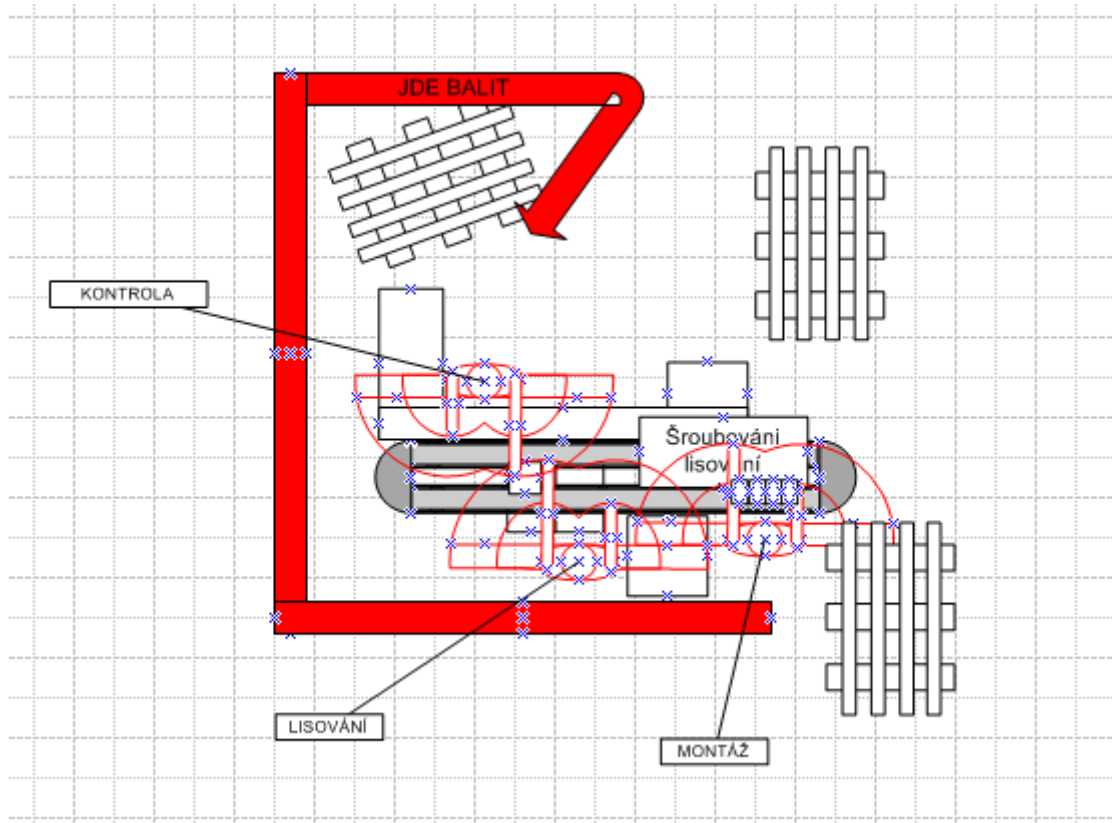
Pohyby, které jsou zbytečné, se považují za formu plýtvání.

Mezi zbytečné pohyby můžeme zařadit:

- Chůzi
- Nadbytečná manipulace s výrobkem
- Přemístování beden
- Hledání
- Třídění

Ne každý pohyb je plýtvání. Pohyby nutné pro přidání hodnoty produktu se neklasifikují jako plýtvání, pokud není možné je zkrátit.

Pro ukázkou, jak může eliminace zbytečných pohybů zefektivnit výrobu, je popsán následující příklad.



**Obrázek 2-1: Schéma linky**

Pracovník montáže chodí balit hotové výrobky, které odkládá pracovník kontroly na stůl. Po optimalizaci jsou hotové výrobky odkládány rovnou do bedny pracovníkem kontroly. Ušetřil se čas způsobený chůzí pracovníka montáže a nadbytečnou manipulací (skládání hotových výrobků do bedny ze stolu). Po eliminaci zbytečných pohybů se otevřel prostor pro další optimalizaci - sloučení pracoviště lisování a montáže. Výsledek je redukce tří pracovníků na dva.

### **Přeprava**

Transport, který je zbytečně komplikovaný a vzdálený, je plýtvání. Vzniká nevhodným uspořádáním – layoutu výrobní haly nebo skladováním rozpracovaných výrobků. Odstranění spočívá ve zkrácení přepravní vzdálenosti na co nejkratší a zavedení např. systémů kanban, pull system nebo One Piece Flow.

### **Nadpráce**

Nadpráce nastane kdykoliv se provádí na produktu více práce než si přeje zákazník a odmítá za ní zaplatit. Typickým příkladem nadpráce je používání nástrojů, které jsou přesnější, složitější nebo drahé, než je nezbytně nutné. Mezi možné protiopatření patří standardizace procesů nebo štíhlý vývoj výrobku.

### 3 EKUV analýza

Ekuv analýza je nástroj pro odstranění plýtvání a zkrácení průběžné doby výroby. Zkratka EKUV znamená Eliminieren – Kombinieren – Umstellen – Vereinfachen v češtině Eliminace – Kombinace – Reorganizace – Zjednodušení. Cílem této metody je zefektivnit procesy ve výrobě. Před aplikováním Ekuv analýzy na daný proces je třeba jej co nejlépe poznat, proto této metodě vždy předchází analýza práce a měření spotřeby času jednotlivých procesů/pohybů.

V první fázi se klasifikují jednotlivé úkony. Zda se jedná o: manipulaci, uložení mat., proces/montáž, čištění, kontrolu, transport, pohyb, čekání nebo poruchu. Klasifikace úkonu nám dá informaci o tom, který úkon přidává nebo nepřidává hodnotu a zda je nezbytný.

V druhé fázi se rozhoduje jakým způsobem je možné čas jednotlivých úkonů zkrátit nebo úplně eliminovat. Máme čtyři možnosti: .[12]

- Eliminace – odstranění úkonu
- Kombinace – provádění současně více úkonů
- Reorganizace – změna uspořádání pracoviště
- Zjednodušení – usnadnění úkonu

U jednotlivých možností si můžeme klást tyto otázky:

#### **E – eliminace:**

Je tento pohyb nezbytný?

Přináší tento pohyb hodnotu?

Můžeme tento pohyb odstranit?

#### **K – kombinace:**

Používá pracovník efektivně obě ruce?

Je možné současně provádět další úkon?

Je možné použít nějaký nástroj pro zefektivnění úkonu?

Může provádět pracovník nějaké úkony při zpáteční cestě?

Je způsob, jak by mohl používat jiné části těla (noha-pedál)?

#### **U - přestavění/reorganizace:**

Jsou pohyby ve správném pořadí?

Je možné pořadí pohybů přehodit?

Je možné pohyb zkrátit změnou pracoviště?

**V - zjednodušení:**

Je možné zjednodušit pohyb?

Lze usnadnit pohyb pomocí přírodních sil (gravitace, setrvačnost, reakce)?

Je pracovní výška vhodná pro pohodlnou pracovní pozici?

Jsou pohyby obou rukou a přirozené (kontinuální rotace a vyváženost)?

Ekuv analýzu lze použít pro zkrácení doby výroby, zrychlení přeseřizování nebo údržby (TPM).  
Obecně lze říci, že Eku analýza je užitečná všude tam, kde je zrychlení procesu klíčový faktor úspěchu.

## 4 Balancování linky

Balancování linky se používá pro navrhování a optimalizaci výrobních linek. Hlavním cílem balancování je rozložení činností mezi jednotlivé pracoviště tak, aby byl zajištěn plynulý materiálový tok. Správným použitím této metody průmyslového inženýrství se zamezí například hromadění materiálu před pracovištěm, zbytečnému čekání nebo nadvýrobě. Zásadní faktor pro balancování pracovišť je doba taktu.[2]

### Takt

Definice:

Čas taktu je tempo výroby, které odpovídá objednávce zákazníka. Jinými slovy, jak rychle je třeba vyrobít produkt s cílem vyplnit objednávku zákazníka. Doba taktu se vypočítá jako:[8]

$$Takt = \frac{\text{dostupný čas za den}}{\text{požadavek zákazníka za den}}$$

Příklad:

- Zákazník od nás kupuje 900 ks za den.
- Čas na den.... 7,5 hodiny

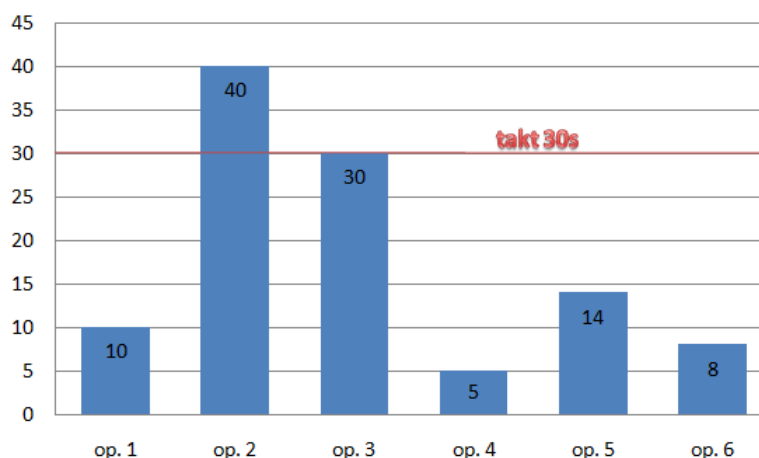
$$Takt = \frac{27000s}{900 ks} = 30 s$$

Tímto je zjištěno, že od nás kupuje zákazník jeden kus každých 30s a zároveň je to konečná rychlost pro výrobu daného výrobku.

### Postup při balancování linky

Na začátku balancování linky vycházíme z času taktu a doby jednotlivých operací. To znamená, že balancování linky vždy předchází měření spotřeby času na jednotlivých pracovištích. Dále je nutné mít informace o tom, jaké operace musí po sobě následovat a které je možné provádět libovolně během procesu výroby (montáže).

### Současný stav balancování



Obrázek 4-1: současný stav balancování - příklad

Výpočet počtu operátorů:

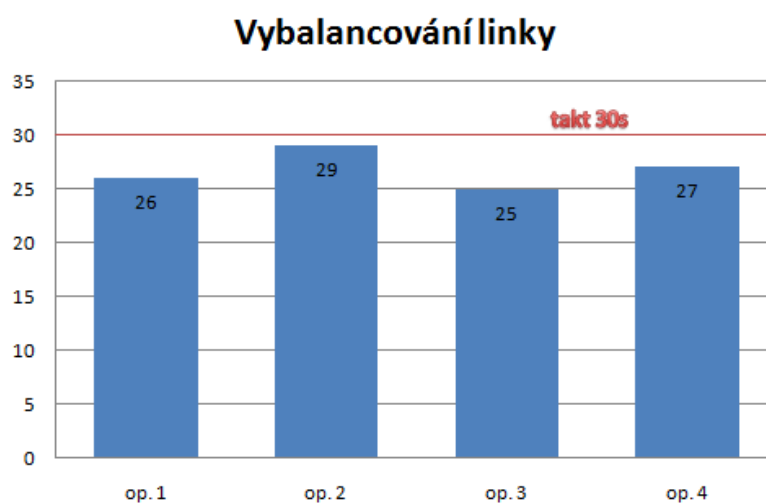
$$\text{počet operátorů} = \frac{\text{celkový čas práce na operacích}}{\text{čas taktu}}$$

- Čas taktu .....30s
- Celkový čas práce na operacích.....107s

$$\text{počet operátorů} = \frac{107}{30} = 3,56$$

Volba varianty čtyř operátorů znamená nižší využití operátorů. Při volbě tří operátorů se nabízí potenciál k zlepšení.

Nové vybalancování linky:



Obrázek 4-2: Vybalancování linky - příklad

Efektivnost linky:

$$E = \frac{\text{celkový čas na všech operacích}}{\text{počet pracovišť * doba taktu}}$$

Celkový čas práce na operacích..... 107s

Počet pracovišť.....4

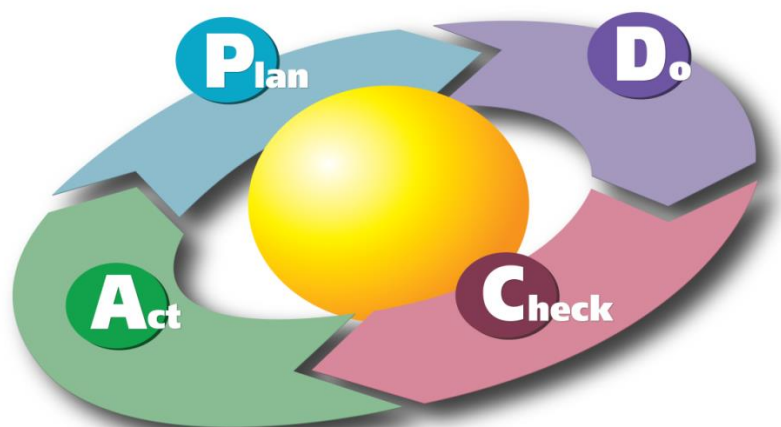
Doba taktu.....30s

$$E = \frac{107}{4 * 30} = 0,89 = 89\%$$

Zbývajících 11% tvoří nevyužitý čas, tedy 11,7s

## 5 Metoda PDCA

Metoda PDCA (Plan–Do–Check–Act) je manažerská metoda založená na opakujících se čtyřech krocích, která se používá pro kontrolu nebo kontinuální zlepšování procesů a produktů. Zkratka PDCA znamená Plan – Do – Check – Act respektive v češtině Plánuj – Udělej – Zkontroluj – Uskutečni. Tato metoda je také známá jako Demingův cyklus podle amerického profesora, statistika a konzultanta Williama Edwardse Deminga, který je autorem této metody. William Edwards Deming je známý pro svou průkopnickou práci statistického řízení jakosti v Japonsku. V roce 1991 se stal Deming členem Automotive Hall of Fame (automobilová síň slávy) a dle Deminga byla pojmenována jedna z neuznávanějších celosvětových cen za jakost. [11]



Obrázek 5-1: Cyklus PDCA[11]

Metoda se skládá z čtyř po sobě jdoucích fází[11]:

**P – Plan (plánuj)** – První fáze se zaměřuje na sběr informací a poznání problému. Prvotní analýzy prověří výkonnost systému a odhalí problémy a omezení procesů. Analyzují se hlavní příčiny problémů a navrhuje se možnosti, které tyto problémy řeší. Na základě získaných informací se poté vypracuje plán realizace opatření. Plán by měl obsahovat jednotlivé činnosti, které je třeba provést k odstranění problému a zlepšení systému.

**D – Do (udělej)** – V této fázi se realizují plánované změny, provede proces, vyrobí produkt. Postupuje se podle plánu, který byl vytvořen v předchozí fázi.

**C – Check (zkontroluj)** – Po realizaci následuje kontrola. Analyzují se efekty změn a porovnávají se s plánovanými výsledky. V případě že se vyskytnou nějaké problémy, je nutné se zaměřit na překážky, které brání zlepšení.

**A – Act (Akce)** – Jsou-li všechny problémy odstraněny, nastává finální fáze, všechny potřebné změny zavést/standardizovat do procesů nebo systému. Je zapotřebí proškolení další osoby, které se změny dotknou a jejich spolupráce je nutná pro provedení změn. Po implementaci je nutné kontrolovat, zda jsou změny řádně uplatňovány.



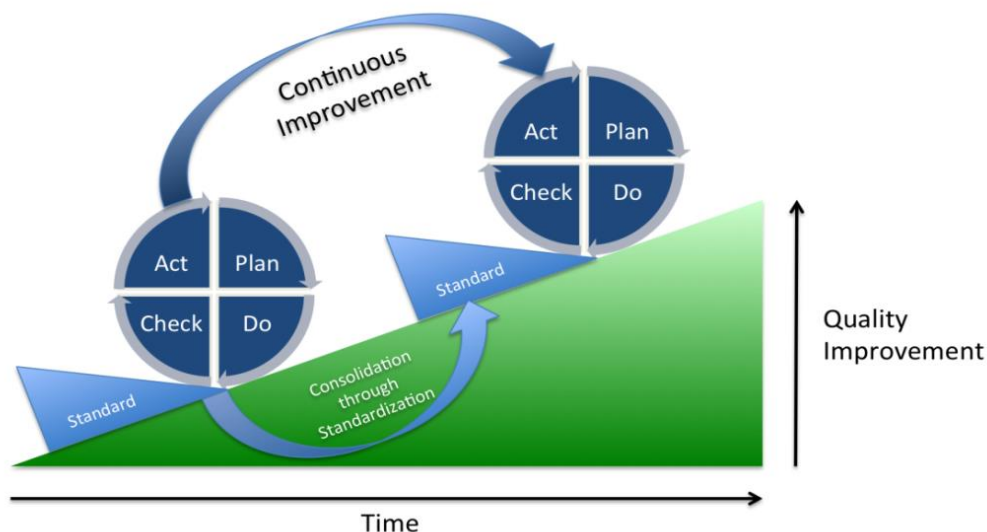
PDCA je možné využít v těchto oborech[11]:

- výroba
- logistika
- informační systémy
- systém jakosti
- management
- marketing
- psychologie
- ve všech oborech

PDCA je velmi univerzální metoda, proto je možné ji použít opravdu v mnoha oborech. Nejčastěji je použita jako nástroj pro neustálé zlepšování, zahájení nového projektu, návrh nového zlepšeného procesu nebo výrobku. Také je možné použít metodu jen pro sběr dat a analýzu systému.

#### **Přínosy a cíle zavedení metody:**

Cílem metody je kontinuální zlepšování procesů ve firmě, v případě že je metoda PDCA používána cyklicky. Dochází k postupnému zlepšování po menších krocích, jak je to znázorněno na obrázku 5-2. Tato metoda se ale používá i pro jednorázové změny. V tomto případě je cílem zaručeně a hlavně správně změnu realizovat s permanentním efektem. Použití této metody přispívá k odhalení potenciálních problémů již při provádění změn. Nestává se pak, že je nalezena chyba při provozu až po implementaci. Další výhodou je šetření času. Při použití PDCA vždy víme, v jaké části projektu se nacházíme, a můžeme se plně soustředit na konkrétní fázi, na které zrovna pracujeme. S tím souvisí i snadnější odhad spotřeby času aktuální fáze. Přínosem PDCA je tedy vyšší produktivita implementování zlepšení v podniku.



**Obrázek 5-2 - Kontinuální zlepšování[11]**

## 6 Praktická část bakalářské práce

Obsahem praktické části bakalářské práce je aplikovat metody průmyslového inženýrství uvedené v teoretické části bakalářské práce v praxi ve firmě Heidrive. Tato firma se zabývá výrobou elektrických pohonů. Cílem je analyzovat současný stav výroby na lince navíjení cívek a finální montáže elektromotorů, optimalizovat tyto linky pomocí eliminace plýtvání a pak linky sloučit, aby na sebe přímo navazovaly. V závěru bakalářské práce je zhodnoceno řešení z hlediska časové úspory a ekonomického přínosu.

