

Racionalizace procesu výroby logistického stroje ve vybrané firmě

Jan Foltýn

Bakalářská 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 BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Jan Foltýn
Osobní číslo: M23896
Studijní program: B0413P050013 Průmyslové inženýrství
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Racionalizace procesu výroby logistického stroje ve vybrané firmě

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši související s analýzou pracoviště, řízením a organizací výroby, metodami průmyslového inženýrství.

II. Praktická část

- Popište a analyzujte průběh projektu výroby logistického stroje ve vybrané společnosti.
- Na základě zjištěných poznatků navrhněte doporučení pro zlepšení současného stavu a zhodnoťte navrhovaná zlepšení.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: **cca 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

DENNIS, Pascal. *Lean production simplified: A plain-language guide to the world's most powerful production system*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016. ISBN 978-14-987-0887-6.
DOLEŽAL, Jan. *Projektový management*. Praha: Grada, 2023. ISBN 978-80-271-3619-3.
CHROMJAKOVÁ, Felicita; TUČEK, David a BOBÁK, Roman. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017. ISBN 978-80-745-4680-8.
JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.
PATERMANN, Jiří. *Lean dílenské řízení: Je čas změnit vaši dílnu: Začneme teď!* Praha: Grada, 2022. ISBN 978-80-271-3534-9.

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

Datum zadání bakalářské práce: **10. února 2025**
Termín odevzdání bakalářské práce: **23. května 2025**

L.S.

doc. Ing. Michal Pilík, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Felicita Chromjaková, Ph.D.
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 10. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá implementací výroby nového logistického stroje ve společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o. Cílem bylo zkrátit dobu montáže, zvýšit opakovatelnost činností a zajistit vyšší kvalitu výstupního produktu. Teoretická část poskytuje rámec z oblasti průmyslového inženýrství, štihlé výroby a projektového řízení. Praktická část dokumentuje průběh pilotní montáže, identifikuje její slabá místa a navrhuje konkrétní nápravná opatření, jako jsou standardizované manuály, checklisty, značení komponent, zlepšení layoutu a zavedení 5S. Díky těmto opatřením došlo ke snížení montážního času z původních 120 na přibližně 21 hodin. Výsledky práce slouží jako základ pro škálování výroby a další zlepšování procesů.

Klíčová slova: průmyslové inženýrství, štihlá výroba, implementace výroby, PFMEA, standardizace, layout, logistický stroj, 5S

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on the implementation of a new logistics machine into production at AWL-Techniek CZ s.r.o. The goal was to reduce assembly time, increase process repeatability, and improve final product quality. The theoretical part provides a framework based on industrial engineering, lean manufacturing, and project management. The practical part documents the pilot assembly process, identifies its weaknesses, and proposes specific corrective actions such as standardized manuals, checklists, component labeling, improved layout, and the introduction of the 5S system. These improvements reduced the assembly time from 120 hours to approximately 21 hours. The results serve as a foundation for future production scaling and continuous improvement initiatives.

Keywords: industrial engineering, lean manufacturing, production implementation, PFMEA, standardization, layout, logistics machine, 5S

Rád bych vyjádřil upřímné poděkování společnosti AVL-Techniek CZ s.r.o. za poskytnutou podporu a vstřícný přístup během zpracování této bakalářské práce.

Zvláštní poděkování patří vedoucí mé bakalářské práce, paní Ing. Lucii Macurové PhD., za její odborné vedení, cenné rady a trpělivost, kterou mi po celou dobu věnovala.

Poděkování si zaslouží také všichni akademičtí pracovníci Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Děkuji za jejich přístup, inspiraci a znalosti, které mi předávali během celého bakalářského studia. Tři roky studia pro mě byly nejen vzdělávací, ale i formující zkušeností.

Velké díky patří rovněž mé rodině a přátelům za jejich podporu, pochopení a trpělivost. Jejich povzbuzení a důvěra ve mně hrály klíčovou roli během celého studia i při psaní této práce.

“Step by step walk the thousand-mile road.”

Miyamoto Musashi

OBSAH

ÚVOD.....	13
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE.....	14
I TEORETICKÁ ČÁST.....	16
1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ.....	17
1.1 DEFINICE PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ	17
1.2 HISTORIE PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ	17
1.3 HISTORIE PRŮMYSLU	18
1.3.1 Průmysl 1.0	18
1.3.2 Průmysl 2.0	19
1.3.3 Průmysl 3.0	19
1.3.4 Průmysl 4.0	19
1.4 ROLE PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRA VE VÝROBNÍ FIRMĚ.....	20
1.5 NÁSTROJE PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ	21
1.5.1 Diagram příčin a následů	22
1.5.2 Checklisty kvality.....	22
1.5.3 5S Standard	23
2 ŠTÍHLÁ VÝROBA.....	24
2.1 DEFINICE ŠTÍHLÉ VÝROBY	24
2.2 PUSH-PULL SYSTÉM	24
2.3 8 DRUHŮ PLÝTVÁNÍ	25
2.3.1 Nadprodukce	25
2.3.2 Přesuny	26
2.3.3 Zásoby	26
2.3.4 Zbytečné pohyby	27
2.3.5 Čekání	27
2.3.6 Zbytečná komplexita	27
2.3.7 Chyby	27
2.3.8 Nevyužitý potenciál	28
3 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ	29
3.1 ÚVOD DO PROJEKTOVÉHO ŘÍZENÍ	29
3.2 ŽIVOTNÍ CYKLUS PROJEKTU	29
3.3 METODY A NÁSTROJE PROJEKTOVÉHO ŘÍZENÍ	30
3.3.1 Řízení rizik pomocí FMEA	30
3.3.2 Ganttův diagram.....	30
4 VÝROBA.....	32
4.1 DRUHY VÝROBY	32
4.2 PROCESY VE VÝROBĚ	33

4.2.1	Tvorba procesních diagramů	33
4.3	STANDARDIZACE	35
5	ANALÝZA PRACOVISTĚ	36
5.1	LAYOUT.....	36
5.2	SPAGHETTI DIAGRAM	36
5.3	POZOROVÁNÍ.....	37
6	ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI	38
II	PRAKTICKÁ ČÁST	39
7	ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI	40
8	PŘEDSTAVENÍ FIRMY	41
9	HARMONOGRAM PROVEDENÝCH RACIONALIZAČNÍCH ČINNOSTÍ	43
9.1	ZADÁNÍ PRACÍ	43
9.2	HARMONOGRAM PRACÍ	43
10	POPIS STROJE.....	45
10.1	SLOUPY (POSTS).....	47
10.2	BOČNÍ PLECHY (SIDE SHIELDING).....	48
10.3	ROHOVÉ PLECHY (CORNER SHIELDING).....	49
10.4	BOČNÍ PROFILY (SIDE PROFILES)	50
10.5	MODRÉ PRYTY (BLUE COVERS)	51
10.6	KAMERY (CAMERAS)	51
10.7	SVĚTLA (LIGHTS).....	52
10.8	BARCODE READER A PE SENSOR	53
10.9	ROZVADĚČ	53
11	PŘÍPRAVNÁ FÁZE VÝROBY STROJE.....	54
11.1	PROCESNÍ DIAGRAM VÝROBY STROJE	54
11.1.1	Příjem materiálu a vstupní kontrola	54
11.1.2	Příprava produktu	54
11.1.3	Výrobní větve – elektročást a mechanická část.....	55
11.1.4	Výstupní kontrola.....	55
11.1.5	Balení a expedice.....	55
11.2	PFMEA VÝROBY STROJE.....	57
11.2.1	Struktura PFMEA.....	57
11.2.2	Příklad části PFMEA.....	60
12	PRŮBĚH MONTÁŽE PILOTNÍHO STROJE	62
13	ANALÝZA NEDOSTATKŮ PILOTNÍ MONTÁŽE	63
14	NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ	68

14.1	STANDARDIZACE MANUÁLŮ	68
14.2	IDENTIFIKAČNÍ NÁLEPKY	71
14.2.1	Nálepky podsestav	72
14.2.2	Nálepky elektro komponentů	74
14.2.3	Nálepky pro lepenkové krabice	76
14.2.4	Obsah lepenkových krabic	77
14.3	CHECKLIST KVALITY	78
14.3.1	Checklist montáže	78
14.3.2	Checklist balení	79
14.3.3	Checklist dokumentace	80
14.4	LAYOUT	81
14.5	5S STANDARD	83
14.6	ZPĚTNÁ VAZBA	84
15	ZHODNOCENÍ	86
15.1	POROVNÁNÍ STAVU PŘED A PO NÁPRAVNÝMI OPATŘENÍMI	86
15.2	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	86
	ZÁVĚR	92
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	93
	SEZNAM OBRÁZKŮ	97
	SEZNAM TABULEK	99
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	100
	SEZNAM PŘÍLOH	102

ÚVOD

Výrobní podniky v oblasti strojírenství čelí rostoucím požadavkům na flexibilitu, kvalitu a nákladovou efektivitu. Zákaznické projekty se stále častěji vyznačují vysokým stupněm individualizace, zkracujícím se časem dodání a tlakem na minimalizaci výrobních ztrát. Úspěšná implementace nových produktů do výroby proto vyžaduje nejen technickou připravenost, ale také schopnost rychle identifikovat a eliminovat slabá místa v procesech. Právě zde nacházejí uplatnění principy průmyslového inženýrství a nástroje štíhlé výroby.

Tato bakalářská práce se zabývá implementací výroby nového logistického stroje ve společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o. Cílem práce je navrhnout a ověřit taková opatření, která povedou ke zkrácení času montáže, zvýšení opakovatelnosti jednotlivých činností a zajištění vyšší kvality výstupního produktu. Projekt se zaměřuje na celý proces zavádění výroby – od přípravné fáze přes montáž pilotního kusu až po realizaci nápravných opatření.

Teoretická část poskytuje metodický rámec pro řešení úloh souvisejících s řízením výroby, analýzou rizik a racionalizací pracovních činností. Obsahuje vymezení základních pojmů průmyslového inženýrství, přehled nástrojů štíhlé výroby (včetně 5S, standardizace práce či layoutu) a základní principy projektového řízení, zejména plánování pomocí Ganttova diagramu a analýzu rizik pomocí PFMEA.

Praktická část dokumentuje průběh celého projektu. Obsahuje popis zařízení, zmapování montážního procesu pilotního stroje a identifikaci problémových míst, která byla následně analyzována pomocí nástrojů PFMEA a Ishikawova diagramu. Na základě těchto vstupů byla navržena a realizována konkrétní zlepšovací opatření, jako je zavedení montážních manuálů, checklistů, značení komponent, 5S standardu nebo racionalizace layoutu.

Výsledkem práce je ověřená sada opatření, která vedla ke zkrácení montážního času z původních 120 na přibližně 21 hodin. Výstupy tak představují nejen konkrétní přínos pro daný projekt, ale zároveň tvoří základ pro budoucí škálování výroby obdobných zařízení.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Cíl práce

Hlavním cílem bakalářské práce je zkrátit dobu montáže minimálně o 40 hodin (33 %) ze 120 hodin na 80 hodin. Navrhnout a realizovat opatření, která povedou ke zkrácení doby montáže nového logistického stroje oproti časové náročnosti montáže pilotního kusu. Dosažení tohoto cíle vychází z analýzy průběhu pilotní montáže a identifikovaných slabých míst v oblasti organizace, materiálového toku a pracovních standardů.

Cíl je stanoven v souladu s metodou SMART:

- **S (Specific – konkrétní):** cílem je výhradně zkrácení času montáže nového stroje,
- **M (Measurable – měřitelný):** cílová hodnota je snížení času montáže z 120 hodin na přibližně 80 hodin (33 %),
- **A (Achievable – dosažitelný):** cíl je realistický na základě dostupných dat a zkušeností z pilotní montáže,
- **R (Realistic – reálný):** použitá opatření vycházejí z osvědčených nástrojů průmyslového inženýrství,
- **T (Time-bound – časově ohraničený):** cílového stavu bylo dosaženo u strojů montovaných po pilotním kusu v rámci projektu.

Dílčí cíle práce jsou následující:

- zmapovat a popsat proces zavádění výroby nového stroje z pohledu výrobního inženýra,
- identifikovat a vyhodnotit rizika spojená s montáží pomocí analýzy PFMEA,
- navrhnout a implementovat nápravná opatření vycházející z analýzy problémů v pilotní montáži,
- provést ekonomické zhodnocení přínosů těchto opatření včetně časových úspor,
- vytvořit standardizační nástroje (manuály, značení, checklisty) a navrhnout zlepšení layoutu a 5S standardů pro podporu opakovatelné výroby.

Použité metody a nástroje

Pro dosažení uvedených cílů byly využity metody typické pro obor průmyslového inženýrství a řízení výroby:

- **analýza PFMEA** pro identifikaci potenciálních selhání,
- **Ishikawův diagram** pro systematizaci zjištěných příčin problémů,
- **procesní diagram** pro přehled průběhu montáže,
- **metoda 5S a návrh layoutu** pro racionalizaci uspořádání pracoviště,
- **Spaghetti diagram** pro analýzu pracoviště
- **standardizace práce** prostřednictvím pracovních instrukcí, checklistů a značení,
- **ekonomické srovnání** pilotní a zlepšené montáže za účelem kvantifikace přínosů.

Data byla získávána především osobním pozorováním během montáže pilotního kusu, zpětnou vazbou od montážního týmu a konzultacemi s členy projektového týmu. Důležitým podkladem byla také vizuální dokumentace vytvořená během projektu.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

První kapitola se zaměřuje na obecné vymezení pojmu průmyslové inženýrství, jeho hlavní oblasti a význam v současném výrobním prostředí. Součástí je rovněž přehled vývoje tohoto oboru a jeho propojení s moderními metodami řízení výroby.

1.1 Definice průmyslového inženýrství

Podle Boardmana (2020) je průmyslové inženýrství obor, který se zabývá návrhem a zlepšováním systémů zahrnujících lidi, stroje, informace a finanční prostředky s cílem dosáhnout stanovených cílů efektivně, s vysokou kvalitou a bezpečností. Zatímco některé úkoly zahrnují vytváření nových zařízení, procesů nebo systémů, většina se soustředí na vylepšení těch stávajících. Průmysloví inženýři navrhují systémy, které zahrnují nejen fyzické komponenty, ale také procesy, pravidla a lidi, přičemž jednotlivé části systému musí spolupracovat a změna jedné části může ovlivnit ostatní. Důraz je kladen na lidi, výběr vhodných strojů, včetně počítačů, a využití informací pro rozhodování a analýzu. Průmysloví inženýři musí zvažovat finanční aspekty, včetně současných a budoucích nákladů a úspor, a zajistit, aby systém dosáhl svého cíle efektivně, s minimální spotřebou zdrojů. Kvalita je klíčová, protože systém musí splňovat požadavky zákazníků, a bezpečnost je prioritou, aby lidé mohli pracovat bez rizika (Boardman, 2020).

Průmyslové inženýrství představuje moderní technický obor, jehož hlavním cílem je zvyšování efektivity procesů prostřednictvím eliminace plýtvání, nerovnoměrnosti a nadměrného zatížení pracovišť. Zaměřuje se na optimalizaci výrobních i nevýrobních systémů tak, aby bylo možné produkty a služby vytvářet rychleji, levněji a s vyšší kvalitou. Díky své relativně mladé historii je tento obor dynamický a schopný flexibilně reagovat na změny v průmyslovém prostředí. V současnosti se definuje jako disciplína, která se věnuje plánování, návrhu, implementaci a řízení integrovaných systémů zaměřených na tvorbu výrobků nebo poskytování služeb, přičemž klade důraz na jejich výkon, spolehlivost, udržitelnost a nákladovou efektivitu v průběhu celého životního cyklu (Mašín, 2005).

1.2 Historie průmyslového inženýrství

Historický vývoj průmyslového inženýrství byl významně ovlivněn Frederickem Winslow Taylorem, který položil základy vědeckého přístupu ke zvyšování výkonnosti podniků. Taylor se zaměřoval na růst produktivity dělníků a efektivitu navazujících pracovních pozic. Jeho strategie sledovala dva klíčové parametry: produktivitu člověka a produktivitu stroje.

Taylor si uvědomoval, že klíčovým rizikem je dosažení kvalitního výkonu na každém pracovním místě. Jeho heslo znělo: „Nejdříve vytvoř fungující systém, který bude produkovat produktivitu, a poté zvyšuj kvantitu a kvalitu.“ K dalším významným osobnostem, které přispěly k rozvoji průmyslového inženýrství, patří Adam Smith, Thomas Malthus, David Ricardo, John Stuart Mill a Charles Babbage. Babbage rozvinul koncept znalostní křivky a zdůraznil význam učení a růstu pro minimalizaci ztrát a zvýšení efektivity pracovních úloh. Frank a Lillian Gilbrethovi přispěli pohybovými a časovými studii práce, integrací psychologie a optimalizací pracovních procesů. Dalšími klíčovými osobnostmi byli Morgensen, Gantt, Hopf a Emerson, kteří se zaměřovali na optimalizaci plánování, bezpečnost práce, řízení kvality a růst pracovníků (Chromjaková, 2013).

