

Projekt racionalizace pracoviště ve výrobní společnosti

Bc. Martin Mihal

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Martin Mihal
Osobní číslo: M23137
Studijní program: N0488P050002 Průmyslové inženýrství
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Projekt racionalizace pracoviště ve výrobní společnosti

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Analyzujte vybrané literární zdroje v oblasti racionalizace pracoviště.

II. Praktická část

- Provedte analýzu současného stavu vybraného pracoviště.
- Na základě provedené analýzy vypracujte projektový návrh, který povede k racionalizaci pracoviště.
- Zhodnoťte navrhované řešení.

Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Expert. Praha: Grada, 2016. ISBN 9788024757179.
NENADÁL, Jaroslav. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press, 2018. ISBN 9788072615612.
O'BREIN, Levi (ed.). *Manufacturing engineering and technology*. New York: Larsen & Keller, 2017. ISBN 978-1-63549-171-5.
PETERMANN, Jiří. *Lean dílenské řízení: Je čas změnit vaši dílnu: začněte teď!* Praha: Grada, 2022. ISBN 978-80-271-3534-9.
TELSANG, Maetand Tamanacharya. *Industrial Engineering and Production Management*. New Delphi: S. Chand and Company Limited, 2017. ISBN 978-93-525-3379-4.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lucie Hrbáčková, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2025**
Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2025**

L.S.

doc. Ing. Michal Pilík, Ph.D.
děkan

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 10. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji diplomovou 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 mohu užít své dílo – diplomovou 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 diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové 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 diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....

podpis autora

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na racionalizaci montážního a balicího pracoviště ve společnosti AWL-Techniek CZ, s.r.o., konkrétně u nově zavedeného produktu. Hlavním cílem práce je navrhnout opatření vedoucí ke snížení doby montáže a balení o 10 % na základě analýzy první malosériové výroby. Dílčí cíle se zaměřují na zefektivnění balení v průběhu malosériové výroby oproti prototypovému kusu a vytvoření nového layoutu pracoviště. V práci byly využity metody pozorování, časových náměrů, tvorby 3D modelů, spaghetti diagramu a RIPRAN analýzy. Výsledkem jsou návrhy, které mohou přinést úsporu až 19,9 % v čase a pozitivní ekonomický přínos při aplikaci do druhé výrobní série. Závěr práce shrnuje doporučení a přínosy navrhovaných změn pro podnik.

Klíčová slova: racionalizace pracoviště, layout, časová analýza, malosériová výroba, optimalizace výroby

ABSTRACT

This thesis focuses on the rationalization of the assembly and packaging workstation at AWL-Techniek CZ, s.r.o., specifically for a newly introduced product – the scanning station. The main objective is to propose measures to reduce the assembly and packaging time by 10 %, based on an analysis of the first small-batch production. Partial goals include optimizing the packaging process compared to the prototype and designing a new workstation layout. The applied methods include observations, time studies, 3D modeling, spaghetti diagram, and RIPRAN analysis. The results show that the proposed improvements could lead to a time saving of up to 19.9 % and bring a positive economic impact when applied in the second production series. The conclusion summarizes recommendations and benefits for the company.

Keywords: workstation rationalization, layout, time analysis, small-batch production, production optimization

Na tomto místě bych rád chtěl poděkovat společnosti AWL-Techniek CZ, s.r.o. za umožnění zpracování diplomové práce. Velké díky patří rovněž všem zaměstnancům společnosti, kteří mi ochotně poskytovali informace a spolupracovali se mnou.

Dále bych chtěl vyjádřit své upřímné poděkování vedoucí diplomové práce paní Ing. Lucii Hrbáčkové, Ph.D., za její odborné vedení a množství cenných rad.

V neposlední řadě patří mé poděkování mé rodině za jejich neustálou podporu, trpělivost a motivaci po celou dobu mého vysokoškolského studia.

OBSAH

ÚVOD.....	13
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE.....	14
I TEORETICKÁ ČÁST.....	15
1 VÝROBA.....	16
1.1 VÝROBNÍ PROCES	17
1.1.1 Dělení výrobních procesů	18
1.1.2 Optimalizace výrobních procesů.....	19
1.2 PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	19
1.3 ŘÍZENÍ VÝROBY.....	20
1.4 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ	20
2 KONCEPT „ŠTÍHLÝ“	22
2.1 ŠTÍHLÁ VÝROBA	23
2.2 PLÝTVÁNÍ.....	23
2.2.1 Nadvýroba	24
2.2.2 Čekání	25
2.2.3 Zbytečná přeprava	26
2.2.4 Nadbytečné zpracování	26
2.2.5 Nadbytečné zásoby.....	27
2.2.6 Zbytečné pohyby	27
2.2.7 Vadné výrobky	28
2.2.8 Nevyužitý potenciál zaměstnanců.....	28
3 METODY OPTIMALIZACE PROCESŮ	29
3.1 SYSTEMATICKÝ (STROMOVÝ) DIAGRAM.....	29
3.2 VÝVOJOVÝ DIAGRAM	29
3.3 LAYOUT	30
3.4 SPAGHETTI DIAGRAM	31
3.5 ANALÝZA A MĚŘENÍ PRÁCE	31
3.6 METODA SMART	32
3.7 RIZIKOVÁ ANALÝZA	33
3.8 STANDARDIZACE.....	34
4 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....	35
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	36
5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI.....	37
5.1 HISTORIE SPOLEČNOSTI	37
5.2 ORGANIZAČNÍ STRUKTURA SPOLEČNOSTI AWL-TECHNIEK CZ S.R.O.	38
5.3 VÝROBKOVÉ PORTFOLIO SPOLEČNOSTI AWL-TECHNIEK.....	39

5.3.1	Specifikace výroby závodu AWL-Techniek CZ, s.r.o. v Napajedlech	39
6	POPIS VÝROBNÍ HALY	40
6.1	POPIS VYRÁBĚNÉHO PRODUKTU – SKENOVACÍ STANICE	40
6.2	POPIS VÝROBNÍHO PROCESU SKENOVACÍ STANICE	42
6.3	POPIS VYBRANÉHO PRACOVISTĚ	44
7	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	45
7.1	ANALÝZA BALENÍ PROTOTYPOVÉHO KUSU	45
7.2	ANALÝZA PŘÍPRAVY VÝROBY	47
7.3	ANALÝZA ČINNOSTÍ NA PRACOVISTI BĚHEM MALOSÉRIOVÉ VÝROBY	49
7.3.1	Analýza řezání polystyrenových výplní	50
7.3.2	Analýza montáže vstupního a výstupního stolu	51
7.3.3	Analýza balení boxu 1 a boxu 2	53
7.3.4	Analýza nastavení kamer	54
7.3.5	Analýza balení Loose parts	55
7.3.6	Analýza značení kabelů	56
7.3.7	Analýza montáže a balení elektronických komponentů	57
7.3.8	Vyhodnocení malosériové výroby	59
8	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ ANALYTICKÉ ČÁSTI	61
9	VYMEZENÍ POJEKTU	64
9.1	OBEČNÝ POPIS PROJEKTU	64
9.2	ČASOVÝ HARMONOGRAM PROJEKTU	65
9.3	RIZIKOVÁ ANALÝZA	66
10	NÁVRH NOVÝCH OPATŘENÍ	69
10.1	NÁVRHY A PŘIJATÁ OPATŘENÍ V OBLASTI BALENÍ PRO MALOSÉRIOVOU VÝROBU	69
10.2	NAVRŽENÍ NOVÉHO LAYOUTU PRACOVISTĚ A PŘÍŘAZENÍ ČINNOSTÍ K PRACOVISTÍM	74
10.2.1	Navržení nového layoutu pracoviště	74
10.2.2	Přiřazení činností k pracovištím	77
10.3	NAVRŽENÍ OPATŘENÍ PRO JEDNOTLIVÉ ČINNOSTI V RÁMCI PRACOVISTĚ MONTÁŽE A BALENÍ SKENOVACÍ STANICE	79
10.3.1	Opatření pro řezání polystyrenových výplní	80
10.3.2	Opatření ke snížení časové náročnosti při montáži vstupního a výstupního stolu	80
10.3.3	Opatření ke zkrácení doby balení Boxu 1 a Boxu 2	81
10.3.4	Opatření ke zkrácení doby nastavování kamer a snížení fyzické zátěže pracovníka	82
10.3.5	Opatření ke snížení doby balení „Loose Parts“	84
10.3.6	Opatření ke zkrácení času značení kabelů	85
10.3.7	Opatření ke zrychlení zadávání sériových čísel elektronických komponentů do systému	86

11	ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH OPATŘENÍ.....	88
11.1	ZHODNOCENÉ JEDNOTLIVÝCH NAVRHOVANÝCH OPATŘENÍ.....	88
11.1.1	Zhodnocení návrhů a přijatých opatření v rámci balení pro malosériovou výrobu.....	88
11.1.2	Zhodnocení navržení nového layoutu pracoviště a přerazení činností k pracovištím.....	89
11.1.3	Zhodnocení navržení opatření pro jednotlivé činnosti v rámci pracoviště montáže a balení skenovací stanice	92
11.1.4	Zhodnocení celkové možné úspory	94
11.2	ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH OPATŘENÍ Z POHLEDU NÁKLADŮ A ÚSPOR	95
11.2.1	Ekonomické zhodnocení aplikovaných opatření v oblasti balení	95
11.2.2	Ekonomické zhodnocení navrhovaných opatření v oblasti montáže a balení	98
11.3	SHRnutí REALIZOVANÝCH A NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ.....	99
	ZÁVĚR	102
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	104
	SEZNAM OBRÁZKŮ	109
	SEZNAM TABULEK.....	110
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	111
	SEZNAM PŘÍLOH.....	112

ÚVOD

Rostoucí požadavky na efektivitu výroby a optimalizaci vnitropodnikových procesů vedou společnosti k neustálému zlepšování organizace práce a snižování časové náročnosti výrobních operací. Výjimkou není ani společnost AWL-Techniek CZ, s.r.o., která se rozhodla reagovat na potřebu zvýšení efektivity při zavádění nového produktu do výroby, a to konkrétně skenovací stanici. Tento produkt byl nově zařazen do výrobního portfolia společnosti, čímž vznikla potřeba vytvořit efektivní a přehledné pracoviště, které by umožnilo dodržení požadovaného taktu výroby a zároveň minimalizovalo plýtvání v jednotlivých procesech.

Diplomová práce se proto zaměřuje na analýzu a racionalizaci tohoto pracoviště. Hlavním cílem práce je navrhnout opatření vedoucí ke snížení doby montáže a balení o 10 % na základě dat získaných při realizaci první malosériové výroby. Tento cíl je podpořen dvěma dílčími cíli. Prvním dílčím cíle je snížení doby balení v průběhu malosériové výroby o 20 % v porovnání s balením prototypového kusu a druhým dílčím cílem je návrh nového layoutu pro pracoviště montáže a balení skenovací stanice.

Pro dosažení stanovených cílů byla využita kombinace metod pozorování, časových náměrů, tvorby 3D modelů a vizualizací, analýzy výrobních procesů a aplikace nástrojů projektového řízení. Výsledky měření a pozorování posloužily jako vstup pro návrhovou část, v níž byla zohledněna nejen časová efektivita, ale také přehlednost a plynulost na pracovišti.

Práce je rozdělena do dvou hlavních částí. Teoretická část poskytuje přehled základních pojmů z oblasti racionalizace práce, lean managementu a nástrojů průmyslové inženýrství. Praktická část se dále člení na analytickou a projektovou část. Analytická část se zabývá popisem výrobního procesu, analýzou stávajícího stavu a identifikací problémových oblastí. V projektové části jsou na základě zjištěných dat navržena konkrétní opatření, jejichž cílem je snížení časové i ekonomické náročnosti výroby.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Tato diplomová práce se zabývá racionalizací montážního pracoviště ve společnosti AWL-Techniek s.r.o. Hlavním cílem práce je navrhnout opatření vedoucí ke snížení doby montáže a balení o 10 % na základě dat získaných při realizaci první malosériové výroby. Na tento hlavní cíl navazují dva dílčí cíle:

1. Snížení doby balení v malosériové výrobě o 20 % oproti balení prototypového kusu, a to pomocí 3D modelů jednotlivých balení a pracovních instrukcí pro konkrétní operace.
2. Návrh nového layoutu pracoviště pro montáž a balení skenovací stanice, který umožní efektivnější organizaci činností.

Teoretická část práce je zpracována formou literární rešerše a zahrnuje čtyři kapitoly, které tvoří základní teoretický rámec pro navazující praktickou část diplomové práce. Praktická část začíná představením společnosti AWL-Techniek CZ, s.r.o. Následuje popis výrobní haly v Napajedlech, kde je umístěno analyzované pracoviště, a představení produktu, který se na pracovišti montuje a balí. Konkrétně se jedná o skenovací stanici, pro kterou je vytvořen schematický 3D model v softwaru Tinkercad. Dále je popsán výrobní proces pomocí vývojového diagramu zpracovaného v Excelu.

Analytická část je členěna do tří částí. Nejprve je provedena analýza balení prototypového kusu pomocí náměrů. Poté následuje analýza přípravy výroby, při které je hodnocen současný stav layoutu a rozdělení pracovních rolí na základě pozorování a případnému nahodilému se dotazování pracovníků na pracovišti. V poslední části jsou zaznamenány a vyhodnoceny časy jednotlivých činností na pracovišti pomocí tří opakovaných náměrů, které jsou následně zprůměrovány. Tato data jsou v některých případech dále doplněna o spaghetti diagram. Závěrem jsou využita data získaná z interního firemního systému s cílem vyhodnotit dokončenou malosériovou výrobu.

Projektová část začíná vytvořením projektového listu a využitím nástrojů projektového řízení, konkrétně se jedná o RIPRAN analýzu a časový harmonogram. V rámci návrhové části jsou vytvořeny 3D modely jednotlivých balení v softwaru SolidWorks a zpracovány pracovní instrukce. Dále je pomocí softwaru AutoCad navržen nový layout pracoviště a přerozděleny pracovní role. V závěru jsou navržena konkrétní opatření vedoucí ke zkrácení doby montáže a balení na pracovišti skenovací stanice, která jsou následně vyhodnocena z hlediska časové úspory i ekonomického přínosu.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝROBA

Dle Telsanga (2017) lze výrobu chápat jako soubor činností, jejich cílem je přeměnit vstupní suroviny na výstupy s požadovanou užitnou hodnotou a kvalitou. Dále uvádí, že jde o proces, který zvyšuje hodnotu vstupních materiálů. Výrobní systém pak představuje uspořádaný soubor operací sloužících k přetvoření vstupních zdrojů na finální produkty využitelné v praxi.

Keřkovský a Valsa (2012) vysvětlují výrobu jako proces přeměny výrobních vstupů na ekonomické statky a služby, které jsou následně určeny ke spotřebě. Statky jsou chápány jako hmotné produkty vznikající pro účely spotřeby nebo směny, které přispívají ke zvyšování ekonomické úrovně a uspokojování potřeb společnosti. Služby, jako specifické výkony, o něž je na trhu zájem, bývají často označovány jako nehmotné statky.

Tomek a Vávrová (2014) navazují a tvrdí, že utvořením věcných statků a služeb dochází k uspokojení potřeb zákazníka.

Dále vztah mezi výrobou a zákazníkem umožňuje rozdělit typy výroby podle způsobu organizace a orientace na trh. Pokud je výrobek vytvářen přímo na základě požadavků konkrétního zákazníka, jedná se o tzv. zakázkovou výrobu. Naopak v případě, kdy podnik produkuje zboží bez znalosti konkrétního odběratele a zaměřuje se na pokrytí širší poptávky, hovoříme o výrobě na sklad (Jurová, 2016)

Výrobu lze také rozdělit dle typu výroby, kdy toto rozdělení je dáno množstvím a počtem druhů vyráběných výrobků. Flídr (2023) rozřadil výrobu na tři typy:

- Sériovou
- Opakovanou
- Zakázkovou

Flídr (2023) vnímá sériovou výrobu jako výrobu určitého množství stejných produktů s použitím zaměnitelných standardizovaných dílů, kdy se vyrábí především na „sklad“, jde o tzv. anonymní výrobu. Opakovanou výrob popisuje jako typ výroby pro konkrétního zákazníka, který pravidelně odebírá určité množství produktů na základě dlouhodobé smlouvy. Tato výroba se cyklicky opakuje a často nese znaky sériové výroby. Zakázkovou výrobu, kdy se jedná většinou o výrobu s velkým sortimentním rozptylem výrobků. V poslední řadě autor uvádí, že každý typ výroby má svá specifika v oblasti plánování, řízení a technické přípravy, a proto je důležité se s jeho charakterem vždy důkladně seznámit.

Jurová (2016) dělí typy výroby na zakázkovou (kusovou) výrobu, sériovou výrobu a hromadnou výrobu. Kusová výroba je typická produkcí širokého spektra různorodých výrobků, avšak pouze v malých sériích. Oproti tomu sériová výroba se vyznačuje opakovanou výrobou totožného druhu produktů ve výrobních dávkách, přičemž podle jejich velikosti rozlišujeme výrobu malosériovou, středněsériovou a velkosériovou. Hromadná výroba pak představuje proces, při kterém se ve velkém množství vyrábí jeden nebo jen několik málo druhů výrobků, obvykle s vysokou mírou standardizace a automatizace. Další informace jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1 Typy výroby

Typ výrobního procesu	Charakteristika	Příklad
Zakázková (kusová) výroba	Jednotlivé zakázky nebo kusy	CNC obráběcí stroj, elektronový mikroskop
Sériová výroba	Více jednotek různých výrobků na různých zařízeních	Elektrotechnické spotřebiče pro domácnosti
Hromadná výroba	Neomezeně mnoho jednotek jednoho výrobku na stejných zařízeních	Spojovací materiál, elektrotechnické komponenty

(zdroj: vlastní zpracování dle Jurová, 2016, str. 106-112)

1.1 Výrobní proces

Výrobní proces představuje organizovaný sled operací, během kterého dochází k fyzikální nebo chemické přeměně vstupního materiálu s cílem zvýšit jeho užitnou hodnotu. Tyto procesy jsou zpravidla rozděleny do jednotlivých kroků a tvoří součást širšího systému vedoucího k vytvoření hotového výrobku. Z hlediska funkce je možné výrobní operace rozdělit na zpracovatelské, které mění tvar, strukturu nebo vzhled materiálu, a na montážní, jejichž účelem je spojení dvou či více dílů do jednoho celku. (Groover, 2019)

Dle Jurové (2016) výrobní proces představuje cílenou ekonomickou činnost, při níž dochází k transformaci vstupů na výstupy – tedy k přeměně výrobních faktorů do podoby produktů nebo služeb, které přinášejí zákazníkovi přidanou hodnotu. Jde o vědomě řízený proces, jehož výsledkem je uspokojení konkrétních potřeb trhu. V moderním pojetí výroby je důraz kladen nejen na efektivní využití zdrojů, ale také na rychlost reakce na změny v poptávce, často označovanou jako „time to market“. Nedílnou součástí výrobního procesu

jsou proto i podpůrné služby a inženýrské činnosti, které zvyšují celkovou hodnotu pro zákazníka.

O'Brein (2017) popisuje výrobní proces jako soubor kroků, během nichž dochází k přeměně surovin na hotový výrobek. Začíná vytvořením výchozích materiálů potřebných pro výrobu a pokračuje jejich úpravou prostřednictvím různých výrobních operací, dokud nevznikne požadovaný finální díl.

Dle Tomka a Vávrové (2014) lze výrobní proces členit na před-zhotovující, zhotovující a dohotovující fázi. Toto členění je smysluplné zejména tehdy, pokud dochází k postupné výrobě finálního produktu. Proces začíná zpracováním nakupovaného materiálu nebo polotovarů ze skladu výrobních zásob. Před-zhotovující fáze zahrnuje výrobu jednoduchých, opakujících se dílů pomocí základních technologií, jako je obrábění, tváření či povrchové úpravy. Vyrobené díly jsou pak buď rovnou použity, nebo uloženy do meziskladu pro další využití.

Ve zhotovující fázi probíhá výroba podsestav a sestav, tedy dílčích celků, které tvoří funkční části produktu. Podsestavy obvykle neplní samostatně požadovanou funkci, zatímco složitější sestavy tuto funkci již plnit mohou. Nakonec následuje dohotovující fáze, tedy montáž, během níž dochází ke spojení všech potřebných dílů, polotovarů a komponent do finálního výrobku. Hotové produkty jsou poté uloženy na sklad hotových výrobků, čímž je výrobní proces ukončen (Tomek a Vávrová, 2014).

Dle Flídra (2023) se výrobní proces dělí na čtyři typické etapy (fáze), do kterých řadí nákup výchozího materiálu pro výrobu (materiál), výrobu dílů neboli jednotlivých součástek. Následně probíhá výroba podsestav a v poslední fázi probíhá zhotovení finálního výrobku.

1.1.1 Dělení výrobních procesů

Procesy lze v organizaci členit podle jejich významu a funkce do tří základních kategorií. Každý z těchto typů plní odlišnou roli v rámci podniku, a proto je důležité zajistit jejich vzájemné propojení a správné fungování. Dobré sladění těchto procesů přispívá k efektivitě celého systému a napomáhá dosažení synergického efektu. (Jurová, 2016)

- Hlavní (klíčové) procesy představují stěžejní činnost podniku, neboť tvoří hodnotu a výsledky, které směřují přímo k externím zákazníkům. Právě tyto procesy definují hlavní zaměření a účel existence organizace.

- Řídící procesy zahrnují aktivity spojené s řízením a koordinací celé organizace. Zajišťují, aby podnik fungoval stabilně a udržitelně, přestože samy o sobě nevytvářejí přímý zisk. Typickými příklady jsou plánování, strategické rozhodování nebo kontrola výkonnosti.
- Podpůrné procesy slouží k zajištění podmínek pro hladký průběh hlavních činností. Dodávají nezbytné zdroje, vstupy či služby, a to buď interně (pro vlastní potřeby podniku), nebo mohou být i outsourcovány. Jejich úkolem je podpora ostatních procesů v dosažení stanovených cílů.

1.1.2 Optimalizace výrobních procesů

Optimalizace výrobního procesu je zásadním krokem k dosažení vyšší efektivity a snížení výrobních nákladů. Tento proces zahrnuje analýzu jednotlivých výrobních kroků s cílem identifikovat neefektivnosti a navrhnout změny, které mohou vést k plynulejšímu průběhu výroby. Klíčové je zlepšení organizace práce, například reorganizací pracovních prostorů, což minimalizuje zbytečné pohyby pracovníků a zkracuje dobu potřebnou k dokončení jednotlivých úkolů. (Bosák et. al., 2021)

Důležitým aspektem optimalizace je také snížení variability v pohybech pracovníků a eliminace čekacích časů mezi jednotlivými fázemi výroby. Tím, že se zajišťuje plynulý chod výrobních kroků, se zvyšuje produktivita a efektivita práce. Implementace těchto změn vede nejen ke zvýšení výkonu pracovníků, ale také k úsporám ve výrobních nákladech, což zajišťuje konkurenceschopnost a ziskovost podniku. (Bosák et. al., 2021)

1.2 Plánování výroby

Plánování představuje jednu z klíčových manažerských funkcí, v jejímž rámci se určují kroky a opatření vedoucí k dosažení cílů podniku. Plánování výroby pak slouží jako taktický nástroj pro rozhodování o využití dostupných zdrojů s cílem uspokojit poptávku po daném produktu. Zásadním prvkem výrobního plánování je správné určení optimálního množství výrobků. Celý proces je přitom zaměřen na to, aby bylo možné pokrýt poptávku při co nejnižších nákladech. (Alarcón a spol., 2016)

Dle Wanga a Fanga (2001) plánování výroby ve výrobním průmyslu spočívá v přiřazení omezených zdrojů, jako jsou suroviny, komponenty, stroje a pracovníci, k jednotlivým výrobním úkolům. Na což navazuje Mula a spol. (2006), kteří tvrdí, že výrobní úkol určuje typ a množství produktů, které mají být na konkrétním stroji vyrobeny

v daném časovém období, přičemž cílem je co nejlépe uspokojit poptávku a maximalizovat tržby. Plánování výroby je proto pro výrobní podnik zásadní. Kvalitní výrobní plán by měl nejen efektivně využít dostupné zdroje ke zvýšení příjmů, ale také zohlednit nejistoty trhu i samotného výrobního provozu, aby bylo možné plán flexibilně upravit při změnách na trhu nebo neočekávaných problémech ve výrobě.

Plánování výroby je klíčové pro efektivní využívání výrobních zdrojů a minimalizaci nákladů, přičemž s nástupem průmyslu 4.0 začala hrát zásadní roli data monitorující stav těchto zdrojů. Jejich integrace do plánování umožňuje lépe reagovat na složitost výrobních procesů i nepředvídané změny. Sun et al. (2019) popisují systém PlanningVis, který propojuje automatizované plánování s vizuální analytikou a umožňuje zkoumat výrobní plány na různých úrovních detailu. Tento nástroj podporuje rychlou a flexibilní úpravu plánů a pomáhá optimalizovat každodenní rozhodování ve výrobních provozech.

1.3 Řízení výroby

Řízení provozu zahrnuje správu všech firemních činností, které podporují cyklus vstup-výstup. Původně se tento termín používal pouze ve výrobních nebo produkčních odděleních. Postupem času se však systém vyvinul a nyní se často používá k označení správy každodenních obchodních operací všech jednotek, které směřují k finální službě nebo produktu. Cílem řízení provozu je maximalizovat efektivitu jak výrobního procesu, tak širších podnikových operací. Jedním z hlavních úkolů řízení operací je zajistit, aby výdaje a náklady společnosti byly reflektovány v jejích příjmech. Efektivní řízení operací tedy zajišťuje maximalizaci zisku a růst podnikání. (Tsarouhas, 2023)

Budoucnost řízení výroby a provozu se neodmyslitelně spojuje s konceptem průmysl 4.0. Klíčové oblasti zahrnují automatizaci manuálních procesů, zajištění zdraví a bezpečnosti zaměstnanců, zlepšení komunikačních systémů a schopnost rychlé adaptace na změny trhu. Rovněž je zdůrazňován význam analýzy dat pro lepší rozhodování a zaměření na zákazníka dle principů Total Quality Management (TQM). Efektivní řízení výroby a provozu umožňuje firmám maximalizovat využití stávajících zdrojů, optimalizovat procesy a nalézt rovnováhu mezi technologiemi a lidským kapitálem. (Tsarouhas, 2023)

1.4 Průmyslové inženýrství

Kosky (2021) popisuje průmyslové inženýrství jako obor, který se začal formovat na počátku 20. století v reakci na potřeby hromadné výroby a zvyšování efektivity. První etapa vývoje

byla ovlivněna přístupem Fredericka Taylora, jehož principy vědeckého řízení přinesly systematický pohled na pracovní metody a organizaci práce. Významným milníkem byla také montážní linka Henryho Forda, která zkrátila čas výroby automobilu a zvýšila produktivitu. V pozdějších dekádách se průmyslové inženýrství obohatilo o japonské přístupy zaměřené na kvalitu, flexibilitu a rychlost dodávek. V 90. letech 20. století pak došlo k posunu směrem ke globálnímu řízení dodavatelských řetězců a orientaci na zákazníka.

Telsang (2017) popisuje roli průmyslového inženýrství v současném, technologicky a ekonomicky konkurenčním prostředí, kdy výrobci čelí tlaku na větší individualizaci produktů, vyšší kvalitu, nižší náklady a kratší dodací lhůty. Průmyslové inženýrství podle něj umožňuje podnikům zvládat tyto výzvy díky nástrojům zaměřeným na zlepšování procesů, eliminaci plýtvání a efektivní alokaci zdrojů. Definuje jej jako profesi založenou na aplikaci matematiky a přírodních věd, která usiluje o ekonomické využívání přírodních zdrojů ku prospěchu lidstva. Jádrem je snaha o zvýšení produktivity tím, že se odstraňují neproduktivní činnosti a zvyšuje se efektivní využití zdrojů.

Tseng (2021) uvádí, že se současné průmyslové inženýrství stále více zaměřuje na udržitelnost v kontextu Průmysl 4.0. Klíčovým cílem je optimalizace výrobních a provozních procesů tak, aby byly efektivní, automatizované a zároveň šetrné k životnímu prostředí. Toho se snaží dosáhnout využíváním moderních technologií, jako jsou kyberfyzikální systémy, umělá inteligence, internet věcí (IoT), cloud computing nebo virtuální realita. Průmyslové inženýrství dnes usiluje o to, aby propojením těchto technologií s principy udržitelnosti vznikaly chytré a flexibilní výrobní systémy, které přispívají k ekonomickému růstu, snižování odpadů, úspoře energií a celkovému zlepšení kvality života. Kromě technického hlediska se věnuje také otázkám bezpečnosti, vzdělávání pracovníků a dopadům digitalizace na pracovní prostředí.

2 KONCEPT „ŠTÍHLÝ“

Koncept štíhlé výroby vznikl v 50. letech na základě Toyota Production System (TPS). V 70. letech byla publikována jako klíč k úspěchu japonských firem, zejména v automobilovém průmyslu, a v 80. letech ji popularizoval MIT prostřednictvím svého programu zaměřeného na porovnání podniků. Tento koncept zahrnuje flexibilitu, kooperaci, analýzu toků a zapojení dodavatelů do vývoje produktů. Hlavními principy jsou koordinace toků, efektivní výroba, školení operátorů, zohlednění potřeb zákazníků a ohled na přírodu. (Dossou et al., 2022)

Patermann (2022) dále uvádí, že tento přístup není pouze o aplikaci konkrétních metod, ale představuje i určitý způsob myšlení. Lean v širším pojetí znamená vědomé jednání, kdy organizace usiluje o řešení skutečných problémů jak externích, tak interních zákazníků. Takové myšlení podporuje rozvoj kultury neustálého zlepšování, kde jsou pracovníci vedeni k tomu, aby identifikovali problémy, popisovali je a aktivně se podíleli na jejich řešení. Lean přístup vychází z respektu k lidem, rozmanitosti jejich názorů a z přesvědčení, že každý jedinec je schopen přispět ke zlepšení fungování systému. Pokud se organizace soustředí pouze na formální ukazatele a opomíjí reálné potřeby zákazníků, dochází k plýtvání nejen zdroji, ale i potenciálem vlastních lidí.

Charron (2015) dále uvádí, že důležitou součástí této filozofie je zaměření se na identifikaci a eliminaci plýtvání, které stojí v cestě efektivitě. Lean koncept pomáhá podniku lépe využívat své dostupné zdroje a zároveň zvyšovat hodnotu poskytovanou zákazníkům. Redukcí nepotřebných činností a neefektivních procesů může organizace dosahovat vyšší produktivity bez navyšování vstupů, což je v kontextu dnešního konkurenčního prostředí klíčové.

Nenádál (2018) filozofii štíhlý podnik rozšiřuje a ve své knize popisuje tři hlavní zdroje neefektivity v rámci konceptu „lean“ – zbytečné činnosti (Muda), nestabilita procesů (Mura) a přetížení pracovníků (Muri). Dále uvádí, že lean podnik nejenže zavádí principy štíhlosti ve výrobě, ale uplatňuje je i v dalších oblastech, jako je logistika, vývoj, administrativa nebo služby. Vznikají tak specifické formy, jako například štíhlá logistika, štíhlý vývoj nebo štíhlá administrativa, jejichž společným cílem je podpořit kulturu neustálého zlepšování napříč celou organizací.

2.1 Štíhlá výroba

Základní myšlenka štíhlé výroby spočívá v neustálém odstraňování plýtvání ve výrobním procesu. Za plýtvání se považuje jakákoliv činnost, která z pohledu zákazníka nepřináší žádnou hodnotu. Podle výzkumu Lean Enterprise Research Centre (LERC) tvoří tyto neefektivní aktivity až 60 % všech činností v typickém výrobním podniku. Hlavním cílem lean přístupu je takové aktivity identifikovat a postupně eliminovat, aby se zvýšila efektivita a výkonnost celého systému. (Telsang, 2017)

Implementace štíhlé výroby přináší řadu konkrétních přínosů, včetně vyšší kvality, produktivity a spokojenosti zákazníků. Zároveň zlepšuje bezpečnost práce a celkové ekonomické výsledky podniku. Klíčovými faktory úspěchu jsou efektivní řízení dílny, strategie výroby a kvalitní řízení. Výzkumy navíc potvrzují, že nasazení lean přístupu vede k měřitelným zlepšením, jako je zkrácení výrobních cyklů, snížení defektů či efektivnější využití zařízení (Yadav et al., 2020)

V poslední letech se začíná stále více propojovat štíhlá výroba s nástroji umělé inteligence. Ta přináší nové možnosti zejména v oblasti prediktivní údržby, plánování výroby nebo kontroly kvality. Strojové učení pomáhá omezit potřebu surovin i energie, čímž podporuje udržitelnou výrobu a cíle uhlíkové neutrality. Vznikají tak systémy nové generace, které kromě optimalizace procesů odhalují i slabiny v rozhodování. Lean se díky tomu stává důležitým prvkem koncepce průmyslu 5.0, který podporuje technologie, udržitelnost a lidský rozměr. (Powell, 2024)

2.2 Plýtvání

Jurová (2016) ve své knize upozorňuje, že jedním z hlavních důvodů, proč se firmám nedaří efektivně eliminovat plýtvání, může být firemní kultura. Pokud v organizaci chybí otevřenost k novým myšlenkám, podpora vedení nebo prostor pro zpětnou vazbu, často dochází pouze k povrchným zásahům. Namísto skutečných změn se tak řeší pouze projevy problémů, nikoli jejich příčiny, což brání dlouhodobému zlepšení.

