

Projekt optimalizace montáže

Adam Cesnek

Bakalářská práce
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Adam Cesnek**
Osobní číslo: **T21668**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Projekt optimalizace montáže**

Zásady pro vypracování

Teoretická část:200b;

Technologie montáže

Optimalizační metody výrobních procesů

Statistické nástroje

Praktická část:

Zmapování výchozího procesu

Návrh optimalizace výrobního procesu

Diskuze výsledků

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

Seznam doporučené literatury:

SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.

JUROVÁ, Marie. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.

BUDÍKOVÁ, Marie, Maria KRÁLOVÁ a Bohumil MAROŠ. Průvodce základními statistickými metodami. Praha: Grada, 2010. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3243-5.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. et Ing. Petra Hámorová**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **3. ledna 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

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

L.S.

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

Ve Zlíně dne 22. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je návrh optimalizace montážního procesu. Práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. V teoretické části jsou shrnuty poznatky o obecném procesu montáže, statistických a optimalizačních metodách využívaných ve výrobě se zaměřením na filozofii Toyota. Praktická část je projekt realizovaný ve společnosti Windmöller & Hölscher Machinery v Prostějově. Jejím cílem bylo na reálném pracovišti montáže aplikovat teoretické znalosti za účelem optimalizace výchozího procesu.

Klíčová slova: optimalizace, montáž, Lean, Toyota, DMAIC;

ABSTRACT

The goal of this thesis is the optimization of the assembly process. The thesis is divided into two parts, theoretical and practical part. The theoretical part summarises general knowledge of the assembly process, statistical and optimization methods used in production with further aim at the Toyota philosophy. The practical part is a project that has been carried out under the guidance of Windmöller & Hölscher Machinery located in Prostějov. The goal was to apply theoretical knowledge in to a real workplace to help optimize the default process.

Keywords: optimization, assembly, Lean, Toyota, DMAIC;

Zde bych chtěl poděkovat mým rodičům a přítelkyni za veškerou jejich podporu a motivaci nejen během tvorby této práce, ale i v rámci celého dosavadního studia. Jsem si plně vědom, že i pro ně byly určité momenty jistou výzvou. Děkuji vám za dosavadní motivaci a trpělivost v celém studiu.

Mé díky samozřejmě také patří paní Ing. et Ing. Petře Hámorové za možnost a prostor pro realizaci tohoto projektu ve společnosti Windmöller & Hölscher Machinery k.s. v Prostějově. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat panu Tomáši Božkovi za jeho praktické rady, zkušenosti a vstřícný přístup.

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

OBSAH

ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 CHARAKTERISTIKA MONTÁŽE	10
1.1 HISTORIE MONTÁŽE.....	11
1.2 UVEDENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ Z OBLASTI MONTÁŽE	12
1.3 ROZDĚLENÍ MONTÁŽE Z HLEDISKA ORGANIZACE PRÁCE	13
1.3.1 Nepohyblivá montáž	13
1.3.2 Pohyblivá montáž.....	14
2 OPTIMALIZACE MONTÁŽE A VÝROBNÍCH PROCESŮ.....	15
2.1 METODY OPTIMALIZACE PROCESŮ	15
2.2 ANALÝZA A STATISTICKÉ NÁSTROJE	19
3 TOYOTA A SYSTÉM LEAN	24
3.1 DEFINICE SYSTÉMU TOYOTA TPS	25
3.2 DEFINICE ŠTÍHLÉ VÝROBY	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
4 CÍL PRÁCE	33
5 MĚŘENÍ.....	34
5.1 MAPOVÁNÍ MONTÁŽNÍHO POSTUPU	34
5.2 ČASOVÉ VÝSTUPY	36
5.3 LAYOUT PRACOVIŠTĚ	37
6 ANALÝZA	38
6.1 ANALÝZA MONTÁŽNÍHO POSTUPU	38
6.2 ANALÝZA ČASOVÉ STUDIE PROCESU	39
6.3 ANALÝZA LAYOUTU PRACOVIŠTĚ.....	40
7 IMPLEMENTACE ZLEPŠENÍ DO PROCESU.....	42
7.1 OPTIMALIZACE MONTÁŽNÍHO POSTUPŮ	42
7.2 OPTIMALIZACE PRACOVNÍCH PROSTOR	43
8 KONTROLA OPTIMALIZOVANÉHO PROCESU.....	45
ZÁVĚR	49
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	52
SEZNAM OBRÁZKŮ	53
SEZNAM TABULEK.....	54
SEZNAM PŘÍLOH.....	55

ÚVOD

Současná doba, provázená globálními změnami v oblastech ekonomiky, způsobenými doznívající epidemií a válečným konfliktem, je významnou výzvou pro mnoho společností. V České republice tyto vlivy měly a stále mají zásadní dopad na vývoj ekonomiky, část firem ztrácí zahraniční klienty, pro jiné jde o likvidační situaci. Společně s nepříznivým vývojem ekonomické situace je také zásadní problém v lidských zdrojích, kdy poptávka po kvalifikovaných pracovnících stále roste. Důsledkem je ztěžující se udržitelnost současných klientů a plnění výrobních kapacit.

Výsledkem je snaha společností maximalizovat efektivitu již existujících prostředků a pracovníků. Snižováním závislosti výrobních procesů na vnějších zdrojích, které se v současnosti drží volatilního trendu, lze minimalizovat negativní dopad aktuálního vývoje. Nejen k tomuto účelu nám slouží řada nástrojů určených k optimalizaci a zefektivnění zavedených metod, postupů a pracovníků. Se zvyšujícím se povědomím o Průmyslu 4.0 se otevírají nové možnosti v oblasti automatizace, řízení procesů umělou inteligencí nebo prostředků k simulaci a mapování těch stávajících.

Tato práce byla koncipována s účelem tvorby univerzálního a praktického návodu pro základní optimalizace v rámci výroby a montáže. Teoretická část se věnuje řadě užitečných nástrojů sloužících v této oblasti. Praktickou částí je projekt realizovaný v běžném provozu s cílem ověřit efektivitu a funkčnost již zmíněných metod. Tyto poznatky a postupy nabízí určitý stupeň modularity za účelem praktického užití v jiných oblastech a procesech.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA MONTÁŽE

Montážní proces je finální a často také nejsložitější část výrobního procesu. Montáž také zásadním způsobem ovlivňuje kvalitu a spolehlivost výrobků. Tato etapa výrobního procesu značně ovlivňuje dobu výroby, produktivitu práce a efektivnost celého systému. Běžnou definicí montáže je spojování sestav a podsestav pro tvorbu celku, ale v rámci montáže je nutné zohlednit také transport, kontrolu a manipulaci součástí. [1]

Montáž představuje přibližně 40% pracnosti celkové výrobní doby strojírenských výrobků. Zároveň pracovníci montáže představují téměř 1/3 podílu pracovníku ve výrobě. Tyto hodnoty jsou závislé především na technologičnosti konstrukce pro montáž, stupni mechanizace či automatizace a technickoorganizační formě montáže. Obecně ovšem platí, že se zvyšující se sériovostí výroby podíl montáže v procesu klesá, a to především kvůli vyššímu důrazu na technologičnost komponent, vysokou automatizaci a technologičnost pracovišť.

Právě nízký stupeň automatizace je hlavní příčinou velké časové náročnosti ve většině podniků. Průměrně je prováděno téměř 70% montáže pouze ručně. Z tohoto důvodu je montážní proces možno zařadit mezi nejméně automatizované výrobní procesy. [2] [3]

1.1 Historie montáže

S postupným vývojem výrobních postupů bylo nutné zvyšovat efektivitu, kvalitu a rychlost montážních procesů. V době před průmyslovou revolucí byla většina montáže prováděna ručně jednotlivými řemeslníky, případně skupinou. Každý pracoval na jednotlivém dílu finálního produktu a v závěrečné fázi montáže byly jednotlivé komponenty upravovány jednoduchými nástroji (nože, pilníky), dokud nezapadaly správně do sebe. Z historického hlediska je možné nalézt náznaky pokročilejších forem montáže dlouho před počátkem průmyslové revoluce. Jedním z takových příkladů je dělba práce z doby osové (800–200 př. n. l.) ve starověké Číně. Z této doby jsou zachovány jedny z prvních zmínek o „hromadné produkci“ a sofistikované „dělbě práce“ v montáži, konkrétně šlo o výrobu a následnou montáž zbraní, brnění, ale i zemědělských nástrojů. [4] [5]

Dalším významným příkladem z historie může být benátský Arsenal. Montáž galejí v tomto průmyslovém komplexu byla koncipována podobně jako moderní montážní linky. Lodě postupovaly po kanálu a v jednotlivých dílnách byly pozastaveny, provedly se konkrétní úpravy a loď se přesunula do další dílny. Benátský Arsenal lze považovat za největší industriální komplex v Evropě v době před průmyslovou revolucí. O tomto faktu svědčí schopnost dílny vyprodukovat jednu plně vybavenou galej za den, kdežto v jiných částech Evropy by podobná práce trvala až měsíce. [6]

Velmi významným obdobím ve vývoji montáže je již zmíněné období průmyslové revoluce. Došlo ke klíčovému vývoji v oblasti materiálů, výrobních technologiích a samotné montáži. Z této doby jsou detailně dokumentovány záznamy o výstavbě a funkci Portsmouthských mlýnů sloužících pro výrobu lodních kladek. Tento komplex obsahoval 22 jednoúčelových strojů poháněných dvěma 30 koňovými parními motory, díky kterým byla skupina 10členné obsluhy schopna vyrobit a zkompletovat stejné množství kladek jako 110 zkušených řemeslníků. V roce 1808 bylo touto metodou vyrobeno 130 000 lodních kladek, dostatečné množství pro splnění celé zakázky tehdejšího britského Královského námořnictva. [7] [8]

Dalším významným milníkem v období průmyslové revoluce bylo zavedení vyměnitelných dílů (interchangeable parts). Díky vývoji závitorezných soustruhů a frézek bylo možné produkovat spojovací materiály s vyšší přesností a rychlostí, což vedlo k výraznému zrychlení manuální montáže. Nejvýznamnějším obdobím pro vývoj montáže bylo bez pochyb 20. století a implementace montážní linky v automobilovém průmyslu. Vůbec první montážní linka pro automobily byla zavedena v automobilce Olds Motor Vehicle Company

a patentována jejím zakladatelem Ransomem Oldsem. Nejznámějším příkladem montážní linky je pásová linka používaná k výrobě automobilu Ford Model T. Návrh této linky byl představen Williamem Klannem po jeho návratu z jatek společnosti Swift & Company's, kde byl podobný princip použit k bourání masa. Linka pro montáž Fordu Model T byla spuštěna 7. října 1913 v Highland Park Ford Plant v Michiganu. Proces sestavení automobilu byl rozdělen na 45 kroků a celková doba pro montáž jednoho automobilu trvala 93 minut. Šlo téměř o 8násobné zkrácení procesu, z 12,5 pracovních hodin na 1,5 pracovní hodiny, přičemž samotný proces potřeboval menší množství pracovníků než původní proces. Dalším významným aspektem při zavedení této linky bylo snížení nákladů, a tím způsobené snížení ceny automobilu. Z původní ceny \$825 v roce 1908 došlo ke snížení ceny v roce 1912 na \$575.[9],[10]

1.2 Uvedení základních pojmů z oblasti montáže

Prvním krokem k porozumění možností optimalizace a správného nastavení montáže je pochopení základních prvků ze kterých se proces montáže skládá.

Montážní proces: jde o proces, ve kterém se využívají stroje, vybavení a/nebo lidské zdroje ke skládání součástí a materiálů v předem definované sekvenci za účelem tvorby kompletního výrobku.

Montážní operace: lze definovat jako základní stavební jednotku celkového procesu montáže. Celý montážní postup, lze rozdělit na jednotlivé montážní operace.

Montážní úsek: jde o místo, pracoviště případně bod v montáži, kde je prováděn konkrétní úkon určitým způsobem.

Montážní úkon: je manuální činnost pracovníka, případně stroje v montážním úseku.

Montážní pohyb: lze charakterizovat jako základní pracovní jednotku montážního procesu.

Technologický postup montáže: určuje sled operací, pohybů a montážních činností v předem definovaném pořadí s předem daným cílem.

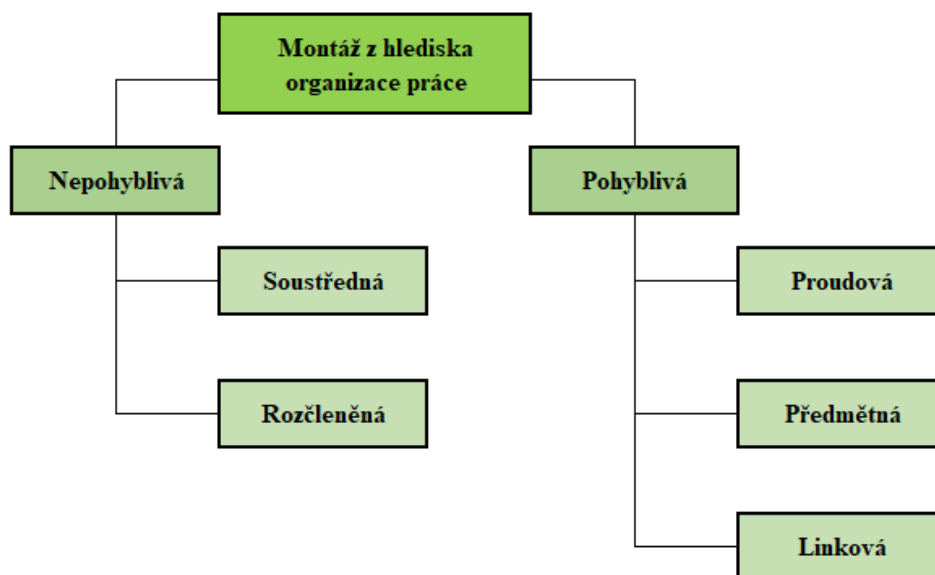
Montážní základna: soubor ploch a prvků součástí, které určují její polohu vzhledem ke druhým dříve sestaveným součástem nebo základním plochám.

