

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Optimalizace výrobních procesů elektrotechnické firmy

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. David FREMR**
Osobní číslo: **E17N0008P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Optimalizace výrobních procesů elektrotechnické firmy**
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

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

1. Popište metody a nástroje pro optimalizaci výrobních procesů.
2. Analyzujte současný stav vybraných procesů elektrotechnické firmy.
3. Stanovte kritické body a navrhněte opatření pro jejich zlepšení.
4. Zhodnoťte očekávaný přínos navržených opatření.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 40 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

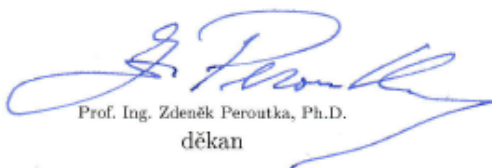
1. MASAOKI, I.: Kaizen: Metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku. Praha: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-1621-0
2. KEŘKOVSKÝ, M., MAŠÍN, I.: Moderní přístupy k řízení výroby: programy a metody pro eliminaci plýtvání. Praha: C.H. Beck, 2009. ISBN 978-80-7400-119-2
3. HIROYUKI, H.: 5S pro operátory: 5 pilířů vizuálního pracoviště. Brno: SC&C Partner, 2009. ISBN 978-80-904099-1-0
4. GEORGE, L., M.: Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity. Brno: SC&C Partner, 2010. ISBN 978-80-904099-2-7
5. internetové zdroje

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Řeřicha, Ph.D.

Katedra technologií a měření

Datum zadání diplomové práce: 5. října 2018

Termín odevzdání diplomové práce: 30. května 2019


Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 5. října 2018

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá optimalizací výrobního pracoviště pro navíjení pólů a návrhem nového pracoviště pro výrobu budičů. Je zde vypsáno několik problémů, které se objevily na pracovišti pro navíjení pólů a z toho jsou čtyři vytipovány a následně řešeny. Poté je vypracováno několik návrhů pro každé ze tří potencionálních míst, určených pro výrobu budičů. V závěrečné části práce je zhodnocení optimalizace pracoviště pro navíjení pólů a dále je popsán vybraný návrh pracoviště pro výrobu budičů.

Klíčová slova

KAIZEN, PDCA, layout, zlepšování, návrh, prostorové uspořádání, proces

Abstract

This thesis deals with optimization of production workplace for poles winding and design of new workplace for exciters production. There are several issues that have appeared at the poles winding workplace, of which four are selected and subsequently solved. After that, several designs are made for each of the three potential locations for exciters. In the final part of the thesis, there is an evaluation of the optimization of the poles winding workplace and a selected design of the excitation workplace is described.

Key words

KAIZEN, PDCA, layout, improvement, design, space arrangement, process

Prohlášení

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 19.5.2019

David Fremr

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Tomáši Řeřichovi, Ph.D. za odborné konzultace, cenné rady a připomínky při tvorbě diplomové práce.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
ÚVOD	11
1 METODY A NÁSTROJE PRO OPTIMALIZACI VÝROBNÍCH PROCESŮ ...	12
1.1 KAIZEN	12
1.2 CYKLUS PDCA	13
1.3 LEAN MANAGEMENT	14
1.4 METODA 5S.....	16
1.5 POKA-YOKE.....	18
1.6 SIX SIGMA.....	18
1.7 METODA DMAIC	19
1.8 LAYOUT PRACOVIŠTĚ	21
2 POPIS DOSAVADNÍHO STAVU VÝROBNÍHO PRACOVIŠTĚ	22
2.1 POPIS A UMÍSTĚNÍ FIRMY BRUSH SEM S. R. O.	22
2.2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PRACOVIŠTĚ PRO NAVÍJENÍ PÓLŮ	24
2.3 PROCES NAVÍJENÍ	26
3 STANOVENÍ PROBLÉMŮ A NÁVRHY OPTIMALIZACE PRACOVIŠTĚ	29
3.1 FORMULOVÁNÍ PROBLÉMŮ A NÁVRHY ŘEŠENÍ POMOCÍ PDCA TABULKY	29
3.2 KAIZEN POUŽITÝ PŘI ZLEPŠENÍ PRACOVIŠTĚ	32
3.2.1 <i>Krabičky na izolační pásy</i>	33
3.2.2 <i>Nový stojan na vodiče</i>	34
3.2.3 <i>Vozík pro převážení pólů</i>	36
3.2.4 <i>Police na odkládání pracovního náčiní</i>	40
3.3 NOVÉ OPTIMALIZOVANÉ PRACOVIŠTĚ PRO NAVÍJENÍ PÓLŮ	42
3.4 BUDOUCÍ OPTIMALIZACE PRACOVIŠTĚ	44
3.4.1 <i>Process flow výroby budičů</i>	45
3.4.2 <i>Návrh pracoviště v cívkárně</i>	47
3.4.3 <i>Návrh pracoviště v 5. poli</i>	50
3.4.4 <i>Návrh pracoviště v lisovně</i>	51
4 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ	54
4.1 HODNOCENÍ OPTIMALIZACE PRACOVIŠTĚ PRO NAVÍJENÍ PÓLŮ	54
4.2 HODNOCENÍ NÁVRHŮ PRACOVIŠTĚ VÝROBY BUDIČŮ A VÝBĚR KONEČNÉHO PRACOVIŠTĚ.....	57
ZÁVĚR	60
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	61
SEZNAM OBRÁZKŮ	62
SEZNAM PŘÍLOH	62

PŘÍLOHY 1

Seznam symbolů a zkratek

PCE	Účinnost cyklu procesu
$DPMO$	Defects Per Million Opportunities (-)
PMG	Permanent magnet generator
N_C	Celková cena (Kč)
N_K	Cena za jednotku (Kč)
n	Počet jednotek (-)
l	Délka (m)
s	Šířka (m)

Úvod

Výroba je přeměna výrobních faktorů na ekonomické statky a služby, které se následně spotřebují. Z velké části závisí na výrobě a její efektivnosti, zda společnost dosáhne hlavního cíle podnikání a tím je zisk. Právě efektivnost výroby, jeden z hlavních pojmů ekonomie a managementu, je nikdy nekončící proces, kterým se musí firma neustále zabývat, aby dlouhodobě prosperovala. Při efektivní výrobě se zamezí plýtvání a veškeré výrobní faktory, tedy přírodní zdroje, práce, kapitál a informace, se využijí na maximum tak, aby se vyrobilo co nejvíce s co nejnížší spotřebou výrobních faktorů. [1]

Tato diplomová práce se dělí na čtyři kapitoly. V první kapitole jsou popsány základní pojmy a metody, které se využívají při optimalizování výrobních procesů a pracovišť po celém světě. Druhá kapitola podává nejdůležitější informace o elektrotechnické firmě, kde se optimalizuje samotné pracoviště, jehož původní stav je zde podrobně vylíčen. Dále tato kapitola obsahuje popis procesu navíjení pólů určené pro budiče, jež je primárním procesem odehrávajícím se na pracovišti. Ve třetí a nejdelší kapitole jsou formulovány veškeré problémy spojené s výrobním pracovištěm a zároveň je navrženo jejich řešení. Celý výrobní prostor je optimalizován a s tím je spojeno řešení vybraných problémů, které je zde také popsáno. Ve druhé polovině kapitoly jsou rozepsány návrhy budoucího optimalizování pracoviště, které jsou zaměřené na propojení pracoviště pro navíjení pólů se zbytkem výroby budičů, který se přesouvá ze zahraničního výrobního závodu. Návrhy jsou vytvořeny pro tři různá místa a ke každému místu existují alespoň tři rozdílná rozvržení pracovního místa. Všechny layouty jsou rozkresleny v programu SketchUp. Poslední kapitola shrnuje výsledky optimalizace pracoviště pro navíjení pólů a představuje výsledný návrh pracoviště pro navíjení pólů.

1 Metody a nástroje pro optimalizaci výrobních procesů

V dnešní době je velmi výrazný tlak na snížení cen výrobků a služeb a tím i na snížení výrobních nákladů. Z tohoto důvodu hledají společnosti veškeré způsoby, které by snížily výrobní náklady při zachování vysoké kvality a konkurenceschopnosti. Proto se během let vyvinulo nespočet metod, nástrojů a firemních filozofií, které pomáhají optimalizovat výrobní proces, snižovat náklady a zvyšovat kvalitu. V této kapitole jsou vypsány nejznámější a nejdůležitější metody a nástroje pro optimalizaci výrobních procesů, jako je KAIZEN, 5S, Six Sigma, DMAIC a další. [1]

1.1 KAIZEN

Strategie KAIZEN vznikla v japonských firmách po 2. světové válce. Většina tamních firem musela začínat úplně od začátku, každý den byl plný nových výzev pro všechny zaměstnance od dělníků po manažery. Pro udržení na trhu byl nezbytný neustálý pokrok a zlepšování a to je podstata pojmu KAIZEN. [2]

„KAIZEN začíná přiznáním skutečnosti, že každý podnik má problémy a tyto problémy řeší vytvořením firemní kultury, v níž může každý svobodně tyto problémy připustit.“ [2]

KAIZEN se týká všech členů podniku, nicméně úkoly jsou různé v závislosti na umístění v hierarchii společnosti. Dělníci by se měli účastnit pomocí zlepšovacích návrhů a činností v malých skupinách, dodržovat disciplínu, vzdělávat se a celkově se neustále sebezdokonalovat, aby se tak stali lepšími řešiteli problémů. U vedoucích pracovníků je důležité, aby poskytovali vedení a zlepšovali komunikaci s dělníky. Také musí podporovat jejich malé skupiny a systém s individuálními zlepšovacími návrhy. Střední management má realizovat KAIZEN cíle pomocí pokynů z vrcholového managementu. Dále zavádí, udržuje a zvyšuje firemní standardy a školicími programy posiluje u zaměstnanců vědomí o KAIZEN metodě. Také pomáhá zaměstnancům získat nezbytné dovednosti a nástroje k řešení problémů. Úkolem vrcholového managementu je podpora strategie KAIZEN a budování systémů, postupů a struktur, které napomáhají této metodě. [2]

Rozdíl mezi metodou KAIZEN a inovacemi

KAIZEN se používá převážně v japonských firmách na rozdíl od inovací, které se používají nejčastěji ve společnostech na západě. Hlavním rozdílem je, že inovace probíhají skokově a přináší zásadní změny naproti tomu KAIZEN kontinuálně graduje. KAIZEN je dlouhodobý, nedramatický a po malých krocích přináší postupné a neustálé změny. Je zaměřen na lidi, klade důraz na kolektivismus a celkové skupinové úsilí, nejsou zde vysoké nároky na investice, na provozování stačí pouze jednoduché techniky (např. sedm nástrojů kontroly kvality). Naproti tomu jsou inovace krátkodobé a dramatické. Po velkých krocích přináší jednou za čas náhlé změny. Inovace jsou přerušované, nekladou důraz na lidi, ale na technologie. Jsou zaměřené na výsledky a zisk a vyžadují vysoké investice. Na inovacích se nepodílí celá společnost, ale pouze několik vybraných jedinců. [2]

1.2 Cyklus PDCA

Cílem PDCA cyklu je zlepšování a zdokonalování. Celý cyklus se skládá ze sérií činností a jeho název je odvozen z anglických slov plan, do, check, action, což v překladu znamená, plánuj, udělej, zkontroluj, uskutečni. Se základní myšlenkou přišel W. E. Deming v 50. letech 20. století v Japonsku a tuto myšlenku vysvětloval pomocí svého diagramu, který je znázorněn na Obr. 1. Proto se PDCA cyklus také někdy nazývá Demingovo kolo. [2], [3]

Cyklus PDCA začíná analýzou stávající situace a ze získaných informací je vytvořen plán zlepšení (PLAN). Po dokončení celého plánu je nařízena jeho uskutečnění (DO). Po zrealizování plánu musí být vše zkontrolováno, aby byla jistota, že se dosáhlo všech předpokládaných zlepšení (CHECK). Pokud proběhlo vše podle předpokladů je posledním krokem zabránění návratu původních problémů tím, že jsou všechny nové metody standardizovány (ACT). [2]



Obr. 1. Cyklus PDCA alias Demingovo kolo [3]

Výhodou PDCA cyklu je, že se neustále otáčí a tudíž je to nikdy nekončící proces. Po dokončení jakéhokoli zlepšení se toto zlepšení stane standardem, který může sloužit jako zdroj informací pro další plány zlepšení. Výsledkem je dosažení změn vedoucích k lepšímu a zároveň udržení a vytvoření dalších změn i v budoucnu. [2]

1.3 Lean management

Koncept lean management, tedy „štíhlá výroba“, se maximálně zaměřuje na uspokojení všech potřeb zákazníka a přitom se snaží, aby byly výnosy co nejvyšší. Těchto cílů se snaží dosáhnout především pomocí optimalizace procesů a celkového snížení nákladů, avšak kvalita musí zůstat na nejvyšší úrovni. Důležitým krokem při snižování nákladů je zabránění veškerého plýtvání, které vzniká ve společnosti při aktivitách, které nevytváří hodnotu pro zákazníka a za kterou není ochoten zaplatit. Příkladem takového plýtvání mohou být opravy nekvalitní práce, nadbytečné zásoby a nadbytečná výroba, ztrátové časy při dlouhých transportních cestách uvnitř podniku a při čekání na materiál a zbytečné pohyby při nesprávném sledu procesních kroků. Plýtvání nevzniká pouze ve výrobě, ale je zastoupeno i v administrativní části společnosti a ve firmách zabývajících se službami. Příkladem takového plýtvání může být nevyužitý lidský potenciál, špatně fungující informační systémy, zatěžující a nadbytečná administrativa a nevyužití všech příležitostí, které trh nabízí. [1], [4]

Zlepšování a optimalizace procesů je v lean managementu nikdy nekončícím procesem. Při správné aplikaci by se společnost nikdy neměla spokojit se současným stavem, vždy existuje možnost dalšího zlepšení, což je nutné pro udržení

konkurenceschopnosti a pro zajištění spokojenosti zákazníka. Toto pravidlo nedodržují zejména západní firmy, které se často v dobách úspěchu spokojují se současným stavem a dále se nerozvíjejí. Přestávají se soustředit na programy zabývající se snižováním nákladů a zvyšováním produktivity, což se může velmi neblaze promítnout v horších časech. [1]

Pro zlepšení spotřeby času a energie v procesu existují nástroje, které pomohou identifikovat neefektivní zdroje a jejich dopady. Mezi tyto nástroje patří účinnost cyklu procesu a Littleův zákon. [5]

Účinnost cyklu procesu

Účinnost cyklu procesu, která se značí *PCE*, je podíl času přidávající hodnotu a průběžné doby procesu, přičemž čas přidávající hodnotu je doba, kdy jakákoli činnost nebo procesní krok mění vlastnost, funkci nebo tvar výrobku a zákazník je za to ochoten zaplatit. Průběžná doba procesu je celková doba od vstupu do procesu (např. objednávka) až do výstupu z procesu. Následující rovnice znázorňuje vztah pro výpočet *PCE*. [5]

$$\text{Účinnost cyklu procesu} = \frac{\text{Čas přidávající hodnotu}}{\text{Průběžná doba procesu}} \quad (\%; \text{ hod, hod}) \quad (1)$$

Účinnost cyklu procesu tedy vyjadřuje procento času, který přidává hodnotu. Když má proces nízkou *PCE*, tak má i velké náklady, které nepřidávají hodnotu a zároveň i velké příležitosti ke snížení nákladů. Ke zlepšení *PCE* je tedy nutné eliminovat činnosti a náklady nepřidávající hodnotu. [5]

Littleův zákon

Littleův zákon popisuje průběžnou dobu procesu, která je obsažena ve výpočtu účinnosti cyklu procesu. Průběžná doba procesu lze vypočítat podílem počtu věcí v procesu a průměrnou rychlostí dokončení procesu. Počet věcí v procesu neboli rozpracovanost zahrnuje veškeré položky, které jsou v procesu a ještě ho neopustily. Může se jednat o objednávky, emaily, materiály, montáže, zákazníky, atd. Průměrná rychlost dokončení, jinak propustnost, popisuje výstup z procesu za určitý časový interval (např. 50 ks za den). [4], [5]

$$\text{Průběžná doba procesu} = \frac{\text{Počet věcí v procesu}}{\text{Průměrná rychlost dokončení}} \quad (\text{dny; ks, ks/den}) \quad (2)$$

Snížením počtu věcí v procesu (rozpracovanost) nebo zvýšením průměrné rychlosti dokončení (propustnost) lze dosáhnout zlepšení průběžné doby procesu a tím i účinnosti cyklu procesu. [5]

1.4 Metoda 5S

Metoda 5S se skládá z pěti základních kroků, jejichž cílem je vytvoření a udržení čistého, organizovaného a bezpečného pracovního prostředí. Metodu je dobré využít kdykoli je pracovní místo neuklizené, neuspořádané a pokud pracovníci ztrácejí čas např. hledáním nástrojů potřebných k dokončení úkolu. 5S je pojmenováno podle japonských slov začínajících na *s*, ze kterých vychází název každého kroku. [2], [5]