Oakley (2021) dále poukazuje na to, že plýtvání často nebývá snadno rozpoznatelné, může se skrývat v každodenních činnostech, které působí zcela běžně. K odhalení skutečné příčiny je nutné použít správné lean nástroje a jít více do hloubky. Mnoho podniků však selhává právě tím, že používá nevhodné metody nebo se zaměřuje pouze na symptomy.

Skutečné zlepšení ale nestává až tehdy, když je odstraněna příčina problému, nikoliv jen jeho důsledky.

Chromjaková (2013) definuje plýtvání jako neproduktivní činnosti, které zákazník nevnímá jako přínosné a není ochoten za ně zaplatit. Pokud podnik takové činnosti identifikuje a odstraní, může své kapacity přeměřovat na skutečně hodnotné aktivity. Tím dosáhne vyšší efektivity, sníží náklady a zároveň podpoří svůj další růst i konkurenceschopnost.

V průběhu času byl zařazen do plýtvání odlišný počet činností. Například Jurová (2016) ve své knize uvádí 7 druhů plýtvání, mezi které řadí: Nadprodukcí, nadbytečné zásoby, defekty, zbytečnou manipulaci, špatné zpracování, prostoje a transport.

Nenadál (2018) ve své publikaci pak přidává osmý druh plýtvání, a to nevyužitý potenciál zaměstnanců. Jeho pohled na plýtvání je vyobrazen v tabulce 2.

Tabulka 2 Druhy plýtvání

	Druh plýtvání	Příklad
1	Nadvýroba	Výroba na sklad
2	Čekání	Prostoje
3	Zbytečná přeprava	Přeprava neshodných produktů
4	Nadbytečné zpracování	Zpracování, které zákazník nepožaduje
5	Nadbytečné zásoby	Velká pojistná zásoba
6	Zbytečné pohyby	Hledání náradí
7	Vadné výrobky	Výroba produktů nesplňujících požadavky zákazníka
8	Nevyužitý potenciál zaměstnanců	Nevyužitě nápady

(zdroj: vlastní zpracování dle Nenadál, 2018, str. 318)

2.2.1 Nadvýroba

Blijleven et al. (2017) charakterizují nadvýrobu jako výrobu nebo poskytování služeb ve větším rozsahu, než je reálně potřeba, což následně způsobuje další formy plýtvání, například v oblasti skladování, manipulace nebo lidských kapacit.

Jurová (2016) nahlíží na nadvýrobu jako na situaci, kdy podnik vyrábí více produktů, než kolik skutečně odpovídá aktuální poptávce. Tento jev vzniká například v situaci, kdy se podnik snaží efektivněji využít výrobní kapacity nebo provádí preventivní opatření vůči

možným komplikacím, jako jsou poruchy zařízení nebo zvýšená zmetkovitost. Ačkoliv z pohledu dílenské produktivity může jít o logický krok, v širším kontextu může způsobovat výrazné plýtvání v podobě zbytečných skladových zásob, zvýšených nákladů na manipulaci, dopravu či administrativu

Dobрым příkladem tohoto typu plýtvání může být farmaceutická výroba, kde dochází k produkci léků v množství, které nelze včas spotřebovat. Po uplynutí doby použitelnosti pak musí být tyto léky zlikvidovány, což představuje čistou ztrátu. Pokud nejde o předem plánovanou pohotovostní zásobu v rámci řízení rizik, lze takovou výrobu považovat za neefektivní a zbytečnou. (Svozilová, 2011)

Jurová (2016) dále uvádí, že nadvýroba se však nevztahuje pouze na fyzické produkty. V praxi ji lze najít i v oblasti dokumentace a IT. Plýtvání tohoto typu se může projevovat například tiskem dokumentů, které nikdo nepotřebuje, nebo jejich tiskem příliš brzy. V oblasti digitálních technologií se jedná o vytváření nepotřebných databází či uchovávání duplicitních informací v papírové i elektronické podobě. Tyto případy ilustrují, že nadprodukce není problémem pouze výrobních linek, ale i podpůrných firemních procesů.

2.2.2 Čekání

Dle Svozilové (2011) plýtvání způsobené čekáním je velmi běžné v téměř každém pracovním procesu. Vzniká tehdy, kdy nelze plynule pokračovat v práci z důvodu chybějících vstupů nebo nedokončených předchozích kroků. Typickým příkladem může být situace, kdy dělníci dokončí určitou operaci a musejí čekat na materiál, který nedorazil včas kvůli zpoždění ze strany dodavatele nebo v důsledku okolních vlivů, jako jsou dopravní komplikace či nepříznivé počasí.

Jurová (2016) pokračuje, že čekání se netýká pouze výroby, jelikož se může objevit i při poruše stroje, nedostatku informací, nebo pokud je nutné získat několik byrokratických schválení, než je možné pokračovat. Firmy, které se štihlou výrobou zabývají do hloubky, se dokonce snaží eliminovat i časové prostoje v řádech několika desetin vteřiny, protože i tyto zdánlivé drobnosti mohou ve výsledku způsobit významné ztráty.

Blijleven et al. (2017) pokračují a ve svém článku uvádí, že v kontextu informačních systémů se čekání objevuje například při zadávání dat, kdy zaměstnanci musejí vyčkávat na vstupy od kolegů nebo bojují s pomalou odezvou aplikací. Plýtvání vzniká i v situacích, kdy systém kvůli chybám v návrhu neumožní pokračovat v práci. V praxi to znamená, že

uživatelé zbytečně čekají a nejsou efektivně využiti, což nejen zpomaluje chod organizace, ale i snižuje pracovní spokojenost

2.2.3 Zbytečná přeprava

Plýtvání v oblasti přepravy vzniká tehdy, když dochází k nadbytečnému nebo neefektivnímu přesunu materiálů, dokumentů či informací mezi jednotlivými částmi organizace. Ve výrobním prostředí se jedná zejména o zbytečné přemísťování materiálů mezi skladem a výrobními pracovišti, které je způsobeno například nevhodným uspořádáním provozu nebo vysokou mírou vnitropodnikové logistiky. Tento druh plýtvání zvyšuje provozní náklady a nároky na manipulační techniku i pracovní sílu. (Jurová, 2016)

Blijleven et al. (2017) rozšiřují pohled na přepravní plýtvání i do oblasti informačních systémů. Ve své studii popisují situace, kdy uživatelé musí ručně přepisovat data mezi nekompatibilními systémy, nebo opakovaně vkládat údaje z dokumentů, které jsou nahané ve statickém formátu (např. PDF). Tyto procesy nepřidávají žádnou hodnotu, ale výrazně zpomalují pracovní tok a zvyšují zátěž zaměstnanců.

2.2.4 Nadbytečné zpracování

Dle Blijlevena et al. (2017) plýtvání způsobené nadbytečným zpracováním nastává tehdy, když je produktu nebo službě věnováno více péče, než je skutečně požadováno zákazníkem. Může se například jednat o zadávání nadbytečných informací do systému, které příjemce nepotřebuje, nebo o opakované kontroly vyžadované informačním systémem, jež vedou ke ztrátě času a přetížení pracovníků.

Doležal (2023) dodává, že tento typ plýtvání může vzniknout jak ve výrobním, tak administrativním prostředí. Ve výrobě se jedná například o příliš přísné tolerance nebo složitě nastavené kontroly kvality. V administrativě může jít o zbytečné schůzky, vytváření duplicitní dokumentace, nadbytečné kopírování nebo rozesílání e-mailů včetně osob, které informaci nepotřebují.

Jurová (2016) upozorňuje, že příčinou může být i složitá a byrokratická pravidla nebo špatně nastavené procesy, kdy dochází k přepisování údajů mezi neintegrovanými systémy či vytváření duplicitních záznamů v papírové a elektronické formě. Ve výrobě může jít také o špatné rozvržení linek, které vede ke zbytečnému pohybu nebo zvýšené náročnosti na kvalitu bez odpovídající přidané hodnoty.

2.2.5 Nadbytečné zásoby

Doležal (2023) vysvětluje, že plýtvání v podobě zásob se ve výrobním prostředí týká především nadbytečně skladovaných surovin a rozpracovaných zakázek. Tyto zásoby mohou zastarat nebo se poškodit, ale především zatěžují logistiku a prostor ve společnosti. Mimo výrobu se tento typ plýtvání může projevovat například jako práce na více úkolech současně, aniž by byl některý z nich dokončen. Takový způsob práce vede ke ztrátě koncentrace, snížení schopnosti rychle reagovat a ke zbytečnému stresu.

Podle Jurové (2016) vzniká plýtvání zásobami i v důsledku hromadění materiálu, nedokončených výrobků nebo náhradních dílů, které aktuálně nejsou potřebné. Tyto položky nejen zabírají prostor, ale také váží finanční prostředky, které by bylo možné využít efektivněji. Ve filozofii štíhlé výroby je tento druh plýtvání považován za jeden z nejvýznamnějších.

Jurová (2016) také upozorňuje, že nadbytečné zásoby nejsou pouze fyzickým problémem. Ve firemním prostředí se často projevují i v administrativě v podobě hromadění nepotřebných dokumentů, nevyužitých reportů nebo duplicitních dat. Tyto informace zatěžují úložiště a vedou k nepřehlednosti, což může ztížit orientaci a zpomalit práci.

2.2.6 Zbytečné pohyby

Podle Doležala (2023) vzniká plýtvání ve formě zbytečného pohybu například v důsledku nevhodného uspořádání pracoviště, kdy pracovník musí často chodit, sahat po věcech nebo se natahovat, aby vykonal běžné úkony. Stejně tak mimo výrobu může jít o nadměrné klikání, přepínání mezi aplikacemi nebo dohledávání informací, což zbytečně zatěžuje zaměstnance a snižuje jejich efektivitu.

Jurová (2016) uvádí, že podobně jako nadbytečné manipulace, i zbytečné přesuny pracovníků nebo dokumentace po firmě představují formu plýtvání. Například pohyb montážního pracovníka od linky ke skladu jen proto, aby si přinesl potřebný díl, je časově náročný a nepřináší žádnou přidanou hodnotu. Často je tento problém způsoben nevhodným rozložením výroby, ale i složitými schvalovacími procesy nebo špatně navrženými informačními systémy.

Blijleven et al. (2017) ve své studii uvádějí, že v digitálním prostředí zbytečný pohyb vzniká například kvůli nepřehledným a špatně strukturovaným formulářům v systému, které

nutí pracovníky opakovaně scrollovat a přeskakovat mezi různými částmi systému. Tato neefektivita nutí pracovníky trávit více času vyhledáváním a kontrolou údajů, což nejen zdržuje jejich práci, ale také zvyšuje riziko chyb a přetížení.

2.2.7 Vadné výrobky

Badiru (2014) upozorňuje, že neshodná výroba představuje jeden z finančně nejnáročnějších typů plýtvání, protože její náprava často vyžaduje vysoké náklady spojené s opravami nebo kompenzacemi, obzvláště pokud je vada odhalena až u koncového zákazníka.

Dle Jurové (2016) je defekt ve výrobě popisován výskytem nevyhovujících nebo vadných produktů, jejichž oprava či likvidace stojí nejen čas, ale i lidské a finanční kapacity. V některých případech mohou vadné výrobky poškodit i samotné výrobní zařízení, což může způsobit další komplikace. Pokud se poškozené výrobky dostanou k zákazníkovi, může dojít k fatálním následkům. V rámci administrativních procesů se defekty projevují například v podobě neúplných objednávek, chyb v dokumentaci, překlepů nebo nečitelnosti dokumentů.

Blijleven et al. (2017) se zaměřují na defekty v oblasti informačních systémů. Tyto chyby jsou spojeny například s výpadky systému nebo chybným zadáním údajů spolupracovníka, což vede k nutnosti přepracování.

2.2.8 Nevyužitý potenciál zaměstnanců

Badiru (2014) upozorňuje, že plýtvání spojené s lidským potenciálem se často týká nedostatečné podpory profesního rozvoje zaměstnanců. Může docházet buď k tomu, že zaměstnanci sami nejeví zájem o seberozvoj, nebo naopak narazí na nedostatek podpory ze strany vedení. V obou případech může dojít ke ztrátě motivace, stagnaci a v krajním případě i k odchodu pracovníka. Takto nevyužitý potenciál se pak nepromítá jen do individuálního výkonu, ale i do celkové efektivity organizace.

Blijleven et al. (2017) doplňují, že neefektivní využití schopností zaměstnanců může být způsobeno také neefektivními nástroji. Zaměstnanci jsou pak nuceni vykonávat opakující se činnosti, které by mohly být automatizovány, nebo pracují s velmi náročnými systémy, jež vyžadují zbytečně složité kroky k provedení jednoduchých úkolů. Výsledkem je ztráta času, frustrace a omezený prostor pro využití skutečného potenciálu pracovníků.

3 METODY OPTIMALIZACE PROCESŮ

Důležitým cílem každé organizace je dnes dosahování zisku, tedy zlepšení poměru mezi vydělanými a investovanými prostředky. Toto uvažování vychází z předpokladu, že efektivnějším využíváním zdrojů (peněz, práce, materiálu atd.) se zlepší celý proces tvorby zisku a zároveň se posílí konkurenceschopnost organizace. Podnik by se proto neměl zaměřovat pouze na analýzu plýtvání, ale také na jeho odstranění pomocí vhodně zvolených nástrojů a metod. (Kučerová a spol., 2015)

3.1 Systematický (stromový) diagram

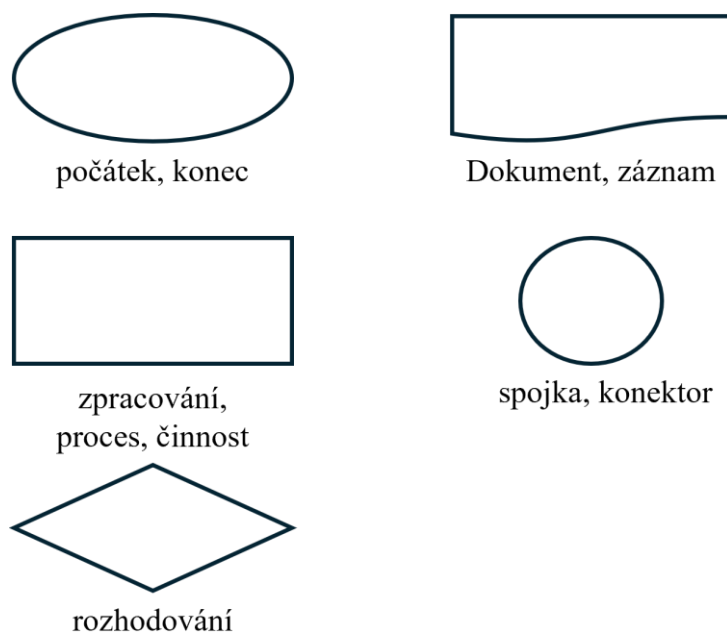
Systematický (stromový) diagram slouží k přehlednému znázornění rozkladu celku na jednotlivé části. Využívá se například k analýze problému, identifikaci příčin, tvorbě plánu řešení nebo k převedení zákaznických požadavků do konkrétnější podoby. Diagram se zpravidla vytváří týmově a navazuje na stanovení cíle. Postupná dekompozice probíhá přidáváním úrovní detailu, a to buď pomocí kartiček nebo vhodného softwaru. Pokud navazuje na afinitní diagram, vychází se z již existujících námětů. Proces může být doplněn o brainstorming, který pomáhá identifikovat další podněty a odhalit logické mezery. (Nenadál, 2018)

Janíček a Marek (2013) nahlíží na stromový diagram jako na nástroj, který slouží k logickému a přehlednému rozložení problému nebo požadavku na dílčí části. Diagram má podobu stromu – od kořene směrem ke koruně se rozvíjí větvení, které znázorňuje vzájemné vazby a hierarchii jednotlivých prvků. Používá se zejména pro vizualizaci vztahů mezi příčinami a následky, pro detailní plánování nebo při dekompozici zákaznických požadavků na konkrétní úkoly. K tvorbě stromového diagramu se často využívá kartičková metoda nebo vhodný software, a jeho struktura se dále rozvíjí pomocí otázek či brainstormingu. Široká oblast využití zahrnuje například prevenci vad, plánování odpovědnosti nebo rozpracování hlavních úkolů na dílčí činnosti v rámci týmů.

3.2 Vývojový diagram

Vývojové diagramy slouží k přehlednému grafickému znázornění postupných kroků algoritmu nebo procesu. Jedná se o orientovaný graf s jedním počátkem a jedním koncem, kde jsou jednotlivé kroky zobrazeny pomocí symbolů propojených orientovanými šipkami. Tyto symboly představují konkrétní části procesu, zatímco šipky znázorňují směr toku činností. (Janíček a Marek, 2013)

Dle Nenadála (2018) by zpracování vývojového diagramu mělo začít určením počátku a konce procesu, přičemž v případě složitějších postupů je vhodné rozdělit je do menších částí. K sestavení diagramu lze využít kartičky s jednotlivými aktivitami a postupně z nich skládat logickou posloupnost, případně využít vhodný software. Vhodné je také zapojení pracovníků, kteří s procesem pracují v praxi. Jednotlivé symboly při využívání vývojového diagramu jsou vyobrazeny na obrázku 1.



Obrázek 1 Symboly vývojového diagramu

(zdroj: vlastní dle Nenadál, 2018, s. 55)

3.3 Layout

Dle Péreze-Gosendeho a kol. (2021) plánování rozvržení výroby (tzv. layout) představuje proces, při němž se navrhuje fyzické uspořádání všech prvků výrobního systému – tedy strojů, zařízení, pracovních stanic a materiálových toků. Cílem je vytvořit takové rozmístění, které co nejlépe podpoří strategické cíle podniku. Rozhodnutí o podobě layoutu patří mezi nejzásadnější při návrhu výroby, protože přímo ovlivňuje její efektivitu, výkonnost a celkovou produktivitu.

Podle Péreze-Gosendeho (2016) by dobře navržené uspořádání mělo umožnit plnění výrobních plánů v různých časových horizontech – krátkodobě, střednědobě i dlouhodobě – a zároveň minimalizovat výrobní náklady. Kromě toho je důležité také efektivní využití prostoru, dostatečná flexibilita pro možné budoucí změny a zajištění bezpečnosti a zdraví

zaměstnanců. Naopak nevhodně zvolený layout může vést ke vzniku úzkých míst, nevyváženému zatížení pracovišť, přetížení některých částí výroby a hromadění rozpracované výroby. Tyto problémy pak komplikují řízení provozu i personálu a mohou zvyšovat stres zaměstnanců či riziko úrazů.

Jedním z konkrétních typů layoutu je procesní uspořádání. To znamená, že pracoviště a stroje jsou ve výrobním prostoru rozmístěny podle typu vykonávané činnosti, nikoli podle sledu výrobních operací. Tento přístup umožňuje seskupovat podobné operace (například vrtání, lakování apod.) do samostatných dílen nebo oddělení. Hlavním cílem je zvýšit efektivitu výrobního toku, zlepšit manipulaci s materiálem a optimalizovat řízení zásob. (O'Brein, 2017)

3.4 Spaghetti diagram

Jednou z nejjednodušších a zároveň velmi účinných metod pro analýzu pohybu pracovníků a materiálu na pracovišti je spaghetti diagram. Používá se při mapování vnitropodnikových toků a návrhu optimálního rozmístění pracovních stanovišť či dopravních tras. Princip spočívá v detailním zakreslení všech pohybů pracovníka během vymezeného časového období, přičemž se využívají různé barvy k odlišení jednotlivých typů přesunů. Například zbytečné pohyby bývají zaznamenány kontrastní barvou (černá, červená), zatímco méně efektivní transportní cesty se označují jinými barvami (modrá, žlutá). (Jurová, 2016)

Dále Jurová (2016) uvádí, že s nástupem moderních technologií je možné tvorbu spaghetti diagramu výrazně zefektivnit pomocí elektronických nástrojů. To zahrnuje například využití mobilních zařízení, speciálního softwaru či podnikové hardwarové infrastruktury pro sledování pohybu osob či materiálu. Nejkomplexnějším řešením je pak zavedení systému, který pracuje s plošným pokrytím pracoviště bezdrátovým signálem (např. Wi-Fi), a umožňuje tak automatizované sledování a vyhodnocování pohybu i v návaznosti na skladové operace.

3.5 Analýza a měření práce

Dle Dlabače (©2025) analýza a měření práce patří mezi klíčové nástroje průmyslového inženýrství a štíhlé výroby. Jejich cílem je odhalit plýtvání a zvýšit efektivitu procesů prostřednictvím definování optimálních pracovních postupů a určení potřebného času pro jejich provedení. Nejprve je důležité se zaměřit na samotnou analýzu práce, při které jsou identifikovány zbytečné a neproduktivní činnosti, aby následně mohly být eliminovány nebo

zjednodušeny. Následně je provedeno měření práce, které slouží ke stanovení co nejobjektivnější časové normy pro konkrétní úkony a operace.

Dlabač (©2025) dále ve svém článku rozděluje metody měření práce na přímé a nepřímé. Kdy přímé měření zahrnuje například chronometráž nebo snímek pracovního dne, kdy je pracovník přímo pozorován a činnosti jsou měřeny pomocí stopek. Tento přístup poskytuje přesné výsledky, ale bývá časově náročný. Nepřímé měření pracuje s předem stanovenými časy na základě typizovaných pohybů, například pomocí systémů MTM nebo MOST. Tyto systémy zajišťují vyšší objektivitu a efektivitu, i když vyžadují odborné znalosti při jejich aplikaci. Výsledkem měření je normovaný čas, ke kterému se obvykle připočítává rezerva na běžné odchylky a přerušení.

3.6 Metoda SMART

Jedním z hlavních předpokladů úspěchu projektu je dobře stanovený cíl, případně jasně popsané dílčí kroky. Pokud není cíl dostatečně konkrétní, může se snadno stát, že se projekt začne ubírat jiným směrem, než bylo původně zamýšleno. Dříve nebo později si někdo ze zúčastněných může všimnout, že to, co se realizuje, je vlastně něco úplně jiného, než co se mělo původně dosáhnout. (Doležal, 2023)

Dále Svozilová (2016) společně s Doležalem (2023) se shodují, že použitím metody SMART při stanovování cílů projektu může výrazně přispět k vytvoření vhodných podmínek pro jeho úspěšnou realizaci. Jednotlivé vlastnosti, který by měly být dle metody SMART u projektu definovány jsou popsány níže v tabulce 3.

Tabulka 3 Metoda SMART

Zkratka	Vlastnost cíle	Popis
S	Specific	Cíle mají být specifické a konkrétní.
M	Measurable	Mají být opatřeny měřitelnými parametry, podle nichž lze rozpoznat, zda bylo cíle dosaženo.
A	Assignable	Cíle mají být přidělitelné jedinému aspektu s odpovědností a autoritou k výkonu rozhodnutí.
R	Realistic	Cíle mají být dosažitelné s použitím disponibilních zdrojů a realistické
T	Time-bound	Cíle mají být časově ohraničené.

(zdroj: vlastní zpracování dle Svozilová, 2016, s. 90)

3.7 Riziková analýza

Dle Svozilové (2016) proces řízení rizik v projektu představuje sled činností, jejichž cílem je pomocí preventivních nebo nápravných opatření předejít událostem, které by mohly ohrozit říditelnost nebo výsledky plánovaných aktivit. Smyslem tohoto procesu je co nejvíce snížit pravděpodobnost vzniku rizikových jevů, a zároveň se připravit na situace, kdy se riziku nelze zcela vyhnout – v takovém případě by jejich dopady měly být co nejmenší, zejména z hlediska rozpočtu a průběhu projektu.

Metoda RIPRAN je metoda založená pro analýzu rizik v projektech, která využívá systémový přístup. Jejím hlavním cílem je provést hodnocení rizik ještě před samotným spuštěním projektu. Analýza by měla proběhnout ve fázi detailního plánování, aby bylo možné rizika následně efektivně sledovat a řídit během realizace. Rizikům bychom se ale měli věnovat už v dřívějších fázích projektu, jako je například Studie příležitosti nebo Studie proveditelnosti, kde sbíráme podklady pro samotnou analýzu. (Ripran, ©2025)

Doležal (2023) ve své knize pak uvádí jednotlivé kroky, jak při vytváření rizikové analýzy postupovat:

1. Krok 1 – Příprava analýzy rizik

- Cílem je vytvořit podmínky pro samotnou analýzu.
- Stanoví se tým, plán, časový rámec a potřebné dokumenty.

2. Krok 2 – Identifikace rizik

- V této fázi se hledají hrozby a scénáře (situace, které mohou nastat).
- Výstupem je seznam dvojic „hrozba – scénář“, které mohou ohrozit projekt

3. Krok 3 - Kvantifikace rizika

- Posuzuje se pravděpodobnost výskytu a dopad na projekt.
- Výsledkem je hodnota rizika, která určuje jeho významnost.

4. Krok 4 – Snižování rizika

- Navrhují se opatření ke snížení rizik na přijatelnou úroveň.
- Řeší se otázky typu: Co můžeme udělat, abychom riziko snížili nebo eliminovali?

5. Krok – Celkové zhodnocení rizika

- Shrnutí celé analýzy a výsledné úrovně rizika projektu.
- Vzniká závěrečná zpráva a tzv. registr rizik, který slouží k dalšímu sledování.

3.8 Standardizace

Dle Janušky (2018) standardizace představuje jeden ze základních předpokladů pro zlepšování podnikových procesů. Aby bylo možné dosahovat opakovatelné kvality a vykonávat činnosti stabilně, je nutné zavádět určité standardy a postupy. Jejich dodržování pomáhá snížit variabilitu ve výrobě, zefektivnit provoz a vytvořit předpoklady pro vyšší výkonnost organizace.

Jurová (2016) dále uvádí, že kromě stability v procesech přináší standardizace i další přínosy, jako je zjednodušené plánování, lepší využití výrobních kapacit a možnost vyšší míry automatizace. Zavedením jednotných metod a omezením zbytečných odchylek dochází k úsporám nákladů a k lepší organizaci práce napříč celým podnikem. Standardizace navíc pomáhá identifikovat slabá místa v procesu, která lze dále zlepšovat.

Realyvásquez-Vargas et. al (2019) uvádějí, že jedním z konkrétních nástrojů standardizace je standardizovaná práce. Ta představuje systém řízení pracovních činností na základě přesně definovaných postupů, jejichž cílem je dosažení co nejefektivnější výroby. Díky tomu lze jednotlivé činnosti vykonávat s minimálním plýtváním, ve správném pořadí a s důrazem na kvalitu, bezpečnost a přehlednost. Standardizovaná práce tak určuje nejen ideální pracovní postupy, ale také pořadí operací pro každého pracovníka, čímž přispívá k vyšší produktivitě a spolehlivosti dodávek.

Patermann (2022) dále pokračuje, standardizovaná práce zároveň vytváří pevný základ pro dlouhodobé zlepšování a stabilizaci procesů. Jasně definované pracovní kroky a jejich časová návaznost umožňují sledovat pracovní takt a přizpůsobit ho aktuálním požadavkům. Tento přístup snižuje riziko chyb, usnadňuje zaškolení a podporuje týmovou spolupráci. Díky pravidelné kontrole pracovních standardů lze včas odhalovat odchylky, které by mohly vést ke zhoršení výsledků. Standardizovaná práce proto není jen nástrojem pro výkon operací, ale i prostředkem ke zvyšování kvality, snižování nákladů a kultivaci firemního prostředí.

4 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část diplomové práce se zaměřila na analýzu vybraných odborných zdrojů, které se vztahují k problematice racionalizace pracoviště. Cílem této části bylo vytvořit teoretický rámec, který bude následně využitelný v praktické části práce.

V úvodu teoretické části byla vymezena výroba jako klíčová ekonomické činnost, včetně její klasifikace podle orientace na zákazníka a podle množství a variability vyráběných produktů. Byly představeny jednotlivé typy výroby, kde patří zakázková, sériová a hromadná výroba a popsána jejich specifika z pohledu řízení a plánování.

Dále se úvodní kapitola věnovala definováním a členěním výrobního procesu, jeho strukturálním fázím a rozdělení na hlavní, řídicí a podpůrné procesy. Popsány byly principy plánování výroby a řízení výrobního provozu, které tvoří základ pro efektivní organizaci pracovišť a přidělování výrobních zdrojů. V poslední části první kapitoly bylo představeno průmyslové inženýrství a aktuální trendy.

Stěžejní část teoretické části se soustředila na koncept „Štíhlý“ a především tedy na „štíhlou výrobu“. Pozornost byla věnována osmi základním druhům plýtvání, mezi které patří: nadvýroba, čekání, zbytečná přeprava, nadbytečné zpracování, nadbytečné zásoby, zbytečné pohyby, vadné výrobky a nevyužitý potenciál zaměstnanců. Následně byly popsány příčiny a dopady těchto plýtvání na provozní efektivitu.

Závěrečná kapitola teoretické části diplomové práce byla věnována konkrétním nástrojům a metodám průmyslového inženýrství, jejichž cílem je zvýšit efektivitu výrobních činností, odstranit plýtvání a zlepšit organizaci práce na pracovišti. Popsány byly vizualizační a analytické metody, jako je systematický diagram, vývojový diagram, či spaghetti diagram, které mohou napomáhat odhalit neefektivní toky a činnosti. Dále byl vysvětlen význam layoutu pracoviště, standardizace a měření práce, které bylo rozděleno na přímé a nepřímé. Zmíněna byla také metoda SMART pro stanovení cílů v projektu a metodika RIPRAN, která slouží k analýze a řízení rizik v projektu. Osvojení teoretického rámce těchto metod umožní jejich efektivní využití v praktické části práce.