### 6.1 Představení firmy Heidrive s.r.o.

Společnost Heidrive působí na českém trhu od roku 1995, kdy byla založena česká pobočka s názvem Heidolph České elektromotory s.r.o. Ve své historii prošla růstem a několika stěhováními do větších a vhodnějších prostorů. Hlavním zaměřením firmy je výroba a montáž elektromotorů. V současné době firma zaměstnává více jak 80 zaměstnanců a sídlí v Mrákově nedaleko Domažlic. [7]

Historie společnosti Heidrive začíná v roce 1720, kdy Hans Heidolph založil kovárnu názvem Heidolph. Až po více než 200 let později byla založena firma Heidolph Group jak je známa dnes. Společnost rychle expandovala a otevřela další závody v Německu a Kanadě. V roce 1961 byl otevřen závod v Kelheimu, kde je dodnes centrála podniku. Zde probíhá hlavně vývoj a výroba elektromotorů. V roce 1968 se ke skupině Heidolph Group připojila další společnost sídlící v Kelheimu. Tím se portfolio výrobků rozšířilo ještě o produkty z oblasti lékařské techniky. Od února 2014 patří společnost Heidrive GmbH do skupiny Private Equity společnosti palero Invest. [7]

Skupina Heidolph Group se zaměřuje na dvě výrobní oblasti:

**Heidolph Instruments** – společnost vyrábějící laboratorní a lékařskou techniku s dceřinými společnostmi a obchodními organizacemi rozmístěnými po celém světě. Centrála v německém Schwabachu.

**Heidrive** - výrobou elektromotorů, převodovek a elektronických ovladačů. Objem výrobků přesahuje 1 milion výrobků za rok.

Společnost Heidrive s.r.o. v Mrákově se specializuje na výrobu produktů v různých odvětvích technického průmyslu. Od svého založení firma postupně obměňuje svůj výrobní program, který je utvářen v závislosti na nárocích zákazníka a změnách požadavků trhu.

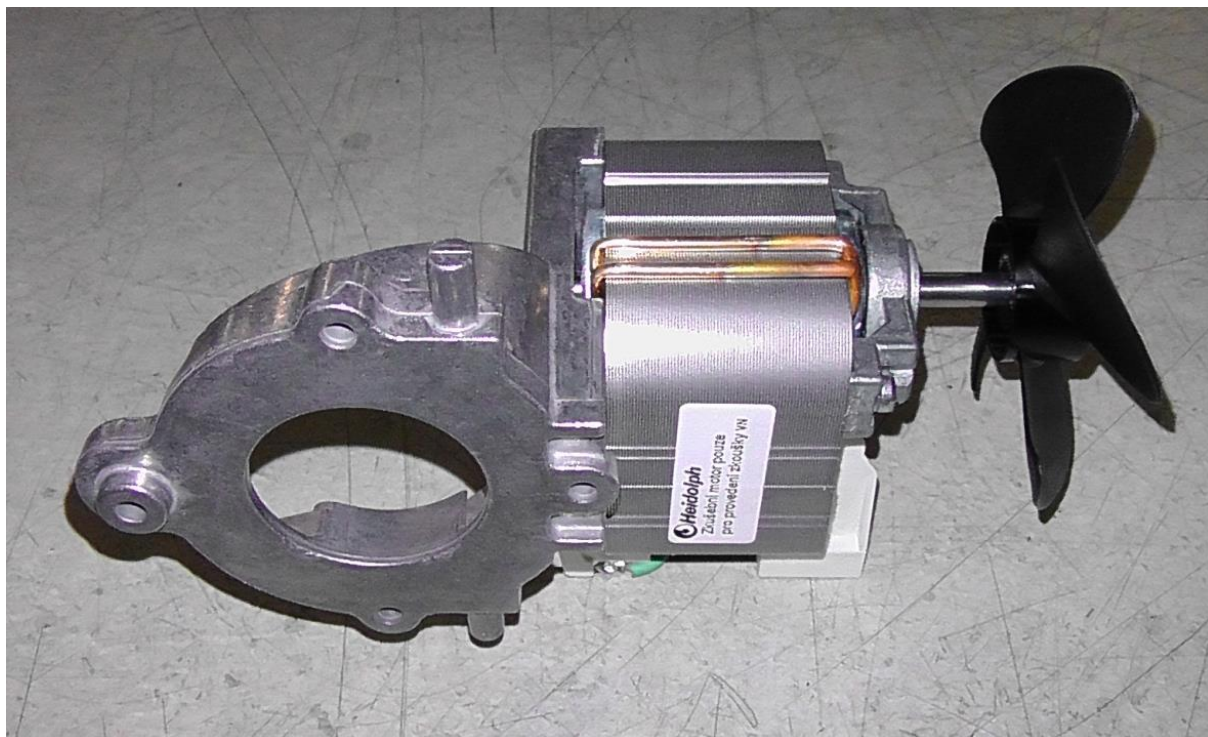
#### Současný výrobní program :

1. Heidolph Instruments:
  - Rotační výparník
  - Hřídelové míchačky
  - Magnetické míchačky
  - Peristaltická čerpadla
  - Homogenizéry
2. Hedrive Elektro:
  - Elektromotory
  - Elektronické ovladače
  - Převodovky

Hlavním cílem firmy Heidrive je maximální respektování požadavků zákazníka na výrobek. Velkými přednostmi společnosti Heidrive je vynikající kvalita, vysoká flexibilita, kvalitní servis a efektivita výrobních procesů. Společnost Heidrive vlastní certifikát jakosti DIN EN ISO 9001:2008, který se odráží ve výrobě, vývoji, laboratorní technice a distribuci elektromotorů. [7]

### Výrobek Pari

Výrobek vyráběný na linkách, které jsou v této práci optimalizovány je motor pro francouskou společnost Pari. Tento motor je určen jako pohon do inhalátorů ve zdravotnictví.



Obrázek 6-1: Motor PAR



Obrázek 6-2 Inhalátor PARI

Kusovník:

1	STATOR
2	ROTOR
3	LOŽISKOVÝ ŠTÍT
4	HŘÍDEL
5	TĚLO STATORU
6	JHEL(JOCH)
7	KONZOLE
8	VRTULKA
9	ŠROUBY 2X
10	DRÁT
11	LOŽISKO
12	KONTAKTY
13	TYPOVÝ ŠTÍTEK

**Tabulka 6-1:Kusovník**

## 7 Charakteristika současného stavu

V příloze č. 1 – Layout výrobní haly je pohled na celou výrobní halu. Jsou zde označena pracoviště, která souvisí s Pari. Je to výroba rotorů, svařování statorů, výroba ložiskového štítu (ložisko), skladování cívek před montáží, navíjení cívek a finální montáž. Naším cílem je zefektivnit pracoviště navíjení a montáže. Byly proto provedeny analýzy práce na jednotlivých pracovištích, aby poté posloužily jako materiál pro odhalení plýtvání.

Analýzy byly provedeny pomocí videozáznamu. Činnosti se rozdělily na jednotlivé úkony. Z pořízených videozáznamů se pak zapisovaly začátky a konce úkonů. Analyzovalo cca. 20-30 kusů.

Příklad zapisování časů z videozáznamu pracoviště svařování:

Činnosti byly rozděleny na:

- Svařování
- Zkoušení
- Odložení

Zapisování časů:

- 0:13 začátek úkonu svařování
- 0:19 konec svařování a začátek zkoušení
- 0:20 konec zkoušení a začátek odkládání

Svařování	0:13	0:19	0:26	0:33	0:41	0:50	0:57	1:04	1:11	1:17	1:25	1:32	1:40
Zkoušení		0:20	0:28	0:34	0:42	0:51	0:58	1:05	1:12	1:19	1:27	1:34	1:41
Odložit		0:20	0:28	0:34	0:42	0:51	0:58	1:06	1:12	1:19	1:27	1:34	1:42

**Tabulka 7-1: Časy zaznamenané z videoanalýzy**

Zde jsou určeny časy jednotlivých operací. Poté se vypočetly jejich průměry

Svařování	0:06	0:06	0:05	0:07	0:08	0:06	0:06	0:05	0:05	0:06	0:05	0:06	0:05
Zkoušení	0:01	0:02	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:02	0:02	0:02	0:01	0:01
Odložit	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:01	0:00	0:00	0:00	0:00	0:01	0:00
<b>SOUČET</b>	<b>0:07</b>	<b>0:08</b>	<b>0:06</b>	<b>0:08</b>	<b>0:09</b>	<b>0:07</b>	<b>0:08</b>	<b>0:06</b>	<b>0:07</b>	<b>0:08</b>	<b>0:07</b>	<b>0:08</b>	<b>0:06</b>

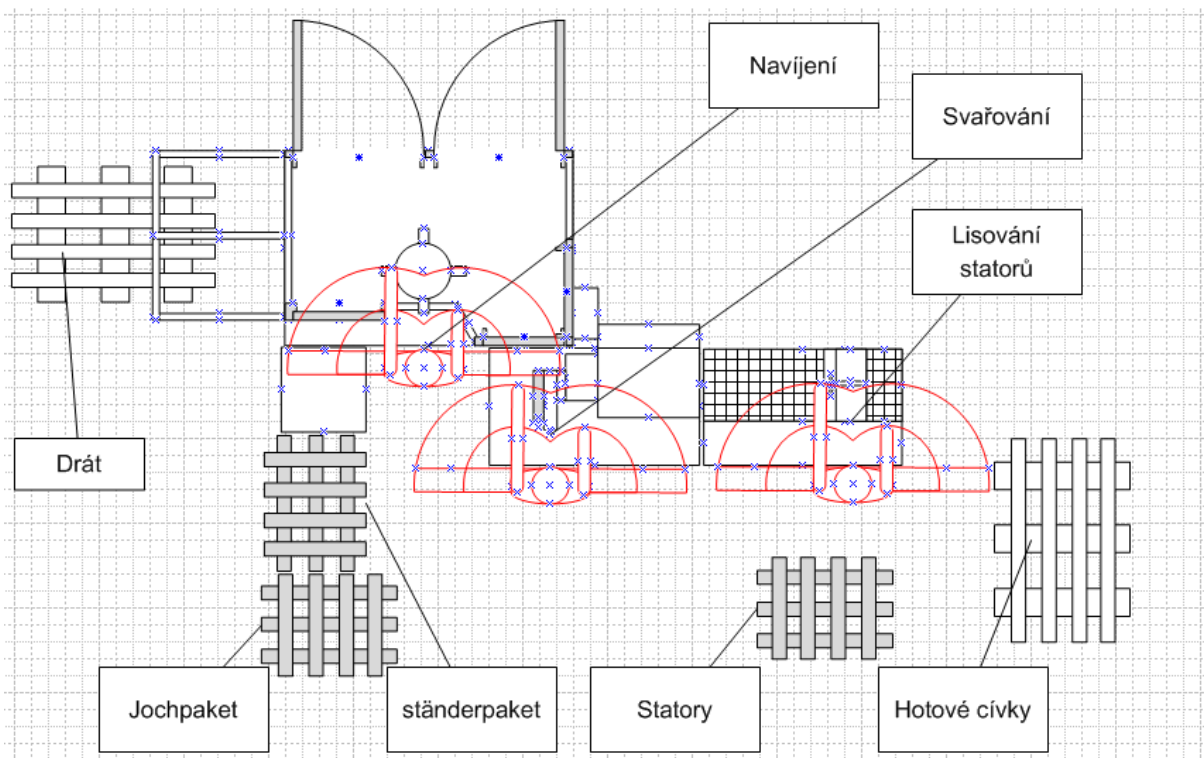
**Tabulka 7-2: Časy operací vypočtené z videoanalýzy**

Pro měření časů operací a analýzy práce byla použita metoda videozáznamu, protože nám poskytuje obraz operace a můžeme tak určit i dobu velmi rychlých pohybů. Další výhodou této metody je pořízení záznamu, ze kterého můžeme poměrně snadno zjistit, kde dochází v průběhu výroby k plýtvání.

## 7.1 Analýza linky navíjení

Na lince navíjení se vyrábí cívky, které se potom balí do gitterboxů a putují na linku montáže motorů. V případě, že linka montáže není v provozu, skladují se cívky na vyhrazeném místě ve výrobní hale. Uspořádání linky je znázorněno níže na obrázku 7-1. Probíhá zde nasazení koster cívky, navíjení drátu, svařování kontaktů a lisování statorů.

Dále je podrobně popsána práce na pracovištích včetně určených časů jednotlivých operací z videoanalýzy.



**Obrázek 7-1: Uspořádání linky navijení**

**Pracoviště navijení:**

Popis práce: Na tomto pracovišti pracovník naráží kostru cívky a poté přechází k navíječce. U navíječky založí kostry cívky do navíjecího stroje a spustí navijení drátu. Poté hned po otočení kolotoče vyjme navité cívky a posílá je ke svařování. Při předávání cívek na další pracoviště se vizuálně kontroluje navití a případně se korigují oka cívky.



**Obrázek 7-2: Pracoviště navijení**

Stanovení časů jednotlivých úkonů:

NAVÍJENÍ	ks		čas pro 1 ks
Přemísťování koster cívky	15	0:07:00	0:00:28
Narážení kostry cívky 2x	1	0:04:47	0:04:47
	1	0:04:47	0:04:47
Chůze k navíječce	2	0:02:50	0:01:25
Dává cívky do stroje + máčkne tlačítko	2	0:03:53	0:01:57
Bere cívky ze stroje	2	0:01:53	0:00:56
Zakládání kusů do navíječky	0	0:01:37	0:01:37
Zkouší šířku s těla cívky	2	0:02:45	0:01:22
Korekce ok na cívce	2	0:09:38	0:04:49
Přerovnávání kusů u navíječky		0:02:00	0:02:00
Součet		0:41:10	0:24:08

**Tabulka 7-3: Stanovení časů – navíjení**

**Svařování:**

Popis práce: Na pracovišti svařování pracovník převezme navité cívky a svařuje kontakty cívky. Poté ověřuje vodivost kontaktů přiložením kontaktu na zkoušečku. Zkoušečka signalizuje vodivost zvukovým signálem. Následně odkládá cívku k pracovišti lisování statorů.



**Obrázek 7-3: Pracoviště svařování**

Časy určené z videoanalýzy:

SVAŘOVÁNÍ	ks	čas pro 1 ks
Svařování	1	0:05:00
Zkoušení + bere druhou rukou cívku	1	0:01:00
Odložení	1	0:01:00
<b>SOUČET</b>		<b>0:08:00</b>

**Tabulka 7-4: Stanovení časů - svařování**

### **Lisování statorů:**

Popis práce: Zde probíhá lisování statorů. Pracovník obsluhuje lis (zakládá cívky a statory a vyndává nalisované cívky z lisu), poté balí cívky do gitter boxu. Zásoby statorů má pracovník k dispozici za zády, odkud si je po přibližně deseti kusech připravuje na stůl.



**Obrázek 7-4: Pracoviště lisování**

Časy operací z videoanalýzy:

LISOVÁNÍ	ks	čas pro 1 ks
Přípravení cívky a statoru do levé ruky	1	0:01:00
Vymutí nalisované cívky	1	0:00:30
Vložení cívky a statoru do lisu	1	0:02:00
Očistění špon ze statoru	1	0:03:00
Odložení na karton	1	0:01:00
<b>SOUČET</b>		<b>0:09:00</b>

**Tabulka 6-5: Stanovení časů - lisování**



Doplňování statorů na stůl:

VYNDAVÁNÍ STATORŮ	čas pro 10 ks	čas pro 1 ks
Otáčení k bedně	0:01:00	0:00:06
Uchopení 5 statorů do každé ruky	0:01:00	0:00:10
Otáčítáčení se ke stroji	0:02:00	0:00:12
Srovnávání statorů na lisu	0:02:00	0:00:12
<b>Součet</b>	<b>0:06:00</b>	<b>0:00:40</b>

**Tabulka 6-6: Stanovení časů - doplňování statorů**

**Závěr analýzy:**

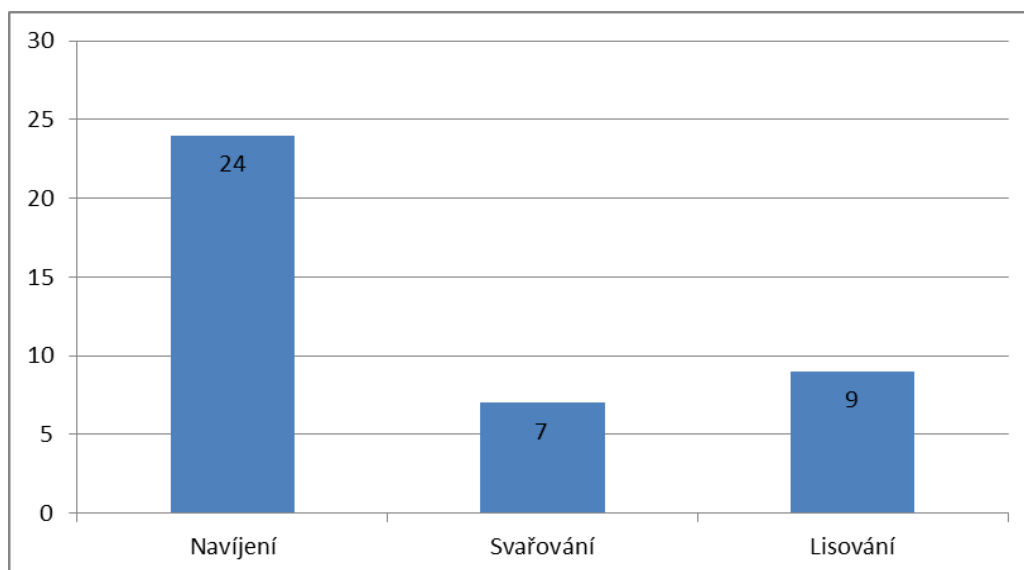
V tabulce 6-7 je souhrn naměřených časů. Na obrázku 7-5 je vyjádřeno v grafu současné vybalancování linky navíjení. Je zde evidentně poznat, že pracoviště navíjení je úzké místo linky. Je to dáno dlouhou dobou navíjení drátu na navíjecím stroji. Standardně na lince navíjení pracují dva dělníci, jeden obsluhuje jen navíjení a druhý pracuje střídavě na svařování a lisování.