Montážní schéma: jde o podklad sloužící pro tvorbu technologického postupu montáže. Určuje vzájemné spojení součástí a chronologický přehled ve kterém by měli být spojovány. [11]

1.3 Rozdělení montáže z hlediska organizace práce

Jedním z nejdůležitějších aspektů při optimalizování montážních procesů je správná organizace práce. Kvalitně navrženou organizací montážních činností docílíme optimálního toku materiálu pracovištěm, eliminujeme práce, které výrobku nepřidávají hodnotu a zamezíme vzniku časových prodlev mezi jednotlivými úkony.

Odpovídající typ organizace montáže vybíráme na základě několika kritérií, do kterých patří: velikost pracoviště, sériovost výroby a rozměry výrobku. [12]



Obrázek 1 Schéma organizace výroby [Vlastní zpracování] [12]

1.3.1 Nepohyblivá montáž

Jak již název vypovídá, nepohyblivá montáž je typ montáže, který je prováděn bez pohybu výrobku. Pohybují se pracovníci a nástroje. Tento typ montáže je efektivní při kompletaci rozměrných výrobků, jejichž manipulace by byla kontraproduktivní. Nepohyblivá montáž nachází uplatnění zejména v malosériové výrobě. [12]

➤ **Soustředná montáž**

Pro celou montáž je vyčleněno jedno pracoviště a je prováděna jednou skupinou pracovníků. Těmito charakteristikami je dána nízká produktivita a vyšší nároky na montážní plochy.

➤ **Rozčleněná montáž**

Montáž se dělí na kompletaci jednotlivých celků a konečnou montáž. Předpokladem pro aplikaci tohoto druhu montáže je možnost rozčlenit finální produkt na menší podsestavy. Uplatnění nachází při výrobě malých i větších sérií.

1.3.2 Pohyblivá montáž

Montovaný výrobek je dopravován mezi jednotlivými pracovišti. Pracovníci i nástroje jsou na pevně daných montážních pracovištích. Po ukončení montážní operace je montovaný výrobek přesunut k dalšímu pracovníkovi. Z hlediska časové organizaci rozlišujeme pohyblivou montáž na montáž s volným a vázaným pracovním taktem, hlavním rozdílem je nutnost provedení určité operace v časovém limitu. Oproti nepohyblivé montáži je pohyblivá vhodná pro velké série výroby. [12] [13]

➤ **Proudová montáž**

Proudová montáž obvykle využívá dopravníkovou linku pro přesun výrobku k jednotlivým pracovníkům. Jde o nejproduktivnější způsob montáže zaměřující se na eliminaci veškerých prostojů. Využití nachází v hromadné výrobě.

➤ **Předmětná montáž**

Charakteristikou předmětné montáže je volný pohyb výrobku mezi specializovanými pracovišti, kde se vykoná určitá operace a výrobek je přesunut na další pracoviště. Sled montážních operací nemusí být dodržen. Přestože je předmětná montáž pohyblivá, je vhodná pro malosériovou výrobu.

➤ **Linková montáž**

Výrobek je mezi jednotlivými pracovišti přesouván obvykle pomocí dopravníku. Platí zde, že každá část finálního produktu je montována na dedikovaném pracovišti a je nutné dodržet sled operací, ale jednotlivé montážní operace se nemusí vykonávat v jednotném pracovním taktu. Efektivita tohoto typu montáže není tak vysoká jako u proudové montáže, přesto je většinou aplikována při velkosériové výrobě.

2 MONTÁŽE A VÝROBNÍCH PROCESŮ

Obecně lze optimalizaci procesů definovat dle odborné literatury jako „činnost zaměřenou na postupné zvyšování kvality, produktivity nebo doby zpracování podnikového procesu prostřednictvím eliminace neproduktivních činností a nákladů“ [13]

Hlavní motivací za neustálým zlepšováním a snahou optimalizovat podnikové procesy je ekonomická síla. Na současném trhu jsou kladeny čím dál tím vyšší nároky na produkty a služby. V případě, že zákazník dané služby neobdrží, jednoduše může přejít ke konkurenci. Aktuálně se na mnoha trzích drží trend, kdy často převažuje nabídka nad poptávkou, což zákazníkovi dává vyjednávací sílu takováto rozhodnutí činit.

Mezi hlavní faktory, které motivují firmy dále, patří technologický pokrok. Tento rozvoj může být dán zavedením nových, výkonnějších prvků a periférií do procesu a zjednodušením pracovních postupů.

Abychom docílili výše zmíněných cílů, je nutné sjednotit podnikové zdroje:

- Technologie, aplikace moderních technologií v podniku a sledování současných technologických trendů.

- Zaměstnanci, motivovaní zaměstnanci s aktivním zájmem a chutí zlepšovat sami sebe a fungování jednotlivých procesů.

- Prostředí, analýza trhu, konkurenceschopnosti, poptávky a uplatnění produktu v regionu.

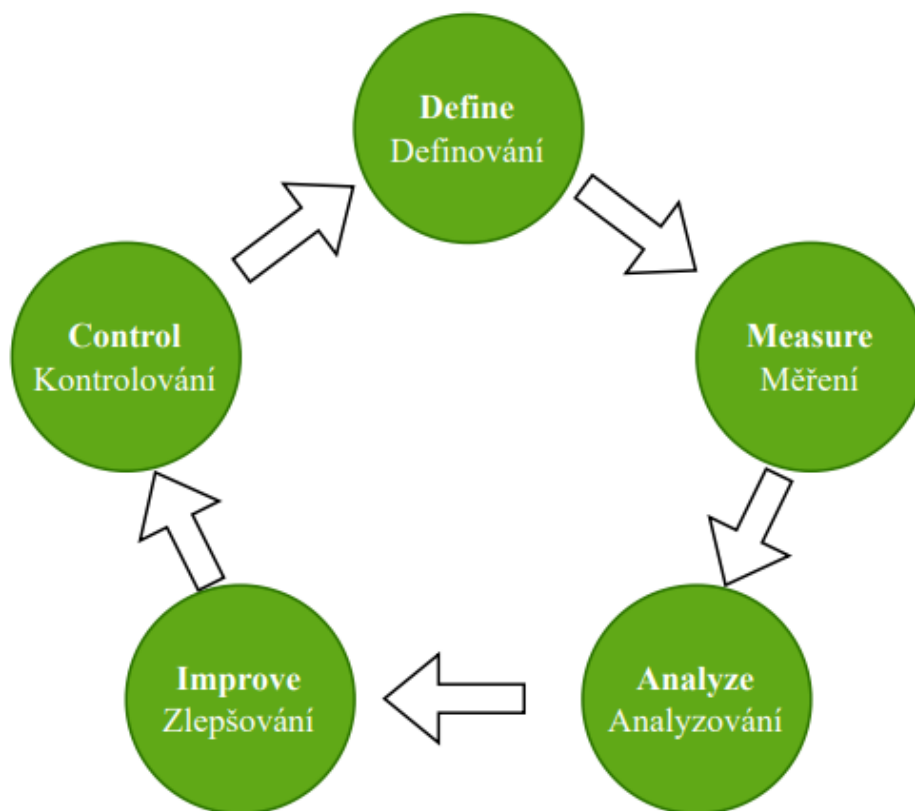
2.1 Metody optimalizace procesů

Optimalizace výrobních a montážních procesů obecně spočívá v hledání metod zefektivňujících daný proces. Tyto metody můžeme rozdělit na několik úrovní sahajících od zlepšení vybavení po redukci a případnou recyklaci vznikajícího odpadu.

Jako základní metodu optimalizace jakéhokoliv procesu můžeme uvést jeho analýzu a porozumění. Tato metoda je založena na pozorování současného stavu procesu, z čehož můžeme zjistit fakta vedoucí k prospěšným změnám v budoucnosti. K této metodě se vážou cyklické poznávací procesy DMAIC a PDCA. [14] [15]

➤ **DMAIC cyklus**

Tento cyklus je úzce spjatý s metodou Six sigma. Jeho název je složen z jednotlivých fází cyklu DMAIC. Define – definování, Measure – měření, Analyze – analyzování, Improve – zlepšování a Control – kontrolování. Všechny tyto fáze mají vlastní cíle. V rámci definování se určí smysl procesu a jeho kritické oblasti ovlivňující kvalitu a produktivitu. Pomocí měření se evaluuje současný problém a zjišťují se jeho příčiny. Takto zjištěné hodnoty jsou poté analyzovány a na základě objevených skutečností se provede vhodné zlepšení procesu. Cyklus je poté uzavřen kontrolou, která se zabývá trvalostí a užitečností řešení. Vzhledem k cyklické charakteristice této metody se jednotlivé fáze opakují, čímž je zabezpečena eliminace nedokonalostí a zvýšení kvality.[14]



Obrázek 2 Grafické znázornění metody DMAIC [Vlastní zpracování] [14]

➤ PDCA cyklus

Cyklus PDCA Plan-Do-Check-Act známý také jako Demingův cyklus je optimalizační metoda s cílem neustálého zlepšování. Cyklus se skládá ze 4 bodů plánuj-dělej-kontroluj-jednej. První bod tohoto cyklu se zabývá vytyčením cíle v podobě požadovaného zlepšení či změny. Druhá fáze je aplikace a provedení vytyčeného cíle. Následně proběhne kontrola dosažených výsledků při srovnání s původně vytyčeným požadavkem. Ve čtvrté části cyklu se provádějí korekce na základě nálezů získaných při kontrole. Tato finální fáze také slouží ke standardizaci změn, tak aby se proces nevrátil po čase do původního stavu před implementací zlepšení.[14]

➤ BPI

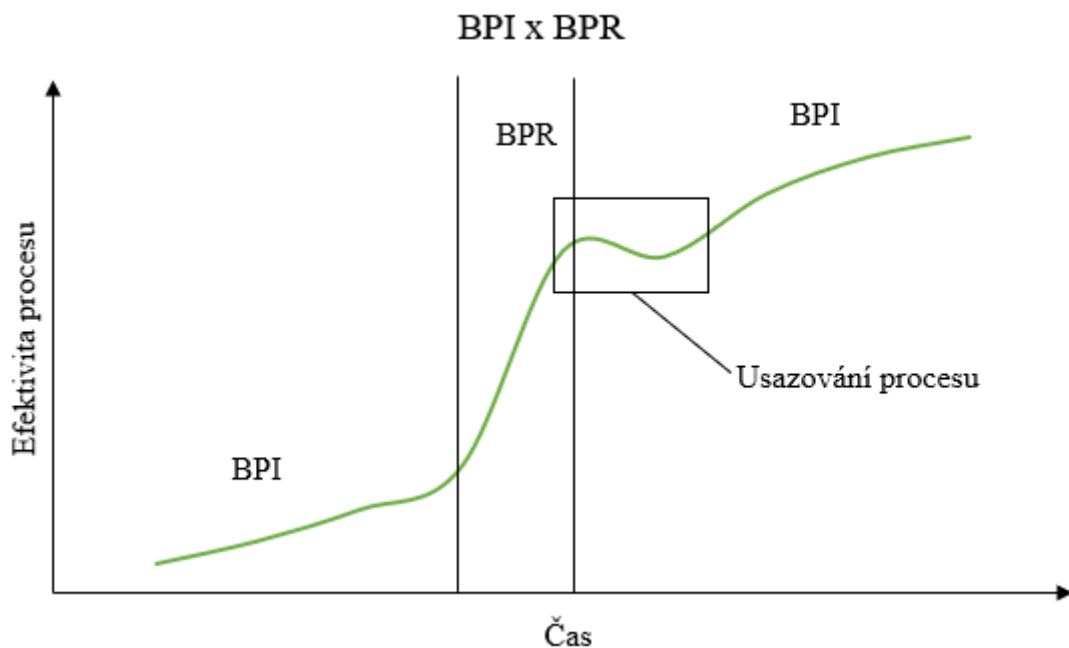
Metoda BPI, Business Process Improvement – udržitelné procesní zlepšování spočívá v pozorování a analyzování výchozího stavu procesu s cílem vytyčení námětů pro optimalizaci. Udržitelné zlepšování si klade za cíl implementaci malých a průběžných změn do procesu bez narušení jeho plynulosti.

➤ BPR

Oproti metodě udržitelného procesního zlepšování je metoda BPR – Business Process Reengineering, charakteristická rozsáhlými změnami a přetvářením procesů za účelem dosažení významných zlepšení. Vzhledem k radikálním změnám, které jsou v rámci reengineeringu vyžadovány, nachází aplikaci především v případech, kdy je výchozí proces nefunkční nebo způsobuje značné potíže v procesním toku. BPR také nachází uplatnění i v případě funkčního procesu, který se provádí na zastaralém vybavení, ale to v případě, že instalace nového vybavení umožňuje výrazné zlepšení tohoto procesu. Reengineering se při implementaci ve společnostech často setkává s odporem zaměstnanců. Tento jev je vyvolán s již zaběhnutými zvyky a přirozeným strachem z výrazných změn. Metoda reengineeringu tedy může krátce po zavedení zaznamenat nižší než předpokládané zlepšení, které je dáno lidským faktorem. V zaběhlém procesu již byli pracovníci dobře seznámeni s celým průběhem procesu. Po jeho revitalizaci je určitá doba, nazvaná usazování procesu, ve které se zaměstnanci přeškolí a nový proces začne splňovat vytyčené cíle.

➤ BPI x BPR

Jak již bylo zmíněno v předchozích odstavcích, metoda udržitelného zlepšování se zabývá kontinuálním zlepšováním v malém rozsahu, kdežto reengineering spočívá v rozsáhlých změnách. Obě metody jsou spolu úzce spjaty a v praxi se často předcházejí v přirozeném optimalizačním procesu společnosti.



Obrázek 3 Graf srovnání a korelace metod BPI a BPR [Vlastní zpracování] [16]

➤ Průmysl 4.0

S příchodem průmyslu 4.0 a s ním spjatých technologií se otevírají nové možnosti v oblasti optimalizace procesů. Můžeme uvést, že klíčem pro efektivní optimalizaci je pochopení a adaptace průmyslu 4.0 pro konkrétní aplikaci.