II PRAKTICKÁ ČÁST

5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

AWL-Techniek je mezinárodní společnost zaměřující se na poskytování inovativních řešení v oblasti automatizace a robotizace výrobních procesů. Společnost se specializuje na pokročilé technologie spojovacích procesů, jako je odporové, obloukové a laserové svařování, a svou nabídku směřuje primárně k automobilovému průmyslu. Společnost podniká s globální působností a má bohaté zkušenosti na poli průmyslové automatizace. AWL-Techniek dlouhodobě potvrzuje svou pověst spolehlivého partnera. Klade důraz na inovace, kvalitu a udržitelnost, což ji řadí mezi špičkové firmy v oboru. S pobočkami v Nizozemsku, České republice, Číně, Mexiku, Spojených státech a Spojeném království podporuje zákazníky po celém světě. Na obrázku 2 lze vidět logo společnosti AWL-Techniek. (Interní materiály společnosti)



Obrázek 2 Logo společnosti AWL-Techniek

(zdroj: Interní materiály společnosti)

5.1 Historie společnosti

Společnost AWL-Techniek byla založena v roce 1993 v Nizozemsku, a to převzetím společnosti Aarding Weerstandlas BV. Tato společnost zahájila svou činnost jako malý výrobce konstrukcí a zařízení pro odporové svařování. Již od počátku působení byla cílem orientace na kvalitu a inovace, což společnost vyneslo mezi důležité dodavatele pro automobilový průmysl. V roce 1998 společnost přesunula své sídlo do Harderwijku. (Interní materiály společnosti)

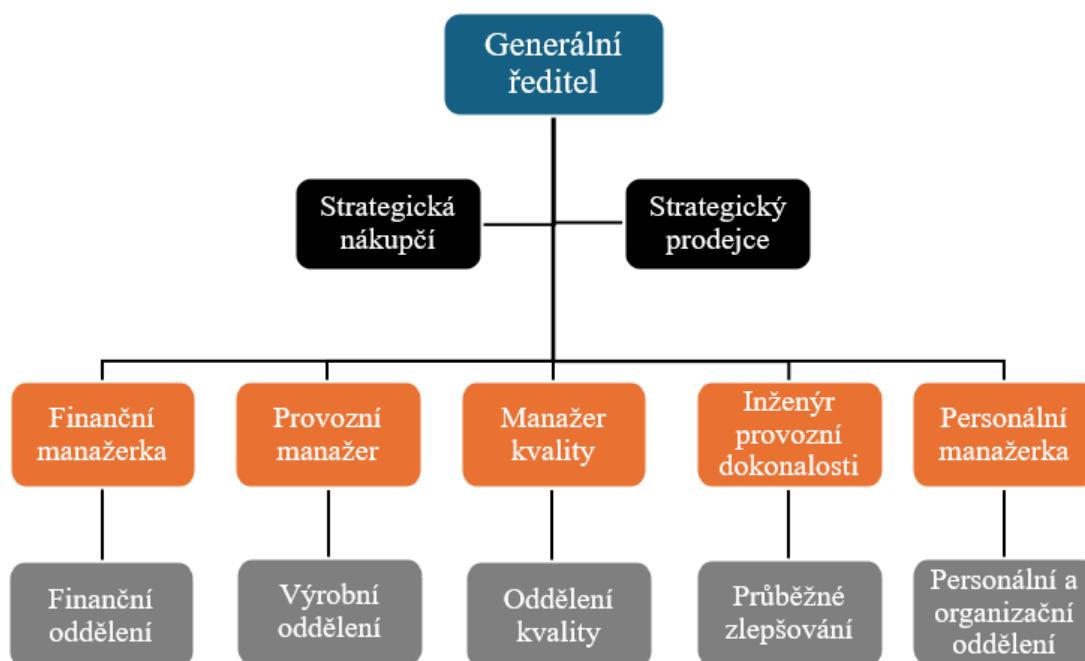
Na přelomu tisíciletí vzhledem k rostoucí poptávce po procesech obloukového svařování vytváří AWL-Techniek své první standardní buňky pro obloukové svařování. Tento krok znamenal nejen technologický pokrok, ale také otevření dveří na globální trhy. Roku 2002 byla dodána první mezikontinentální zakázka a společnost zahájila svou expanzi mimo Evropu. (Interní materiály společnosti)

V nadcházejících letech přicházejí investice do nových technologií, včetně laserového svařování, které se stalo jedním z pilířů nabídky této společnosti. S rostoucím počtem zákazníků z východní Evropy společnost v roce 2006 otevírá svou druhou pobočku, a to v České republice v Napajedlech, konkrétně AWL-Techniek CZ s.r.o. (Interní materiály společnosti)

Postupem času AWL-Techniek upevňuje svou pozici na trhu a v roce 2011 se stává lídrem na trhu v segmentu sedadel pro automobilový průmysl. Kvůli stále stoupající poptávce společnost v letech 2013-2017 otevírá své nové pobočky v Číně, Mexiku a USA. Díky převzetí 90 % podílu ve společnosti MechDes v roce 2014 získává společnost vlastní odbornou technickou základnu. Pro udržení konkurenční výhody na trhu jsou pro AWL inovace důležitější než kdykoli předtím. Proto se AWL v roce 2015 rozhodlo soustředit na výzkum a vývoj a rozšiřuje tak toto oddělení. V roce 2020 přijímá společnost první projekty zabývající se automatizací logistiky. (Interní materiály společnosti)

5.2 Organizační struktura společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o.

V následující podkapitole je uvedena organizační struktura společnosti AWL-Techniek CZ, s.r.o. sídlící v Napajedlech v České republice. Na obrázku 3 je organizační struktura společnosti vyobrazena pomocí organigramu.



Obrázek 3 Organizační struktura společnosti

(zdroj: vlastní zpracování dle interní materiálů společnosti)

5.3 Výrobní portfolio společnosti AVL-Techniek

Jako systémový integrátor přináší AVL přidanou hodnotu díky své specializaci v oblasti návrhu a konstrukce chytrých (modulárních) strojů. Síla společnosti spočívá ve třech klíčových oblastech: spojovacích metodách, automatizaci (logistiky) a montážních technikách. Nabídka zahrnuje:

- laserové svařování
- obloukové svařování
- odporové svařování
- lepené spoje
- systémy počítačového vidění
- manipulaci s produkty
- kontrolu kvality
- sledovatelnost

V AVL se soustředí na automobilový průmysl, zpracování kovů a logistiku, kde je kladen důraz na vysokou míru automatizace a flexibilitu. (Interní materiály společnosti)

5.3.1 Specifikace výroby závodu AVL-Techniek CZ, s.r.o. v Napajedlech

Co se týče závodu v Napajedlech, ve kterém bude zpracována i následující praktická část diplomové práce, tak tento závod se zaměřuje na následující odvětví:

- Montáž elektrických rozvaděčů
- Montáž svařovacích přípravků
- Montáž robotických pracovišť
- Programování robotických pracovišť
- Montáž intralogistických systémů (Interní materiály společnosti)

6 POPIS VÝROBNÍ HALY

Výrobní hala společnosti v Napajedlech je rozdělena do čtyř výrobních oddělení, z nichž každé plní svou roli v rámci výrobního procesu. První oddělení se zaměřuje na montáž strojních svařovacích přípravků, které jsou součástí robotických center.

Druhé oddělení se specializuje na montáž a zapojení elektrických rozvaděčů, které tvoří nedílnou součást nejen robotických pracovišť, ale také intralogistických systémů. Tyto rozvaděče umožňují efektivní řízení a distribuci elektrické energie u konkrétních výrobců.

Třetí oddělení se soustředí na montáž intralogistických systémů a robotických center. V rámci tohoto oddělení se nachází i pracoviště, jemuž se bude věnovat praktická část této diplomové práce. Konkrétně se bude jednat o montáž jednoho z intralogistických systémů, který je využíván ke skenování předmětů ve skladech.

Čtvrté a zároveň také poslední oddělení navazuje na přechozí oddělení a zabývá se programováním již sestavených robotických pracovišť a jejich následným testováním. V této fázi, jak už plyne z názvu, dochází k naprogramování robotů na robotickém pracovišti a k následnému ověření správnosti funkcí jednotlivých systémů a jejich připravenosti k integraci do výrobního prostředí.

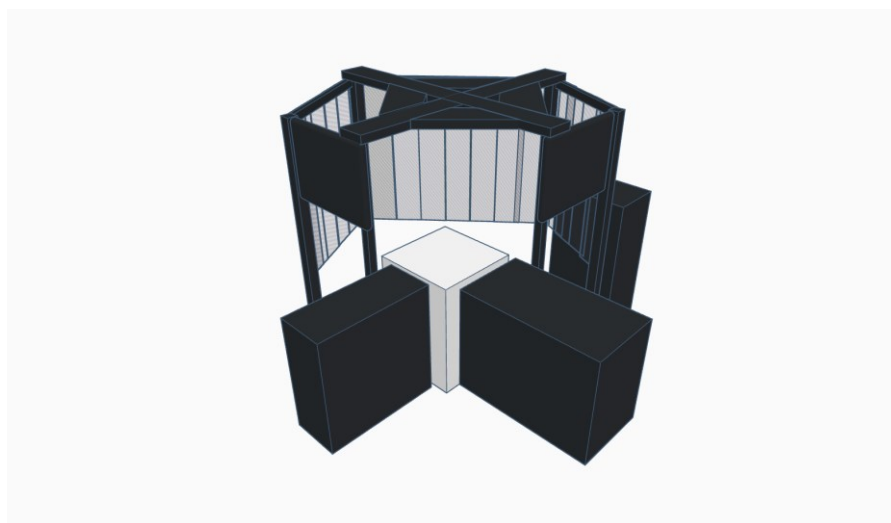
V rámci této diplomové práce se analýza zaměří na konkrétní montážní pracoviště v oddělení intralogistických systémů s cílem odhalit nedostatky u jednotlivých procesů, které na pracovišti probíhají.

Výběr tohoto konkrétního výrobku a zejména pracoviště, na kterém probíhá montáž, balení a nastavování kamer pro skenovací stanici, byl zvolen záměrně s ohledem na to, že se jedná o nový produkt. Vzhledem k jeho zavádění do výroby je důležité posoudit, jak efektivně jsou jednotlivé procesy nastaveny, a zároveň identifikovat případné nedostatky, které by mohly ovlivnit plynulost výroby či její kvalitu. V následujících podkapitolách bude vysvětlen výrobní proces vybraného výrobku a bude také popsáno pracoviště, na kterém se vybraný produkt montuje.

6.1 Popis vyráběného produktu – skenovací stanice

V následující kapitole je popsán výrobek, který je montován na pracovišti, jemuž se bude zabývat praktická část této diplomové práce. Z důvodu požadavků zákazníka nemůže být uveden oficiální název tohoto zařízení a také nemůže být zveřejněn ucelený 3D model tohoto

zařízení. Proto je použit zjednodušený model tohoto výrobku, který je zobrazen na obrázku 4.



Obrázek 4 Skenovací stanice

(zdroj: vlastní zpracování dle interní materiálů společnosti)

Jedná se o stanici, která je určena k pořizování vysoce kvalitních RGB (Red Green Blue) snímků výrobků za účelem splnění regulačních požadavků. Stanice je obsluhována pracovníkem, který umísťuje jednotlivé předměty na skleněnou zobrazovací plochu. Pomocí soustavy kamer jsou následně pořízeny snímky ze šesti různých směrů. Tyto snímky jsou dále využívány interními technickými týmy pro analýzu výrobků. (Interní materiály společnosti)

Stanice je pevně ukotvena k podlaze výrobní haly a přístupná z přední strany. Její konstrukci tvoří kovový rám, který zajišťuje stabilitu a odolnost během provozu. Stanice je vybavena následujícími komponenty, které umožňují efektivní snímkování výrobků. (Interní materiály společnosti)

Součástí zařízení je vstupní stůl, kde dochází k umístění výrobků před samotným procesem skenování, skenovací stůl, na němž probíhá pořizování snímků, a výstupní stůl, kam jsou výrobky přesouvány po dokončení skenovacího procesu. Tato stanice je osazena šesti RGB kamerami, které pořizují snímky ze všech požadovaných úhlů, a osvětlovacím systémem, jenž zajišťuje optimální podmínky pro kvalitní obrazovou dokumentaci. K identifikaci výrobků slouží čtečky čárových kódů, zatímco světelné závory zvyšují bezpečnost a kontrolují správné umístění objektů během snímkování. (Interní materiály společnosti)

Veškeré elektronické komponenty jsou řízeny a napájeny prostřednictvím elektrického rozvaděče, který je součástí stanice. Pro zajištění bezpečnosti obsluhy je stanice vybavena ochranným stíněním, které snižuje střet světelného záření s pracovníkem. (Interní materiály společnosti)

6.2 Popis výrobního procesu skenovací stanice

Výrobní proces stanice začíná příjmem materiálu, který je následně podroben kontrole kvality vstupního materiálu. Tato kontrola slouží k ověření, zda dodané komponenty splňují požadované standardy. Pokud materiál nevyhovuje, je nutné provést jeho opravu nebo výměnu. V případě, že materiál odpovídá požadavkům, pokračuje se do fáze přípravy výroby.

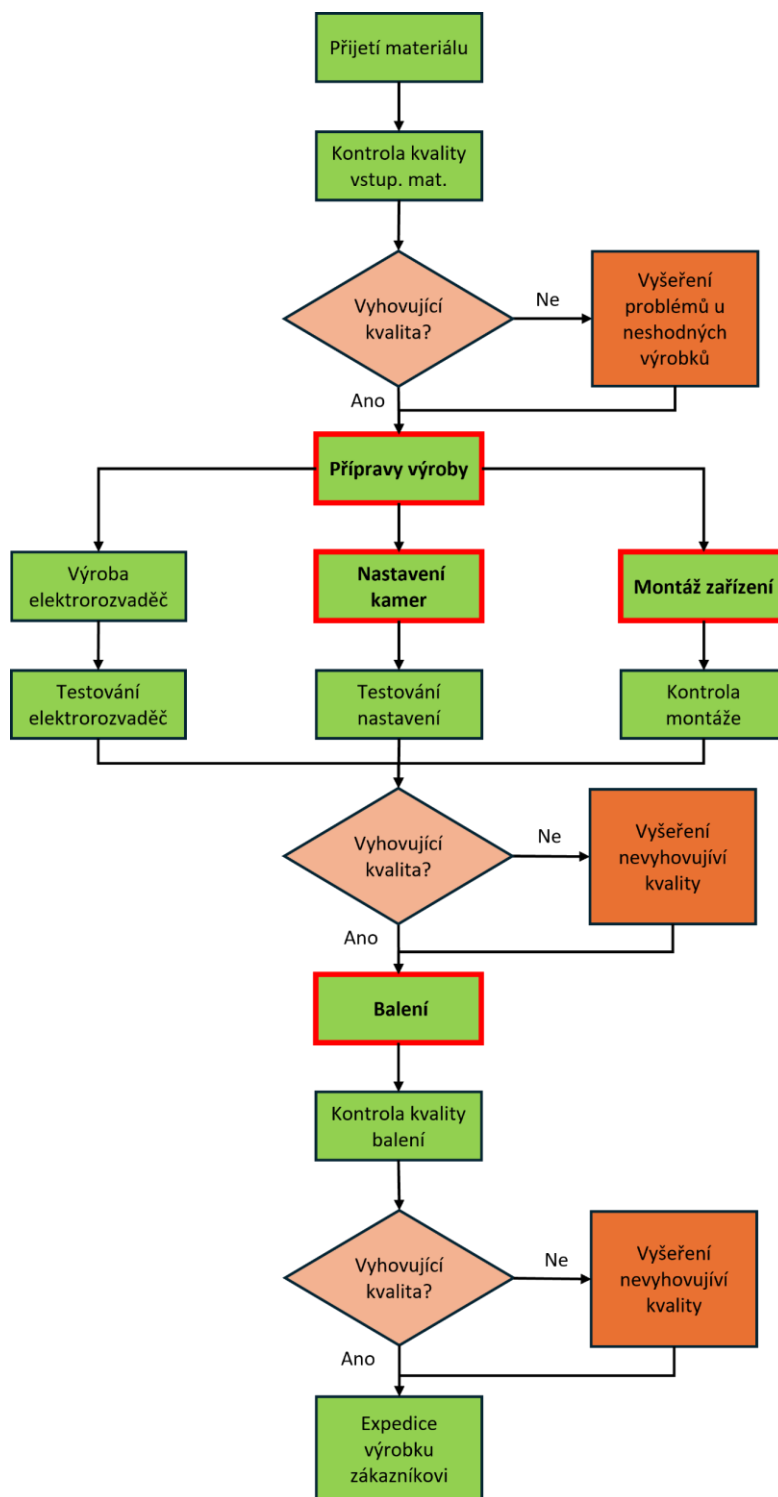
Ve výrobní fázi dochází k výrobě elektrorozvaděčů a elektroinstalace. Paralelně probíhá nastavení kamer, které spočívá v seřízení jednotlivých kamer, aby byly připraveny k pořizování snímků výrobků. Součástí této fáze je také montáž stanice, během níž jsou jednotlivé komponenty sestavovány do finální podoby. Po montáži následuje testování elektrorozvaděčů, které slouží k ověření správného fungování elektronických částí, a testování nastavení kamer, zda byly správně nastaveny. Současně probíhá kontrola montáže jednotlivých modulů, která zajišťuje, že všechny součásti byly správně sestaveny.

V případě úspěšné kontroly postupuje výrobek do fáze balení. Po zabalení je provedena kontrola kvality balení, která ověřuje, zda je výrobek správně a bezpečně zabalen pro přepravu. Pokud balení nesplňuje požadavky, dochází k jeho úpravě a opravě, aby bylo zajištěno, že výrobek dorazí k zákazníkovi v nepoškozeném stavu. Po úspěšném dokončení této fáze je výrobek připraven k odeslání zákazníkovi.

V rámci celkového výrobního procesu, který zahrnuje jednotlivé kroky od přijetí materiálu až po finální expedici výrobku zákazníkovi, je v praktické části diplomové práce zaměřena pozornost pouze na vybrané podprocesy, které jsou na obrázku 5 vyznačeny červenou barvou. Jedná se konkrétně o:

- přípravu výroby
- nastavení kamerového systému
- montáž zařízení
- balení skenovací stanice

Tyto podprocesy byly zvoleny záměrně, neboť probíhají na pracovišti, které bylo vybráno jako předmět racionalizace. Jejich analýza tak tvoří základ pro identifikaci potenciálních nedostatků a návrh vhodných optimalizačních opatření. Celkový výrobní proces skenovací stanice lze vidět na obrázku 5, který je vyobrazen pomocí vývojového diagramu.



Obrázek 5 Výrobní proces skenovací stanice

(zdroj: vlastní zpracování dle interních materiálů společnosti)

6.3 Popis vybraného pracoviště

Jak už bylo zmíněno v předchozích kapitolách, praktická část diplomové práce je zaměřena na pracoviště, kde probíhá montáž a balení skenovací stanice. Toto pracoviště je součástí oddělení výrobní haly, které se zaměřuje na kompletaci robotických center a montáží intralogistických systémů, kde právě zapadá i skenovací stanice. Výrobní charakter tohoto oddělení lze rozdělit na kusovou výrobu v případě robotických center a malosériovou výrobu v případě intralogistických systémů.

Je důležité podotknout, že toto oddělení nemá pevně danou strukturu. Jedná se o plochu haly, které je rozdělena na 16 úseků o celkové výměře 946 m². Kdy každý tento úsek má základní vybavení, a dle aktuálních potřeb výrobku může být upraven. Pracoviště v těchto úsecích jsou tedy mobilní a vždy se přizpůsobují montovanému výrobku. Aby bylo možné vyrábět efektivně, je nutné předem definovat a nastavit rozmístění a uspořádání jednotlivých pracovišť tak, aby jejich výstavba a příprava na výrobu probíhaly rychle a efektivně. Především u pracovišť montáže intralogistických systémů, kde vždy probíhá výroba několika desítek výrobků.

V rámci oddělení montáže intralogistických systémů bylo vybráno pracoviště, na kterém probíhá právě montáž a balení skenovací stanice, která je popsána ve výše uvedené podkapitole. Na pracovišti probíhá vždy jednosměnný, 8,5hodinový provoz včetně přestávek. Počet pracovníků na pracovišti je určen pro šest osob. Tito pracovníci zastávají pracovní pozici – mechatronik a zajišťují balicí, montážní a kontrolní úkony pro dané procesy.

Výběr pracoviště, na kterém probíhá montáž, balení a nastavování kamer pro skenovací stanici, byl zvolen záměrně s ohledem na to, že se jedná o nový produkt. Vzhledem k jeho zavádění do výroby je důležité posoudit, jak efektivně jsou jednotlivé procesy nastaveny, a zároveň identifikovat případné nedostatky, které by mohly ovlivnit plynulost výroby či její kvalitu.

Následná analytická část je proto zaměřena na detailní analýzu jednotlivých procesů, které na tomto pracovišti probíhají, kde lze zařadit montáž jednotlivých komponent stanice, nastavení kamer, balení jednotlivých komponent a v poslední řadě celkovou přípravu pracoviště, tedy sestavení detailního layoutu pro toto pracoviště a zbylých procesů, které vedou k vyšší plynulosti a standardizaci montážního procesu.

7 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Následující kapitola je věnována analýze současného stavu pracoviště, na kterém probíhá montáž, balení a nastavování kamer pro skenovací stanici. Analytická část je rozdělena do tří hlavních celků. První část této kapitoly se věnuje analýze balení prototypového kusu a jednotlivých komponentů na vybraném pracovišti. Druhá část se věnuje uspořádání layoutu pracoviště a přidělení pracovních rolí výrobního týmu. Třetí a zároveň nejobsáhlejší část kapitoly je zaměřena na samotný průběh malosériové výroby. V této části jsou analyzovány jednotlivé činnosti prostřednictvím náměrů. Konkrétně se například jedná o balení montážní stanice, montáž jednotlivých komponent a nastavování kamer. Detailní informace k jednotlivým oblastem analýzy jsou dále rozpracovány v příslušných podkapitolách.

7.1 Analýza balení prototypového kusu

Analýza balení prototypového kusu skenovací stanice byla provedena v dnech 13. a 14. června v roce 2024. Celkový záznam z naměřených časů jednotlivých činností je uveden v příloze P I. Sečtené časy lze následně pozorovat v tabulce 4.

Tabulka 4 Naměřené časy balení prototypového kusu sken stanice

Operace	Naměřený čas	Procentuální vyjádření
Manipulace	0:05:45	3,96 %
Příprava – vychystání dřeva	0:06:40	4,59 %
Příprava – bedna	0:09:50	6,77 %
Umístění komponentů do bedny	0:31:25	21,63 %
Umístění stěn na bednu	0:14:00	9,64 %
Umístění krabic do bedny	0:16:20	11,25 %
Montáž – trámky na nohy	0:14:20	9,87 %
Checklist + dokumentace	0:04:50	3,33 %
Umístění střechy na bednu	0:04:30	3,10 %
Označení vrutů sprejem	0:03:10	2,18 %
Balení kamery (2 ks)	0:04:50	3,33 %
Balení kamera + světlo (4 ks)	0:13:45	9,47 %
Balení světla – střecha (2 ks)	0:04:35	3,16 %
Balení světla – skenovací stůl (1 ks)	0:05:50	4,02 %
Balení čtečky – stůl (1 ks)	0:02:47	1,92 %
Balení čtečka – noha (1 ks)	0:02:37	1,80 %
Celkový součet	2:25:14	100,00 %

(zdroj: vlastní zpracování)

Na balení elektronických komponentů se podílel 1 pracovník a na celkovém balení komponentů do boxu spolupracovali následně pracovníci 2. Důvodem provedení této analýzy u prototypového kusu bylo především odhalit jednotlivé nedostatky při balení

jednotlivých elektronických komponentů a následně celé stanice do bedny. Aby mohly být případně tyto nedostatky odstraněny a balení stanice bylo připraveno pro malosériovou výrobu.

Jak lze vypočítat z tabulky 4 celkový proces balení trval 2 hodiny 25 minut a 14 sekund. Mezi nejdéle trvající operace patřilo umístění jednotlivých komponentů a krabic s komponenty do bedny s celkovým časem 47 minut a 45 sekund. Důvodem trvání těchto operací je především fakt, že pracovníci neměli žádný manuál, dle kterého by jednotlivé komponenty umísťovali do bedny, a tak zde vznikaly velké prodlevy, kdy vlastně až v průběhu balení pracovníci vymýšleli, kde jednotlivé komponenty umístit. Ze stejného důvodu jsou zde také prodlevy s přípravou a nachystáním konkrétního dřeva na bednu a přípravou bedny, kdy tyto operace trvaly dohromady 16 minut a 30 sekund. Mezi další operaci, kde nastaly mírné komplikace, je balení elektronických komponentů do jednotlivých krabic. Tato operace zabrala pracovníkovi dohromady 34 minut a 24 sekund. Jednotlivé komponenty se balily pouze do ochranné fólie, která měla zajistit bezpečný převoz jednotlivých předmětů.

Níže na obrázku 6 lze vidět jednotlivé výsledky balení. Kdy v levé části obrázku, lze pozorovat umístění jednotlivých komponentů v bedně. A v pravé části obrázku lze vidět zabalení elektronických komponentů do fólie a následně umístění do krabice.



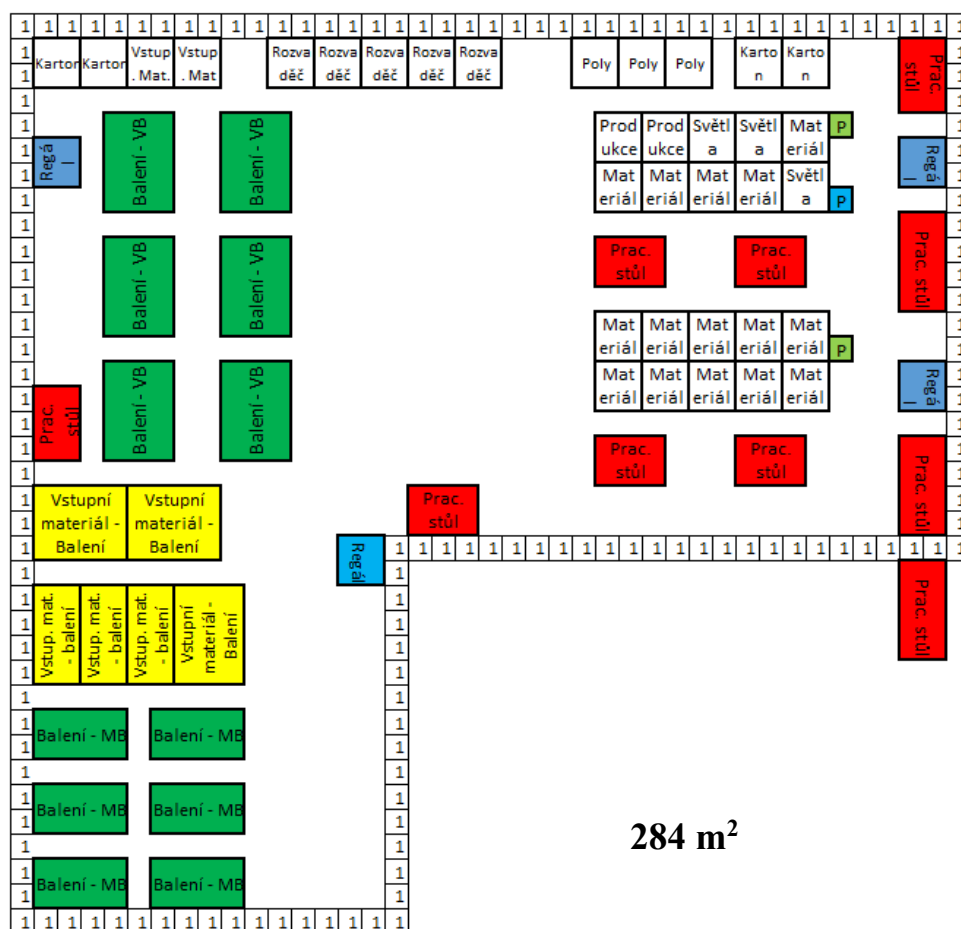
Obrázek 6 Balení prototypového kusu stanice (vlastní zpracování)

(zdroj: vlastní zpracování)

Na základě této analýzy lze prohlásit, že při procesu balení před začátkem malosériové výroby je třeba přistoupit hned k několika změnám, aby byl proces balení plynulejší a byla zajištěna co největší ochrana komponentů při převozu. Konkrétně se bude jednat o navržení a zkompletování nového systému balení elektronických součástí do krabic a také navržení nového systému balení celkového systému do bedny. Pro zefektivnění tohoto procesu bude pro jednotlivé kroky při balení vypracována pracovní návodka.

7.2 Analýza přípravy výroby

V rámci této kapitoly je vypracována analýza přípravy výroby pro pracoviště montážní stanice. Tato analýza je provedena pomocí pozorování jednotlivých procesů a případné dotazování se pracovníků. Cílem je seznámení se s přípravou výroby na malosériovou výrobu a případné odhalení jednotlivých nedostatků. V rámci přípravy výroby pro montáž skenovací stanice byl vypracován layout, který lze pozorovat na obrázku 7.



Obrázek 7 Prvotní layout pracoviště montáže skenovací stanice

(zdroj: vlastní zpracování)

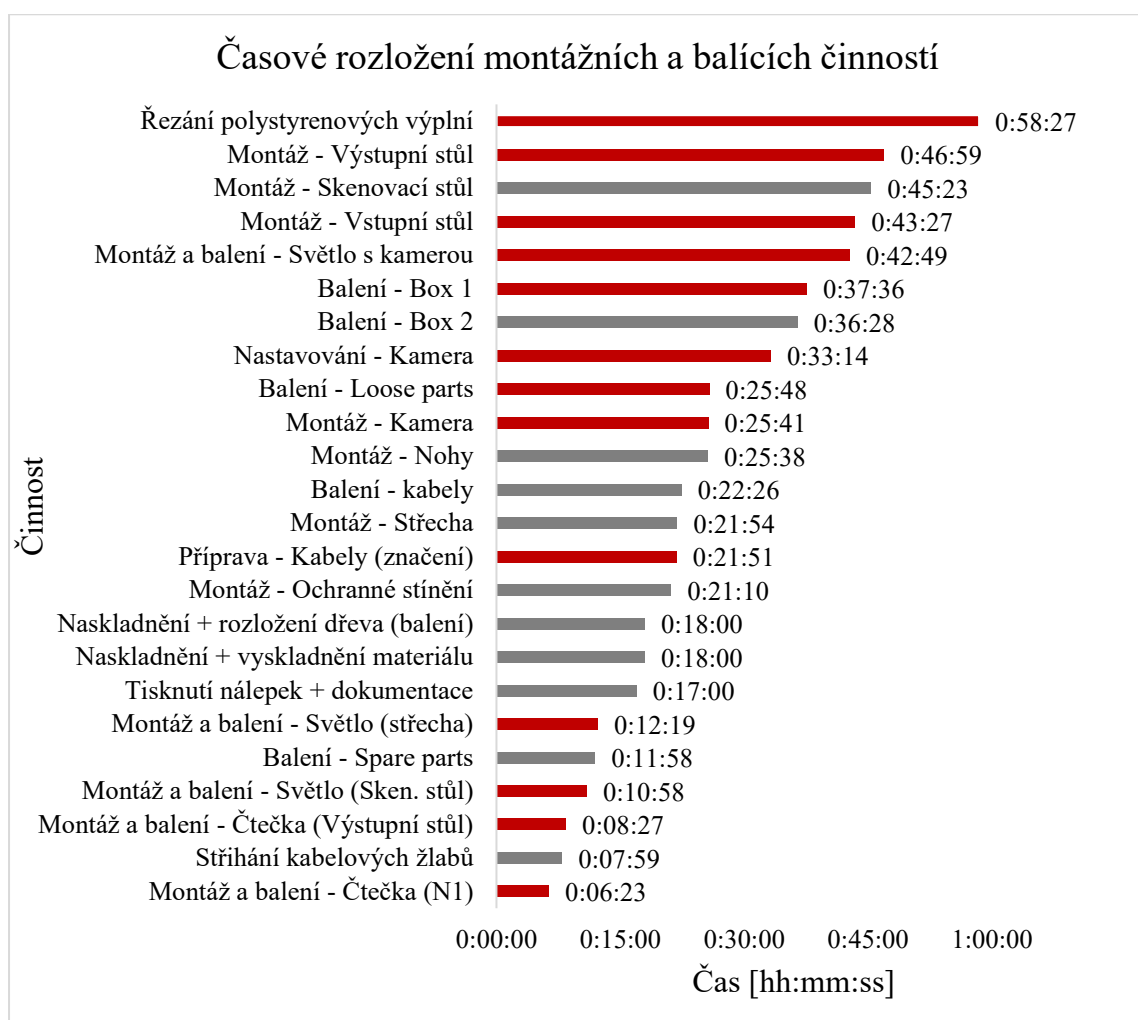
Layout pracoviště pro montáž a balení skenovací stanice, který lze pozorovat na obrázku 7. Celková plocha layoutu je 284 m². Lze jej rozdělit na pravou a levou část. V levé části pracoviště dochází k balení jednotlivých komponentů a krabic s elektronickými komponenty do dřevěných beden. Také se zde nachází vstupní materiál pro montáž beden, tedy dřevěné stěny a trámký. A lze zde vidět i pracovní stůl, na kterém dochází k řezání polystyrenových výplní, o kterých je uvedeno více informací v kapitole 7.3.1. V horní části jsou následně palety s vyrobenými elektronickými rozvaděči, které jsou také baleny do beden, ale vyráběny jsou na jiném pracovišti. V pravé části pracoviště následně dochází k montáži jednotlivých komponentů stanice, k montáži a balení elektronických komponentů, k montáži kamer, ale jak už bylo uvedeno, kamery k nastavování jsou následně převáženy do jiné části budovy. V poslední řadě zde dochází hned k několika přípravným a podpůrným operacím, jako je značení kabelů nebo balení označených kabelů do krabic.

V rámci pozorování a nahodilého se dotazování zaměstnanců bylo odhaleno hned několik nedostatků. V první řadě na layoutu není zobrazeno, kde se mají skladovat zabalené bedny se skenovacími zařízeními. Následně nejsou přesně definovány palety pro vstupní materiál, což bylo jednou ze příčin zmatku na pracovišti, kdy především pracovníci, kteří měli navážet vstupní materiál nevěděli, kam jednotlivé palety s materiálem umístit. Dalším nedostatkem bylo neoznačení jednotlivých stanovišť a jasné definování, co má daný pracovník na pracovišti montovat. Zde vznikl především problém, kdy přišel na pracoviště nový pracovník, a tak vlastně nevěděl, jakou práci má vykonávat. Role jednotlivých pracovníků byly rozděleny především po ústní domluvě, ale následně už nebyly nikde zaznamenány. Jako poslední nedostatek lze označit umístění pracoviště pro nastavování kamer pro skenovací zařízení. Toto pracoviště muselo být umístěno mimo výrobní prostory, jelikož zde musí být zajištěna určitá bezpečnostní pravidla, které momentálně toto pracoviště nesplňovalo. Více bude tento nedostatek popsán v kapitole 7.3.4.

Výsledkem provedení analýzy přípravy výroby pomocí pozorování a případného dotazování se pracovníků bylo zjištěno hned několik nedostatků. Jako hlavním problémem se jeví nedostatečně detailně popsáný layout pro vybrané pracoviště, následně nepřidělení pracovních rolí pro jednotlivá pracoviště a zodpovědností jednotlivých pracovníků. A v poslední řadě umístění pracoviště pro nastavování kamer.