Historie průmyslového inženýrství sahá až do období před průmyslovou revolucí, kdy se formovaly základy oboru. Už v 15. století přispěl Luca Pacioli zavedením dvojitého účetnictví, Leonardo da Vinci navrhoval stroje a zkoumal lidské pohyby. Průmyslová revoluce přinesla mechanizaci a Eli Whitney zavedl vyměnitelné díly. Henry Ford následně prosadil pohyblivou montážní linku, která umožnila masovou výrobu. Frederick Taylor položil základy vědeckého řízení, Gilbrethovi přispěli ke standardizaci práce. Ve 20. století vynikl Deming v oblasti kvality a Lean, Erlang a Dantzig vytvořili metody pro optimalizaci a Forrester rozvinul systémovou dynamiku. V 80. letech nastoupily MRP systémy a simulace. Dnes se obor zaměřuje na technologie Industry 4.0, jako jsou AI, robotika nebo datová analytika, které sehrávají klíčovou roli i při řešení globálních krizí, například pandemie COVID-19 (Mangaroo-Pillay, 2021).

1.3 Historie průmyslu

Historický vývoj průmyslu je rozdělen do čtyř hlavních etap označovaných jako průmysl 1.0 až 4.0 (viz Obrázek 1). Každá z těchto revolucí přinesla zásadní technologické změny, které měly vliv na způsob výroby, organizaci práce i celkové fungování průmyslových podniků. Následující podkapitoly stručně představují jednotlivé fáze tohoto vývoje.

1.3.1 Průmysl 1.0

První průmyslová revoluce probíhala mezi 18. a 19. stoletím (viz. Obrázek 1) a znamenala přechod od ruční práce a využívání zvířat k efektivnějším způsobům výroby. Tento pokrok umožnilo využití parní energie a vodní síly, což vedlo k mechanizaci práce a zvýšení produktivity (Rajasekar, 2023).

1.3.2 Průmysl 2.0

Průmysl 2.0 se vyznačuje zavedením dopravníkových systémů do výroby, které nahradily dřívější postup, kdy bylo nutné přinášet materiál a nástroje k produktu. Nový přístup umožnil přiřadit dopravníky, součástky a nástroje ke konkrétním pracovištím, přičemž produkt se přesouval mezi nimi. Tento systém zkrátil dobu výroby, snížil náklady a zlepšil kvalitu produktů. Počátky Průmyslu 2.0 sahají do konce 19. století, přičemž nejvýznamnější implementací bylo zavedení montážní linky ve společnosti Ford Motor Company v roce 1913 (Seubert, 2023).

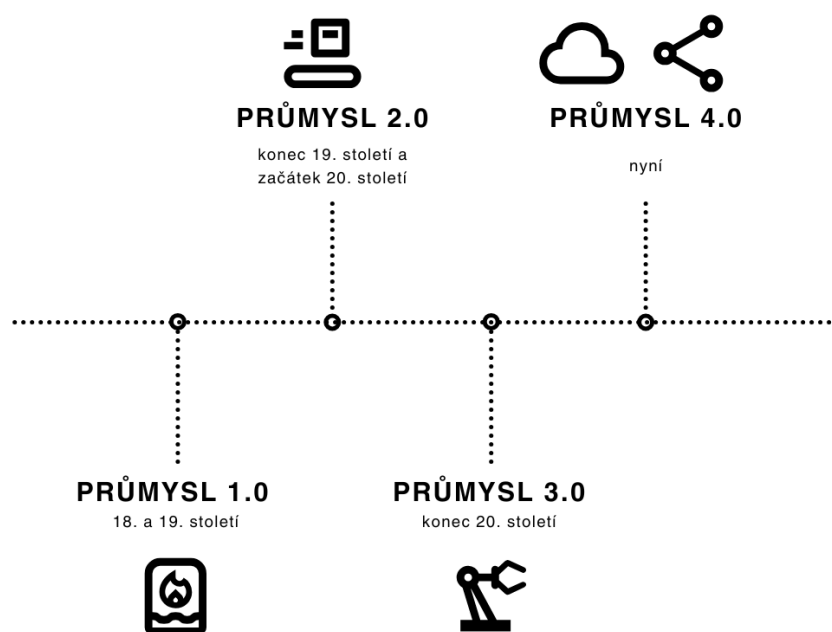
1.3.3 Průmysl 3.0

Průmysl 3.0 se rozvíjel v posledních desetiletích 20. století a jeho hlavní transformací byla automatizace výroby, umožněná programovatelnými logickými automaty (PLC) a počítači. Elektřina nadále hrála klíčovou roli v produkci, ale automatizované systémy umožnily provádět výrobní procesy bez lidské asistence. Díky tomu se zvýšila rychlost výroby, snížily se náklady a produkty byly přesnější a méně poruchové. Roboti, jako hlavní inovace této éry, vykonávali předem naprogramované úlohy bez lidského zásahu. Přesto však Průmysl 3.0 přinesl i nové bezpečnostní výzvy (Mastorakis, 2021).

1.3.4 Průmysl 4.0

Průmysl 4.0 představuje čtvrtou průmyslovou revoluci zaměřenou na digitalizaci, automatizaci a propojení výrobních procesů prostřednictvím inteligentních technologií. Klíčovým prvkem je koncept chytré továrny (smart factory), která využívá kyber-fyzikální systémy, Internet věcí (IoT) a Internet služeb (IoS) k propojení strojů, zařízení, lidí a výrobních procesů, což umožňuje autonomní monitorování, analýzu dat v reálném čase a optimalizaci výroby s minimálním lidským zásahem. Tento přístup vychází ze šesti základních principů: interoperability, která umožňuje vzájemnou komunikaci systémů; virtualizace, kdy vznikají digitální kopie výrobních procesů pro lepší řízení; decentralizace, která dává systémům schopnost samostatného rozhodování; analýzy v reálném čase pro efektivnější rozhodování; orientace na služby propojující výrobu s digitálními službami; a modularity, umožňující flexibilní úpravy a rozšiřování výrobních systémů. Průmysl 4.0, původně podporovaný německou vládou, se dnes rozšířil po celém světě s cílem zvýšit efektivitu výroby, snížit náklady, zlepšit kvalitu produktů a umožnit firmám rychle reagovat na změny v poptávce. Přestože nabízí řadu výhod, jeho implementace přináší i nové výzvy, zejména v oblasti kybernetické bezpečnosti a ochrany dat (Sharman, 2017).

Koncept Průmyslu 4.0 představuje integraci pokročilých informačních a komunikačních technologií do výrobních procesů s cílem zvýšit flexibilitu, efektivitu a přidanou hodnotu produkce. Jde o propojení jednotlivých technologií do jednotného celku, který zahrnuje automatizaci výrobních zařízení, digitalizaci procesů a propojení kyberfyzikálních systémů. V centru pozornosti stojí schopnost rychlé reakce na měnící se požadavky trhu, individualizace výroby a kontinuální optimalizace prostřednictvím sběru a analýzy dat. Průmyslové podniky tak usilují o zjednodušení komplexních procesů a maximální přizpůsobení výrobních systémů zákaznickým potřebám (Chromjaková, 2017).



Obrázek 1 Historie průmyslu

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

1.4 Role průmyslového inženýra ve výrobní firmě

Průmyslový inženýr je odborník, který disponuje potřebnými znalostmi, praktickými dovednostmi a osobnostními předpoklady pro činnosti v oblasti průmyslového inženýrství. V současnosti se tento typ inženýra orientuje na cíle, jako je zvyšování zisku, produktivity a kvality, přičemž klade důraz na trvalé zlepšování procesů a eliminaci plýtvání v průběhu celého životního cyklu výrobků či služeb. Při dosahování těchto cílů využívá nejen technické a oborové znalosti, ale také poznatky z humanitních a společenských věd, informačních technologií a základů managementu (Mašín, 2005).

Dnešní doba klade důraz na inovace a kreativitu zaměstnanců, které jsou klíčové pro úspěšné změny ve firmách. Průmyslový inženýr hraje v tomto procesu zásadní roli, protože jeho úkolem je motivovat zaměstnance k novému pohledu na procesy a produkty, čímž se zvyšuje jejich přidaná hodnota pro zákazníky. Zároveň podporuje rychlou realizaci opatření zaměřených na zlepšení procesních a produktových parametrů, které odpovídají požadovaným výkonnostním, produktivním a efektivním ukazatelům.

Mezi hlavní kompetence průmyslového inženýra patří:

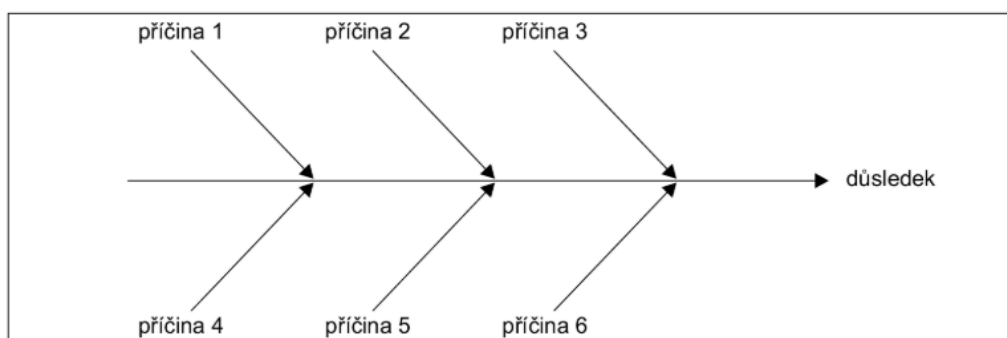
- Plánování a řízení projektů, zahrnující tvorbu pracovních plánů, časové a zdrojové rozvrhování, řízení flexibilních týmů a analýzu rizik.
- Organizace výroby s důrazem na tvorbu výrobních řádů, optimalizaci výrobních procesů a využití simulačních nástrojů.
- Technická a technologická příprava výroby, včetně plánování výrobních postupů.
- Řízení materiálových a informačních toků, koordinace dodávek a vztahů s partnery, plánování nákladů a dodacích lhůt.
- Zvyšování produktivity a efektivity procesů, definování kapacitních požadavků a řízení kvality.
- Ergonomie pracovního prostředí a optimalizace pracovních míst s cílem zlepšit přidanou hodnotu výrobních a administrativních procesů.
- Vývoj a zavádění nových výrobních konceptů, které posilují konkurenceschopnost firmy.
- Strategické řízení nákladů a finanční management s důrazem na plánování klíčových výkonnostních ukazatelů.
- Řízení změn a implementace transformačních opatření pro efektivnější fungování podnikových procesů (Chromjaková, 2013).

1.5 Nástroje průmyslové inženýrství

Tato podkapitola představuje nástroje průmyslového inženýrství, které jsou následně využity v praktické části.

1.5.1 Diagram příčin a následů

Diagramy příčiny a následku (viz. Obrázek 2), také známé jako rybí kosti nebo Ishikawovy diagramy, byly vyvinuty Kaoru Išikawou (1915–1989) v 60. letech 20. století. Tento postup spočívá v umístění řešeného problému do „hlavy“ ryby a následné identifikaci příčin tohoto problému. Cílem je postupovat od obecného ke konkrétnímu, přičemž se často klade otázka „proč“, aby se odhalily hlubší příčiny problému (Doležal, 2023).



Obrázek 2 Příklad Ishikawa diagramu

(zdroj: Doležal, 2023, s. 45)

1.5.2 Checklisty kvality

Checklisty slouží jako nástroje pro lepší organizaci úkolů, zajištění důslednosti a prevenci chyb při opakovaných činnostech jak v pracovním, tak osobním prostředí. Pomáhají systematicky ověřit, že žádný důležitý krok není vynechán, a přispívají ke zlepšení efektivity a spolehlivosti. Klíčovým faktorem jejich úspěšného využití je způsob, jakým jsou implementovány – kontrolní seznamy by měly být přizpůsobeny konkrétním potřebám uživatelů, podporovat týmovou spolupráci a být průběžně aktualizovány. Měly by být stručné, přehledné a zaměřené na klíčové kroky, nikoliv nahrazovat zkušenosti či odborné dovednosti. Pokud se však používají mechanicky a bez rozmyslu, mohou být ignorovány, čímž ztrácejí svůj účel. Přestože jsou běžně využívány v provozu a údržbě – například ve formě denních checklistů, seznamů úkolů či kontrol po operacích – mnozí je stále nevyužívají efektivně. Přitom přinášejí řadu výhod: zvyšují výkonnost, šetří čas a mentální kapacitu, usnadňují delegování úkolů, urychlují dosažení cílů a zvyšují motivaci díky pocitu dosaženého pokroku (Gulati, 2021).

1.5.3 5S Standard

Metoda 5S představuje systematický přístup k uspořádání pracoviště, jehož cílem je vytvořit čisté, bezpečné a přehledné prostředí podporující produktivitu a minimalizující plýtvání. Tento koncept zlepšuje pracovní podmínky jak po fyzické, tak mentální stránce a tvoří základ vizuálního řízení a štíhlé výroby. Je postaven na pěti japonských principech:

- Seiri (třídit) – Oddělit potřebné nástroje a materiály od zbytečných a odstranit vše, co není nezbytné.
- Seiton (uspořádat) – Uspořádat pracovní pomůcky tak, aby byly přehledně a snadno dostupné.
- Seiso (čistit) – Pravidelně čistit pracovní prostor a zařízení, aby se udržovalo v dobrém stavu.
- Seiketsu (standardizovat) – Zavést a udržovat jednotná pravidla a pracovní postupy pro pořádek a čistotu.
- Shitsuke (dodržovat) – Upevnit disciplínu a návyky pro trvalé dodržování přijatých standardů (Gulati, 2021).

2 ŠTÍHLÁ VÝROBA

Kapitola 2 se věnuje principům štíhlé výroby, přibližuje rozdíl mezi push a pull systémem a popisuje osm základních druhů plýtvání, které štíhlá výroba usiluje eliminovat.

2.1 Definice štíhlé výroby

Štíhlá výroba je přístup ke zlepšování procesů, který se zaměřuje na maximální efektivitu všech výrobních aktivit prostřednictvím systematické eliminace plýtvání. Jejím cílem je zkrátit průběžnou dobu výroby, omezit rozpracovanost a skladové zásoby, snížit celkové náklady a současně zvýšit kvalitu výstupů. Využívá k tomu metody a nástroje průmyslového inženýrství, které podporují kontinuální optimalizaci výrobních procesů (Mašín, 2005).

Koncept „štíhlé výroby“ (lean management) vznikl jako alternativa k tradiční hromadné výrobě, která klade důraz na vysokou produktivitu a nízké náklady. Tento přístup spočívá ve flexibilní reakci na požadavky zákazníka a poptávku prostřednictvím malých, na sebe navazujících výrobních stupňů s minimální hloubkou výroby. Klíčovým prvkem je decentralizace řízení, kdy každý pracovník má odpovědnost za kvalitu a průběh výroby a zároveň může v případě zjištění chyby výrobu zastavit. Hlavním cílem je maximální uspokojení potřeb zákazníků, což je v kontrastu s tradičními principy masové výroby. Mezi další důležité principy štíhlé výroby patří například plánovací princip „pull“ (viz. Kapitola 2.2) nebo eliminace plýtvání v hodnototvorném řetězci (Keřkovský, 2012).

Tento systém zahrnuje širokou škálu technik, které při správné aplikaci a postupném zdokonalování umožňují minimalizovat a následně odstranit sedm druhů plýtvání (viz. Kapitola 2.3). Výsledkem je nejen štíhlejší a efektivnější podnik, ale také vyšší flexibilita a lepší schopnost přizpůsobit se změnám díky omezení zbytečných procesů (Wilson, 2010).

2.2 Push-Pull systém

Plánovací a řídicí princip pull, který se uplatňuje v lean managementu, znamená, že výroba probíhá na základě skutečné poptávky, tedy „dodávej podle požadavků“. Každý výrobní stupeň odpovídá za konkrétní zařízení a zajišťuje požadavky následujícího výrobního stupně. Tento systém se odlišuje od tradičního push přístupu, kde se výroba tlačí dopředu bez ohledu na aktuální poptávku. Díky pull principu je každý pracovník odpovědný za svůj úsek a zákazník je hlavním hybatelem procesu. Mezi hlavní výhody patří snížení výrobních nákladů, omezení meziprocesních zásob a zkrácení průběžné doby výroby (Keřkovský, 2012).