Takt pracovišť:

Takt	Čas(s)
Navíjení	0:24:00
Svařování	0:07:00
Lisování	0:09:00

**Tabulka 6-7: Takt jednotlivých pracovišť**

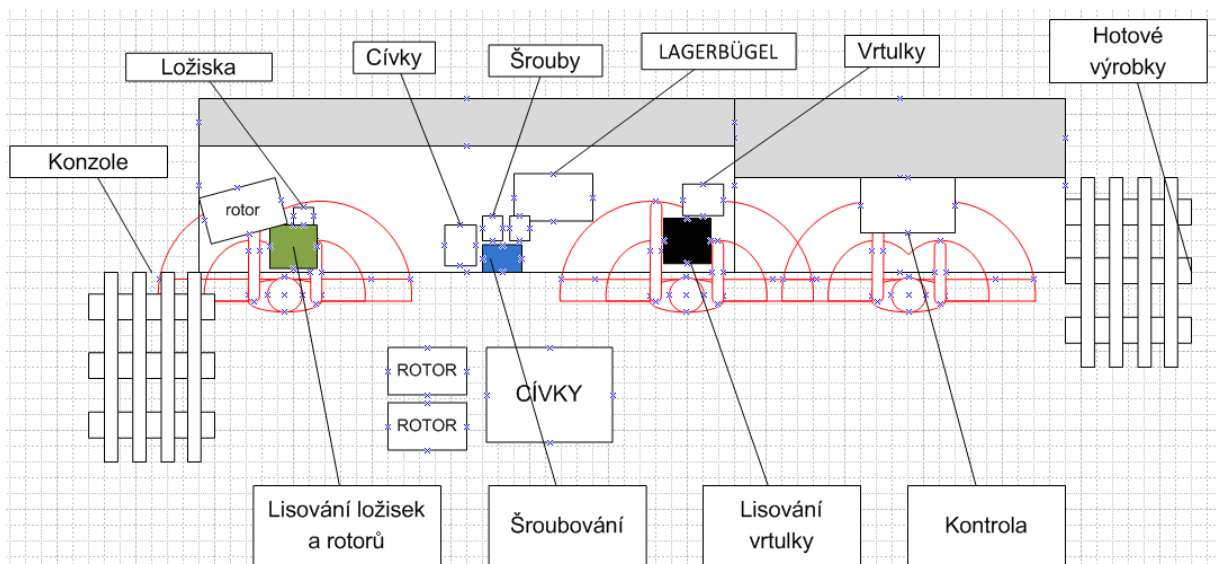
Vyvážení pracovišť:



**Obrázek 7-5: Vyvážení pracovníků navíjení**

## 7.2 Montáž

Na lince montáže se montují všechny komponenty motoru a hotové motory jsou poté baleny a posílány k zákazníkovi. Uspořádání pracoviště montáže je zobrazeno na obrázku 7-6 a na fotografii níže. Pracoviště se skládá z lisování ložisek a rotorů, šroubování, lisování vrtulky, kontroly elektrických hodnot hotových motorů. Výrobky jsou mezi pracovišti posílány po stole. Balení zde zajišťuje pracovník, který obsluhuje lisování ložisek rotorů.



Obrázek 7-6: Stávající podoba linky montáže

Pohled na celou linku montáže:



Obrázek 7-7: Pohled na linku montáže

### Pracoviště kompletace konzole

Popis práce: Na tomto pracovišti pracovník založí konzoly do přípravku a lisuje pomocí ručního lisu nejprve ložisko a poté rotor.



**Obrázek 7-8: Pracoviště kompletace konzole**

Časy operací montáže určené z videozáznamu:

Jsou uvedeny i časy chození pracovníků mezi pracovišti, doplňování materiálu a balení.

<b>KOMPLETACE KONZOLE</b>	sekundy
Vyndávání konzolí na stůl cca. 10 Kusů	0:11:00
Uložení konzole do přípravku na lisu	0:02:00
Uložení ložiska do přípravku	0:01:51
Lisování ložisko	0:01:17
Uložení rotoru do přípravku + lisujování	0:03:34
Odkládání konzole na stůl	0:01:34
<b>Suma</b>	<b>0:10:17</b>
Přecházení k pracovišti kompletace motorů	0:02:00
Dává konzoly na přípravek + cívka	0:02:00
Bere z bedny ložiskové štíty (cca. Pro 10 motorů)	0:04:00

**Tabulka 7-8: Stanovení časů - kompletace konzole**

### **Montáž motoru:**

Popis práce: Zde pracovník nasazuje na konzoly cívku a připevňuje ji dvěma šrouby. Cívky si pracovník doplňuje z gitterboxu, který stojí za ním. Tento pracovník obsluhuje i pracoviště lisování vrtulky, které je umístěno hned vedle.



**Obrázek 7-9: Montáž motoru**

### **Stanovení časů montáže motoru a lisování vrtulky:**

Jsou uvedeny i časy doplňování materiálu a chození pracovníků mezi pracovišti.

<b>MONTÁŽ MOTORU</b>	<b>sekundy</b>
Uložení konzole do přípravku	0:01:17
Uložení cívky na konzoli	0:01:26
	0:01:26
Vyndání šroubů z bedny (cca. 10 motorů)	0:03:00
Nasazení šroubů	0:02:00
Šroubování	0:04:00
Odkládání motoru na stůl	0:01:09
<b>Suma</b>	<b>0:11:17</b>
Skládní cívek na stůl z GB – 2x plato	0:09:00
Přecházení k pracovišti kompletace vrtulek	0:01:00

**Tabulka 7-5: Stanovení časů - montáž motoru**

KOMPLETACE VRTULKY	sekundy
Uložení motoru přípravku	0:01:09
Uložení vrtule	0:01:00
Lisování vrtule	0:00:51
Odložení motoru ke zkoušečce	0:02:00
Suma	0:05:00

**Tabulka 7-6: Stanovení časů - lisování vrtulky**

### **Kontrola motorů:**

Popis práce: Pracovník kontroly připojí motor na zkoušečku elektrických hodnot a čeká, než proběhne kontrola. Poté kontroluje točivost hřídele. Když je vše v pořádku, nalepí na motor štítek a odkládá motor k zabalení.



**Obrázek 7-10: Kontrola motorů**

Stanovení časů kontroly:

<b>KONTROLA MOTORŮ</b>	<b>Čas</b>
Nasazení motoru do zkoušecího přípravku	0:02:17
Čekání na zkoušku	0:03:17
Poklepání motoru	0:03:43
Zkoušení hluku	0:01:26
Zkoušení točivosti	0:02:26
Nalepení typového štítku	0:04:00
Odložení motoru k zabalení	0:01:09
<b>Suma</b>	<b>0:18:17</b>

**Tabulka 7-7: Stanovení časů - kontrola**

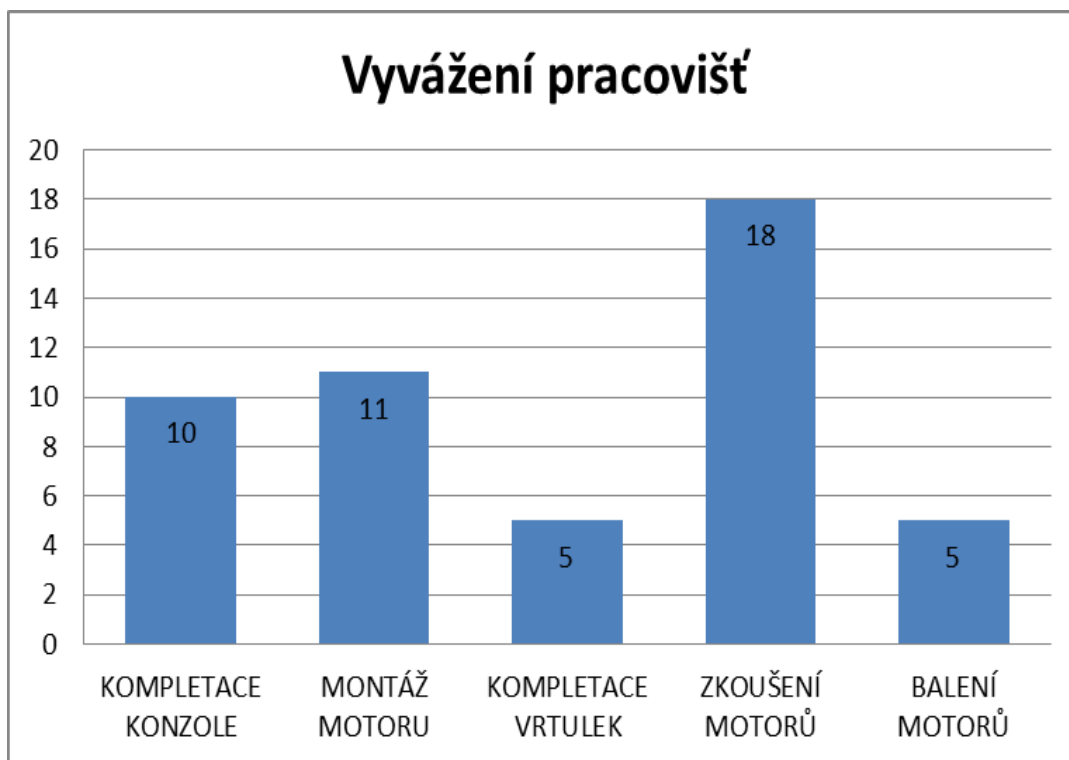
**Balení motorů:**

Není standardizováno, který pracovník obstarává balení. Balení motorů obsluhuje buď pracovník kompletnosti konzole nebo pracovník montáže motorů.

<b>BALENÍ MOTORŮ</b>	<b>sekundy</b>
Balení motorů	0:01:56
Chůze pro proklady (proklady pro 10 motorů)	0:00:40
Počítání prokladů	0:00:40
Vkládání prokladů do GB	0:00:30
Chůze zpět ke zkoušečce	0:01:51
<b>Suma</b>	<b>0:05:37</b>

**Tabulka 7-8: Stanovení časů - kontrola**

Vyvážení pracovišť montáže:



**Obrázek 7-11: Vyvážení pracovníků montáže**

Na obrázku 7-11 je zobrazeno současné vyvážení pracovišť. Uvedené časy jsou bez doplňování materiálu a chození pracovníků mezi pracovišti. Na závěr je třeba poznamenat, že průběh práce na lince není standardizován, proto produktivita pracovníků a efektivnost procesů na pracovišti může kolísat v závislosti na tom, jaký pracovník zrovna na lince pracuje a jaký zvolí způsob doplňování materiálu a pohybů mezi pracovišti.

## 8 Plýtvání na lince

Analýza plýtvání je důležitá, protože nám poskytuje informace o procesech, které jsou neefektivní a které nepřidávají výrobku hodnotu, za kterou je zákazník ochoten zaplatit. Tyto procesy se snažíme při návrhu nového řešení eliminovat nebo zkracovat jejich dobu na minimum.

Při analýze a odstranění plýtvání byla použita metoda EKUV. V první fázi se jednotlivé úkony pracovníků klasifikovali, o jaký druh úkonu se jedná a poté se rozhodlo, jakým způsobem se sníží čas jejich trvání. Byla snaha v co největší míře eliminovat úkony, které byly klasifikovány jako typické plýtvání (chůze, čekání, opravy atd.). U operací, které jsou nezbytné pro montáž výrobku (lisování, založení materiálu atd.), byla snaha tyto operace zjednodušit, zkrátit manipulační vzdálenosti a lépe ergonomicky navrhnout, aby se doba jejich trvání maximálně snížila. Následně je odhadnut čas operací po zavedení navržených opatření. To nám poté pomůže při taktování linky. Formuláře EKUV analýzy linky navíjení a montáže jsou v příloze č.2 a č.3.

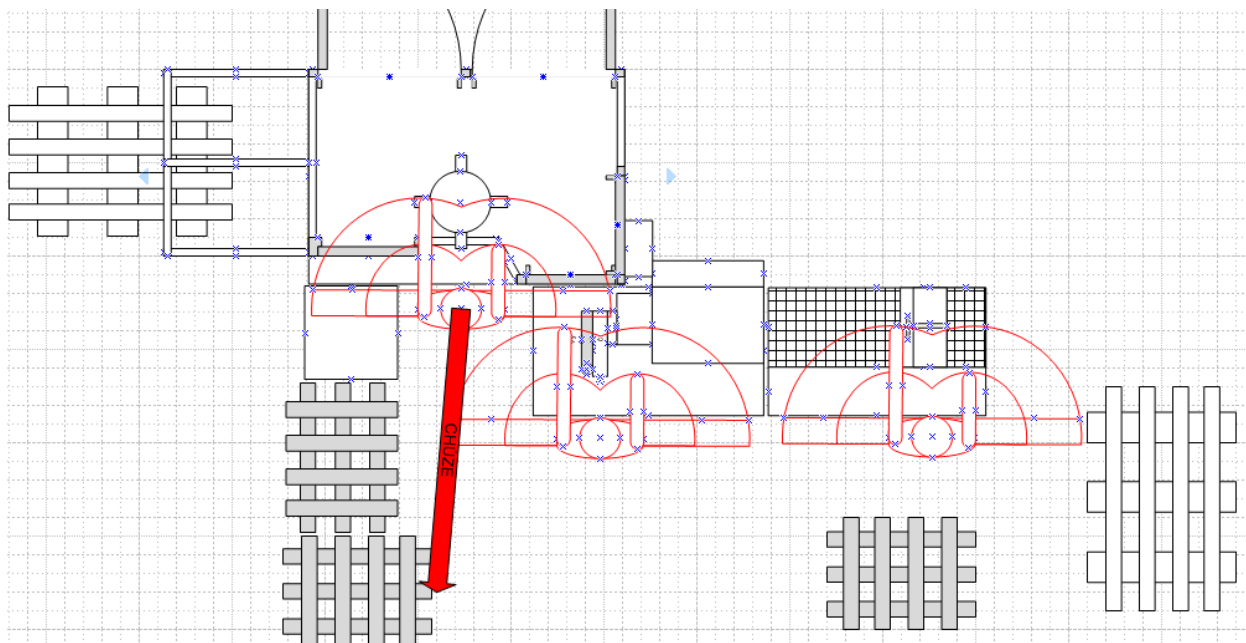
Následně jsou detailněji popsána plýtvání na linkách navíjení a montáže. Je uvedeno, kolik tyto procesy spotřebovávají času. A nakonec je navrženo řešení, které řeší daný problém.

### 8.1 Plýtvání na lince navíjení

#### Chození pracovníka u navíjení

##### Problém:

Pracovník navíjení naráží tělo statoru a pak jde k navíječce. (Znázorněno na obrázku níže.)



Obrázek 8-1: Chůze pracovníka navíjení



ČINNOST	ks		1KS
Bere kostry cívek a dává na ständerpakety	15	0:07:00	0:00:28
Chůze k navíječe	2	0:03:00	0:01:30
Součet			0:01:58

Tabulka 8-1: Čas chůze k navíjení

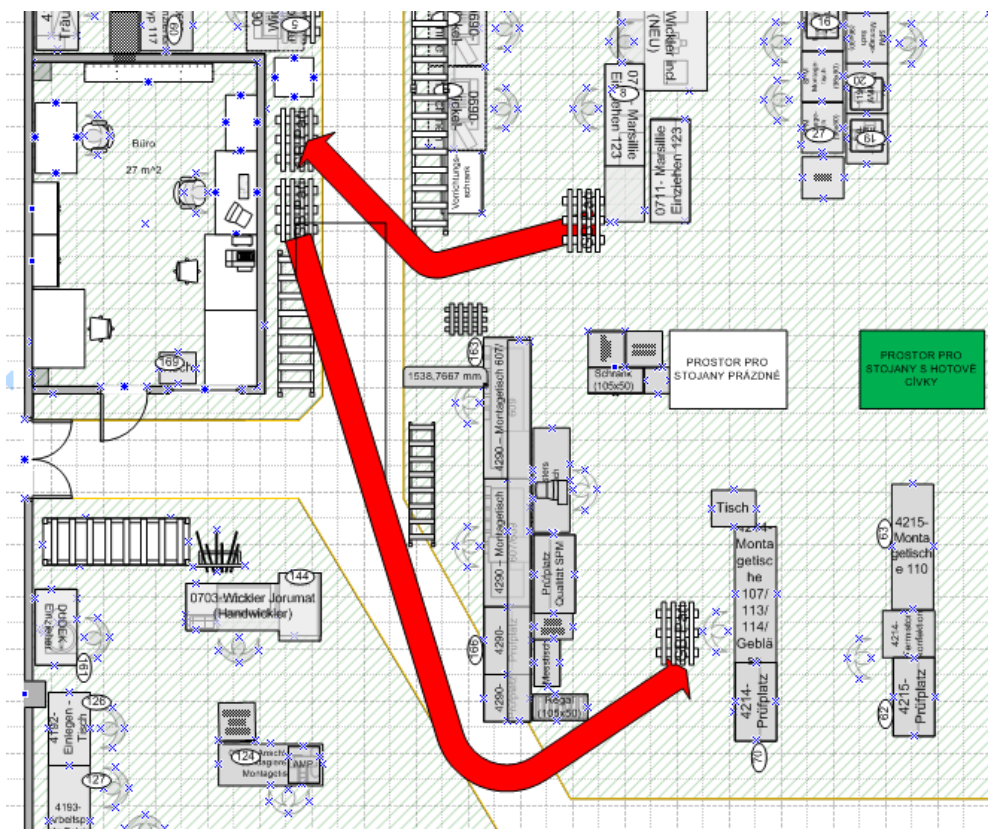
Řešení:

Tím, že se všechny činnosti budou dělat na jednom místě a pracovník nebude muset chodit mezi pracovišti, se ušetří 2s na každém kusu.

**Příprava a balení do GB:**

Problém:

Balení cívek mezi navíjením a montáží nepřidávají výrobku žádnou hodnotu. Příprava gitter boxu a balení motorů zaměstnává pracovníky linky. Mistr směny zajišťuje manipulaci boxu od navíjení k místu, kde se skladují cívky a poté připravuje cívky k montáži. Skladování cívek zabírá místo ve výrobní hale, které by bylo možno efektivněji využít.



Obrázek 8-2: Skladování cívek

PŘÍPRAVA GB	
Vyndávání proklady z GB na motory	0:51:00
Najde starou zakázku, odnáší ji na lisování	0:11:00
Posouvání GB, aby stál správně	0:08:00
Skládání motory do GB	0:05:37
Příprava prokladů pro motory na stůl	0:02:00
<b>Součet</b>	<b>1:17:38</b>

**Tabulka 8-2** Plýtvání při balení motorů

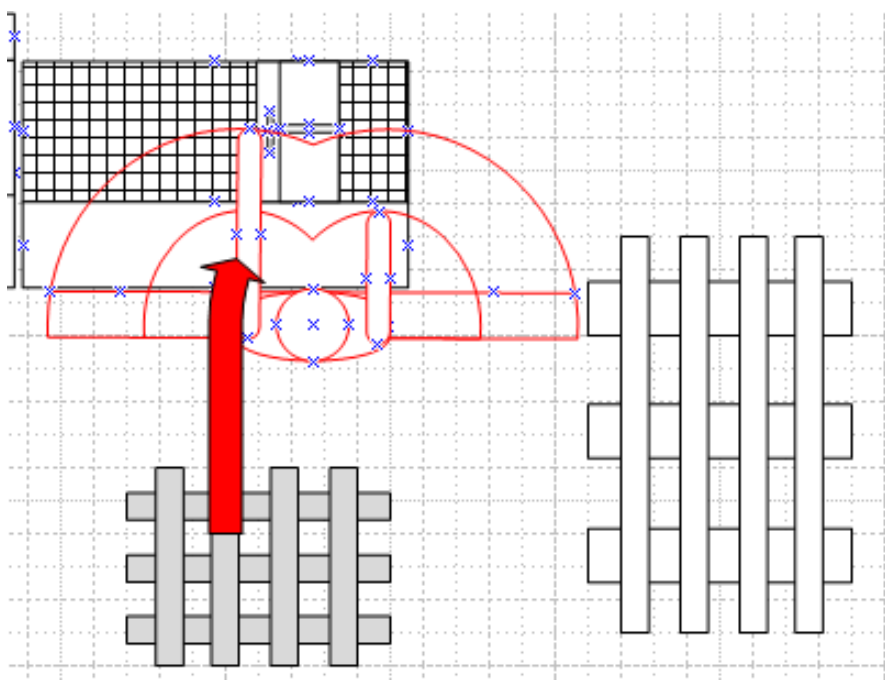
Řešení:

Spojení linek navijení a montáže tyto činnosti eliminuje a sníží se i míra rozpracovanosti výrobku.