1. Seiri (příprava, třídění)

Prvním krokem při implementaci metody 5S je vytrídění veškerých položek, které se nacházejí na pracovišti a nejsou potřebné k současnému výrobnímu procesu. Na pracovištích se často hromadí staré stroje, nářadí, hadry, čisticí prostředky, defektní výrobky a další věci. V tomto kroku lze položky, které jsou určeny k odstranění označit štítkem a uložit poblíž na vyčkávací místo. Pokud po určité době (např. po týdnu) není vyhodnoceno, že jsou nutné, jsou z pracovního místa odstraněny. [2], [5]

2. Seiton (uspořádání)

Nyní se musí všechny položky uspořádat podle pracovního toku a označit tak, aby je mohl kdokoli najít a použít. Pro splnění tohoto kroku je dobré vytvořit mapu současného uspořádání všech nástrojů, materiálů, forem, atd. nacházejících se na pracovišti a dále vytvořit mapu budoucího stavu, u které je třeba dbát na co největší účinnost a efektivitu. Rozložení všech položek by mělo být optimalizováno podle výrobního procesu, vše potřebné uloženo v dosahu rukou, aby se zamezilo zbytečným pohybům. Vhodné je celý layout budoucího stavu umístit např. na nástěnku, aby mohl kdokoli přispět zlepšovacím nápady. Nakonec je důležité každou položku vhodně označit a vyznačit jí úložný prostor s viditelným obrysem popřípadě jejím názvem nebo obrázkem. [2], [5]

3. Seiso (úklid)

Jak název napovídá tento krok je zaměřen na úklid. Všechny položky jsou již vyříděny a uspořádány a nyní zbývá odstranit veškeré nečistoty a prach na pracovišti včetně vyčištění podlahy, pracovních pultů, nástrojů a vyprázdnění odpadkových košů. V tomto kroku může pomoci tabulka s rozepsanými úkoly, které jsou přiděleny jednotlivým pracovníkům a časovým harmonogramem, který určuje, kdy mají být úkoly splněny. [2], [5]

4. Seiketsu (standardizace)

Čtvrtý krok se zabývá standardizováním předchozích tří kroků tak, aby tyto prvky začlenily do každodenních činností. K udržení čistého, bezpečného a uklizeného pracovního prostředí je třeba dodržovat zavedené standardy čistoty. Každý zaměstnanec a pracovní tým má přidělené určité povinnosti a odpovídá si za svoje pracoviště. Uklizené pracovní místo slouží také jako prevence proti úrazům. [5], [6]

5. Shitsuke (disciplína)

Posledním krokem je zachování disciplíny, protože předchází nově zavedené kroky nemají dosud zaměstnanci v krvi. Příhodné je zavedení pravidelných kontrol a případně pracovníky upozornit na nedodržování úklidových pravidel. Po určité době si zaměstnanci vytvoří zvyk. [5], [6]

Z výše popsaných kroků je tedy jasné, že kroky jedna až tři jsou postupy pro změnění pracovního stanoviště a kroky čtyři a pět jsou nástroje, které se snaží udržet a zlepšit nově nastolený stav. Odstraněním nepotřebných položek se eliminuje zbytečné hledání, které negativně ovlivňuje výrobu i pracovní morálku. Výsledkem zavedení metody 5S je zlepšení toku materiálu i informací, zvýšení produktivity práce a vytvoření příjemného a bezpečného pracovního prostředí, které pozitivně ovlivňuje zaměstnance, zákazníky i celkové povědomí o společnosti. [6]

1.5 Poka-yoke

Termín poka-yoke popisuje zařízení nebo mechanismus, jehož účelem je zabránění vzniku chyb dříve než nastanou, popřípadě vytvoření zabezpečení, které nedovolí chybám přejít do dalšího procesního kroku. Poka-yoke se používá, když se zhoršuje účinnost cyklu procesu z důvodu opravování chyb. [5]

Existují dva základní systémy, které se využívají při zabezpečení proti chybám. Výstražný přístup zastaví proces, když je odhalena nějaká nepravidelnost a světly nebo zvuky dovede pracovníky k místu s chybou. Preventivní přístup nedovolí vznik chyby. Příkladem tohoto přístupu může být obyčejný USB konektor nebo SIM karta. Tyto předměty lze umístit do slotu pouze v jedné správné poloze a to díky jejich tvaru. [5]

Při řešení defektu ve výrobě je důležité nejprve popsat samotný problém a jeho dopad na zákazníky. Dále je nutné zajistit a popsat procesní krok a výrobní procedury, ve kterých defekt vzniká. Jakékoli chyby a odchylky vzniklé v tomto procesu je nezbytné vyšetřit a analyzovat jejich příčinu. Při řešení odchylek je vhodné využít brainstorming a podle nalezených nápadů vytvořit a otestovat nové zařízení proti chybám. V případě úspěchu, je možné toto zařízení natrvalo implementovat do výrobního procesu. [5]

1.6 Six Sigma

Koncept Six Sigma byl poprvé zaveden ve společnosti Motorola v 80. letech dvacátého století. Koncept se brzy stal hlavní filozofií firmy a dnes ho využívá celá řada nadnárodních společností. Samotný pojem Six Sigma určuje kvalitu výroby podle počtu vad na milion příležitostí DPMO. Například One Sigma se rovná 690 000 DPMO, tedy efektivita, v tomto případě vztažená na počet vadných výrobků k celkovému počtu výrobků se rovná pouze 31 %. V Tab. 1 jsou uvedené veškeré úrovně Six Sigma s požadovanými DPMO a k tomu vztaženou efektivitou. [5], [7]

Tab. 1. Poměr mezi úrovní sigma, DPMO a efektivitou procesu [7]

Úroveň Sigma	DPMO	Výtěžnost (efektivita)
1	690 000	31,0000%
2	308 000	69,2000%
3	66 800	93,3200%

4	6 210	99,3790%
5	230	99,9770%
6	3,4	99,9997%

Defects Per Million Opportunities neboli *DPMO* (-) lze vyjádřit pomocí vztahu

$$DPMO = \frac{D}{N \cdot O} \cdot 10^6 (-), \quad (3)$$

kde D (-) je celkový počet defektů, N (*ks*) značí počet kusů, které byly prohlédnuty a ověřeny a O (-) vyjadřuje počet příležitostí k chybě na jeden kus. [7]

Hlavním cílem při využívání této cílem metody je tedy dosáhnout šesté úrovně, kdy se vyskytne maximálně 3,4 chyby na milion příležitostí k chybě. Pouze při využití veškerého potenciálu zaměstnanců a využití všech složek společnosti lze dosáhnout tohoto cíle. Mezi další cíle patří efektivní využívání veškerých zdrojů, monitorování a zlepšování procesů, redukování prostojů a obslužné doby a celkové zvýšení produktivity. Nicméně všechny tyto kroky vedou k nejdůležitějšímu cíli a to je maximalizování zisku. [5], [7]

1.7 Metoda DMAIC

Název DMAIC pochází z názvů pěti fází, na které je metoda rozdělena. V podstatě se jedná se o vylepšený cyklus PDCA. Fáze Definovat (Define), Měřit (Measure), Analyzovat (Analyze), Zlepšovat (Improve) a Řídit (Control) provázejí pracovní tým krok za krokem od stanovení problému až k trvalému řešení. Tuto metodu lze uplatnit při řešení širokého spektra problému v oblasti podnikání, ačkoli se tato metoda neuplatňuje při zavádění úplně nového procesu, výrobku nebo služby. [5], [8]

1. Definovat

V první fázi se vybírá projekt, kterým se bude dále řešit. U každého projektu se určuje, jaké bude mít přínosy a také jaké investice času, peněz a dalších zdrojů bude projekt vyžadovat. Po výběru rentabilního projektu se určí tým pracovníků, kteří budou na projektu pracovat a přiřadí se potřebné zdroje. V tomto kroku se také popíše celý projekt, určí se rozsah od začátku do konce a vytvoří se plán, ve kterém jsou zahrnuty veškeré činnosti, které jsou vyžadovány k odstranění problému. Plány se v každé společnosti

mohou lišit, nicméně zpravidla obsahují Ganttův diagram, analýzu rizik, přidělení zodpovědností a plány na komunikaci. [5], [9], [10]

2. Měřit

Hlavním cílem druhé fáze je nasbírání a vyhodnocení veškerých informací o stavu procesu. Sesbíraná data musí být spolehlivá, protože tyto informace ohledně výskytu vad, rychlosti procesu, kvality, nákladů, vstupů a výstupů se použijí k odhalení podstatných zdrojů problémů. Důležitým krokem v této fázi je vytvoření podrobné mapy toku hodnoty (VSM), která ukazuje podobu současného toku procesu. V mapě jsou zahrnuty hlavní kroky procesu v určeném rozsahu, zásoby, čekání, doba cyklu a spotřebitelská poptávka. Jde zřetelně rozpoznat dodavatelské a zákaznické smyčky. [5], [9]

3. Analyzovat

Třetí fáze se zaměřuje na určení mezních příčin problémů, které zásadně ovlivňují výskyt vad. K tomuto se využívají informace nasbírané v přechodím kroku. Je důležité identifikovat všechny kroky, které přidávají hodnotu a zároveň i kroky nepřidávající hodnotu. V této fázi se také využívá účinnost cyklu procesu (PCE), jež je popsán v kapitole 1.3. Je vhodné vypočítanou hodnotu účinnosti cyklu procesu porovnat s výsledky nejlepších společností v oboru, aby se stanovil cíl, kterého je třeba dosáhnout. Jedním z kroků zahrnutých v této fázi je rozpoznání různých omezení a výpadků v procesu a zhodnocení jejich vlivu na způsobilost splnění požadavku zákazníků. V případě nalezení příležitosti pro rychlé zlepšení, lze ji řešit pomocí metody KAIZEN. Tímto se okamžitě získá alespoň částečný přínos a poté se může dále pokračovat v projektu. [5], [9]

4. Zlepšit

Cílem této fáze je vytvoření řešení, které odstraní skutečné příčiny problému. Výsledkem má být zlepšený a stabilizovaný proces, který splňuje požadavky zákazníků. Prvním krokem při realizaci této fáze je vytvoření mnoho potenciálních řešení. Z těchto řešení je poté vybráno a optimalizováno nejlepší řešení. Je důležité dokumentovat všechny výsledky a v případě potřeby být otevřený změnám, popř. kombinovat všechna možná řešení. Následuje úprava mapy toku hodnoty z druhé fáze tak, aby vznikla jasná představa

o procesu po provedených změnách včetně uvedení informací o zlepšení kvality, časových úsporách atd. Dále je již zavedeno zaváděcí řešení problému, všechny výsledky se dokumentují a porovnávají s výchozím stavem. Nakonec je vytvořen a proveden celý implementační plán. [5], [9]

5. Řídit

Poslední fází je zavedení a standardizování všech nutných změn, které byly potřeba pro úspěšné odstranění problémů a dosažení požadovaného zlepšení. Je důležité, aby byly změny řádně zavedené do systému a byly součástí každodenních činností. Podstatné je zhodnocení výsledků a pomocí grafů a jiné dokumentace potvrdit, že dosažené zisky jsou totožné s projektovou listinou. [5], [9]

1.8 Layout pracoviště

Layout pracoviště je rozvržení veškerých strojů, zařízení i manuálních stolů, které jsou potřeba k vykonání procesů na pracovišti. Layout je zpravidla složen z nákresu půdorysu, kde jsou rozmístěné jednotlivé objekty. Jako podpora se používají fotografie s popsáním názvem s důležitými částmi pracoviště. Důvodem je, aby se noví pracovníci lehce zorientovali a věděli, jaké rozvržení pracoviště mají dodržovat. [11]

Při vytváření layoutu je vhodné používat metody, které jsou popsány v předchozích podkapitolách, zejména metodu 5S (kapitola 1.4). Optimální rozložení pracoviště je zaměřeno na co největší efektivitu celé výroby i na samotného pracovníka vykonávajícího daný proces. Aby bylo pracoviště dlouhodobě stabilní, je třeba pracoviště uspořádat tak, aby se pracovníkovi dobře pracovalo, mohl podávat co nejlepší výkon a například nadměrně nezatěžoval jednu část svého těla, což by v dlouhodobém měřítku mohlo způsobit zranění. Spolupráce a soulad se samotnými pracovníky, kteří budou na pracovišti pracovat, je velmi důležitá, protože všechny tyto kroky vedou k optimalizovanému pracovišti s plynulou produkcí, které bude efektivně vyrábět a uspokojovat odběratele. [11], [12]

2 Popis dosavadního stavu výrobního pracoviště

Tato práce je zaměřena na optimalizaci výrobního stanoviště pro navíjení pólů budičů ve společnosti BRUSH SEM s. r. o. Pracovní místo je umístěno v hale „Gigant“ v cívkárně u vchodu do svařovny. Navíjení pólů budičů je součástí mnohem většího výrobního procesu - výroby budičů, který se do BRUSH SEM s. r. o. přesouvá ze zahraničních firem patřící do skupiny BRUSH Generators. Celý projekt transferu výroby budičů do Plzně z výrobních závodů v Nizozemsku a Velké Británii trvá více než jeden rok. V této práci je též zaznamenán proces přípravy nového pracovního místa pro výrobu budičů.

2.1 Popis a umístění firmy BRUSH SEM s. r. o.

Společnost BRUSH SEM s. r. o. má sídlo v Plzni v České republice, je součástí skupiny Melrose plc, kde patří do skupiny BRUSH Generators, která je největším světovým nezávislým výrobcem turbogenerátorů. Na Obr. 2 je mapa z katastru nemovitostí, na které dominují dvě budovy - velká hala „Gigant“, která má rozlohu 200x200 metrů a menší hala „Nová hala“ s rozlohou 36x78 metrů. [13]

Hala „Gigant“ je rozdělena na šest polí. První i druhé pole jsou vyčleněny pro obráběcí stroje, ve třetím poli je montáž a zkušebna, ve čtvrtém poli se skládají statorové plechy a je zde i navijárna statorů, v pátém poli je výpravna a v šestém poli leží navijárna rotorů a další zkušebna. Dále je v hale impregnace, svařovna, měďárna, cívkárna, lisovna a sklad. „Nová hala“ je určena pro cívkárnu, kde se připravují statorové tyče, které se dále převáží nákladním autem do navijárny statorů a je zde umístěn další sklad. Mapa celého areálu s popisem jednotlivých sekcí je na Obr. 3. Tato mapa slouží pouze k orientačním účelům, jelikož není plně aktualizovaná, nicméně rozložení prvního až šestého pole v hale „Gigant“ je v současné době správné.

BRUSH vyrábí dvoupólové vzduchem chlazené generátory o výkonech mezi 10 až 350 MVA i čtyřpólové vzduchem chlazené generátory o výkonech od 10 do 65 MVA. Oba druhy lze připojit na plynovou nebo parní turbínu. Dalším produktem jsou mobilní generátory „Trailer“, které jsou poháněny různými plynovými turbínami. Tyto generátory jsou provozovány na odlehlých a nehostinných místech, jejich výkon se pohybuje mezi 10 až 50 MVA. Generátory s nejvyšším výkonem, které firma nabízí, jsou dvoupólové s kombinovaným chlazením, jejichž výkon je v rozmezí 350 až 1 100 MVA. O pohon

generátorů se stará plynová nebo parní turbína. Kombinované chlazení satorových tyčí je realizováno vodíkem a vodou. Všechny generátory jsou buzené staticky nebo bezkartáčovým budičem a lze je přizpůsobit přáním zákazníků. [14], [15], [16], [17], [18]

Dvoupólové vzduchem chlazené generátory se zpravidla označují názvem řady „DAX“, přičemž další čísla a písmena upřesňují parametry daného generátoru. Celý název tedy může být BDAX 8-290 ERH. První písmeno určuje, zda je generátor buzený staticky „Y“ nebo obsahuje bezkartáčový budič „B“. Po názvu řady „DAX“ následuje zpravidla jedno číslo, které značí průměr rotoru a satoru (např. 6, 7, 8, 9). Variantami základního označení může být dvojčíslí (např. 85). Trojčíslí za pomlčkou určuje aktivní délku jádra. Následující písmeno „E“ dává informace o obsažených ložiskách, prostřední písmeno „R“ informuje o chlazení rotoru a poslední písmeno „H“ značí uzavřený vzduchový chladič okruh. [19]