Pull systém reguluje množství rozpracované výroby tím, že omezuje počet skladovacích jednotek a vymezených prostor na výrobní ploše. Tento přístup přispívá ke zkrácení výrobního cyklu, snižuje provozní náklady díky menší potřebě surovin a skladových zásob, zlepšuje kvalitu výrobků tím, že eliminuje vznik velkých vadných sérií, a zároveň usnadňuje manipulaci s materiálem, protože pracovníci nemusejí zvedat těžké nebo objemné díly. Navíc přispívá k bezpečnějšímu prostředí tím, že snižuje pohyb manipulační techniky. Oproti tradičnímu systému řízení výroby, kde není množství rozpracovaných produktů nijak omezeno a může docházet k nadměrnému hromadění zásob, pull systém udržuje výrobu plynulou a efektivnější (Dennis, 2016).

Pull systémy jsou výrobní systémy navržené tak, aby minimalizovaly nadprodukcí, která je považována za nejzávažnější formu plýtvání. Tyto systémy mají dvě hlavní charakteristiky: maximální objem zásob a spuštění výroby pouze na základě signálu od zákazníka, který vzniká až po spotřebování části zásob. V pull systému zákazník nebo následující krok v procesu odebere produkt, což slouží jako signál pro předchozí krok, aby začal vyrábět. Tento proces nahrazování odebraných zásob se nazývá doplňování. Pull systém je tedy charakterizován omezením maximálních zásob a výrobou založenou na doplňování. Naopak push systém nemá omezení zásob a výroba pokračuje, dokud není zastavena plánovačem, což může vést k nekontrolovanému nárůstu rozpracované výroby (WIP), prodloužení doby výroby a problémům s kvalitou, dodávkami a náklady (Wilson, 2010).

S pull systémem se úzce pojí i průběžná doba výroby. Mašín, definoval průběžnou dobu výroby jako celkový časový úsek od okamžiku naskladnění materiálu ve výrobním podniku až po finální zhotovení produktu připraveného k prodeji (Mašín, 2005).

2.3 8 druhů plýtvání

Každá firma se skládá z obrovského množství procesů, lidí, kroků, postupů, aktivit, schůzek, dokumentů a emailů. Existují činnosti, za které nás zákazník platí – tedy za vytvoření a dodání produktu. Všechno ostatní je v Lean filozofii považováno za plýtvání (viz. Obrázek 3). To zahrnuje plýtvání časem, zdroji, energií a materiálem (Benedikt, 2019).

2.3.1 Nadprodukce

Nadvýroba, jeden z osmi typů plýtvání, znamená provádění aktivit, které se na trhu neprojeví jako hodnotné. Tento jev zesiluje další formy plýtvání, například když pracovníci vykonávají

zbytečné úkony při výrobě produktů, které nikdo neobjednal. Nadvýroba je také spojena s řadou zbytečných nákladů, jako jsou náklady na nepotřebnou energii, přebytečné zaměstnance, nevyužité budovy a prostory, stroje a manipulační prostředky nad rámec potřeby, a také finanční prostředky na úhrady úroků z úvěrů na zásoby (Mašín, 2005).

2.3.2 Přesuny

Transport představuje nadbytečné přesuny materiálu, produktů či osob, které nevedou k přidané hodnotě a způsobují zbytečné časové i kapacitní ztráty v rámci procesu (Lean production, 2025).

Z pohledu zákazníka není podstatné, kolik interní komunikace probíhá, jak jsou dokumenty ukládány či kolik skladů firma provozuje a jak mezi nimi přesouvá materiál. Veškeré přemísťování, které nepřináší zákazníkovi přímou hodnotu, je vnímáno jako plýtvání – pokud tedy samotná přeprava není hlavní činností firmy, jako například v logistických společnostech (Benedikt, 2019).

Plýtvání přepravou zahrnuje rozsáhlé ztráty způsobené neefektivním uspořádáním pracoviště, příliš velkým vybavením nebo tradiční velkosériovou výrobou. K tomuto plýtvání dochází například tehdy, když se velké šarže musí přesouvat z jednoho procesu do druhého. Snížení velikosti šarží a přiblížení jednotlivých procesů k sobě může toto plýtvání minimalizovat. Existuje také mikrokompomenta související s přenášením dílů v rámci pracovní oblasti, ať už pomocí dopravníků nebo pracovníky. Plýtvání přepravou, čekáním a pohybem jsou úzce propojeny. Přeprava je nezbytná materiály se samozřejmě musí pohybovat po továrně, ale musí být minimalizována (Dennis, 2016).

2.3.3 Zásoby

Nadměrné zásoby představují klíčový problém při zeštíhlování podnikových procesů, zahrnující nejen materiál, ale i nadbytečné strojhodiny, neefektivní práci, zbytečné standardy či nevyužité znalosti. Jejich optimalizace výrazně usnadňuje implementaci štíhlých procesů, protože vysoké zásoby sice zajišťují plynulou výrobu a flexibilitu, ale zároveň skrývají problémy, zatímco nízké zásoby je naopak odhalují. Nalezení rovnováhy v zásobách vyžaduje značné úsilí, přičemž ve výrobě je to snazší než v jiných podnikových oblastech, například v nákupu, kde mohou vznikat nespecifikované objednávky kvůli špatné komunikaci, nebo v údržbě, kde neefektivní pracovní náplň tvoří skrytou nadbytečnost. Podobně i administrativní procesy mohou obsahovat zbytečné role, například pokud ředitel

přímo řídí kontakt s obchodními partnery, čímž snižuje potřebu samostatného sekretariátu (Chromjaková, 2011).

2.3.4 Zbytečné pohyby

Pohyb se týká zbytečného pohybu lidí, jako jsou operátoři a mechanici, kteří chodí kolem a hledají nástroje nebo materiály. Tento pohyb je často přehlížen jako plýtvání, protože lidé vypadají aktivně a zaneprázdněně. Klíčové však není to, zda se pohybují, ale zda přidávají hodnotu. Je těžké si představit situaci, kdy by takový pohyb přinášel hodnotu. Efektivní návrh práce a pracovního prostoru jsou klíčovými faktory pro řešení tohoto problému (Wilson, 2010).

2.3.5 Čekání

Čekání je forma plýtvání, ke kterému dochází, když pracovník musí čekat na dodání materiálu, na odstranění závady na lince, nebo když zaměstnanci stojí a čekají, až stroj dokončí zpracování dílu. K tomuto plýtvání také dochází při nadměrném množství rozpracovaných výrobků (WIP) kvůli velkosériové výrobě, problémům s vybavením dále v procesu nebo závadám vyžadujícím přepracování. Zpoždění prodlužují celkovou dobu výroby (lead time), což je doba mezi objednávkou zákazníka a dodáním výrobku, což je klíčový ukazatel v systému Lean. Celková doba výroby se skládá z doby zpracování a doby čekání, přičemž doba čekání ve většině výrobních operací výrazně převyšuje dobu zpracování (Dennis, 2016).

2.3.6 Zbytečná komplexita

Komplexita je méně zjevná forma plýtvání, která vzniká, když se dělá více než zákazník potřebuje. Tento problém se často objevuje ve firmách, kde technická oddělení mají velký vliv. Společnosti, které jsou příliš zaujaté určitou technologií nebo se soustředí na dosažení specifických technických cílů, mohou přestat vnímat skutečné potřeby zákazníků. Příkladem je Porsche v 80. letech, kdy se firma soustředila na inženýrské výkony, které pro zákazníky nebyly podstatné (Dennis, 2016).

2.3.7 Chyby

Když je výrobek nevhodný k použití, dochází k vadám. To obvykle znamená, že výrobek musí být buď přepracován, nebo zcela vyřazen. Oba scénáře představují plýtvání, protože

zvyšují náklady na provoz, aniž by přinášely zákazníkovi jakoukoli přidanou hodnotu (Skhmoť, 2017).

Klíčovou součástí efektivních procesů je jejich odolnost vůči chybám. Každý proces, produkt i pracovní náplň jsou navrženy tak, aby minimalizovaly počet chyb, ideálně s nulovou tolerancí k chybovosti. Eliminace chyb v procesech není snadný úkol, protože většinu z nich lze řešit až po jejich realizaci, nikoli předem. Přesto je důležité zaměřit se na potenciální zdroje chyb, jako jsou chyby v kvantifikaci a hodnocení dat, zadávání nesprávných údajů, chybná dokumentace, špatně definované informace v rámci informačního a materiálového toku, nedostatečně vyplněné dokumentace k produktům, emaily a další dokumenty zasílané s chybnými nebo nedostatečnými údaji, které jsou často i nečitelné, a nejasné objednávky, reporty, dotazníky a standardy (Chromjaková, 2011).

2.3.8 Nevyužitý potenciál

Nevyužívání kreativity zaměstnanců: Tento typ plýtvání se vyskytuje tam, kde zaměstnavatel nedostatečně využívá schopnosti svých pracovníků. Dochází k němu, když je přerušen „řetězec“ mezi podnikem a zákazníkem, nebo když chybí „toky znalostí a know-how“ mezi různými odděleními společnosti. Toto nevyužívání znalostí a dovedností může mít jak horizontální, tak vertikální rozměr a může být trvalé nebo dočasné. Vždy však brzdí tok myšlenek, zpomaluje generování nápadů na zlepšení, způsobuje frustraci a demotivaci, a tím vytváří příležitosti k promarnění šancí na zlepšení procesů (Mašín, 2005).



Obrázek 3 Osm druhů plýtvání

(zdroj: Benedikt, 2019)

3 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ

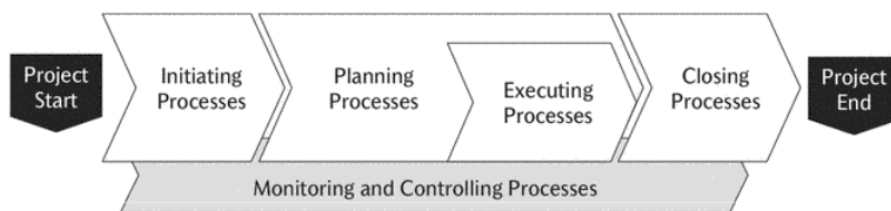
Kapitola 3 se zaměřuje na projektové řízení ve výrobním prostředí. Představuje základní principy řízení projektů, klíčové metody a nástroje, které slouží k plánování, kontrole a optimalizaci průběhu projektu.

3.1 Úvod do projektového řízení

Projektový management definuje tři klíčové parametry, označované jako trojimperativ, které ovlivňují rozhodování o projektu. Patří sem cíl projektu (co má být uděláno), časový rámec (kdy to má být dokončeno) a náklady (za kolik). Mezi těmito faktory existuje vzájemná závislost – pokud se jeden z nich změní, obvykle to ovlivní i další. Například snaha o dosažení maximálního cíle s minimálními náklady a krátkým časem vede k protichůdným požadavkům, což vyžaduje hledání kompromisu. Správné nastavení rovnováhy mezi těmito parametry je proto klíčové pro úspěšné řízení projektu (Doskočil, 2013).

3.2 Životní cyklus projektu

Životní cyklus projektu (viz. Obrázek 4) je strukturovaný přístup k řízení projektů, který zahrnuje definované fáze nebo iterace pro lepší kontrolu a koordinaci práce. Pro menší projekty může stačit jednoduchý cyklus založený na procesních skupinách PMBOK (Iniciace, Plánování, Realizace, Monitorování a Kontrola, Uzavření). U větších a složitějších projektů se často používají sekvenční (např. vodopádový model) nebo iterativní (např. agilní) životní cykly, které zahrnují klíčové milníky a rozhodovací body. Tyto cykly jsou často propojeny s životním cyklem produktu, který může pokračovat i po ukončení projektu, například fázemi údržby nebo vyřazení. Přizpůsobení životního cyklu konkrétním potřebám projektu a začlenění jeho fází do struktury práce (WBS) zlepšuje monitorování a kontrolu během realizace projektu (Kendrick, 2014).



Obrázek 4 Životní cyklus projektu

(zdroj: Kendrick, 2014, s. 146)

3.3 Metody a nástroje projektového řízení

Tato kapitola přibližuje čtenáři základní metody a nástroje projektového řízení.

3.3.1 Řízení rizik pomocí FMEA

FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) je systematická metoda sloužící k identifikaci a prevenci potenciálních selhání v produktech, procesech nebo systémech. Posuzuje závažnost, četnost a detekovatelnost jednotlivých selhání, přičemž jejich součin tvoří rizikové číslo (RPN), které slouží k určení priorit pro nápravná opatření. FMEA je týmová aktivita využívaná zejména v odvětvích s vysokými nároky na bezpečnost. Existují různé typy této analýzy – např. PFMEA pro procesy a DFMEA pro konstrukční návrhy – a její hlavní přínos spočívá v prevenci vad a zvyšování spokojenosti zákazníka (Stamatis, 2019).

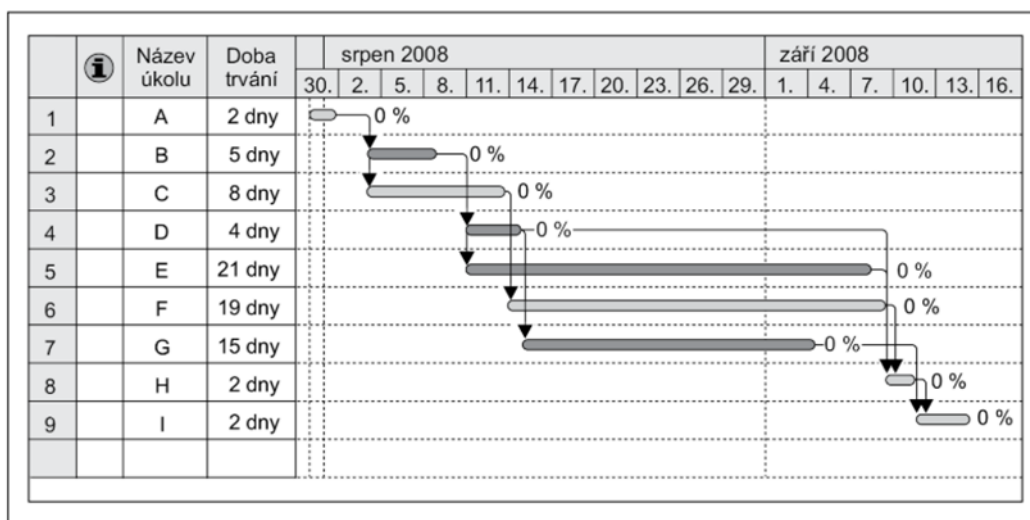
Metoda FMEA se opírá o systematické mapování potenciálních poruch, analýzu jejich příčin a hodnocení důsledků. Díky tomu umožňuje identifikovat kritická rizika a přijmout preventivní opatření ještě před jejich výskytem. Využívá se napříč průmyslovými odvětvími jako nástroj ke zvýšení kvality, bezpečnosti a spolehlivosti, přičemž přispívá ke snížení nákladů spojených s vadami a k posílení konkurenceschopnosti firem (Aven, 2015).

FMEA se uplatňuje při identifikaci způsobů, jak může dojít k selhání produktu, služby nebo procesu, a při hodnocení jejich dopadů na zákazníka. Poruchy jsou posuzovány podle závažnosti, četnosti a detekovatelnosti s cílem eliminovat nejrizikovější scénáře. Metoda zároveň slouží k systematickému zaznamenávání znalostí a opatření v oblasti řízení rizik. Je vhodné ji aplikovat již ve fázi vývoje a dále ji udržovat během celého životního cyklu produktu (Tague, 2023).

3.3.2 Ganttův diagram

Ganttovy diagramy (viz. Obrázek 5), které představil Henry L. Gantt během první světové války, jsou jednoduchým a přehledným nástrojem pro vizualizaci sledů úkolů a jejich časového rozložení. Jsou hojně využívány díky své snadné tvorbě a intuitivnímu pochopení bez nutnosti speciální softwarové podpory. Jejich původní podoba však vykazuje několik omezení, například neumožňuje zobrazení závislostí mezi úkoly nebo automatické promítnutí změn do harmonogramu. V současnosti jsou Ganttovy diagramy zdokonaleny o možnosti zobrazení kritické cesty, překryvů či prodlev a slouží nejen k plánování, ale i k porovnávání skutečného průběhu projektu s původním plánem (baseline) (Svozilová, 2016).

Každá aktivita v Ganttově diagramu je znázorněna vodorovnou čarou, jejíž délka odpovídá době trvání úkolu, přičemž začátek a konec jsou vyznačeny podle kalendářní osy. Původní sada čar, označovaná jako základní linie, umožňuje sledovat průběh projektu, přičemž pokrok lze zaznamenávat další čarou nebo barevným zvýrazněním. Ganttův diagram lze rychle vytvořit manuálně po předchozím návrhu v síťovém diagramu, zatímco při použití počítačového plánování je proces časově náročnější kvůli nutnosti zadání závislostí mezi aktivitami. Tento diagram je obzvláště užitečný při alokaci zdrojů, protože umožňuje vizuálně zobrazit požadované kapacity, například pracovní sílu, v různých časových obdobích. Součet zdrojů v každém časovém úseku lze vyjádřit pomocí svislých sloupců, čímž vzniká takzvaný histogram zdrojů, který poskytuje přehled o celkových požadavcích na projekt (Lester, 2017).