4 pilíře optimalizace procesů s využitím průmyslu 4.0:

1. Získávání přesných dat v reálném čase: integrací moderních nástrojů, které průmysl 4.0 nabízí, jako je strojové učení a datová konektivita je možné sledovat každý detail celého procesu.
2. Vytyčení příčin vzniku problémů: pomocí již zmíněných technologií lze jednoduše určit problémové části procesu a analyzovat jejich vznik.

3. Předpovězení, kdy dojde k problému: předvídat, kdy přesně dojde k neefektivnosti procesu, je pro výrobce nesmírně cenné. Když se v továrně integruje automatizovaný výrobně-analytický software, získáváme klíčové informace. Kombinace těchto praktických poznatků s algoritmy strojového učení pomáhá výrobcům předvídat problémy, a proto jsou schopni jim v budoucnu předcházet.

4. Návrh bezproblémového procesu: pomocí informací získaných v předchozích bodech jsme nyní schopni stanovit, jak lze určité nedostatky eliminovat změnou a úpravou procesů. Výsledným cílem je optimalizace s maximální efektivností a minimální, ideálně nulovou chybovostí. [17]

2.2 Analýza a statistické nástroje

Jak již bylo zmíněno, nedílnou součástí optimalizace procesů je analyzování jejich výchozích stavů. K tomuto úkolu nám slouží řada statistických nástrojů. Základní nástroje v této oblasti byly vypracované ve 40. a 50. letech 20. století v Japonsku. Jejich hlavním úkolem je identifikovat problémy a následně je efektivně řešit. Pomocí sběru a vyhodnocení získaných dat se cílí na optimalizaci a zvýšení jakosti procesu. [18]

➤ Sběr dat

Data lze shromažďovat pomocí dotazníků, tabulek či formulářů. Do těchto vstupů se zapisují požadovaná data, která jsou následně vyhodnocována pomocí dalších metod.

Hlavní předností sběru dat tímto způsobem je jejich jednoduchost a přehlednost.

Pro tvorbu co nejefektivnějšího formuláře je nutné dodržet několik principů. Základním z nich je princip stratifikace, který určuje rozřazení dat dle relevantních a specifických kritérií. Dále je nutné dostát principům standardizace, jednoduchosti a vizuální interpretace. Formulář tedy musí poskytovat relevantní a věrohodné informace, být přehledný a dobře srozumitelný, neměl by vytvářet podmínky k zápisu nadbytečných nerelevantních informací. Takto získané informace by měly být samy o sobě dostačující k popisu a řešení zkoumaného problému bez nutnosti jejich přepracování na další dotazníky.

Nejčastěji využívané formuláře:

- Čárkové
- Číselné
- Symbolické

Čárkový formulář nachází využití v oblasti výstupní kontroly. Jeho princip je velmi jednoduchý, v případě, že kontrolor zaznamená vadu nebo jiný zkoumaný jev, zapíše si ve formuláři čárku k danému výrobku. Tímto způsobem lze rychle a efektivně určit zmetkovitost v daném procesním toku. [19]

Číselný formulář se využívá v oblasti měření hodnot. V praxi se za jeho pomoci určuje například přesnost výrobků, kdy kontrolor zapisuje reálné rozměry na výrobku k předepsaným.

Symbolický formulář používá symboly ke značení typu vad vyskytovaných na výrobku. Vodorovné buňky znázorňují časovou závislost a svislé výrobní faktory.

Pracoviště/Čas	6:00-8:00	8:00-10:00	10:00-12:00	12:00-14:00
1	✘		○ ✘	
2		✘	△	
3	○ △		✘	
4	△			○ ○
Povrchová vada: ✘ Nedodržený rozměr: ○ Koroze: △				

Obrázek 4 Jednoduchý symbolický formulář [Vlastní zpracování] [14]

➤ Paretova analýza

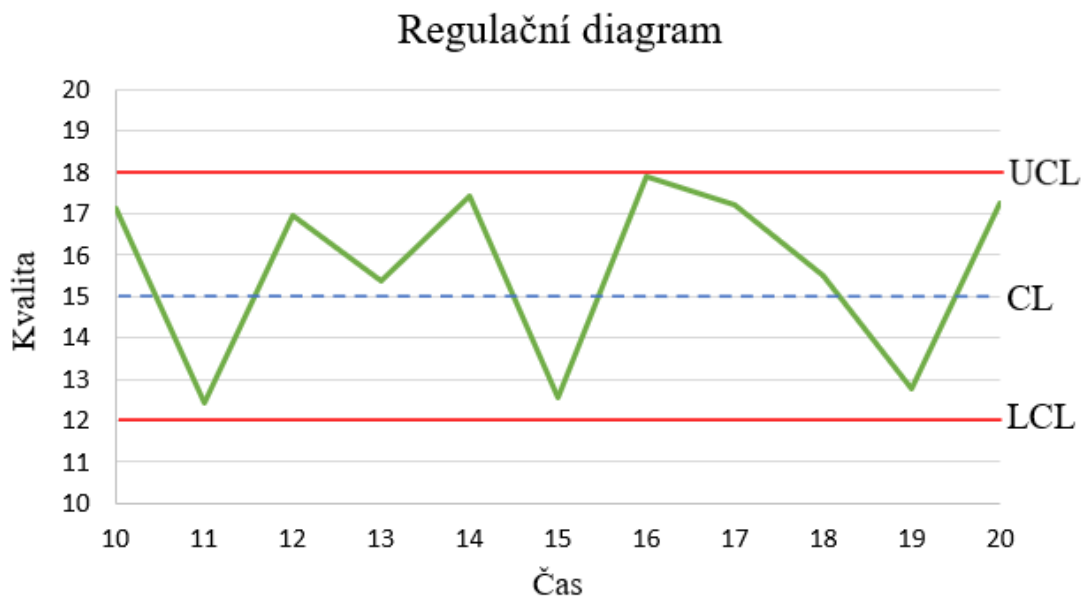
Paretova analýza se v praxi používá především pro snižování nákladů a eliminaci vadných výrobků. Výsledkem Paretovy analýzy není samotné snížení závadných prvků procesu, ale odhalení jejich příčin. Tato metoda se také nazývá, jako pravidlo 80:20, které nám udává, že odstraněním 20 % hlavních příčin vad, dosáhneme snížení 80% ztrát v procesu. [19]

Pozorované vady se nanášejí do takzvaného Paretova diagramu, který je kombinací sloupcového a čárového grafu. Na vodorovné ose se uvádí typy vad a na vertikální jsou naneseny kumulované ztráty. Po vytvoření tohoto diagramu určíme průsečík Lorenzovy křivky a 80 % ztrát – takto zjistíme, které vady odstranit.

➤ Regulační digram

Tento diagram se využívá jako hlavní prostředek ke statistické regulaci procesu. Na jeho vývoji můžeme pozorovat závislost variability procesu na časovém úseku. Takto získané údaje je potřeba vymezit za pomoci regulačních mezí. V rámci diagramu rozlišujeme tři meze, CL – Central Line – představující střední přímku diagramu, LCL – Lower Control Limit – představující dolní regulační mez a UCL – Upper Control Limit – představující horní regulační mez. Tyto meze nám určují statistickou proveditelnost procesu.

Proces se pomocí regulačního diagramu reguluje buďto měřením nebo srovnáním. V případě měření se zvolí rozsah procesu a proces je poté měřen v tomto rozsahu. Regulace srovnáním spočívá ve zvolení konstantního počtu hodnot v podskupině a v procesu se poté zkoumají neshody se zvolenými hodnotami. [19] [20]



Obrázek 5 Regulační diagram [Vlastní zpracování] [20]

➤ Chronometráž

Tato statistická metoda nám slouží ke stanovení spotřeby času pomocí stopek, formulářů případně specializovaného softwaru či zařízení. Jejím cílem je získat podrobný přehled o spotřebě času v rámci směny, popřípadě celého procesu. Pomocí této metody je časová délka procesu rozdělena na několik dílčích úseků pro lepší přehlednost a orientaci v rámci popisu úkonu. Trvání jednotlivých částí procesu je poté zapsáno do formuláře případně předem připravené tabulky.

Pomocí chronometráže lze určit:

- Problematické části úkonů
- Extrémní hodnoty vyskytující se v procesu
- Možnosti balancování operací

Metodu chronometráže lze rozdělit na přímé měření a nepřímé měření. Přímé měření se zabývá konkrétními časovými snímky práce. Nepřímé měření se zaměřuje rozbořením jednotlivých úkonů práce, kterým následně přiřazuje na základě jejich náročnosti index odpovídající určité spotřebě času. [19]

➤ Layout

Layout neboli rozložení je nástroj sloužící ke zjištění prostorového uspořádání pracoviště. Jde o analytické vyhodnocení vytíženosti plochy, rozmístění strojů, nástrojů a pozic pracovníků. Kromě stacionárních hodnot nám také může sloužit ke zjištění proudění materiálů pracovištěm, objemu výrobních cest a efektivity různých uspořádání pracoviště. Základem pro vypracování funkčního layoutu je tvorba plánu současných výrobních prostor, s tímto bodem je vázané vytvoření modelů strojů na pracovišti pro přehlednost a možnost uspořádání v závislosti na rozměrech, hmotnosti, funkci atp. Dalším důležitým krokem je rozbor technologických postupů, který lze využít k efektivnímu uspořádání pracovníků a prostředků ve smyslu procesu. [15]

Dobře navržený layout pracoviště může přinést následující zlepšení:

- Zefektivnění výrobního procesu
- Snížení mezioperačních zásob
- Zmenšení výrobní plochy

3 TOYOTA A SYSTÉM LEAN

V rámci této kapitoly se budu věnovat manažersko-technologickému přístupu společnosti Toyota, se kterým je úzce spjatá výrobní metoda zvaná Lean. [21]

Samotný počátek štíhlé výroby – lean manufacturing sahá do 19. století, ve kterém Frederick W. Taylor uvažoval nad možnostmi optimalizace výrobních metod a pracovních výkonů zaměstnanců. Významně se na vývoji štíhlé výroby také podíleli Frank a Lillian Gilberthovi, kteří navrhli prvotní způsoby pro identifikaci plýtvání. Z těchto základů později vycházel Henry Ford při návrhu své výrobní linky. Této výrobní metody se během svého pobytu v Americe v rámci práce pro Henryho Forda ujal i Tomáš Baťa mladší. Po návratu z Ameriky tuto myšlenku přenesl i do podniku svého otce Tomáše Bati.

V rámci Baťových závodů byla štíhlá výroba realizována jako použití dopravního pásu k propojení výroby mezi jednotlivými pracovišti tak, že pracovníci nemuseli čekat na dodávku z předchozího pracoviště a produkt se po pracovištích plynule přesouval. V rámci výroby obuvi byl využit kruhový pás zvolený jakožto ideální způsob dopravníku pro tento typ výrobku. S implementací nových strojů a kvalifikovaných pracovníků došlo k výraznému zefektivnění celého procesu. Toto výrobní uspořádání mělo nepřímo za výsledek zvýšení jakosti procesu. Zaměstnanci měli přehled o ostatních pracovnících okolo pásu, což je nepřímo motivovalo k odvedení lepší práce. [22]

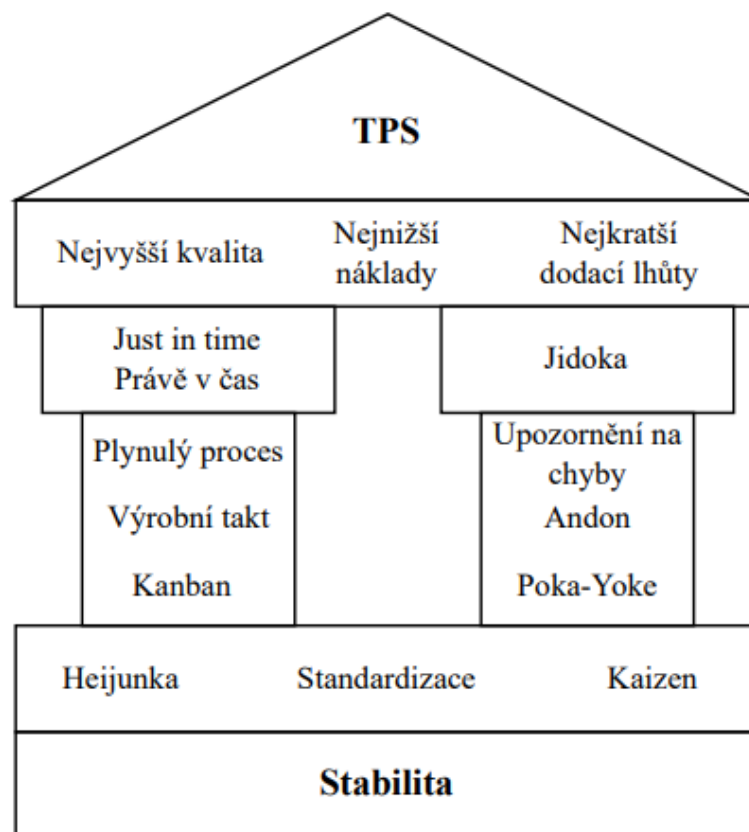
Moderní a současnou podobu štíhlé výroby přinesla až společnost Toyota se svým výrobním přístupem The Toyota Way nebo také TPS – Toyota Production System. Pokud se podíváme na počátky optimalizace v rámci společnosti Toyota, dostaneme se do bodu před založením samotné automobilky. Prvním dobře známým počinem v rámci zefektivnění výroby, který rodina Toyodů implementovala v jejich textilním průmyslu, byl automatizovaný systém pro rozpoznání přetržené nitě. Tento systém, který výrazně zvýšil jakost výroby, sebou přinesl i značné finanční prostředky a došlo k přesunu od textilního průmyslu k tomu automobilovému. Zásadním pokrokem byl poté příjezd Američana Edwardse Deminga, který ve spolupráci se společností Toyota přinesl významné výsledky. Zprvu byl v Toyotě přejet výrobní systém společnosti Ford, který vedl k technologickým vylepšením, ale po stránce zaměstnanecké Japoncům příliš nevyhovoval. Oproti přísnému drilu, pod kterým pracovali zaměstnanci Fordu v USA se v Toyotě rozhodli pracovníkům naslouchat a vylézt maximum z jejich návrhů na zlepšení výroby. Tento přístup motivoval zaměstnance kreativně se zapojit se svými podněty pro optimalizaci výroby.