**Ukládání statorů na stůl:**

Problém:

Pracovník u lisování musí doplňovat zásoby statorů z bedny. Bedna je nevhodně umístěna za pracovníkem.



**Obrázek 8-3:** Doplnění statorů na stůl

VYNDAVÁNÍ STATORŮ	čas pro 10 ks	čas pro 1 ks
Otáčení k bedně	0:01	0:00:06
Uchopení 5 statorů do každé ruky	0:01	0:00:10
Otáčení se ke stroji	0:02	0:00:12
Srovnávání statorů na lisu	0:02	0:00:12
<b>Součet</b>	<b>0:06</b>	<b>0:00:40</b>

**Tabulka 8-3: Čas doplňování statorů**

Řešení:

Bedna s rotory by měla být vhodněji umístěna. Jako vhodnější místo pro bednu se jeví prostor vedle lisu, aby se nemusel pracovník otáčet.

## 8.2 Plýtvání na lince montáže

### Zbytečná manipulace:

Problém:

Tento problém se týká všech pracovišť na lince montáže. Motory se přepravují mezi pracovišti po stole. To vyžaduje časté uložení a vyjmutí motorů z přípravku. Každé odložení nebo uložení motoru do přípravku trvá v průměru 1,5s (zjištěno z videoanalýzy). Mezi pracovišti se vyrábí kusy do zásoby a výroba se stává chaotickou.



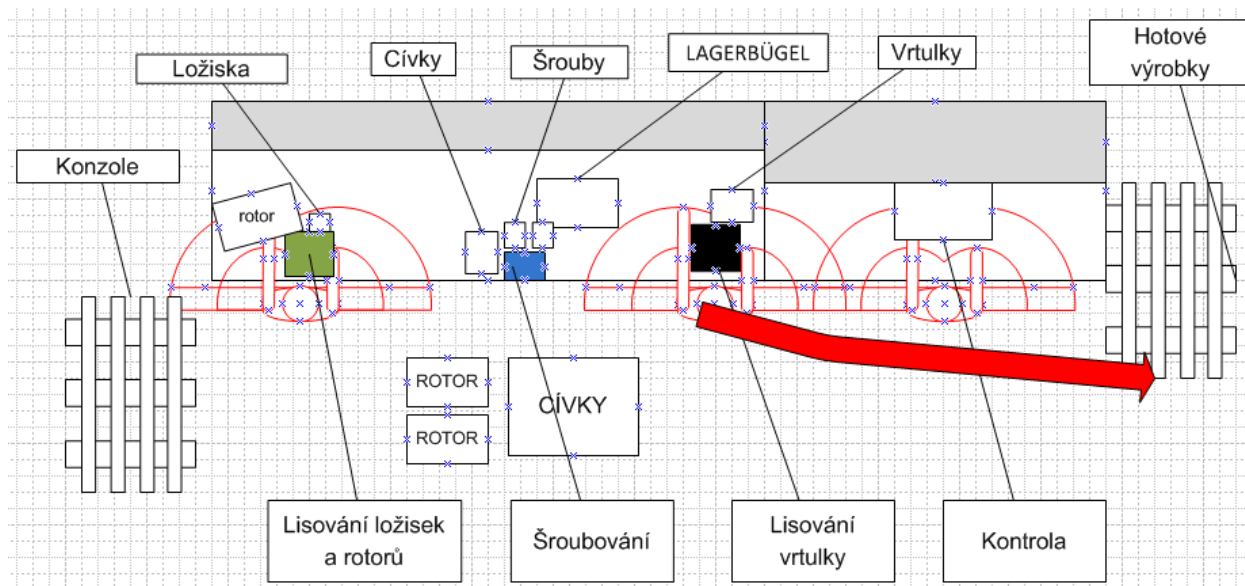
**Obrázek 8-4: Zásoby mezi pracovišti**

Řešení:

Řešením by mohl být dopravní pás s přípravky, po kterém by se výrobky pohybovali mezi pracovišti.

### Chození balit:

Problém: Pracovník u šroubování a lisování chodí balit motory do boxu.



**Obrázek 8-5: Chození pracovníka montáže balit motory**

BALENÍ MOTORŮ	sekundy
Balení motorů	0:01:51
Chůze pro proklady (proklady pro 10 motorů)	0:04:00
Počítání prokladů	0:04:00
Vkládání prokladů do GB	0:03:00
Chůze zpět ke zkoušečce	0:02:00
<b>Suma</b>	<b>0:14:51</b>

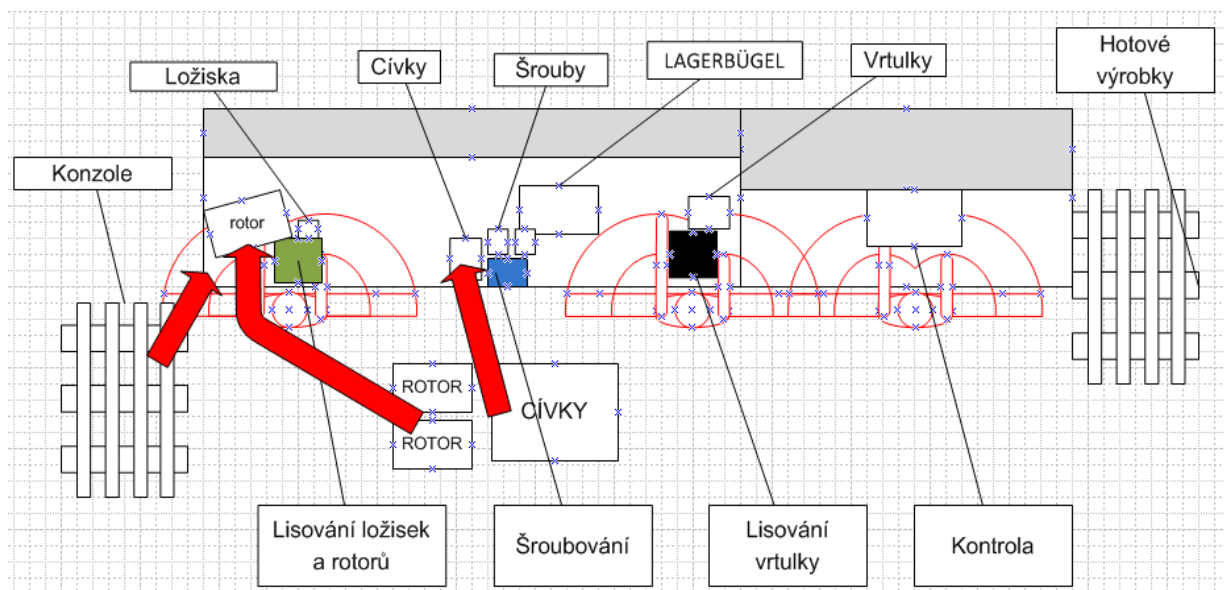
**Tabulka 8-4: Časy balení motorů**

Řešení:

Toto plýtvání se jednoduše eliminuje tím, že pracovník kontroly bude rovnou odkládat hotové motory do bedny.

### Doplňování zásob:

Problém: Pracovníci doplňují zásoby z gitterboxů k pracovištím na stůl viz obrázek níže. Zásoby jsou umístěny špatně i z ergonomického hlediska. Pracovníci se musí často ohýbat pro materiál a práce je proto namáhavá.



**Obrázek 8-6: doplňování zásob**

Bere konzole a dává na stůl cca. 10 kusů	0:11:00
Vyndává z bedny ložiskové štíty (pro 10 ks)	0:04:00
Skládá cívky na stůl z GB - 2x plato	0:09:00

**Tabulka 8-5: Časy doplňování materiálu**

Řešení:

Návrh nového uspořádání pracoviště a umístění zásob, tak aby zásoby měli pracovníci na dosah ruky.

## 9 Návrh optimalizace

Pro návrh optimalizace jsme doposud poznali montážní postup výrobku, zjistili spotřeby jednotlivých pracovních kroků, uspořádání pracovišť a odhalili procesy, kde dochází k plýtvání. Dalším důležitým krokem je stanovení taktu zákazníka, abychom mohli správně vybalancovat linku.

### 9.1 Stanovení taktu linky

Ke stanovení taktu linky je třeba znát, jaký je požadavek zákazníka na směnu a čistý čas směny.

Požadavek zákazníka..... 900 ks na směnu

Čistý čas na směnu.....450 min

$$Takt = \frac{900}{450} = 0,5min = 30s$$

Požadavek zákazníka je vyprodukovat výrobek každých 30s. Toto číslo nám dává informaci o maximální době výroby jednoho kusu. Naším cílem je však vytaktovat linku podle nejvyššího místa na lince tzn. taktu na navíječky. Tímto sice dojde k rychlejší produkci, než požaduje zákazník, ale je zde prostor pro jiné využití pracovníků ve zbylém čase. Další výhodou je schopnost vyrobit více kusů v případě, že objednávka zákazníka je větší než obvykle.

#### Stanovení taktu navíječky:

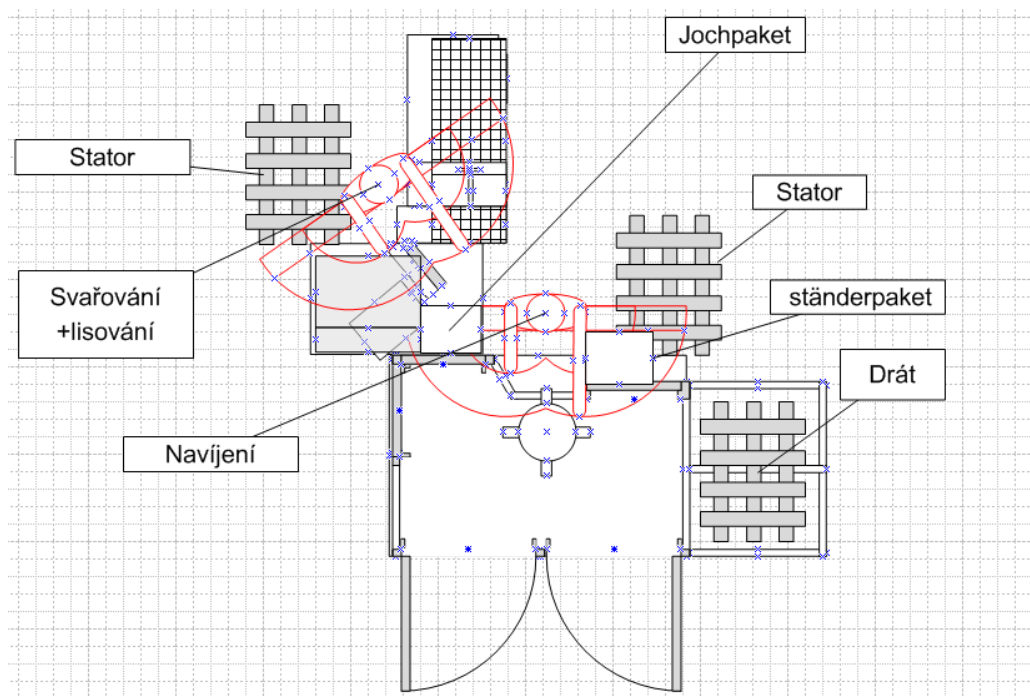
Doba navíječky byla zjištěna při analýze současného stavu linky navíjení pomocí videozáznamu.

<b>Stanovení taktu navíjení</b>	
<b>Doba navíjení 2 ks</b>	<b>38 s</b>
<b>Doba otáčení kolotoče 2ks</b>	<b>3 s</b>
<b>Takt navíječky 2 ks</b>	<b>41 s/2 ks.</b>
<b>Takt navíječky 1 ks</b>	<b>20,5 s/ks.</b>
<b>Předpokládaná doba taktu včetně doplnění materiálu + drátu (Počítáno s 10% distribuční čas)</b>	<b>23 s/Stk</b>

Tabulka 9-1: Stanovení doby navíjení

## 9.2 Optimalizace navíjení

Uspořádání strojů a zásob bylo změněno tak, aby pracovník u navíjení nemusel chodit narážet statory a navíječka nečekala na obsluhu. Narážení statorů probíhá rovnou u navíjení. Navité cívky jsou odkládány na označené místo ke svařečce. Druhý pracovník provádí svařování a lisování. Hotové cívky jsou odkládány na dopravní pás a putují k montáži. Takt obou pracovišť je dán rychlostí navíječky 23s. Návrh optimalizace byl nejdříve simulován a byla provedena videoanalýza, zda návrh vyhovuje. Poté se provedly konstrukční úpravy pracovišť. Výkresová dokumentace pro přestavbu linky a výrobu zásobníků pro materiál je v příloze č.5



Obrázek 9-1: Optimalizace linky navíjení



Obrázek 9-2 Svařování a lisování



**Obrázek 9-3: Pracoviště navíjení**

Zde jsou detailně popsány pohyby rukou pracovníků. Při návrhu uspořádání bylo dbáno na to, aby byly pokud možno zaměstnány obě ruce najednou a aby se nestávalo, že pracovník musí sahat pro materiál „přes ruku“ nebo si podával materiál z jedné ruky do druhé.

Pohyby pracovníka navíjení:

Pracoviště navíjení		
	Levá ruka	Pravá ruka
1	Uchopit kontakt	Uchopit kontakt
2	Vložit kontakty	Vložit kontakty
3		Uchopí kostru cívky a založí ji
4	Zmačknout tlačítko k zalisování	Zmačknout tlačítko k zalisování
5	Sundat Spulenkörper s kontakty	Uchopit Joch
6	Sesadit dohromady	Sesadit dohromady
7		Uchopit druhou část kostry cívky
8	Sesadit dohromady	Sesadit dohromady
9	Vložit do stroje (OPAKOVAT OD BODU 1)	Vložit do stroje (OPAKOVAT OD BODU 1)
10	Zmačknout tlačítka na navíječe	Zmačknout tlačítka na navíječe
11	Vyndat hotové cívky	Vyndat hotové cívky
12	Odložit ke svařování + kotrola	Odložit ke svařování + kotrola
13	Posunout cívky ke svářečce	

**Tabulka 9-2: Pohyby pracovníka navíjení**



Pohyby pracovníka svařování a lisování:

Pracoviště svařování		
	Levá ruka	Pravá ruka
1		Uchopit cívku
2	Svařit kontakt - zatlačit + přitlačit	Svařit kontakt - zatlačit + přitlačit
3	Svařit ŮHS	Svařit ŮHS
4	Připravit stator	Zkoušet průchod
5	Vyndat hotovou cívku	Připravit cívku se státorem + vložit do stroje + zavřít stroj
6	Držet motor	Čistit cívku + kontrola
7	Odložit na pás	Odložit stětec, hadr, nůž (dle potřeby)

**Tabulka 9-3: Pohyby pracovníka svařování**

Časy operací po optimalizaci:

NAVÍJENÍ CÍVKY	ks	čas
Navlíká spulenkörper 2x na ständerpaket	2	0:09:33
Otáčí se s Baugruppe k Navíječe	2	0:00:02
Dává cívky do stroje - máčkne knoflíky	2	0:03:53
Bere cívky ze stroje	2	0:01:53
Zkouší šířku těla cívky	2	0:02:45
Korekce ok na cívce	2	0:09:38
Jde ke krabici se statory	0	0:00:01
<b>Součet</b>		<b>0:30:42</b>

**Tabulka 9-4: Časy navíjení po optimalizaci**

Svařování +Lisování		
<b>SVAŘOVÁNÍ STECKRŮ</b>		
Svařování	1	0:06:00
Zkoušení - bere druhou rukou cívku	1	0:01:19
Otočit se k lisu	1	0:00:34
<b>LISOVÁNÍ STATORŮ</b>		
Připravit cívku a stator do levé ruky	1	0:01:13
Vyndat nalisovanou cívku pravou rukou	1	0:00:53
Vložit cívku a stator do lisu	1	0:02:00
Očistit špony ze statoru po nalisování	1	0:03:27
Odložit na dopravník	1	0:01:00
<b>Součet</b>		<b>0:16:26</b>

**Tabulka 9-5 Časy svařování a lisování po optimalizaci**

Výrobní pracovní kroky svařování + lisování pro 1 ks	0:16:26
Výrobní pracovní kroky svařování + lisování pro 2 ks	0:32:52
Výrobní kroky narážení a navíjení pro 2 ks	0:15:21
Výrobní kroky narážení a navíjení pro 1 ks	0:30:42

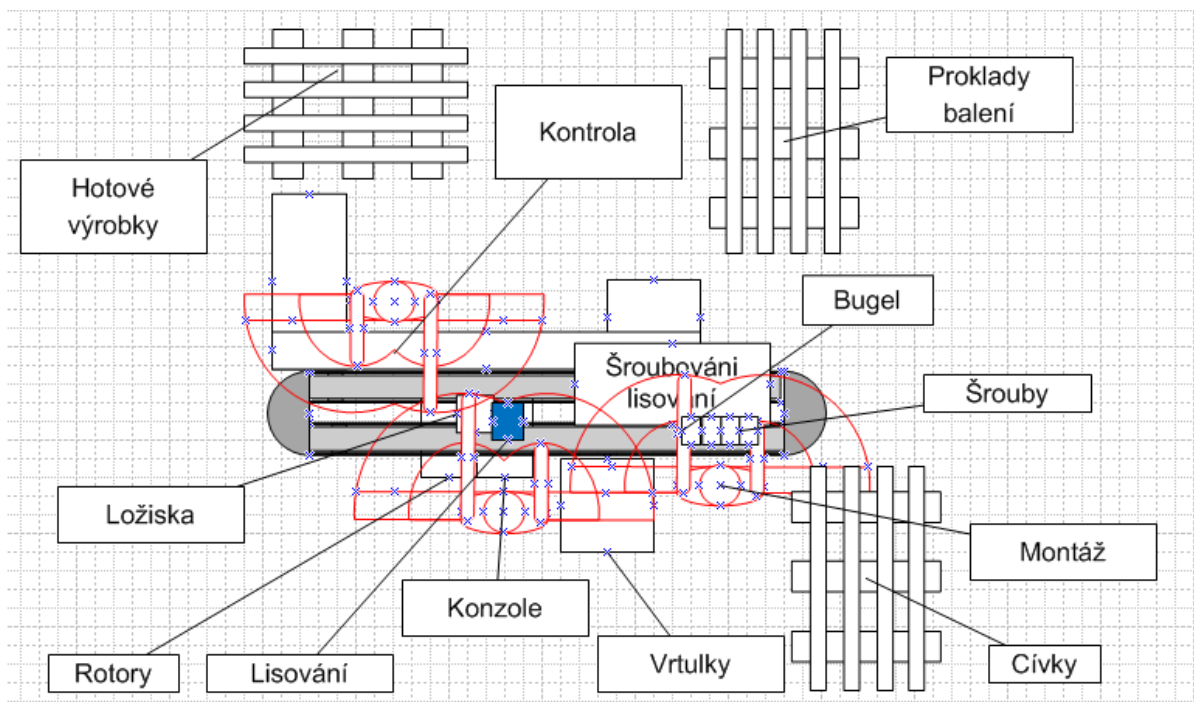
Tabulka 9-6: Schnutí časů linky navíjení

### 9.3 Optimalizace montáže

Cílem optimalizace montáže bylo navrhnout linku tak, aby bylo odstraněno plýtvání a takt linky byl co nejlíže taktu navíjení. 23s. K dispozici byla linka s dopravním pásem, která se již nepoužívala. V první optimalizaci se tato linka analyzuje a hledají se potenciální místa pro zlepšení.