Obrázek 5 Příklad Ganttova diagramu

(zdroj: Doležal, 2012, s. 232)

4 VÝROBA

Kapitola 4 se zaměřuje na klasifikaci výrob podle objemu produkce a charakteru práce, popisuje klíčové procesy v rámci výroby a objasňuje význam standardizace pro dosažení efektivity a stability.

4.1 Druhy výroby

Kusová, sériová a hromadná výroba se liší především v množství vyráběných výrobků a způsobu organizace výrobních procesů. Kusová výroba je charakteristická malými objemy a vysokou variabilitou výrobků, často realizovaná pomocí univerzálních strojů. Může být opakovaná nebo neopakovaná, přičemž zakázková výroba je typickým příkladem. Řízení kusové výroby je obvykle složitější kvůli častým změnám ve výrobním procesu. Sériová výroba zahrnuje výrobu výrobků v dávkách (sériích), kde po dokončení jedné série následuje výroba dalšího výrobku. Tento typ výroby je stabilnější než kusová výroba a může být rytmický (pravidelně se opakující série) nebo nerytmický. Hromadná výroba se zaměřuje na velké objemy jednoho druhu výrobku, často s plynulým a optimalizovaným tokem mezi pracovišti, jako je tomu u proudové výroby. Zatímco kusová výroba umožňuje největší flexibilitu a přizpůsobení individuálním požadavkům zákazníka, hromadná výroba je nejefektivnější z hlediska nákladů na jednotku výrobku, ale s omezenou možností přizpůsobení. Sériová výroba se nachází mezi těmito dvěma extrémy, nabízející rovnováhu mezi flexibilitou a efektivitou. V praxi se často kombinují různé typy výroby v závislosti na konkrétních potřebách podniku (Keřkovský, 2012).

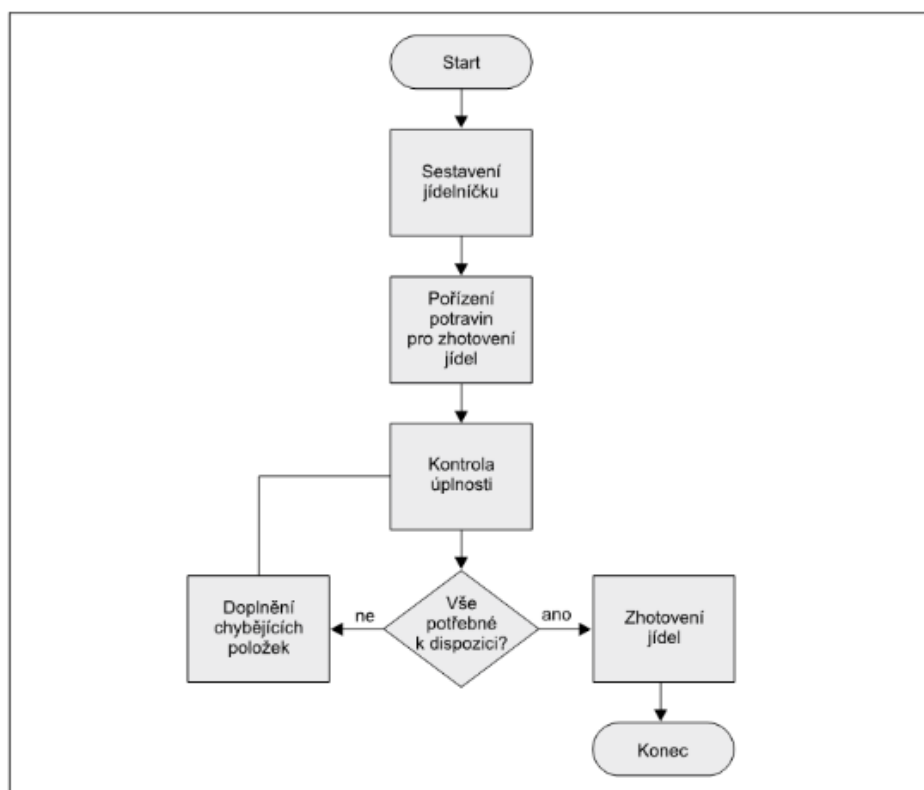
Existují tři hlavní typy konvenčních výrobních systémů: kusová výroba, sériová výroba a hromadná výroba. Kusová výroba, známá také jako „one-off“, se vyznačuje malými objemy výroby, často neopakujícími se, a vyžaduje univerzální zařízení a vysoce kvalifikovanou pracovní sílu. Typicky se používá pro výrobu letadel, prototypů a experimentálních zařízení. Sériová výroba je nejběžnější formou výroby, kde se středně velké šarže produktů vyrábějí v pravidelných intervalech pomocí univerzálních, ale vysoce automatizovaných strojů. Tento systém je vhodný pro výrobu široké škály produktů, jako jsou průmyslové dodávky nebo sezónní domácí spotřebiče. Hromadná výroba se zaměřuje na velké objemy výroby jednoho produktu pomocí specializovaných a často automatizovaných zařízení, což umožňuje nízkou úroveň dovedností pracovníků. Tento systém je však méně flexibilní při změně produktu. V praxi se často kombinují prvky těchto systémů, aby se přizpůsobily různým výrobním potřebám (Sassani, 2017).

4.2 Procesy ve výrobě

Procesy v organizaci lze rozdělit do tří základních skupin podle jejich důležitosti a účelu: hlavní/klíčové procesy, řídicí procesy a podpůrné procesy. Hlavní procesy jsou klíčové pro existenci organizace, neboť vytvářejí hodnotu pro externí zákazníky a představují hlavní oblast působení firmy. Řídicí procesy zajišťují stabilitu a řiditelnost organizace, přičemž samy o sobě nepřinášejí zisk, ale vytvářejí podmínky pro fungování ostatních procesů. Příkladem jsou plánování nebo tvorba strategie. Podpůrné procesy napomáhají hlavním procesům tím, že dodávají potřebné vstupy a zdroje, a jsou často určeny pro interní zákazníky. Tyto procesy mohou být v případě potřeby outsourcovány. Pro efektivní fungování organizace je klíčové, aby všechny tyto procesy spolupracovaly a vytvářely synergický efekt (Jurová, 2016).

4.2.1 Tvorba procesních diagramů

Procesní diagramy (viz. Obrázek 6) slouží jako základní nástroj pro úvodní analýzu procesů a vymezení rozsahu projektu, přičemž pomáhají vizualizovat hlavní toky a vazby mezi činnostmi bez nutnosti detailního zobrazení. Často vznikají během týmových diskusí za použití jednoduchých pomůcek, jako jsou tabule, lepící lístky nebo provázky, které usnadňují pochopení struktury procesu. Pokud je mapování prováděno jednotlivcem, postačí jednoduchý náčrt, případně lze využít software, který umožní snazší úpravy a pozdější modelování. Nezastupitelnou roli hraje i přímé pozorování procesu, které napomáhá identifikovat konkrétní kroky, dynamiku prostředí a používané prostředky. Tento přístup lze dále podpořit využitím moderních technologií, například videozáznamem, který umožňuje detailní zpětnou analýzu sledovaného pracovního prostředí (Svozilová, 2011).



Obrázek 6 Příklad procesního diagramu

(zdroj: Svozilová, 2011, s. 136)

Procesní diagramy podle standardu BPMN využívají k zaznamenání informací sadu základních symbolů (viz. Obrázek 7). Pokud tato sada pro danou situaci nestačí, je možné ji rozšířit o doplňkové symboly (Svozilová, 2011).



Obrázek 7 Značení procesních diagramů

(zdroj: Svozilová, 2011, s. 139)

4.3 Standardizace

Standardizovaná práce představuje nejefektivnější známý způsob vykonávání pracovních činností v daném pořadí, čímž se minimalizuje plýtvání a dosahuje maximální produktivity. K jejímu vytvoření a dodržování se využívají dokumenty, jako jsou postup práce operátora, časové schéma jednotlivých kroků, kapacitní schéma a pracovní návody (Patermann, 2022).

Standard představuje nejefektivnější známý způsob provedení pracovního úkolu nebo pravidlo, podle kterého se řídí procesy. Standardizace je proces zavádění a kontroly těchto standardních postupů v různých oblastech, jako jsou pracovní metody, zajištění kvality nebo podmínky na pracovišti. Standardizovaná práce pak patří mezi klíčové principy moderního průmyslového inženýrství a štihlé výroby, protože umožňuje systematické využívání nástrojů ke zlepšování kvality, produktivity a efektivity výrobních procesů (Mašín, 2005).

Standardizace je systematický proces, který směřuje k redukci a usměrnění diverzifikace v různých fázích, od návrhu výrobku přes výrobu až po prodej. Jejím cílem je optimalizovat řešení tím, že redukuje rozmanité varianty na standardní řešení, které je následně závazné a platné. Smyslem standardizace je eliminovat zbytečnou rozmanitost, což přináší řadu výhod, jako je efektivnější využití výrobního zařízení, snížení fixních nákladů, zjednodušení plánování a řízení, zvýšení produktivity práce a možnost vyšší automatizace. Výsledkem standardizace je vytvoření standardu, který slouží jako pravidlo, model nebo kritérium pro hodnocení a řízení procesů. Standardy plní různé funkce, včetně informační, plánovací, kontrolní a motivační, a přispívají k racionalizaci a zdokonalování procesů (Jurová, 2016).

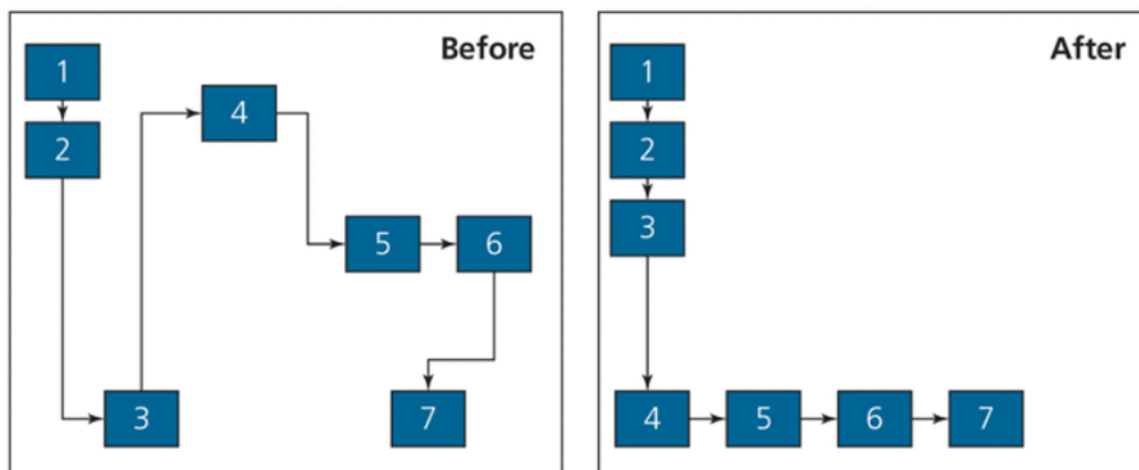
5 ANALÝZA PRACOVISTĚ

Tato kapitola se zaměřuje na analýzu pracoviště z pohledu průmyslového inženýra.

5.1 Layout

Rozvržení pracoviště (viz. Obrázek 8), jakožto jeden ze základních principů štihlé výroby, se zaměřuje na efektivní uspořádání pracovního prostoru s cílem zajistit plynulý tok zpracovávaných prvků. Dobře navržený layout usnadňuje práci tím, že snižuje plýtvání způsobené zbytečnými pohyby, přepravou a čekáním. Úpravy layoutu mohou vést ke zkrácení vzdáleností mezi jednotlivými kroky procesu a zároveň uvolnit více prostoru na pracovišti. Layout tak představuje intuitivní nástroj pro zlepšení výrobního prostředí (Delisle, 2015).

Plynulý a rychlý tok materiálu je klíčovým rysem ideálního výrobního závodu. Efektivní plánování layoutu umožňuje propojení všech pohybů v rámci výrobního procesu do logického a uspořádaného celku. V rámci plánování a návrhu rozvržení výrobních prostor lze rozlišit čtyři hlavní typy přístupů: výstavbu nové výrobní haly, nový návrh layoutu ve stávajícím závodě, přepracování omezeného prostoru a doplnění nové technologie nebo stroje do stávajícího provozu (Kiran, 2019).



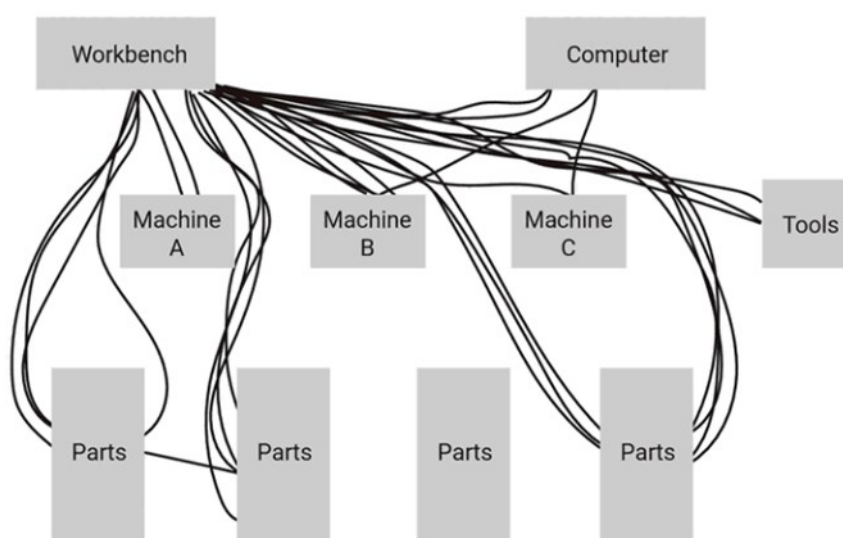
Obrázek 8 Příklad změny layoutu

(zdroj: Delisle, 2015, s. 67)

5.2 Spaghetti diagram

Spaghetti diagram (viz. Obrázek 9) je nástroj sloužící k vizualizaci pohybu osob, materiálu, dokumentů nebo informací v rámci určitého procesu. Využívá se především tehdy, pokud

proces zahrnuje časté přesuny, které mohou představovat neefektivitu. Na podkladu půdorysu pracoviště se zakreslí trasy jednotlivých pohybů podle pořadí kroků procesu. Každý pohyb je znázorněn samostatnou čarou, přičemž opakující se cesty mohou být rozlišeny barvou či typem čáry. Tento přístup umožňuje rychle odhalit zbytečné přesuny a navrhnout změny layoutu či uspořádání pracoviště. Příklad z kovodílny ukázal, že pracovník během výroby jednoho dílu vykonával opakované a nadměrné přesuny mezi pracovním stolem, regály a náradím, což vedlo k únavě a prodloužení času výroby. Spaghetti diagram tak pomáhá identifikovat příležitosti ke zkrácení tras a zvýšení efektivity (Tague, 2023).



Obrázek 9 Příklad spaghetti diagramu

(zdroj: Tague, 2023, s. 501)

5.3 Pozorování

Přímé pozorování je základním principem metodiky Lean, úzce propojeným s filozofií genchi genbutsu, tedy „jdi a podívej se“, která zdůrazňuje důležitost osobní účasti v místě, kde proces probíhá. Tento přístup, prosazovaný například Taiichi Ohnem, zakladatelem Toyota Production System, umožňuje hlubší porozumění procesům, než by poskytla samotná data. I při dlouhých cyklech je pozorování klíčové, přestože může být omezeno pouze na několik případů – důležité však je pochopit realitu procesu a identifikovat plýtvání, které by jinak zůstalo skryté. Přímé pozorování zůstává nenahraditelným nástrojem při odhalování ztrát, který doplňují i další metody Lean, často vyžadující zaznamenání konkrétních dat přímo na místě (Hamel, 2010).

6 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část této bakalářské práce vytvořila metodický základ pro následnou analýzu a racionalizaci procesu výroby nového logistického stroje ve výrobní firmě. Byly zde představeny klíčové oblasti průmyslového inženýrství, především jeho role při zvyšování efektivity procesů, odstraňování plýtvání. Následně byly rozpracovány principy štihlé výroby s důrazem na metody standardizace a vizualizace. Důležitou roli sehrály i nástroje projektového řízení, zejména FMEA a Ganttův diagram, které umožňují efektivní plánování, řízení rizik a kontrolu průběhu projektů.

V závěru se pozornost soustředila na procesní stránku výroby – od klasifikace výrobních systémů po důležitost standardizace jako nástroje pro stabilní a opakovatelné výstupy. Teoretické poznatky zde získané budou v praktické části aplikovány při hodnocení přípravné fáze projektu, analýze pilotní montáže a návrhu konkrétních opatření ke zvýšení efektivity a kvality výrobního procesu.