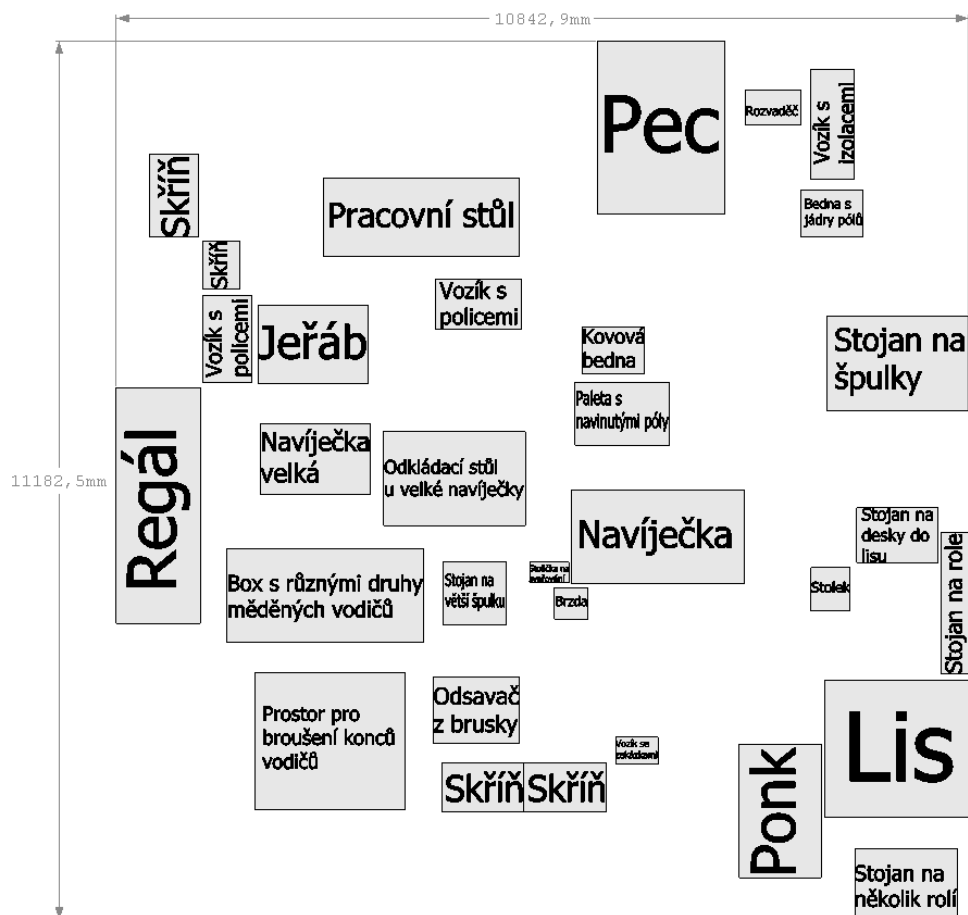


Obr. 2. Mapa z katastru nemovitostí

za lisem je umístěn stojan na role s izolačním materiálem. Blízko lisu je také ponk se svěrákem a vrtačkou. Po stranách pracoviště jsou umístěné skříně s materiálem a pracovním nářadím. V levém dolním rohu je za ochranným plexisklem vymezen prostor pro broušení konců vodičů, které se používají při výrobě rotoru budiče. Poté se tyto vodiče převážejí k dalšímu zpracování na vedlejší pracoviště. V levém horním rohu je pracovní stůl, kde se připravují jádra pólů na navíjení. U zdi za stolem jsou uzávěry inženýrských sítí, a proto zde nesmí být nic uskladněno. Vedle stolu leží pec, která se v současné době nevyužívá. Vedle pece je vozík s připravenými a nastříhanými izolacemi. Na pracovišti je umístěn také malý ruční jeřáb, který je potřeba při převážení těžších břemen na pracovní stůl, jelikož ke stolu, který je v rohu, nedosáhne mostový jeřáb. Pozice jeřábu, stolků, vozíků s policemi a kovových beden se může měnit podle aktuálních potřeb pracovníka pracujícího na pracovišti.



Obr. 4. Výrobní stanoviště v původním stavu



Obr. 5. Layout výrobního stanoviště v původním stavu

2.3 Proces navíjení

Ve společnosti se vyrábí několik druhů budičů a každý z nich má zároveň i rozdílné póly. Největší rozdíl mezi póly je v počtu závitů a od toho se odvíjí i časová náročnost na navinutí. Následující popis objasňuje základní procesy při navíjení pólu. Hlavní principy jsou stejné pro navíjení všech druhů pólů.

Před začátkem navíjení je potřeba nastříhat izolační materiál a zkontrolovat jádra cívek, která jsou vyráběna v obrobě a dovážena na pracoviště v kovových bednách. Na pólu se nesmí vyskytovat žádné ostré hrany a břity. Poté je důležité hlavní pól očistit, odmastit a vyznačit výšku izolace. Dále se navine jedna vrstva izolační páskou KAPTON L76, pól se ovine plstí K1 a celé se to přichytí páskou E15. Do každého rohu se vloží kus izolace L45, který se přichytí jedním ovinem pásky E23. Rozdíl mezi páskami E15 a E23 je pouze v jejich šířce. Dále se již nainstaluje izolační rámeček a celý pól se upne na navíječku. Pól se ještě ovine dvakrát s polovičním překrytím skelnou tkanicí H7T.

Následuje kontrola veškerého provedení, ujištění, zda je tkanice ve všech rozích. Poté se připraví vodič, očistí se a připájí se kolmo k vývodnímu plíšku pájkou Sn60Pb40. Plíšek se od pájeného spoje izoluje skelnou tkanicí H6T. Vývodní plíšek se ohne a umístí se podle Obr. 6.



Obr. 6. Ohnutí vývodního plíšku

Následně se již navine cívka o n závitů. Po navinutí se pól sejme z navíječky, zkontroluje a umístí na paletu, jak je vidět na Obr. 7. Poté přijdou pracovníci ze zkušebny a Q-metrem vyzkouší odpor cívky pro znamení případného zkratu a také změří izolační odpor. Odtud jsou póly převáženy na expedici, protože se musí dále odvést na impregnaci do firmy TES Vsetín, jelikož zde nejsou potřebná zařízení k impregnování pólů. Časová náročnost celého procesu je závislá na velikosti pólu a počtu závitů, nicméně pouze na tomto pracovišti si každý pól vyžádá 13 až 21 hodin práce.



Obr. 7. Navinuté póly připravené na převoz





3 Stanovení problémů a návrhy optimalizace pracoviště

Z popisu původního pracoviště (2.2) a z Obr. 4 a Obr. 5 je jasné poznat, že je pracovní místo neuspořádáno a přeplněno předměty nepotřebnými k samotnému výrobnímu procesu. Pracovník nemá dostatek prostoru pro veškerou manipulaci. Je nutné místo vyklidit a pracoviště uspořádat tak, aby vzniklo v rámci možností co nejoptimálnější pracovní místo. Dále bylo zadáno, že v rámci uspořádání pracovního místa má vzniknout volný prostor pro umístění další navíječky, která bude nainstalována v budoucnu.

3.1 Formulování problémů a návrhy řešení pomocí PDCA tabulky

Nejdůležitějším krokem při analýze a řešení problémů bylo neustálé pozorování výrobního procesu navíjení pólů. Všechny potenciální problémy, které byly zjištěny při pozorování pracovního místa a výrobního procesu byly zapsány a po konzultaci s vedoucím byla vytvořena firemní PDCA tabulka (Tab. 2). Ke každému problému byl současně napsán i návrh na jeho řešení.

Tab. 2. Brush PDCA formulář

Datum	Č.	Problém/Potřeba	Řešení/Akce	Přínosy (bezp.erg.kv al.)	Předp. přínosy	Úspory celkem	
30.10.	1	Nedostatek přípojek elektrické energie a stlačeného vzduchu. Pouze jedna přípojka od každého pro celé pracoviště.	Přidělat další přípojky.	Bezpečnost			
30.10.	2	Nutnost čekání na zkoušeče. Pozdní zjištění závady, nutnost opakovaného upínání na navíječku.	Přidání zkoušečky na pracoviště pro okamžité přezkoušení navinutého pólu.	Produktivita			
30.10.	3	Ovíjecí páska je úzká, nutnost vodič mnohokrát ovinout.	Pořízení širší ovíjecí pásky, která by snížila množství ovinutí.	Produktivita			

30.10.	4	Nastříhaná izolace je volně položená na hromádkách.	Pořízení zásobníků nebo krabiček na nastříhaný izolační materiál.	Produktivita			⊕
30.10.	5	Přichycování jádra cívky je nepraktické. Při manipulaci může dojít k úrazu.	Nainstalovat druhou odvíječku, aby se nemusely měnit přípravky na navíjení.	Produktivita Bezpečnost	10 min úspora		⊕
30.10.	6	Nově zřízená polička je příliš nízko.	Umístění poličky výše a její rozšíření.	Ergonomie			⊕
30.10.	7	Odkapávání přebytečné pájky na podlahu.	Pod místo, kde se pájí, dát zásobník.	Ergonomie			⊕
30.10.	8	Ukládání navinutých pólů na paletě na zemi.	Vytvoření vozíků pro snadnější přesun a manipulaci, vytvořit layout pro hotové póly.	Tok materiálu	15 min úspora		⊕
30.10.	9	Pracoviště je nedostatečně osvětlené.	Vybavit pracoviště světelným zdrojem.	Kvalita	15 min úspora		⊕
30.10.	10	Držák na napojování vodičů je umístěný na stoličce. Stolička je nízká a znečištěná.	Vyrobení nového stojanu v ergonomické výšce.	Ergonomie Produktivita			⊕
30.10.	11	Stojan na odvíjení vodičů je nízko.	Využít stojan, kde by se dalo umístit 10 bubnů s vodiči pro výrobu pólů i PMG.	Produktivita			⊕

30.10.	12	Pracovník nemá okolo sebe místo a nemá místo pro uložení lahve s pitím.	Změna uspořádání pracoviště.	Produktivita			⊕
30.10.	13	Ze vzduchové brusky uniká vzduch, špatné těsnění.	Opravit nebo použít elektrickou brusku.	Ergonomie			⊕
30.10.	14	Nářadí není ergonomicky vhodné. Na nářadí jsou radiusy (známky opotřebení) a kladívko se smeká při doklepávání.	Upravit nářadí.	Produktivita Ergonomie	20 min úspora		⊕
30.10.	15	Špatný tok materiálu.	Předělat tok po konzultaci s technologií, mistrem a pracovníkem.	Produktivita Tok materiálu	30 min úspora		⊕
30.10.	16	Je pouze jedna navíječka a druhá je na měďárně.	Navíječku z měďárny nainstalovat na pracoviště na navíjení PMG.	Produktivita	10 min úspora		⊕

V dalším kroku byly z Obr. 4 graficky vymazány všechny předměty, které byly určeny k odstranění. K tomuto byl použit program GIMP. Vznikla tak lepší představa o všech předpokládaných změnách. Grafická úprava je vidět na Obr. 8.



Obr. 8. Grafická úprava pracovního místa

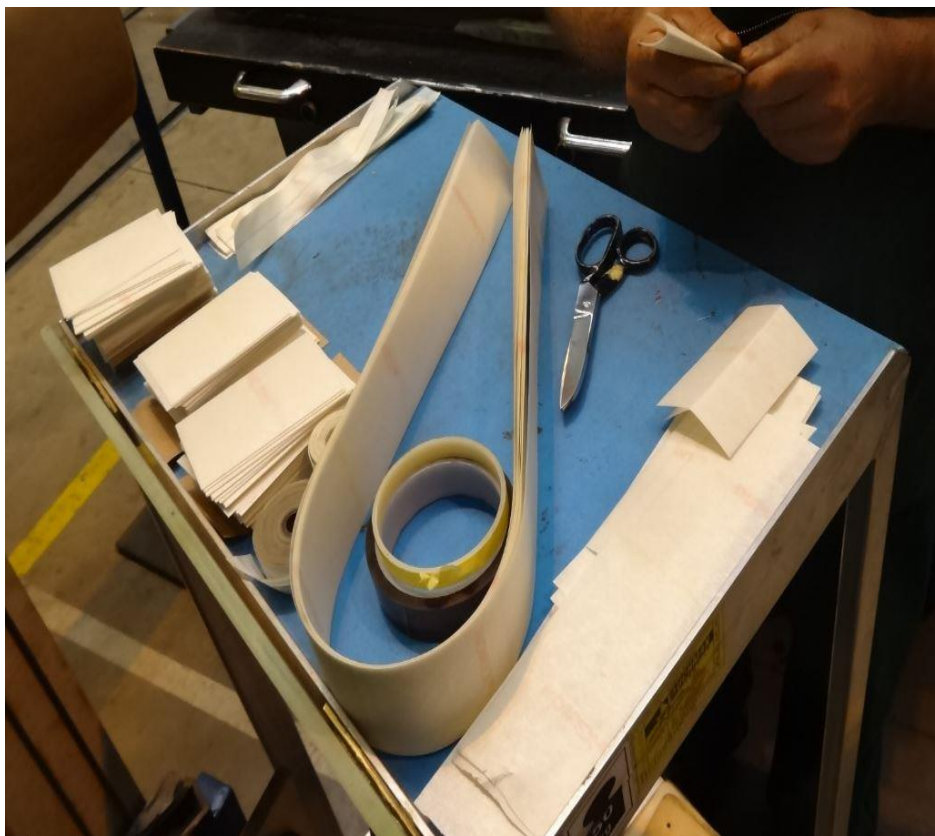
3.2 KAIZEN použitý při zlepšení pracoviště

Menší zlepšení použitá při optimalizaci tohoto pracovního místa vychází zejména z PDCA tabulky (Tab. 2). Některá zlepšení proběhla těsně před začátkem zápisu do PDCA tabulky a jiná se dodělávala dodatečně. V následujících podkapitolách jsou popsány největší problémy, které byly vytipovány z PDCA tabulky. Tyto problémy jsou následně řešeny. Jedná se o:

- Krabičky na izolační pásy (č. 4)
- Nový stojan na vodiče (č. 11)
- Vozík pro převážení pólů (č. 8)
- Police na odkládání pracovního náčiní

3.2.1 Krabičky na izolační pásy

Jedním z nedostatků, který je zmíněn i v Tab. 2 (č. 4), jsou volně položené nastříhané izolační pásy o různých rozměrech. Vzniká zde problém, kdy mohou být pásy lehce smíchány, protože jsou bez jakéhokoli označení. Dále je nelze nikam řádně uklidit, když nejsou zrovna potřeba. Hrozí také sesuv hromádek a jejich rozsypání po podlaze, jelikož leží na malém mobilním stolku. Pásy umístěné na odkládacím stolku jsou vidět na Obr. 9.



Obr. 9. Umístění izolačních pásek na odkládacím stolku

Jednoduchým řešením tohoto problému je nákup krabiček, kde se pásy rozdělí podle velikostí. Každá krabička má vlastní označení rozměrů. Nyní se pásy nemohou promíchat ani rozsypat a lze je jednoduše odklidit do skříně, když nejsou zrovna zapotřebí. Izolační pásy uložené v krabičkách jsou na Obr. 10. Pořízení těchto krabiček vyšlo jen cca na 100 Kč bez DPH.



Obr. 10. Izolační pásy uložené v označených krabičkách

3.2.2 Nový stojan na vodiče

Problém s nevhodným stojanem na vodiče je v PDCA tabulce pod číslem 11. Původní box s vodiči je vidět na Obr. 4 vlevo u přepážky oddělující prostor pro broušení vodičů. Tento box je starý a zcela nevyhovující. Jednotlivé vodiče se mohou při odvíjení zamotat a zadržávají se. Rozmístění samotných vodičů uvnitř boxu je znázorněno na Obr. 11. Další nevýhodou je nemožnost použití špulek s větším průměrem, které se používají právě při navíjení pólů. Vodiče umístěné ve starém boxu se používají primárně na přípravu „vypávaného“ statorového vinutí. Nedostatečnost boxu byla zřejmá již od počátku. Krátce po přivezení boxu do výrobního závodu v Plzni byl vznesen požadavek pro výrobu nového kvalitnějšího stojanu.



Obr. 11. Umístění špulky s vodiči uvnitř boxu

Nový stojan je na Obr. 13. Zde by se již špulky neměly zadržávat a jednotlivé vodiče zamotávat. Síla dotažení jednotlivých řádků funguje jako brzda a pracovník si to tedy může nastavit přesně tak, jak potřebuje pro daný výrobní proces. Na stojan je možné umístit i špulky s větším průměrem, tudíž ho lze použít na navíjení pólů i na přípravu vodičů pro „vyspávané“ vinutí pomocného statoru budiče. Toto vinutí připravené na umístění do statoru pomocného budiče je na Obr. 12. Nový stojan eliminuje potřebu stojanu pro větší špulky, který se používal při navíjení pólů, protože bylo nutné mít vodič v přímém směru a napnutý. Starý stojan pro špulky s větším průměrem je vidět na Obr. 4 a na Obr. 5 mezi navíječkou a starým boxem.



Obr. 12. Vodiče připravené pro "vyspávané" vinutí



Obr. 13. Nový stojan pro odvíjení vodičů

3.2.3 Vozík pro převážení pólů

Původně se navinuté póly uložily na paletu (číslo 8 v PDCA tabulce) a dále se odvážely na expedici. Póly uložené na paletě jsou na Obr. 14. Transport paletovým vozíkem je pomalý a fyzicky náročný. Nicméně na hale „Gigant“ jezdí elektrický tahač se sedícím řidičem „Toyota“, který utáhne až dvě tuny. Tahač je využíván téměř celou směnu, vozí zejména statorové plechy z lisovny na montáž. Tento tahač lze použít i na převoz navinutých pólů na expedici, což by velmi usnadnilo práci i čas. Fotografie elektrického tahače je na Obr. 15.