Toyota se tímto vrhla do cyklu neustálého vylepšování, v jehož čele byly manažeři Eiji Toyoda a Taiichi Ohno. Tito vrcholoví zaměstnanci se opět inspirovali zavedeným systémem v USA, tentokrát jím byly supermarkety. Tento podnět spočíval v nákupu a uskladnění pouze takového množství zboží, které si aktuální poptávka žádala. Tímto způsobem se začal formovat jeden z dnes nejpoužívanějších optimalizačních systémů nejen automobilek: JIT – Just In Time. Na základě tohoto konceptu vznikl v 50. letech 20. století samotný TPS – Toyota Production System. V následujících letech byla zformulována řada dalších světově známých metod, a to Jidoka a 5S. Dalším důležitým bodem pro společnost Toyota byl příchod dvojice manažerů Ishikawy a Shinga. Podle Karou Ishikawy byl pojmenován Ishikawa diagram, který se využívá pro prevenci vzniku defektů na produktu. Shigeo Shingo společnosti Toyota přispěl návrhem další z významných metod Poka-yoke. Základem této metody byla prevence a snížení lidských chyb v procesu, což se podílelo na ještě širším propojení zaměstnanců a výroby. [21]

3.1 Definice systému Toyota TPS

Toyota Production System je souhrn metod vyvinutých manažery Toyoty po 2. světové válce. Celou filozofii tohoto modelu lze shrnout do dvou pilířů. Prvním z nich je kaizen znamenající neustálé zlepšování. Snahou je procesy neustále zlepšovat a analyzovat bez permanentní standardizace určitého postupu. Tato snaha se vztahuje i na pracovníky, se kterými je zacházeno s úctou a na jejichž připomínky ohledně postupu výroby je dbána pozornost. Na tento přístup k zaměstnancům navazuje druhý pilíř, který je aktivně zapojuje do optimalizace vlastních pracovišť a odstraňuje překážky.

Systém TPS lze popsat i ve světově přejatém schématu zvaném TPS House – Dům TPS. Toto schéma nám zobrazuje, že celkový systém TPS není tvořen jednotlivými vysoce efektivními metodami, nýbrž souhrnem metod, které se doplňují a tento systém tvoří. Podoba tohoto diagramu, obecně zobrazená ve tvaru domu, je dána faktem, že dům potřebuje pevný základ, střechu, ale i nosné pilíře. Jednotlivé prvky se takto vzájemně posilují, ovšem poukazují i na skutečnost, že jeden slabý článek může narušit celý systém. [21]



Obrázek 6 Dům TPS [Vlastní zpracování] [21]

➤ **Just-In-Time**

System Just In Time – právě v čas – se dnes používá na několika úrovních. Jeho původním úkolem bylo minimalizovat nutnost držení zásob u výrobce. Tohoto cíle se mělo dosáhnout dodávkou materiálů od dodavatele k výrobcu v přesný čas tak, aby vstupní materiál pouze prošel počáteční kontrolou a mohl putovat okamžitě do výroby. Tento systém pro odběratele znamenal zvýšení obratu a snížení nároků na skladové plochy. Dodavatel měl naopak zajištěnou pracovní náplň.

Tohoto principu lze také využít v rámci společnosti mezi jednotlivými pracovišti.

V současné době je JIT vnímán jako přední systém pro snižování zásob, časových ztrát a nákladů v rámci celé výroby. Tyto úspory mají za výsledek zvýšení produktivity a jakosti.[21]

➤ **Jidoka**

Princip Jidoka lze volně přeložit jako „automatizace s lidským dotykem“. Jde o další princip s cílem minimalizace výrobních ztrát. Tohoto je docíleno zavedením maximální autonomie na každém pracovišti. V praxi jde o vybavení stroje funkcemi, které obsluhu automaticky

přivolají v případě poruchy či nutnosti asistence a bezpečně se zastaví. Pracovníci tak nemusí pasivně sledovat chod stroje, ale mohou se věnovat činnostem, které výrobku přináší hodnotu. [22]

Základem této funkce jsou 4 stavební prvky:

- Standardizace
- Poka-Yoke
- Upozornění na chyby (Genchi gebutsu)
- Andon

➤ Heijunka

Jde o metodu rozvrhování výrobního množství a výrobního typu v určitém časovém úseku výroby, což znamená, že výroba není přímo řízena dle toku objednávek zákazníka. Heijunka vychází ze stanovení intervalů mezi jednotlivými termíny pro expedování daných výrobků. Pro každý interval se snažíme definovat požadovaný mix výrobků tak, abychom vyhověli požadavkům zákazníka. Heijunka tedy definuje společný násobek taktů jednotlivých typů výrobků. Všechny výrobky musí tedy být v přesně daný čas připraveny tak, aby se eliminovaly prostoje a mohlo dojít k expedování.

Běžný výrobní systém, sledující skutečné požadavky zákazníka, může narazit na problém, kdy v rámci pondělní výroby vznikne 2x větší objem zakázek než v úterý. V reakci na to se pondělní výroba dostane do přesčasů, vedoucích k vyšším výdajům a úterní naopak nebude mít pracovní náplň, což opět povede ke zbytečným výdajům. [25]

Běžný výrobní systém					
Pondělní výroba	A	A	A	A	A
Úterní výroba	A	A	A	A	A
Středeční výroba	A	Přetypování	B	B	B
Čtvrteční výroba	B	B	B	Přetypování	C
Páteční výroba	C	C	C	C	C

Obrázek 7 Plán běžného výrobního systému [Vlastní zpracování]

Heijunka					
Pondělní výroba	A	A	B	B	C
Úterní výroba	A	A	B	B	C
Středeční výroba	A	A	B	B	C
Čtvrteční výroba	A	A	B	B	C
Páteční výroba	A	A	B	B	C

Obrázek 9 Plán výrobního systému s principem Heijunka [Vlastní zpracování] [25]

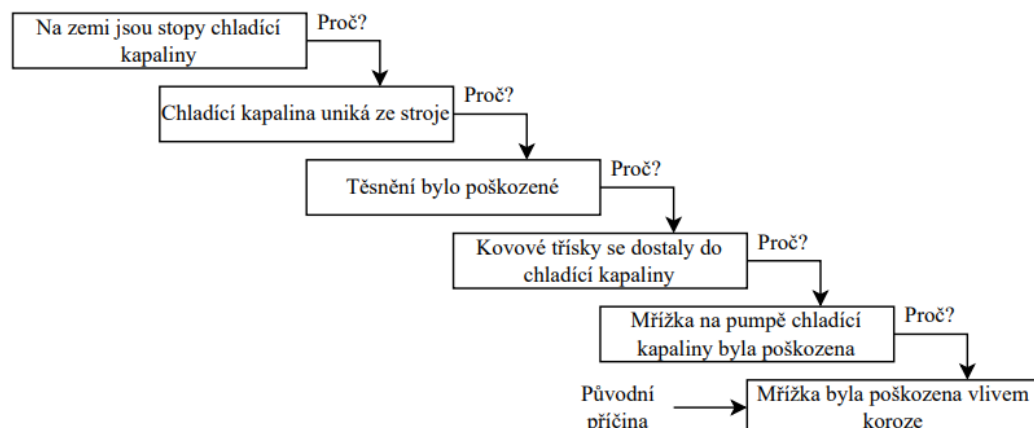
➤ Kaizen

Kaizen je v technické praxi obecně vnímán jako nástroj „štíhlé výroby“, který je využíván pro návrh a implementaci zlepšení v určité části procesu. Samotnou podstatou je neustálé zlepšování a zdokonalování. Těto metodiky by se měli držet všichni, kteří se nějakým způsobem na daném výrobním procesu podílejí – od dělníků po manažery. Jde o hlavní princip, který má na svědomí neustálý vývoj a změnu nejen v japonských firmách, ale i celé společnosti. [21]

Základní principy systému Kaizen jsou:

- Kaizen je implementován vedením, ale stojí na aktivitách dělníků.
- Do procesu zlepšování by se měli zapojit všichni pracovníci.
- Je třeba věnovat pozornost každému námětu na zlepšení, bez ohledu na jeho nepatrnost.
- Pro efektivní zavedení nových zlepšení je třeba důkladná analýza současného stavu procesu pro determinování kladných a negativních důsledků.

Kaizen se také využívá v podobě hledání a řešení příčin problémů ve výrobě. K tomuto slouží technika „pětkrát proč“. Zeptáním se „proč?“ 5x kdykoliv, když objevíme problém, nám přinese původní příčinu, jakož i řešení problému.



Obrázek 10 Kaizen a praktický příklad 5x Proč? [Vlastní zpracování] [21]

3.2 Definice štíhlé výroby

Štíhlá výroba neboli Lean Production je výrobní metodika zaměřená na identifikaci a eliminaci neproduktivních činností a prostojů – tedy plýtvání obecně. V rámci výrobního inženýrství a optimalizačních metod se setkáváme nejčastěji s plýtváním materiálem, které je nejviditelnějším typem plýtvání. Méně zřetelné typy plýtvání mohou být časové ztráty či plýtvání pracovní plochou. Méně typickým může být plýtvání lidskými zdroji, přidělením nekvalifikovaných nebo naopak překvalifikovaných pracovníků k nevhodné pracovní činnosti. [26]

K identifikaci plýtvání a její následné eliminaci nám slouží řada nástrojů štíhlé výroby. Identifikační metody obvykle pracují na základě analýzy popisující současný stav, přičemž jsou odhaleny veškeré formy plýtvání. Eliminace je poté řešena formou opatření proti plýtvání a jeho maximální možné redukci.

➤ **Procesní analýza**

Jde o jednu ze základních metod mapujících procesy ve firmě. Zaměřuje se na sledování výkonnosti a efektivity zásadních operací s výskytem většího množství činností nepřidávajících hodnotu. Mezi tyto pozorované prvky patří vzdálenosti, doby trvání, doby transportu a počty pracovníků. Cílem této analýzy je nanesení těchto pozorovaných hodnot do symbolického grafu, kde je možno vidět souvislosti a návaznosti jednotlivých procesů a plýtvání, ke kterému mezi nimi dochází.

➤ **Value Stream Mapping**

Metoda VSM – Value Stream Mapping nám slouží k mapování procesních toků. Mezi pozorované hodnoty patří materiálový tok, informační tok, skladové kapacity a ostatní hodnotové toky. Zmapováním těchto pohybů se identifikuje a kvantifikuje plýtvání v rámci celého hodnototvorného řetězce.

Informace o hodnototvorném řetězci jsou poté naneseny do diagramů vyjadřujících závislost času na výkonu. Finálním výstupem této analýzy je index VA určující poměr mezi časy přidávající a nepřidávající hodnotu.

➤ **Špagetový diagram**

Tento diagram je používán pro mapování veškerých pohybů pracovníků, materiálů a případně nástrojů po pracovišti. Tento posun se zaznamenává do schématického rozvržení

pracoviště. Pomocí tohoto diagramu jsme poté schopni snadno odhalit zbytečné pohyby v rámci pracoviště. V reakci na zjištěné problémy může dojít k optimalizaci pracovních ploch. [24]

➤ **Poka-yoke**

Tato metoda je založena na principu prevence vzniku chyb pomocí kreativních a jednoduchých způsobů. Přeložený význam z japonštiny znamená „chybu vzdorný“. V praxi je aplikován v podobě viditelných a přehledných metod a logických postupů vnášených do procesu. Úkolem těchto prvků je tedy znemožnit, případně upozornit pracovníky na běžné chyby způsobené zapomětivostí, nedostatkem zkušeností atd.

➤ **Andon**

Andon je další vizuální pomůckou implementovanou na pracovištích. Pomocí světelných signálů informuje zaměstnance o stavu výroby. Jeho nejjednodušší podobou je běžný semafor indikující linku v provozu zeleným světlem, nutnost asistence žlutým světlem a výpadek či odstávku světlem červeným. V současných podnicích jsou světelné signály doplněné o zvuková hlášení a textová pole, která poskytují pracovníkům komplexnější informace a zaručují zvýšenou bezpečnost a celkovou přehlednost provozu. [21]

➤ **5S**

Nástroj 5S je jedním z nejvýznamnějších nástrojů lean. Cílem této metody je zaručit pořádek, přehlednost, standardizované uspořádání a disciplínu pracovníků. Tímto se zároveň minimalizuje plýtvání ve výrobě a zvyšuje se bezpečnost práce. [21]

Název 5S vychází ze základních principů metodiky:

- Seiri – separovat

Cílem je vytřídit potřebné a nepotřebné nástroje a pomůcky pro zvýšení přehlednosti pracovní plochy. Tímto způsobem dochází k úsporám prostoru odstraněním nepotřebného vybavení a úsporám času, pracovník nemusí hledat potřebné nářadí.

- Seiton – systematizovat

Na předchozí krok blíže navazuje systematizace. Vhodným označením používaných materiálů a pomůcek se zvýší přehlednost a pracovníci mají spojené přesně definované místo s danou pomůckou. Tento krok se využívá při špagetovém diagramu a pracoviště je

designováno tak, aby pohyb pracovníků pro konkrétní úlohy byl ve smyslu pozic potřebných nástrojů.

Seiso – stále čistit

Čisté pracovní místo má za důsledek zvýšenou bezpečnost, lepší životnost strojů a nástrojů, vyšší pracovní morálku a reprezentativní vzhled před klienty.

- Seiketsu – standardizovat

Tento krok spojuje všechny předchozí jednotným standardem, který dává pracovníkům představu o tom, co, kdo, kdy a proč má dělat.

- Shitsuke – sebedisciplína

Sebedisciplína na pracovišti je dalším důležitým prvkem, klade si za úkol stav procesu nejen udržovat, ale i neustále zlepšovat.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem praktické části této práce byla optimalizace v rámci předmontáže rozfukovací a rozmetací části odtahové jednotky stroje Convertex. Toto jednoúčelové zařízení se používá pro výrobu den polypropylenových ventilových pytlů.