7.3 Analýza činností na pracovišti během malosériové výroby

V následující kapitole jsou popsány náměry jednotlivých činností, které byly provedeny v rámci malosériové výroby na pracovišti, kde dochází k montáží, balení a testování kamer pro skenovací stanici. Cílem této analýzy je naměřit časy jednotlivých činností, jelikož doposud nejsou pro společnost známy a identifikovat případné plýtvání při měření těchto činností či jiné nedostatky. Náměry jednotlivých činností byly provedeny v období 20. 8. 2024 – 2. 9. 2024. Pro každou činnost, která se vykonává na pracovišti, byly provedeny 3 náměry, aby byly tyto časy relevantní. Tyto náměry byly následně zprůměrovány, jelikož neobsahovaly žádné velké odchylky a nyní časy jednotlivých činností lze vidět na obrázku 8. Úsek z měření jednotlivých časů činností je vyobrazen v příloze P II.



Obrázek 8 Časové rozložení montážních a balících činností

(zdroj: vlastní zpracování)

Na obrázku 8 lze vidět časovou náročnost jednotlivých činností, kdy součet všech činností se rovná 10 hodinám 19 minutám a 55 vteřinám. Důležité je vzít v potaz, že na řezání polystyrenových výplní a balení Boxu 1 a Boxu 2 spolupracují 2 pracovníci. Pokud bychom sečetli veškerý čas, který je potřeba k smontování a zabalení skenovací stanice, dostali bychom hodnotu 12 hodin, 32 minut a 36 sekund. Pro omezené možnosti této práce budou detailněji popsány pouze ty činnosti, kde byla nalezena možnost zlepšení této činnosti. Tyto činnosti jsou v grafu, který se nachází na obrázku 8, označeny červenou barvou.

7.3.1 Analýza řezání polystyrenových výplní

Po zkušenostech s balením prototypového kusu bylo nutné provést změny v procesu balení elektronických komponentů pro malosériovou výrobu. Hlavním požadavkem bylo zajistit vyšší bezpečnost komponentů během převozu a zároveň optimalizovat časovou náročnost balení. Ve spolupráci s pracovníky společnosti byl proto navržen a následně implementován systém ochranných polystyrenových výplní, které se vyrábějí interně. Pro tento účel byly vytvořeny 3D modely a specifické formy, podle kterých se polystyrenové výplně vyřezávají pomocí polystyrenových řezaček. Bližší informace jsou uvedeny v kapitole 10.1.

Při řezání polystyrenových výplní je nutné provádět přípravu. Během této fáze se nastavují požadované rozměry na řezačkách a připravuje se materiál k použití. Poté následuje řezání polystyrenu na velké plochy. Tímto krokem se připravují základní bloky, ze kterých se následně vyřezávají specifické výplně pro jednotlivé komponenty. Řezání musí být provedeno přesně, aby výplně odpovídaly rozměrům montovaných součástí a zajistily jejich bezpečné uložení při přepravě. Dále je nutno podotknout, že tuto činnost vykonávaly vždy dvě osoby, což umožňuje efektivnější manipulaci s materiálem a plynulejší průběh operace. Naměřené časy jsou uvedeny níže v tabulce 5.

Tabulka 5 Naměřené časy pro řezání polystyrenových výplní

Časy jednotlivých operací	
Řezání polystyrenových výplní	
Operace	Časová náročnost
Dovoz materiálu	0:06:20
Manipulace	0:04:50
Příprava	0:04:20
Řezání polystyrenu – velké plochy	0:06:56
Vyřezávání polystyrenu – kamera 1 (2 ks)	0:02:15
Vyřezávání polystyrenu – kamera 2 (2 ks)	0:05:00
Vyřezávání polystyrenu – čtečka 1 (2 ks)	0:01:20

Časy jednotlivých operací	
Řezání polystyrenových výplní	
Operace	Časová náročnost
Vyřezávání polystyrenu – světlo horní (4 ks)	0:11:00
Vyřezávání polystyrenu – čtečka 2 (1 ks)	0:01:10
Vyřezávání polystyrenu – čtečka 3 (1 ks)	0:00:35
Vyřezávání polystyrenu – světla – nohy (8 ks)	0:12:40
Celkem	0:58:27

(zdroj: vlastní zpracování)

Jak lze vidět v tabulce 5 celkový proces řezání a vyřezávání polystyrenových výplní trval dohromady 58 minut a 27 sekund. Časově nejnáročnější z vyřezávání polystyrenových výplní je vyřezávání specifických výplní pro jednotlivé elektronické komponenty. Tyto operace trvaly dohromady 34 minut a 47 sekund, což tvoří téměř 60 % z celkového času. Jeden z důvodů by mohly být právě dřevěné formy, do kterých se zadržává řezací struna při vyřezávání polystyrenových výplní.

Činnost vyřezávání polystyrenových výplní je ze všech činností na pracovišti časově nejnáročnější. Tato činnost časově náročná především kvůli nutnosti přesného vyřezávání podle specifických požadavků jednotlivých komponentů a manuální vyřezávání těchto výplní se zde nejeví jako vhodné. Z tohoto důvodu se jako možné zlepšení nabízí outsourcing této činnosti, což by mohlo uvolnit kapacity pracovníků pro jiné operace v montážním procesu. Případně by šly navrhnout nové formy pro vyřezávání, či nový stroj, který by tento proces dokázaly vylepšit.

7.3.2 Analýza montáže vstupního a výstupního stolu

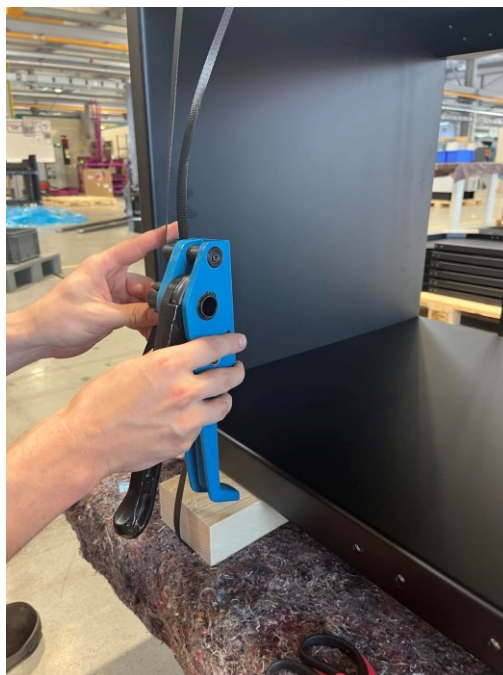
Jako druhá činnost je rozebrána montáž vstupního a výstupního stolu. Tyto činnosti byly sloučeny, jelikož jsou téměř totožné. Montáž provádí vždy jeden pracovník. Jako první si pracovník vychystá jednotlivé komponenty, které bude potřebovat k montáži stolu. Následně je stůl smontován, jsou označeny jednotlivé šrouby, že byly dotaženy na požadovaný utahovací moment, stůl je označen identifikační nálepkou a v poslední fázi jsou ke stolu páskovány dřevěné hranoly. Celková montáž vstupního stolu zabere pracovníkovi 46 minut a 59 vteřin. Montáž venkovního stolu trvá v průměru 43 minut a 27 vteřin. Časy jednotlivých operací v rámci montáže vstupního a výstupního stolu jsou vyobrazeny v tabulce 6.

Tabulka 6 Naměřené časy pro montáž vstupního a výstupního stolu

Časy jednotlivých operací		
	Výstupní stůl	Vstupní stůl
Operace	Naměřený čas	Naměřený čas
Příprava	0:06:58	0:03:00
Montáž	0:23:40	0:24:59
Utažení momentů	0:03:34	0:04:12
Označení momentů	0:01:48	0:01:18
Nálepka	0:00:25	0:00:30
Páskování hranolů	0:06:10	0:06:43
Manipulace	0:04:23	0:02:46
Celkem	0:46:59	0:43:27

(zdroj: vlastní zpracování)

Operace, které je věnována pozornost v rámci montáže vstupního a výstupního stolu je páskování hranolů. Z analýzy časů jednotlivých operací vyplývá, že páskování hranolů zabírá přibližně 13–15 % celkového času montáže vstupního a výstupního stolu. Jde o páskování dřevěných hranolů ke stolům, což je prováděno kvůli bezpečnému transportu jednotlivých komponentů. Hranoly jsou staženy páskou ke stolům a následně jsou hranoly přimontovány na podlahu bedny, ve které jsou převáženy. Operace páskování hranolů je vyobrazena na obrázku 9. Náročná je především manipulace se samotnými stoly.



Obrázek 9 Páskování hranolu k výstupnímu stolu

(zdroj: vlastní zpracování)

Vzhledem k tomu, že se jedná o operaci, která nepřináší přímou přidanou hodnotu k samotnému výrobku, bylo by vhodné zvážit možnosti jejího úplného odstranění nebo nahrazení efektivnějším řešením.

7.3.3 Analýza balení boxu 1 a boxu 2

V rámci malosériové výroby skenovacích stanic došlo ke změně procesu balení na základě požadavků zákazníka a s cílem zvýšit efektivitu a bezpečnost přepravy. Oproti původnímu prototypovému balení, kdy byla stanice zabalena do jednoho boxu, bylo rozhodnuto rozdělit jednotlivé komponenty do dvou samostatných boxů. Tento přístup umožnil lepší rozložení hmotnosti a zároveň poskytl vyšší úroveň ochrany jednotlivých komponentů. Jednotlivé časy operací pro složení boxů lze vidět v tabulce 7. Detailní porovnání původního prototypového balení s novým způsobem balení pro malosériovou výrobu, včetně vizuální podoby, je podrobně rozebrán v kapitole 10.1 Tuto činnost provádění na pracovišti 2 pracovníci.

Tabulka 7 Naměřené časy balení sken. stanice v malosériové výrobě

Časy jednotlivých operací			
Box 1		Box 2	
Operace	Časová náročnost	Operace	Časová náročnost
Manipulace	0:03:02	Manipulace	0:03:37
Balení hranolů	0:07:47	Montáž podlahy	0:02:01
Montáž podlahy	0:01:54	Umístění fólie	0:02:27
Montáž dřevěných kvádrů	0:01:50	Umístění komponentů	0:03:42
Umístění vrtací šablony a fólie	0:03:07	Umístění krabic	0:04:30
Umístění komponentů	0:01:32	Checklist + dokumentace	0:02:23
Montáž dřevěných hranolů	0:01:32	Uzavření fólií	0:03:59
Montáž dřevěných kvádrů	0:01:23	Montáž stěn	0:05:54
Umístění komponentů	0:01:14	Umístění ochranného stínění	0:03:35
Montáž dřevěných hranolů	0:01:30	Montáž střechy	0:02:45
Umístění komponentů	0:01:28	Sprejování	0:01:36
Montáž stěn	0:05:25		
Check list + dokumentace	0:01:46		
Sprejování	0:01:50		
Montáž střechy	0:02:18		
Celkem	0:37:36	Celkem	0:36:28

(zdroj: vlastní zpracování)

Analýza balení nově navržených boxů odhalila následující zjištění. U Boxu 1, jehož celkový čas balení činí 37 minut a 36 sekund, se jako nejvíce časově náročná operace ukázalo

balení hranolů, které zabralo 7 minut a 47 sekund. Dřevěné hranoly jsou v současném procesu jednotlivě omotávány fólií, aby byla zajištěna ochrana před poškozením komponentů, které na těchto trámčích leží. Tento proces představuje časově náročný a opakující se úkon, který zpomaluje celý proces balení. Možnou optimalizací by mohlo být použití jiného typu ochranné výstelky. Vyobrazení aktuálního provedení lze vidět na obrázku 10.



Obrázek 10 Box 1 – balení trámků do fólie

(zdroj: vlastní zpracování)

Balení Boxu 2 probíhalo celkově 36 minut a 28 sekund a neobsahovalo žádné kritické problematické operace, které by měly zásadní vliv na celkovou efektivitu procesu.

7.3.4 Analýza nastavení kamer

Nastavování kamer představuje jednu z časově významných činností při výrobě skenovací stanice, jelikož pro jeden výrobek je nutné nastavit celkem šest kamer. Na základě náměrů jednotlivých úkonů, které jsou zobrazeny v tabulce 8, bylo zjištěno, že celková doba potřebná k nastavení 6 kamer činí 33 minut a 14 sekund.

Tabulka 8 Naměřené časy pro nastavení kamer

Časy jednotlivých operací	
Nastavení kamer	
Operace	Časová náročnost (6 ks)
Chůze	0:04:00
Příprava	0:08:16
Nastavení kamery	0:12:03
Dokumentace	0:01:45
Montáž červíků	0:05:55
Manipulace	0:01:13
Celkem	0:33:14

(zdroj: vlastní zpracování)

Během nastavování kamer musí pracovník ovšem ujít dohromady 250 kroků, pokud bude započtena cesta tam i zpět, aby se přemístil z výrobní haly k místu určenému k nastavení kamery. Což představuje přibližně 175 metrů za jeden cyklus nastavování kamer. Hlavním důvodem, proč je kamera nastavována v jiné místnosti, je potřeba čistého prostředí a minimalizace vlivu okolního osvětlení, které ztěžuje nastavování kamery. Proto byl proces přesunut do jedné z místností v kancelářských prostorách, což však znamená, že pracovník musí opustit výrobní halu a přenášet kamery na delší vzdálenost, čímž roste riziko poškození kamer a také přebytečná chůze a opakované manipulace s kamerami zvyšují fyzickou zátěž pracovníka. Tento nadbytečný pohyb pracovníka byl zachycen v spaghetti diagramu, který vizualizuje dráhu pohybu v rámci výrobního procesu. Spaghetti diagram je vyobrazen v příloze III.

7.3.5 Analýza balení Loose parts

Proces balení „Loose parts“ zahrnuje několik operací, mezi které patří balení majáku, spojovacího materiálu, spotřebního materiálu, polarizátorů, lepení nálepek a samotné balení krabice. Na základě naměřených časů jednotlivých operací, které lze vidět v tabulce 9, lze identifikovat, že nejvíce času zabírá balení spojovacího materiálu, které trvá 13 minut a 53 sekund, což je téměř 54 % času z celkového balení „Loose parts“. Tento údaj naznačuje, že právě zde existuje potenciál pro optimalizaci a zlepšení efektivity procesu.

Tabulka 9 Naměřené časy pro balení Loose parts

Časy jednotlivých operací	
Balení Loose parts	
Operace	Časová náročnost
Balení majáku	0:00:25
Balení spoj. materiálu	0:13:53
Balení spotřebního materiálu	0:04:41
Balení polarizátorů	0:03:19
Lepení nálepek	0:01:52
Balení krabice	0:01:38
Celkem	0:25:48

(zdroj: vlastní zpracování)

V průběhu měření jednotlivých časů operací byly odhaleny následující problematické aspekty. Každý typ spojovacího materiálu je balen do samostatného sáčku, přičemž pracovník musí jednotlivé kusy manuálně počítat. Tento postup nejen způsobuje možné

chyby v počtu kusů, ale také významně zpomaluje celý proces balení. Proto je vhodné najít alternativní metodu, která by tuto operaci urychlila a zároveň snížila pravděpodobnost chyb.

7.3.6 Analýza značení kabelů

Proces značení kabelů je zásadní pro správné zapojení mezi elektrických rozvaděčem a připojovanými zařízeními na skenovací stanici. Každý kabel je opatřen štítky na obou koncích, což zajišťuje jeho správné propojení v elektrickém systému. V rámci měření jednotlivých operací v rámci značení kabelů bylo zjištěno, že celkově je třeba označit 33 kabelů, tedy nalepit 66 štítků. Celková doba značení byla zaznamenána jako 21 minut a 51 sekund.

Jak lze vidět v tabulce 10 činnost značení kabeláže zahrnuje 3 operace: přípravu štítků a kabelů (3 minuty a 30 sekund), hledání správného štítku (6 minut a 15 sekund) a samotné lepení (12 minut a 5 sekund). Z těchto údajů vyplývá, že hledání správného štítku představuje téměř 30 % celkové doby značení, což naznačuje značný prostor pro optimalizaci. A to především z důvodu, že tato operace nepřidává výrobku žádnou přidanou hodnotu, naopak lze tuto činnost zařadit do plýtvání.

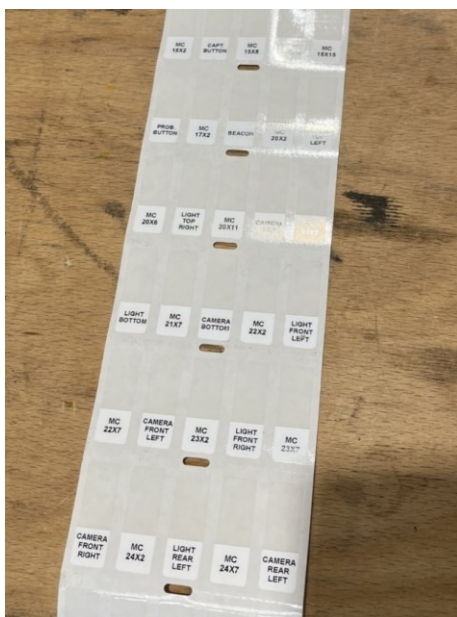
Tabulka 10 Naměřené časy pro značení kabeláže (vlastní zpracování)

Časy jednotlivých operací	
Značení kabeláže	
Operace	Časová náročnost
Příprava	0:03:30
Hledání štítku	0:06:15
Lepení štítku	0:12:05
Celkem	0:21:51

(zdroj: vlastní zpracování)

Hlavním problémem současného stavu značení kabelů je ztráta času při hledání správného štítku. Štítky jsou v současnosti vytištěny na jednom velkém archu, což znamená, že pracovník musí opakovaně vyhledávat správný štítek mezi ostatními. Tento postup nejen zdržuje celou činnost, ale zároveň zvyšuje riziko chyb, které mohou vést k nesprávnému

zapojení kabelů v elektrické rozvaděči. Pro zvýšení efektivity činnosti by bylo vhodné změnit způsob tisku štítků. Aktuální stav tisknutí štítků lze vidět na obrázku 11.



Obrázek 11 Styl tisknutí štítků při značení kabelů

(zdroj: vlastní zpracování)

7.3.7 Analýza montáže a balení elektronických komponentů

Montáž elektronických komponentů probíhala ve většině případů bez větších problémů. U každého z těchto komponentů je velmi podobný postup, proto všechny komponenty byly sloučeny do jedné tabulky, kterou lze vidět jako tabulku 11. Co se týče postupu při montáži elektronických komponentů, vždy si musí pracovník vychystat jednotlivé komponenty, následně probíhá montáž a značení utažených momentů. Ve finální fázi dochází k zaznamenání sériového čísla do systému a označení komponentu nálepkou.

Jediným výraznějším problémem v celém procesu se ukázalo zadávání sériových čísel jednotlivých komponentů. Tento krok byl na požadavek zákazníka zařazen do procesu kvůli nutnosti evidence a spárování komponentů s konkrétní skenovací stanicí. Manuální přepis sériových čísel do počítače je především náchylný k chybám. Zaznamenané časy se v tomto kroku pohybují od 32 sekund do 3 minut a 16 sekund v závislosti na počtu jednotlivých komponentů na stanici. Možným zlepšením by bylo využití čtečky čárových kódů nebo QR kódů, která by umožnila rychlejší a přesnější zaznamenání sériových čísel do systému, čímž by se eliminovalo riziko lidské chyby a zároveň zkrátit celkový montážní čas.

Tabulka 11 Naměřené časy pro montáž a balení elektrických komponentů

Časy jednotlivých operací						
	Kamera (6 ks)	Kamery (SV - 4 ks)	Světla (Střecha)	Světlo (Sken.)	Čtečka (Výstup.)	Čtečka (N1)
Operace	Naměřený čas	Naměřený čas	Naměřený čas	Naměřený čas	Naměřený čas	Naměřený čas
Příprava	0:11:29	0:08:20	0:02:55	0:04:25	0:02:10	0:01:06
Montáž	0:07:12	0:16:53	0:02:21	0:02:38	0:02:03	0:01:51
Utažení momentů	0:01:30	0:02:53	0:00:46	0:00:20	0:00:22	0:00:18
Označení momentů	0:02:27	0:02:11	0:00:30	0:00:13	0:00:12	0:00:11
Zadání sér. čísla		0:03:16	0:01:31	0:00:32	0:01:08	0:00:38
Lepení nálepek	-	0:02:12	0:00:56	0:00:13	0:00:23	0:00:35
Balení	0:03:03	0:07:04	0:03:20	0:02:37	0:02:09	0:01:43
Celkem	0:25:41	0:42:49	0:12:19	0:10:58	0:08:27	0:06:23

(zdroj: vlastní zpracování)

Balení jednotlivých elektrických komponentů bylo optimalizováno oproti prototypové verzi výrobku. Zatímco dříve se k balení využívala bublinková fólie, v současnosti byla nahrazena polystyrenovými výplněmi a papírovými krabicemi. Tato změna zvýšila ochranu komponentů během přepravy a zároveň usnadnila proces balení. Časová náročnost balení se lišila v závislosti na konkrétním komponentu – nejdelší čas balení byl zaznamenán u kamery se světlem (7 minut a 4 sekundy) z důvodu balení 4 kusů, zatímco například balení čteček trvalo v rozmezí 1 až 2 minut.

V rámci pořizování náměrů nebyly zaznamenány žádné výrazné nedostatky. Tento způsob balení se ukázal jako efektivní a bezpečný, a proto by měl být zachován i v dalších fázích výroby. Detailní porovnání původního balení prototypového kusu a optimalizovaného balení malosériové výroby je uvedeno v 10.1.

7.3.8 Vyhodnocení malosériové výroby

Malosériová výroba skenovacích stanic proběhla v období od 22. července až 8. září 2024, přičemž byla realizována v rámci jednosměnného provozu, pět dní v týdnu. V tomto období proběhlo celkem 35 pracovních dní, což představuje 7 plných týdnů výroby. Za toto období bylo zkompletováno a zabaleno 69 skenovacích stanic, což odpovídá průměrné produkci přibližně 10 stanic týdně, čímž byl splněn požadovaný takt zákazníka, který tedy činil 10 smontovaných a zabalených stanic za týden.

V systému bylo na tento projekt zaevidováno celkem 2184 hodin. Pokud bychom tento údaj vztáhli k výrobě 69 stanic, vychází průměrná výrobní náročnost jedné stanice na přibližně 31 hodin a 39 minut. Tato hodnota vyjadřuje součet člověkohodin všech pracovníků, kteří se na montáži a balení podíleli.

Na základě reálně zaznamenaných údajů o trvání jednotlivých pracovních činností však vychází součet časů potřebných ke kompletaci a zabalení jedné stanice na 10 hodin a 19 minut a 55 vteřin. Po zohlednění činností, na kterých se podíleli dva pracovníci současně (balení boxů a řezání polystyrenových výplní), celkový reálný čas činí 12 hodin a 32 minut a 26 sekund. Tento rozdíl oproti systému poukazuje na existenci prostojů, organizačních ztrát nebo neefektivního rozdělení práce. Je však důležité dodat, že šlo o první malosériovou výrobu tohoto typu výrobku, a tedy část ztrátového času mohla být způsobena opatrností, nepřesnou koordinací či absencí zaběhlých pracovních návyků.

Tabulka 12 níže shrnuje jednotlivá stanoviště v rámci pracoviště montáže skenovací stanice, počet pracovníků, zaznamenané pracovní činnosti a časovou náročnost jednotlivých úseků na vybraném pracovišti. Nutno podotknout, že systémové přiřazení konkrétních činností jednotlivým pracovníkům nebylo jednoznačné, což bylo detailněji popsáno v kapitole 7.2. V praxi se tak mohli pracovníci mezi jednotlivými činnostmi střídát.

Tabulka 12 Orientační rozvržení činností na jednotlivých stanovištích pracoviště montáže a a balení skenovací stanice v rámci malosériové výroby

Stanoviště	Počet pracovníků	Pracovní činnosti	Časová náročnost	Celkem (2 pracovníci)
Balení	2	Naskladnění + rozložení dřeva (balení); balení – box 1, box 2; řezání polystyrenových výplní	2:30:31	4:43:02

Stanoviště	Počet pracovníků	Pracovní činnosti	Časová náročnost	Celkem (2 pracovníci)
Montáž el. komponentů	1	Tisk nálepek + dokumentace; montáž a balení – čtečka (N1), čtečka (výstupní stůl), světlo (střecha), světlo (sken. stůl), světlo s kamerou.	1:37:56	1:37:56
Nastavení kamer	1	Montáž – kamera; nastavování – kamera; balení – Loose parts; balená – Spare parts; Příprava - (značení kabelů); balení – kabelů	2:21:00	2:21:00
Montáž komponentů 1	1	Vyskladnění + naskladnění materiálu; stříhání kabel žlabů; montáž – střecha 1; montáž – noha 3; montáž – střecha 2; montáž – noha 2; montáž – vstupní stůl, montáž – skenovací stůl; montáž – ochranné stínění (přední + pravé)	1:54:37	1:54:37
Montáž komponentů 2	1	Vyskladnění + naskladnění materiálu; stříhání kabel žlabů; montáž – střecha 3; montáž – noha - 4; montáž – noha 1; montáž – výstupní stůl; montáž – skenovací stůl; montáž – ochranné stínění (zadní + levé)	1:55:51	1:55:51
Celkem	6		10:19:55	12:32:26

(zdroj: vlastní zpracování)

Výpočty ukázaly, že na pracovišti se v průměru nacházelo přibližně 7,8 pracovníka na směnu, přestože bylo původně plánováno šest osob. Tento údaj vychází z poměru celkového počtu evidovaných hodin (2184) a maximální kapacity jednoho pracovníka za celé sledované období (280 hodin), přičemž výpočet $2184/280 = 7,8$. Zvýšený počet pracovníků mohl být způsoben nerovnoměrnou časovou náročností jednotlivých úseků výroby, potřebou dočasného posílení určitých činností nebo obecnou organizační nepřípraveností typickou pro první běh malosériové výroby. Zjištění naznačují, že pracovní kapacity nebyly využívány zcela rovnoměrně, což otevírá prostor pro zlepšení v oblasti organizace, standardizace a efektivního rozdělení činností.

8 SHRUTÍ VÝSLEDKŮ ANALYTICKÉ ČÁSTI

Úkolem analytické části práce bylo zmapovat pracoviště pro montáž skenovací stanice. Toto pracoviště bylo vybráno především z důvodu, že se jedná o pracoviště, na kterém byl montován nově zařazený produkt do výrobního portfolia společnosti, a proto bylo nutné prověřit veškeré činnosti, které se na pracovišti dějí.

Jako první byla provedena analýza balení prototypového kusu skenovací stanice. Analýza byla provedena pomocí náměru jednotlivých operací. Celkově zabalení prototypového kusu trvalo 2 hodiny 25 minut a 14 vteřin. Během této analýzy bylo odhaleno hned několik nedostatků. Jednalo se především o zjištění, že v tuto dobu nebyl sestaven žádný manuál, který by pracovníkům udával, jak jednotlivé komponenty a krabice s komponenty balit do bedny, což se následně projevilo na jednotlivých operacích, kdy umístění komponentů do bedny trvalo 31 minut a 25 vteřin a umístění krabic do bedny probíhalo 16 minut a 20 vteřin. Dále se jednalo o balení elektronických komponentů, které byly baleny do ochranné fólie, což bylo také velmi zdouhavé. Celkově zabraly tyto činnosti 34 minut a 24 vteřin.

Následně byla provedena analýza přípravy výroby vybraného pracoviště pomocí pozorování a případného dotazování pracovníků na pracovišti. Výsledkem této analýzy vyplynulo hned několik nedostatků. Jako hlavním problémem byl identifikován nedostatečně detailně popsany layout pro montážní pracoviště, který tak následně nemohl být zcela plněn. Konkrétně se jednalo o nepřesné označení jednotlivých palet se vstupním materiálem, neoznačení místa pro uložení zabalených výrobků a velmi vzdálené umístění pracoviště pro nastavování kamer. Také nebyly přiděleny pracovní role pro jednotlivá pracoviště a zodpovědnosti jednotlivých pracovníků.

V rámci třetí analýzy byly pomocí náměrů zjištěny časy veškerých činností, které se na pracovišti provádí. Celkový součet všech činností se rovná 10 hodinám 19 minutám a 55 vteřinám. Během prováděné analýzy bylo odhaleno hned několik činností, u kterých bude možné zlepšení. Z celkových 24 činností, které probíhají na pracovišti bylo identifikováno hned 13, u kterých bude možnost uplatnit nějaké zlepšení. Zároveň bylo zkontrolováno nově navrhované a implementované balení, jak u elektronických komponentů, tak i balení celkové skenovací stanice. Kdy porovnání balení prototypového kusu a balení skenovací stanice v průběhu malosériové výroby je porovnáváno v kapitole 10.1. Veškeré činnosti, u kterých byly identifikovány nedostatky či plýtvání, jsou obsaženy v tabulce 13.

Tabulka 13 Výsledky analytické části

Činnost	Nedostatek	Popis
Balení prototypového kusu	Chybějící manuál k balení	Pracovníci nemají žádné pokyny k uspořádání komponentů v bedně, což vede k prostojům.
	Náročné balení elektronických součástí	Elektronické součástky se balí do ochranné fólie, což je časově náročné a není zajištěna naprostá bezpečnost.
Příprava výroby	Nedostatečné vypracování layoutu pro pracoviště	V layoutu nejsou dostatečně popsány palety pro vstupní materiál a chybí skladovací místo pro hotové výrobky.
	Nepřiřazení pracovních rolí a odpovědností	Pracovní povinnosti jednotlivých pracovníků se domlouvají ústně a nejsou formálně zaznamenány, což vede k nejasnostem.
Řezání polystyren. výplní	Časová náročnost výroby	Řezání polystyrenových výplní probíhá na manuálních řezačkách, což je velmi časově náročné.
Montáž vstupního a výstupního stolu	Dlouhá doba montáže	Kvůli přepravě jsou výrobky páskovány k trámkům, což je fyzicky i časově náročné.
Balení Boxu 1	Neefektivní balení trámků do fólie	Trámky jsou baleny do fólie kvůli výrobkům, které na nich leží velmi neefektivně.
Nastavení kamer	Nepřipravené pracovní prostředí	Při nastavování kamer dochází k velmi vzdálenému přesunu, což prodlužuje proces a zvyšuje riziko poškození kamer.
Balení Loose parts	Dlouhý proces balení	Manuální počítání spojovacího materiálu je časově náročné a vede k vyšší chybovosti.
Značení kabelů	Ztráta času při hledání štítku	Kabely jsou značeny štítky, které jsou vytištěné na 1 archu, což vede k dlouhému hledání štítku.
Montáž el. komponentů (6 komponentů)	Neefektivní zadávání sériového čísla	Manuální přepis sériových čísel el. komponentů je časově náročný a náchylný k chybám.

(zdroj: vlastní zpracování)

Jako první bylo odhaleno, že v době balení prototypového kusu ještě nebyla vypracována návodka pro balení skenovací stanice a nebylo vyřešeno balení elektronických součástí, což značně ztížilo tento proces. Následně v době přípravy na malosériovou výrobu nebyl dostatečně sestavený layout pracoviště. V poslední řadě bylo identifikováno několik nedostatků na pracovišti v průběhu malosériové výroby, mezi které lze zařadit například časově náročné řezání polystyrenových výplní, přípravu smontovaných stolů pro převoz, zdoluhavý proces při značení jednotlivých kabelů štítkem, anebo neefektivní zadávání sériového čísla elektronických komponentů do systému.

V závěru třetí analýzy byla podrobně analyzována samotná realizace malosériové výroby, která probíhala od 22. července do 8. září 2024. Za toto období bylo smontováno a zabaleno celkem 69 skenovacích stanic, tedy přibližně 10 stanic za týden. Čímž se splnil požadovaný takt zákazníka. Na základě údajů ze systému bylo celkově odpracováno 2184 hodin. Z těchto dat lze vypočítat, že průměrná časová náročnost na jednu stanic činila přibližně 31 hodin a 39 minut. Současně byl dopočten i průměrný denní počet pracovníků na pracovišti, který vychází na zhruba 7,8 osob. Tento počet převyšuje plánovaný stav šesti pracovníků a může naznačovat, že v některých obdobích bylo na pracovišti přítomno více osob, než se původně předpokládalo. Důvodem mohly být například časové rozdíly mezi jednotlivými úseky výroby, které způsobily potřebu navýšení počtu pracovníků k zajištění plynulosti výroby. Na základě porovnání zaznamenaných náměrů jednotlivých činností a skutečně odpracovaných hodin lze dále usuzovat, že při výrobě vznikaly určité prostoje, případně byly některé činnosti vykonávány s nižší efektivitou. Vysvětlením může být také skutečnost, že se jednalo o první malosériovou výrobu tohoto konkrétního produktu, což se přirozeně mohlo projevit na delší době potřebné pro jednotlivé operace.