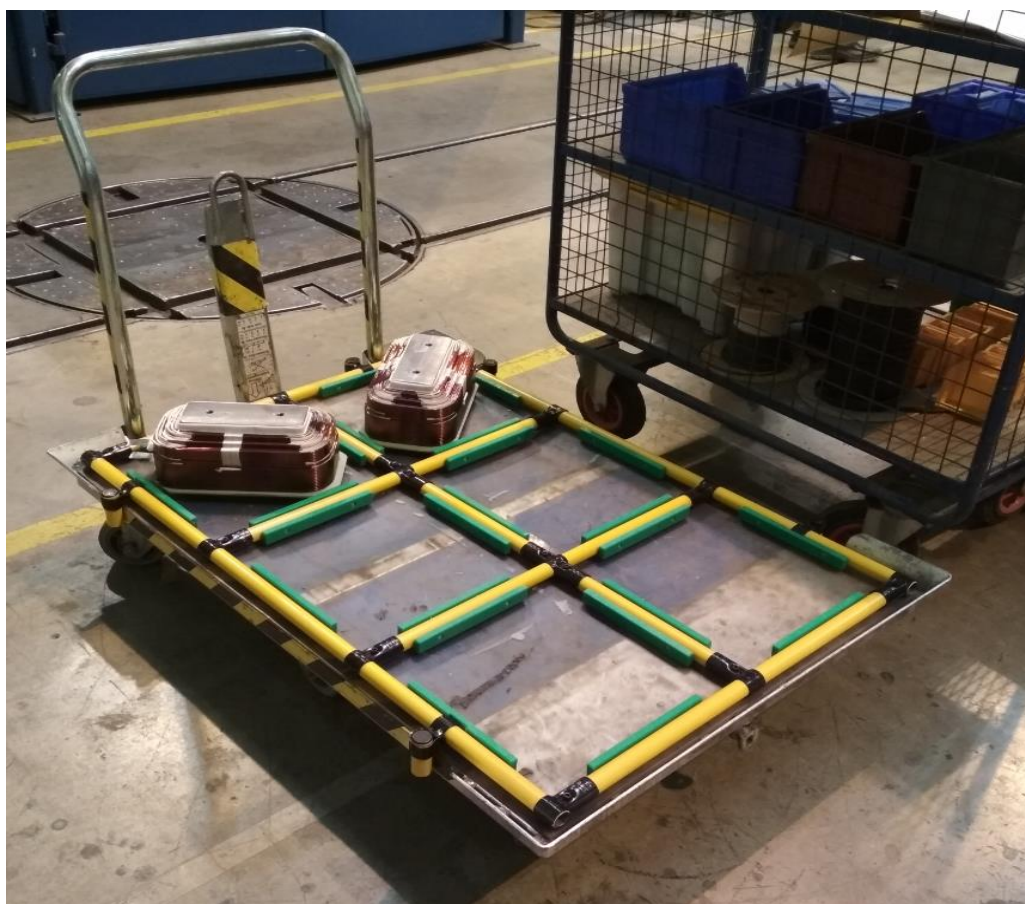
Obr. 14. Navinuté póly umístěné na paletě

Řešením problému s převozem je pořízení nového vozíků s ojí, který lze zapřáhnout za „Toyota“ a přidáním nové trasy do rozpisu jízd. Vozík je vytvořen přesně, aby se na něj vešla paleta, takže se na vozík vejde šest navinutých pólů, což trvá navinout i několik dní. Tudiž přidání nové trasy nijak neomezuje časový harmonogram tahače.



Obr. 15. Elektrický tahač "Toyota"

Při prvních jízdách vznikl problém, když při přejezdu vozíku přes koleje, kterých je v hale několik, se póly posunuly. Toto je závažný problém, neboť by se póly mohly při transportu znehodnotit. Z tohoto důvodu byla vytvořena rastrová mřížka, která se umístí na vozík a do jejích výsečí se umístí navinuté póly. Mřížka je zhotovena z kovových trubek s připevněnými plastovými záložkami, které zbrzdí případný náraz. Ochranná mřížka je vyrobená tak, aby se nemohla na vozíku pohnout a aby šla kdykoli a jednoduše z vozíku odebrat či znovu nasadit. Vozík s rastrovou mřížkou a navinutými póly je vidět na Obr. 16.



Obr. 16. Vozík s rastrovou mřížkou a navinutými póly

Výpočet nákladů na vozík

Samotný vozík s ojí je dodán od externí firmy, nicméně rastrovou mřížku vytvořil zaměstnanec BRUSH SEM s. r. o. Pro výrobu mřížky použil ocelovou trubku potaženou ABS plastem. Trubka DP2820-YE je nehořlavá, má vysokou chemickou odolnost, je odolná proti působení světla a proti vzniku korozi. Pracovník spotřeboval na výrobu mřížky zhruba 7,6 m trubek. Pro spojení trubek využil spojku přímou GA-1S, spojku

přímou dvojitou GA-4S a spojku křížovou GA-6S pro vytvoření bočního uchycení na vozík. Písmeno „S“ v názvu spojek znamená sada, takto označené spojky se tedy dodávají v sadě se všemi komponenty potřebnými k samotné montáži. V každé výseči je na všech stranách připevněn zelený plast s označením PE-UHMW. Tento polyethylen se prodává jako desky o rozměrech 1000 x 2000 mm o různých silách. Jeho výhodou je vysoká odolnost proti oděru a otěru. Plast disponuje velmi širokou provozní teplotou od -200 °C do +80 °C. Při výrobě mřížky byla použita deska o síle 12 mm, ze které bylo vyřezáno 24 kvádrů o rozměrech 210 x 30 mm.

V Tab. 3 je uveden seznam všech použitých komponentů při výrobě vozíku s rastrovou mřížkou včetně nákladů na pracovníka. Všechny ceny jsou uvedené bez DPH. Celková cena N_C je vždy vyjádřena součinem ceny za jednotku N_K a množstvím n viz rovnice (4) a (5). Výjimkou je výpočet ceny na pořízení plastu PE-UHMW, která vznikne součinem délky plastového kvádrů l , jeho šířky s , ceny za jednotku N_K a celkovým množstvím použitých kvádrů n . Tento výpočet s dosazením je uveden v rovnicích (6) a (7).

$$N_C = N_K \cdot n \text{ (Kč; Kč, -)} \quad (4)$$

$$N_C = 82 \cdot 7,6 = 623,2 \text{ Kč} \quad (5)$$

Rovnice pro výpočet celkových nákladů polyethylenu PE-UHMW:

$$N_C = N_K \cdot n \cdot l \cdot s \text{ (Kč; Kč, -, m, m)} \quad (6)$$

$$N_C = 2675 \cdot 24 \cdot 0,21 \cdot 0,03 = 404,46 \text{ Kč} \quad (7)$$

Tab. 3. Seznam pořizovacích nákladů na vozík

Název	Cena za jednotku (N_k)	Množství (n)	Cena celkem (N_c)
Vozík	11895,00 Kč	1 ks	11 895,00 Kč
PE-UHMW (zelený)	2675,00 Kč/m ²	24 ks	404,46 Kč
Trubka DP2820-K	82,00 Kč/m	7,6 m	623,20 Kč
Spojka přímá GA-1S	25,50 Kč/ks	10 ks	255,00 Kč
Spojka přímá dvojitá GA-4S	40,00 Kč/ks	2 ks	80,00 Kč
Spojka křížová GA-6S	55,00 Kč/ks	6 ks	330,00 Kč
Náklady na zaměstnance	300,00 Kč/hod	6 hod	1 800,00 Kč
Celková cena			15 387,66 Kč

3.2.4 Police na odkládání pracovního náčiní

Jeden z prvních problémů, který se řešil ještě před vytvořením PDCA tabulky (Tab. 2) bylo vytvoření odkládací police na pracovní náčiní. Pracovník, který stojí u navíječky a navíjí pól, musí vždy po několika otočkách vodič sklepnout k sobě, aby mezi vodiči nebyla žádná mezera. K tomuto využívá gumovou paličku a několik druhů klínů.

Původně pracovník odkládal náčiní kdekoli na pracoviště např. na skříní navíječky (Obr. 17), která je poměrně vysoko nebo na mobilním stolku postaveným vedle sebe, ke kterému se musel pokaždé otočit o 90°. Problémem je, že je nářadí neuspořádané, nemá vlastní úložné místo, což nutí pracovníka dělat zbytečné pohyby. Při navíjení se toto náčiní používá často (několikrát do minuty) a při zbytečných pohybech zde vzniká nezanedbatelná časová ztráta. Samotnému pracovníkovi to může být také nepříjemné, jelikož se namáhá více než je potřeba.



Obr. 17. Náradí uloženo na skříni navíječky

Při řešení bylo využito volné místo mezi pracovním stolem s ovládací skříni navíječky a samotnou navíječkou. Byla zde zhotovena polička o rozměrech 30x50 cm, která je dostatečně velká pro odkládání nejpoužívanějšího náčiní. Polička leží v neoptimálnější pozici, kdy se pracovník nemusí otáčet k mobilnímu stolku nebo natahovat ruku vysoko na skříň navíječky. Náklady na výrobu a upevnění poličky, včetně nákladů na pracovníka, který ji vyráběl, jsou přibližně 1 300 Kč. Na Obr. 18 je vidět, že má pracovník, který stojí u navíječky a navíjí pól, potřebné věci pro sklepnutí vodičů k sobě hned u levé ruky.



Obr. 18. Nová policička pro odkládání pracovního náčiní

3.3 Nové optimalizované pracoviště pro navíjení pólů

Tato podkapitola se zabývá optimalizováním pracoviště pro navíjení pólů, jež je popsáno v kapitole 2.2. Při optimalizaci se kladl důraz na celkový úklid, aby vzniklo více volného místa. Role s izolacemi, které byly postavené u lisu a zbytečně zabíraly prostor, byly přesunuty za vozík s izolacemi ke stěně u vrat do svařovny. K nim byl umístěn odkládací stůl na náhradní díly, který původně stál u velké navíječky. Tento stůl nebyl delší dobu využíván, pokud bude znovu potřeba, lze bez problémů přesunout zpět. Dále se odstranily kovové bedny, které byly bez využití. Nyní se na pracovišti objeví tyto bedny pouze v případě dovezení nových pólových jader určených k navinutí. Jeden mobilní stolek s policemi byl také odstraněn, z důvodu jeho nevyužívání.

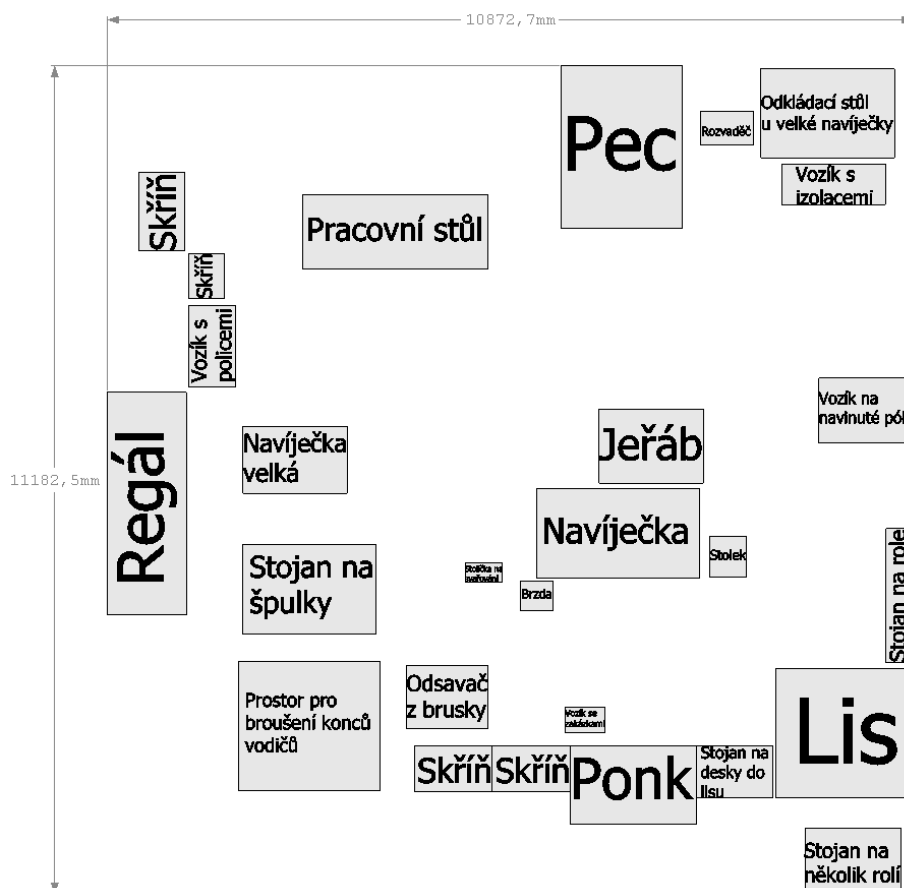
Nejvýraznější změnou byla úplná likvidace starého boxu s měděnými vodiči. Na jeho místo byl přesunut nový stojan, který se umístil u uličky. Díky novému stojanu mohl být odstraněn i stojan na větší špulky, který ležel před starým boxem. Z důvodu přesunu nového stojanu na místo starého boxu se ušetřilo značné množství místa, na kterém vznikl

layout pro uskladnění nového vozíku na navinuté póly. Vozík stojí blízko navíječky, aby byla dráha přesunu navinutého pólu co nejkratší. Zároveň je umístěn u uličky, aby šel bez námahy zapřáhnout za „Toyota“ a převést na další pracoviště. Díky novému vozíku mohla být odstraněna paleta, na kterou se původně ukládaly navinuté póly. Paleta ležela mezi navíječkou a pecí.

Při optimalizování pracoviště bylo nutné ušetřit místo, protože se předpokládalo umístění další navíječky v budoucnu. Hlavní myšlenkou bylo, že by se na jedné navíječce navíjely póly a na druhé by se připravovalo „vyspávané“ vinutí, k jehož přípravě je nutné vyměnit formu na navíječce. V případě dvou navíječek by se nutnost výměny odstranila viz Tab. 2 bod 16. Z tohoto důvodu byl ponk otočen o 90° a posunut blíže ke skříním. Svěrák přidělaný k ponku se přesunul, aby mohl pracovník na ponku dělat dále veškeré činnosti bez omezení. Na místo ponku byl přemístěn stojan na desky, který původně ležel před lisem vedle navíječky. Výsledkem těchto kroků bylo vytvoření dostatečného místa pro druhou navíječku. V případě rozhodnutí o umístění další navíječky stačí stávající navíječku posunout blíže směrem k lisu, kde je nyní dostatečně volný prostor a mezi současnou navíječku a pec umístit novou navíječku. Fotografie optimalizovaného pracoviště je na Obr. 19 a rozkreslený layout v programu SketchUp je na Obr. 20.



Obr. 19. Optimalizované pracoviště pro navíjení pólů



Obr. 20. Layout optimalizovaného pracoviště

3.4 Budoucí optimalizace pracoviště

Navíjení pólů je jeden z prvních procesů přesunutých z výrobních závodů v Nizozemsku a Velké Británii. Postupem času se přesunou další části výroby budičů, pro něž je potřeba zajistit dostatečně velký pracovní prostor. Proto bylo vytipováno několik prostorů, kam by se eventuálně mohla přestěhovat co největší část výrobního procesu budičů. Pro každý z těchto prostorů bylo vytvořeno několik možných layoutů s různě umístěnými stroji, pracovními stoly, regály a dalšími předměty, které jsou potřebné k úspěšnému vykonání daného procesu. Jako v předchozích případech jsou layouty rozkreslené v programu SketchUp.

V každém layoutu je modře podbarvená stříhačka s příslušenstvím, naproti jsou umístěné pracovní stoly pro tvarování, ohýbání a izolování vodičů s manipulačními a skladovacími regály. Toto je vždy umístěno u sebe, jelikož je vše potřeba k výrobě vinutí rotoru budiče. Dále je žlutě podbarvená navíječka s příslušenstvím pro přípravu satorového vinutí pro pomocný budič (PMG) a s tím spojený stojan s mobilním převozním

stolem pro navíjení samotného statoru. Zeleně podbarvené je pracoviště pro navíjení pólů a pracoviště pro upevnění pólů do statoru hlavního budiče. V každém layoutu jsou rozmístěny čtyři pracovní místa pro navíjení rotoru budiče. Každé z těchto stanovišť obsahuje rolnu na umístění samotného rotoru, dále stůl pro spojovací pasy budiče, manipulační regál, regál na nářadí a pomocný stolek pro navíjení. K celému pracovišti pro navíjení rotorů patří ještě jeden vozík s testovacím zařízením pro kontrolování navinutých rotorů. V layoutech jsou rozmístěné i některé menší věci, jejichž názvy lze jen stěží přečíst. Zpravidla se jedná jen o různé regály na nářadí nebo mobilní odkládací stolky.