II PRAKTICKÁ ČÁST

7 ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cílem praktické části je zhodnotit proces zavádění výroby nového logistického stroje do malosériové výroby (10 kusů – 1 pilotní stroj a 9 malosériových skusů) ve společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o. – od přípravných činností až po realizaci pilotní montáže a navazujících racionalizačních opatření. Pozornost je věnována identifikaci slabých míst v průběhu pilotní montáže a návrhu zlepšení, jejichž cílem je zvýšení efektivity a zkrácení montážního času při malosériové výrobě.

Praktická část je členěna do čtyř hlavních celků (viz. Obrázek 10). První část se věnuje představení společnosti (viz. Kapitola 8), technickému popisu zařízení (viz kapitola 10) a harmonogramu prací (viz kapitola 9). Druhá část se zaměřuje na přípravnou fázi (viz. Kapitola 11) – zahrnující procesní diagram a analýzu rizik pomocí metody PFMEA. Třetí část hodnotí průběh pilotní montáže (viz. Kapitola 12), přičemž klíčové nedostatky jsou systematicky analyzovány prostřednictvím Ishikawova diagramu (viz. Kapitola 13). Ve čtvrté části jsou představena implementovaná zlepšení v oblasti standardizace práce, organizace materiálu a pracovního prostředí (viz. Kapitola 14). Poslední kapitola 15 nabízí zhodnocení celé praktické části.



Obrázek 10 Struktura praktické části

(zdroj: vlastní zpracování – vypracoval autor práce)

8 PŘEDSTAVENÍ FIRMY

Společnost AWL-Techniek CZ s.r.o. je součástí mezinárodní skupiny AWL, jejíž centrála sídlí v nizozemském městě Harderwijk. Skupina působí globálně a disponuje výrobními závody a technickými centry v Evropě, Asii a Severní Americe. Česká pobočka, založená v roce 2006, se nachází v Napajedlech u Zlína a slouží jako výrobní a vývojové centrum zaměřené na automatizaci a robotizaci výrobních procesů. (interní materiály společnosti)

AWL-Techniek CZ s.r.o. se specializuje na návrh a realizaci komplexních automatizovaných řešení, která integrují pokročilé technologie v oblasti svařování, manipulace a logistiky. Klíčovou charakteristikou portfolia firmy je vysoká míra customizace podle požadavků zákazníka a schopnost pokrýt celý cyklus vývoje – od konstrukce přes montáž až po uvedení zařízení do provozu. (interní materiály společnosti)

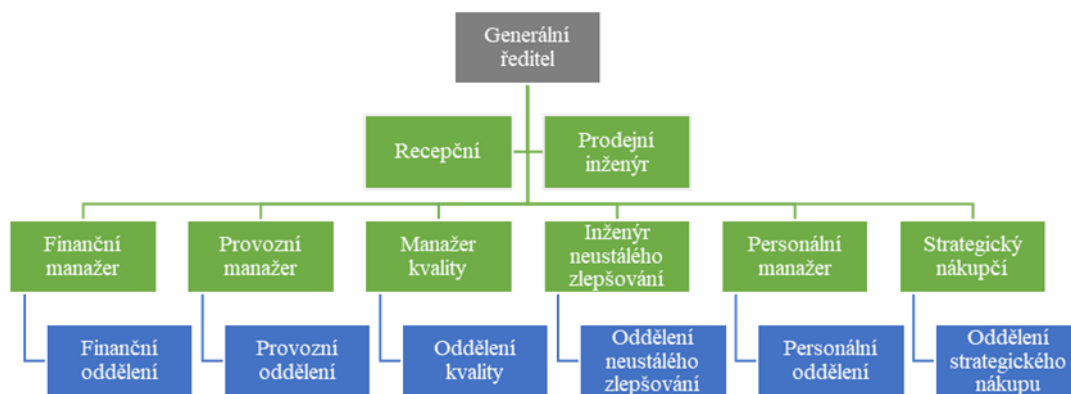
Výrobní program společnosti lze rozdělit do čtyř hlavních oblastí:

- Rozvaděče: Produkce elektrických rozvaděčů pro integraci do strojů a technologických celků. Výroba je podpořena vlastním CNC zařízením na zpracování plechů, což umožňuje flexibilní reakci na požadavky zákazníků a snižuje závislost na externích dodavatelích.
- Jigy: Výroba přesných přípravků sloužících k fixaci komponent během zpracování nebo montáže. Jejich správná funkce je zásadní pro zajištění kvality a stability výsledného produktu.
- Cely: Komplexní automatizované výrobní linky tvořené kombinací rozvaděčů, jigů a robotických systémů. Tyto systémy se zpravidla dodávají do automobilového průmyslu a vyznačují se vysokou technickou složitostí a dlouhým výrobním cyklem.
- Logistické systémy: Nejnovější segment produkce, zaměřený na řešení v oblasti automatizace logistiky, například pro manipulaci s plastovými boxy. Tento typ výrobků je vyráběn malosériově. (interní materiály společnosti)

Díky kombinaci technického know-how, inovativního přístupu a stabilního zázemí v rámci mezinárodní skupiny si společnost AWL-Techniek CZ s.r.o. udržuje silnou pozici na trhu automatizace a zůstává spolehlivým partnerem pro zákazníky z různých průmyslových odvětví.

Na obrázku 11 níže je znázorněna základní organizační struktura společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o. V čele stojí generální ředitel, pod nějž spadají přímé podpůrné

role, jako je recepční a prodejní inženýr. Dále jsou podřízeny klíčové manažerské pozice zodpovědné za jednotlivé úseky podniku – finance, provoz, kvalitu, neustálé zlepšování, personalistiku a strategický nákup (interní materiály společnosti).



Obrázek 11 Organizační struktura společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o.

(zdroj: interní materiály společnosti – vlastní zpracování)

9 HARMONOGRAM PROVEDENÝCH RACIONALIZAČNÍCH ČINNOSTÍ

Tato kapitola shrnuje kontext, v němž probíhala implementace výroby nového logistického stroje ve společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o. Popisuje nejen samotné implementace, ale také časový průběh jednotlivých fází z pohledu výrobního inženýra. Cílem je poskytnout ucelený přehled o rozsahu řešeného úkolu a struktuře prací.

9.1 Zadání prací

Implementace výroby nového logistického stroje ve společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o. vznikla jako reakce na požadavek zákazníka rozšířit stávající produktové portfolio o zařízení určené k automatizovanému sledování plastových přepravek. Vzhledem k charakteru produktu šlo o zakázkový projekt s vysokým podílem vývoje, který vyžadoval detailní přípravu výrobních podkladů a úzkou koordinaci napříč několika odděleními.

Výsledkem bylo nejen úspěšné dokončení pilotní montáže, ale především návrh a implementace sady racionalizačních opatření, která jsou dále podrobně rozvedena v následujících kapitolách.

9.2 Harmonogram prací

Níže uvedený Ganttův diagram (viz. Tabulka 1) zachycuje průběh prací z pohledu výrobního inženýra (manufacturing engineer), tedy s důrazem na výrobní přípravu, montáž pilotního kusu a následnou racionalizaci procesu. Nezahrnuje aktivity ostatních útvarů, jako jsou konstrukce, nákup či projektové řízení. Práce probíhaly v období od června do prosince 2024 a skládal se z několika na sebe navazujících fází:

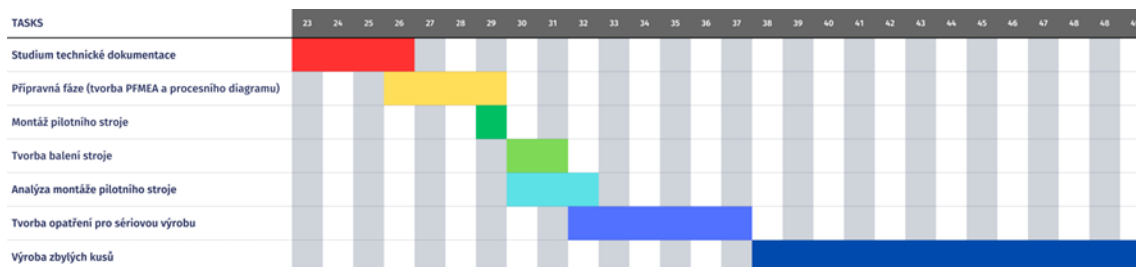
Prvním krokem bylo studium technické dokumentace, které probíhalo ve 23. až 26. kalendářním týdnu a sloužilo k podrobnému seznámení se s konstrukčním řešením stroje a jeho funkčními celky. Následovala přípravná fáze (týdny 26–29), během níž byly vytvořeny výrobní podklady, zejména procesní diagram a PFMEA.

Ve 29. týdnu byla zahájena montáž pilotního stroje, která pokračovala do týdne 30. V této fázi byl kladen důraz na přesnost montáže, sledování reálného průběhu a záznam problémových míst. Následovala tvorba balení stroje, která probíhala od 30. do 32. týdne.

Ve stejném období (týdny 30–32) probíhala také analýza montáže pilotního stroje, jejímž cílem bylo identifikovat nedostatky a navrhnout konkrétní zlepšení. Na základě těchto

výstupů byla mezi týdny 32 a 37 realizována tvorba opatření pro malosériovou výrobu, která zahrnovala aktualizaci pracovních instrukcí a doporučení ke konstrukčním úpravám.

Tabulka 1 Ganttův diagram průběhu prací



(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

Závěrečná fáze – výroba devíti zbývajících kusů – probíhala v týdnech 38 až 49. Do tohoto období již spadá malosériová montáž, při níž byla nová opatření aplikována a jejich účinnost ověřena v praxi.

10 POPIS STROJE

Logistický stroj implementovaný v rámci projektu je určen k automatizovanému snímání plastových přepravek během jejich pohybu po dopravníkovém systému. Hlavním účelem zařízení je pořizování obrazové dokumentace přepravovaného zboží, která slouží jako vstup pro zpracování algoritmy strojového učení. Toto řešení umožňuje zákazníkovi zvýšit úroveň kontroly vnitropodnikové logistiky a omezit výskyt lidských chyb při kontrole zásilek.

Zařízení bylo navrženo výhradně pro tento konkrétní účel a není určeno k dalšímu rozšíření či úpravě funkcionality. Konstrukce stroje je postavena na systému hliníkových profilů značky Misumi (viz. Obrázek 12) které slouží jako univerzální konstrukční prvek pro sestavení nosného rámu. Tyto profily byly zvoleny z důvodu dostupnosti a snadného sestavení, nikoliv však kvůli budoucí přestavitelnosti zařízení.

Stroj je vybaven krytováním tvořeným kombinací bočních, rohových plechů a modrých, které chrání vnitřní komponenty před mechanickým poškozením a zároveň zajišťují bezpečnost obsluhy při provozu zařízení. Součástí systému jsou také dvě osvětlovací jednotky a kamerová soustava, která pořizuje snímky z různých úhlů.

Stroj je ve společnosti vyráběn montováním komponentů na profily do podsestav, které jsou následně zabaleny a odeslány k zákazníkovi, kde si stroj instaluje sám. Celkem se ve společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o. vyrábělo 10 těchto strojů, kdy první stroj byl pilotní a zbylých 9 byla malosériová výroba.

Zařízení se skládá z následujících konstrukčních podsestav (viz. Tabulka 2):

Tabulka 2 Seznam jednotlivých podsestav stroje

Podsestava	Účel
Sloupy 1 - 6 (Posts)	Základ stroje
Boční plechy (Side shielding)	Krytí boků stroje mezi jednotlivými sloupy
Rohové plechy (Corner shielding)	Krytí rohů stroje, vstup pro údržbu
Boční profily (side profiles)	Spojují sloupy mezi sebou
Modré plechy (Blue covers)	Chrání elektronické komponenty ze stran dopravníku
Kamery (Cameras)	Snímají přepravky
Světla (Lights)	Zajišťují ideální světelné podmínky
Čtečka čárového kódu a PE senzor (Barcode reader and PE sensor)	Čtení čárových kódů a spouštění kamer a světel ve správnou chvíli
Rozvaděč	Centrální řídicí jednotka

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

Technické provedení zařízení reflektuje požadavek na robustní, přesnou a bezpečnou konstrukci. Důraz byl kladen na jednoduchost sestavení, minimalizaci montážních chyb a zajištění snadné manipulace během výroby, montáže i následné údržby.

Použití hliníkových profilů značky Misumi (viz. Obrázek 12) představovalo z hlediska výroby výhodné řešení. Díky širokému sortimentu standardizovaných profilů a příslušenství nebylo nutné vyrábět většinu nosných konstrukčních prvků na míru, což výrazně snížilo náklady i časovou náročnost přípravy výroby. Tento přístup rovněž umožnil pružnější reakci při případných změnách v návrhu zařízení. Ne vše však bylo možné napasovat na standardní sortiment – některé specifické mezikusy, například držáky světel či držáky kamer, musely být vyrobeny zakázkově. I přesto bylo prioritou využít maximum dostupných prvků z nabídky Misumi, aby se minimalizovala potřeba výroby speciálně určených dílů od dodavatelů. Nevýhodou tohoto přístupu zůstává nutnost manuálního nastavování každé míry a pozice komponent, což zvyšovalo nároky na přesnost při montáži a prodlužovalo celkový čas kompletace rámu.



Obrázek 12 Misumi profil

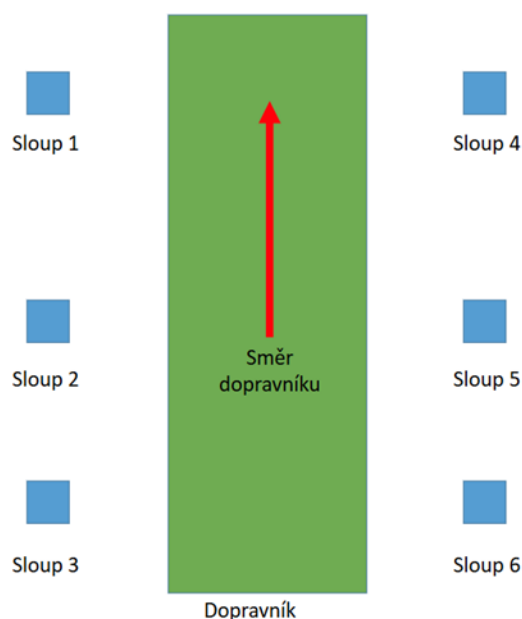
(zdroj: 3DPrintrionics, 2025)

V rámci výroby zařízení bylo dále nutné rozlišovat mezi díly, které bylo možné objednat jako hotové komponenty, a díly, které musely být vyráběny interně nebo na zakázku. Mezi nakupované díly patří zejména hliníkové profily, spojovací materiál, standardizované upevňovací prvky a část elektronických komponent, které byly dodávány včetně dokumentace. Vyráběné díly zahrnovaly specifické konstrukční části, například držáky světel, držáky kamer nebo přechodové konstrukce mezi základními profily, jejichž tvar neodpovídal žádnému standardizovanému řešení. Tato kombinace nakupovaných a vyráběných dílů umožnila efektivně optimalizovat náklady a zároveň přizpůsobit zařízení specifickým požadavkům konstrukce.

10.1 Sloupy (Posts)

Sloupy (Posts) tvoří páteřní konstrukci zařízení a slouží jako základní nosný rám pro většinu ostatních komponent. Ve stroji se nachází šest sloupů (viz. Obrázek 13) uspořádaných do dvou řad po třech, mezi nimiž prochází dopravník. Každý sloup je vyroben z hliníkového profilu Misumi o rozměru 80×80 mm a výšce 2600 mm. Sloupy se liší podle umístění – některé obsahují specifické montážní prvky a drážky pro uchycení senzoriky či krytů.

Přesné ustavení sloupů je klíčové pro zajištění geometrické stability zařízení a jejich montáž patří k časově nejnáročnějším úkonům v rámci stavby stroje.