9 VYMEZENÍ POJEKTU

Cílem této kapitoly je jasně vymezit rozsah, obsah a rámec projektu zaměřeného na racionalizaci pracoviště montáže skenovací stanice ve společnosti AWL-Techniek CZ. Projekt vznikl jako reakce na potřebu efektivně zavést malosériovou výrobu nového výrobku, při které byly identifikovány zásadní nedostatky, zejména v oblasti balení, organizační přípravy a provádění určitých činností při montážním procesu. Na základě analytické části bylo právě v těchto oblastech v procesu nalezeno několik nedostatků, které lze zefektivnit, na což se bude i následující projekt zaměřovat.

9.1 Obecný popis projektu

Informace o projektu racionalizace pracoviště montáže skenovací stanice jsou uvedeny v tabulce 14.

Tabulka 14 Obecný popis projektu

Projekt: Projekt racionalizace pracoviště montáže skenovací stanice		
Zadavatel: AWL-Techniek CZ s.r.o.		Typ: Interní projekt
Začátek projektu: 20. 5. 2024		Ukončení projektu: 28. 2. 2025 (Počátek realizace)
Hlavní cíl projektu: Snížení doby montáže a balení na pracovišti pro skenovací stanici		
Specifický	Snížení doby montáže a balení na pracovišti montáže skenovací stanice	
Měřitelný	Snížení doby montáže a balení o 10 % oproti výchozímu stavu	
Dosažitelný	Navrhované změny korespondují s analytickou částí	
Realistický	Projekt schválen vedením podniku	
Termínovaný	Schválení navržených opatření a přechod do realizace do 28. 2. 2025	
Dílčí cíle projektu:	Snížení doby balení v průběhu malosériové výroby o 20 % oproti balení prototypového kusu	
	Navržení nového layoutu pro pracoviště	
Projektový tým	Výstupy projektu:	Očekávané přínosy:
Autor diplomové práce	Návrh nového layoutu	Snížena doba montáže
Manažer kvality	Pracovní instrukce	a balení
Inženýr provoz. dokonalosti	Zkrácení času montáže a balení	Lepší přehlednost
Vedoucí montáže cel	Ekonomické zhodnocení přínosů	procesů

(zdroj: vlastní zpracování)

Projekt s názvem „Projekt racionalizace pracoviště montáže skenovací stanice“ je realizován ve společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o. v Napajedlech jako interní zlepšovací iniciativa. Hlavním cílem projektu je navrhnout opatření vedoucí ke snížení doby montáže a balení o 10 % na základě dat získaných při realizaci první malosériové výroby. Projekt byl zahájen 20. května 2024 a jeho ukončení, respektive přechod do projektu realizace, bylo naplánováno na 1. března 2025. Cíl projektu je také definován pomocí metody SMART.

Pro poměrně časovou obsáhlost projektu jsou také definovány dílčí cíle projektu, mezi které patří snížení doby balení v malosériové výrobě o 20 % oproti balení prototypového kusu a následně návrh nového layoutu pracoviště pro montáž a balení skenovací stanice.

Projektový tým tvoří autor diplomové práce, který zastává pozici průmyslového inženýra ve společnosti, manažer kvality, inženýr provozní dokonalosti a vedoucí montáže cel (robotických center). Očekávanými výstupy projektu jsou mimo jiné návrh nového layoutu, pracovní instrukce pro balení skenovací stanice, zkrácení výrobního času a ekonomické zhodnocení přínosů. Tyto výstupy by měly přinést vyšší efektivitu, nižší chybovost a lepší přehlednost procesů na pracovišti.

9.2 Časový harmonogram projektu

Časová osa projektu, kterou lze vidět na obrázku 12, znázorňuje sled a návaznost jednotlivých činností v období od května 2024 do března 2025. Projekt je rozdělen do třinácti klíčových etap, které logicky navazují na výstupy analytické části a směřují k návrhu a implementaci konkrétních zlepšení.

Projekt začíná v 20. květnu 2024, kdy dochází ke stanovení cílů a sestavení projektového týmu. Tyto úvodní kroky vytvářejí základ pro řízené a koordinované vedení celého projektu. V průběhu června probíhá sběr dat zaměřený na balení prototypového kusu, následovaný jeho vyhodnocením a návrhem nového balení pro malosériovou výrobu. V červenci dochází k odsouhlasení opatření a v následujících 2 měsících probíhá analýza přípravy výroby s analýzou montáže, balení a nastavování kamer pro skenovací stanic v průběhu malosériové výroby.

V poslední čtvrtině roku 2024 je provedeno vyhodnocení analýz, na jejichž základě vznikají konkrétní návrhy optimalizačních opatření. Následně dochází k ekonomickému zhodnocení navržených změn, které slouží jako podklad pro rozhodování vedení společnosti.

V únoru 2025 probíhá schválení vybraných zlepšení, a v březnu 2025 dochází k oficiálnímu přechodu do fáze realizace. Časová osa tak pokrývá celý cyklus od počátečního sběru dat přes návrh řešení až po rozhodnutí o jejich zavedení.

Časový harmonogram projektu												
	Činnost	2024								2025		
		V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	I.	II.	III.
1	Stanovení cílů projektu											
2	Sestavení projektového týmu											
3	Sběr dat se zaměřením na balení prototypového kusu											
4	Vyhodnocení balení prototypového kusu											
5	Navržení nového balení pro malosériovou výrobu											
6	Odsouhlasení a implementace opatření											
7	Analýza přípravy výroby pro malosériovou výrobu											
8	Analýza montáže skenovací stanice (malosériová výroba)											
9	Vyhodnocení analýz s ohledem na zefektivnění											
10	Návrh optimalizací											
11	Ekonomické zhodnocení											
12	Schválení vybraných zlepšení											
13	Přechod do realizace											

Obrázek 12 Časový harmonogram projektu

(zdroj: vlastní zpracování)

9.3 Riziková analýza

V rámci projektu racionalizace pracoviště montáže skenovací stanice byla zpracována riziková analýza s cílem identifikovat možná ohrožení, která by mohla negativně ovlivnit průběh nebo výsledky projektu. Tato analýza slouží jako podpůrný nástroj pro projektový tým k tomu, aby mohl rizikům včas předcházet, minimalizovat jejich dopady a případně připravit nápravná opatření. Pro hodnocení rizik byla zvolena metoda RIPRAN, která zohledňuje jak pravděpodobnost výskytu rizika, tak i jeho dopad na projekt.

Základem analýzy bylo stanovení pravděpodobnosti výskytu jednotlivých rizik. Hodnocení bylo rozděleno do tří úrovní podle procentuální pravděpodobnosti výskytu dané hrozby. Přehled je uveden v Tabulce 15.

Tabulka 15 Pravděpodobnost rizik pro vytvoření RIPRAN analýzy (vlastní zpracování)

Zkratka	Pravděpodobnost	Procenta
MP	Malá pravděpodobnost	0 % - 15 %
SP	Střední pravděpodobnost	16 % - 30 %
VP	Velká pravděpodobnost	31 % - 100 %

Toto rozdělení umožňuje kvalifikovat úroveň rizika přiřazením pravděpodobnosti jak celé hrozbě, tak i konkrétním scénářům, které mohou danou hrozbu způsobit.

Druhým hodnotícím prvkem je dopad rizika na projekt. Dopad byl rovněž rozdělen do tří úrovní, a to s ohledem na míru ovlivnění průběhu projektu. Tabulka 16 shrnuje jednotlivé kategorie a jejich charakteristiku.

Tabulka 16 Kategorie dopadů na projekt pro vytvoření RIPRAN analýzy

Zkratka	Dopad na projekt	Popis
MD	Malý dopad	Minimální vliv na projekt.
SD	Střední dopad	Ovlivní čas, náklady nebo kvalitu projektu.
VD	Velký dopad	Výrazné ohrožení cílů projektu.

(zdroj: vlastní zpracování)

Propojením pravděpodobnosti a dopadu lze stanovit celkovou závažnost rizika. Ta je rozdělena do tří kategorií, které vyjadřují významnost hrozby a doporučený přístup k jejímu řešení. Kombinace jednotlivých úrovní pravděpodobnosti a dopadu je shrnuta v tzv. matici rizika v tabulce 17.

Tabulka 17 Matice rizika pro vytvoření RIPRAN analýzy

	Malý dopad	Střední dopad	Velký dopad
Malá pravděpodobnost	NHR	NHR	SHR
Střední pravděpodobnost	NHR	SHR	VHR
Velká pravděpodobnost	SHR	VHR	VHR

(zdroj: vlastní zpracování)

Označení NHR (nízké hodnocení rizika) představuje situace, kdy nejsou nutné okamžité zásahy, ale doporučuje se riziko sledovat. V případech označených jako SHR (střední hodnocení rizika) je vhodné připravit preventivní opatření a sledovat další vývoj. Nejvyšší kategorie, tedy VHR (vysoké hodnocení rizika), označuje kritické situace, které vyžadují aktivní přístup a konkrétní zásah ještě před realizací rizikového scénáře.

Na základě uvedené metodiky byla vypracována RIPRAN analýza pro pět hlavních hrozeb. Každá hrozba byla dále rozšířena o možné scénáře, které ji mohou vyvolat. Byla stanovena pravděpodobnost výskytu hrozeb, pravděpodobnost výskytu scénářů a součinem

těchto hodnot byla stanovena výsledná pravděpodobnost. Následně byl odhadnut dopad scénářů na projekt a určena výsledná hodnota rizika. Celou analýzu i její výsledky lze sledovat v příloze P IV.

Z provedené analýzy vyplývá, že mezi nejzávažnější rizika patří opomenutí části projektu, nedostatečné technické zhodnocení či zpoždění realizace projektu. Tato rizika vykazují vysokou pravděpodobnost výskytu i výrazný dopad na projekt, a proto spadají do kategorie s vysokou hodnotou rizika (VHR). Pro jejich eliminaci byla navržena opatření, jako je tvorba procesních map, zapojení technických expertů, sledování milníků a zahrnutí časové rezervy do harmonogramu.

Střední rizika (SHR), například pasivní přístup pracovníků nebo opožděné schvalování opatření, vyžadují zvýšenou pozornost v rámci týmové spolupráce. V těchto případech se doporučuje podpora otevřené komunikace, aktivní zapojení zaměstnanců do rozhodování a průběžné konzultace.

Za nízká rizika (NHR) byly označeny například nesprávný výběr dat nebo jejich neúplnost. I v těchto případech byla stanovena opatření, jako je víceukroková kontrola správnosti a úplnosti informací nebo stanovení kontrolních mechanismů.

10 NÁVRH NOVÝCH OPATŘENÍ

V této kapitole jsou uvedeny jednotlivé návrhy nových opatření a v některých případech také jejich konkrétní aplikace. Tyto návrhy vycházejí z analýz provedených v kapitole 7. Stejně jako analytická část je i tato kapitola rozdělena do tří podkapitol.

První podkapitola se věnuje návrhům a přijatým opatřením pro jednotlivá balení určená pro malosériovou výrobu, a to na základě analýzy balení prototypového kusu. Druhá podkapitola obsahuje návrh aktualizovaného layoutu pracoviště a přiřazení konkrétních rolí pracovníkům na základě provedené analýzy. V poslední podkapitole jsou pak prezentována opatření vycházející z časových náměrů jednotlivých činností, která mají vést ke zjednodušení a zefektivnění těchto procesů v rámci malosériové výroby.

10.1 Návrhy a přijatá opatření v oblasti balení pro malosériovou výrobu

V rámci provedené analýzy, která se týkala balení prototypového kusu skenovací stanice a jednotlivých komponentů. Bylo odhaleno, že pro pracovníky v momentu balení prototypu nebyla vypracována žádná návodka, dle které by jednotlivé komponenty mohli balit do beden a krabic. Následně se všechny elektronické komponenty balily do bublinkové fólie a ukládaly do kartonových krabic, což se také ukázalo jako zdlouhavé a neefektivní. Celkově zabraly tyto činnosti 2 pracovníkům 2 hodiny 25 minut a 14 sekund. Jednotlivé časy činností jsou uvedeny v tabulce 4 v kapitole 7.1.

Na základě výsledků z analýzy a po konzultaci se zákazníkem bylo zřejmé, že bude muset přijít hned k několika změnám v oblasti balení v nadcházející malosériové výrobě. Jako první musela přijít změna v rozložení jednotlivých komponentů a krabic v bedně a pro tuto operaci byla vypracována pracovní návodka, kdy přáním zákazníka také bylo zabalit skenovací stanici a její komponenty do 2 beden, a ne pouze do jedné, jak tomu bylo při balení prototypového kusu. Tento požadavek vzniknul především z hmotnostního důvodu jednotlivých komponentů a pak celkového balení. A jako druhou změnou musela přijít změna systému balení elektronických komponentů.

Nejprve je tato kapitola soustředěna na rozložení jednotlivých komponentů a krabic do beden. Kdy ve spolupráci s pracovníkem společnosti AWL-Techniek CZ byly vymodelovány modely jednotlivých beden a následně do nich uloženy komponenty. Jednotlivé modely beden a uspořádání komponentů v nich lze vidět v příloze P V. Toto navrhované opatření se následně i aplikovalo v malosériové výrobě, kdy jednotlivé výsledky

z balení jsou uvedeny na obrázku 13. Na tomto obrázku je také vyobrazen rozdíl, mezi balení skenovací stanice jednotlivých komponentů prototypového kusu a následného balení skenovací stanice v rámci malosériové výroby po uplatnění navrhovaných opatření.



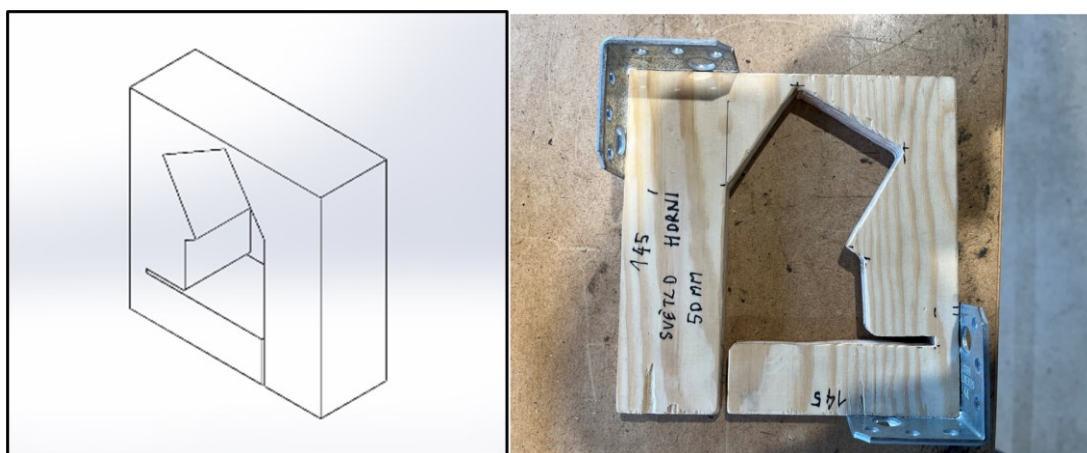
Obrázek 13 Porovnání balení před a po zavedení navrhovaných opatření

(zdroj: vlastní zpracování)

Jak lze vidět na obrázku 13, balení skenovací stanice pro malosériovou výrobu bylo rozděleno do 2 beden. V jedné bedně se nachází střecha zařízení a nohy zařízení. A do druhé bedny patří veškeré stoly zařízení, elektrický rozvaděč a krabice s elektronickými

zařízeními. Aby bylo vše kompletní, tak byly pro samotné balení jednotlivých komponentů do beden vypracovány návody, v rámci digitální platformy Manual.to, které popisují jednotlivé kroky, jak zabalit komponenty do beden a například, jaký spojovací materiál použít. Část jednotlivých návodů lze vidět v příloze P 6.

Následně bylo v provedené analýze pro balení prototypového kusu odhalena možnost pro zlepšení při balení elektronických komponentů, kdy u prototypového kusu docházelo pouze k balení těchto komponentů do ochranné fólie a následnému vložení do kartonové krabice. Reakcí na tento nedostatek vznikl nápad pro využití ochranných výplní, které by usnadnili balení a do jisté míry také zvýšili bezpečnost elektronických komponentů při převoze. Tento nápad se také v malosériové výrobě uplatnil. Pro nedostatek času nemohla být najata externí společnost, která by tyto výplně mohla vyrábět, a tak byla společnost AWL nucena si tyto výplně vyrábět sama. Postup byl vcelku totožný, jako při navrhování jednotlivých boxů. Nejprve byly navrženy modely polystyrenových výplní, které půjdou vyrábět interně pomocí polystyrenových řezaček. A následně byly pro tyto modely vytvořeny řezací šablony, dle kterých se budou samotné polystyrenové výplně vyřezávat pomocí řezaček. Celkově se jednalo o vytvoření výplní pro 6 odlišných komponentů. Jednu z modelových výplní společně s vyřezávací šablonou lze vidět na obrázku 14.



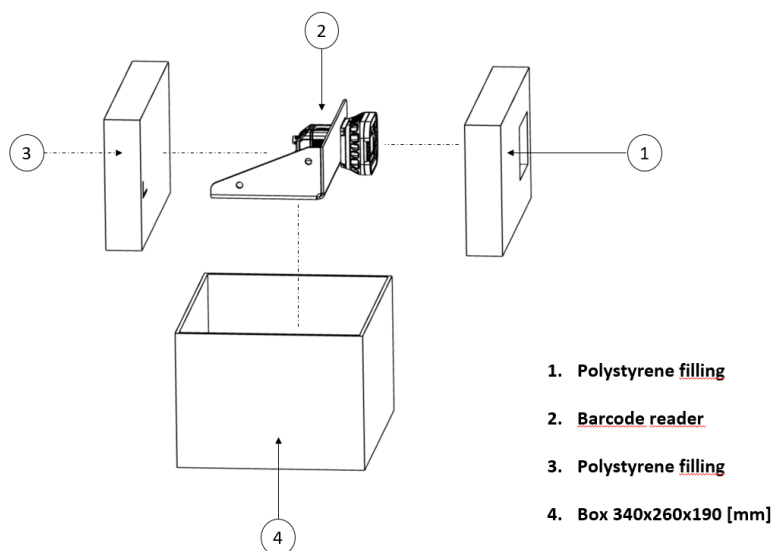
Obrázek 14 3D model a vyrobená šablona pro řezání polystyrenových výplní

(zdroj: vlastní zpracování)

Analýzu k vyřezávání jednotlivých polystyrenových výplní lze vidět v kapitole 7.3.1. Kdy se ukázalo, že zvolení řezání těchto výplní interně bylo opravdu velmi časově náročné a jednotlivé návrhy pro zlepšení procesu jsou uvedeny v kapitole 10.3.1.

V rámci navrhovaných opatření, které vyplynuly z prováděných analýz, bylo také vytvořit pracovní manuály pro balení elektronických komponentů. Tyto manuály byly

vypracovány v návaznosti po vyhotovení jednotlivých modelů polystyrenových výplní. Fotografická ukázka z manuálu je vyobrazena na obrázku 15. Tyto manuály by měly především zajistit správné propojení jednotlivých komponentů s polystyrenovými výplněmi a zajistit tak jejich bezpečný transport.



Obrázek 15 Ukázka z pracovního manuálu pro zabalení elektronického komponentu

(zdroj: vlastní zpracování)

Na obrázku 16 lze následně vidět porovnání balení elektronických komponentů pro prototypový kus (vlevo) skenovací stanice oproti balení elektronických komponentů v rámci malosériové výroby (vpravo).



Obrázek 16 Porovnání balení el. komponentů před a po zavedení navrhovaných opatření

(zdroj: vlastní zpracování)

Jako poslední krok je zapotřebí provést porovnání těchto variant i po časové stránce. Níže v tabulce 18 jsou uvedeny časy balení jednotlivých komponentů před zavedenými změnami, tedy v moment, kdy se balil prototypový kus a následně časy po zavedení navrhovaných opatření, tedy v období malosériové výroby. Tyto časy jsou použity z předchozích kapitol, konkrétně tedy z tabulky 4, tabulky 7 a tabulky 11.

Tabulka 18 Porovnání časové náročnosti balení skenovací stanice v rámci prototypového kusu a malosériové výroby

Činnost	Čas před opatřením [h]	Čas po opatření [h]	Úspora [h]	Úspora
Kompletní zabalení bedny/beden	1:50:50	1:14:04	0:36:46	33 %
Zabalení elektronických komponentů	0:34:24	0:19:56	0:14:28	42 %
Celkem	2:25:14	1:34:00	0:51:14	35 %

(zdroj: vlastní zpracování)

Na základě provedených opatření v oblasti balení skenovací stanice v porovnání balení prototypového kusu a následně balení skenovací stanice v rámci malosériové výroby po aplikaci navrhovaných opatření došlo k snížení časové náročnosti balících operací. Celková úspora činí 51 minut a 14 sekund, což představuje zkrácení celkového času balení o přibližně 35 % oproti původnímu stavu, čímž byl splněn dílčí cíl projektu a přesáhl požadovanou hodnotu 20 % o 15 procentních bodů.

Jako první lze pozorovat zlepšení u činnosti kompletního zabalení bedny/beden, kde došlo ke zkrácení doby o 36 minut a 46 sekund. To bylo dosaženo především zavedením standardizovaných pracovních postupů a vytvořením vizuálních návodů prostřednictvím platformy Manual.to, které pomohly eliminovat prostoje při rozhodování o rozmístění komponentů a krabic do beden. Nutno také podotknout, že tuto činnost vykonávaly 2 pracovníci, celková úspora člověkohodin zde tedy bude 1 hodina, 13 minut a 32 sekund

U činnosti zabalení elektronických komponentů se potřebný čas zkrátil o 14 minut a 28 sekund. V tomto případě sehrála klíčovou roli optimalizace balících materiálů (např. náhrada

ochranné fólie za polystyrenové výplně) a zjednodušení samotného postupu balení. Na této činnosti se podílel jak u prototypové části, tak v malosériové výrobě pouze 1 člověk.

10.2 Navržení nového layoutu pracoviště a přiřazení činností k pracovištím

Tato podkapitola se zaměřuje na návrh nového layoutu montážního pracoviště a přiřazení konkrétních pracovních rolí jednotlivým členům výrobního týmu. Podnětem k tomuto návrhu byla analýza současného stavu přípravy výroby uvedená v kapitole 7.2, která odhalila několik zásadních nedostatků. Jednalo se především o nedostatečně popsany layout pracoviště a chybějící formální rozdělení rolí mezi pracovníky. Další podněty vzešly z podrobné analýzy jednotlivých činností prováděných v rámci malosériové výroby (viz kapitola 7.3.8), která poukázala na nerovnoměrné vytížení pracovníků, neefektivní organizaci práce a absenci jasně definovaných odpovědností. Cílem navržených změn je vytvořit přehledné a funkční uspořádání pracoviště, které přispěje ke zvýšení efektivity výroby a lepší koordinaci pracovních činností.

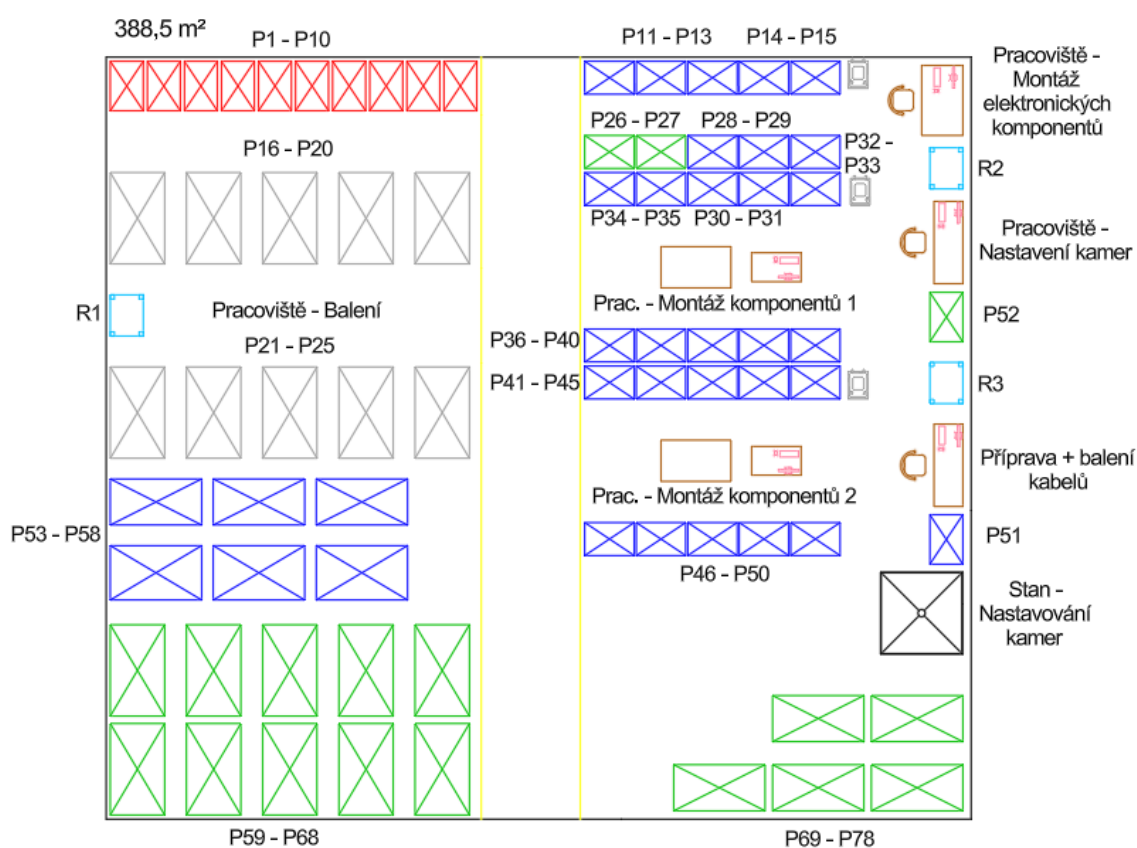
10.2.1 Navržení nového layoutu pracoviště

V rámci optimalizace organizace výroby byl navržen nový layout pracoviště montáže a balení skenovací stanice, který reflektuje reálné potřeby výrobního procesu. Nově navržené uspořádání zabírá celkovou plochu 388,5 m², oproti původním 284 m². Jak již bylo uvedeno v analytické části, původní layout nezohledňoval některé skutečně existující prvky na pracovišti, což vedlo k neúplnému nebo nepřesnému plánování.

Nový layout, znázorněný na obrázku 17, přináší několik klíčových změn v uspořádání pracoviště s cílem zlepšit tok materiálu a zvýšit prostorovou efektivitu. Jednou z hlavních úprav je doplnění výstupních palet P59–P78, které slouží pro skladování již zabalených skenovacích stanic. Tyto pozice dříve zcela chyběly, a hotové výrobky tak musely být dočasně odkládány mimo pracovní plochu, což narušovalo plynulost provozu a snižovalo přehlednost. Navržené řešení zároveň umožňuje, aby byly palety s Boxy 2 stohovány na sebe, čímž dochází k efektivnějšímu využití dostupné podlahové plochy. Tato úprava nejen zvyšuje kapacitu výstupní zóny, ale přispívá i k vyšší bezpečnosti, usnadňuje orientaci pracovníků a podporuje plynulý průběh jednotlivých operací bez zbytečných přesunů a zdržení.

Další výraznou změnou je přesné označení a popis všech paletových pozic a regálů, včetně vstupního a výstupního materiálu, díky čemuž je zajištěna lepší orientace pracovníků na pracovišti. Pro každé paletové místo a regál je definována funkce, což usnadňuje plánování materiálových toků i kontrolu zásob.

Významným vylepšením z hlediska ergonomie a úspory času je nově navržený stan pro nastavování kamer, umístěný přímo v rámci hlavního pracoviště. Tento prvek odstraňuje nutnost přenášet komponenty do jiné části budovy. Zatímco dříve pracovník ušel v rámci jednoho cyklu nastavování přibližně 250 kroků, tedy okolo 175 m, nyní je tato vzdálenost zkrácena na pouhých 34 kroků, což je přepočteno na 22 metrů. Díky čemuž dochází ke značné úspoře času i fyzické zátěže. Podrobnější informace jsou uvedeny v kapitole 10.3.4.



Obrázek 17 Nový návrh layoutu pracoviště pro montáž a balení skenovací stanice

(zdroj: vlastní zpracování)

Pro zajištění maximální přehlednosti nově navrženého layoutu byla vytvořena souhrnná tabulka, která je vyobrazena jako tabulka 19, jejíž cílem je popsat veškerá označení palet a regálových pozic. Konkrétně tabulka obsahuje přehledné rozdělení jednotlivých míst včetně jejich popisu, účelu a specifikace využití. Každé označení je doplněno o poznámku, která blíže vysvětluje jeho roli v rámci celého výrobního toku. Záznamy zahrnují jak vstupní a

výstupní materiál, tak i pracovní pomůcky, polotovary a elektronické komponenty, které jsou přiřazeny ke konkrétním dílčím stanovištím v rámci pracoviště montáže a balení. Tato systematizace by měla výrazně přispět k lepší orientaci pracovníků na pracovišti.

Tabulka 19 Popis paletových míst a regálů v návrhu layoutu

Označení	Popis	Poznámka
P1 – P10	10 palet – vyrobené rozvaděče	Vyrobené rozvaděče připravené k zabalení do Boxu 2.
P11 – P13	3 palety – výplně na balení	Výplně na balení elektronických komponentů
P14 – P15	2 palety – kartony na balení	Kartony na balení elektronických komponentů
P16 – P25	10 palet – balení vyrobených stanic do boxu 1 a 2	Nejprve balení Boxů 1 a následně balení Boxů 2
P26 – P27	2 Palety – výstup. mat. pro pracoviště el. komponentů	Výstup z pracoviště montáže el. komponentů
P28 – P31	4 palety – Elektronické komponenty	Elektronické komponenty pro pracoviště montáže el. komponentů
P32 – P33	2 palety – vstup. mat. pro prac. montáže a bal. elektronických komponentů	Polotovary pro montáž el. komp.
P34 – P35	2 palety – vstupní materiál pro prac. MK 1	Polotovary – montáž vstup. stolu
P36 – P40	5 Palet – Vstup. mat. pro prac. montáž komponentů 1	Polotovary – montáž střeška, nohy, sken. stůl
P41 – P45	5 Palet – Vstup. Mat. pro pracoviště montáž komponentů 2	Polotovary – montáž střeška, nohy, sken. stůl
P46 – P50	5 Palet – Vstupní materiál pro prac. montáž komponentů 2	Polotovary – montáž výstup. stolu
P51	1 Paleta – vstupní materiál pro přípravu kabelů	Kabely připravené k značení
P52	1 Paleta – výstupní materiál pro balení kabelů	Zabalené označené kabely
P53 – P58	6 Palet – vstup. Mat. pro balení Boxu 1 a Boxu 2	Dřevěné stěny, palety + podlahy
P59 – P68	10 palet – výstup balení Boxů 2	Zabalené sken, stanice v Boxu 2
P69 – P78	10 palet – výstup balení Boxů 1	Zabalené sken. stanice v Boxu 1, dvě palety na sobě
R1	Regál – pracovní pomůcky pro pracoviště balení	Dokumentace, spreje, folie, nářadí
R2	Regál - spoj. materiál + výstup – nastavování kamer	Spojovací materiál a nastavené kamery pro další montáž
R3	Regál – výstup pro značení kabelů	Označené kabely připraveny k balení

(zdroj: vlastní zpracování)

10.2.2 Přiřazení činností k pracovištím

Součástí návrhu organizačního zlepšení pracoviště bylo kromě úpravy layoutu také systémové přiřazení pracovních rolí a konkrétních činností k jednotlivým dílčím stanovištím. Analýza průběhu malosériové výroby (viz kap. 7.3.8) ukázala, že v původním stavu docházelo k neefektivnímu rozdělení práce, častému překrývání úkonů mezi pracovníky a nejasně definovaným odpovědnostem. Tyto nedostatky byly způsobeny především tím, že před zahájením malosériové výroby nebyla k dispozici přesná časová data jednotlivých činností, což vedlo k nepřesnému plánování a improvizaci v průběhu výroby. Dle náměrů zabralo pracovníkům vyrobit 1 skenovací stanici 12 hodin 32 minut a 26 sekund, dle firemního systému se ovšem jednalo o 31 hodin a 39 minut.