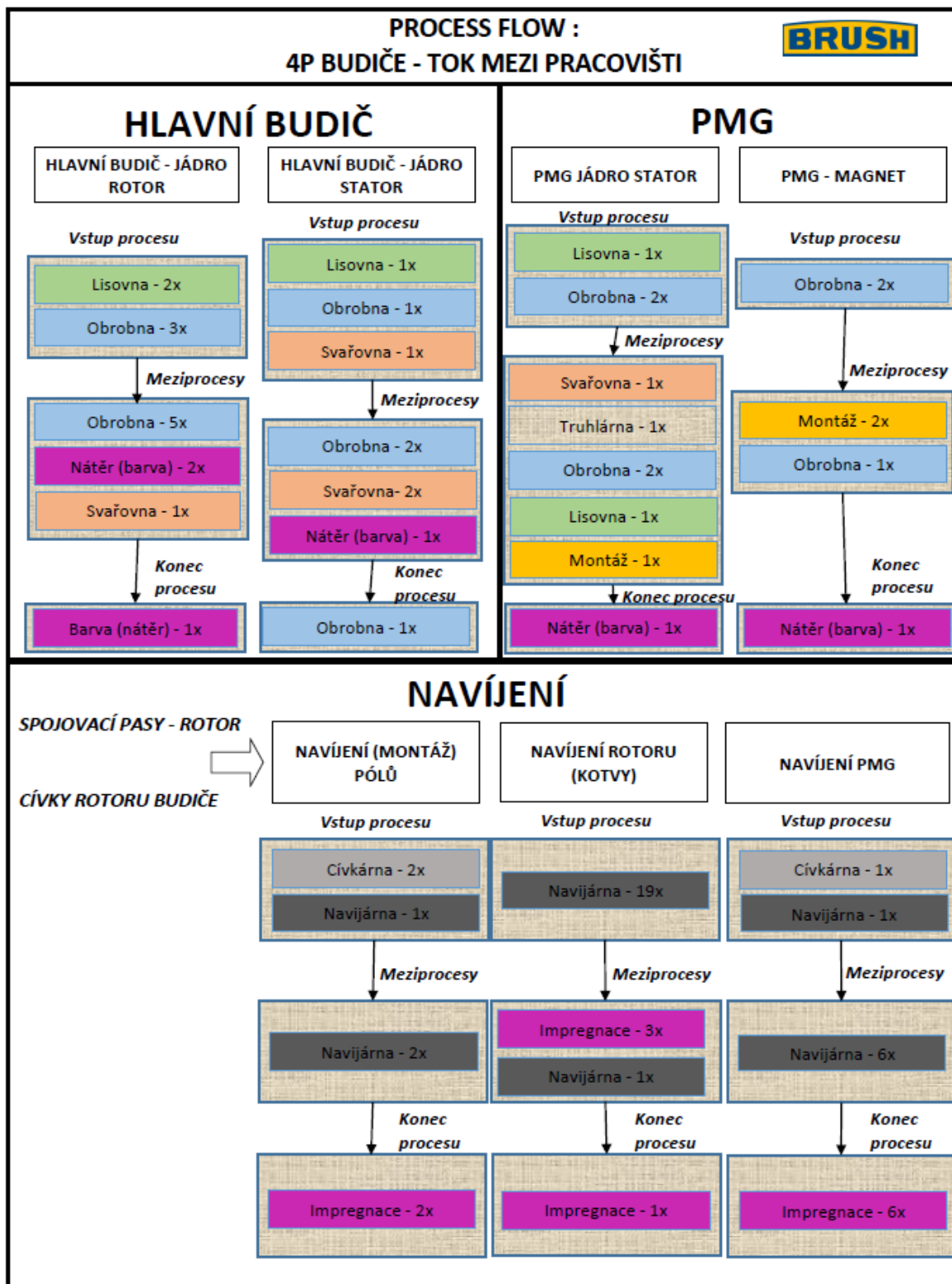
3.4.1 Process flow výroby budičů

Důležitou částí bylo zmapování všech procesních kroků při výrobě budičů. Většinu zmapovali a vyfotografovali zaměstnanci při návštěvě výrobního závodu v Nizozemsku ještě před transportem do České republiky. Po návratu se vše převedlo do grafické podoby. Příklad grafického zobrazení process flow - navíjení a montáže pólů do budiče je uveden v Příloze I. Toto je pouze jeden z mnoha procesních toků, který se liší i podle toho, zda je výsledný budič pro dvoupólový nebo čtyřpólový generátor. Samotné navíjení pólů, které je podrobněji popsáno v kapitole 2.3, je zde zaznamenáno pouze jako první krok, tudíž je zřejmé, že celková výroba budičů je velmi dlouhý a složitý proces. Všechny process flow jsou vytvořené pomocí programu Microsoft Excel.

Barevné podbarvení jednotlivých procesů naznačuje, v jaké části haly se samotný proces odehrává. To bylo využito pro znázornění toho, jak často polotovary cestují, než se dostanou na konec procesu. Na Obr. 21 je graficky rozkreslen procesní tok mezi pracovišti při výrobě budiče pro čtyřpólový generátor. Celé znázornění je maximálně zjednodušeno a slouží k představě toho, jak často se musí polotovary při výrobě přesouvat mezi jednotlivými pracovišti. Je vidět, že je výroba budiče rozdělena do tří hlavních částí (hlavní budič, PMG – pomocný budič a navíjení). Pod hlavním nadpisem jsou vždy názvy jednotlivých procesů a podle toho lze najít každý proces podrobněji rozepsaný viz Příloha I. Poté je graficky znázorněn postup každého procesu přes všechna stanoviště od začátku do konce. Číslo u každého pracoviště značí počet podprocesů odehrávající se na daném pracovním místě.

Vše je záměrně zredukováno tak, aby se celý tok mezi pracovišti vešel na jednu stranu A4 a bylo na první pohled zřejmé, že některé procesy výroby vyžadují ke svému zdárnému

dokončení značné přesuny. Celé process flow na Obr. 21 bylo zhotoveno, aby pomohlo vytvořit co nejoptimálnější layout pracoviště a zároveň naznačilo, jaké procesy nepůjde přesunout, jelikož například obráběcí stroje v obrobně musí zůstat na svém místě.



Obr. 21. Process flow - tok mezi pracovišti

3.4.2 Návrh pracoviště v cívkárně

Když je podrobně zmapován celý procesní tok, je možné začít navrhovat layout pracoviště. Jedním z možných míst pro nové pracoviště byla cívkárna, kde se již nyní nachází pracovní místo s navíjením pólů, jehož optimalizací se tato práce také zabývá. Nynější vzhled pracovního místa v cívkárně je vyfotografován na Obr. 22. Bylo poskládáno několik druhů layoutů s různým rozložením strojů a pracovních stolů, jeden z nich je zobrazen na Obr. 23.

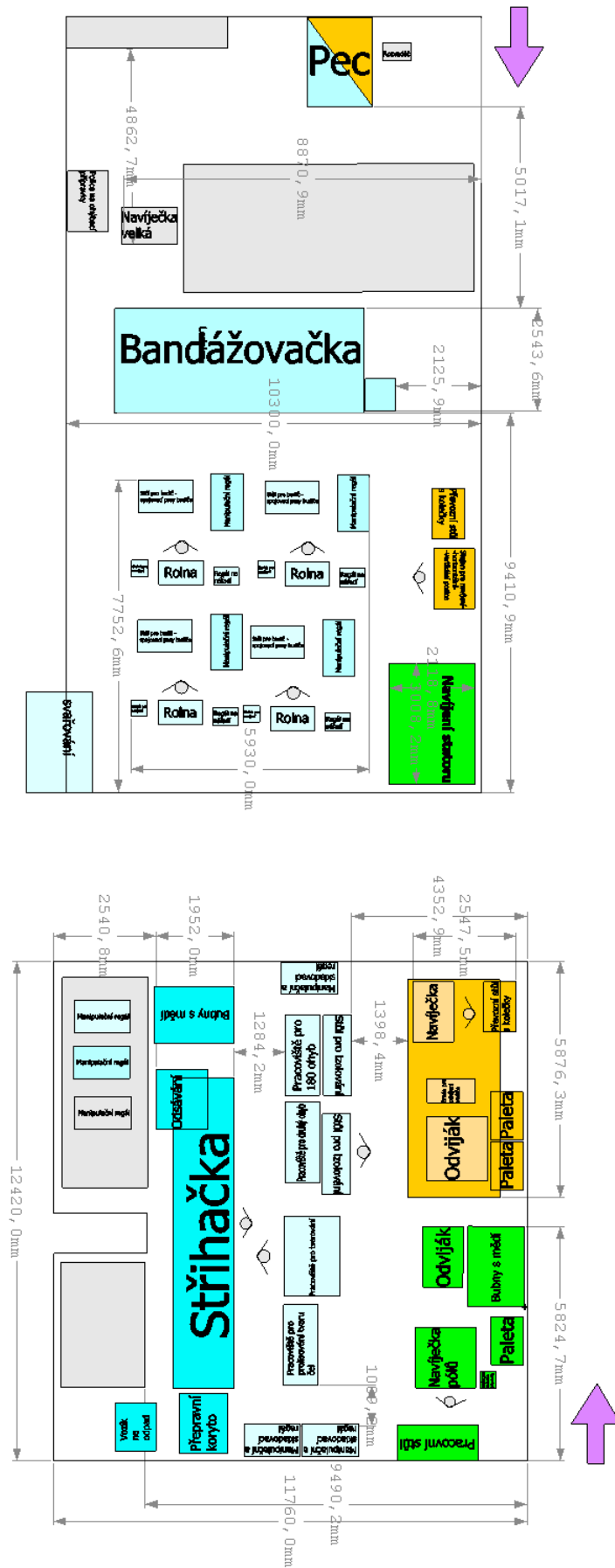


Obr. 22. Pracoviště pro navíjení budičů v cívkárně

Z Obr. 23 je zřejmé, že na pracovišti pro navíjení pólů, které lze vidět na Obr. 20 zůstala na svém místě pouze pec a velká navíječka (vše v horní části Obr. 23). Střední část Obr. 23 (prostor s rolnami) je určena primárně pro navíjení rotoru budiče. Tato část prošla jen menšími úpravami, jelikož se zde rotory budičů navíjí již delší dobu. Největší proměnou prošla spodní část (za oddělovací uličkou), kde nyní probíhá výroba vývodních kruhů pro generátory a celý tento proces by se tudíž musel přesunout na jiné místo o

několik metrů dál. Na toto místo by také byly instalovány nové stroje jako stříhačka s příslušenstvím a dvě nové navijčky převezené z výrobního závodu v Nizozemsku.

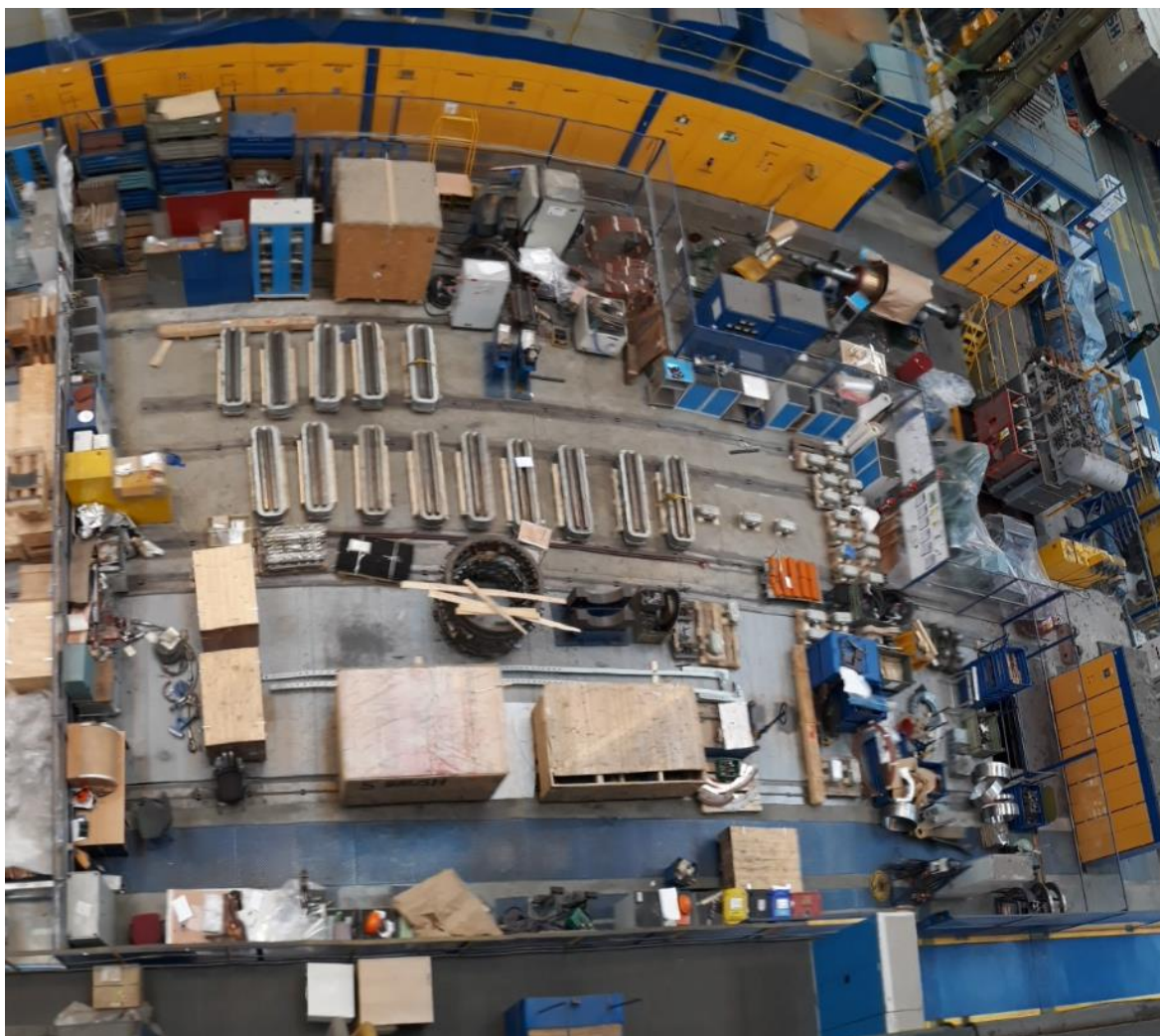
Barevné rozdělení rozlišuje rozdílné procesy a vytváří přehlednější layout, jelikož vše označené stejnou barvou by mělo být co nejbliže u sebe, aby se zamezilo zbytečným pohybům a přesunům. Šipky značí, odkud by probíhal tok materiálu na pracoviště. Palety a bubny s mědí, u kterých je potřeba časté vyměnění špulek s mědí za nové, jsou záměrně umístěny u uliček, z důvodu co nejsnazšího transportu materiálu. Výhodou umístění výroby budičů v cívkárně je, že zde částečně výroba již probíhá a tudíž by se nemuselo přesouvat tolik věcí. Cívkárna není umístěna v hlavní části haly, je zde mostový jeřáb, který má nosnost pouze 5 tun, nicméně tato nosnost je dostačující pro všechny procesy. Výhodou tedy je, že se nemusí využívat některý z velkých jeřábů v hlavní části haly, které mají vyšší spotřebu. Další layouts s rozdílným rozvržením pracovních stolů a strojů lze najít v Příloha II - Příloha IV.