Metodika optimalizace byla prováděna v rámci cyklu DMAIC.

V počáteční fázi projektu bylo uvedeno zadání a vytyčeny cíle optimalizace. Hlavním požadavkem pro smysluplnou optimalizaci byla úspora času a prostoru na pracovišti. Úvodní částí druhého kroku bylo seznámení se s funkcí optimalizovaných sestav a podsestav, poté následovalo obeznámení se se samotným montážním postupem a následně začaly prvotní náměry výchozího stavu procesu. Další část projektu byla analýza zjištěných hodnot a určení problematických míst. Takto zpracované údaje byly přeneseny do praxe a do procesu byla implementována navrhovaná zlepšení. Poznatky, které se ukázaly jako vhodné a v praxi proveditelné, byly standardizovány do běžného procesu. Poslední částí projektu byla kontrola, která měla za úkol monitorovat v pravidelných časových odstupech, zda optimalizovaný proces přináší požadované výsledky.

D	M	A	I	C
Definování cílů projektu	Měření výchozího stavu procesu	Analýza problematických částí procesu	Implementace zlepšení do procesu	Kontrola optimalizovaného procesu

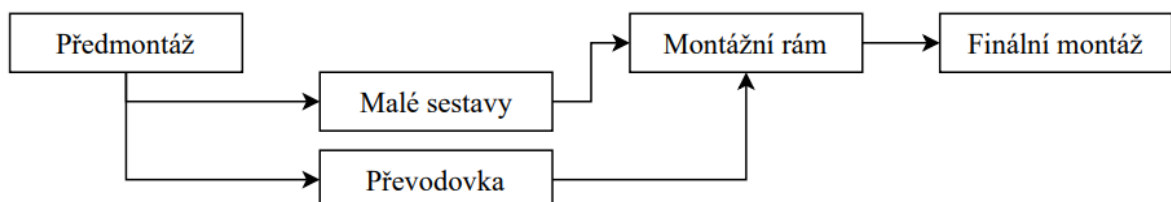
Obrázek 11 Praktické užití metody DMAIC [Vlastní zpracování]

5 MĚŘENÍ

Po vytyčení cílů projektu a způsobů jejich realizace začaly prvotní náměry. Průběžně byla získávána data pomocí několika metod pro jejich zpracování v rámci popisu výchozího stavu. Fyzický stav pracoviště byl zdokumentován pomocí layoutů pracoviště, přilehlé pracovní plochy a materiálového toku. Za účelem lepší přehlednosti bylo pracoviště také fotodokumentováno. Výchozí výkonnost pracoviště byla zpracována pomocí časových studií kompletů a byl kladen detail na jednotlivé podsestavy předmontáže. Čas kompletních předmontáží byl pro referenci porovnán s normovaným časem montáže a daty získanými v předchozích letech. V rámci dokumentování výchozího stavu pracoviště byla brána v potaz také kvalita přijímaného materiálu a s tímto spojené neproduktivní operace.

5.1 Mapování montážního postupu

V prvotní fázi měření byla provedena analýza současného montážního postupu a s ním spjatých procesních kapacit za účelem vytipování problematických částí procesu. Proces lze rozdělit na 3 části. První část je zaměřena na montáž malých sestav, které se montují v pravé a levé konfiguraci, tudíž pracovník provede montáž pravé sestavy a poté téměř identickou montáž levé sestavy. Druhá část procesu je tvořena montáží časově náročné převodovky, která je také zhotovována v pravé a levé konfiguraci. Menší sestavy z první fáze jsou průběžně montovány na montážní rám, kam je po ukončení druhé části přimontována i převodovka a předmontážní proces je takto hotový. Proběhne vizuální a základní mechanická kontrola smontovaného celku na rámu a komplet je expedován na finální montáž.



Obrázek 12 Schéma montážního procesu [Vlastní zpracování]

Pozorovaná montáž je svou povahou poměrně obrátková, většina sestrojovaných sestav je zhotovena v řádu hodin. Z tohoto důvodu jsem se dále rozhodl podrobně prozkoumat montážní postup z technologické hlediska za účelem analyzování možných prostojů a neproduktivních časů. K tomuto účelu jsem si sestrojil tabulky popisující jednotlivé kroky montáže. viz Tabulka 1

Tabulka 1 Přehled sledu montážních operací [Vlastní zpracování]

Sestava 2395200305			
Č.op.	Název op.	Čas	Poznámky
1.	Sestavení "lodičky"	2 min	Díl 1353+9858+0793
2.	Naznačení měřky na lodičce	10 s	Červený lak
3.	Připojení mazničky	2 min	Lodička + 3009
4.	Utěsnění děr mazničky	30 s	Lodička + 1004 x6
5.	Mazání díry v 9873	10 s	Vazelína
6.	Vložení ložiska do 3603	10 s	9873+7808
7.	Vložení segerovky	10 s	
8.	Broušení 9852	7 min	Přebrus na vedlejší hale
9.	Stružení 7808	5 min	
10.	Osazení 9852 perem	30 s	
11.	Vložení osazené 9852 do 9873	10 s	
12.	Spojení 9873 s lodičkou	1 min	
13.	Potření 9856	1 min	Molikot
14.	Příprava 0808	1 min	Očištění
15.	Stružení děr pro nýty	1,5min	
16.	Převrtání děr na 0638	1 min	
17.	Přinýtování 0638 k 0808	1 min	Nechává se 5mm venku
18.	Ustavení lodičky do 0808	2 min	
19.	Vložení šroubů do ustavené lodičky	1 min	M8 s podložkou
...			

Takto vypracovaná tabulka montážního postupu slouží k detailnímu popisu jednotlivých studovaných sestav, přehledně určuje časovou náročnost dílčích kroků a potřebných materiálů.

5.2 Časové výstupy

Na základě jednotlivě naměřených montážních operací v rámci všech sledovaných sestav byla zhotovena časová studie popisující původní proces. Časový výstup je dle procesu rozdělen na 3 skupiny. První skupina popisuje časovou náročnost malých sestav. Druhá skupina byla zaměřena pouze na převodovku a v rámci třetí skupiny byla pozorována doba montáže komponent na montážní rám.

Tabulka 2 Časová studie montážního procesu [Vlastní zpracování]

SPREIZER/SAUGERSTATION			
Skupina	Počet sestav	Počet pracovníků	Časová náročnost [Hod]
Malé sestavy	8	2	31:42:00
Převodovka	1	1	13:06:00
Montážní rám	1	-	13:00:00

V rámci třetí měřené skupiny, tedy u montážních rámců, prováděli montáž střídavě pracovníci ze skupiny 1.

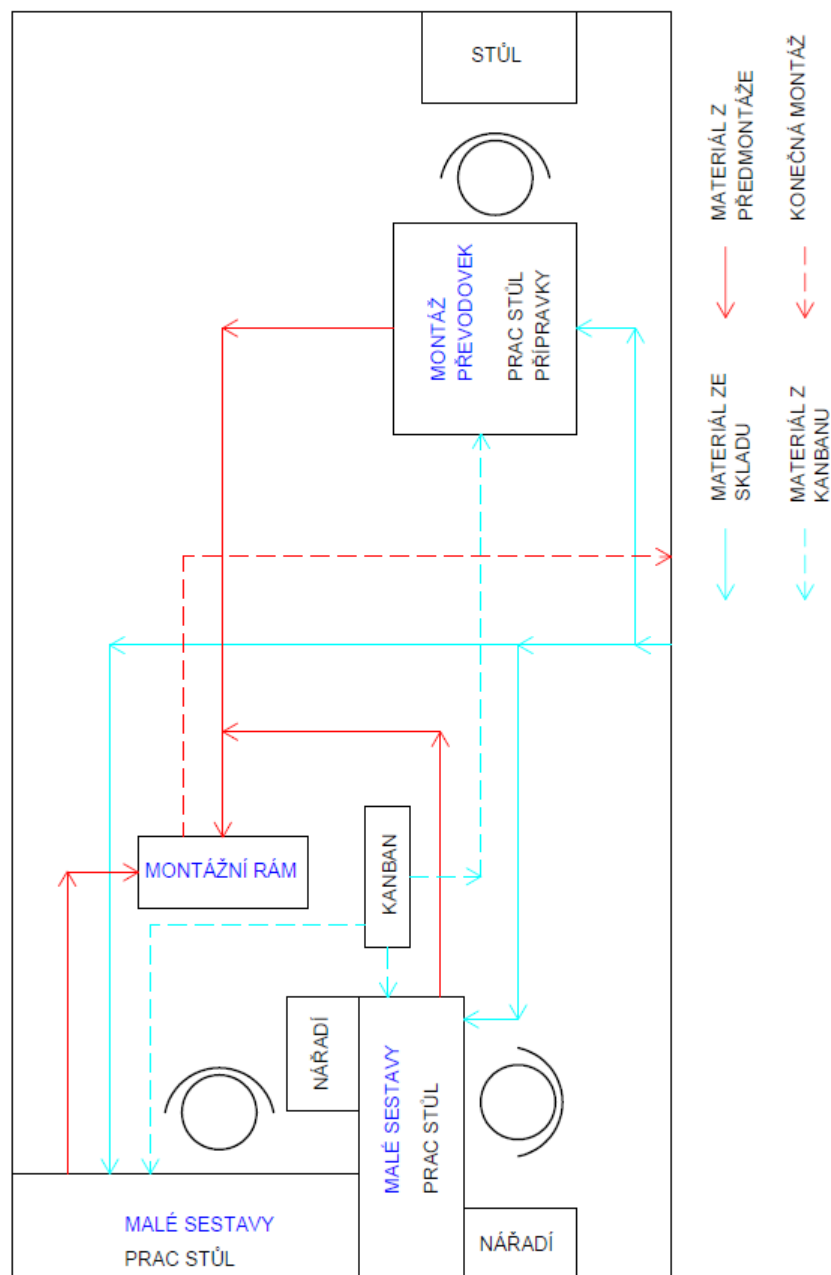
Časová studie byla takto rozdělena z důvodu rozdílných schopností a zkušeností pracovníků a také z důvodu, že jednotlivé podsestavy skupiny 1 nelze montovat na montážní rám přímo.

V běžném provozu jsou časy ovlivňovány způsobem vychystání potřebného materiálu, stavem a případnými vadami přijatých komponent a také schopností jednotlivých pracovníků. V rámci měření jsem tyto vlivy zanedbal. Řešení nesprávně vyrobených/poškozených komponent jsem odečetl z výsledného času. Pro sjednocení úrovně pracovníků jsem se řídil průměrem časů mezi pracovníkem s 3letou a 6měsíční praxí.

5.3 Layout pracoviště

Z celkové plochy celé předmontáže strojů Convertex 272m² tvoří pracoviště spreizerstation/saugerstation (dále SPS/SAS) 15,5m² bez skladovacích ploch. Materiál je na pracoviště navážen z centrálního skladu a pro usnadnění mají pracovníci v rámci pracoviště vlastní kanban se spojovacím materiálem. V rámci pracoviště jsou zpracovávány pouze dva výrobní celky – SPS a SAS.

Samotný layout je poté rozdělen již zmíněnými třemi skupinami – tedy malé sestavy, převodovka a montážní rám.



Obrázek 13 Layout pracoviště předmontáže [Vlastní zpracování]

6 ANALÝZA

Po naměření výchozích stavů procesů a pracoviště byla provedena analýza shromážděných dat. Takto byla podrobně zpracována výchozí data, od kterých se poté odvíjel stav a úspěšnost projektu optimalizace. Výsledky analýzy tedy ukazují potenciál pro samotné zlepšení a přesně vytyčují, kde tento prostor vzniká a co je jeho původcem. Relevantnost výsledků byla v referenci porovnána s výsledky získanými v minulosti.

6.1 Analýza montážního postupu

V návaznosti na data získaná měřením montážního postupu a jeho technologickým rozbohem byla provedena analýza jednotlivých kroků v montáži. Cílem bylo určit operace, které montážnímu procesu přímo nepřidávají hodnotu.

Tabulka 3 Přehled sledu montážních operací s vyznačením [Vlastní zpracování]

Č.op.	Název op.	Čas	Poznámky
1.	Sestavení "lodičky"	2 min	Díl 1353+9858+0793
2.	Naznačení měřky na lodičce	10 s	Červený lak
3.	Připojení mazničky	2 min	Lodička + 3009
4.	Utěsnění děr mazničky	30 s	Lodička + 1004 x6
5.	Mazání díry v 9873	10 s	Vazelína
6.	Vložení ložiska do 3603	10 s	9873+7808
7.	Vložení segerovky	10 s	
8.	Broušení 9852	7 min	Přebrus na vedlejší hale
9.	Stružení 7808	5 min	
10.	Osazení 9852 perem	30 s	
11.	Vložení osazené 9852 do 9873	10 s	
12.	Spojení 9873 s lodičkou	1 min	
13.	Potření 9856	1 min	Molikot
14.	Příprava 0808	1 min	Očištění
15.	Stružení děr pro nýty	1,5min	
16.	Převrtání děr na 0638	1 min	
17.	Přinýtování 0638 k 0808	1 min	Nechává se 5mm venku
18.	Ustavení lodičky do 0808	2 min	
19.	Vložení šroubů do ustavené lodičky	1 min	M8 s podložkou
...			
Plýtvání časem kvůli technologickým chybám na dílech			

Za pomoci takto upravené tabulky byly identifikovány díly, které je třeba dodatečně upravit pracovníky montáže. Chybné díly byly poznačeny až po ověření, že jde o opakovaně se vyskytující problém, a ne ojedinělý případ.

6.2 Analýza časové studie procesu

Po podrobné analýze jednotlivých montážních skupin byl pomocí časových snímků a měření práce zhotoven na základě tabulky č.2 časový přehled celého procesu. Chronometráží za pomoci stopek a vizuálního vyhodnocování byla provedena měření časů přípravy pracoviště a vychystání materiálu na pracoviště pro danou sestavu. Z těchto časů byly opět eliminovány abnormality dané okolním prostředím (čekání na jeřáb, průjezd vozíku).