Změny oproti stávajícímu stavu:

- Výrobky se posouvají mezi pracovišti pomocí dopravníku
- Šroubování a lisování je zautomatizováno
- Pracovníci nemusí doplňovat materiál – vše po ruce
- Balení zajišťuje pracovník montáže



Obrázek 9-4: Schéma dopravního pásu



**Obrázek 9-5: Dopravní pás**

Analýza spotřeby času na dopravním pásu:

<b>LISOVÁNÍ</b>	<b>čas</b>
Bere konzoly a uloží	0:02:00
Bere ložisko a dává na přípravek	0:02:12
Bere rotor a dává na přípravek+ lisuje	0:03:00
Mačká tlačítko a dá vrtulku	0:02:24
<b>Takt</b>	<b>0:09:36</b>

**Tabulka 9-7: Čas lisování**

<b>MONTÁŽ MOTORU</b>	<b>čas</b>
Vezme cívku a uloží	0:03:40
Uloží ložiskový štít	0:02:45
Vloží šrouby	0:03:15
Mačkání tlačítka	0:00:25
<b>Takt</b>	<b>0:10:05</b>

**Tabulka 9-8: Čas montáže motoru**

<b>KONTROLA</b>	<b>čas</b>
Vyjmutí a vložení do přípravku +máčkne	0:03:00
Zkoušení elektrických hodnot	0:05:38
Kontrola točivosti motoru+vůle ložisek	0:02:30
Nalepení a odložení	0:04:35
<b>Takt</b>	<b>0:15:43</b>

**Tabulka 9-9: Čas kontroly motoru**

BALENÍ	čas
Skládání 10ks motorů	0:26:00
Vložení prokladů 4ks	1:06:00
Jde balit	0:08:00
<b>Suma</b>	<b>1:40:00</b>

**Tabulka 9-10: Čas balení motorů**

PŘÍPRAVA BALENÍ	čas
Příprava lepenky	0:12:00
Polepení stěn	1:24:00
Přepážky z krabic	0:23:00
<b>Suma</b>	<b>1:59:00</b>

**Tabulka 9-11: Čas přípravy bedny pro balení**

#### 9.4 Plýtvání na montážní lince

Pro eliminaci plýtvání na montážní lince byla použita EKUV analýza. Postupovalo se stejně jako v případě linky navijení. Nejprve se klasifikovaly jednotlivé úkony a poté se navrhovala opatření pro redukci spotřeby času. Formuláře EKUV analýzy montážní linky jsou v příloze č.4

Následně jsou detailněji popsána jednotlivé plýtvání a navrženy opatření

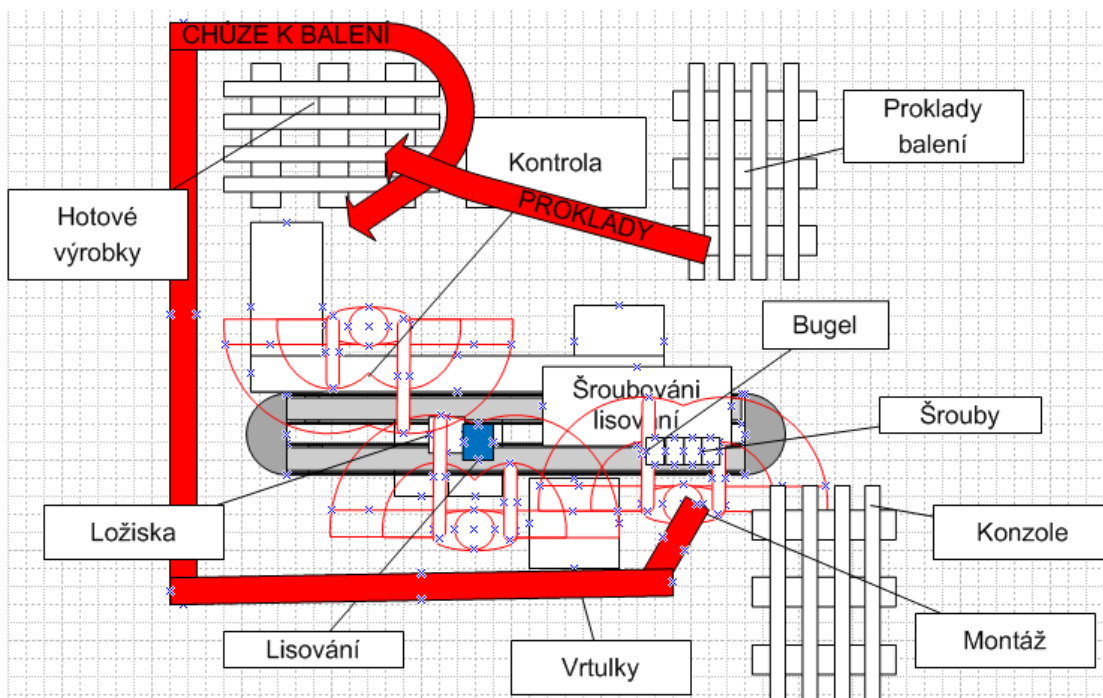
##### **Balení motorů**

##### **Problém:**

Pracovník montáže chodí balit hotové motory do gitter boxu a vkládá proklady mezi vrstvy motorů. Při vkládání prokladů musí počítat kartony, proto trvá tato činnost více než minutu. Cesta od montáže k balení trvá pracovníkovi 8s.

BALENÍ	čas
Skládání 10ks motorů	0:26:00
Vložení prokladů 4ks	1:06:00
Jde balit	0:08:00
<b>Suma</b>	<b>1:40:00</b>

**Tabulka 9-12: Spotřeba času při balení**



**Obrázek 9-6: Plýtvání – balení**

Řešení: Uspořádání linky změnit tak, aby mohl pracovník kontroly odkládat hotové kusy rovnou do gitter boxu. Počítání prokladů lze vyřešit spojením jednotlivých listů prokladu do jednoho kusu, aby pracovník nemusel proklady počítat.

### Zmetky – špatné lisování ložisek

#### Problém:

Při analýze docházelo k špatnému nalisování ložisek u významného počtu motorů.

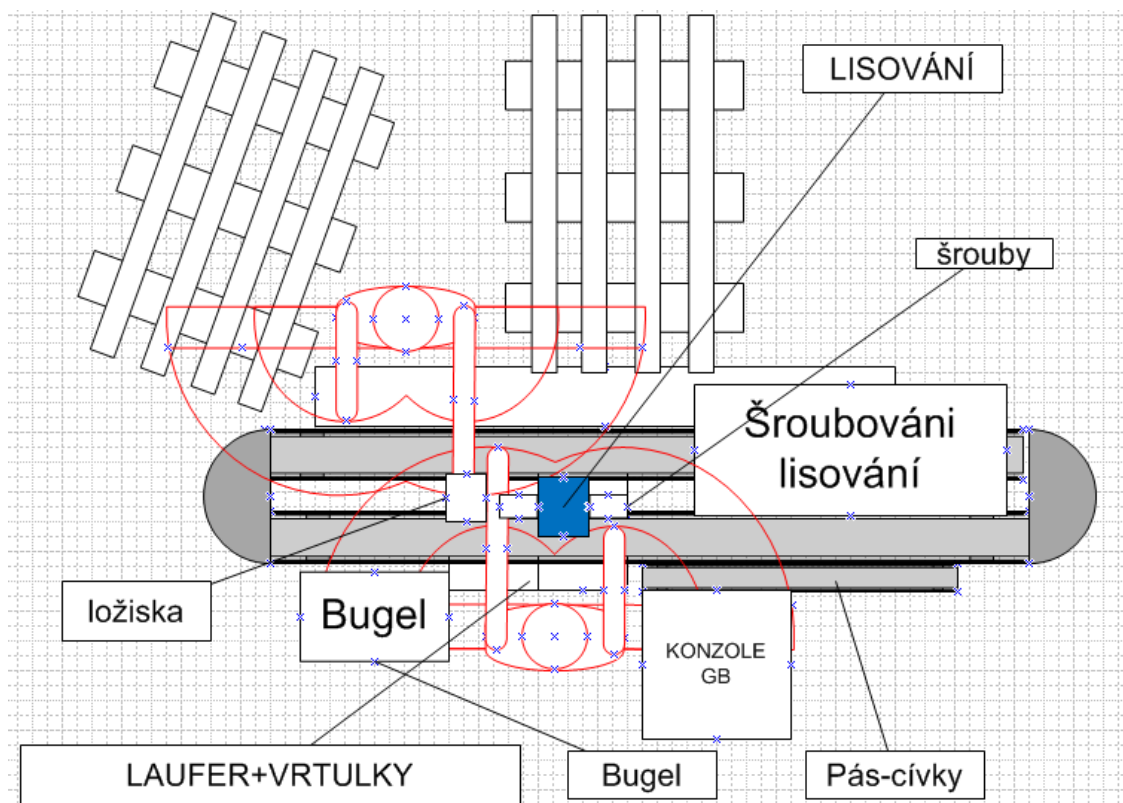
Řešení: Seřízení nebo výměna lisu



**Obrázek 9-7: Zmetky**

## 9.5 Optimalizace linky montáže

Pracoviště lisování a montáže se spojila. Změny byly provedeny v balení a přípravě balícího boxu. Pracovník kontroly odkládá hotové výrobky rovnou do boxu. Počítání prokladů bylo vyřešeno spojením kartonů do jednoho kusu. Balící box je připravován logistikem. Návrh nového uspořádání linky byl nejdříve simulován, aby se provedla videoanalýza. Z videoanalýzy byly stanoveny časy jednotlivých úkonů a bylo zkoumáno zda navržené řešení vyhovuje. Poté byly navrženy konstrukční úpravy linky a zásobníky pro materiál. Výkresy pro přestavbu linky a zásobníků pro materiál jsou v příloze č. 5

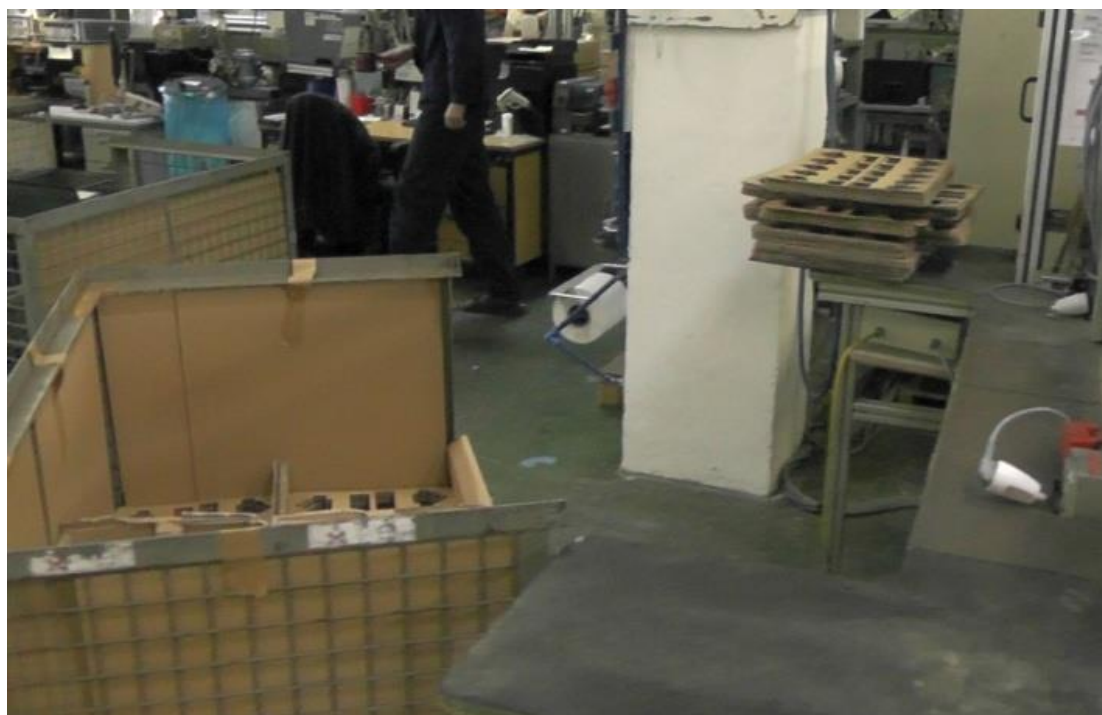


**Obrázek 9-8: Optimalizace linky montáže**

Na obrázcích 10-4 a 10-5 je vidět uspořádání zásob na pracovišti. Všechny zásoby jsou nadosah ruky a pracovník se nemusí ohýbat nebo otáčet. Byl dán důraz na to, aby mohl pracovník zaměstnávat obě ruce současně.



**Obrázek 9-9 - Montáž**



**Obrázek 9-10: Kontrola**

Pohyby rukou pracovníka montáže:

Montáž motoru		
	Levá ruka	Pravá ruka
1	Uložit vrtulku	Uložit konzoli
2	Uložit ložisko	Lisování
3	Uložit rotor	Lisování
4		Uložení cívky
5	Uložení lož. štítu	
6	Založení šroubu	Založení šroubu
7		Máčkne tlačítko-posílá dál

**Tabulka 9-13: Pohyby pracovníka montáže motoru**

Pohyby rukou pracovníka kontroly:

Kontrola motoru		
	Levá ruka	Pravá ruka
1	Vyndat motoru z přípravku	Uchopit přípravek na měření
2	Založení motoru do přípravku	Založení motoru do přípravku
3	Drží motor	Klepe kladivem
4	Zkouší točivost	Drží motor
5	Drží motor	Zkouší vrtulku
6	Lepení typového štítku	Lepení typového štítku
7		Odložení do bedny

**Tabulka 9-14: Pohyby pracovníka kontroly**

Časy operací optimalizované varianty:

<b>MONTÁŽ</b>	<b>čas</b>
Bere konzoli a uloží	0:02:27
Uloží vrtulku	0:01:47
Bere ložisko a dává na přípravek a lisuje	0:02:27
Bere laufer a dává na přípravek a lisuje	0:02:45
Vezme cívku a uloží	0:03:07
Ložiskový štít	0:02:27
Šrouby	0:02:07
Mačkání tlačítka	0:00:00
<b>Takt</b>	<b>0:17:05</b>

**Tabulka 9-15: Čas montáže na lince**

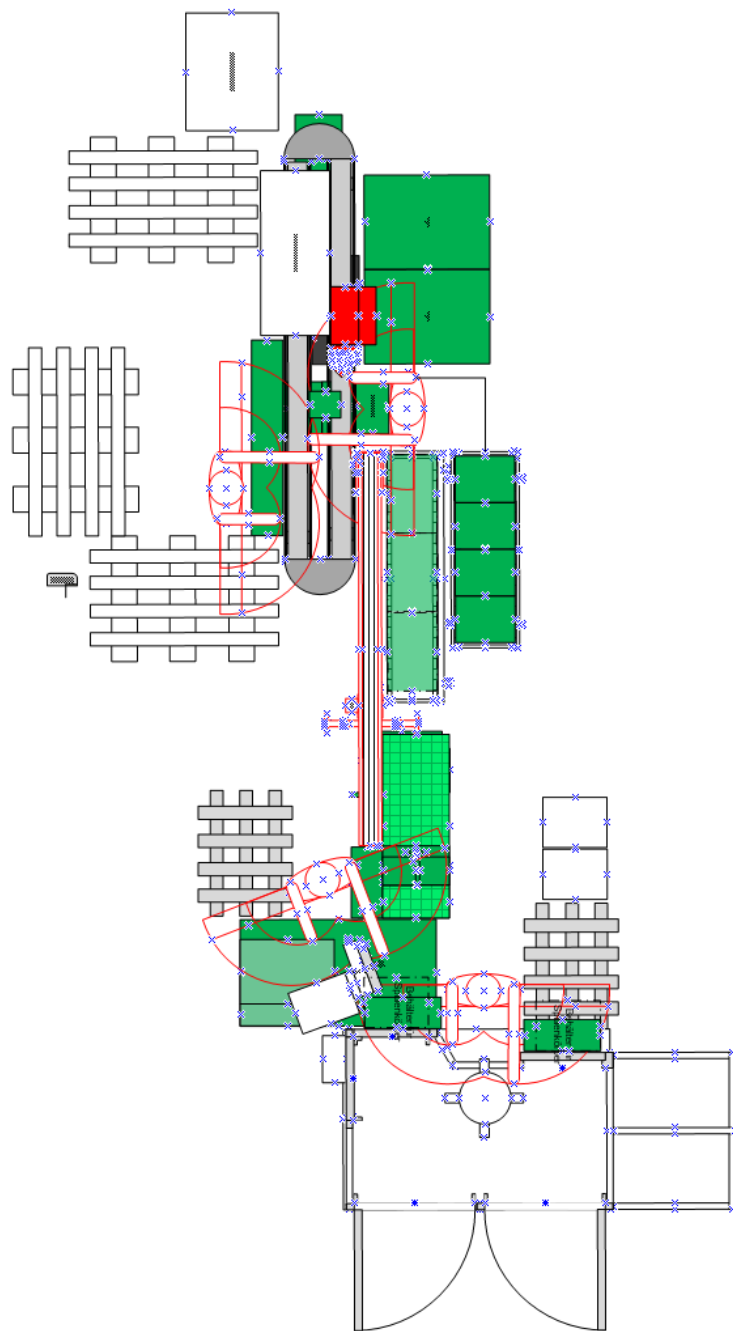


KONTROLA	čas
Vyjmutí a vložení do přípravku a máčkne	0:03:20
Zkoušení elektrických hodnot	0:05:07
Kontrola točivosti motoru a vůle ložisek	0:02:20
Nalepení štítku	0:02:53
Odložení	0:02:47
Proklad	0:00:42
Takt	0:17:09

**Tabulka 9-16: Čas kontroly motoru**

## 10 Spojení linek navíjení a montáže

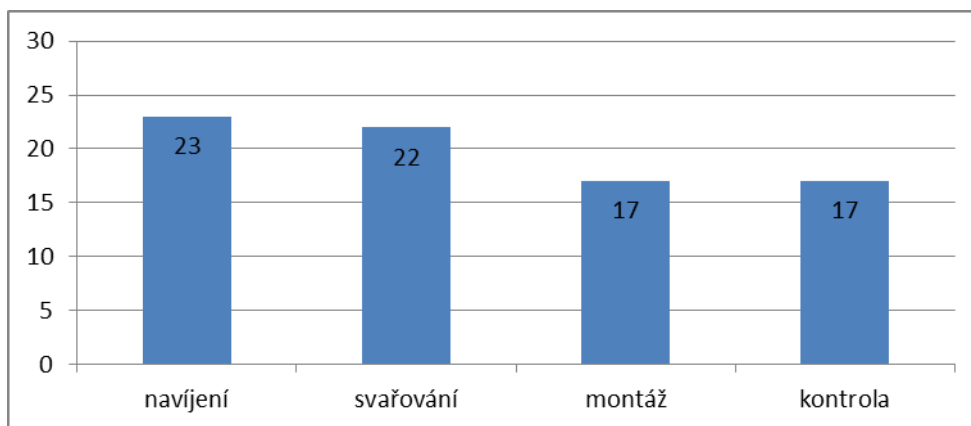
Pohled na spojení linky navíjení a montáže je na obrázku 11-1. Cívky jsou mezi navíjením a montáží rovnou dopravovány po dopravním pásu. Zásoby na jednotlivých pracovištích jsou řešeny tak, aby se nemusel doplňovat materiál, když je linka v provozu. Logistik nebo seřizovač doplňuje zásoby před začátkem směny nebo o přestávce. Snížením četnosti doplňování materiálu vyznamně ušetří logistikovi a seřizovači čas.