Obr. 23. Layout výroby budičů v cívkárně

3.4.3 Návrh pracoviště v 5. poli

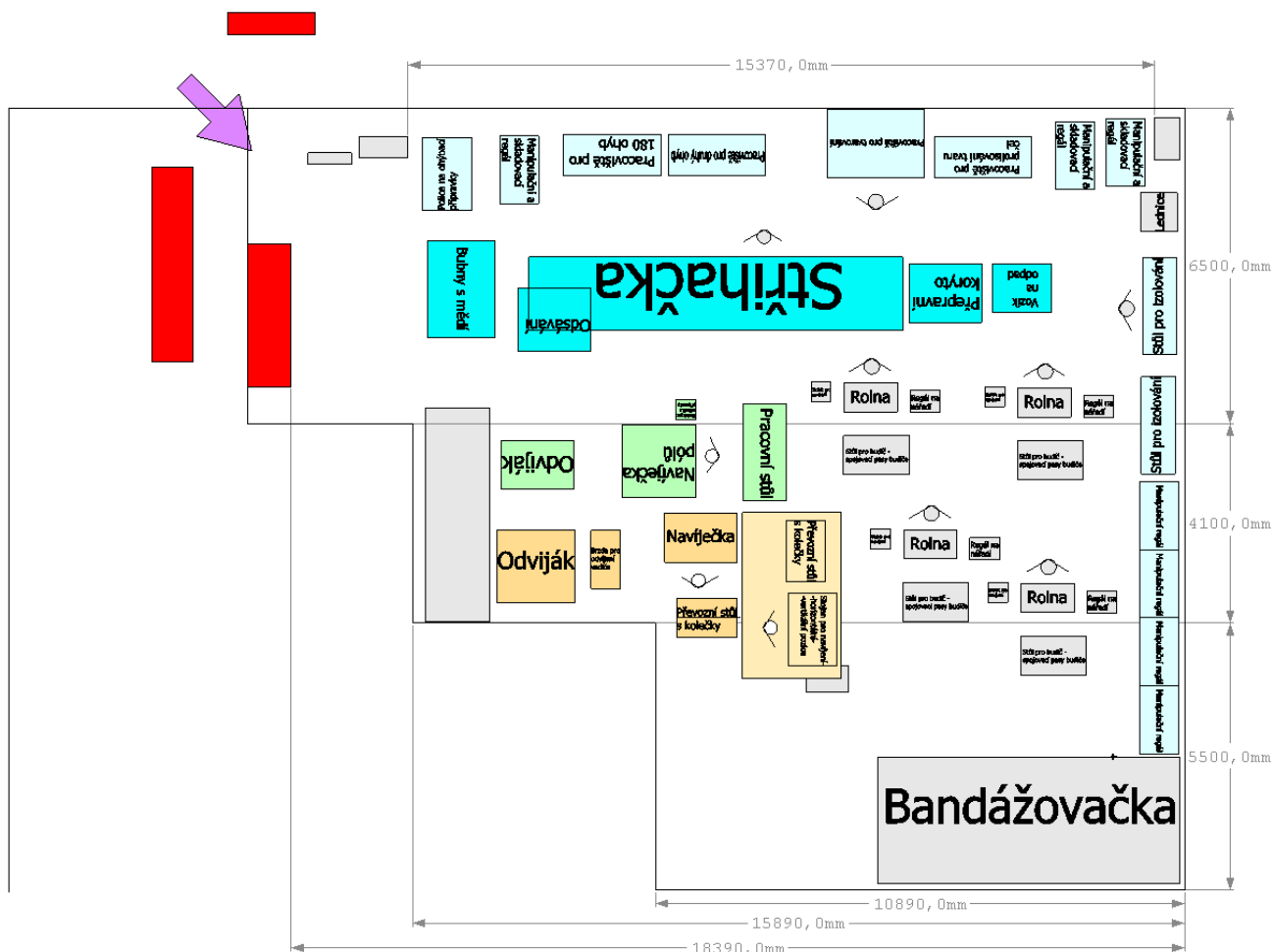
Další místo, které je vhodné pro umístění výroby budičů, je v pátém poli. Nynější fotografie pracovního místa je na Obr. 24, kde je celé místo obeháno ochrannou stěnou. I zde bylo vytvořeno několik různých layoutů, které se liší především podle toho, odkud se bude pracoviště zásobovat materiálem. Jeden z layoutů je vidět na Obr. 25.



Obr. 24. Pohled na pracovní místo v 5. poli

Červené plochy značí elektrické rozvaděče, se kterými by se nemělo hýbat. Šipka určuje směr toku materiálu, proto jsou co nejbližší umístěny bubny s mědí u střihačky a odvíjáky navíječek, aby bylo zajištěno bezproblémové zásobování mědí. Na pracovišti je rozmístěno úplně stejné množství strojů a pracovních stolů jako na ostatních návrzích pracovišť. U tohoto místa je možné vybrat si, odkud povede tok materiálu. Další čtyři možnosti lišící se podle cesty zásobování a také s různým rozvržením pracoviště jsou

uvedené v Příloha V - Příloha VIII. Nevýhodou umístění pracoviště na tomto místě je, že je zde pouze jeden mostový jeřáb s nosností 100 tun, který slouží pro celé 5. pole. Tento jeřáb je primárně určen k přesunům celých generátorů, a proto přesouvání menších věcí při výrobě budičů nebude tak efektivní a bylo by nutné přidání nového jeřábu s nosností 5 tun.



Obr. 25. Layout výroby budičů v 5. poli

3.4.4 Návrh pracoviště v lisovně

U návrhu v lisovně je problém, že bude pracovní místo vyklizeno až ke konci roku 2019, tudíž zde není možné vytvoření pracoviště v květnu 2019. Výroba budičů musí být zahájena ihned po transportu z výrobního závodu v Nizozemsku a již probíhající procesy nutné k výrobě budičů jako příprava a navíjení pólů nebo navíjení rotorů budičů musí dále pokračovat. Nicméně i pro toto pracoviště nyní byly vytvořeny layouts, protože se pravděpodobně bude výroba budičů na přelomu roku 2020 stěhovat, aby byla celá výroba budičů pohromadě. V nynějších návrzích se zatím nepočítá s přesunem výroby jader pólů a montáží budičů, která již na oddělených pracovištích v hale „Gigant“ probíhá. Proto je

důležité, aby se vytvořilo co nejvíce návrhů na všech dostupných místech a poté se vybral ten nejefektivnější návrh. Očekává se, že se zde uvolní místo o velikosti přibližně 40x16 metrů, kam by se pohodlně vešel celý výrobní proces budičů.

Jeden z návrhů je na Obr. 26. Na první pohled je zřejmé, že je místo nepřiměřeně velké. Nicméně současné návrhy neobsahují veškeré procesy nutné k výrobě budičů a s tím spojené stroje a montážní stoly. Obsahují pouze nejdůležitější procesy a další probíhají například v obrobně (příprava jader pólů). S takto velkým prostorem by mohla být téměř celá výroba na jednom stanovišti, což by ušetřilo značné přesuny. Samozřejmě nebylo by ekonomické přesouvat vše do lisovny, jelikož například některé CNC obráběcí stroje se využívají ke všem různým procesům, nejenom k výrobě budičů. Další návrhy rozmístění jsou v Příloha IX a Příloha X.

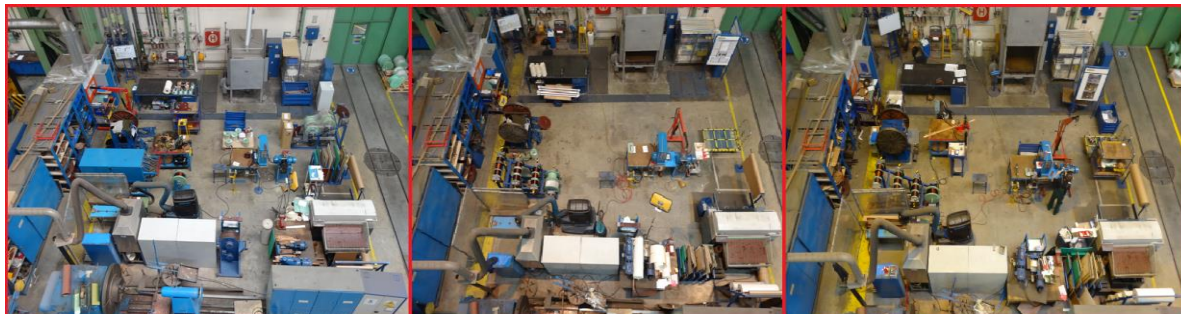
4 Zhodnocení navržených opatření

V následující kapitole je zhodnocena optimalizace pracoviště pro navíjení pólů a veškerá použitá zlepšení. Je zde také vypočítaná časová úspora, která vznikla při použití vozíku taženého elektrickým tahačem při převážení pólů na expedici. V další části jsou zhodnocené veškeré návrhy pracoviště pro navíjení pólů a je zde také popsán konečný návrh včetně dalšího budoucího postupu.

4.1 Hodnocení optimalizace pracoviště pro navíjení pólů

Pro optimalizaci pracoviště pro navíjení pólů se využily metody KAIZEN, PDCA cyklus a 5S. Z PDCA tabulky (Tab. 2), kde jsou vypsány potencionální problémy vyskytující se na pracovišti pro navíjení pólů, se dosud realizovalo několik bodů. Jedním z nich je bod č. 4, tedy pořízení krabiček na nastříhaný izolační materiál (kap. 3.2.1). Pořízení krabiček sice vyšlo na zanedbatelnou částku (cca 100 Kč bez DPH), ale výrazně pomohly pracovníkovi. Původně byl nastříhaný materiál naskládán na hromádkách, které se mohly lehce zbortit a promíchat se, což se nyní stát nemůže. I přesun a úklid izolačního materiálu je nyní mnohem jednodušší. Dalším splněným bodem je umístění přenosné lampy na pracoviště (bod č. 9). Pracovník může lampu umístit kamkoli potřebuje tak, aby mu zajistila požadované osvětlení. Velkým zlepšením je výměna starého, nevzhledného boxu s vodiči za nový (bod č. 11), která je popsána v kapitole 3.2.2. Tímto se eliminovala potřeba stojanu na větší špulky s vodiči a zároveň celé pracoviště získalo modernější vzhled. Velkou výhodou nového stojanu je, že se špulky mohou vyměňovat pomocí jeřábu, protože u starého boxu probíhala výměna ze strany (Obr. 11), což bylo značně namáhavé a nepraktické. V bodu č. 12 je problém, že pracovník nemá místo, kde si uložit lahev s pitím. Tento problém se vyřešil nepřímo díky optimalizaci a vyklizení pracoviště, nyní je zde mnoho potencionálních míst, kde lze lahev odložit. Unikání vzduchu ze vzduchové brusky, které je popsáno v bodě č. 13, vyřešil pracovník z oddělení trvalého zlepšování procesů utěsněním hadice se stlačeným vzduchem. Vytvořením odkládací police (kapitola 3.2.4) se velmi pomohly zredukovat zbytečné pohyby pracovníka při navíjení pólů, protože se nyní nemusí neustále otáčet pro pracovní náčiní uložené na mobilním stolku, ale má ho stále před sebou při ruce. Na Obr. 27 je vidět srovnání pracoviště před optimalizací (vlevo), hned po optimalizaci (uprostřed) a v dubnu roku 2019 (vpravo). Samotná optimalizace probíhala přibližně od poloviny října do prosince roku 2018. Z obrázku je patrné, že se od

optimalizace do dubna 2019 stanoviště skoro nezměnilo, pouze se přesunul zpět odkládací stůl u velké navíječky, jelikož velkou navíječku zrovna opravovali. Mobilní stolky si pracovník přesouvá v průběhu výroby dle potřeby.



Obr. 27. Proměna stavu pracoviště pro navíjení pólů

Vozík pro převážení pólů (č. 8 v PDCA tabulce), který je podrobně popsán v kapitole 3.2.3 ušetří čas i námahu. Cesta z pracoviště na expedici je dlouhá přibližně 191 metrů, dráha z cívkárny na expedici do 4. pole je vyznačena na Obr. 28. Původně, když se paleta převážela pomocí paletového vozíku, celá akce trvala cca 20 minut. Jelikož na pracovišti není paletový vozík, musel si ho pracovník půjčovat z jiných stanovišť. Nyní se o přepravu nemusí pracovník vůbec starat, pouze zavolá obsluhu elektrického tažného vozíku, která vozík převezme na expedici. Tento transport zabere jen přibližně 4 minuty. Na vozík se vejde šest pólů, každý z nich váží až 90 kg, proto ruční převoz není snadný. V kapitole 2.3 je uvedeno, že navinutí jednoho pólu zabere 13 – 21 hodin. Navinutí šesti pólů tedy trvá jednomu pracovníkovi při jednosměnném provozu 10,4 – 16,8 dne (78 – 126 hodin), tudíž převoz není tak častý. Ročně proběhne přibližně 15 – 24 převozů z pracoviště pro navíjení pólů na expedici při 250 pracovních dnech. Pokud se na každém převozu ušetří cca 16 minut, ročně to dělá 240 – 384 minut (4 – 6,4 hodiny). Příklady použitých výpočtů jsou uvedené v rovnicích (8) – (13). Nicméně tato úspora je vztažená k danému procesu, ve skutečnosti pracovník, který navíjí póly, ušetří celých 20 minut, jelikož se o převoz již nemusí starat, pouze informuje posádku elektrického tažného vozíku.

$$\text{Doba navinutí 6 pólů} = \frac{\text{Doba navinutí 1 pólu} \cdot 6}{\text{Počet pracovních hodin za směnu}} \quad (8)$$

$$\text{Doba navinutí 6 pólů} = \frac{13 \cdot 6}{7,5} = 10,4 \text{ dne} \quad (9)$$

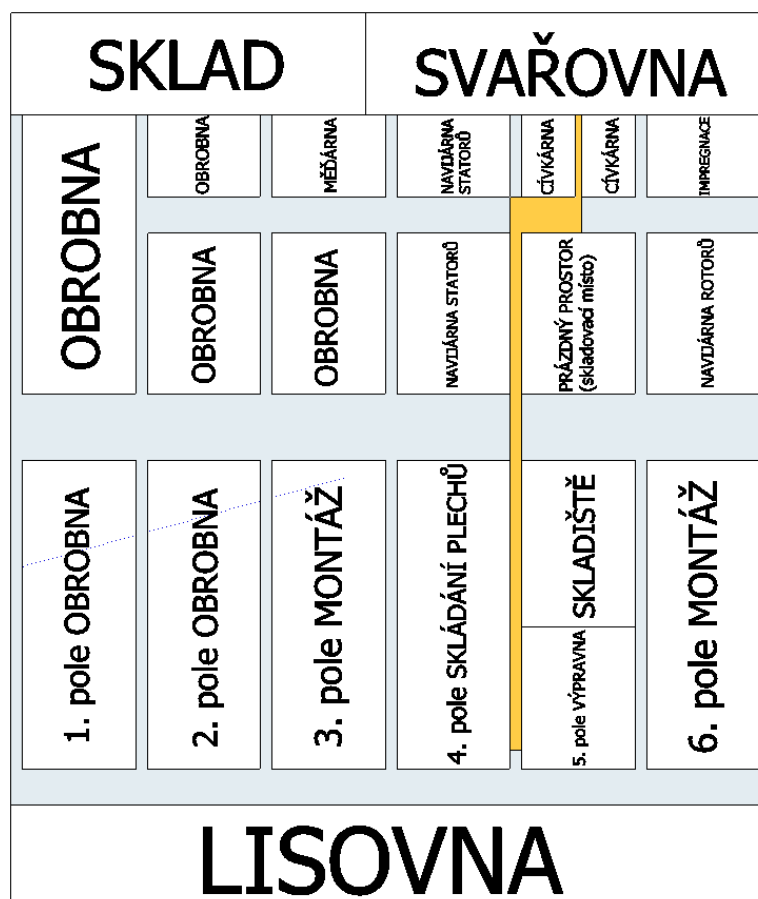
$$\text{Roční počet převozů} = \frac{\text{Počet pracovních dnů v roce}}{\text{Doba navinutí 6 pólů}} \quad (10)$$

$$\text{Roční počet převozů} = \frac{250}{10,4} = 24 \text{ převozů} \quad (11)$$

$$\text{Roční časová úspora} = \frac{\text{Roční počet převozů} \cdot 16}{60} \quad (12)$$

$$\text{Roční časová úspora} = \frac{24 \cdot 16}{60} = 6,4 \text{ hodiny} \quad (13)$$

Vytvoření rastrové mřížky, jejímž účelem bylo zamezení poškození pólů při převozu, zejména při přejezdu přes koleje, bylo velmi efektivním řešením. Mřížka funguje bez problémů a lze ji kdykoli z vozíku odebrat, pokud je potřeba.



Obr. 28. Layout výrobní haly "Gigant" s vyznačenou cestou z navíjení pólů na expedici

Zbytek bodů z PDCA tabulky (Tab. 2) se zatím nerealizoval. Jedná se o méně důležité problémy. Například bod č. 1, který popisuje nedostatek přípojek elektrické energie a stlačeného vzduchu se nemusí primárně řešit, jelikož se bude pracoviště v průběhu jara 2019 znovu předělávat po transportu celé výroby budičů do České republiky. Při optimalizaci pracovního místa se kladl důraz na to, aby se uvolnilo místo pro druhou navíječku. Díky tomu by se nemusela na navíječce měnit forma, jedna navíječka by sloužila k navíjení pólů a druhá k přípravě „vsypávaného“ vinutí. S tímto se počítalo i v PDCA tabulce (bod č. 16), nicméně se posléze zjistilo, že se z výrobního závodu v Nizozemsku převezou dvě nové navíječky. Tudíž by nebylo výhodné umisťovat na pracoviště druhou starou navíječku (která by zde sloužila jen několik měsíců), jelikož není nutná k výrobnímu procesu, pouze by se ušetřil čas při výměně formy.

4.2 Hodnocení návrhů pracovišť výroby budičů a výběr konečného pracoviště

Při návrhu nového pracoviště pro výrobu budičů bylo navrženo několik případných míst, kde by se téměř celá výroba mohla odehrávat. Bylo vytvořeno několik návrhů pro každé z těchto míst, které jsou podrobně popsány v kapitolách 3.4.2, 3.4.3 a 3.4.4. V případě umístění výroby v cívkárně je výhodou blízkost impregnace a zkušebny. Zároveň se zde již část výroby budičů provádí a tak by nebyl přesun tak náročný. Nevýhodou by byla nutnost přesunutí výroby vývodních kruhů, která zde probíhá. Pokud by byla výroba budičů realizována v 5. poli, přesné umístění je na Obr. 28 pod názvem „skladiště“, kde nyní neprobíhá žádný výrobní proces, mohl by být přesun realizován bez větších stavebních úprav. Další výhodou je možnost určení toku materiálu ze tří stran. Nevýhodou je nutnost pořízení nového 5 tunového jeřábu, aby se kvůli menším přesunům nemusel využívat velký jeřáb s nosností 100 tun. Z důvodu členitého tvaru pracovního místa je také složitější uspořádání celého pracoviště. Výrobní proces v lisovně by měl výhodu lokací blízko obrobny a lakovacího boxu, výroba jader pólů by mohla probíhat přímo zde, což by snížilo nároky na dopravu. Nicméně pracovní místo v lisovně bude vyklizeno až na konci roku 2019.