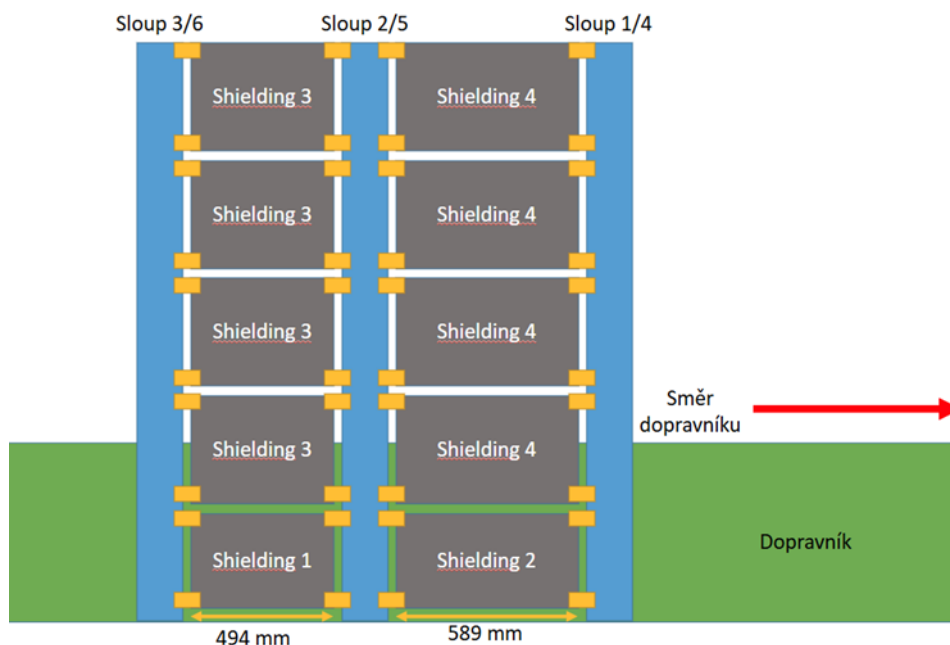


Obrázek 13 Schéma rozložení sloupů

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

10.2 Boční plechy (Side shielding)

Boční plechy (Side shielding) slouží k bočnímu krytování zařízení (viz. Obrázek 14). Celkem je ve stroji použito 20 krytů ve čtyřech různých variantách (Shielding 1–4), přičemž deset z nich je instalováno na každé straně konstrukce. Kryty typu Shielding 1 a Shielding 2 jsou kratší a nacházejí se ve spodní řadě rámu, zatímco delší varianty Shielding 3 a Shielding 4 jsou umístěny ve vyšších úrovních. Uchycení krytů se provádí pomocí šroubů, montážních kamenů a speciálních mezikusů, které umožňují mechanické propojení krytu se sloupem. Tyto mezikusy zajišťují potřebný montážní rozměr, bez kterého by nebylo možné kryty ke konstrukci připojit. Přesné ustavení plechů je nezbytné pro zajištění návaznosti dalších podsestav, dosažení požadované estetiky a zachování bezpečnosti zařízení během provozu.

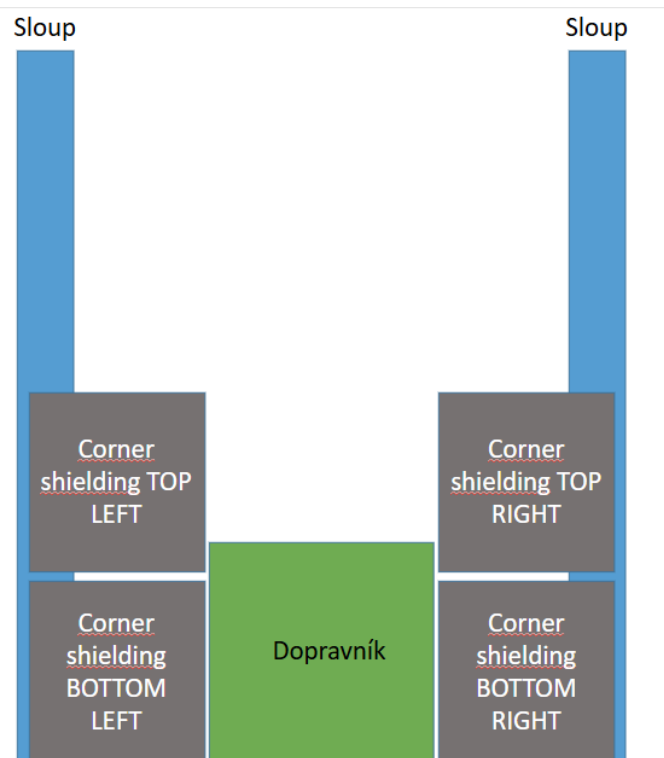


Obrázek 14 Schéma rozložení bočních plechů

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

10.3 Rohové plechy (Corner shielding)

Rohové plechy (Corner shielding) slouží k zakrytí vnějších rohů konstrukce a zároveň doplňují vizuální celistvost zařízení (viz Obrázek 15). Celkem bylo použito osm kusů, které jsou umístěny ve spodní části rámu – po dvou na každém rohu. Tyto plechy jsou navrženy tak, aby zapadaly mezi boční a modré kryty a zároveň nebránily přístupu k vnitřním komponentům. K uchycení slouží kombinace šroubů a montážních kamenů, přičemž jejich montáž probíhá až v závěrečné fázi instalace zařízení. Tyto plechy mají rukojeti a je možné je v případě potřebné údržby odejmout ze stroje.

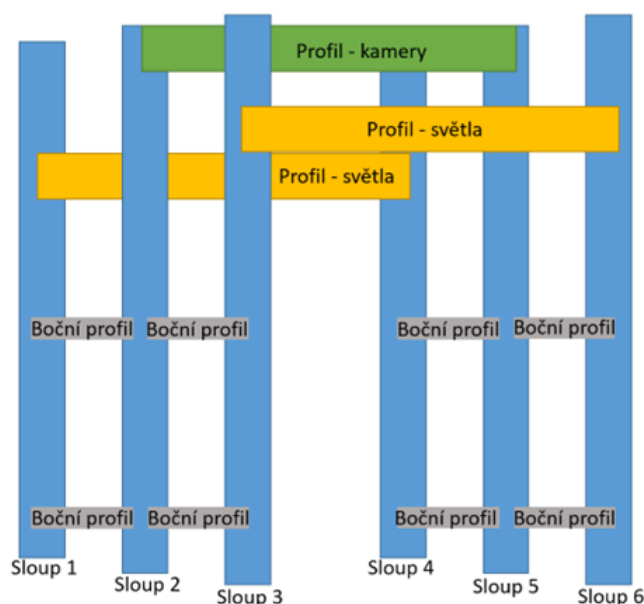


Obrázek 15 Schéma rohových plechů

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

10.4 Boční profily (Side profiles)

Boční profily (Side profiles) tvoří klíčovou součást rámové konstrukce a propojují jednotlivé sloupy do pevných bočních stěn (viz. Obrázek 16). Tyto hliníkové profily Misumi zajišťují strukturální tuhost zařízení. Při propojení sloupů 1–3 na jedné straně a 4–6 na straně opačné vznikají dvě samostatné boční stěny, které nesou hlavní zatížení konstrukce. V horní části je navíc instalován kamerový profil, mezi sloupy 2 a 5, a dva světelné profily, mezi sloupy 1–4 a 3–6. Správná montáž těchto profilů je zásadní pro zachování přesné geometrie zařízení, a tím i pro bezchybnou funkci celého snímacího systému.



Obrázek 16 Schéma kostry stroje bez krytů

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

10.5 Modré kryty (Blue covers)

Modré kryty a jejich nosná konstrukce tvoří sestavu, jejímž hlavním účelem je zakrytí a ochrana elektronických komponent umístěných uvnitř zařízení. Kryty jsou vyrobeny v několika variantách – levé, pravé a střední – přičemž jejich tvar odpovídá přesné poloze v konstrukci. Upevňují se na vlastní nosnou konstrukci sestavenou z hliníkových profilů ve tvaru „U“, která je připojena ke sloupům zařízení. Tato konstrukce zajišťuje dostatečnou tuhost a přesné ustavení krytů.

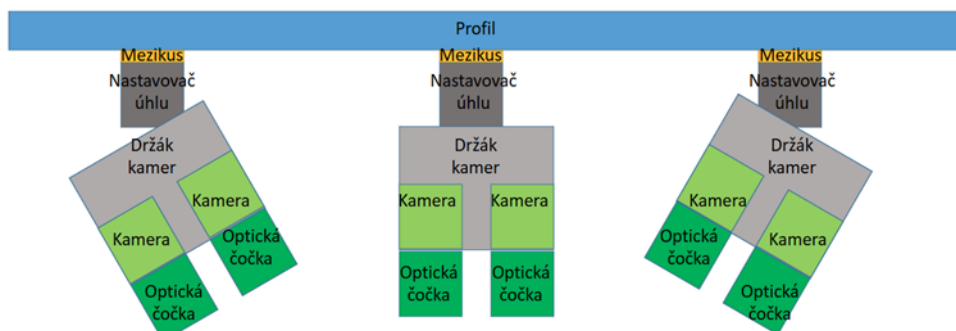
Sestavy jsou umístěny na inbound a outbound straně stroje, tedy v místech, kde dochází k příjezdu a odjezdu přepravek po dopravníku. Kromě ochrany vnitřních komponent a zvýšení bezpečnosti obsluhy slouží také jako fyzická zábrana, která omezuje vjezd přepravky s nadměrnými rozměry a tím chrání zařízení před poškozením.

10.6 Kamery (Cameras)

Kamery (Cameras) tvoří centrální prvek snímacího systému zařízení a slouží k pořizování obrazové dokumentace projíždějících přepravek. Jsou uchyceny na hliníkovém nosném profilu umístěném mezi sloupy 2 a 5 (viz. Obrázek 17). Systém se skládá ze šesti kamer, připevněných na třech vyráběných držácích, z nichž každý nese dvě kamery a optické čočky.

Pro správné natočení se využívají nastavovače úhlů, které jsou propojeny s nosným profilem pomocí tří specifických mezikusů zajišťujících stabilitu a přesné zaměření.

Prostřední dvojice kamer je nastavena na úhel 0° , zatímco boční dvojice jsou nakloněny směrem dovnitř konstrukce, což umožňuje zaznamenat přepravku z více úhlů a pokrýt sledovaný prostor ze tří různých perspektiv.



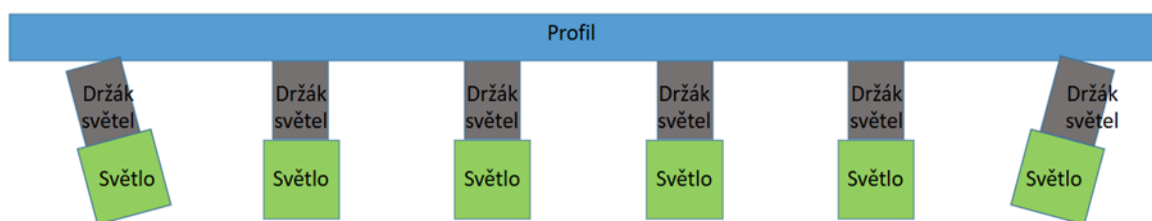
Obrázek 17 Schéma profilu kamer

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

10.7 Světla (lights)

Světla (Lights) zajišťují optimální světelné podmínky pro kamerový systém a eliminují nežádoucí stíny či odrazy, které by mohly negativně ovlivnit kvalitu obrazových dat. Světla jsou instalována na dvou samostatných nosných profilech umístěných mezi sloupy 1–4 a 3–6. Každý z těchto profilů nese šest světel, tedy celkem dvanáct kusů v rámci celého zařízení (viz. Obrázek 18).

Pro uchycení světel se využívají speciálně navržené držáky. Existují tři typy držáků přímý (0°), a dvě varianty s náklonem 15° doleva nebo doprava. Čtyři světla v každém profilu svítí kolmo dolů a dvě krajní jsou nakloněna směrem k dopravníku. Toto rozmístění zajišťuje rovnoměrné nasvícení snímané plochy a podporuje konzistentní podmínky pro záznam přepravovaných přepravků.



Obrázek 18 Schéma profilu světél

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

10.8 Barcode reader a PE sensor

Čtečka čárového kódu a PE senzor (Barcode reader and PE sensor) tvoří sestavu umístěnou na sloupu číslo pět, v úrovni dopravníku. Jejím hlavním úkolem je snímání a čtení čárových kódů přepravek projíždějících strojem a detekce jejich přesné polohy. Sestava se skládá ze dvou hliníkových profilů Misumi, čtečky čárových kódů a optického senzoru (PE senzoru).

Čtečka je pevně uchycena v pozici na jednom z prostředních sloupů umožňující spolehlivé načítání kódů z pohybujících se objektů, zatímco PE senzor zajišťuje přesné načasování skenování. Celá sestava je upevněna pomocí speciálně navržených držáků a spojovacích prvků, které zajišťují stabilitu i přesnost.

10.9 Rozvaděč

Rozvaděč (Electrical cabinet) je samostatná kovová jednotka umístěná mimo hlavní konstrukci stroje. Obsahuje veškeré elektrické a elektronické komponenty nutné pro řízení a napájení zařízení, včetně senzorů, kamer a světél. Kompletaci rozvaděče zajišťovalo oddělení rozvaděčů, které má v rámci společnosti AWL na starost jejich výrobu i zapojení.

11 PŘÍPRAVNÁ FÁZE VÝROBY STROJE

Ještě před samotnou montáží pilotního stroje bylo nezbytné provést důkladnou přípravu, která umožnila hladký průběh výroby a minimalizaci potenciálních komplikací. Vzhledem k tomu, že se jednalo o první kus nově vyvíjeného zařízení, bylo nutné připravit nejen materiální zajištění a dokumentaci, ale také identifikovat možná rizika, která by mohla negativně ovlivnit průběh montáže nebo funkčnost finálního produktu.

V rámci této fáze byly vytvořeny dva klíčové podklady – procesní diagram a analýza PFMEA, které sloužily jako základ pro plánování výrobních kroků, stanovení kontrolních bodů a zavedení preventivních opatření. Oba nástroje vycházejí z principů průmyslového inženýrství a jejich správná aplikace měla přímý vliv na efektivitu celého výrobního procesu.

11.1 Procesní diagram výroby stroje

Za účelem zpřehlednění návazností jednotlivých činností během výroby a montáže nového logistického stroje byl vytvořen procesní diagram, který slouží jako vizualizace hlavních kroků výrobního toku v konkrétním projektu. Diagram reflektuje proces výroby stroje ve společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o. a zároveň identifikuje klíčové kontrolní body a potenciálně rizikové oblasti. Vytvoření diagramu umožnilo lepší sladění mezi jednotlivými odděleními, zpřesnění interní komunikace.

Na obrázku (viz. Obrázek 19) níže je znázorněn celý tok procesu – od příjmu materiálu až po expedici hotového zařízení. Jednotlivé fáze jsou uspořádány podle reálného sledu událostí v montážním toku a obsahují veškeré kvalitativní kontroly i možné odbočky v případě neshod.

11.1.1 Příjem materiálu a vstupní kontrola

Proces začíná příjmem materiálu, který je následně podroben vstupní kontrole kvality prováděné pracovníkem oddělení kvality. V případě neshody je materiál předán k řešení dle interního systému neshod. Jen materiál odpovídající specifikaci postupuje do další fáze.

11.1.2 Příprava produktu

Po úspěšné kontrole je zahájena příprava produktu, která zahrnuje především vychystání komponent ze skladu. Cílem je připravit všechny potřebné položky včetně standardizovaných dílů a zakázkově vyráběných prvků, aby bylo zajištěno plynulé pokračování výroby bez zdržení.

11.1.3 Výrobní větve – elektročást a mechanická část

Z přípravné fáze proces přechází do dvou paralelních větví:

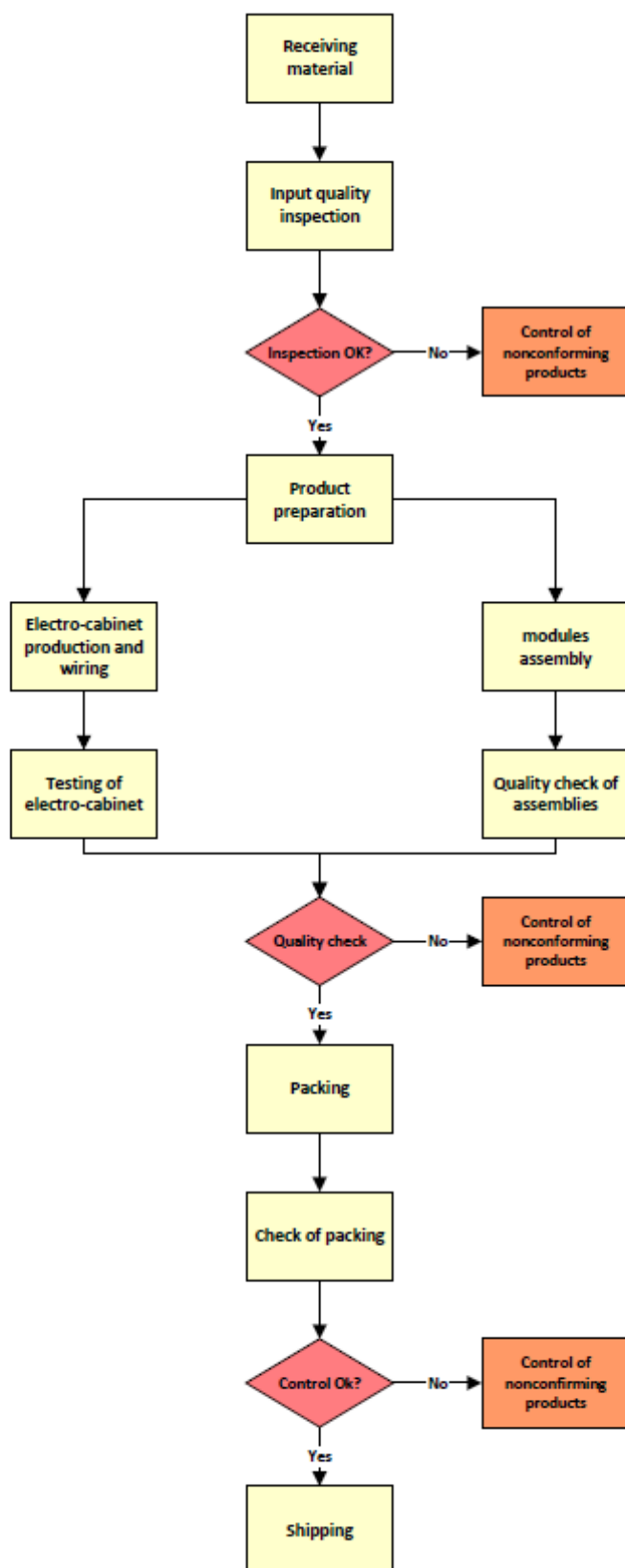
- Výroba a zapojení rozvaděče – probíhá v oddělení elektro, kde se kompletují vnitřní elektrické komponenty rozvaděče a provádí se jejich oživení. Následně probíhá funkční testování podle předepsaných parametrů.
- Výroba podsestav – zahrnuje mechanickou montáž konstrukčních podsestav (sloupy, kryty, kamerové a světelné systémy, kabeláž, čtečky) v souladu s montážní dokumentací. Každá sestava je podrobena mezikontrolě kvality (utahovací momenty, umístění, vizuální stav).