Takto naměřené časy včetně časů získaných v počáteční fázi měření byly rozděleny na manuální práci, přípravu pracoviště a přípravu materiálu.

Tabulka 4 Rozdělení časové náročnosti jednotlivých složek montážních prací [hod]
[Vlastní zpracování]

Skupina	Manuální práce	Příprava materiálu	Příprava pracoviště	CT
Malé sestavy	21,7	8,4	1,7	31,7
Převodovka	7,1	4,0	2,1	13,1
Montážní rám	9,9	1,2	1,9	13,0
Σ	38,6	13,6	5,6	57,8

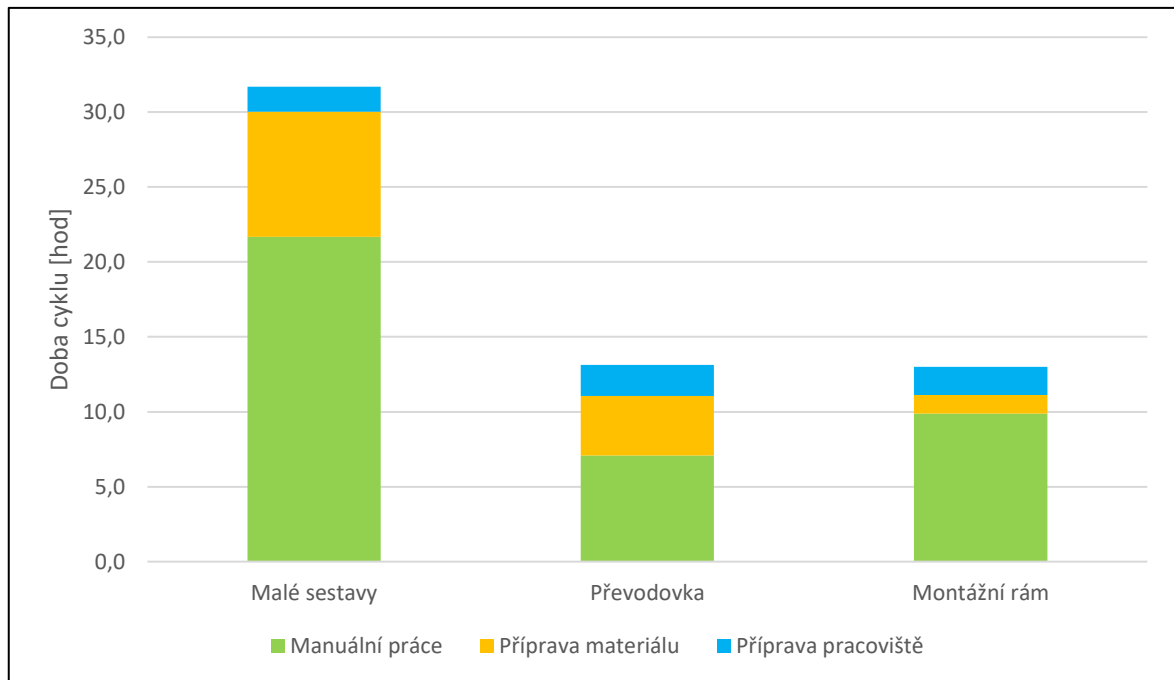
Manuální práci se rozumí doba, za kterou pracovník pouze sestavuje jednotlivé sestavy.

Příprava materiálu je časový úsek, ve kterém si pracovník přenáší díly ze skladovací plochy na své pracoviště.

Příprava pracoviště je doba, ve které si pracovník své pracoviště uklízí a chystá si potřebné nářadí na montáž další sestavy.

Dle této analýzy můžeme říci že:

- Časově nejnáročnější složkou předmontáže jsou malé sestavy CT = 31,7 hod
- Celkový časový fond na kompletaci cyklu předmontáže je Σ CT = 57,8 hod



Obrázek 14 Celkové časy jednotlivých složek montáže

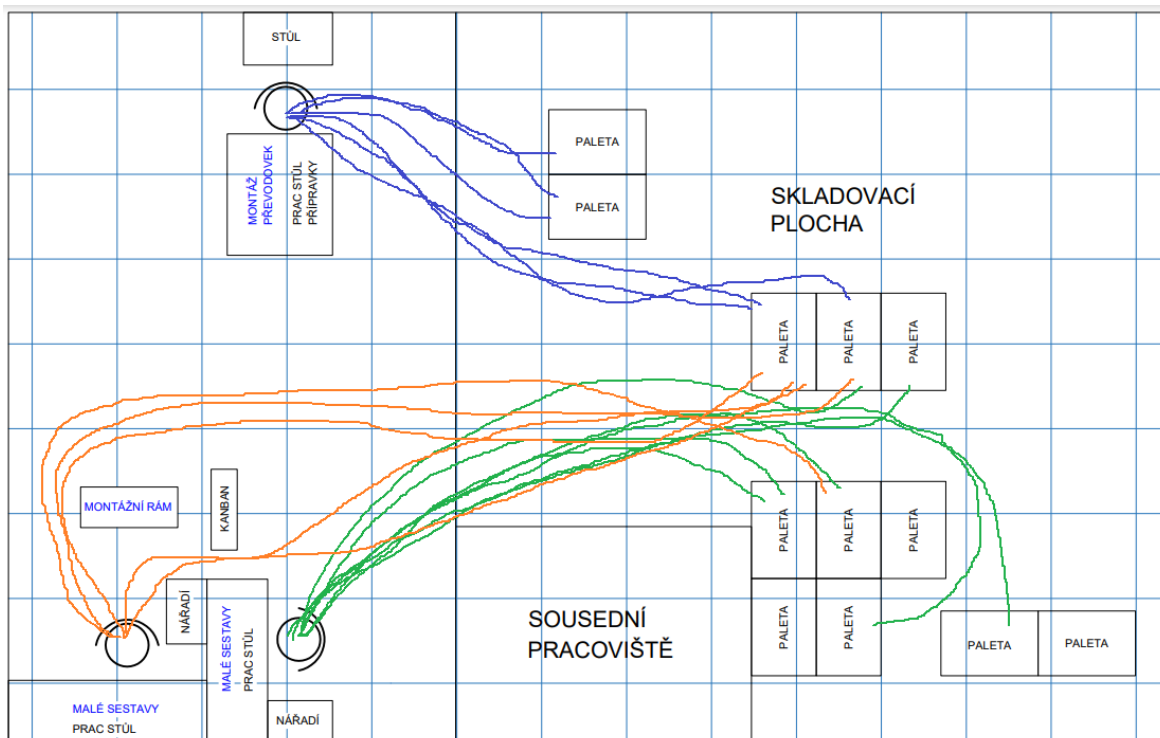
Dle grafu je patrné, že po samotné montáži je časově nejnáročnější činností příprava materiálu, která pro produkt neznamena žádnou přidanou hodnotu.

6.3 Analýza layoutu pracoviště

Výchozí rozložení pracoviště během měření nevykazovalo zásadní problémy z hlediska samotného montážního procesu. Velkou výhodou byla možnost zaučování nových zaměstnanců u malých sestav. Vzhledem k tomu, že obě stanoviště malých sestav jsou v těsné blízkosti, může zkušenější pracovník pracovat paralelně s novým zaměstnancem, což zjednodušuje proces zaučování.





Zásadním problémem ve výchozím layoutu je však materiálový tok. Palety s materiálem jsou naváženy na skladovací plochu mimo pracoviště. Takto navezený materiál je určen pro více pracovišť a v návozu není žádný systém. Pracovníci takto stráví hodiny hledáním a přenášením materiálu z palet na svá pracoviště.

K racionalizaci tohoto způsobu byl využit špagetový diagram zachycující pohyb pracovníků s materiálem. Základem pro vypracování relevantního špagetového diagramu je věrný layout pracoviště v měřítku se skutečným pracovištěm. Měření probíhalo výměrem skladovací plochy za pomoci laserového měřidla, vzdáleností tras a fotodokumentací pohybu pracovníků. Takto zpracovaný diagram může sloužit pro budoucí re-layout pracoviště a přilehlé skladovací plochy.



Obrázek 15 Špagetový diagram výchozího přesunu materiálu [Vlastní zpracování]

Legenda:

- | | | |
|---|-------------------------|--|
|  | plocha 1 m ² | Průměrná délka trasy pro materiál z palet jedním směrem: |
|  | pohyb pracovníka č.1 | Pracovník č.1: 8 m |
|  | pohyb pracovníka č.2 | Pracovník č.2: 9 m |
|  | pohyb pracovníka č.3 | Pracovník č.3: 6 m |




7 IMPLEMENTACE ZLEPŠENÍ DO PROCESU

V této fázi byly aplikovány poznatky z analýzy do praktické části procesu za účelem jeho zjednodušení, standardizace, úspory místa a času. První etapa této fáze byla zaměřena na samotný montážní postup, druhá na časové výstupy a poslední etapa byla cílena na re-layout skladovacích ploch.

7.1 Optimalizace montážního postupu

Prvním krokem pro zlepšení montážního postupu byla jeho standardizace, běžně tato montáž využívá pouze základní výkresovou dokumentaci s kusovníky. Na základě interních dokumentů byla dokumentace rozšířena o montážní návodky. Tyto návodky slouží jako stručný postup montáže dané sestavy. Dále slouží k odstranění prostožů, standardizaci základních postupů a jako pomůcka při zaškolování nových zaměstnanců.

Návodky byly zhotoveny na základě již existujícího vzoru. Stručně pomocí krokového popisu určují sled montážních operací a jsou doplněny o fotodokumentaci.

CONVERTEX		NÁVODKA		Předmontáž
00		čas (HH:MM)		Foto
Pořadí	Popis jednotlivých kroků	Symbol		
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
 BOZP  ZRUČNOST  KVALITA				Vypracoval: Verze dokumentu:

Obrázek 16 Šablona montážní návodky [Interní data W&H Prostějov]

Druhým krokem byla minimalizace nutných úprav nevyhovujících dílů přijatých ze skladu. K tomuto účelu byl sestaven vzor čárkového formuláře pro záznam a identifikaci těchto chybných dílů. V rámci analýzy byly vytipovány problémové komponenty vyžadující dodatečné úpravy montážními pracovníky. Po potvrzení, že nejde o ojedinělé anomálie byly identifikátory těchto součástek zapsány do formuláře. Formulář byl poté přidělen na pracoviště tak, aby do něj mohli pracovníci zaznamenávat zmetkovitost.

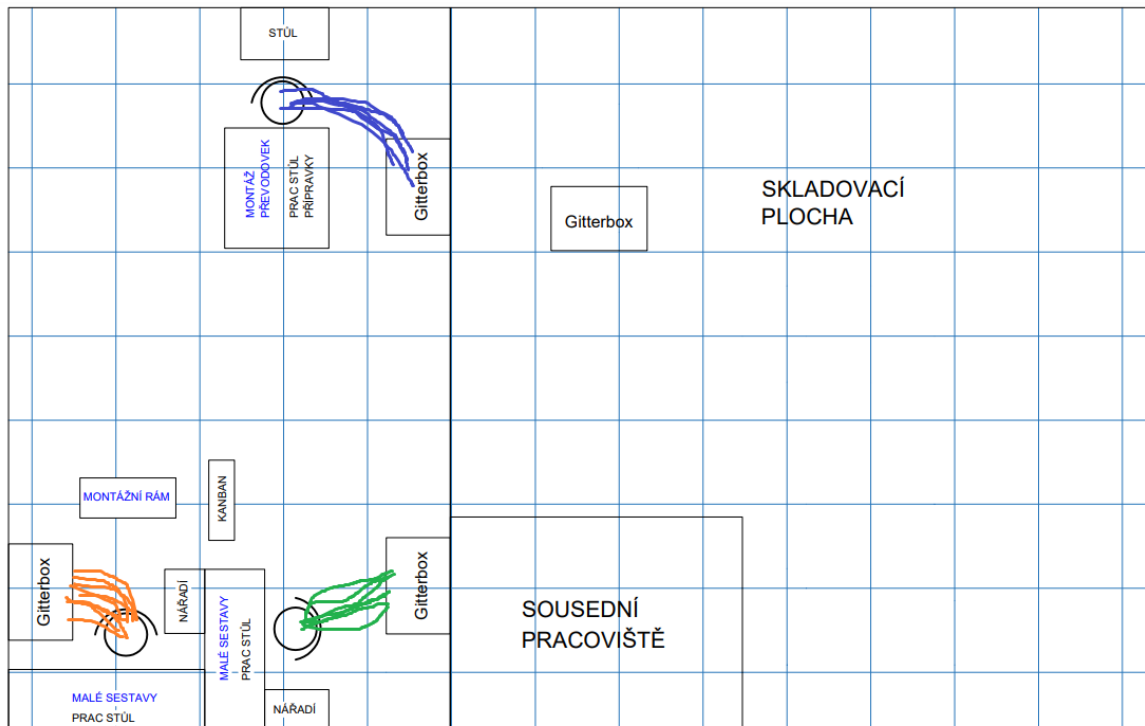
Pracoviště		Záznam o neshodách	Číslo
Datum:			
Předáno k řešení:			
Č. dílu	Četnost	Celkem	
Celková četnost			

Obrázek 17 Vzorek čárkového formuláře [Vlastní zpracování]

Při identifikaci opakujících se problémových dílů má poté pracoviště podklady k řešení problému s obchodním oddělením pro případnou změnu dodavatele/úpravu technické dokumentace.

7.2 Optimalizace pracovních prostor

V rámci optimalizace pracoviště byl kladen zvláštní důraz na snížení neproduktivních časů způsobených hledáním, přepravou a manipulací navedeného materiálu ze skladovacích ploch na pracoviště. V rámci analýzy bylo zjištěno, že běžný návoz materiálu pro SPS/SAS se skládá z 12 europalet obsahujících součástky i pro přilehlá pracoviště. Po přeskládání materiálu určeného pro pozorované pracoviště byl materiál uspořádán na 9 europalet. Po konzultaci s mistrem a pracovníky montáže bylo zvoleno jako optimální řešení tohoto problému nahrazení běžných europalet troj-paletovým systémem gitterbox. Tyto kovové palety jsou v rámci pracoviště běžně dostupné a nabízejí tedy volné kapacity pro přepravu materiálu.