Tabulka 20 Navržené rozdělení pracovních činností montáže a balení skenovací stanice (vlastní zpracování)

Stanoviště	Počet pracovníků	Pracovní činnosti	Časová náročnost	Celkem – 2 pracovníci
Balení	2	Naskladnění + rozložení dřeva (balení); balení – box 1, box 2; balení – kabely	1:54:29	3:08:33
Montáž elektronických komponentů	1	Tisk nálepek + dokumentace; montáž – kamera; montáž a balení – čtečka (N1), čtečka (výstupní stůl), světlo (střecha), světlo (sken. stůl), světlo s kamerou.	1:50:46	1:50:46
Nastavení kamer	1	Montáž – kamera; nastavení – kamera; balení – Loose parts; balení – Spare parts; příprava – značení kabelů	1:45:42	1:45:42
Montáž komponentů 1	1	Vyskladnění + naskladnění materiálu; stříhání kabel žlabů; montáž – střecha 1; montáž – noha 3; montáž – střecha 2; montáž – noha 2; montáž – vstupní stůl, montáž – skenovací stůl; montáž – ochranné stínění (přední + pravé)	1:54:39	1:54:39
Montáž komponentů 2	1	Vyskladnění + naskladnění materiálu; stříhání kabel žlabů; montáž – střecha 3; montáž – noha - 4; montáž – noha 1; montáž – výstupní stůl; montáž – skenovací stůl; montáž – ochranné stínění (zadní + levé)	1:55:51	1:55:51
Celkem	6		9:21:28	10:35:32

Jak lze vidět v tabulce 20, na základě těchto zjištění bylo navrženo rozdělení pracovníků na pět klíčových stanovišť, kde patří balení, montáž elektronických komponentů, nastavování kamer, montáž komponentů 1 a montáž komponentů 2. Každé stanoviště má jasně definovanou náplň práce, přiřazený počet pracovníků a stanovenou časovou náročnost činností.

Rozptyl mezi nejvíce a nejméně vytíženými pracovišti se po zavedení opatření pohybuje v rozmezí 1:55:51 (Montáž komponentů 2) až 1:45:42 (Nastavení kamer), tedy rozdíl činí pouhých 10 minut a 10 sekund. Oproti tomu v původním rozdělení činností činil rozdíl mezi nejméně a nejvíce vytíženým pracovištěm výrazných 52 minut a 35 sekund – konkrétně 1:37:56 u nejméně vytíženého stanoviště a 2:30:31 u toho nejvytíženějšího. Tento výrazný nepoměr vedl k přetížení některých pracovníků, zatímco jiné pozice měly rezervy. Nový návrh proto představuje zásadní krok k vybalancování pracovního zatížení a celkové efektivity výroby. Důležitou změnou oproti původnímu stavu je skutečnost, že na pracovišti se již nevykonává řezání polystyrenových výplní, jelikož tato činnost bude nově outsourcována externím dodavatelem. Tímto krokem došlo k odlehčení pracoviště balení a uvolnění kapacity pro jiné činnosti, což se přímo odrazilo na celkovém čase i pracovním rozdělení.

V návaznosti na požadovaný takt zákazníka, který stanovuje výrobu 10 kompletně smontovaných a zabalených skenovacích stanic týdně, byla připravena také alternativní varianta rozložení pracovních činností. Tato varianta představuje minimalistické řešení s celkovým počtem čtyř pracovníků, kteří by daný objem výroby zvládli při dodržení stávající časové náročnosti operací. V této konfiguraci jsou některé činnosti z důvodu úspory pracovní síly sloučeny – např. pracovník montáže elektronických komponentů současně zajišťuje montáž kamer i čteček, včetně nastavování kamer. Podobně je do jedné role spojena většina mechanických operací v rámci montáže komponentů. Přestože se jedná o variantu optimalizovanou z hlediska personálních nákladů, je nutné počítat s vyšším zatížením jednotlivých pracovníků a s menší rezervou v případě výpadků nebo odchylek od standardního taktu. Přehled této varianty je uveden v tabulce 21.

Tabulka 21 Alternativní verze rozložení pracovních činností

Stanoviště	Počet pracovníků	Pracovní činnosti	Celkem	Celkem (2 pracovníci)
Balení	2	Naskladnění + rozložení dřeva (balení); Tisknutí nálepek + Dokumentace; balení – box 1; balená – box 2; příprava – kabely (značení); balení – Spare parts; balení – Loose parts; balení – kabely.	3:02:37	4:16:41
Montáž el. komponentů	1	Naskladnění + vyskladnění materiálu; tisknutí nálepek + dokumentace; montáž – kamera; nastavování – kamera; montáž a balení – čtečka (N1), čtečka (výstupní stůl), světlo (střecha), světlo (sken. stůl), světlo s kamerou; montáž – skenovací stůl.	3:09:03	3:09:03
Montáž komponentů	1	Stříhání kabel žlabů; montáž – střecha; montáž – nohy; montáž – vstupní stůl; montáž – výstupní stůl; montáž – skenovací stůl; montáž – ochranné stínění.	3:09:48	3:09:48
Celkem	4		9:21:28	10:35:32

(zdroj: vlastní)

Navržené přiřazení pracovních rolí a činností může přinést zlepšení v organizaci práce, přehlednosti výrobního toku a rovnoměrném zatížení pracovníků. Oproti původnímu stavu došlo k odstranění překrývání činností, k jednoznačnému vymezení odpovědností a ke snížení rizika zbytečných prostojů. Zásadním přínosem je také dosažení téměř vyrovnané časové náročnosti jednotlivých pracovišť, což výrazně usnadňuje plánování směn a zvyšuje efektivitu výroby. Doplněním druhé varianty rozdělení práce s minimálním počtem pracovníků byla vytvořena flexibilní alternativa pro případ omezených personálních kapacit, která umožňuje zachovat požadovaný takt výroby.

10.3 Navržení opatření pro jednotlivé činnosti v rámci pracoviště

montáže a balení skenovací stanice

Tato kapitola je zaměřena na návrh konkrétních opatření, která byla zpracována na základě zjištěných nedostatků identifikovaných v průběhu malosériové výroby skenovacích stanic. Jednotlivá navržená zlepšení vycházejí z výsledků podrobné analýzy časových náměrů, popsanych v kapitolách 7.3.1 až 7.3.7. Cílem této části je eliminovat zjištěné problémy, zkrátit časovou náročnost jednotlivých činností a zvýšit plynulost procesů. V každé

podkapitole jsou opatření navržena přímo na základě naměřených dat, doplněna o jednotlivá možná zlepšení.

10.3.1 Opatření pro řezání polystyrenových výplní

Analýza procesu řezání a vyřezávání polystyrenových výplní (viz kapitola 7.3.1) odhalila, že tato činnost je časově nejvíc zatěžující činností v rámci montáže a balení elektronických komponentů. Celkový časový rozsah téměř 58 minut a 27 sekund z čehož více než 34 minut, což tvoří téměř 60 %, připadá na samotné vyřezávání tvarově specifických výplní, představuje významnou časovou zátěž jak pro pracovníky, tak pro celý výrobní proces. Manuální forma řezání, při níž jsou výplně vyřezávány pomocí struny vedené dřevěnými formami, se ukázala jako problematická nejen z hlediska času, ale také kvůli zvýšené chybovosti – struna se při řezání často zadrhává, což zpomaluje průběh práce a může vést i ke znehodnocení výplně. Vzhledem k tomu, že se operace provádí ručně a vyžaduje přítomnost dvou osob, jedná se rovněž o činnost s vysokým podílem lidských zdrojů. Při výrobě 69 skenovacích stanic tak dva pracovníci strávili touto činností dohromady více než 134 hodin práce.

Z těchto důvodů jsou navrženy 2 alternativní opatření. Prvním řešením je outsourcing výroby výplní u specializovaného dodavatele, který disponuje přesnějším a efektivnějším technologickým vybavením, čímž by se nejen zkrátila doba přípravy, ale uvolnily by se i kapacity pracovníků pro jiné úkony ve výrobě. Druhou variantou je návrh a výroba nových forem, které by umožnily plynulejší vedení řezací struny a eliminovaly současné problémy s jejím zachytáváním.

10.3.2 Opatření ke snížení časové náročnosti při montáži vstupního a výstupního stolu

Analýza operací prováděných při činnosti montáže vstupního a výstupního stolu, která je uvedena v kapitole 7.3.2, poukázala na časovou náročnost spojenou s páskováním dřevěných hranolů k montovaným stolům, které slouží pouze k jejich fixaci během přepravy. Tato operace zabírá přibližně 13–15 % z celkového času montáže každého stolu. Konkrétně se jedná o 6 minut a 10 vteřin z celkových 46 minut a 59 vteřin u vstupního stolu a následně 6 minut a 43 vteřin z celkových 43 minut a 27 vteřin u výstupního stolu. Následně lze říct, že se nejedná o operaci, která by přidávala hodnotu pro samotný výrobek. Významnou komplikací je navíc nutnost manipulovat se stoly kvůli jejich umístění na dřevěné trámký,

ke kterým jsou následně páskovány, a to především kvůli jejich nadměrné hmotnosti, což přispívá ke zvýšené zátěži pracovníků.

Navrženým opatřením je nahrazení stávajícího způsobu fixace použitím kotevních ok se třmenem. Tato oka by byla trvale přišroubována k podlaze přepravního boxu a umožnila by přímé přepásání stolu prostřednictvím klasické vázací pásky, bez nutnosti použití mezikusu ve formě hranolu. Výhodou tohoto řešení je výrazně snadnější a rychlejší manipulace, eliminace potřeby umísťování stolu na trámký a zjednodušená fixace stolu v boxu. Kotevní oka se třmenem jsou zobrazena na obrázku 18.



Obrázek 18 Oko kotevní s třmenem

(zdroj: https://www.naradihornig.cz/oko-koFtevní-s-trmenem-6-63mm-deska-s-d-krouzkem-1296-37_z34667/)

Dalším doporučením je pořízení akumulátorové páskovačky, která by nahradila dosavadní ruční způsob napínání pásky. Elektronická aku páskovačka umožňuje rychlé a rovnoměrné napnutí i zavaření pásky, což snižuje fyzickou náročnost práce a zkracuje čas potřebný pro zajištění stolu. Tato kombinace opatření by mohla přinést při montáži stolů nejen časovou úsporu, ale také zvýšit ergonomii pracoviště a snížit riziko úrazu při manipulaci s těžkými komponenty.

10.3.3 Opatření ke zkrácení doby balení Boxu 1 a Boxu 2

Na základě analýzy činnosti balení skenovacích stanic v rámci malosériové výroby do dvou přepravních boxů, která je uvedena v kapitole 7.3.3, bylo odhalen potenciál pro zefektivnění této činnosti. I když samotné rozdělení stanice do dvou samotných boxů přineslo pozitivní změny z hlediska časového, rovnoměrného rozložení hmotnosti a bezpečnosti přepravy, u operace balení komponentů do boxu 1 byla zaznamenána časová náročnost, která lze odstranit. Konkrétně se jednalo o operaci balení dřevěných hranolů, která tvoří značný podíl na celkové době balení. Tato operace trvá 7 minut a 47 vteřin z celkových 37 minut a 36

vteřin balení boxu 1. Cílem navrženého opatření je zjednodušit tento úkon a zkrátit jeho trvání, aniž by byla ohrožena bezpečnost komponentů během přepravy.

Ve stávající operaci byly dřevěné hranoly, sloužící jako opěrné prvky pro umístění komponentů v boxu 1, baleny ručně do bublinkové fólie a fixovány pomocí izolepy. Tento způsob balení byl časově náročný, vyžadoval ovíjení každého hranolu, kdy do 1 boxu přijdou hned 4 tyto hranoly. Kromě časové náročnosti tento postup představoval i zbytečnou materiálovou zátěž.

Navrženým opatřením je nahrazení bublinkové fólie ochrannými profily z pěnového polyethylenu, které se na hranoly nebo převážení komponenty pouze nasunou, bez potřeby dalšího upevnění. Tento způsob ochrany zajišťuje dostatečné tlumení při přepravě, eliminuje nutnost lepení a podstatně zkracuje časovou náročnost činnosti. Tímto krokem lze dosáhnout nejen zrychlení samotné operace, ale i zjednodušení celého procesu balení při zachování požadované úrovně ochrany výrobku. Navrhovaný ochranný profil lze vidět na obrázku 19



Obrázek 19 Ochranný profil z pěnového polyethylenu

(zdroj: https://eshop.mirelon.com/ESHOPOVE-MENU/Prumyslove-obaly-MIRELON/Ochranne-profily-MIRELON/Ochranny-profil-MIRELON-Omega-10-_d188236_11179.aspx.)

10.3.4 Opatření ke zkrácení doby nastavování kamer a snížení fyzické zátěže pracovníka

Proces nastavování kamer patří mezi časově i organizačně náročnější činnosti v rámci výroby skenovacích stanic. Jak vyplývá z analýzy uvedené v kapitole 7.3.4, nastavení šesti kamer u jednoho kusu výrobku zabere dohromady 33 minut a 14 sekund, přičemž významnou část tohoto času tvoří jak samotné nastavování kamer, tak přípravné úkony a

připojení kamer k nastavovacímu zařízení. V současném nastavení však tento proces probíhá mimo hlavní výrobní halu, konkrétně v kancelářské místnosti, která byla zvolena z důvodu potřeby čistého prostředí a minimalizace vlivu okolního světla. Tato vzdálenost ale znamená, že pracovník musí při nastavování kamer ujít přibližně 250 kroků (tam i zpět), což představuje přibližně 175 metrů. Tato aktivita následně zvyšuje fyzickou zátěž a zároveň zvyšuje riziko poškození komponentů při manipulaci a přenášení. Tento nadbytečný pohyb byl zachycen a vizuálně znázorněn v spaghetti diagramu uvedeném v Příloze III. Cílem návrhu opatření je zkrátit celkovou dobu procesu, snížit fyzickou náročnost a zefektivnit tok materiálu i pracovníků bez dopadu na kvalitu nastavování.

Navrhovaným opatřením ke snížení časové náročnosti a fyzické zátěže při nastavování kamer je pořízení stanu, ve kterém by tento proces nově probíhal. Stan je určen k vytvoření odděleného, stabilního a světelně kontrolovaného prostoru přímo na pracovišti pro montáž a balení skenovací stanice, čímž odpadá nutnost přenášet kamery mimo halu do vzdálené kancelářské místnosti. Umístění tohoto stanu je již uvedeno v návrhu nového layoutu, který je popsán v kapitole 10.2.1. Podle tohoto layoutu je stan vzdálen pouze 11 metrů od samotného pracoviště, což znamená, že pracovník ujde při každém cyklu nastavování pouze 22 metrů (tam i zpět), namísto původních 175 metrů. Tímto řešením dojde nejen ke zkrácení času potřebného pro manipulaci a přenášení, ale i ke snížení rizika poškození kamer a zvýšení bezpečnosti při jejich nastavování. Navrhovaný stan, určený pro nastavování kamer, je zachycen na obrázku 20.



Obrázek 20 Stan pro nastavování kamer (vlastní zpracování)

10.3.5 Opatření ke snížení doby balení „Loose Parts“

Analýza procesů balení skupiny komponent označovaných jako „Loose parts“, která je uvede v rámci kapitoly 7.3.5, ukázala, že nejvíce času z celé činnosti zabírá operace balení spojovacího materiálu, a to s časovou náročností 13 minut a 53 sekund, což tvoří téměř 54 % z celkové doby balení této skupiny dílů. Celkový čas činnosti balení Loose Parts je tedy 25 minut a 48 sekund. Při provádění náměrů operace balení spojovacího materiálu bylo zjištěno, že pracovník musí každý typ spojovacího materiálu manuálně počítat a jednotlivě zabalit do samostatného sáčku, což proces nejen výrazně zpomaluje, ale zvyšuje i riziko chybovosti v počtu kusů. Tato kombinace časové náročnosti a náchylnosti k chybám naznačuje, že právě zde existuje prostor pro optimalizaci a zjednodušení procesu balení.

Navrženým opatřením ke zkrácení doby balení spojovacího materiálu a snížení chybovosti je použití digitální počítací váhy, která na základě zadané hmotnosti jednoho kusu automaticky spočítá počet kusů podle celkové navážené hmotnosti. Pracovník by tak nemusel jednotlivé šrouby či jiný spojovací materiál počítat, ale mohl by si připravit požadovaný počet kusů použitím této váhy. Tento přístup by výrazně urychlil manipulaci se spojovacím materiálem, zejména u více kusů, ale také by minimalizoval riziko lidské chyby při ručním sčítání.



Obrázek 21 Váha na počítání spojovacího materiálu

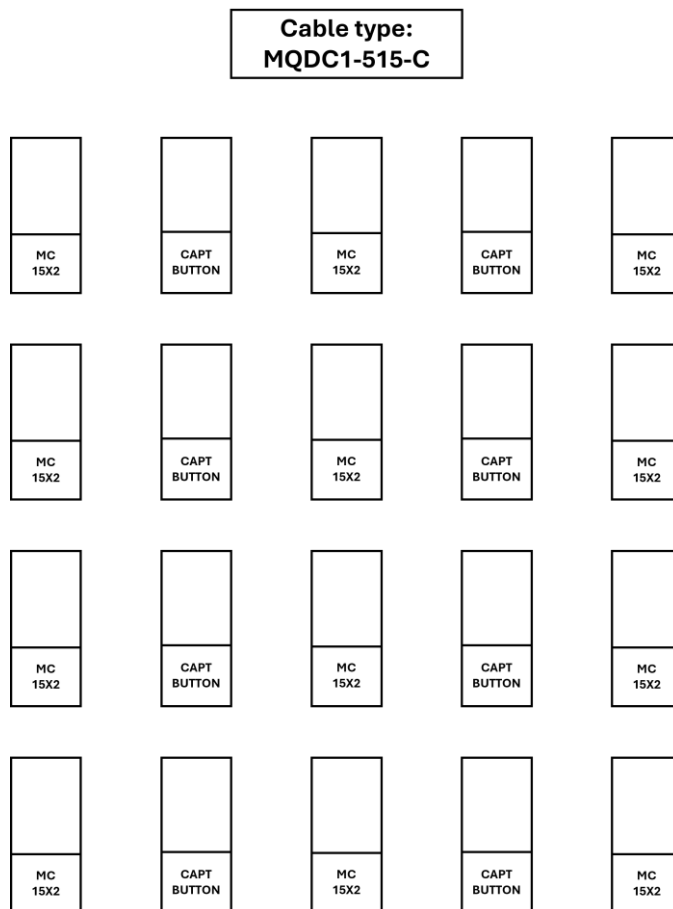
(zdroj: vlastní zpracování)

Na obrázku 21 je zachyceno testování takové váhy při vážení šroubů. Hmotnost jednoho šroubu je v tomto případě 8,75 g, což lze vidět na display váhy pod názvem „UNIT WEIGHT“. Celková váha všech šroubů je 0,335 kg, na váze zobrazeno jako „WEIGHT“ a následně váha dopočítává, že celkové vážené množství odpovídá 38 kusům. Tento způsob může být aplikován u všech typů spojovacího materiálu. V konečném důsledku tak může dojít k výrazné časové úspoře při balení a ke zvýšení přesnosti balení.

10.3.6 Opatření ke zkrácení času značení kabelů

Značení kabelů je nezbytnou součástí výroby skenovacích stanic, protože zajišťuje správné propojení jednotlivých částí elektrického systému mezi rozvaděčem a připojovanými zařízeními. Jak bylo popsáno v kapitole 7.3.6, během procesu je potřeba označit celkem 33 kabelů, což představuje nalepení 66 štítků. Celkově se pak tyto kabely dělí do 6 různých druhů. Celkový čas balení kabelů se rovnal 21 minutám a 51 sekundám, přičemž téměř 30 % této doby připadá na operaci vyhledávání správného štítku. Tento úkon lze zařadit jako plýtvání v podobě zbytečného pohybu a času. Důvodem zdržení je zejména stávající způsob tisku, kdy jsou všechny štítky vytištěny na jednom archu. Pracovník je tak nucen štítky neustále pro daný kabel vyhledávat, což zvyšuje nejen časovou náročnost, ale i riziko záměny štítku a následného nesprávného zapojení stanice. Cílem navrhovaného opatření je tento proces zjednodušit, zpřehlednit a tím zvýšit jeho efektivitu i spolehlivost.

Navrženým opatřením je změna způsobu tisků štítků, který by zásadně zjednodušil orientaci pracovníka při značení kabeláže. Nový návrh počítá s tím, že pro každý typ kabelu bude vytištěn samostatný arch, který bude obsahovat 20 štítků. Arch by vždy obsahoval štítek pro začátek a konec kabelu a byl připraven pro 10 výrobních kusů skenovací stanice, což odpovídá týdennímu požadovanému taktu od zákazníka. Celkem by tak bylo připraveno 33 archů, přehledně rozdělených podle jednotlivých kabelů. Tento způsob eliminuje nutnost hledání štítků na velkém společném archu, což v aktuálním stavu tvoří téměř 30 % celkové doby značení. Pracovník bude moci vzít vždy konkrétní arch a bez další manipulace označit všechny kabely daného typu, čímž se zjednoduší celý proces, zkrátí čas potřebný pro značení a zároveň se výrazně sníží riziko záměny štítků. Také navrhuji jednotlivé archy označit typem kabelu. Ukázkový návrh tiskového archu, který odpovídá novému systému značení, je uveden na obrázku 22. Tiskový arch byl uzpůsoben tiskárně, která je využívá ve společnosti k tisknutí lepících štítků.



Obrázek 22 Tiskových arch pro štítky ke značení kabelů

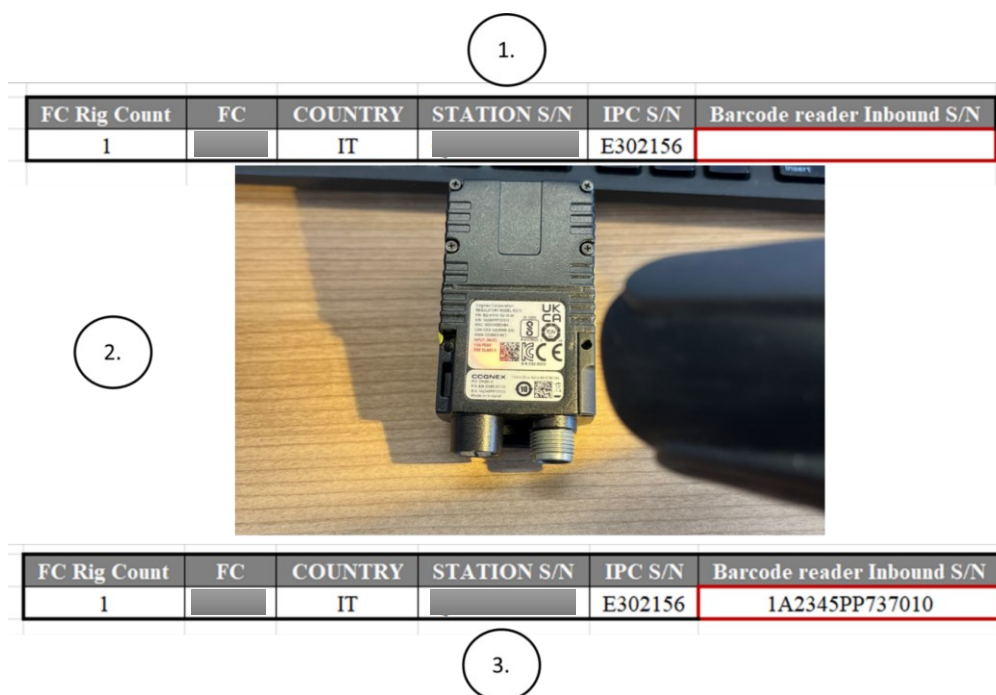
(zdroj: vlastní zpracování)

10.3.7 Opatření ke zrychlení zadávání sériových čísel elektronických komponentů do systému

Analýza činností montáže a balení elektronických komponent, která je uvedena v kapitole 7.3.7, ukázala, že jednotlivé montážní operace probíhají ve většině případů efektivně a bez výrazných komplikací. Optimalizace balení, kdy došlo k přechodu balení do bublinkové fólie na polystyrenové výplně přinesla pozitivní výsledky jak z hlediska ochrany komponentů, tak časové úspory. Jediným výraznějším nedostatkem, který byl během pořizování náměrů identifikován, je manuální zadávání sériových čísel elektronických komponentů do systému. Tento krok je nezbytný z důvodu požadavku zákazníka na zpětnou dohledatelnost komponent, avšak současná forma ručního přepisu sériových čísel je zdlouhavá, a především náchylná k chybám, které mohou mít vliv na správnost evidence. Z těchto důvodů byl tento krok označen jako vhodný pro digitalizaci a zefektivnění

prostřednictvím technického řešení. Z celkové montáže a balení komponentů (1 hodina, 46 sekund a 37 sekund) zabere zaznamenávání sériových čísel 7 minut a 5 sekund.

Navrženým opatřením ke zefektivnění procesu zadávání sériových čísel je využití čtečky čárových nebo QR kódů, která by umožnila automatizované načítání sériových čísel přímo z komponentu do připravené tabulky v počítači. Čtečka by mohla být připojena pomocí USB rozhraní, nebo v případě potřeby bezdrátového provozu také prostřednictvím Bluetooth. V obou případech funguje zařízení jako vstupní jednotka podobně jako klávesnice, kdy se načtené číslo pomocí QR kódu vloží do odpovídající buňky bez nutnosti ručního přepisování. Tímto způsobem by bylo možné zkrátit dobu potřebnou pro evidenci, ale především eliminovat riziko lidské chyby při zadávání. Toto řešení je snadno implementované bez potřeby speciálního softwaru.



Obrázek 23 Skenování sériových čísel elektronických komponentů pomocí čtečky QR kódů

(zdroj: vlastní zpracování)

Na přiloženém obrázku 23 je zdokumentován praktický příklad využití čtečky čárových kódů při zadávání sériových čísel elektronických komponentů. Horní část obrázku zobrazuje výchozí stav v tabulce Microsoft Excel, kde zatím chybí vyplněné sériové číslo konkrétního komponentů. Střední část obrázku zachycuje samotné skenování QR kódu na zařízení pomocí ruční čtečky připojené k počítači. Spodní část obrázku pak ukazuje výsledek, tedy sériové číslo načtené do příslušného řádku a sloupce tabulky.

11 ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH OPATŘENÍ

Tato kapitola se zaměřuje na zhodnocení navrhovaných opatření, která byla detailně rozpracována v předcházející kapitole 10. Konkrétně se jedná jak o již realizovaná opatření uvedená v kapitole 10.1, tak o doporučené návrhy, které byly rozebrány v rámci kapitol 10.2 a 10.3, a které doposud nebyly implementovány. Cílem této kapitoly je posoudit jednotlivé návrhy především z pohledu jejich přínosu pro efektivitu výroby, tedy zejména z hlediska dosažené časové úspory a zjednodušení pracovních činností. První část kapitoly (11.1) je věnována zhodnocení jednotlivých návrhů z hlediska dosažené nebo potenciální časové úspory a přínosů pro výrobní proces, druhá část (11.2) se následně zaměřuje na zhodnocení nákladů spojených s realizací opatření a jejich ekonomický přínos ve formě úspor.

11.1 Zhodnocené jednotlivých navrhovaných opatření

Následující kapitola je rozdělena do tří podkapitol dle charakteru a stavu realizace navrhovaných opatření. První podkapitola (11.1.1) se věnuje opatřením, které již byla implementována v rámci malosériové výroby, konkrétně v oblasti balení skenovací stanice.

Podkapitoly 11.1.2 a 11.1.3 se naopak zaměřují na návrhy, které byly identifikovány jako potenciálně přínosné, avšak jejich realizace v praxi zatím neproběhla. U těchto dosud neaplikovaných opatření je posuzována především předpokládaná časová úspora a její potenciální dopad na efektivitu výroby. Odhady vycházejí z kombinace reálných náměrů zaznamenaných během malosériové výroby (kapitola 7), dále z vlastního pozorování procesů a také z odborných konzultací s pracovníky společnosti AWL-Techniek CZ, s.r.o., kteří dané činnosti ve výrobě pravidelně vykonávají. U každého opatření byl odhadovaný časový přínos stanoven na základě porovnání současného a navrhovaného postupu. I přesto je třeba mít na paměti, že se jedná o orientační hodnoty, jejichž přesnost bude možné ověřit až při další malosériové výrobě, kdy budou návrhy uvedeny do praxe.

11.1.1 Zhodnocení návrhů a přijatých opatření v rámci balení pro malosériovou výrobu

Jedním z klíčových opatření, které bylo navrženo a následně aplikováno v rámci malosériové výroby skenovací stanice, byla optimalizace procesu balení. Na základě analýzy provedené při balení prototypového kusu bylo zjištěno několik zásadních nedostatků. Mezi které patřila absence pracovních návodů, neefektivní způsob balení elektronických komponentů do bublinkové fólie a nedostatečné rozvržení komponentů v rámci jediné

přepravní bedny. Tyto nedostatky měly za následek prodloužení času potřebného k provedení balících operací, a tím i vyšší pracovní zatížení zaměstnanců.

V reakci na tato zjištění byla zavedena opatření spočívající ve vytvoření nového systému balení. Klíčovým krokem bylo rozdělení balení do dvou beden, což umožnilo lepší rozložení hmotnosti a snadnější manipulaci. Zároveň byly ve spolupráci se zaměstnanci společnosti AWL-Techniek CZ, s.r.o. vymodelovány 3D návrhy rozmístění komponentů, na jejichž základě vznikly pracovní návodky prostřednictvím digitální platformy Manual.to. Tyto návodky pomohly zefektivnit celý proces balení tím, že zamezily nejasnostem při rozhodování o rozmístění komponentů a zajistily jednotný a standardizovaný postup.

Dalším z významných kroků byla změna způsobu balení elektronických komponentů. Místo původního obalování ochrannou fólií byla zavedena výroba polystyrenových výplní, které zajišťují nejen bezpečnější transport, ale i rychlejší manipulaci. I přesto, že tyto výplně byly z důvodu časových omezení vyráběny interně, podařilo se vytvořit odpovídající modely a řezací šablony, jejichž výroba a implementace proběhla úspěšně. S tím souviselo i vytvoření manuálu pro balení jednotlivých komponentů do těchto výplní, které zajistily jejich správné přiřazení ke konkrétnímu typu obalu.

Z výsledků analýzy vyplývá, že díky aplikaci navrhovaných opatření došlo k významnému snížení časové náročnosti balících operací. Celková doba potřebná k zabalení skenovací stanice se zkrátila z původních 2 hodin a 25 minut a 14 sekund na 1 hodinu a 34 minut, což představuje úsporu 51 minut a 14 sekund, tedy přibližně 35 %, čímž byl naplněn první dílčí cíl diplomové práce. Kdy u balení skenovacích stanic do beden bylo uspořeno 36 minut a 46 sekund, a to především díky zavedení standardizovaných postupů a vizuálních návodů. Z pohledu člověkohodin je důležité zmínit, že na balení skenovacích stanic do beden se podíleli 2 pracovníci, pro ekonomickou část zde tedy bude nutné tento čas vynásobit dvěma, celková úspora pro tuto činnost tedy bude 1 hodina 13 minut a 32 sekund. V případě balení elektronických komponentů se pak čas zkrátil o 14 minut a 28 sekund, a to díky použití nových výplní a zjednodušení balících kroků. Tuto činnost vykonával už pouze 1 pracovník, úspora se neliší.

11.1.2 Zhodnocení navržení nového layoutu pracoviště a přerazení činností k pracovištím

Na základě poznatků získaných při analýze přípravy výroby (viz. kapitola 7.2), byla navržena dvě navazující opatření. Prvním bylo přetvoření stávajícího layoutu pracoviště

s cílem zlepšit orientaci a tok materiálu. Druhým opatřením bylo přeřazení jednotlivých činností na konkrétní stanoviště, jejich rovnoměrné rozdělení mezi pracovníky a optimalizace výrobního toku. Tato kapitola se věnuje oběma návrhům a hodnotí jejich přínos z hlediska organizace a potenciální časové úspory.

Návrh nového layoutu

Stávající uspořádání výrobního prostoru vykazovalo v době malosériové výroby řadu nedostatků. Jednalo se o chybějící jednoznačné vymezení prostoru pro skladování zabalených beden, pozice vstupního materiálu nebyly přesně určeny a jednotlivá pracoviště nebyla viditelně označena. Což vedlo ke zmatkům při organizaci práce.

Navržený layout, který je zpracován v kapitole 10.2.1, jasně definuje umístění veškerých palet, nově jsou zde označeny místa pro umístění zabalených skenovacích stanic v bednách, s možností stohovat Boxy 2 na sebe. V poslední řadě zde byl na layoutu vyobrazen stan, který umožní na pracovišti nastavovat kamery, což by mohlo výrazně snížit počet nachozených kroků pracovníka. Konkrétně se jedná o změnu z původních 250 kroků (tam i zpět) na 34 kroků.

Ačkoli návrh zatím nebyl implementován, lze již nyní předpokládat, že by jeho zavedení přispělo k eliminaci organizačních zmatků a zvýšení celkové plynulosti výroby. V této fázi však nebyla kvantifikována časová úspora. Navržením layoutu byl splněn druhý dílčí cíl diplomové práce.

Vyhodnocení přeřazení činností k pracovištím

Součástí navržených opatření bylo také přeřazení jednotlivých činností k přesně definovaným pracovištím a jejich rovnoměrné rozložení mezi pracovníky. Cílem tohoto kroku bylo eliminovat přetížení jednotlivých pozic a zajistit plynulost výroby.