**Obrázek 10-1: Spojení navíjení a montáže**

**Vytaktování linky navíjení a montáže:**

Na obrázku 11-2 je vyjádřeno finální vytaktování spojené linky navíjení a montáže. Čas pracovníka navíjení, kde je úzké místo linky, byl zkrácen na 23s. Pracovník svařování obsluhuje svařování kontaktů a lisování statorů. Pracoviště linky montáže byla spojena do jednoho pracoviště, přičemž se lisování vrtulky a šroubování šroubů automatizovalo. Kontrola hotových výrobků zajišťuje i balení motorů.



Obrázek 10-2: Vytaktování linky

#### Efektivnost linky:

Efektivnost linky nám říká, jaká je míra organizace na lince.

$$E = \frac{23 + 22 + 17 + 17}{4 * 23} = 85,8\%$$

V odborném článku na webu E-api je popsáno takovéto hodnocení efektivnosti linky:

*Při přestavbě již existujících procesů a zařízení je nejčastěji cílem dosáhnout hodnoty Indexu vyváženosti větší než 85%. K využívání variant s nižší hodnotou indexu bychom měli přistoupit až po zvážení míry efektivity a vlivu na produktivitu provozu. [2]*

Zbýlý čas mohou pracovníci využít pro doplňování materiálu.

## 11 Standardizace a vizualizace linky

Standardizace je soubor činností směřující k omezení neúčelné rozmanitosti všech výrobních činitelů v přípravě výroby, výrobě samotné, v oběhu i ve spotřebě.

Standardizace se zaměřuje na: [6]

- Věcné vstupní činitele (materiál, polotovary, stroje a zařízení, nářadí, přípravky, řídicí a informační systémy)
- Procesy výroby (pracovní a technologické postupy, technicko-hospodářské normy, velikosti výrobních dávek, průběžné doby výroby)
- Výstupní činitele – výrobky (dědičnost, unifikace, typizace, stavebnicové řešení aj..)

Vizualizace patří nejen ke štíhlému pracovišti, ale je důležitým prvkem všech štíhlých podnikových procesů. Je to tachometr řízení procesu, který nám říká, jakou rychlostí probíhá daný proces, co je standardní průběh procesu a co abnormalita, jaká je kvalita, produktivita a efektivnost procesu na pracovišti. [10]

V příloze č. 2 je příklad standardizace na pracovišti montáže. Je zde grafické znázornění pracoviště s předepsaným umístěním zásob. Dále pak přesně popsané pohyby pracovníka, takt pracoviště a základní pravidla, která by měl pracovník dodržovat pro správný chod linky. Tento způsob standardizace je zaveden na všech čtyřech pracovištích linky.

## 12 Ekonomické zhodnocení řešení

V závěru jsou vyhodnoceny ekonomické přínosy řešení. Je spočítána suma všech investic, aby pak posloužila k výpočtu návratnosti. Také je spočtena nová norma a vyjádření úspory času v procentech.

### 12.1 Investice

Investováno bylo do nového uspořádání linky navíjení a přestavby linky montáže. Dále pak do výroby pojízdných zásobníků pro materiál.

Poz.		Cena
1	Materiál pro přestavbu pracoviště kontroly	18 871 Kč
2	Dopravník pro rotory	17 145 Kč
3	El.dopravník pro cívky mezi navíjením a montáží	52 500 Kč
4	Dopravník pro zásoby na montáž	11 561 Kč
5	Pojízdný stůl pro svařování	18 916 Kč
6	Pojízdná konstrukce pro gitter box - konzole	39 611 Kč
7	Materiál pro přestavbu pracoviště kontroly	5 611 Kč
8	Přestavba na pari lince - montáž	6 460 Kč
9	Zásobník k navíjení	6 980 Kč
10	Zásobník pro vrtulky	3 490 Kč
11	Držák pro zásoby šroubů na montáži	4 150 Kč
12	Přestavba zařízení pro narážení	7 923 Kč
13	Senzory	17 000 Kč
14	Přestavba navíječky	20 000 Kč
15	Přestěhování linky	4 200 Kč
16	Elektromateriál	3 000 Kč
<b>součet</b>		<b>237 418 Kč</b>

**Tabulka 12-1: Investice**

## 13 Úspora času

Při počítání nové normy se vycházelo z taktu 26s a na lince pracují 4 pracovníci.

S taktem 26s se počítá z důvodu rezervy 10%

Současné normy:

Současný stav	Narážení	18 MIN/100 KS
	Navíjení cívky	120 MIN/100KS
	Příprava balení	7 MIN/100KS
	Montáž kontrola	132 MIN/100KS
Součet	277 MIN/100KS	

**Tabulka 13-1: Současné normy**

Nové normy:

Nový stav	Příprava balení	7 MIN/100KS
	Navíjení a montáž	173,33MIN/100KS
Součet	180,33 MIN/100KS	

**Tabulka 13-2: Nové normy**

Úspora času	33,8%
-------------	-------

### 13.1 Návratnost investice

Návratnost investic je počítána dvěma způsoby:

1. Z hlediska ušetření za mzdy pracovníků
2. Z hlediska personální úspory

Při počítání návratnosti investic se počítalo následujícím způsobem:

1. Výpočet ušetření času na 1 KS výrobku:

Stará norma..... 277 MIN/100KS

Nová norma.....180,33 MIN/100KS

$$277 - 180,33 = 96,6 \text{ MIN/100} \Rightarrow 0,966 \text{ MIN/KS}$$

2. Výpočet ušetření času za celý rok:

Předpokládaný objem kusů za rok..... 160 000 KS

$$0,966 * 160\ 000 = 154667 \text{ MIN/ROK}$$

3. Ušetření za rok:

Minutový faktor pro pracovníka (mzda) ..... 0,3 € (zdroj: interní norma firmy)

$$0,3 * 154667 = 46\ 400,00 \text{ €} \Rightarrow 1\ 160\ 000,00 \text{ Kč}$$

Návratnost:

Celkové investice..... 237 418 Kč

$$\frac{12}{1160\ 000} * 237\ 418 = 2,5 \text{ MĚSÍCE}$$

Výsledky:

UŠETŘENÍ ZA ROK	NÁVRATNOST
1 160 000,00 Kč	2,5 měs.

**Roční úspora z personálního hlediska:**

Průměrné náklady na pracovníka.....266000 Kč/rok

Fond pracovní doby:

Pracovních dnů v roce..... 255

Počet dní dovolené..... 20

Nemocnost..... 3%

Směna.....7,5 h

$$(255 - 20) * 0,97 = 227,95 \text{ dní} * 7,5 = 1709,6 \text{ h}$$

Fond pracovní doby pracovníka.....1709,6 h

Ušetřený čas.....2577,778 h

Ušetření pracovníků:

$$\frac{2577,7}{1709,6} = 1,5 \text{ pracovníka}$$

Roční personální úspora:

$$1,5 * 26600 = 401\ 075,6 \text{ Kč}$$

**Roční personální úspora je 401 075,6 Kč**

## ZÁVĚR

Cílem teoretické části práce bylo popsat metody použité pro řešení praktické části. Byly popsány metody měření času, balancování linek, odstranění plýtvání a standardizace práce. Zdrojem informací byla odborná literatura a znalosti získané během studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity.

Hlavní cíle byly především stanoveny pro praktickou část práce. Byl zanalyzován současný stav výroby na linkách navíjení a montáže elektomotoru. Na základě provedených analýz byla navrhována opatření pro zefektivnění těchto linek. Byly navrženy úpravy uspořádání jednotlivých pracovišť a zásob. Linky byly spojeny a pracoviště vybalancovány. Navržená opatření byla zrealizována a následně byla provedena analýza, zda vyhovují předpokladům. V několika případech bylo nutné provést drobné korekce. Následně byla provedena standardizace práce a vizualizace na jednotlivých pracovištích linky. Tím se docílilo zavedení navržených změn. Kromě ekonomického přínosu došlo ke zlepšení ergonomie práce na pracovištích, zvýšení produktivity a ušetření místa ve výrobní hale. Sloučením linek se snížila také rozpracovanost výrobku. Potenciál pro další zefektivnění výroby elektromotorů pro Pari je na lince na výrobu rotorů a pracovišti svařování statorů. Analýzy těchto pracovišť začaly již v době, kdy se čekalo na finální přestavbu linky a dodání zásobníků pro materiál.

Přínosem bylo získat nové praktické zkušenosti a možnost uplatnit teoretické znalosti nabyté při studiu na Fakultě strojní.

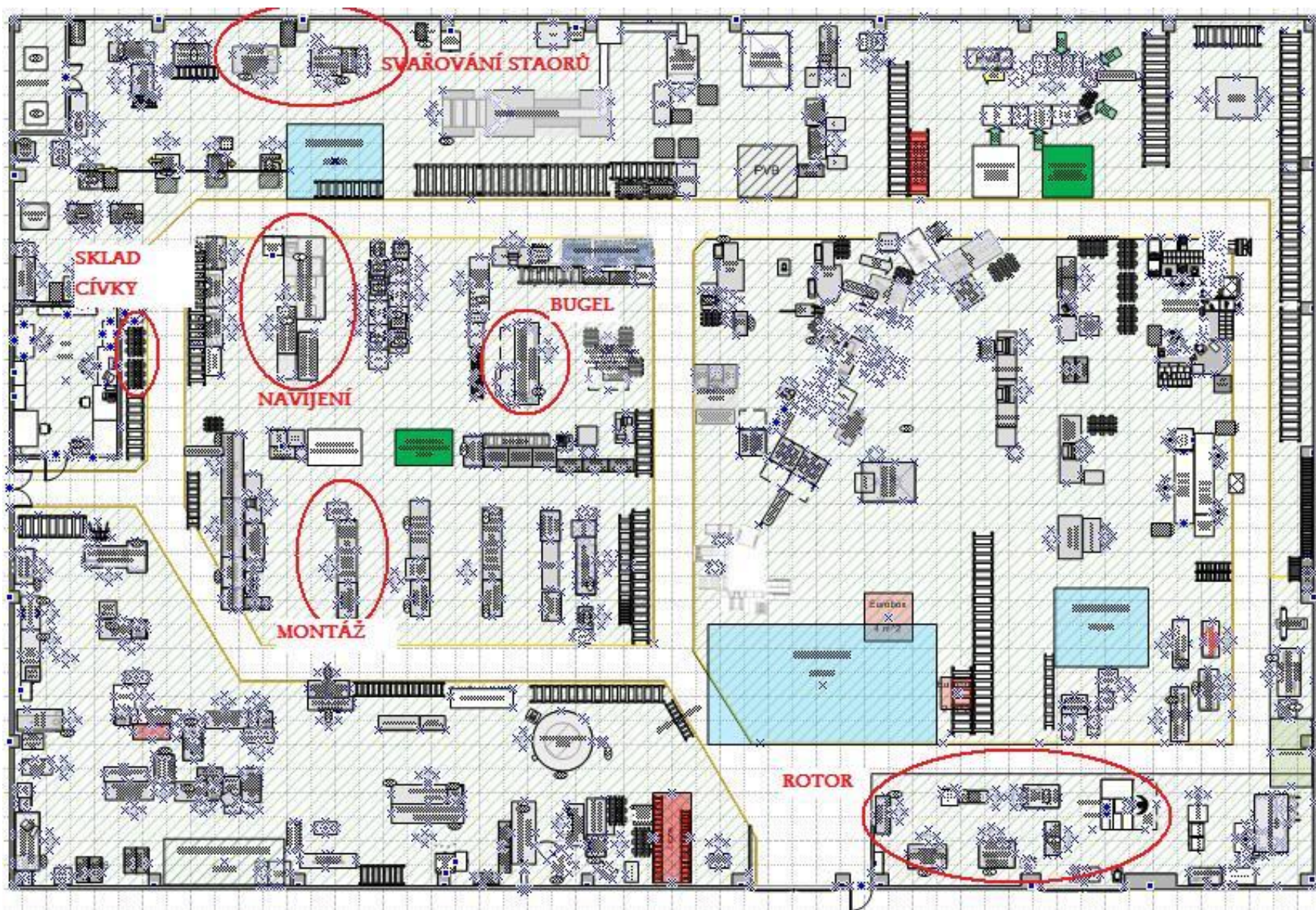


## Zdroje

- [1] KRÁL, M. *Metody a techniky užívané v ergonomii*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2001. 154 s. ISBN 80-238-7930-8
- [2] E-API [online]. 2012 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://e-api.cz/>
- [3] *Centrum průmyslového inženýrství* [online]. 2010 [cit. 2013-04-10]. Slovník. Dostupné z: [http://www.centrumpi.eu/slovník\\_view.aspx?id\\_s=42](http://www.centrumpi.eu/slovník_view.aspx?id_s=42)
- [4] IPA Slovakia. In: Slovník [online]. 2010 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník>
- [5] BUREŠ, M.: přednášky z předmětu Řízení a organizace práce, ZČU v Plzni, 2011
- [6] KŘÍKACĚ, Karel. *Podniková ekonomika*. 1. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, 2000, 145 s. ISBN 80-708-2655-X.
- [7] Internetové stránky Heidolph České elektromotory s.r.o. [online]. 2012 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.heidrive.cz>
- [8] Vorne. In: Takt-time [online]. 2012 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.vorne.com/learning-center/takt-time.htm>
- [9] VANĚČEK, Drahoš, Dagmar BEDNÁŘOVÁ a Vladimír ŠTÍPEK. *Organizace výroby a práce*. 1. vyd. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2001, 241 s. ISBN 80-704-0480-9.
- [10] KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z. a kolektiv, *Štíhlý a inovativní podnik*, Praha : Alfa Publishing, s.r.o., 2006. ISBN: 80-86851-38-9.
- [11] PDCA cyklus. In: *Vlastní cesta* [online]. 2012 [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/pdca-cyklus-1/>
- [12] EKUV analyse. *Cetcon* [online]. [cit. 2014-06-15]. Dostupné z: <http://www.web-portal-system.de/wps/fine/dl/det/cetcon/1598/>

## **PŘÍLOHA č. 1**

**Layout výrobní haly firmy Heidrive**



## **PŘÍLOHA č. 2**

### **Standardizace pracoviště motáže**

### VYTAKTOVÁNÍ PRACOVNÍHO MÍSTĚ MONTÁŽE PARI

Krok	levá ruka	pravá ruka
1	-	ULOŽIT KONZOLI
2	-	ULOŽIT VRTULKU
3	VLOŽIT LOŽISKO	LISOVAT LOŽISKO
4	NANDAT LAUFER	LISOVAT LAUFER
5	ULOŽIT CÍVKU	ULOŽIT CÍVKU
6	ULOŽIT LOŽISKOVÝ ŠTÍT	ULOŽIT LOŽISKOVÝ ŠTÍT
7	VLOŽIT ŠROUB	VLOŽIT ŠROUB
8	-	STISKNOT TL.
9		
10		
11		
12		
13		

Takt pro pracoviště 26s

TOTO JE STANDARDNÍ PRACOVNÍ POSTUP NA LINCCE!

#### ZÁKLADNÍ PRAVIDLA:

1. DODRŽOVAT POSTUP OPERACÍ
2. PŘI DOCHÁZENÍ ZÁSOB HLÁSIT V ČAS
3. DODRŽOVAT TAKT
4. ODKLÁDAT PRÁZDNÉ BEDNY NA VYZNAČENÁ MÍSTA

Vytvořil

Jméno

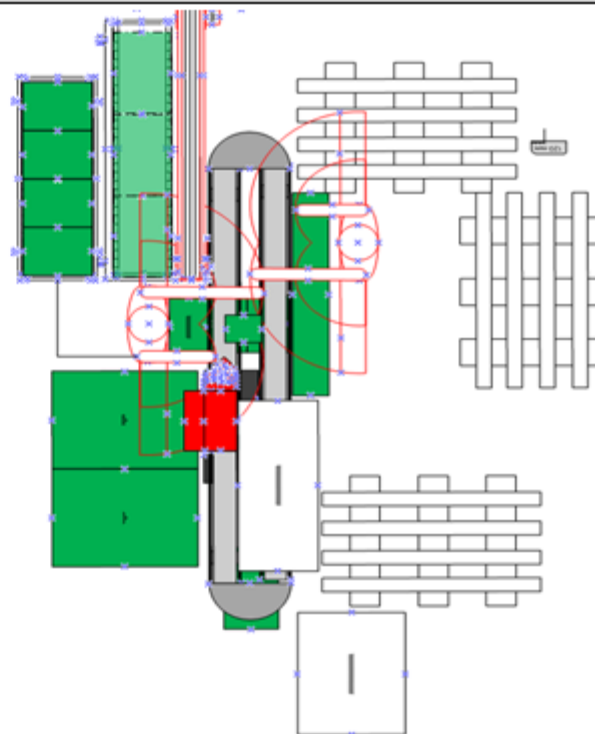
Odd.

Zkontrolovat a povolit

Jméno

Odd.