Obrázek 18 Špagetový diagram optimalizovaného přesunu materiálu [Vlastní zpracování]

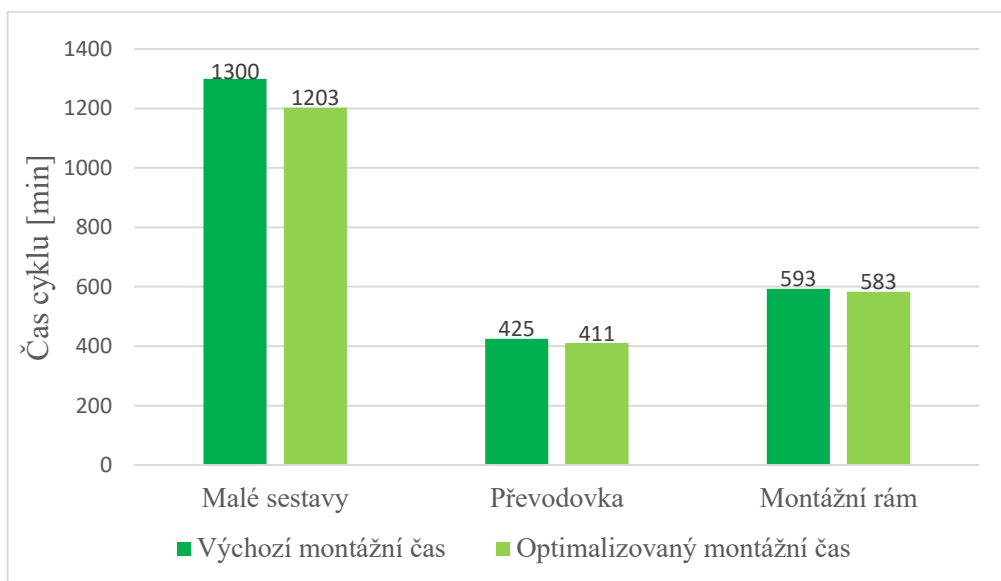
- Na první pohled je zřejmé, že vzdálenost, kterou pracovníci musí ujít, se tímto způsobem minimalizovala.
- Zavedením gitterboxů v rámci montáže dojde k výraznému snížení časových prostojů vzniklých manuálním přesunem materiálu.
- V rámci výchozího stavu bylo na skladovací ploše uloženo 12 europalet zabírajících plochu 11,5 m².
- Při nahrazení europalet 4 gitterboxy je snížena vytiženost skladovacích ploch z 11,5 m² na 4,2m²
- Nepřímým benefitem bylo v rámci testování i zlepšení ergonomie. Při původním přenášení materiálu se pracovník musel zohýbat pro každý díl před transportací na pracoviště. Při použití gitterboxů jsou 2 ze 3 skladovacích ploch v pohodlném dosahu pracovníka.
- Před zaváděním byl brán zřetel i na dopad vyskladňovacího procesu pro pracovníky logistiky. Zavedení gitterboxů znamená snížení počtu nutných jízd s manipulační technikou ze skladu na montáž a zpět.

8 KONTROLA OPTIMALIZOVANÉHO PROCESU

V poslední fázi optimalizace bylo sledováno, zda se dodržují stanovená pravidla a plní požadované cíle. Na základě dat naměřených v rámci optimalizovaných procesů byly sestaveny výstupy pozorovaných hodnot a byla určena samotná úspěšnost optimalizace oproti výchozímu stavu.

Prvním pozorovaným aspektem bylo zlepšení samotného montážního procesu odstraněním neproduktivních časů způsobených vadnými díly. Vzhledem k tomu, že během náměrů nebylo téměř možné zajistit přijetí pouze bezchybných materiálů, bylo měření optimalizovaného procesu provedeno za běžných podmínek. Poté byly odečteny časy ztracené opravou chybných komponent.

Takto zlepšené časy byly naneseny do sloupcového grafu společně s výchozími pro jednoduché srovnání.

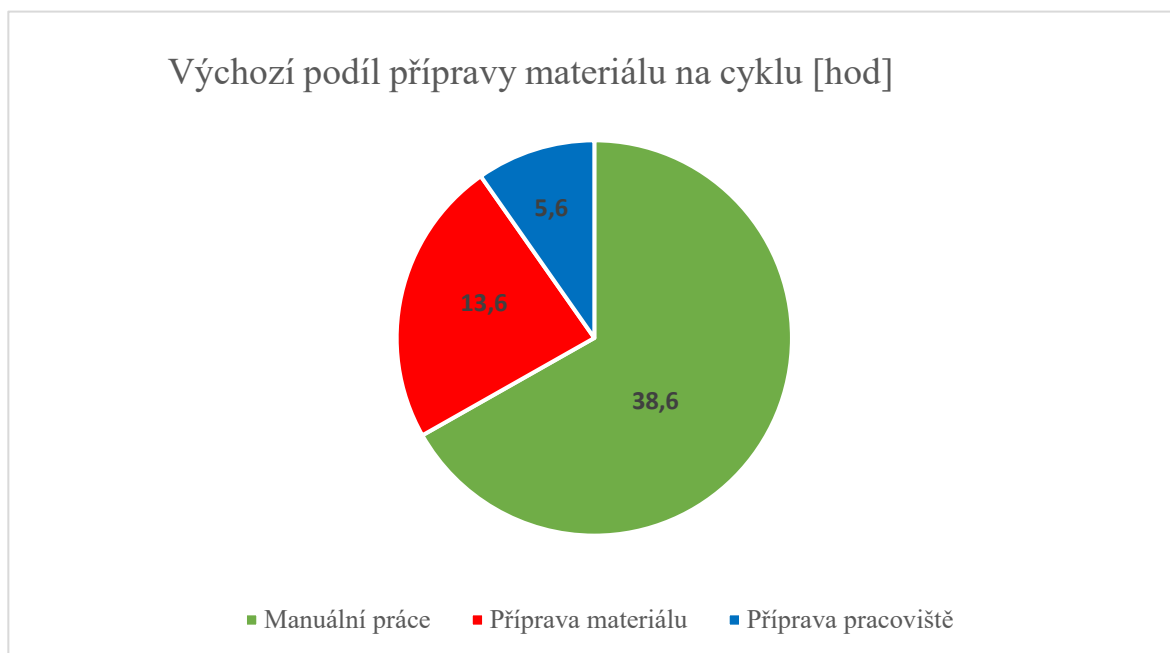


Obrázek 19 Graf srovnání výchozího montážního času s optimalizovaným [Vlastní zpracování]

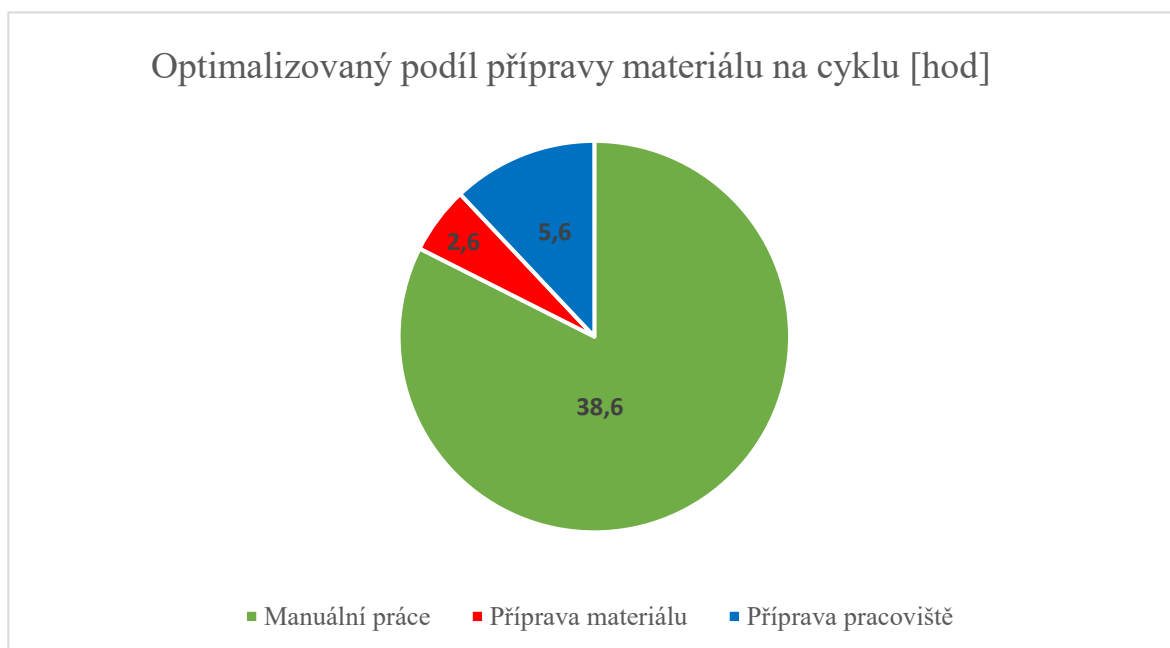
Na první pohled došlo ke znatelnému zlepšení pouze v rámci malých sestav. V případě montáže převodovky a montážního rámu došlo v průměru ke zlepšení jen v řádu minut. Převodovka 14 min a montážní rám 10 min. I když jde tedy o nepatrné zlepšení v případě jednoho cyklu, v rámci roční produkce jde již o ušetřené jednotky pracovních dnů.

Druhá část kontrolní fáze se věnovala optimalizovanému toku materiálu a jeho vlivu na snížení stop-time. V praxi byly časy optimalizovaného cyklu měřeny po přesunu dílů z palet do přistavených gitterboxů, ze kterých si pracovníci materiál odebírali.

Pro lepší představu byla data z původního a optimalizovaného cyklu shrnuta do koláčových grafů, ve kterých jsou znázorněny jednotlivé složky montážních úkonů.



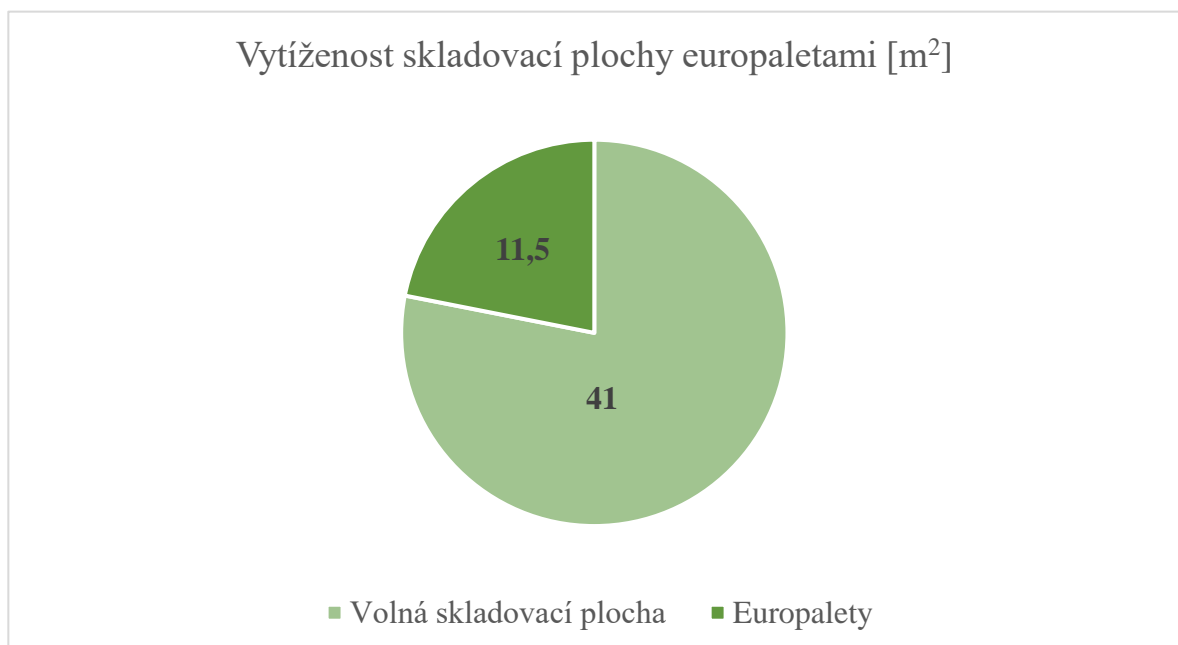
Obrázek 20 Graf složek výchozího montážního cyklu [Vlastní zpracování]



Obrázek 21 Graf složek optimalizovaného montážního cyklu [Vlastní zpracování]

Při srovnání obou grafů je patrné, že v rámci optimalizace materiálového toku došlo k výrazné eliminaci prostojů způsobených přepravou materiálu ze skladovacích ploch na pracoviště. Čas nutný na přípravu materiálu byl snížen v rámci cyklu o 11 hodin. V rámci roční produkce může dojít k celkovému zlepšení až o 605 hodin – tedy 76 pracovních dní.