Z analýzy současného stavu (viz kapitola 7.3.8) vyplynulo, že původní rozdělení činností mezi pracovníky bylo nerovnoměrné. Zatímco například montáž elektronických komponentů probíhala poměrně plynule, pracovníci zajišťující balení a s ním spojené operace byli výrazně přetížení. Tento nepoměr se odrazil i ve vytížení jednotlivých pracovníků. Nejméně vytížený pracovník strávil na činnostech 1 hodinu, 37 minut a 56 sekund, zatímco nejvíce vytížený pracovník 2 hodiny, 30 minut a 21 sekund, což představuje rozdíl téměř 53 minut. Tato nerovnováha pravděpodobně vedla k potřebě častých záskoků jiných pracovníků, což mohlo být jedním z důvodů, proč průměrná skutečná obsazenost

pracoviště činila 7,8 pracovníka, ačkoli bylo původně plánováno pouze šest. Celková doba balení a montáže pak trvala dle naměřených časů 12 hodin, 32 minut a 30 sekund.

Nově navržené přeřazení činností zohlednilo rovnoměrné rozdělení práce mezi všechny členy týmu. Po optimalizaci a odstranění operací s nízkou přidanou hodnotou, konkrétně řezání polystyrenových výplní, se podařilo dosáhnout výrazného zlepšení nejen v časové efektivitě, ale také ve vyváženosti pracovní zátěže.

Jako první lze vidět v tabulce 22 celkový čas montáže a balní skenovací stanice před a po navrhovaných změnách. Celková úspora po odstranění řezání polystyrenových výplní se rovná 1 hodině 57 minut a 29 sekundám. Tato úspora na jednu montáž a balení skenovací stanice představuje významný potenciál. Nejen že zvyšuje efektivitu samotného procesu, ale umožňuje zvážit snížení potřebné personální kapacity. Pokud by byly eliminovány přetěžující činnosti a činnosti s nízkou přidanou hodnotou, jako právě řezání výplní, existuje prostor pro návrat ke standardnímu počtu šesti pracovníků, bez nutnosti častého záskoku další osoby.

Tabulka 22 Porovnání aktuálního stavu montáže a balení s navrhovaným řešením

	Celkový čas před opatřením [h]	Celkový čas po odstranění řezání polystyren. výplní [h]	Úspora [h]
Rozdělení pracovních činností	12:32:26	10:35:32	1:56:54

(zdroj: vlastní zpracování)

Po přerozdělení jednotlivých činností došlo také ke změně rozptylu mezi nejvíce a neméně vytíženými pracovišti. Po zavedení opatření se rozptyl pohybuje v rozmezí 1 hodina, 55 minut a 51 sekund až 1 hodina, 45 minut a 42 sekund, tedy rozdíl činí pouhých 10 minut a 10 sekund. Oproti tomu v původním rozdělení činností činil rozdíl mezi neméně a nejvíce vytíženým pracovištěm výrazných 52 minut a 35 sekund. Rozdíl je zde tedy 42 minut a 25 sekund.

Z výše uvedeného je zřejmé, že přeřazení činností k definovaným pracovištím a odstranění nadbytečných operací vedlo nejen ke zvýšení efektivity, ale rovněž vyrovnání zátěže mezi pracovníky a možnému snížení potřebného počtu osob na pracovišti. Tato opatření by tak mohla mít významný vliv na dlouhodobou stabilitu a efektivitu výroby.

11.1.3 Zhodnocení navržených opatření pro jednotlivé činnosti v rámci pracoviště montáže a balení skenovací stanice

V této části jsou vyhodnocena opatření uvedená v kapitole 10.3, která představují návrhy na zlepšení jednotlivých dílčích operací v rámci montáže a přípravy skenovací stanice. Jedná se o opatření, která doposud nebyla zavedena do praxe, jejich přínosy tedy vycházejí z analýzy současného stavu a konzultací s pracovníky společnosti AWL-Techniek CZ, s.r.o. Cílem každého z návrhů je zefektivnění konkrétní činnosti, eliminace zbytečných kroků nebo snížení zátěže pracovníků. U každého opatření je uveden předpokládaný dopad, především ve vztahu k možné časové úspoře.

Opatření pro řezání polystyrenových výplní

Řezání polystyrenových výplní je nejvíce časově zatěžující činností v rámci balení a montáže skenovací stanice, s celkovou délkou 58 minut a 27 sekund na jednu stanici. Operace je prováděna dvěma pracovníky, což znamená celkovou časovou náročnost téměř 1 hodinu a 57 minut na stanici. Ruční řezání je nejen pomalé, ale i náchylné k chybám. Navrženým řešením je outsourcing výroby výplní nebo návrh nových forem pro efektivnější interní řezání. Především varianta outsourcingu by společnosti mohla ušetřit 1 hodinu 56, minut a 54 sekund

Optimalizace montáže vstupního a výstupního stolu

Analýza ukázala, že fixace stolů pomocí páskování na dřevěné hranoly zabírá až 6–7 minut z montáže každého stolu, tedy přibližně 13–15 % celkového času, tedy téměř 47 minut a 43 sekund. Tato operace nepřináší výrobku žádnou přidanou hodnotu a zvyšuje fyzickou zátěž pracovníků kvůli manipulaci s těžkými trámky. Navržené řešení využívající kotevní oka se třmenem a akumulátorovou páskovačku by mohlo zkrátit čas této operace až o polovinu, tedy na 3 až 3,5 minuty, a současně výrazně zlepšit ergonomii. Opatření by tak přineslo úsporu času, snížení rizika úrazu a vyšší komfort pracovníků.

Optimalizace balení dřevěných hranolů v boxu 1

Analýza balení boxu 1 ukázala, že operace ručního balení čtyř dřevěných hranolů do bublinkové fólie a jejich fixace izolepou trvá 7 minut a 47 sekund, což je více než 20 % z celkového času balení tohoto boxu. Navrhovaným řešením je nahrazení bublinkové fólie ochrannými pěnovými profily, které se na hranoly pouze nasunou bez nutnosti dalšího upevnění. Tento postup by mohl zkrátit trvání operace přibližně o 4–5 minut, čímž by došlo k významnému zrychlení balicího procesu při zachování stejné úrovně ochrany. Opatření

zároveň přináší výhodu v podobě snížení spotřeby obalového materiálu a zvýšení celkové efektivity činnosti.

Optimalizace procesu nastavování kamer

Nastavení kamer zabírá při výrobě jedné stanice 33 minut a 14 sekund, přičemž jednu z náročných operací tvoří příprava a přesuny do kancelářské místnosti mimo halu. To je způsobeno tím, že při aktuálním stavu pracoviště zde kamery nejde nastavovat a pracovník musí tuto operaci provádět právě mimo pracoviště. Pracovník při každém cyklu ujde až 175 metrů, což zvyšuje fyzickou zátěž i riziko poškození komponentů. Navrženým řešením je zřízení světelně chráněného stanu přímo na pracovišti, ve vzdálenosti 22 metrů (tam i zpět) od pracoviště nastavování kamer, jak ukazuje návrh layoutu z kapitoly 10.2.1. Tím by došlo k zásadnímu zkrácení času chůze, který by se mohl snížit o 3 až 3,5 minuty na stanici z celkových 4 minut.

Optimalizace balení spojovacího materiálu pomocí počítací váhy

Analýza balení skupiny „Loose parts“ ukázala, že balení spojovacího materiálu zabírá 13 minut a 53 sekund, tedy téměř 54 % z celkového času 25 minut a 48 sekund. Pracovník musí jednotlivé kusy manuálně počítat a sáčkovat, což je nejen zdoluhavé, ale i náchylné k chybám. Navržené opatření, tedy použití digitální počítací váhy, umožní rychlé odměření správného počtu kusů podle hmotnosti. Tímto způsobem lze zkrátit balení této části až o 8–10 minut a zároveň zvýšit přesnost i komfort pracovníků při manipulaci s drobným materiálem.

Optimalizace značení kabelů pomocí upravených tiskových archů

Proces značení 33 kabelů zabere aktuálně pracovníkovi 21 minut a 51 sekund, přičemž 6 minut a 15 vteřin připadá na vyhledávání štítků na společném archu. Navržená změna spočívá ve vytvoření samostatných tiskových archů pro každý typ kabelu, čímž odpadne nutnost štítky hledat. Každý arch by obsahoval štítky pro 10 kusů, přehledně označené dle typu kabelu. Tento systém tisknutí štítků téměř vyřadí operaci hledání, a tak by odhadovaná úspora mohla být 5–6 minut na jednu skenovací stanici.

Optimalizace evidence sériových čísel pomocí čtečky kódů

Z montáže a balení elektronických komponent zabere zadávání sériových čísel 7 minut a 5 sekund z celkového času 1 hodina, 46 minut a 37 sekund, přestože zbytek procesu probíhá efektivně. Manuální přepis čísel je velmi náchylný k chybám. Navrhovaným

řešením je použití čtečky čárových nebo QR kódů, která automaticky přenese číslo přímo do systému. Tímto opatřením lze zkrátit tuto činnost o 5–6 minut a zároveň výrazně zvýšit přesnost evidence. Implementace je technicky nenáročná a nevyžaduje speciální software.

11.1.4 Zhodnocení celkové možné úspory

Na základě navržených opatření uvedených v jednotlivých částech kapitoly 10.3 byla vytvořena souhrnná tabulka 23, která přehledně porovnává aktuální délku jednotlivých činností s jejich předpokládanou časovou náročností po implementaci navrhovaných změn. Jak vyplývá z přehledu, největší potenciál pro úsporu představuje outsourcing procesu řezání polystyrenových výplní, u kterého může dojít k úplnému odstranění časové náročnosti této činnosti. Další úspory vznikají především u operací, kde bylo navrženo zavedení pomůcek (např. čtečky kódů, počítací váhy, vizuálních návodů) nebo úprav pracovních postupů (např. změna způsobu páskování stolů, přesun nastavování kamer).

Tabulka 23 Potencionální úspora u navrhovaných opatření

Činnost	Původní čas	Čas po navrhovaném opatření	Potencionální úspora
Řezání polystyren. výplní	1:56:54	0:00:00	1:56:54
Montáž vstupního a výstupního stolu	0:43:27	0:39:57	0:03:30
	0:46:59	0:43:59	0:03:30
Balení komponentů do Boxu 1	0:37:36	0:33:06	0:04:30
Nastavování kamer	0:33:14	0:29:54	0:03:20
Balení Loose parts	0:25:48	0:17:48	0:08:00
Značení kabelů	0:21:51	0:16:51	0:05:00
Montáž a balení světel	1:46:37	1:41:37	0:05:00
Celkem	x	x	2:29:44

(zdroj: vlastní zpracování)

Celková odhadovaná úspora všech navrhovaných opatření činí 2 hodiny, 29 minut a 44 sekund na jednu vyrobenou skenovací stanici. Což z celkové počáteční hodnoty 12 hodin, 32 minut a 26 sekund tvoří 19,9 %, čímž byl naplněn hlavní cíl diplomové práce. Celkový čas montáže a balení skenovací stanice by se tak po zavedení navrhovaných opatření mohl rovnat 10 hodinám 2 minutám a 42 sekundám. Je však důležité zdůraznit, že se v tomto

případě se jedná o orientační hodnoty, které byly stanoveny na základě analytické části práce, pozorování a konzultací se zaměstnanci společnosti AWL-Techniek CZ, s.r.o. Vzhledem k tomu, že další malosériová výroba v době zpracování práce ještě neproběhla, nebylo možné navržená opatření prakticky ověřit a změřit jejich reálný přínos. Odhady proto vyjadřují potenciál úspor, který může být v praxi upřesněn až po jejich zavedení a následném vyhodnocení během další výrobní série.

11.2 Zhodnocení navrhovaných opatření z pohledu nákladů a úspor

Tato kapitola se zaměřuje na ekonomické zhodnocení opatření navržených v předchozích částech práce. Hodnocení vychází z dosažených nebo předpokládaných časových úspor, které byly popsány v kapitole 11.1. Cílem této části je převést tyto časové úspory do ekonomické roviny a posoudit, jaký dopad mohou mít na efektivitu a nákladovost výroby skenovací stanice.

Kapitola je rozdělena do dvou částí. V podkapitole 11.2.1 jsou ekonomicky zhodnocena opatření, která byla v praxi již implementována, konkrétně v rámci balení stanice a jednotlivých komponentů dle návrhů uvedených v kapitole 10.1. Druhá část, tedy kapitola 11.2.2 se věnuje ekonomickému zhodnocení dosud neaplikovaných návrhů, uvedených v kapitole 10.2 a 10.3, kdy tyto návrhy se v některých případech vzájemně prolínají. Vzhledem k tomu, že dosud nebyla ověřena reálná implementace těchto opatření, vychází ekonomické hodnocení z odhadovaných hodnot, které byly stanoveny na základě provedené analýzy a konzultací se zaměstnanci ze společnosti AWL-Techniek, s.r.o.

11.2.1 Ekonomické zhodnocení aplikovaných opatření v oblasti balení

Tato část se zaměřuje na ekonomické zhodnocení opatření, která byla implementována v rámci malosériové výroby skenovací stanice a popsána v kapitole 10.1. Jedná se především o změny v oblasti balení – konkrétně o zavedení nového uspořádání komponentů do dvou přepravních boxů, využití polystyrenových výplní místo bublinkové fólie a vytvoření digitálních pracovních návodů pro celý proces balení. Hodnocení vychází z porovnání vstupních nákladů na realizaci těchto opatření a dosažených časových úspor, které byly změřeny během výroby. Cílem je posoudit, zda a v jaké míře přijatá opatření přinesla ekonomický přínos a jaký je jejich potenciál do budoucna z hlediska návratnosti investice.

Realizace navržených změn v oblasti balení skenovací stanice si vyžádala určité vstupní náklady, které zahrnovaly jak práci zaměstnanců podílejících se na návrhu a

implementaci změn, tak i nákup zařízení a materiálu. Tyto náklady lze rozdělit na tři oblasti. Jako první jsou náklady spojené s balením komponentů do přepravních boxů, následně jsou zde uvedeny náklady spojené s balením elektronických komponentů a v poslední řadě náklady vázající se na manuální řezání polystyrenových výplní.

V případě opatření týkajících se balení do přepravních boxů šlo především o návrh nového rozmístění komponentů v přepravních boxech a následné vytvoření vizuálních pracovních návodů. Na těchto aktivitách se podílel mechanik po dobu 16 hodin a stážista po dobu 48 hodin. Při hodinové sazbě 1 000 Kč/h pro technika mechatroniky a 184 Kč/h pro stážistu činily náklady na tuto oblast 24 832 Kč.

Balení elektronických komponentů vyžádalo návrh modelů polystyrenových výplní, vytvoření pracovních návodů, výrobu řezacích šablon, dále pak nákup dvou polystyrenových řezaček a nákup samotného polystyrenového materiálu. Dohromady zde byl zapojen 16 hodinami technik mechatroniky a 8 hodinami stážista. Včetně nákupu zařízení a materiálu se náklady celkově rovnaly 33 440 Kč.

Nejvyšší položkou byly náklady spojené s manuálním řezáním výplní, které bylo nutné provést interně z důvodu omezeného času a nedostupnosti externího dodavatele. Technici mechatroniky, při výrobě 69 skenovacích stanic, strávili tímto úkolem celkem 134 hodin, 26 minut a 6 sekund, dle jednotlivých náměrů, což při jejich sazbě odpovídá částce 134 435 Kč. Jednotlivé náklady lze vidět v tabulce 24.

Náklady na polystyrenové výplně pro jednu skenovací stanici v rámci první malosériové výroby se tedy rovnají přibližně 2433 Kč/ks.

Tabulka 24 Náklady na realizaci balení pro malosériovou výrobu

Oblast opatření	Náklady [Kč]
Balení do přepravních boxů (modely + návody)	24 832 Kč
Balení elektronických komponentů (modely, návody, materiál, zařízení)	33 440 Kč
Vyřezávání polystyrenových výplní	134 435 Kč
Celkem	192 707 Kč

(zdroj: vlastní zpracování)

Na základě reálných měření během malosériové výroby bylo naměřit časové úspory, které přineslo zavedení navržených změn v oblasti balení skenovací stanice. Celkově se doba potřebná k zabalení jednoho kusu zkrátila ze 2 hodin a 25 minut na 1 hodinu a 34 minut, což představuje úsporu 51 minut a 14 sekund. Z toho největší úspora vznikla při samotném

balení do přepravních boxů, kde došlo ke zkrácení času o 36 minut a 46 sekund. Jelikož však tuto činnost vykonávali dva pracovníci současně, je třeba tuto hodnotu pro ekonomické vyčíslení násobit dvěma. Reálná úspora v člověkohodinách tedy činí 1 hodinu, 13 minut a 32 sekund na jednu stanici. Tato úspora vznikla zejména díky zavedení standardizovaných pracovních postupů a použití digitálních návodů. Druhou významnou úsporu přineslo balení elektronických komponentů, kde díky použití polystyrenových výplní a zjednodušenému postupu došlo ke zkrácení času o 14 minut a 28 sekund. Tuto činnost vykonával pouze jeden pracovník, takže není potřeba hodnotu násobit.

Při celkovém počtu 69 vyrobených kusů činí přepočtená úspora práce mechatroniků 84 563 Kč za balení do boxů a 16 637 Kč za balení elektronických komponentů. Celková úspora tak dosahuje přibližně 101 200 Kč. Jednotlivé údaje lze také vidět v tabulce 25.

Tabulka 25 Úspory při realizaci návrhů pro balení skenovací stanice

Oblast úspory	Úspora [Kč]
Balení do boxů (2 pracovníci)	84 563,33 Kč
Balení elektronických komponentů	16 636,67 Kč
Celkem	101 200 Kč

(zdroj: vlastní zpracování)

Z provedeného ekonomického hodnocení vyplývá, že realizovaná opatření v oblasti balení skenovací stanice vedla k měřitelným časovým úsporám. Celková úspora práce mechatroniků během malosériové výroby 69 kusů dosáhla přibližně 101 200 Kč. Na druhé straně však bylo nutné vynaložit značné vstupní náklady, které dosáhly výše 192 707 Kč. Vysoká část těchto nákladů souvisí především s tím, že společnost byla nucena vyrábět polystyrenové výplně interně, jelikož v čase realizace nebylo možné zajistit vhodného externího dodavatele. Výroba výplní tak probíhala v improvizovaných podmínkách, mimo standardní výrobní proces, a vyžadovala jak nákup zařízení (řezací technika), tak i výraznou časovou kapacitu pracovníků.

Tabulka 26 Vyhodnocení realizace nového balení pro sken. stanici (vlastní zpracování)

Kategorie	Hodnota [Kč]
Celkové náklady	192 707
Celková úspora	101 200
Rozdíl (ztráta)	91 507

Jak vyplývá z tabulky 26 z pohledu přímých nákladů a úspor vznikla ztráta ve výši 91 507 Kč. Je však třeba zdůraznit, že většina nákladů byla způsobena nutnou improvizací pro splnění požadavků zákazníka. Pokud by v budoucnu došlo ke zajištění výplní od externího dodavatele a ke stabilizaci výrobního procesu, mohly by být výsledky výrazně příznivější.

11.2.2 Ekonomické zhodnocení navrhovaných opatření v oblasti montáže a balení

Tato část kapitoly se zaměřuje na ekonomické zhodnocení opatření, která byla navržena v rámci kapitol 10.3.1 až 10.3.7, a která se týkají optimalizace jednotlivých činností v rámci pracoviště montáže a balení skenovací stanice. Opatření zatím nebyla realizována v praxi, a proto jejich přínos nebylo možné ověřit v reálném provozu. Ekonomické hodnocení je tak založeno na předpokládaných časových úsporách, které byly stanoveny na základě analýzy současného stavu, vlastního pozorování procesů a odborných konzultací se zaměstnanci společnosti AWL-Techniek CZ, s.r.o. Výpočty byly dále konkretizovány s ohledem na informaci, že následující malosériová výroba bude zahrnovat celkem 23 kusů skenovacích stanic.

V rámci výpočtu byly zohledněny jak jednorázové fixní náklady, tak náklady opakující se na každou vyrobenou stanici. Mezi fixní náklady patří pořízení stanu pro nastavování kamer v hodnotě 10 000 Kč, čtečky čárových/QR kódů za 1 598 Kč a práce stážisty při tvorbě šablon pro tisk značení kabelů v hodnotě 368 Kč. Tyto položky jsou považovány za dlouhodobě využitelné a jejich náklady se v dalších výrobních sériích již nebudou opakovat. Dále byly započteny jednicové náklady na outsourcing ochranných výplní, jejichž cena byla na základě dodavatelské nabídky stanovena na 1 548 Kč za kus. Pro výrobu 23 kusů tak tyto výplně představují náklad ve výši 35 604 Kč. Do výpočtu nebyly zahrnuty nástroje, které má společnost již k dispozici a může je zdarma zapůjčit – konkrétně digitální počítací váha pro balení spojovacího materiálu a akumulátorová páskovačka. Jednotlivé náklady lze vidět v tabulce 27.

Souhrnná výše všech nákladů na realizaci opatření pro plánovaný objem výroby 23 kusů tedy činí 47 570 Kč. Tato hodnota zahrnuje fixní i jednicové náklady.

Tabulka 27 Náklady pro navrhovaná opatření v rámci pracoviště montáže a balení

Oblast opatření	Jednotková cena [Kč]	Počet kusů/hodin	Celková cena [Kč]
Outsourcing ochranných výplní	1 548	23	35 604
Stan pro nastavování kamer	10 000	1	10 000
Čtečka čárových/QR kódů	1 598	1	1 598
Šablony pro značení kabelů (stážista)	184/h	2	368
Celkem			47 570 Kč

(zdroj: vlastní zpracování)

Na základě zhodnocení v předchozí kapitole byla odhadnuta úspora ve výši 2 hodin, 29 minut a 44 sekund na jednu stanici, což při průměrné hodinové sazbě technika ve výši 1 000 Kč/h představuje úsporu 2 495 Kč na jeden kus. Při výrobě 23 stanic lze tedy odhadovat celkovou úsporu ve výši 57 385 Kč. Tato hodnota představuje snížení nákladů na pracovní sílu díky zjednodušení operací, rychlejší manipulaci a lepší organizaci práce.

Tabulka 28 Vyhodnocení navrhovaných opatření v rámci pracoviště montáže a balení

Kategorie	Hodnota [Kč]
Celkové náklady (23 ks)	47 570
Celková úspora (23 ks)	57 385
Rozdíl (čistý přínos)	9 815

(zdroj: vlastní zpracování)

Při porovnání nákladů a předpokládaných úspor v tabulce 28 vyplývá, že realizace navržených opatření by se společnosti měla vyplatit již během této jedné výrobní série, protože celkové úspory převyšují vynaložené náklady. Výsledný čistý přínos by činil 9 815 Kč. Důležité je opomenout, že jsou úspory jednotlivých časů založeny pouze na odhadech, které byly učiněny v rámci analýzy současného stavu, pozorování jednotlivých procesů a konzultaci se zaměstnanci AWL-Techniek CZ, s.r.o. Tudiž bude nutné při následující malosériové výrobě důkladně proměřit operace, u nichž byla tato opatření navržena a ověřit, zda se reálná data shodují s odhadovanými úsporami.

11.3 Shrnutí realizovaných a navržených opatření

V rámci praktické části diplomové práce byla provedena detailní analýza činností spojených s montáží a balením skenovací stanice. Jedním z klíčových výstupů bylo porovnání časové náročnosti balení prototypového kusu a následného balení ve fázi malosériové výroby. Čas

potřebný k zabalení prototypového kusu činil 2 hodiny, 25 minut a 14 sekund. Tento údaj byl získán přímým měřením jednotlivých operací v reálných podmínkách výroby. V průběhu této analýzy byly identifikovány zásadní nedostatky, jako absence návodek pro balení, nejednoznačné rozmístění komponent v přepravní bedně a použití časově náročné ochranné fólie pro balení elektronických komponentů.

Po implementaci navržených zlepšení, která zahrnovala vytvoření 3D modelů rozmístění komponent, digitální pracovní instrukce vytvořené v rámci webu Manual.to a využití polystyrenových výplní místo fólie, došlo ve fázi malosériové výroby ke zkrácení času balení na 1 hodinu a 34 minut. Tyto změny vedly k celkové časové úspoře 51 minut a 14 sekund, což představuje zkrácení 35 % oproti původnímu stavu. Tímto byl splněn dílčí cíl projektu, který byl stanoven na snížení doby balení v malosériové výroby oproti balení prototypového kusu o 20 %.

Při plánování výroby bylo určeno, že pracoviště bude obsluhováno šesti pracovníky. Reálná data ze systému společnosti však ukázala, že na projektu pracovalo v průměru 7,8 pracovníků. Tento rozdíl lze vysvětlit nerovnoměrnou zátěží jednotlivými pracovními pozicemi, především v oblasti balení, kde docházelo k přetížení, a tudíž i častému zaskakování dalších osob mimo plán. Analýza zátěže pracovníků před zavedením opatření ukázala, že rozdíl mezi nejméně a nejvíce vytížením pracovníkem činil 52 minut a 35 sekund. Konkrétně se jednalo o 1 hodinu, 37 minut a 56 sekund oproti 2 hodin, 30 minut a 31 sekund. Na základě těchto zjištění bylo navrženo nové přerozdělení činností a optimalizace pracovního toku, včetně návrhu nového layoutu.

Podle tohoto návrhu by se mohl rozptyl mezi pracovníky snížit na pouhých 10 minut a 10 sekund, kdy nejvytíženější pracovník by vykazoval 1 hodinu, 55 a 51 sekund a nejméně vytížený 1 hodinu, 45 minut a 42 sekund. Tento krok by výrazně mohl přispět k lepšímu vyvážení pracovních rolí a celkové stabilizaci výroby. Nedílnou součástí návrhu bylo rovněž přepracování layoutu pracoviště, které reagovalo na nedostatky původního uspořádání. Nově navržené rozmístění definuje konkrétní pracovní zóny, zavádí jasné značení paletových pozic, doplňuje výstupní sklady a zahrnuje i stan pro nastavování kamer, čímž by se mohl zlepšit tok materiálu, orientace pracovníků i snížení fyzické zátěže.

Celkový čas potřebný pro montáž a balení skenovací stanice před aplikací návrhů činil 12 hodin, 32 minut a 26 sekund. Po implementaci změn a odstranění činností s nízkou přidanou hodnotou, jako ruční řezání polystyrenových výplní, by mohl klesnout celkový čas na 10 hodin, 2 minuty a 42 sekund. Odhadovaná časová úspora činí 2 hodiny, 29 minut a 44

sekund, což odpovídá snížení přibližně o 19,9 %. Kdy hlavní cíl projektu byl stanoven na 10 %, tímto byl tedy cíl práce splněn.

Z ekonomického hlediska byla realizovaná opatření vyhodnocena samostatně. V rámci malosériové výroby 69 kusů přinesla optimalizace balení celkovou úsporu přibližně 101 200 Kč. Náklady na realizaci opatření však dosáhly částky 192 707 Kč, především kvůli vysokým nákladům spojeným s manuálním řezáním výplní, které nebylo možné v dané fázi outsourcovat. Výsledkem tak byla ztráta 91 507 Kč, i přesto však opatření přinesla výrazné zlepšení organizace práce a kvality balení.

V návaznosti na další plánovanou malosériovou výrobu, která čítá 23 kusů, byla navržena opatření vedoucí k dalším časovým a ekonomickým úsporám. Očekávaná úspora práce díky těmto návrhům činí 2 hodiny a 29 minut na jednu skenovací stanici, což odpovídá přibližně 57 385 Kč celkové úspory za celou výrobní sérii. Je však důležité zdůraznit, že uvedené časové úspory byly pouze odhadnuty na základě předchozích náměrů, pozorování a konzultací se zaměstnanci, neboť v době dokončení diplomové práce ještě samotná výroba neproběhla. Hodnoty proto představují potenciální přínosy, jejichž přesnost bude možné ověřit až při další reálné výrobě. Náklady na implementaci těchto opatření byly odhadnuty na 47 570 Kč, což znamená, že i při těchto předpokladech by návrhy generovaly pozitivní čistý přínos ve výši 9 815 Kč za předpokladů 23 vyrobených a zabalených skenovacích stanic.

Pro úspěšnou implementaci navrhovaných opatření je nezbytné stanovit konkrétní kroky a jejich logické pořadí. Prvním krokem by mělo být objednání polystyrenových výplní od externího dodavatele, a to s dostatečným časovým předstihem, který umožní jejich otestování a případnou úpravu před zahájením druhé malosériové výroby. Následně bude přistoupeno k fyzické realizaci nově navrženého layoutu pracoviště, včetně označení paletových pozic, přesunu pracoviště pro nastavování kamer a úpravy toku materiálu.

V dalším kroku je potřeba zajistit nákup navrhovaných zařízení. Po fyzickém zavedení všech změn bude provedeno proškolení všech pracovníků, kteří budou na pracovišti působit. Školení bude zaměřeno jak na správné používání nově pořízených zařízení, tak na orientaci v reorganizovaném pracovním prostoru. Poslední fází realizačního plánu bude provedení časové analýzy jednotlivých činností na pracovišti s cílem ověřit, zda došlo k očekávaným časovým úsporám. Tato měření budou sloužit nejen k vyhodnocení efektivity přijatých opatření, ale také jako podklad pro případnou další optimalizaci výrobního procesu.

ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na racionalizaci pracoviště ve společnosti AWL-Techniek CZ, s.r.o., konkrétně na pracoviště určené pro montáž a balení skenovací stanice, jež byla nově implementována do výrobního portfolia společnosti. Cílem práce bylo snížit dobu montáže a balení na daném pracovišti o 10 %. Tento cíl byl podpořen dvěma dílčími cíli. Prvním dílčím cílem bylo snížit dobu balení v malosériové výrobě o 20 % oproti balení prototypového kusu. Druhým dílčím cílem pak bylo navrhnout nový layout pracoviště pro montáž a balení daného produktu.

Na základě provedených analýz současného stavu byly identifikovány klíčové problémy v oblasti balení a montáže, rozložení pracoviště i organizace činností. V rámci balení prototypového kusu byla zaznamenána výrazná časová náročnost, která mimo jiné pramenila z absence standardizovaných pracovních postupů a neefektivního balení elektronických komponentů. Po implementaci opatření, jako bylo vytvoření 3D modelů balení, zavedení pracovních návodů a využití polystyrenových výplní místo fólie, se podařilo zkrátit dobu balení o 51 minut a 14 sekund, což představuje 35% zlepšení oproti výchozímu stavu. Čas se snížil s původních 2 hodin, 25 minut a 14 sekund na současnou 1 hodinu a 34 minut. Tento výsledek naplnil první dílčí cíl práce.

V rámci návrhové části byl vytvořen nový layout pracoviště, který reaguje na praktické nedostatky původního uspořádání. Návrh zahrnuje jednoznačné označení konkrétních stanovišť v rámci pracoviště, dále jednoznačné označení umístění vstupního a výstupního materiálu a v poslední řadě umístění stanoviště pro nastavování kamer, což by mohlo výrazně snížit nadbytečný pohyb pracovníků, a tak i fyzickou zátěž. Kromě toho byly systémově přerazeny pracovní role s cílem vyrovnat vytížení pracovníků a předejít přetížení konkrétních pozic. Simulace tohoto návrhu ukázaly, že rozdíl mezi nejvíce a nejméně zatíženým pracovištěm by se mohl snížit z původních 52 minut a 35 sekund na 10 minut a 10 sekund. Tyto návrhy tak splnily druhý dílčí cíl práce, přičemž jeho ověření v praxi bude možné až při realizaci navržených změn v následující malosériové výrobě.

Hlavním cílem práce bylo navrhnout opatření vedoucí ke snížení doby montáže a balení o 10 % na základě analýzy první malosériové výroby skenovací stanice. Tento cíl vycházel z reálných dat naměřených při 1. výrobní sérii a byl zaměřen na optimalizaci jednotlivých činností, které byly v průběhu této fáze identifikovány jako časově neefektivní. Na základě této analýzy byly navrženy konkrétní změny, které mají potenciál zkrátit celkovou dobu

montáže a balení na pracovišti. Výsledkem je návrh optimalizačních opatření, jejichž implementace ve 2. malosériové výrobě by mohla snížit dobu montáže a balení z původních 12 hodin, 32 minut a 26 sekund na 10 hodin, 2 minuty a 42 sekund. Tato úspora představuje 2 hodiny a 29 minut, tedy přibližně 19,9 %, a překračuje tak stanovený hlavní cíl práce o 9,9 procentních bodů.