### Grafické znázornění pracoviště



Ostatní údaje, důležité upozornění

## **PŘÍLOHA č. 3**

**Ekuv analýza linky navíjení**

Operace/pohyb	Počet kusů	čas	odhadovaný čas po opatření	Klasifikace										EKUV					EKUV-Komentář
				Manipulace	Uložení mat.	Proces/montáž	Čištění	Kontrola	Transport	Pohyb	Čekání	Porucha	E - eliminace	K - kombinace	U - reorganizace	V - zjednodušení			
<b>NAVÍJENÍ CÍVKY</b>																			
Přemístování koster cívky	1	0:00:28	0:00:00	x											x			Udělat zásobník na pracovišti navíjení.	
Narážení kostry cívky	2	0:09:33	0:09:33			x													
Chuze k navíječce	2	0:02:50	0:00:00							x					x			Eliminovat pohyb, vše na jednom prac.	
Zakládání kusů do navíječky	2	0:03:53	0:03:53		x														
Vyjmutí navitých cívek ze stroje	2	0:01:53	0:01:53		x														
Chůze ke krabici se statorama	0	0:01:37	0:00:00							x					x			Eliminovat pohyb, vše na jednom prac.	
Zkouška šířky kostry	2	0:02:45	0:02:45					x										Zjistit proč. Kolik se jich najde?	
Korekce ok na cívce	2	0:09:38	0:09:38											x				Proč to vzniká? Lze odstranit?	
Přerovnávání kusů u navíječky		0:02:00	0:00:00	x												x		One piece flow	
<b>Součet</b>		<b>0:34:37</b>	<b>0:27:42</b>																
<b>SVAŘOVÁNÍ STECKRŮ</b>																			
Svařování	1	0:06:00	0:06:00			x													
Zkoušení + bere druhou rukou civku	1	0:01:19	0:01:19					x											
Odložení	1	0:00:34	0:00:34							x									
<b>Součet</b>		<b>0:07:52</b>	<b>0:07:52</b>																

Operace/pohyb	Počet kusů	čas	odhadovaný čas po opatření	Klasifikace								EKUV				EKUV-Komentář		
				Manipulace	Uložení mat.	Proces/montáž	Čištění	Kontrola	Transport	Pohyb	Čekání	Porucha	E - eliminace	K - kombinace	U - reorganizace		V - zjednodušení	
<b>LISOVÁNÍ STATORŮ</b>																		
Přesun cívek od svařování k lisování	1	0:01:44	0:00:00	x										x				Lis co nejbliže svařování
Přípravení cívky a statoru do levé ruky	1	0:01:13	0:01:13		x													
Vyjmutí nalisované cívky	1	0:00:53	0:00:53		x													
Vložení cívky a statoru do lisu	1	0:02:00	0:02:00		x													
Očistění špon ze statoru	1	0:03:27	0:03:27					x						x				Proč čistit špony?
Odložení na karton	1	0:01:40	0:01:00		x												x	Odložit na dopravník
Posouvání cívek po stole	10	0:00:24	0:00:00	x										x				One piece flow
<b>Součet</b>		<b>0:11:21</b>	<b>0:08:33</b>															
<b>PŘÍPRAVA GB</b>																		
Vyndávání proklady z GB na motory		0:51:00	0:00:00											x				Spojení s linkou montáže - pás
Najde starou zakázku odnáší ji na lis		0:11:00	0:00:00											x				Spojení s linkou montáže - pás
Posouvá GB aby stál správně		0:08:00	0:00:00											x				Spojení s linkou montáže - pás
Skládání motorů do GB	1	0:05:37	0:00:00											x				Spojení s linkou montáže - pás
Příprava prokladů pro motory na stůl	1	0:02:00	0:00:00											x				Spojení s linkou montáže - pás
<b>Součet</b>		<b>1:17:38</b>	<b>0:00:00</b>															
<b>VYNDÁVÁNÍ STATORŮ NA LIS</b>																		
Otáčí se k bedně	1	0:01:00	0:01:00														x	Bednu vedle lisu! Zkrácení manipulace
Uchopení 5 statorů do každé ruky	1	0:01:40	0:01:40															
Otáčení se ke stroji	1	0:02:00	0:01:00														x	Bednu vedle lisu! Zkrácení manipulace
Srovnávání statorů na lisu	1	0:00:12	0:00:12															
<b>Součet</b>		<b>0:04:52</b>	<b>0:03:52</b>															



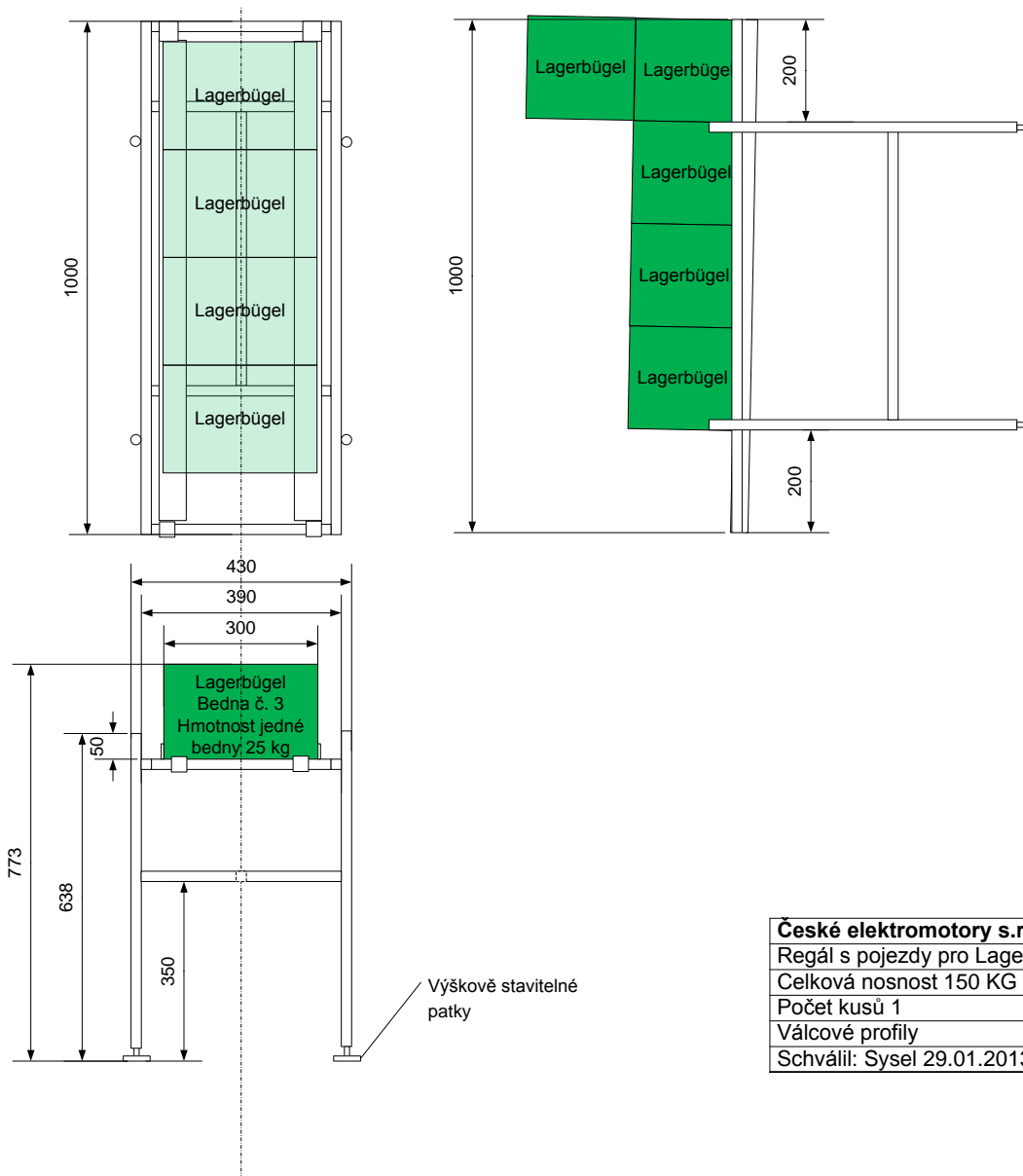
## **PŘÍLOHA č. 4**

**Ekuv analýza linky montáže**

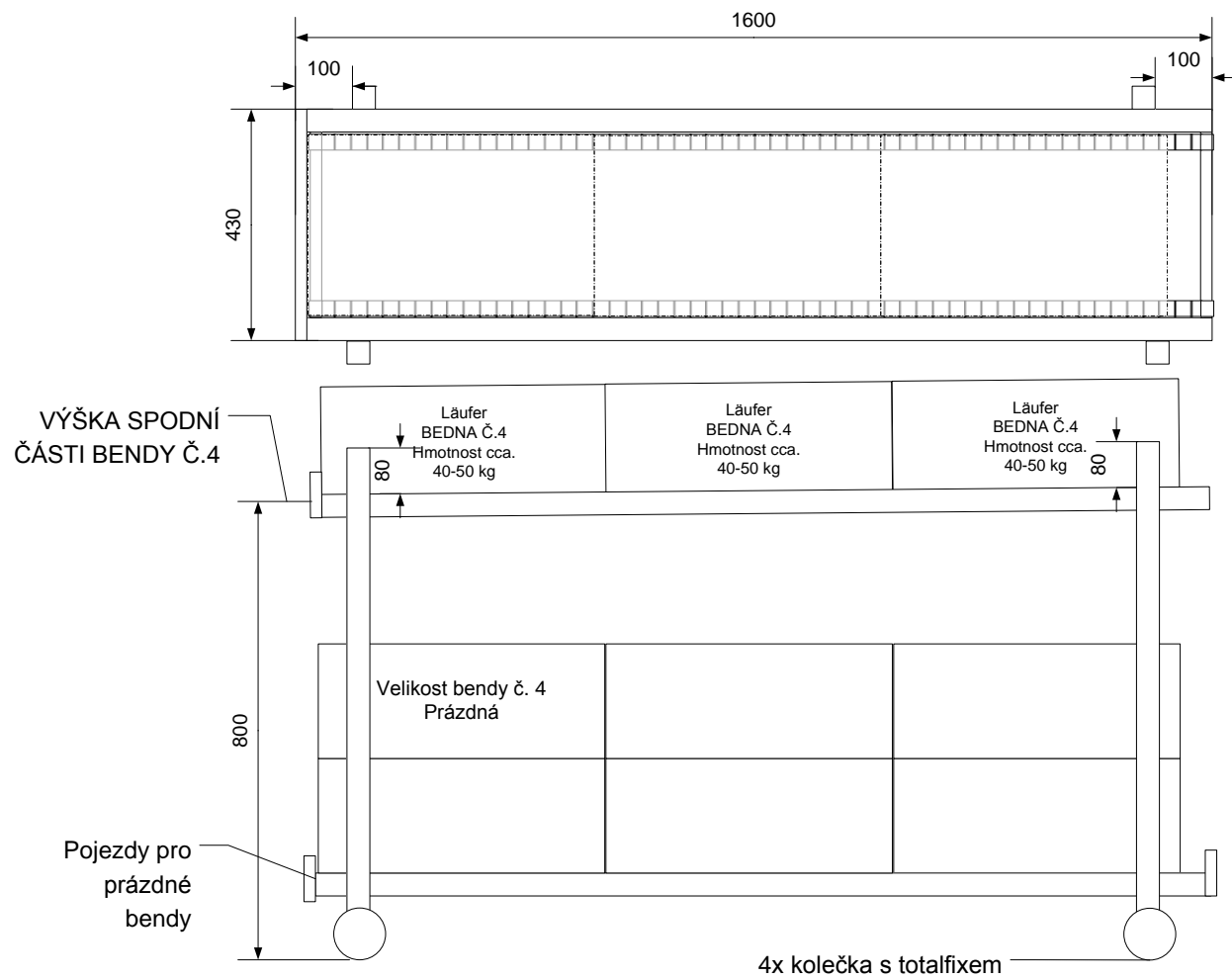
Operace/pohyb	Počet kusů	čas	odhadovaný čas po opatření	Klasifikace								EKUV				EKUV-Komentář
				Manipulace	Uložení mat.	Proces/montáž	Čištění	Kontrola	Transport	Pohyb	Čekání	Porucha	E - eliminace	K - kombinace	U - reorganizace	
<b>LISOVÁNÍ</b>																
Vzít konzoly a uložení	1	0:02:00	0:01:50		x									x	Konzole umístit blíže	
Vzít ložisko a uložení na přípravek	1	0:02:00	0:02:50		x											
Uložení rotoru + lisování	1	0:03:00	0:02:50		x	x							x		používat obě ruce	
Mačká tlačítko a dá vrtulku	1	0:02:00	0:01:17		x										po spojení pracovišť jen jedno tl.	
<b>Suma</b>		<b>0:09:00</b>	<b>0:08:47</b>													
<b>MONTÁŽ MOTORU</b>																
Vzít cívku a uložení	1	0:03:00	0:03:00		x								x		cívky odebírat z pásu	
Uložení Ložiskový štít	1	0:02:00	0:02:00		x								x		zásoby ložisek umístit před lisem	
Vložit šrouby	1	0:03:00	0:02:00		x								x		obě ruce - umístit před lis	
Mačkání tlačítka	1	0:00:30	0:00:30							x						
<b>Suma</b>		<b>0:08:30</b>	<b>0:07:30</b>													
<b>KONTROLA</b>																
Vložení do přípravku + máčkne	1	0:03:00	0:03:00		x											
Zkoušení elektrických hodnot	1	0:05:00	0:05:00					x								
Kontrola točivosti motoru	1	0:02:00	0:01:00					x				x			zmetky - seřízení lisu	
Nalepení a odložení	1	0:04:00	0:04:00			x							x		odkládat hotové díly hned do bedny	
<b>Suma</b>		<b>0:14:00</b>	<b>0:13:00</b>													
<b>BALENÍ</b>																
Skládání 10ks motorů	10	0:26:00	0:00:00	x								x			odkládat hotové kusy ihned po kontr.	
Vložení prokladů 4ks		1:06:00	0:15:00	x										x	proklady spojit -eliminace počítání	
Jde balit		0:08:00	0:00:00							x		x			balit bude prac. Kontroly + logistik	
<b>Suma</b>		<b>1:40:00</b>	<b>0:15:00</b>													

## **PŘÍLOHA č. 5**

**Výkresy přestavby linky a zásobníků pro materiál**



<b>České elektromotory s.r.o. – Projekt Paritec</b>
Regál s pojezdy pro Lagerbügly
Celková nosnost 150 KG
Počet kusů 1
Válcové profily
Schválil: Sysel 29.01.2013



**České elektromotory s.r.o. – Projekt Paritec**

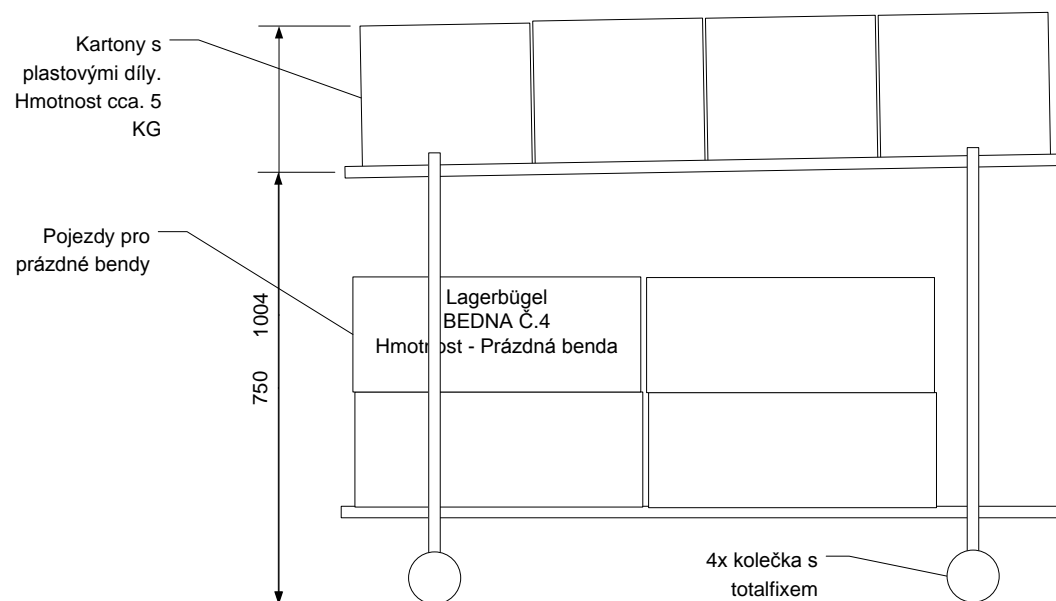
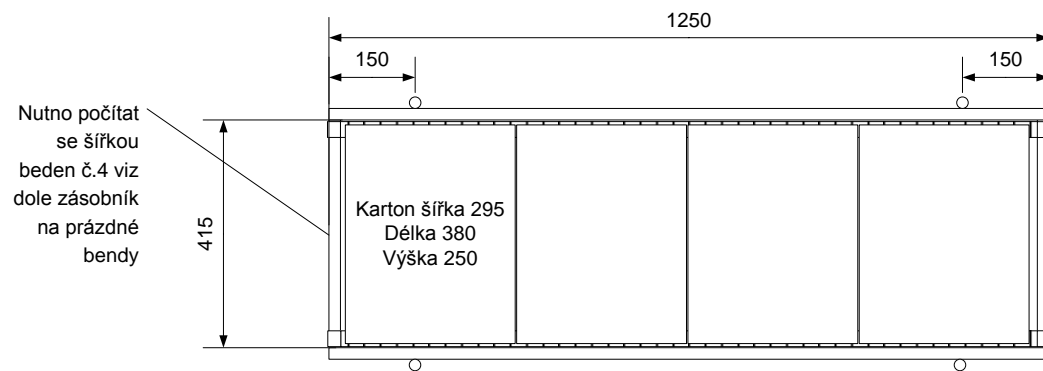
Regál s pojezdy pro Läufer

Celková nosnost 200 KG

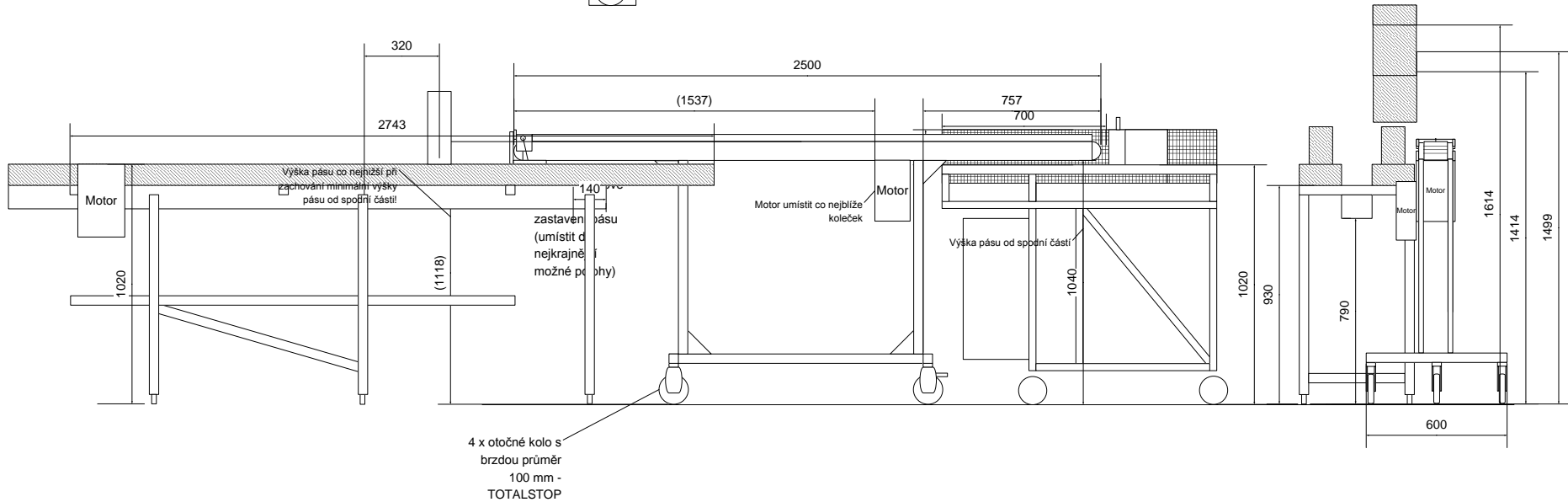
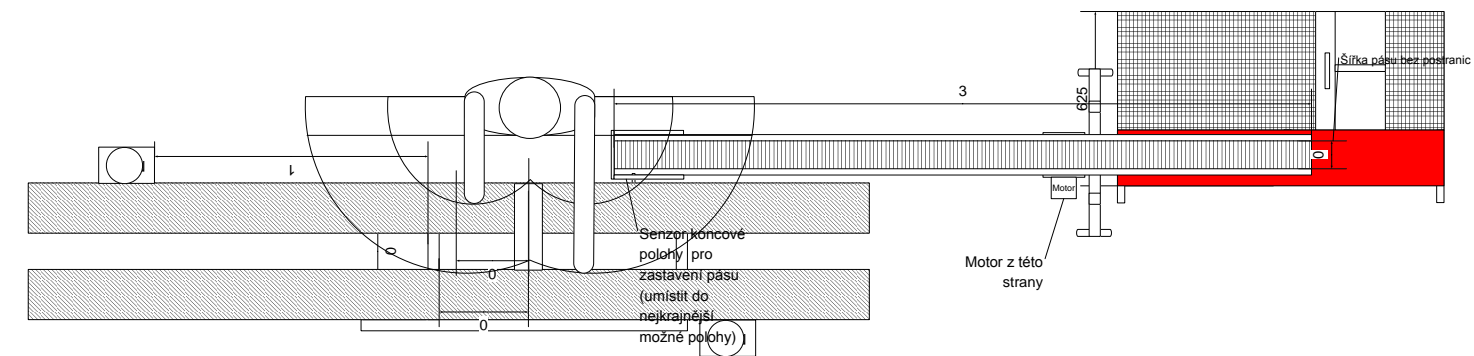
Počet kusů 1