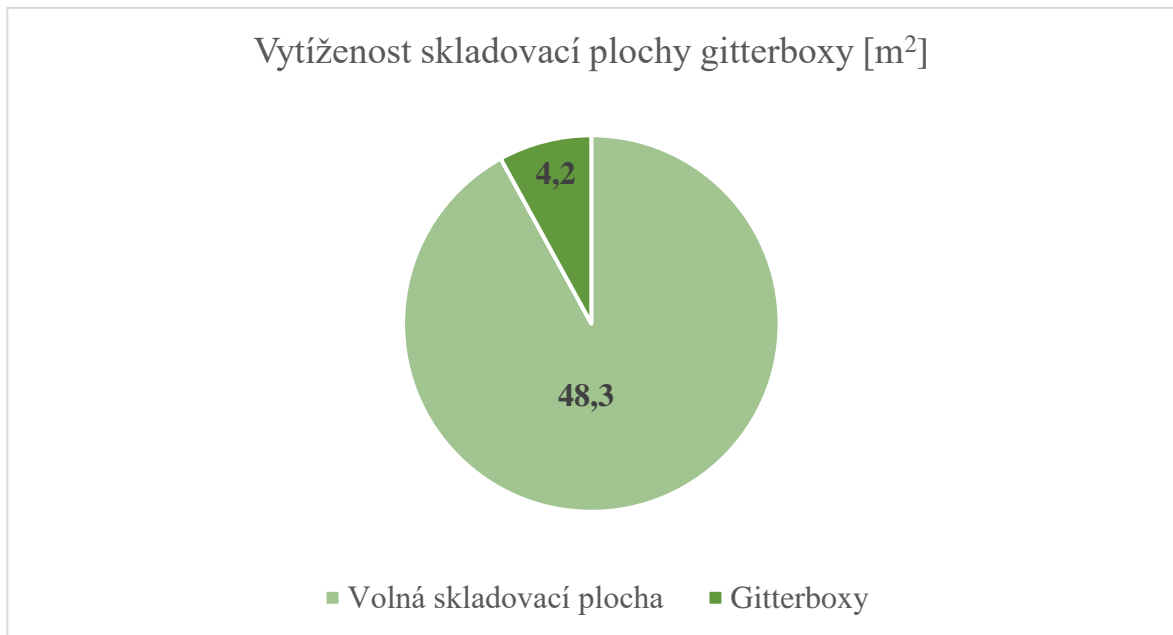
Závěrečná část kontrolní fáze byla věnována úspoře prostoru v rámci přilehlé skladovací plochy. Veškerý materiál pro pracoviště SAS/SPS byl roztříděn jednotlivým pracovníkům na základě jejich pracovní náplně. Takto měl každý pracovník k dispozici v těsné blízkosti pracoviště jeden 3 úroňový gitterbox s vytřízeným materiálem. V rámci skladovací plochy byl založen 4. stejný gitterbox s materiálem přilehlého pracoviště.



Obrázek 22 Výchozí vytíženost skladovací plochy europaletami [Vlastní zpracování]

V počátečním stavu bylo na skladovací ploše běžně 12 europalet obsahujících materiál pracoviště SAS/SPS a přilehlé pracoviště ubergabe. Europaleta má standardizovaný rozměr $š \times d = 800 \times 1200$ mm, jedna europaleta zabírá tedy plochu 0,96m². Celkem 12 europalet zaujímal 22 % z celkové skladovací plochy o rozměrech 52,5m².

Vzhledem k tomu, že tato plocha zároveň slouží k expedici testovaných strojů příjezdovými vraty, bylo nutné palety často přesouvat, což vedlo k dalším prostojům.



Obrázek 23 Optimalizovaná vytíženost skladovací plochy gitterboxy [Vlastní zpracování]

V optimalizovaném stavu byl materiál pracovišť SAS/SPS a ubergabe přesunut do 4 gitterboxů. Gitterbox nebo také eurogitterbox má standardizovaný rozměr š x d = 835 x 1240 mm, jeden gitterbox zabírá plochu 1,04 m². Gitterboxy na celkové skladovací ploše tvořily pouze 8 %.

Srovnání klíčových aspektů projektu:

Tabulka 5 Porovnání výchozího cyklu s optimalizovaným [Vlastní zpracování]

Parametry výchozího procesu		Parametry optimalizovaného procesu	
Manuální práce [hod]	38,6	Manuální práce [hod]	36,6
Příprava materiálu [hod]	13,6	Příprava materiálu [hod]	2,6
Příprava pracoviště [hod]	5,6	Příprava pracoviště [hod]	5,6
CT [hod]	57,8	CT [hod]	44,8
Vytíženost skladovací plochy	22 %	Vytíženost skladovací plochy	8 %

Z tabulky je zřejmé, že došlo k **znatelnému zkrácení montážního cyklu o 22,5 %** a úsporám na **skladovací ploše o 63,5 %**.

Časové úspory mají velký význam především v rámci ročního produkčního plánu 55 strojů, kde zkrácení **jednoho cyklu o 22,5 %** neboli 13 h představuje **uvolnění časového fondu o 715 h**.

ZÁVĚR

První část projektu byla zaměřena na popis, historii a druhy montážního procesu pro lepší porozumění používaným technologiím a postupům, v další pasáži byla probrána tematika optimalizačních metod výrobních procesů a statistických nástrojů vázaných na toto téma.

Druhá část byla zaměřena na použití těchto znalostí v rámci reálného pracoviště. Nejdříve bylo provedeno zmapování pracovního postupu, pracoviště samotného a přilehlé skladovací plochy. Poté byla na základě těchto znalostí vypracována měření, která sloužila jako základní data pro další analytické zpracování.

V rámci analýzy byly odhaleny největší zdroje plýtvání a prostojů. Byly vytvořeny detailní časové přehledy a na základě vypracovaného layoutu byl zhotoven špagetový diagram.

Takto zpracované podklady byly přímým ukazatelem problémů, které se v rámci montáže objevují. Ve fázi implementace optimalizačních metod byly poznatky přeneseny do praxe. Pro každý problém objevený v analytické fázi bylo navrženo odpovídající řešení zlepšující výchozí stav pracoviště.

Poslední fáze projektu se poté zaměřila na kontrolu nově zavedených postupů a řešení s cílem odhalit případné problémy spjaté se změnou zavedených metod. Současně byla měřena data optimalizovaného procesu. Tyto údaje byly srovnány s výchozími tak, aby byla zjištěna úspěšnost projektu samotného.

Mezi přednosti optimalizovaného procesu patří:

- zkrácení celkového cyklu o 22,5 %,
- optimalizace skladovacího systému pracoviště,
- eliminace prostojů,
- úspora časového fondu v rámci roční produkce 89 pracovních dní,
- standardizace montážního postupu zavedením návodů;

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HOLEŠOVSKÝ, František a Martin NOVÁK. Obrábění a montáže. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2012. ISBN 9788074145308.
- [2] SOVA, František. Technologie obrábění a montáže. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-708-2823-4.
- [3] MÁDL, Jan, Antonín ZELENKA a Martin VRABEC. Technologičnost konstrukce: obrábění a montáže. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03288-4.
- [4] HORN, Jeff, Leonard N. ROSENBAND a Merritt Roe SMITH. *Reconceptualizing the Industrial Revolution*. Cambridge, Mass.: MIT Press, c2010. ISBN:9780262515627.
- [5] MERSON, John. *The genius that was China: East and West in the making of the modern world*. Woodstock, NY: Overlook Press, 1990. ISBN 0-87951-397-7.
- [6] DOLINSKY, Anton. INVENTORY MANAGEMENT HISTORY PART THREE: Venetian Arsenal - ahead of their time. *Almyta Systems* [online]. [cit. 2022-02-09]. Dostupné z: http://www.almyta.com/Inventory_Management_History_3.asp
- [7] *An encyclopaedia of the history of technology*. Editor Ian MCNEIL. London: Routledge, c1990. ISBN 0-415-14792-1.
- [8] WILSON, James M. Implementing and operating the Portsmouth Block Mill, 1803–1812. *Business History* [online]. 2021, **63**(5) [cit. 2022-02-10]. ISSN 0007-6791.
- [9] KUTLER, Stanley I. *Dictionary of American history*. 3rd ed. New York: Charles Scribner's Sons, c2003. ISBN 0-684-80533-2.
- [10] WEBER, Austin. *The Moving Assembly Line Turns 100* [online]. 2013 [cit. 2022-01-19]. Dostupné z: <https://www.assemblymag.com/articles/91581-the-moving-assembly-line-turns-100>
- [11] PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Základy montáže: učební text*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN isbn978-80-248-2773-5.
- [12] KAREIS, Bedřich. *Technologie oprav: pro 3. ročník SOU*. Praha: Informatorium, 1995. ISBN isbn80-854-2776-1.
- [13] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [14] ŠVECOVÁ, Lenka a Jaromír VEBER. *Produkční a provozní management*. Praha: Grada Publishing, 2021. Expert (Grada). ISBN 978-80-271-1385-9.
- [15] JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.

- [16] Manufacturing Optimization. *Matics* [online]. 9 Andrei Sakharov St. Haifa, Israel 31905: -, 2020 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://matics.live/glossary/manufacturing-optimization/>
- [17] FIALA, Josef a Jan MINISTR. *Průvodce analýzou a modelováním procesů*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2003. Rozvoj lidských zdrojů v malých a středních podnicích. ISBN 80-248-0500-6.
- [18] PISKÁČEK, Bedřich, KAŠOVÁ, Vlasta, ZMATLÍK, Jiří. Řízení jakosti. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001, 222 s. ISBN 80-010-2276-5.
- [19] BUDÍKOVÁ, Marie, Maria KRÁLOVÁ a Bohumil MAROŠ. Průvodce základními statistickými metodami. Praha: Grada, 2010. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3243-5.
- [20] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.
- [21] LIKER, Jeffrey K. The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill, c2004, xxii, 330 s. ISBN 0071392319.
- [22] Jirásek, Jaroslav. 1998. Štíhlá výroba. Praha : Grada publishing, 1998. 80-7169- 394-4
- [23] Earley, T. 2017. Lean manufacturing tools. History of lean manufacturing. [Online] Lean manufacturing tools, 2017. [Citace: 13. Únor 2022.]
- [24] WILSON, Lonnie. How to implement lean manufacturing. New York: McGraw-Hill, c2010, xv, 316 s. ISBN 9780071625074.
- [25] Heijunka. *Svět produktivity* [online]. Školní 22, 796 01 Prostějov: - [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/Heijunka.html>
- [26] Štíhlá výroba - používané metody a nástroje. *API – Academy of Productivity and Innovations* [online]. Želečnice 5, 274 01 Slaný: -, 2015 [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyroba-pouzivane-metody-a-nastroje>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DMAIC	Define Measure Analyze Improve Control
PDCA	Pland Do Check Act
BPI	Business Process Improvement
BPR	Business Process Reengineering
UCL	Upper Control Limit
CL	Central Line
LCL	Lower Control Limit
TPS	Toyota Production System
JIT	Just In Time
VSM	Value Stream Mapping
VA	Value Adding
SPS	Spreizerstation
SAS	Saugerstation
CT	Cycle Time
š	Šířka
d	Délka
Σ	Suma

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma organizace výroby [Vlastní zpracování]	13
Obrázek 2 Grafické znázornění metody DMAIC [Vlastní zpracování]	16
Obrázek 3 Graf srovnání a korelace metod BPI a BPR [Vlastní zpracování]	18
Obrázek 4 Jednoduchý symbolický formulář [Vlastní zpracování]	20
Obrázek 5 Regulační diagram [Vlastní zpracování]	22
Obrázek 6 Dům TPS [Vlastní zpracování]	26
Obrázek 7 Plán běžného výrobního systému [Vlastní zpracování]	27
Obrázek 8 Plán výrobního systému s principem Heijunka [Vlastní zpracování]	28
Obrázek 9 Kaizen a praktický příklad 5x Proč? [Vlastní zpracování]	28
Obrázek 10 Praktické užití metody DMAIC [Vlastní zpracování]	33
Obrázek 11 Schéma montážního procesu [Vlastní zpracování]	34
Obrázek 12 Layout pracoviště montáže [Vlastní zpracování]	37
Obrázek 13 Celkové časy jednotlivých složek montáže	40
Obrázek 14 Špagetový diagram výchozího přesunu materiálu [Vlastní zpracování]	41
Obrázek 15 Šablona montážní návodky [Interní data W&H Prostějov]	42
Obrázek 16 Vzor čárkového formuláře [Vlastní zpracování]	43
Obrázek 17 Špagetový diagram optimalizovaného přesunu materiálu [Vlastní zpracování]	44
Obrázek 18 Graf srovnání výchozího montážního času s optimalizovaným [Vlastní zpracování]	45
Obrázek 19 Graf složek výchozího montážního cyklu [Vlastní zpracování]	46
Obrázek 20 Graf složek optimalizovaného montážního cyklu [Vlastní zpracování]	46
Obrázek 21 Výchozí vytíženost skladovací plochy europaletami [Vlastní zpracování]	47
Obrázek 22 Optimalizovaná vytíženost skladovací plochy gitterboxy [Vlastní zpracování]	48

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Přehled sledu montážních operací [Vlastní zpracování]	35
Tabulka 2 Časová studie montážního procesu [Vlastní zpracování]	36
Tabulka 3 Přehled sledu montážních operací s vyznačením [Vlastní zpracování].....	38
Tabulka 4 Rozdělení časové náročnosti jednotlivých složek montážních prací [hod] [Vlastní zpracování].....	39
Tabulka 5 Porovnání výchozího cyklu s optimalizovaným [Vlastní zpracování]	48

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Montážní návodka

Příloha P II: Čárkový formulář

Postup předmontáže: Beschleunigungsgetriebe

07

**Předmontáž dílů
akcelerační převodovky**

Čas (HH:MM)

0:14:00

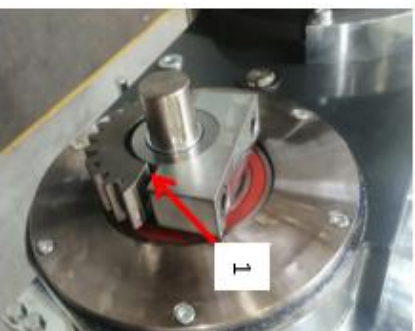
Pořadí

Popis jednotlivých kroků

Symbol

Pořadí	Popis jednotlivých kroků	Symbol
1	Vložení ozubeného púlkola na výstupní hřídel převodovky. Šrouby nechat povolené a dorazit pro zajištění polohy.	😊
2	Po seřízení polohy dotahovat momentovým klíčem.	
3	Nastavit moment 50Nm a dotáhnout.	Q
4	Přimontovat druhé ozubené púlkolo s lištami. Důkladně promazat molykótem.	😊

Foto



+ BOZP

😊 ZRUČNOST

Q KVALITA

Vyracovali: Adam Cesnek 3.2.2022

Verze dokumentace: / číslo návody:

PŘÍLOHA P II: ČÁRKOVÝ DIAGRAM

Pracoviště	Saugerstation	Záznam o neshodách	Číslo	1
Datum: 3.2.2022				
Předáno k řešení:				
Č. dílu		Četnost		Celkem
30199852		////////		6
30183070		//		2
76310526		////		4
30199881		/		1
Celková četnost				13