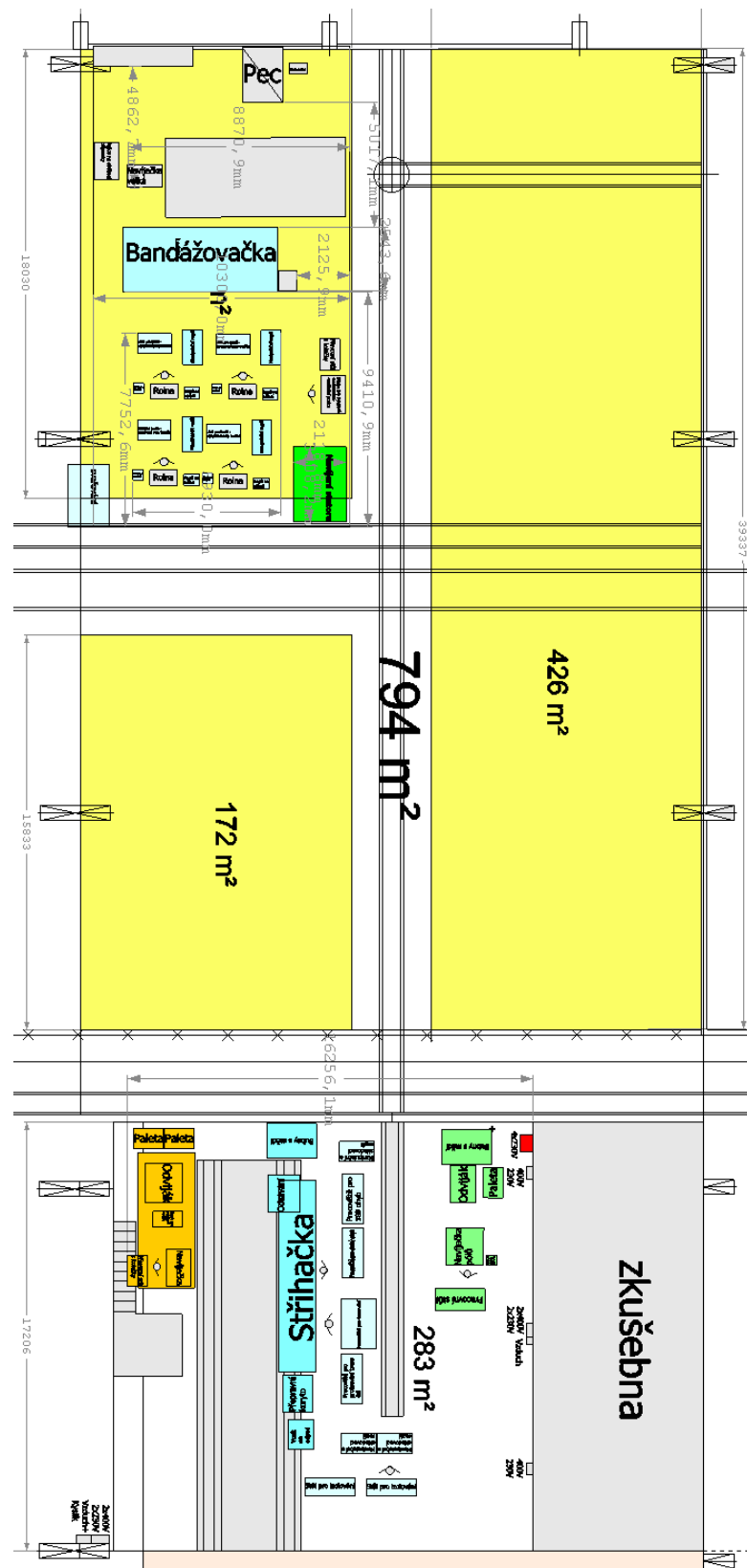
V květnu 2019 bylo rozhodnuto, že se část výroby umístí do cívkárny, podobně jako v kapitole 3.4.2 a další část se umístí do 5. pole vedle cívkárny (na Obr. 28 pod označením „prázdný prostor“). Do tohoto prostoru se původně měla přestěhovat výroba vývodních kruhů z cívkárny, aby tam vznikl dostatek místa pro výrobu budičů. Nicméně by to bylo

zbytečné, jelikož ani toto rozvřzení výroby není konečné. Nynějším předpokladem je, že se na začátku roku 2020 přestěhuje celá a optimalizovaná výroba do svého finálního pracovního místa.

Na Obr. 29 je rozkreslen celý layout výroby budičů, tak jak bude vypadat po transportu z výrobního závodu v Nizozemsku do začátku roku 2020. Layout je nakreslen i s okolními pracovišti, aby byla zřejmější vzdálenost mezi oběma pracovními místy. Žlutě je podbarvená celá cívkárna, v horní části je zřejmé, že pracoviště pro výrobu rotorů budičů zůstane s menšími úpravami stejně jako dosud. Nad tímto pracovištěm je nyní stanoviště pro navíjení pólů, po úpravách zde zůstane pouze velká navíječka a pec a další využití místa zatím není plánováno. Toto je výhodné, jelikož zde bude moci zaměstnanec pracovat, dokud bude potřeba, výroba se nepřeruší a poté se pracovník pouze přesune na nové pracovní místo. Prázdné místo pod navíjením rotorů je pracoviště, kde se vyrábí vývodní kruhy pro generátory. Další část výroby budičů se tedy nyní umístí do 5. pole před cívkárnu (na Obr. 28 část místa „prázdný prostor“) z toho důvodu, že toto řešení je dočasné. Toto pracoviště je rozkreslené i s elektrickými zásuvkami a s přípojkami se stlačeným vzduchem. Problémem zde je, že se v pracovním prostoru nachází koleje a kovový poklop, na který se nesmí uložit žádný těžký stroj a měl by k němu zůstat přístup. Proto to bylo zakresleno také do layoutu pracoviště (šedé místa). Nicméně po stranách poklopu jsou v betonu kovové výztuhy, na které se ještě stroj postavit může. Je změřené, že se na ně vejdu nohy od stříhačky.

Toto řešení transferu výroby budičů se jeví jako nejefektivnější. Žádné pracoviště se nemusí přesouvat, výroba rotorů budičů zůstane téměř stejná, pouze do části přibude i navíjení statoru pomocného budiče. Navíjení pólů nemusí být přerušeno a prázdný prostor v 5. poli, který slouží jako odkládací místo, bude efektivněji využit. Nevýhodou je větší vzdálenost mezi oběma částmi výroby, tudíž zde vznikne dočasně větší zátěž na dopravu. Vše se bude muset dopravovat pomocí vozíků, jelikož mezi pracovišti není společný jeřáb. Výhodou naopak je, že během cca 6 - 7 měsíců provozu tohoto pracoviště, bude dostatek času k dořešení potencionálních problémů. Díky všem zkušenostem bude konečné pracoviště, které by mělo vzniknout na začátku roku 2020, efektivní a bezproblémové. Velkou výhodou je vytvoření mnoha layoutů na všech potencionálních místech, a proto lze již teď s dostatečným předstihem vybírat konečné umístění výroby budičů. Je možné, že konečným místem bude rozšířené pracoviště z kapitoly 3.4.3, kam by se měl vejít lis pro

přípravu jader pólů i celá finální montáž budičů, které v současných návrzích layoutů zatím nejsou zahrnuty.



Obr. 29. Layout výroby budičů s okolím

Závěr

Cílem diplomové práce bylo optimalizovat výrobní proces v elektrotechnické firmě, v tomto případě ve společnosti BRUSH SEM s. r. o. V diplomové práci jsem nejprve popsal základní nástroje a metody pro optimalizaci výrobních procesů, z nichž jsem některé použil při řešení praktické části práce. Ve druhé kapitole jsem představil společnost BRUSH SEM s. r. o. a popsal výrobní pracoviště pro navíjení pólů včetně samotného procesu navíjení, jehož optimalizací jsem se dále zabýval.

Třetí a nejdelší kapitola začíná hledáním všech potencionálních problémů, ze kterých je vytvořena PDCA tabulka. V tomto kroku bylo nejdůležitější pozorování pracoviště a pochopení celého výrobního procesu. Z tabulky je vytipováno několik nejdůležitějších problémů, které jsem dále řešil. Zlepšení provedená na pracovišti zvyšují komfort, pomáhají zabránit vzniku chyb, šetří čas i námahu. Vzhledem k celkovým přínosům byla pořizovací cena zlepšení zanedbatelná (krabíčky na izolační pásy, police na odkládání pracovního náčiní). Pořízení vozíku pro převážení pólů ušetřilo práci i čas, přičemž náklady na pořízení včetně ochranné rastrové mřížky byly 15 378 Kč. Pořízení nového stojanu na vodiče byla téměř nutnost, protože starý box byl opravdu ve velmi špatném stavu. Nakonec jsem navrhl přeskládání celého pracoviště tak, aby se uvolnilo více místa a celý prostor byl efektivněji využit. Ve druhé části třetí kapitoly je popsán budoucí naložení s pracovištěm pro navíjení pólů budičů. Cílem bylo spojit toto pracoviště s dalšími výrobními procesy, aby vzniklo jedno velké pracoviště určené k výrobě budičů. Výroba se přesouvá ze zahraničních závodů, proto jsem vytvořil procesní tok (process flow) dle záznamů, jež přivezli zaměstnanci ze zahraničí. Podle těchto procesních toků se snadno pozná, které procesy patří k sobě a jak mají jít za sebou. Z toho jsem poté vytvořil layouty pro různá vytipovaná místa (cívkárna, 5. pole, lisovna), kde by výroba budičů mohla probíhat. Každý z layoutů má své výhody a nevýhody, které jsou vypsány v poslední kapitole. Závěrečná kapitola také shrnuje nejdůležitější poznatky a hodnotí optimalizaci pracoviště pro navíjení pólů. Nakonec byl vybrán layout v cívkárně, který je upraven a částečně zasahuje do 5. pole.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] KEŘKOVSKÝ MIROSLAV a VALSA ONDŘEJ. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3.dopl.vyd. Praha: C. H. Beck, 2012. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [2] IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0461-3.
- [3] *Continuous Improvement - Lean Six Sigma* [online]. [vid. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/continuous-improvement/>
- [4] *Lean - Lean Six Sigma* [online]. [vid. 2019-02-20]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/lean/>
- [5] GEORGE, Michael, David ROWLANDS, Mark PRICE a John MAXEY. *Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity*. 1. vyd. Brno: SC&C Partner, 2010. ISBN 978-80-904099-2-7.
- [6] ING. VÍTEK VÁCLAV. *5S* [online]. [vid. 2019-03-16]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/slovník-5S.htm>
- [7] *Six Sigma - Lean Six Sigma* [online]. [vid. 2019-03-17]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/six-sigma/>
- [8] *DMAIC - Lean Six Sigma* [online]. [vid. 2019-04-17]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/dmaic/>
- [9] *DMAIC - Model řízení Six Sigma projektu* [online]. [vid. 2019-04-19]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/DMAIC-Model-řízení-Six-Sigma-projektu.htm>
- [10] *Define - Lean Six Sigma* [online]. [vid. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/define/>
- [11] *5S, 6S, nebo dokonce 7S* [online]. [vid. 2019-05-03]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/clanek/5s-6s-nebo-dokonce-7s.htm/>
- [12] *www.efektivniprocesy.cz - optimalizace výroby, odborné poradenství* [online]. [vid. 2019-05-10]. Dostupné z: <http://www.efektivniprocesy.cz/pracoviste.html>
- [13] *O nás : BRUSH SEM s.r.o.* [online]. [vid. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://www.brush-sem.cz/o-nas>
- [14] *GENERÁTORY A MOTORY | BRUSH* [online]. [vid. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://www.brush.eu/node/20>
- [15] *DVOUPÓLOVÉ VZDUCHEM CHLAZENÉ GENERÁTORY | BRUSH* [online]. [vid. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://www.brush.eu/node/25>
- [16] *ČTYŘPÓLOVÉ VZDUCHEM CHLAZENÉ GENERÁTORY | BRUSH* [online]. [vid. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://www.brush.eu/node/94>
- [17] *MOBILNÍ GENERÁTORY „TRAILER“; | BRUSH* [online]. [vid. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://www.brush.eu/node/93>
- [18] *GENERÁTORY S KOMBINOVANÝM CHLAZENÍM | BRUSH* [online]. [vid. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://www.brush.eu/node/27>
- [19] *PRODUCT SPECIFICATION - The DAX Turbogenerator Frame Designation Explained* [online]. 2008 [vid. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://www.brush-sem.cz/soubory/Frame.pdf>

Seznam obrázků

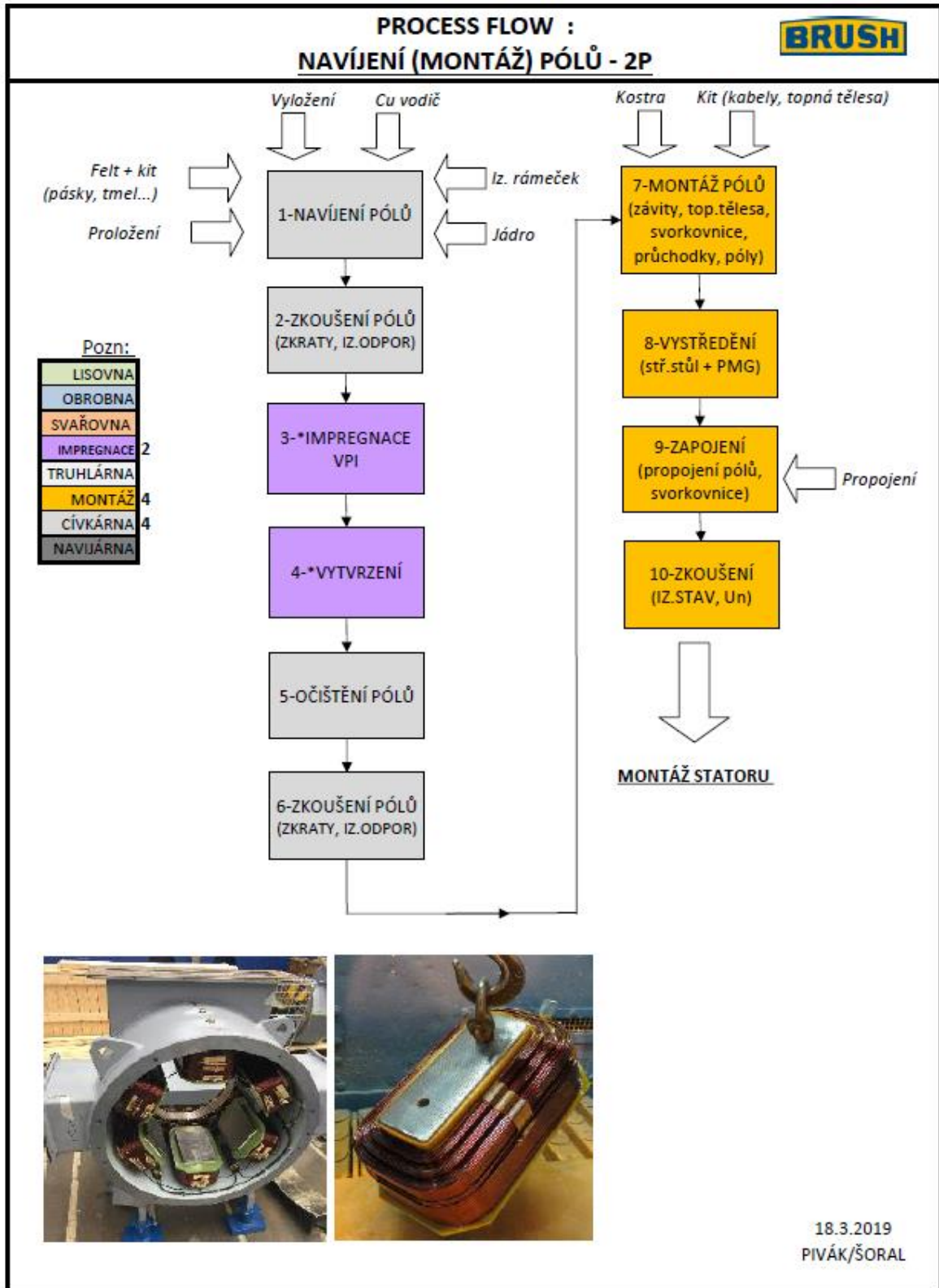
OBR. 1. CYKLUS PDCA ALIAS DEMINGOVO KOLO [3].....	14
OBR. 2. MAPA Z KATASTRU NEMOVITOSTÍ.....	23
OBR. 3. MAPA AREÁLU FIRMY BRUSH SEM s. r. o.	24
OBR. 4. VÝROBNÍ STANOVISŤE V PŮVODNÍM STAVU.....	25
OBR. 5. LAYOUT VÝROBNÍHO STANOVISŤE V PŮVODNÍM STAVU.....	26
OBR. 6. OHNUTÍ VÝVODNÍHO PLÍŠKU.....	27
OBR. 7. NAVINUTÉ PÓLY PŘIPRAVENÉ NA PŘEVOZ.....	28
OBR. 8. GRAFICKÁ ÚPRAVA PRACOVNÍHO MÍSTA.....	32
OBR. 9. UMÍSTĚNÍ IZOLAČNÍCH PÁSEK NA ODKLÁDACÍM STOLKU.....	33
OBR. 10. IZOLAČNÍ PÁSKY ULOŽENÉ V OZNAČENÝCH KRABÍČKÁCH.....	34
OBR. 11. UMÍSTĚNÍ ŠPULEK S VODIČI UVNITŘ BOXU.....	35
OBR. 12. VODIČE PŘIPRAVENÉ PRO "VSYPÁVANÉ" VINUTÍ.....	35
OBR. 13. NOVÝ STOJAN PRO ODVÍJENÍ VODIČŮ.....	36
OBR. 14. NAVINUTÉ PÓLY UMÍSTĚNÉ NA PALETĚ.....	37
OBR. 15. ELEKTRICKÝ TAHAČ "TOYOTA".....	37
OBR. 16. VOZÍK S RASTROVOU MŘÍŽKOU A NAVINUTÝMI PÓLY.....	38
OBR. 17. NÁŘADÍ ULOŽENO NA SKŘÍNI NAVÍJEČKY.....	41
OBR. 18. NOVÁ POLIČKA PRO ODKLÁDÁNÍ PRACOVNÍHO NÁČINÍ.....	42
OBR. 19. OPTIMALIZOVANÉ PRACOVISŤE PRO NAVÍJENÍ PÓLŮ.....	43
OBR. 20. LAYOUT OPTIMALIZOVANÉHO PRACOVISŤE.....	44
OBR. 21. PROCESS FLOW - TOK MEZI PRACOVISŤI.....	46
OBR. 22. PRACOVISŤE PRO NAVÍJENÍ BUDIČŮ V CÍVKÁRNĚ.....	47
OBR. 23. LAYOUT VÝROBY BUDIČŮ V CÍVKÁRNĚ.....	49
OBR. 24. POHLED NA PRACOVNÍ MÍSTO V 5. POLI.....	50
OBR. 25. LAYOUT VÝROBY BUDIČŮ V 5. POLI.....	51
OBR. 26. LAYOUT VÝROBY BUDIČŮ V LISOVNĚ.....	53
OBR. 27. PROMĚNA STAVU PRACOVISŤE PRO NAVÍJENÍ PÓLŮ.....	55
OBR. 28. LAYOUT VÝROBNÍ HALY "GIGANT" S VYZNAČENOU CESTOU Z NAVÍJENÍ PÓLŮ NA EXPEDICI.....	56
OBR. 29. LAYOUT VÝROBY BUDIČŮ S OKOLÍM.....	59