Z ekonomického hlediska byla první fáze, tedy realizace navržených opatření v oblasti balení během malosériové výroby 69 kusů, spojena s výraznou časovou úsporou ve výši 101 200 Kč. Tato úspora vznikla především díky efektivnějšímu rozmístění komponent, novým pracovním návodům a nahrazení fólie polystyrenovými výplněmi. Na druhé straně je nutné zmínit vysoké náklady spojené s nutností interní výroby těchto výplní, neboť kvůli časovému tlaku nebylo možné využít externího dodavatele. Celkové náklady dosáhly výše 192 707 Kč a ekonomická bilance tak vycházela jako ztrátová. V budoucnu by však outsourcing této činnosti mohl výrazně snížit náklady a přispět ke kladné ekonomické návratnosti.

V návaznosti na plánovanou druhou malosériovou výrobu, která bude probíhat v rozsahu 23 kusů, byly navrženy další optimalizační kroky. Očekávaná časová úspora na jednu skenovací stanici činí 2 hodiny a 29 minut, což odpovídá celkové úspoře 57 385 Kč. Náklady na implementaci těchto návrhů byly odhadnuty na 47 570 Kč, přičemž čistý předpokládaný přínos činí 9 815 Kč. Je však důležité podotknout, že tyto údaje vycházejí z analytických výpočtů a konzultací s pracovníky společnosti. Reálné potvrzení těchto výsledků bude možné až po uskutečnění druhé výrobní série.

Z pohledu přínosu pro podnik lze navržená opatření hodnotit jako zásadní krok ke zvýšení efektivity, standardizace a lepší organizace výroby. Díky nim by se mohla zvýšit produktivita, snížit fyzická náročnost práce a optimalizovat využití personálních zdrojů. V budoucnu se doporučuje navržené změny zavést do praxe a jejich efekt pečlivě sledovat, aby bylo možné nadále rozvíjet efektivní systém výroby skenovacích stanic.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ALARCÓN, F.; PEREZ, D. a BOZA, A., 2016. USING THE INTERNET OF THINGS IN A PRODUCTION PLANNING CONTEXT. Online. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 13(1), s. 72–76. Dostupné z: <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2016.v13.n1.a8>. [cit. 2025-29-3].

BADIRU, Adedeji Bodunde, 2014. *Handbook of industrial and systems engineering 2nd Edition*. Industrial Innovation Series. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4665-1504-8.

BLIJLEVEN, Vincent, KOELEMMEIJER Kitty a JASPERS, Monique, 2017. Identifying and eliminating inefficiencies in information system usage: A lean perspective. Online. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 107, s. 40-47. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2017.08.005>. [cit. 2025-2-4].

BOSÁK, Martin.; DUGAS, Jaroslav a Klapáková, Katarína, 2021. Optimization of the production process in engineering company. Online. *Acces la success. Calitatea*, 22(183), s. 108-111. Dostupné z: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/optimization-production-process-engineering/docview/2549060197/se-2>. [cit. 2025-28-3].

DLABAČ, Jaroslav, ©2025. Analýza a normování práce je pro velkou část českých firem stále aktuálnějším tématem. Online. *API – Akademie produktivity a inovací*. Dostupné z: [Analýza a normování práce je pro velkou část českých firem stále aktuálnějším tématem | API Akademie](#). [cit. 2025-4-4].

DOLEŽAL, Jan, 2023. *Projektový management: Komplexně, prakticky a podle světových standardů*, 2. vydání. Grada. ISBN 978-80-271-3619-3. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/AccountSaml/SignIn/?idp=https://shibboleth.utb.cz/idp/shibboleth&returnUrl=/kniha/projektovy-management-11286/>.

DOSSOU, Paul-Eric; TORREGROSSA, Pierre a MARTINEZ, Thomas, 2022. Industry 4.0 concepts and lean manufacturing implementation for optimizing a company logistics flows. Online. *Procedia Computer Science*. Vol. 200, s. 358-367. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.234>. [cit. 2025-31-3].

FLÍDR, Jiří, 2023. *Propojení výroby a informačních systémů v praxi*. Grada. ISBN 978-80-271-2459-6. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/AccountSaml/SignIn/?idp=https://shibboleth.utb.cz/idp/shibboleth&returnUrl=/kniha/propojeni-vyroby-a-informacnich-systemu-v-praxi-12056/>.

GROOVER, Mikell P., 2019. *Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems*. SI version. International adaptation. Singapore: John Wiley & Sons Singapore Pte. ISBN 978-1-119-70642-7.

CHARRON, Rich, 2015. *The Lean Management Systems Handbook*. Boca Raton, FL: CRC Press. ISBN 978-1-4665-6435-0.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg. ISBN 978-808-1540-585.

JANUŠKA, Martin, 2018. *Úvod do operativního řízení podniku*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. ISBN 9788026108009.

JANÍČEK, Přemysl a MAREK, Jiří, 2013. *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. Grada. ISBN 978-80-247-4127-7. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/AccountSaml/SignIn/?idp=https://shibboleth.utb.cz/idp/shibboleth&returnUrl=/kniha/expertni-inzenyrstvi-v-systemovem-pojeti-738/>.

JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Grada. ISBN 978-80-247-5717-9. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/AccountSaml/SignIn/?idp=https://shibboleth.utb.cz/idp/shibboleth&returnUrl=/kniha/vyrobní-a-logistické-procesy-v-podnikání-1511/>.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a VALSA, Ondřej, 2012. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. C.H. Beck pro praxi. V Praze: C.H. Beck. ISBN 9788071793199.

KOSKY, P. G.; BALMER, Robert T.; KEAT, William a WISE, George, 2021. *Exploring engineering: an introduction to engineering and design*. Fifth edition. London, United Kingdom: Academic Press is an imprint of Elsevier. ISBN 9780128150733.

KUČEROVÁ, Marta; MLKVA, Miroslava; SABLÍK, Jozef; GEJGUŠ, Mirko, 2015. Eliminating waste in the production process using tools and methods of industrial engineering. Online. *Production Engineering Archives*, vol. 9, no. 4, s. 30-34. ISSN 2353-7779. Dostupné z: <https://sciendo.com/journal/PEA>. [cit. 2025-26-3].

MIRELON, © 2025. *Ochranný profil MIRELON Omega 10*. Online. Dostupné z: https://eshop.mirelon.com/ESHOPOVE-MENU/Prumyslove-obaly-MIRELON/Ochranné-profil-MIRELON/Ochranný-profil-MIRELON-Omega-10-_d188236_11179.aspx. [cit. 2025-04-12].

MULA, P.; POLER, R.; GARCÍA-SABATER, J.P.; LARIO, F.C., 2006. Models for production planning under uncertainty: A review. Online. *International Journal of Production Economics*, vol. 103, no. 1, s. 271-285. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.09.001>. [cit. 2025-30-3].

NENADÁL, Jaroslav, 2018. *Management kvality pro 21. století*. V nakladatelství Management Press vydání 1. Praha: Management Press. ISBN 9788072615612.

NÁŘADÍ HORNIG, © 2025. *Oko kotevní s trmenem 6×63 mm (deska s D-kroužkem) 1296-37*. Online. Dostupné z: https://www.naradihornig.cz/oko-kotevni-s-trmenem-6-63mm-deska-s-d-krouzkem-1296-37_z34667/. [cit. 2025-04-13].

O'BREIN, Levi (ed.), 2017. *Manufacturing engineering and technology*. New York: Larsen & Keller. ISBN 978-1-63549-171-5.

OAKLEY, Michael, 2021. Lean Manufacturing: Approaches to Reducing Waste in Manufacturing and Service Sectors. Online. *Integrated Studies*, s. 359. Dostupné z: <https://digitalcommons.murraystate.edu/bis437/359>. [cit. 2025-2-4].

PATERMANN, Jiří. *Lean dílenské řízení: Je čas změnit vaši dílnu*. Grada, 2022. ISBN 978-80-271-3534-9. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/AccountSaml/SignIn/?idp=https://shibboleth.utb.cz/idp/shibboleth&returnUrl=/kniha/lean-dilenske-rizeni-11235/>.

POWELL, Daryl John, 2024. Artificial intelligence in lean manufacturing: digitalization with a human touch?. Online. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 15 No. 3, s. 719-729. Dostupné z: <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2024-256>. [cit. 2025-1-4].

PÉREZ-GOSENDE, Pablo Alberto, 2016. An Approach to Industrial Facility Layout Evaluation Using a Performance Index. Online. *Revista de Administração de Empresas*, vol. 56, no. 5, s. 533–546. Dostupné z: <https://doi.org/10.1590/S0034.759020160507>.

PÉREZ-GOSENDE, P.; MULA, J. a DÍAZ-Madroñero, M., 2021. Facility layout planning. An extended literature review. Online. *International Journal of Production Research*, vol. 59, no. 12, s. 3777–3816. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1897176>. [cit. 2025-30-2025].

REALYVÁSQUEZ-VARGAS, Arturo; FLOR-MOLTALVO, Francisco Javier; BLANCO-FERNÁNDEZ, Julio; SANDOVAL-QUINTANILLA, Joanna Denisse; JIMÉNEZ-MACÍAS, Emilio et al., 2019. Implementation of Production Process Standardization—A

Case Study of a Publishing Company from the SMEs Sector. Online. *Processes*, vol. 7, no. 10, s. 646. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/pr7100646>. [cit. 2025-31-3].

RIPRAN, © 2025. Online. *Ripran*. Dostupné z: <https://ripran.cz/>. [cit. 2025-30-3].

SUN, Dong; HUANG Renfei; CHEN, Yuanzhe; WANG, Yong; ZENG, Jia et al, 2020. PlanningVis: A Visual Analytics Approach to Production Planning in Smart Factories. Online. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 26, no. 1, s. 579-589. ISSN 1941-0506. Dostupné z: [PlanningVis: A Visual Analytics Approach to Production Planning in Smart Factories | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore](#) . [cit. 2025-30-3].

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. Grada. ISBN 978-80-247-3938-0.

TELSANG, Maetand Tamanacharya, 2017. *Industrial Engineering and Production Management*. New Delhi: S. Chand and Company Limited. ISBN 978-93-525-3379-4.

TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra, 2014. *Integrované řízení výroby: Od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Grada. ISBN 978-80-247-4486-5. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/AccountSaml/SignIn/?idp=https://shibboleth.utb.cz/idp/shibboleth&returnUrl=/kniha/integrované-řízení-vyroby-898/>.

TSAROUHAS, Panagiotis, 2023. New Trends in Production and Operations Management. Online. *Applied Sciences*, 13, no. 16: 9071. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app13169071>. [cit. 2024-21-11].

TSENG, Ming-Lang; TRAN, Thi Phuong Thuy; HA, Hien Minh; BUI, Tat-Dat a LIM, Ming K., 2021. Sustainable industrial and operation engineering trends and challenges Toward Industry 4.0: a data driven analysis. Online. *Journal of Industrial and Production Engineering*, vol. 38, no. 8, s. 581–598. Dostupné z: <https://doi.org.proxy.k.utb.cz/10.1080/21681015.2021.1950227>. [cit. 2025-4-4].

WANG, Reay-Chen a FANG, Hsiao-Hua, 2001. Aggregate production planning with multiple objectives in a fuzzy environment. Online. *European Journal of Operational Research*, vol. 133, no. 3, s. 521-536. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00196-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00196-X). [cit. 2025-29-3].

YADAV, Gunjan; LUTHRA, Sunil; HUISINGH, Donald; MANGLA, K. Sachin; NARKHEDE, E. Balkrishna, 2020. Development of a lean manufacturing framework to

enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. Online. *Journal of Cleaner Production*, vol. 245. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118726>. [cit. 2025-2-4].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Symboly vývojového diagramu	30
Obrázek 2 Logo společnosti AWL-Techniek	37
Obrázek 3 Organizační struktura společnosti	38
Obrázek 4 Skenovací stanice	41
Obrázek 5 Výrobní proces skenovací stanice	43
Obrázek 6 Balení prototypového kusu stanice (vlastní zpracování).....	46
Obrázek 7 Prvotní layout pracoviště montáže skenovací stanice	47
Obrázek 8 Časové rozložení montážních a balících činností	49
Obrázek 9 Páskování hranolu k výstupnímu stolu.....	52
Obrázek 10 Box 1 – balení trámek do fólie.....	54
Obrázek 11 Styl tisknutí štítků při značení kabelů	57
Obrázek 12 Časový harmonogram projektu	66
Obrázek 13 Porovnání balení před a po zavedení navrhovaných opatření.....	70
Obrázek 14 3D model a vyrobená šablona pro řezání polystyrenových výplní	71
Obrázek 15 Ukázka z pracovního manuálu pro zabalení elektronického komponentu.....	72
Obrázek 16 Porovnání balení el. komponentů před a po zavedení navrhovaných opatření	72
Obrázek 17 Nový návrh layoutu pracoviště pro montáž a balení skenovací stanice.....	75
Obrázek 18 Oko kotevní s třmenem	81
Obrázek 19 Ochranný profil z pěnového polyethylenu	82
Obrázek 20 Stan pro nastavování kamer (vlastní zpracování)	83
Obrázek 21 Váha na počítání spojovacího materiálu	84
Obrázek 22 Tiskových arch pro štítky ke značení kabelů	86
Obrázek 23 Skenování sériových čísel elektronických komponentů pomocí čtečky QR kódů	87

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Typy výroby	17
Tabulka 2 Druhy plýtvání	24
Tabulka 3 Metoda SMART	32
Tabulka 4 Naměřené časy balení prototypového kusu sken stanice	45
Tabulka 5 Naměřené časy pro řezání polystyrenových výplní	50
Tabulka 6 Naměřené časy pro montáž vstupního a výstupního stolu	52
Tabulka 7 Naměřené časy balení sken. stanice v malosériové výrobě	53
Tabulka 8 Naměřené časy pro nastavení kamer	54
Tabulka 9 Naměřené časy pro balení Loose parts	55
Tabulka 10 Naměřené časy pro značení kabeláže (vlastní zpracování)	56
Tabulka 11 Naměřené časy pro montáž a balení elektrických komponentů	58
Tabulka 12 Orientační rozvržení činností na jednotlivých stanovištích pracoviště montáže a balení skenovací stanice v rámci malosériové výroby	59
Tabulka 13 Výsledky analytické části	62
Tabulka 14 Obecný popis projektu	64
Tabulka 15 Pravděpodobnost rizik pro vytvoření RIPRAN analýzy (vlastní zpracování) ..	66
Tabulka 16 Kategorie dopadů na projekt pro vytvoření RIPRAN analýzy	67
Tabulka 17 Matice rizika pro vytvoření RIPRAN analýzy	67
Tabulka 18 Porovnání časové náročnosti balení skenovací stanice v rámci prototypového kusu a malosériové výroby	73
Tabulka 19 Popis paletových míst a regálů v návrhu layoutu	76
Tabulka 20 Navržené rozdělení pracovních činností montáže a balení skenovací stanice (vlastní zpracování)	77
Tabulka 21 Alternativní verze rozložení pracovních činností	79
Tabulka 22 Porovnání aktuálního stavu montáže a balení s navrhovaným řešením	91
Tabulka 23 Potencionální úspora u navrhovaných opatření	94
Tabulka 24 Náklady na realizaci balení pro malosériovou výrobu	96
Tabulka 25 Úspory při realizaci návrhů pro balení skenovací stanice	97
Tabulka 26 Vyhodnocení realizace nového balení pro sken. stanici (vlastní zpracování) ..	97
Tabulka 27 Náklady pro navrhovaná opatření v rámci pracoviště montáže a balení	99
Tabulka 28 Vyhodnocení navrhovaných opatření v rámci pracoviště montáže a balení	99

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

API	Akademie produktivity a inovací
CZ	Czech Republic
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IoT	Internet of Things (internet věcí)
NHR	Nízké hodnocení rizika (RIPRAN analýza)
QR	Quick Response (rychlá odpověď – QR kódy)
RGB	Red Green Blue (Vysoce kvalitní snímky)
RIPRAN	RIsk PROject ANalysis (Metoda k vyhodnocení rizik při projektu)
SHR	Střední hodnocení rizika (RIPRAN analýza)
SMART	Metoda pro stanovení cílů v projektu
TPS	Toyota Production System (Integrovaný sociotechnický systém)
TQM	Total Quality Management (komplexní řízení kvality)
USA	United States of America (Spojené státy americké)
USB	Universal Serial Bus (konektor pro elektroniku)
VHR	Vysoké hodnocení rizika (RIPRAN analýza)

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Analýza balení prototypu skenovací stanice (vlastní)

Příloha P II: Záznamy z náměrů montáže a balení skenovací stanice v průběhu malosériové výroby vlastní (vlastní)

Příloha P III: Spaghetti diagram – nastavení kamer (vlastní)

Příloha P IV: RIPRAN analýza (vlastní)

Příloha P V: Vypracování modelů pro balení skenovací stanice (vlastní)

Příloha P VI: Pracovní návodky pro zabalení skenovací stanice (vlastní)

PŘÍLOHA P I: ANALÝZA BALENÍ PROTOTYPU SKENOVACÍ STANICE (VLASTNÍ)

Náměry: Balení – Prototyp		
Naměřený čas [h]	Pracovní operace:	Připomínka
0:06:40	Příprava – vychystání dřeva	
0:09:50	Příprava – bedna	Špatně lze připevnit stoly k bedně
0:12:55	Umístění komponentů do bedny	Hledání vhodného místa pro umístění komp.
0:10:30	Umístění stěn na bednu	
0:04:50	Balení kamery (2 ks)	Neefektivní balení elektronických zařízení
0:00:55	Manipulace	
0:13:45	Balení kamera + světlo (4 ks)	Neefektivní balení elektronických zařízení
0:00:50	Manipulace	
0:04:35	Balení světla – střecha (2 ks)	Neefektivní balení elektronických zařízení
0:00:48	Manipulace	
0:05:50	Balení světla – skenovací stůl (1 ks)	Neefektivní balení elektronických zařízení
0:00:45	Manipulace	
0:02:47	Balení čtečky – stůl (1 ks)	Neefektivní balení elektronických zařízení
0:00:30	Manipulace	
0:02:37	Balení čtečka – noha (1 ks)	Neefektivní balení elektronických zařízení
0:01:57	Manipulace	
0:09:40	Umístění krabic do bedny	Hledání správného místa pro umístění
0:14:20	Montáž – trámký na nohy	
0:18:30	Umístění komponentů do bedny	Náročná manipulace s komponenty
0:06:40	Umístění krabic do bedny	
0:04:50	Check list + dokumentace	
0:03:30	Umístění stěny na bednu	
0:04:30	Umístění střechy na bednu	
0:03:10	Označení vrutů sprejem	
2:25:14	Celkem	

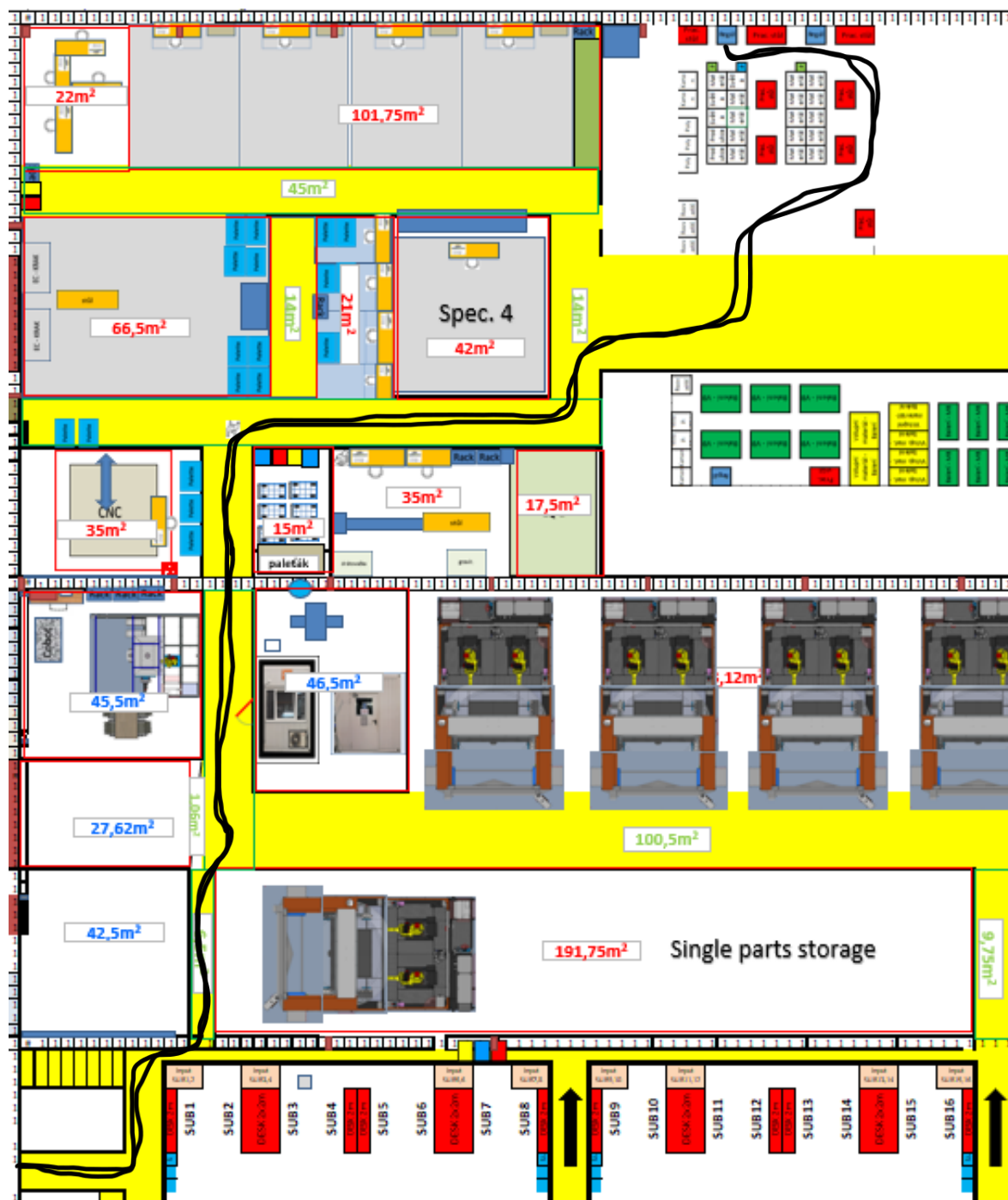
**PŘÍLOHA P II: ZÁZNAMY Z NÁMĚRŮ MONTÁŽE A BALENÍ
SKENOVACÍ STANICE V PRŮBĚHU MALOSÉRIOVÉ VÝROBY
(VLASTNÍ)**

Snímkování: Značení kabeláže		
Naměřený čas [s]	Pracovní činnost:	Námět na zlepšení
0:03:20	Příprava	
0:06:36	Hledání štítku	Změnit styl tištění štítků - všechny u sebe
0:12:06	Lepení nálepky	
0:22:02	Celková Příprava	
0:03:30	Příprava	
0:05:50	Hledání štítku	Změnit styl tištění štítků - všechny u sebe
0:11:55	Lepení štítku	
0:21:15	Celková příprava	
0:03:40	Příprava	
0:06:20	Hledání štítku	Změnit styl tištění štítků - všechny u sebe
0:12:15	Lepení štítku	
0:22:15	Celková příprava	

Snímkování: Balení Loose parts		
Naměřený čas [s]	Pracovní činnost:	Námět na zlepšení
0:00:20	Maják	
0:13:50	Balení - šrouby	Přebytečné přepočítávání jednotlivých kusů
0:04:47	Balení - consumables	
0:03:25	Balení - polarizátory (6 ks)	
0:01:40	Nálepky	
0:01:30	Balení - krabice	
0:25:32	Celkem	
0:00:30	Maják	
0:13:46	Balení - šrouby	Přebytečné přepočítávání jednotlivých kusů
0:04:40	Balení - consumables	
0:03:18	Balení - polarizátory	
0:02:05	Nálepky	
0:01:43	Balení - krabice	
0:26:02	Celkem	
0:00:26	Maják	
0:14:03	Balení - šrouby	Přebytečné přepočítávání jednotlivých kusů
0:04:35	Balení - consumables	
0:03:15	Balení - polarizátory	
0:01:51	Nálepky	
0:01:41	Balení - krabice	
0:25:51	Celkem	

Snímkování: Výstupní stůl		
Naměřený čas [s]	Pracovní činnost:	Námět na zlepšení
0:07:32	Příprava	
0:24:40	Montáž	
0:03:00	Utažení momentů	
0:01:25	Označení momentů	
0:00:25	Nálepka	
0:06:37	Hranoly	Složité zamotání trámků do bublinkové fólie
0:04:45	Manipulace	
0:48:24	Celková montáž	
0:06:48	Příprava	
0:22:53	Montáž	
0:04:05	Utažení momentů	
0:02:10	Označení momentů	
0:00:25	Nálepka	
0:05:40	Hranoly	Složité zamotání trámků do bublinkové fólie
0:04:15	Manipulace	
0:46:16	Celková montáž	
0:06:35	Příprava	
0:23:28	Montáž	
0:03:38	Utažení momentů	
0:01:48	Označení momentů	
0:00:25	Nálepka	
0:06:12	Hranoly	Složité zamotání trámků do bublinkové fólie
0:04:10	Manipulace	
0:46:16	Celková montáž	

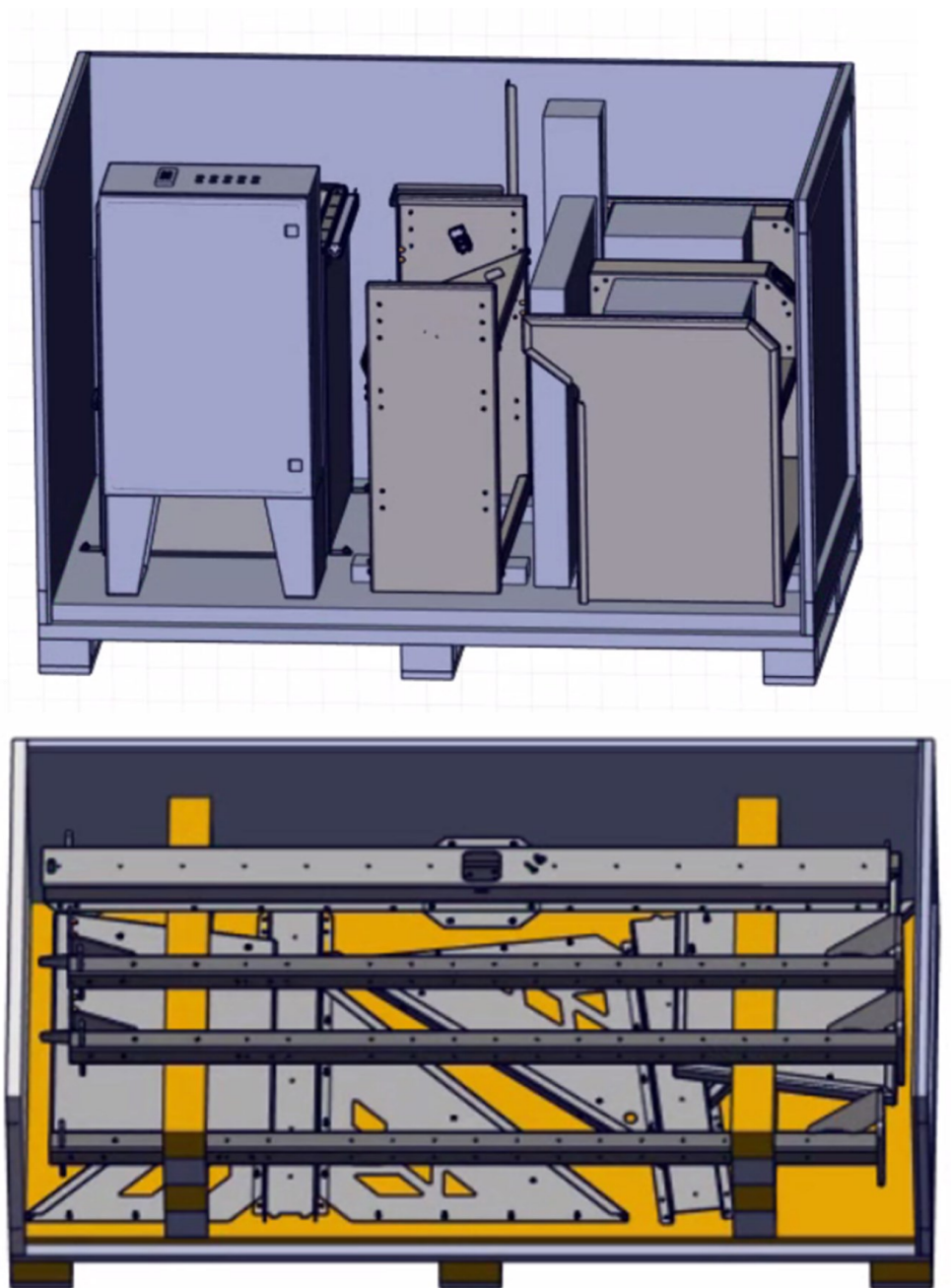
PŘÍLOHA P III: SPAGHETTI DIAGRAM – NASTAVENÍ KAMER (VLASTNÍ)



PŘÍLOHA P IV: RIPRAN ANALÝZA (VLASTNÍ)

	Hrozba	Pravděpodobnost hrozby	Scénář	Pravděpodobnost scénáře	Celková pravděpodobnost		Dopad	Hodnota rizika	Preventivní opatření
1	Chyba při sběru dat	15%	Nesprávně zvolený typ dat	30%	4%	MP	MD	NHR	Stanovit konkrétní kontrolní mechanismus. Zavedení víceetapových kontrol správnosti a úplnosti dat.
			Neúplná nebo chybějící data	20%	3%	MP	MD	NHR	
2	Podcenění rozsahu analýzy	50%	Opomenutí části procesu	70%	35%	VP	VD	VHR	Vytvoření procesní mapy s ověřením úplnosti. Zapojení technických expertů do posouzení návrhů.
			Nedostatečné technické zhodnocení	80%	40%	VP	VD	VHR	
3	Chybné vyhodnocení analýzy	25%	Zavádějící interpretace výsledků	35%	9%	MP	VD	SHR	Zajistit zpětnou validaci výsledků jiným členem týmu. Kontrola analýz dle harmonogramu projektu
			Přeskočení důležité analýzy	15%	4%	MP	SD	NHR	
4	Nedodržení harmonogramu projektu	60%	Zpoždění realizace projektu	55%	33%	VP	SD	VHR	Sledovat milníky a využívat rezervní čas. Naplánovat schvalovací fázi s časovou rezervou.
			Pozdní schválení opatření	30%	18%	SP	SD	SHR	
5	Odmítnutí spolupráce klíčovými pracovníky	35%	Pasivní přístup pracovníků	60%	21%	SP	SD	SHR	Motivovat pracovníky zapojením do rozhodování. Podporovat otevřenou komunikaci a zpětnou vazbu.
			Neochota sdílet informace	40%	14%	MP	SD	NHR	

**PŘÍLOHA P V: VYPRACOVÁNÍ MODELŮ PRO BALENÍ
SKENOVACÍ STANICE (VLASTNÍ)**



PŘÍLOHA P VI: PRACOVNÍ NÁVODKY PRO ZABALENÍ SKENOVACÍ STANICE (VLASTNÍ)

	Box 1 Spojovací materiál: Vrut M5x30 Nástroj: Aku vrtačka Gumová podložka M5x25 Postup: 1. Na vrtací šablonu a bublinkovou fólii polož Top Panel 1 a Top Panel 3. 2. Top Panely přišroubuj pomocí vrtů M5x30 a gumových podložek M5x25 k dřevěné podlážce.
	Box 1 - Dřevěné hranoly Spojovací materiál: Vrut M5x120 Nástroj: Aku vrtačka Postup: 1. Dřevěné hranoly přišroubuj k dřevěným kostkám pomocí vrtů M5x120.
	Box 1 Spojovací materiál: Vrut M5x30 Nástroj: Aku vrtačka Gumová podložka M5x25 Postup: 1. Post 1 přišroubuj k dřevěnému hranolu z předchozího kroku a pomocí vrtů M5x100 a gumové podložky M5x25. 2. Post 2 přišroubuj k dřevěnému hranolu z předchozího kroku pomocí vrtů M5x100 a gumové podložky M5x25.
	Box 2 - Vstupní stůl Spojovací materiál: Vrut M4x70 Nástroj: Aku vrtačka Stahovací páska Stahovací přístroj Postup: 1. Dřevěné hranoly přišroubuj k podlážce bedny pomocí vrtů M4x70.
	Box 2 - Skenovací základna Spojovací materiál: Vrut M5x30 Nástroj: Aku vrtačka Gumová podložka M5x25 Postup: 1. Skenovací základnu přišroubuj k podlážce bedny pomocí vrtů M5x30 (4 ks) a gum. podložek M5x25 (4 ks).
	Box 2 - Elektrický rozvaděč Spojovací materiál: Vrut M5x30 Nástroj: Aku vrtačka Gumová podložka M5x25 Postup: 1. Elektrický rozvaděč přišroubuj k podlážce bedny pomocí vrtů M5x30 (4 ks) a gum. podložek M5x25 (4 ks).