11.1.4 Výstupní kontrola

Po sloučení mechanických a elektrických částí zařízení následuje výstupní kontrola kvality. Zahrnuje kontrolu kompletnosti, správnosti zapojení, označení a fyzického stavu. Podsestava, která neprojde touto fází, je vrácena k přepracování.

11.1.5 Balení a expedice

Zařízení, které prošlo výstupní kontrolou, je zabaleno do přepravní jednotky podle definovaného balicího postupu. Následuje kontrola správnosti balení. Teprve po jejím schválení je produkt předán do expedice.



Obrázek 19 Procesní diagram výroby stroje

(zdroj: interní materiály společnosti – vytvořil autor práce)

11.2 PFMEA výroby stroje

Vzhledem k tomu, že se jednalo o zavádění výroby zcela nového typu zařízení, bylo nezbytné již v přípravné fázi projektu identifikovat potenciální slabá místa a rizika, která by mohla negativně ovlivnit kvalitu, bezpečnost nebo plynulost výrobního procesu. Pro tento účel byla využita metoda PFMEA (Process Failure Mode and Effects Analysis), která umožňuje systematicky hodnotit možné chyby v procesu a stanovit opatření ke snížení pravděpodobnosti jejich výskytu nebo dopadu.

Analýza PFMEA byla zaměřena na celý výrobní proces tedy od příjmu materiálu přes montáž jednotlivých podsestav až po balení a expedici hotového stroje. Cílem bylo nejen předejít konkrétním selháním, ale také zlepšit interní komunikaci a zvýšit připravenost na sériovou výrobu.

Kompletní tabulka PFMEA je uvedena v Příloze 1 této práce. Pro účely této kapitoly je však rozdělena do tematických celků a prezentována postupně.

11.2.1 Struktura PFMEA

Tabulka 3 znázorňuje standardizované hodnotící kritérium závažnosti dopadu potenciálního selhání procesu podle metodiky PFMEA. Stupnice se pohybuje od hodnoty 1 (nulový dopad) po 10 (kritické selhání ohrožující bezpečnost nebo vedoucí k úplnému vyřazení produktu). Hodnocení bere v úvahu dopad jak na zákazníka, tak na samotný výrobní proces.

Tato klasifikace byla využita při hodnocení všech identifikovaných rizik napříč celým procesem. Díky jednotné škále bylo možné efektivně porovnávat závažnost jednotlivých problémů a stanovit priority pro zavádění preventivních opatření.

Tabulka 3 PFMEA Závažnost

Dopad	Závažnost prozákazníka	Závažnost pro výrobu	Hodnocení
Nebezpečné bez varování	Ohrožuje provoz bez varování	Může ohrozit obsluhu bez varování	10
Nebezpečné s varováním	Ohrožuje provoz s varováním	Může ohrozit obsluhu s varováním	9
Velmi vysoký	Nefunkční výrobek	Výrobek je nutné sešrotovat	8
Vysoký	Výrobek je sotva funkční	Výrobky je nutné roztřídit se šrotací	7
Střední	Výrobek je funkční, ale se značným diskomfortem	Výrobky je nutné přepracovat	6
Nízký	Výrobek je funkční, ale bez komfortu	Část výrobků je nutné přepracovat	5
Velmi nízký	Estetika nevyhovuje, velká šance detekování zákazníkem	Výrobky je nutné roztřídit bez šrotace	4
Mírný	Estetika nevyhovuje, malá šance detekování zákazníkem	Část výrobků je nutné roztřídit bez šrotace	3
Velmi mírný	Estetika nevyhovuje, zákazník si toho nevšimne	Neznatelné	2
Žádný	Nemá dopad	Žádné narušení	1

(zdroj: interní materiály společnosti – vytvořil autor práce)

Tabulka 4 znázorňuje tabulku pro hodnocení pravděpodobnosti výskytu selhání v rámci PFMEA. Pravděpodobnost je určena odhadem četnosti výskytu vady na základě odborného posouzení a zkušenosti s předchozími podobnými projekty. Hodnoty jsou odstupňovány na škále od 1 (téměř nemožný výskyt – 0,01 poruchy na tisíc kusů) po 10 (velmi častý výskyt – 100 poruch na tisíc kusů).

Tabulka 4 PFMEA Výskyt

Pravděpodobnost	Míra výskytu chyb	Hodnocení
Velmi vysoká: běžné chyby	100 chyb na 1000 kusů	10
	50 chyb na 1000 kusů	9
Vysoká: časté chyby	20 chyb na 1000 kusů	8
	10 chyb na 1000 kusů	7
Střední: občasné chyby	5 chyb na 1000 kusů	6
	2 chyby na 1000 kusů	5
	1 chyba na 1000 kusů	4
Nízká: relativně málo chyb	0,5 chyb na 1000 kusů	3
	0,1 chyby na 1000 kusů	2
Vzácná: chyba je nepravděpodobná	0,01 chyby na 1000 kusů	1

(zdroj: interní materiály společnosti – vytvořil autor práce)

Tabulka 5 znázorňuje stupnici hodnocení pravděpodobnosti, s jakou budou potenciální chyby detekovány před tím, než se výrobek dostane k zákazníkovi. Stupnice se pohybuje od 1 (chyba je prakticky jistě odhalena) po 10 (chyba nebude detekována vůbec).

Tabulka 5 Detekce

Detekce	Kritéria	Hodnocení
Téměř nemožná	Absolutní jistota, že chyba nebude odhalena	10
Velmi vzdálená	Kontroly pravděpodobně chybu neodhalí, než dorazí k zákazníkovi	9
Vzdálená	Kontroly mají špatnou schopnost detekce, než chyba dorazí k zákazníkovi	8
Velmi nízká	Kontroly mají špatnou šanci chybu odhalit	7
Nízká	Kontroly mohou chybu odhalit, než dorazí k zákazníkovi	6
Střední	Kontroly mohou chybu odhalit, než dorazí k zákazníkovi	5
Středně vysoká	Kontroly mají dobrou šanci chybu odhalit, než dorazí k zákazníkovi	4
Vysoká	Kontroly mají dobrou šanci chybu odhalit, než dorazí k zákazníkovi	3
Velmi vysoká	Kontroly téměř jistě odhalí chyby, než dorazí k zákazníkovi	2
Jistá	Kontrola chybu určitě odhalí	1

(zdroj: interní materiály společnosti – vytvořil autor práce)

11.2.2 Příklad části PFMEA

Montáž mechanických podsestav patří mezi kritické fáze celého procesu, a to nejen z hlediska funkčnosti zařízení, ale i jeho finální kvality a servisní udržitelnosti. Jelikož se jedná o ruční operaci s vysokým počtem úkonů a variant dílů, je tato fáze náchylná k lidským chybám.

Mezi nejčastěji identifikovaná rizika (viz Tabulka 6) patří použití nesprávného spojovacího materiálu nebo nedostatečné dotažení šroubů. Tyto chyby nejsou vždy na první pohled viditelné a mohou se projevit až později při manipulaci nebo provozu. V obou případech hrozí uvolnění spojů, vibrace a v krajním případě mechanické selhání.

Významné je také riziko poškození komponent během montáže. Tato selhání vznikají zejména při manipulaci s elektronickými komponenty, které nejsou dostatečně chráněny nebo nesprávně uchopeny. Vzhledem k tomu, že tyto díly jsou často viditelné nebo přímo součástí snímacího systému, může mít jejich poškození negativní dopad na funkčnost celého stroje.

Z hlediska montážního sledu byly jako vysoce rizikové vyhodnoceny i situace spojené s nesprávným osazením nebo úplným vynecháním některého z dílů. Taková chyba zpravidla

vzniká přehlédnutím při přípravě nebo záměnou podobných komponent, například při nedostatečném vizuálním rozlišení nebo značení.

Podobné riziko představuje zaměnění komponent při montáži, kdy je použit správně vypadající, ale funkčně odlišný díl. Tento problém má vysokou závažnost, ale nízkou pravděpodobnost výskytu díky jednoznačné identifikaci většiny komponent.

Z hlediska instalace pak PFMEA upozornila na chyby v označení komponent – ať už zcela chybějící, nebo nesprávně vytištěné štítky.

Hodnoty RPN (Risk Priority Number) se u této operace pohybují v rozmezí 49 až 98, přičemž nejvyšší skóre bylo přiděleno případům s kombinací vysoké závažnosti a obtížné detekovatelnosti – zejména nesprávné montáži a poškození dílů.

Na základě této analýzy byla navržena řada opatření: důsledné dodržování pracovních instrukcí, zavedení checklistů pro montáž, využití vizuálních referencí na pracovištích. Všechny tyto prvky byly navrženy tak, aby snížily pravděpodobnost výskytu chyby i zvýšily šanci jejího včasného odhalení.

Tato kapitola představuje pouze ukázkou z celkové PFMEA analýzy zpracované pro všechny hlavní operace v průběhu výroby. Kompletní tabulka s hodnocením všech procesních kroků je uvedena v Příloze I.

Tabulka 6 PFMEA Příklad

Číslo operace	Operace	Potenciální závada	Efekt potenciální závady	Závažnost	Zdroje potenciálního selhání	Výskyt	Opatření	Detekovatelnost	RPN
6	Montáž podstav	Použití špatného spojovacího materiálu	Spojení není pevné	4	Lidská chyba během montáže	3	Manuály, 5S standard, seznam spojovacího materiálu, checklist	7	84
		Neutažené šrouby	Spojení není pevné	5	Lidská chyba během montáže	2	Manuály, 5S standard, seznam nářadí, checklist	7	70
		Poškozený komponent	Vizuální vada nebo nefunkční stroj	7	Lidská chyba během montáže	2	Manuály, 5S standard, seznam spojovacího materiálu, checklist	7	98
		Špatně namontovaný nebo nenamontovaný komponent	Závadný nebo nefunkční stroj	7	Lidská chyba během montáže	2	Manuály, 5S standard, seznam spojovacího materiálu, checklist	7	98
		Špatně smontovaná podstava	Závadný nebo nefunkční stroj	7	Lidská chyba během montáže	1	Manuály, 5S standard, seznam spojovacího materiálu, checklist	7	49
		Chybějící značení komponentu	Špatná instalace stroje	7	Lidská chyba během montáže	2	Manuály, 5S standard, seznam spojovacího materiálu, checklist	7	98

(zdroj: interní materiály společnosti – vytvořil autor práce)

12 PRŮBĚH MONTÁŽE PILOTNÍHO STROJE

Montáž pilotního kusu probíhala v červenci 2024 v montážní hale společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o. Hlavním cílem bylo fyzicky ověřit montovatelnost konstrukčního návrhu, zkontrolovat úplnost a včas zachytit případné nedostatky ještě před přechodem do sériové výroby.

Montáž zahájili dva kmenoví zaměstnanci, dva brigádníci a výrobní inženýr, který poskytoval technickou podporu a dohled. Už v počáteční fázi se ukázalo, že příprava pro pilotní montáž nebyla dostatečná – chyběl jednoznačný layout pracoviště a nebyl nastaven standard 5S, což vedlo k neorganizovanému toku práce a celkové nepřehlednosti. Montážníci navíc nebyli detailně seznámeni s konstrukcí stroje a nebylo jasné určeno, kdo z týmu má jakou roli.

Hned první den montáže zpomalil nesoulad mezi kusovníkem a reálným stavem materiálu – chyběl spojovací materiál, komponenty byly špatně označené a některé položky nebyly dohledatelné ve skladu. Problémy se objevily i při samotném procesu – například chyběla dokumentace k utahovacím momentům a rozměrům jednotlivých dílů, neexistoval jasně daný seznam potřebného nářadí a nebyla definována specifikace obsahu zásilky určené k expedici zákazníkovi.

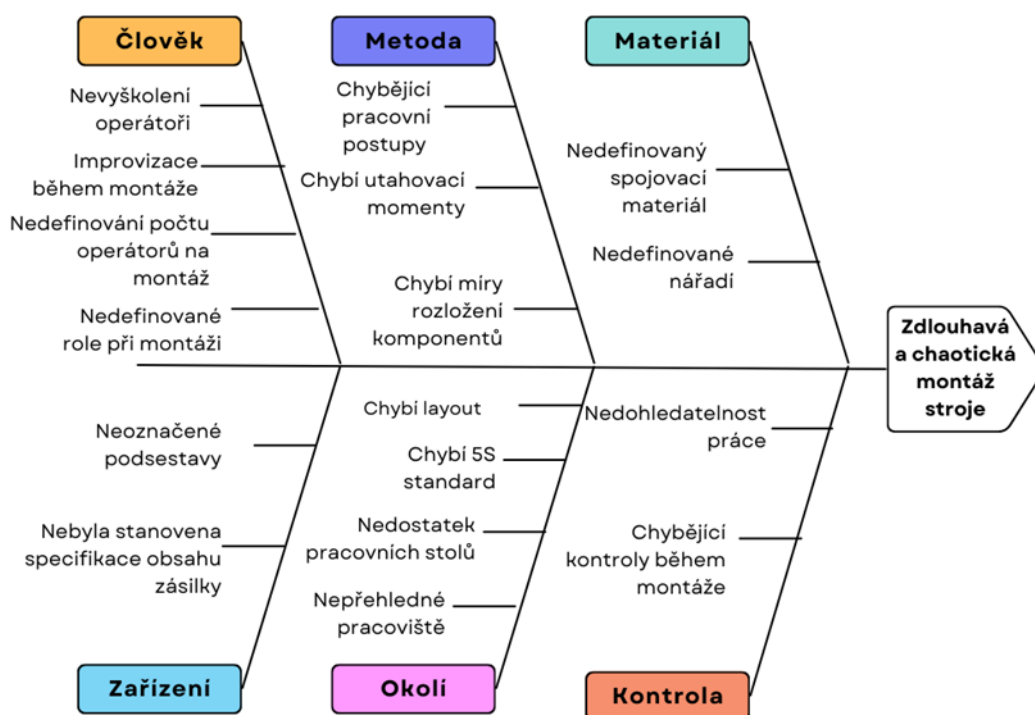
V dalších fázích montáže se tyto nedostatky dále projevovaly. Krytování bylo bez směrového značení, což vedlo k metodě „pokus–omyl“ při jeho instalaci. U držáků světél a kamer chyběly referenční značky, úhly bylo nutné nastavovat ručně a bez pomůcek. Také se ukázalo, že počet pracovních stolů je nedostatečný, a v průběhu montáže nebylo možné dohledat, kdo přesně prováděl konkrétní úkony – absence systému kontroly a odpovědnosti se ukázala jako výrazná slabina.

V průběhu montáže proběhla zákaznická kontrola. Na základě zpětné vazby bylo doplněno vedení pro kabeláž v bočním plechu a jedna z krycích sestav byla rozdělena kvůli snazší manipulaci a instalaci. Obě úpravy byly předány konstrukci k zapracování.

Závěrečná fáze zahrnovala simulaci demontáže, která sloužila jako test montáže na straně zákazníka. Operátoři prováděli jednotlivé kroky v opačném pořadí, avšak podle stejné logiky postupu a návaznosti. Cílem bylo ověřit, zda je možné zařízení smontovat mimo výrobní závod u zákazníka. Výsledky montáže, připomínky operátorů a zjištěné nedostatky se staly základem pro nápravná opatření (viz Kapitola 14). Detailní analýza všech nedostatků je dále rozpracována v kapitole 13.