Seznam příloh

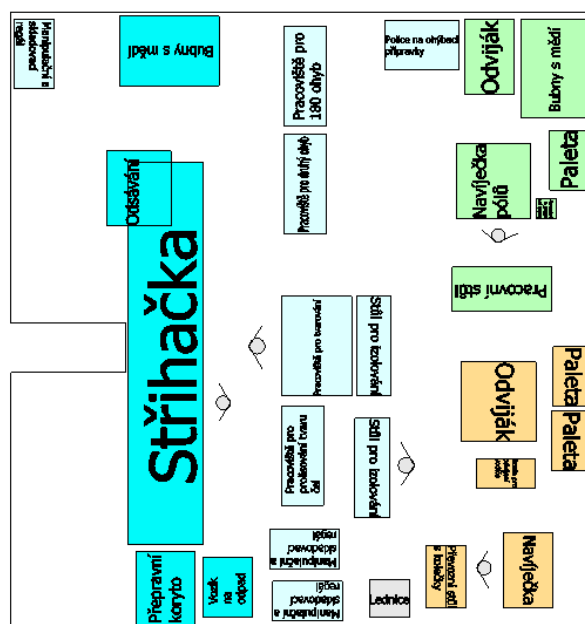
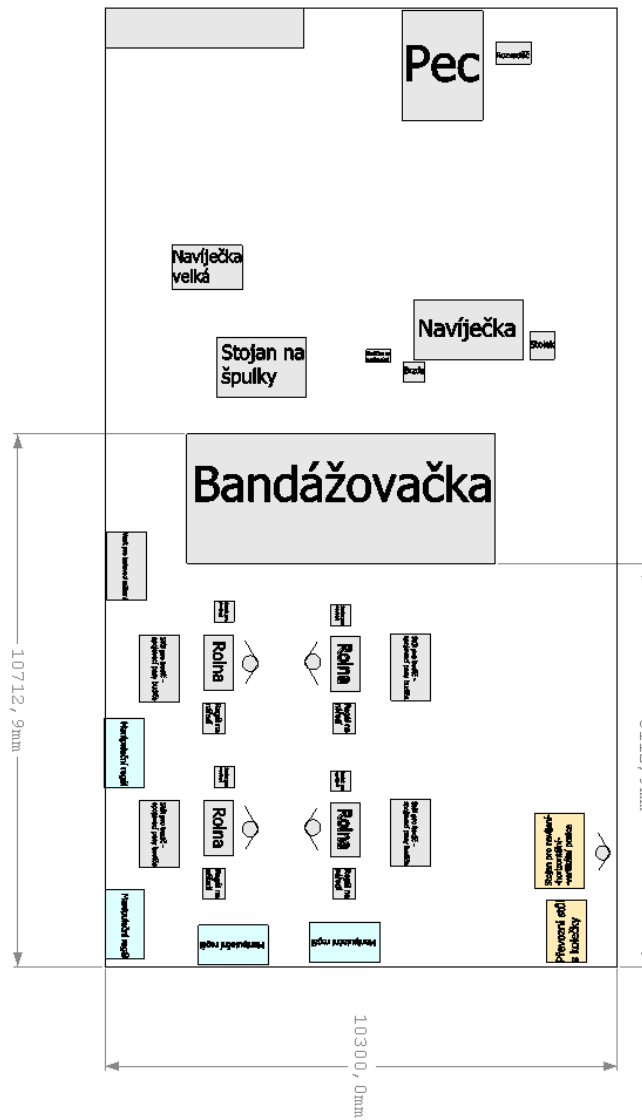
PŘÍLOHA I - PROCESS FLOW: NAVÍJENÍ (MONTÁŽ) PÓLŮ.....	1
PŘÍLOHA II - LAYOUT V CÍVKÁRNĚ VAR. 2.....	2
PŘÍLOHA III - LAYOUT V CÍVKÁRNĚ VAR. 3.....	3
PŘÍLOHA IV - LAYOUT V CÍVKÁRNĚ VAR. 4.....	4
PŘÍLOHA V - LAYOUT V 5. POLI VAR. 2.....	5
PŘÍLOHA VI - LAYOUT V 5. POLI VAR. 3.....	5
PŘÍLOHA VII - LAYOUT V 5. POLI VAR. 4.....	6
PŘÍLOHA VIII - LAYOUT V 5. POLI VAR. 5.....	6
PŘÍLOHA IX - LAYOUT V LISOVNĚ VAR. 2.....	7
PŘÍLOHA X - LAYOUT V LISOVNĚ VAR. 3.....	8

Přílohy

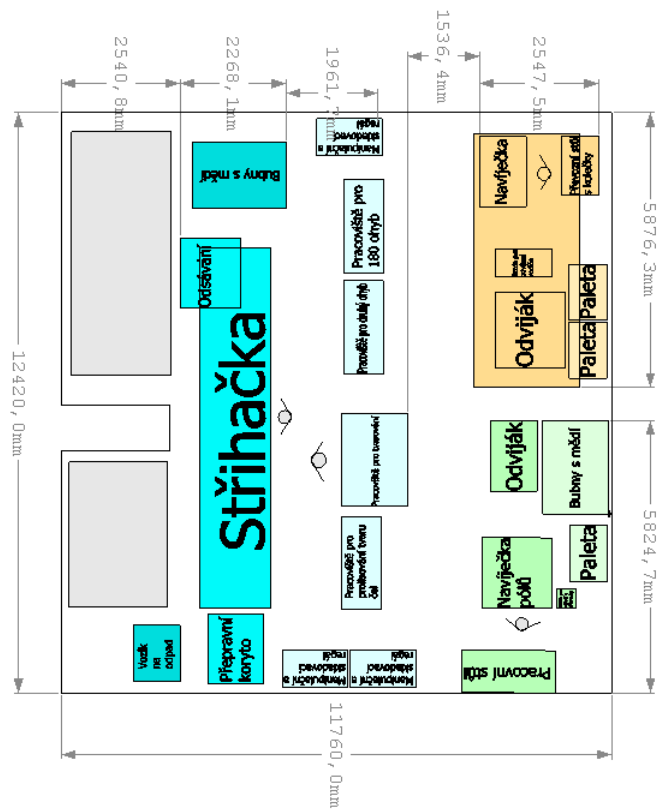
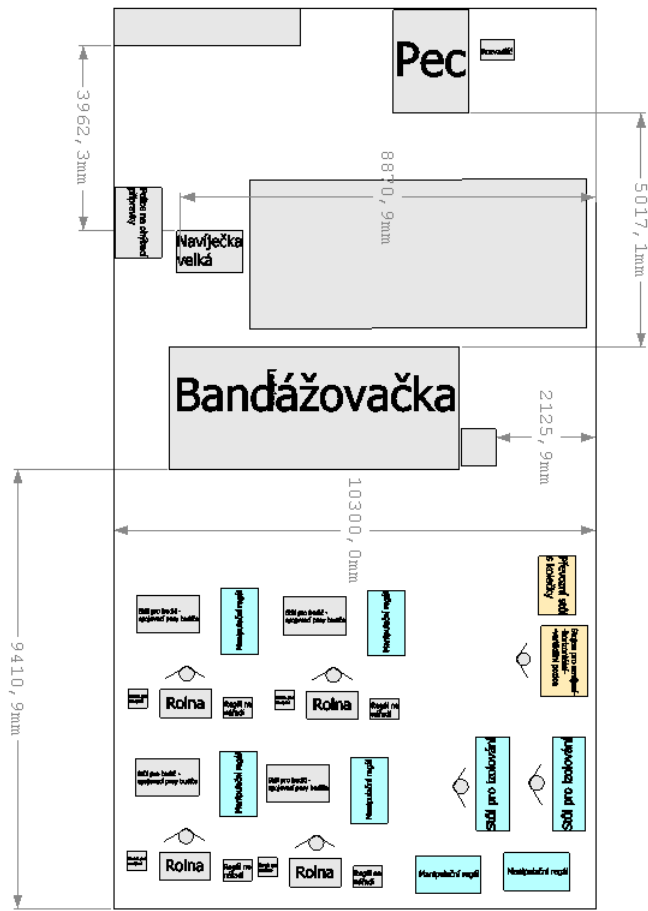
Příloha I - Process flow: Navíjení (montáž) pólů



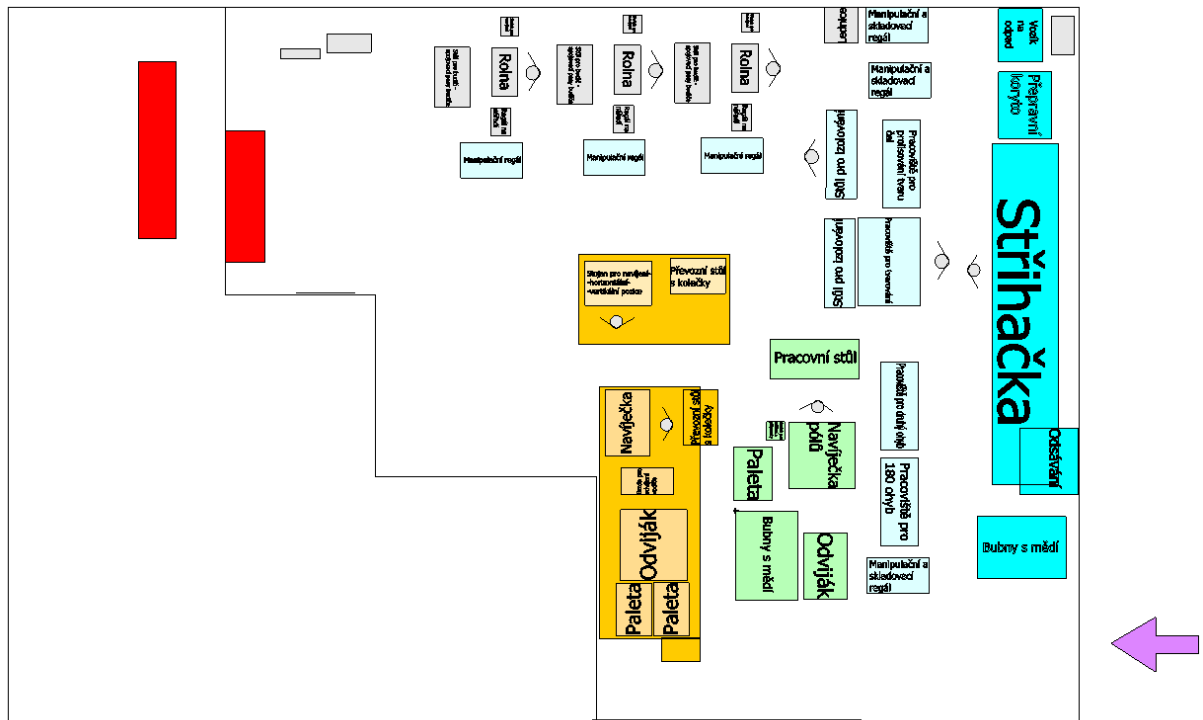
Příloha II - Layout v cívkárně var. 2



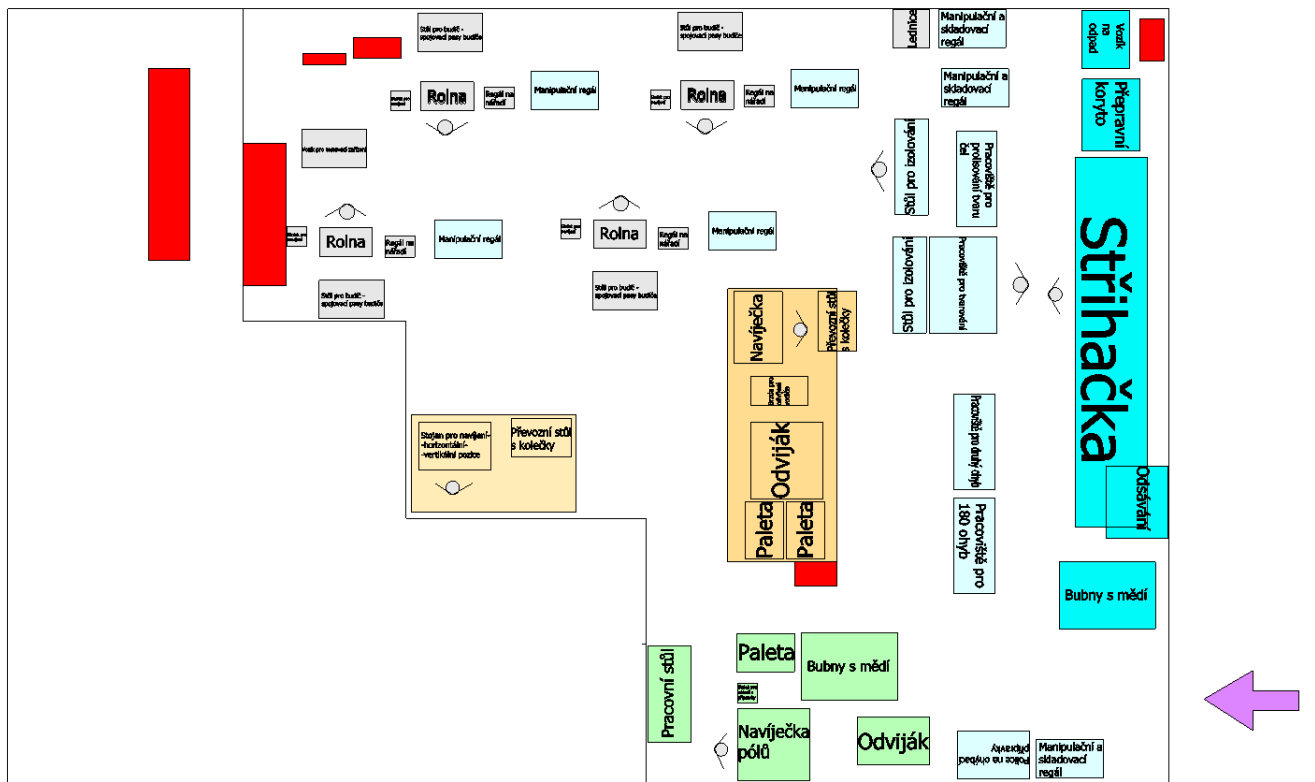
Příloha III - Layout v cívkárně var. 3



Příloha V - Layout v 5. poli var. 2



Příloha VI - Layout v 5. poli var. 3



Příloha X - Layout v lisovně var. 3