Profily ITEM

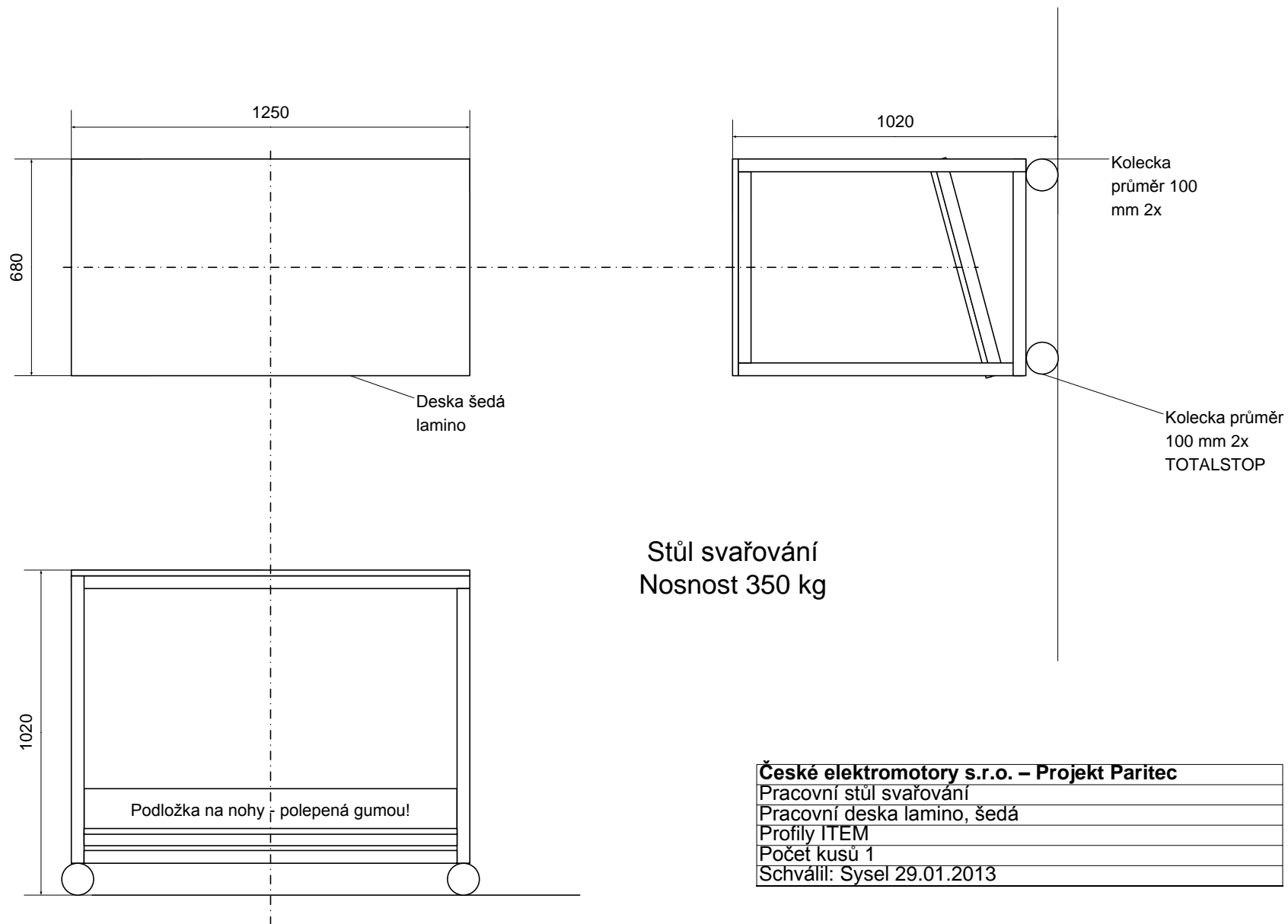
Schválil: Sysel 29.01.2013



<b>České elektromotory s.r.o. – Projekt Paritec</b>
Regál s pojezdy pro Lüfterflügly
Celková nosnost 100 KG
Počet kusů 1
Profily ITEM
Schválil: Sysel 29.01.2013



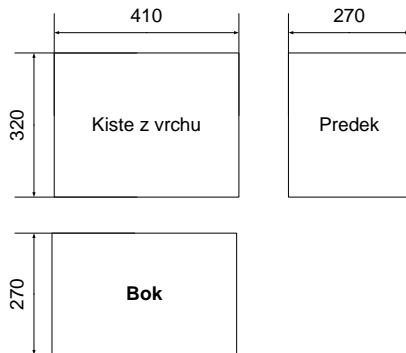
<b>České elektromotory s.r.o. – Projekt Paritec</b>
Dopravník
Počet kusů 1
Schwábil: Sysel 29.01.2013





# MARSILI

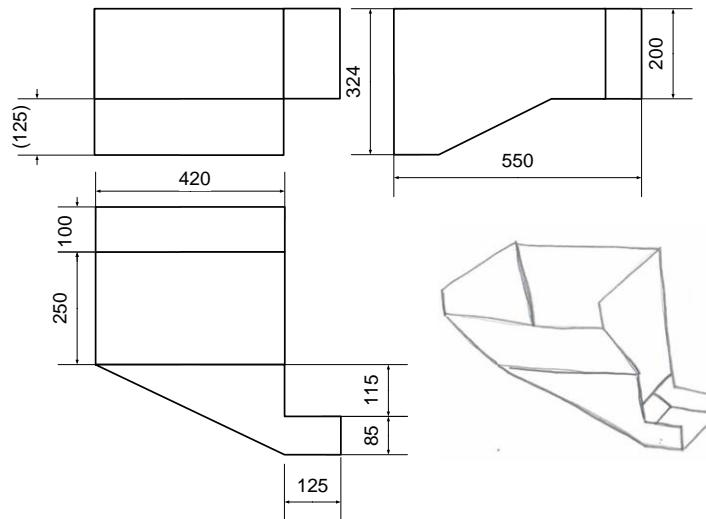
## Rozměry bedny



Výpočet, zda obsah zásobníku je stejný jako obsah kartonu

Zásobník	d	š	v	
obdélník	0,42	0,2	0,25	0,021
troj	0,42	0,124	0,25	0,00651
troj	0,42	0,2	0,2	0,0084
				0,03591
Karton				
	d	š	v	
	0,41	0,32	0,27	0,035424

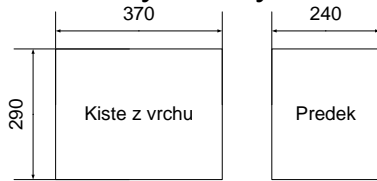
Nutno jeden pravý + levý



Zásobní na spulenkörper - Marsili
Výkres č. Z-02
Počet 1 ks - levý
1 ks - pravý

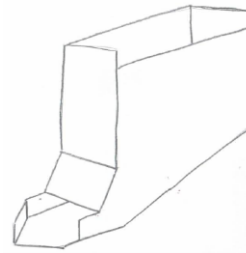
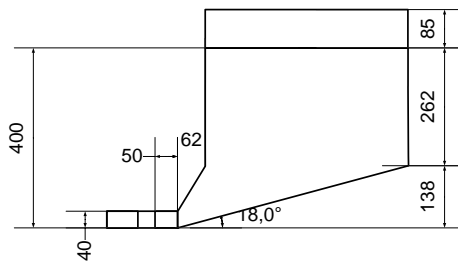
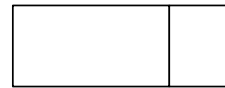
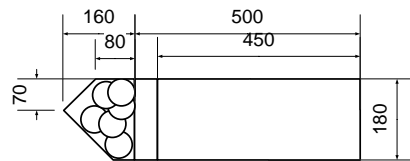
# Pari Montage Linie

## Rozměry bedny

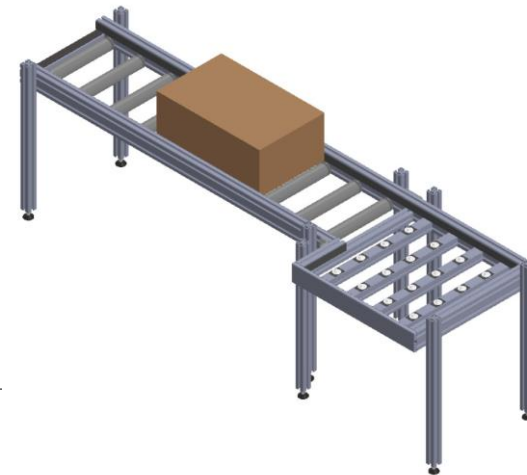
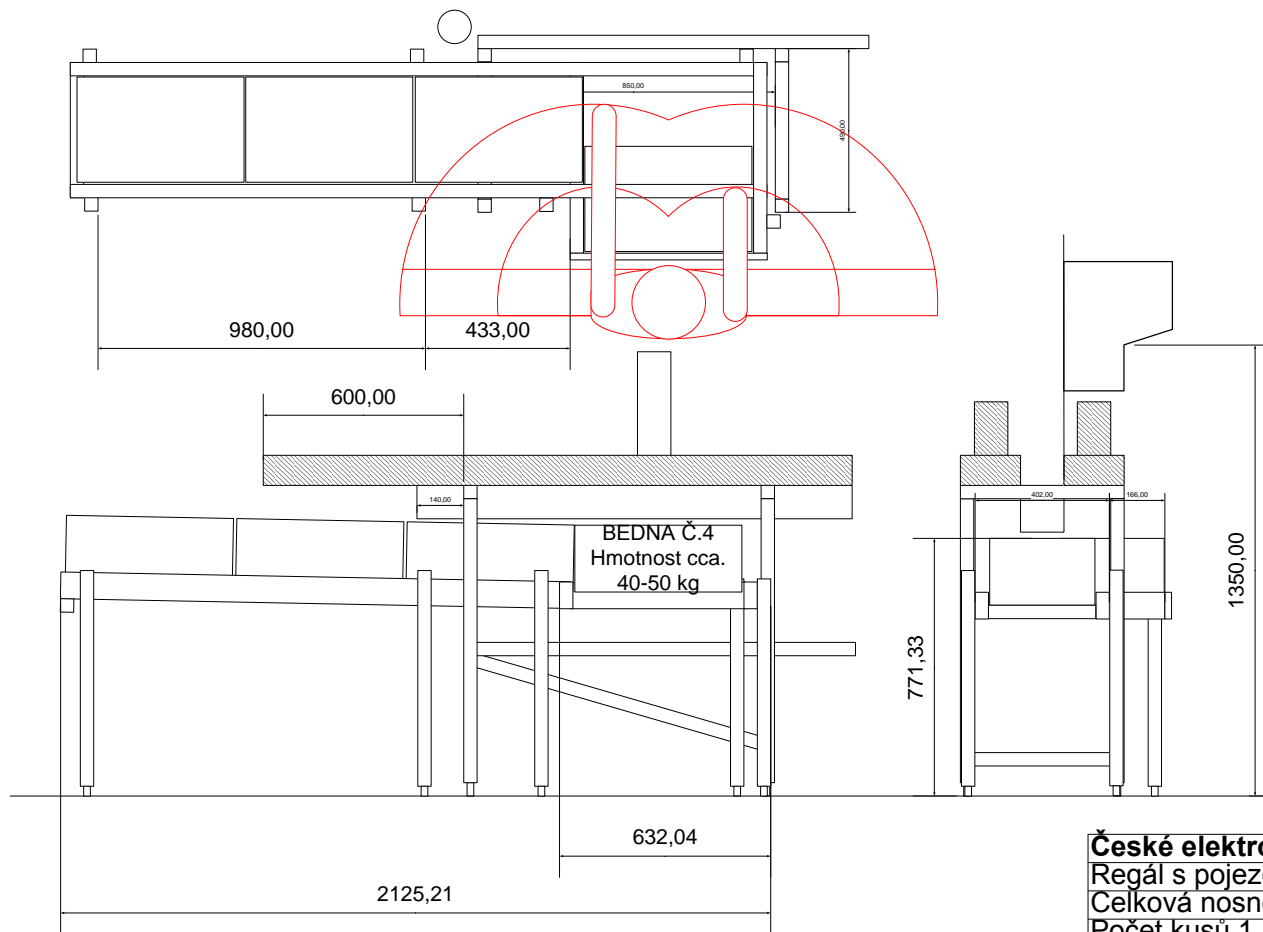


Výpočet, zda obsah zásobníku je stejný jako obsah kartonu

	výška	délka	hloubka	obsah
obdelník	0,26	0,45	0,18	0,02106
Trojúhelník	0,138	0,45	0,18	0,005589
				0,026649



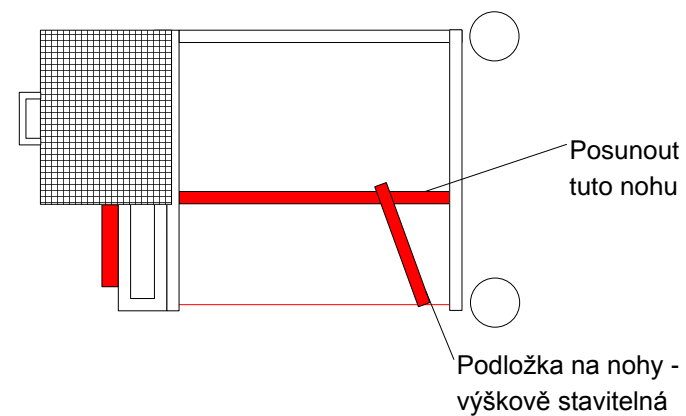
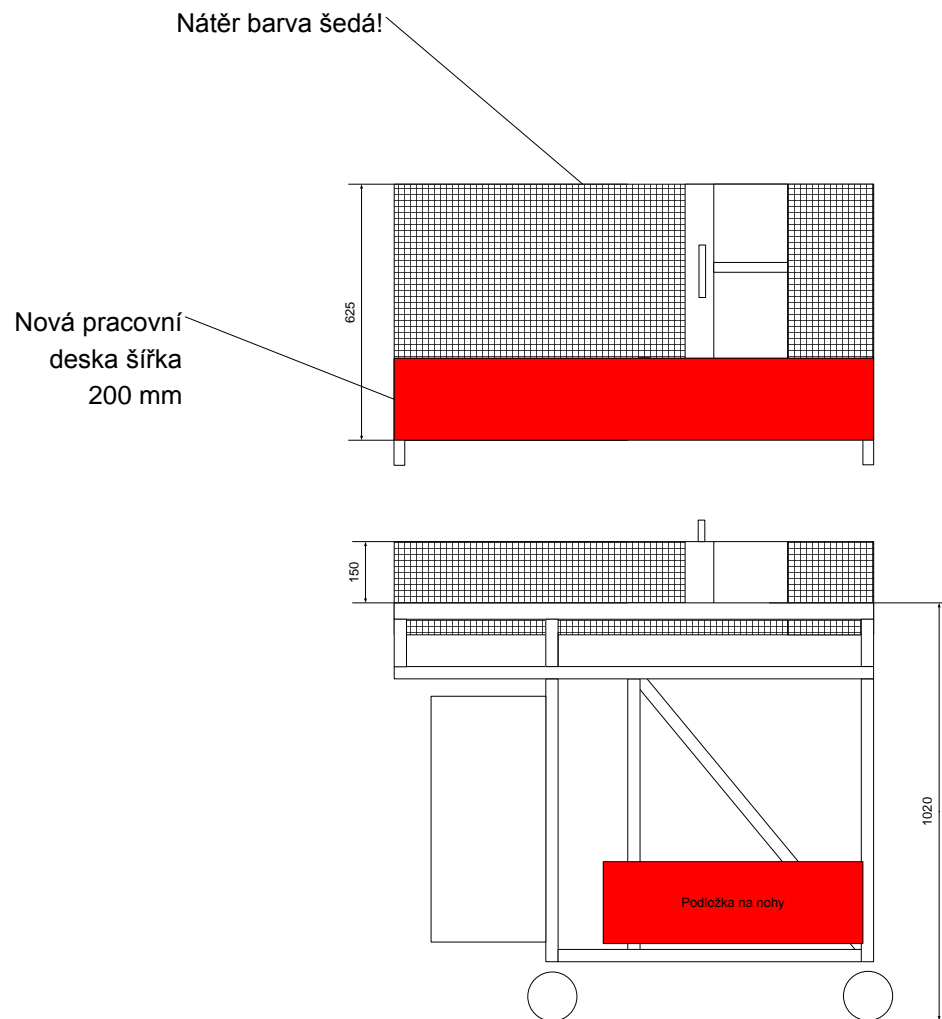
Zásobník na vrtule - montážní linka Pari  
 Výkres č. Z-01  
 Počet 1 ks



<b>České elektromotory s.r.o. – Projekt Paritec</b>
Regál s pojezdy pro Laufer
Celková nosnost 200 KG
Počet kusů 1
Profily ITEM
Schválil: Sysel 29.01.2013

## Přestavba lisu na Pari

1. Posunout nohu do zadu
2. Nová pracovní deska šířka 200 mm – Šedá, plastová hrana
3. Nátěr stroje barva šedá
4. Podložka na nohy - výškově nastavitelná – Lamino polepené gumou



České elektromotory s.r.o. – Projekt Paritec  
Přestavba pracoviště lisování

Schválil: Sysel 29.01.2013