13 ANALÝZA NEDOSTATKŮ PILOTNÍ MONTÁŽE

Na základě pozorování během pilotní montáže (viz. Kapitola 12) a identifikovaných rizik z PFMEA (viz. Kapitola 11) byla zpracována analýza příčin, které měly vliv na zdoluhavý a chaotický průběh stavby zařízení. Nástrojem pro tuto analýzu se stal Ishikawův diagram (viz. Obrázek 20), který shrnuje hlavní příčiny do šesti oblastí: člověk, metoda, materiál, zařízení, okolí, kontrola.



Obrázek 20 Ishikawa diagram montáže pilotního stroje

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

Oblast „Člověk“ odhalila několik zásadních organizačních nedostatků – zejména chybějící školení operátorů, nejasné rozdělení rolí a improvizace během práce. Vzhledem k tomu, že se jednalo o nový typ zařízení, nebyly role mezi zaměstnanci výroby pevně stanovené a každý postupoval podle svého uvážení.

V metodách chyběly přesné pracovní postupy a specifikace – zejména utahovací momenty, míry nebo pracovní postupy. Dokumentace byla neúplná a některé montážní kroky vyžadovaly vlastní interpretaci. Tyto nedostatky mohou mít negativní dopad na kvalitu stroje a průběh montáže.

Materiálová stránka obsahovala nekompletnost seznamu spojovacího materiálu, části spojovacího materiálu bylo nutné operativně doobjednávat nebo hledat na výrobní hale. Dalším nedostatkem bylo nedefinovaný seznam nářadí, který je potřeba pro montáž. Oba dva tyto problémy přispěly k mnohým zbytečným pohybům po výrobní hale tudíž docházelo k plýtvání a tím prodloužily montáž.

V oblasti kontroly chyběly checklisty, průběžná kontrola montáže, a především včasná detekce chyb. Tyto nedostatky mohou zásadně ovlivnit finální kvalitu stroje.

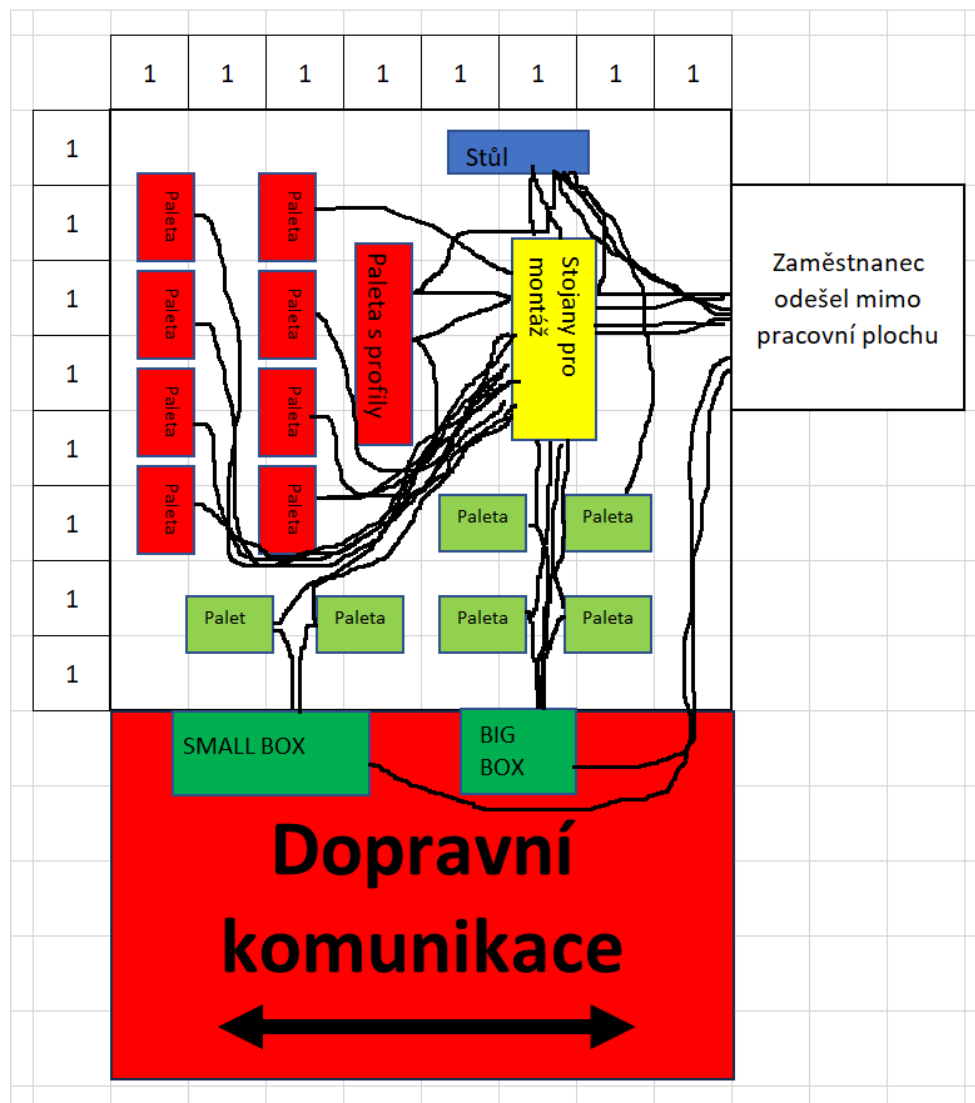
Z hlediska zařízení nebylo přesně definováno značení jednotlivých podsestav a neexistoval seznam, co vše se posílá k zákazníkovi kromě podsestav, oba dva tyto nedostatky mohou značně zkomplikovat instalaci stroje u zákazníka.

Okolí montáže nebylo pro tento typ zařízení ideální. Chyběl layout, počet pracovních stolů byl nedostatečný a chyběla zóna určená pro spojovací materiál. Výsledkem byla ztráta času (plýtvání) hledáním nářadí nebo manipulací s rozloženým materiálem. Zásadní problém byl ten, že část výrobního prostoru zasahoval do prostoru dopravní komunikace ve výrobní hale. Toto bylo zapříčiněno malým prostředím vyhrazeným pro montáž pilotního stroje. V prostoru se pohybovalo velice obtížně, jak ukazuje spaghetti diagram (Viz. Obrázek 23). Obrázek 22 ukazuje přibližný layout pracoviště při montáži pilotního stroje. Obrázek 21 ukazuje fotky, jak neefektivní bylo uložení vstupních komponentů během pilotní montáže.



Obrázek 21 Příklad špatného uskladnění vstupních komponentů při pilotní montáži

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)



Obrázek 23 Spaghetti diagram pracoviště před zavedením nápravných opatření

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

Na základě výše uvedených zjištění byl vytvořen akční plán, který zahrnoval nejen návrhy zlepšení, ale také konkrétní podklady (viz. Tabulka 7). Cílem bylo odstranit nedostatky a zjednodušit montáž při opakované výrobě (viz. Kapitola 14).

Mezi klíčové výstupy patří:

- Pracovní instrukce pro montáž jednotlivých podsestav, včetně osazování kamer, světel a krytů.
- Seznam spojovacího materiálu strukturovaný podle montážních kroků, s doplněním chybějících položek z pilotní výroby.

- Nálepky a značení komponent, které usnadňují identifikaci dílů a snižují riziko záměny.
- Checklisty pro montáž a kontrolu, použitelné v průběhu i na závěrečnou kontrolu celku.
- 5S dokumentace – návrh standardu uspořádání pracoviště, rozložení náradí a vizuální pomůcky.
- Návrh layoutu pracoviště, včetně definování prostoru a nastavení toku materiálu.
- Zpřesnění údajů o momentech a rozměrech, včetně dodatků k výkresové dokumentaci.

Tabulka 7 Přehled identifikovaných problémů během pilotní montáže

	Oblast	Nedostatek	Bližší popis	Prostředek identifikace	Řešení
1	Člověk	Nevyškolení operátoři	Zaměstnanci nejsou seznámeni se strojem, který montují	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Montážní manuály
2		Improvizace během montáže	Zaměstnanec neví, co má během montáže dělat	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Montážní manuály
3		Nedefinování počtu operátorů na montáž	Není určeno kolik zaměstnanců se má podílet na montáži stroje	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Layout
4		Nedefinované role při montáži	Není určeno, který zaměstnanec je zodpovědný za kterou část stroje	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Layout
5	Metoda	Chybějící pracovní postupy	Nejsou určeny pracovní postupy pro montáž stroje	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Montážní manuály
6		Chybí utahovací momenty	Není určeno jakým utahovacím momentem se má spojovací materiál utahovat	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Montážní manuály
7		Chybí míry rozložení komponentů	Nejsou určeny vzdálenosti komponentů mezi sebou na profilu	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Montážní manuály
8	Materiál	Nedefinovaný spojovací materiál	Není určeno, který spojovací materiál je potřeba použít na daný komponent	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Montážní manuály
9		Nedefinované nářadí	Není určeno, které nářadí je potřeba na montáž stroje	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Montážní manuály
10	Zařízení	Neoznačené podsestavy	Při instalaci u zákazníka nebude možné rozeznat podsestavy	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Nálepky
11		Nestanovené specifikace obsahu zásilky	Není určeno, co vše se posílá k zákazníkovi. (podsestavy a dodatečný materiál)	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Checklisty, nálepky
12	Okolí	Chybí layout	Není určeno, jak má vypadat montážní pracoviště pro tento stroj	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Layout
13		Chybí 5S standard	Na pracovišti není pořádek	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	5S standard
14		Nedostatek pracovních stolů	Je potřeba ještě jeden stůl pro montáž podsestav	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Layout
15		Nepřehledné pracoviště	Optimální orientace na pracovišti při montáži	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	5S standard, layout
16	Kontrola	Nedohledatelnost práce	Nelze dohledat, kdo vykonával jakou práci při montáži stroje	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Checklisty
17		Chybějící kontroly během montáže	Není systém, jakým se podsestavy kontrolují	PFMEA, přímé pozorování při montáži pilotního stroje	Checklisty

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

14 NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ

Výstupy z pilotní montáže (viz. Kapitola 12), PFMEA (viz. Kapitola 11) a Ishikawovy analýzy (viz. Kapitola 13) poukázaly na konkrétní slabá místa ve výrobním procesu. Na jejich základě byla navržena a implementována cílená nápravná opatření s cílem snížit variabilitu, odstranit neefektivní kroky, zamezit plýtvání a podpořit standardizaci napříč celým montážním a balicím tokem. Zásahy byly voleny s ohledem na dopad, proveditelnost a přínos pro budoucí opakovatelnost výroby.

Každé opatření vzniklo jako reakce na konkrétní identifikovaný problém, přičemž důraz byl kladen na jejich praktickou aplikovatelnost a ekonomickou nenáročnost v podmínkách firmy. Následující části práce se zaměřují na jednotlivé oblasti, ve kterých došlo k realizovaným zlepšením, a hodnotí jejich přínos pro finální výrobní výstup.

14.1 Standardizace manuálů

Během montáže pilotního stroje se ukázalo, že pro zajištění plynulého průběhu výroby a eliminaci chyb je nezbytné poskytnout operátorům jednoznačný a detailní pracovní postup. Vzhledem k tomu, že se jednalo o první montáž nového zařízení, žádná dokumentace pro tento proces dosud neexistovala. Montážní tým tak v řadě kroků vycházel pouze z konstrukční dokumentace a vlastního úsudku.

Z tohoto důvodu byly vytvořeny strukturované pracovní manuály, které pokrývají klíčové montážní sestavy a podsestavy. Obsahují mimo jiné přehled použitých dílů, seznam potřebného nářadí, vizualizaci správného provedení montáže a kontrolní body. Každý krok je opatřen fotografií nebo schématem a doplněn rozměrovými údaji a dalšími technickými detaily.

Dokumentace je dostupná v digitální podobě prostřednictvím platformy manual.to, kde je možné ji snadno aktualizovat a rozšiřovat. Tímto způsobem bylo dosaženo vyšší transparentnosti, snížení chybovosti a lepší přenositelnosti montážního postupu pro budoucí výrobu.

Obrázek 24 níže znázorňuje finální stav sestavy na boční straně profilu sloupu číslo 6. Slouží jako orientační pohled, podle kterého může zaměstnanec snadno porovnat aktuální stav montáže s požadovaným výsledkem. Umožňuje rychlé vizuální ověření správnosti rozmístění jednotlivých komponent, bez nutnosti složitého čtení výkresu.

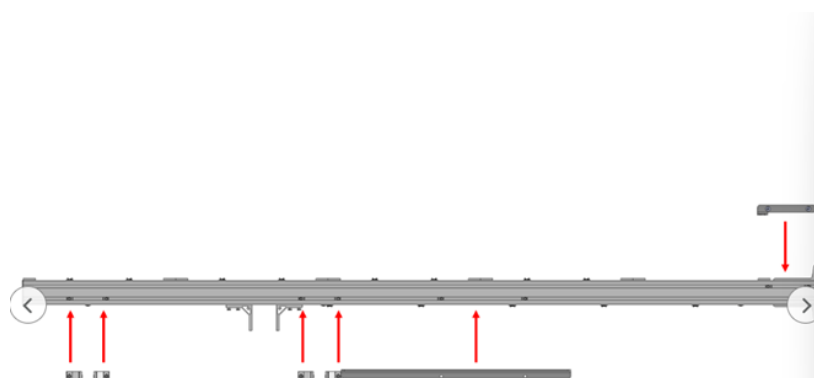


Post 6 – side 4

Obrázek 24 Manual.to úvodní obrázek

(zdroj: interní materiály v Manual.to – vypracoval autor práce)

Obrázek 25 níže poskytuje operátorovi orientační přehled o rozložení montovaných prvků na profilu Post 6 – strana 4. Červené šipky zvýrazňují oblasti, ve kterých budou následně umístěny jednotlivé komponenty. Tento typ vizualizace slouží jako příprava před prováděním přesného měření a montáže. Zobrazené uspořádání napomáhá rychlé prostorové orientaci a urychluje vyhledání pozic, na které se vztahují následující montážní kroky.

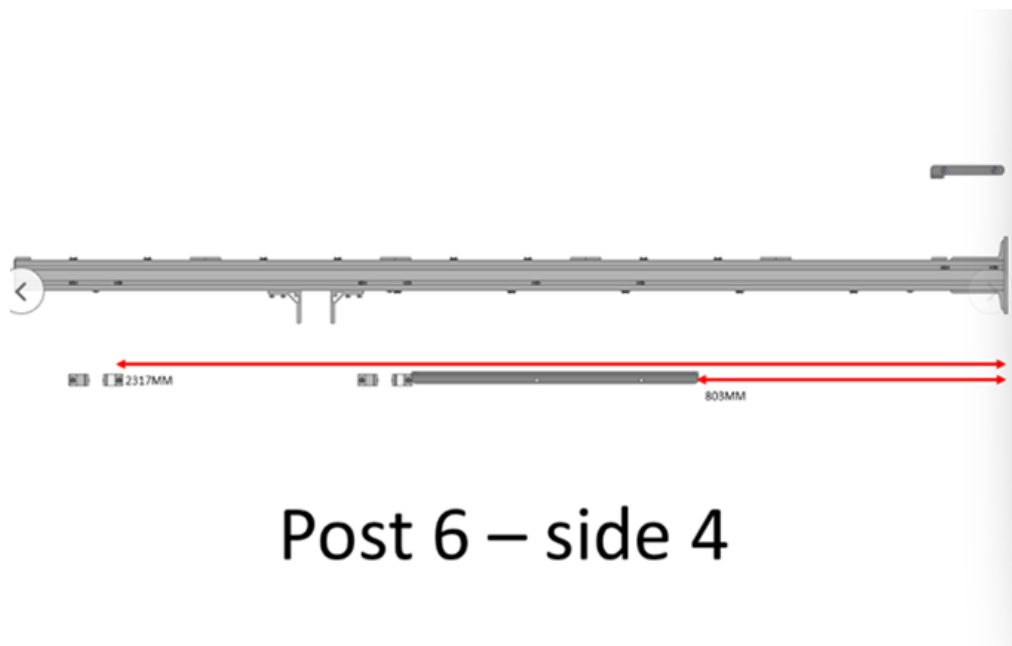


Post 6 – side 4

Obrázek 25 Manual.to rozmístění komponentů

(zdroj: interní materiály v Manual.to – vypracoval autor práce)

Obrázek 26 níže specifikuje vzdálenosti, ve kterých mají být jednotlivé komponenty osazeny na profilu Post 6 – strana 4. Uvedené hodnoty (2317 mm a 803 mm) určují přesnou pozici osazení příslušných prvků, měřeno od referenčního bodu profilu. Tento vizuál slouží jako montážní podklad pro správné komponentů. Rozměry jsou součástí pracovního postupu a zároveň tvoří kontrolní prvek pro ověření správnosti umístění před dotažením.



Obrázek 26 Manual.to vzdálenosti komponentů

(zdroj: interní materiály v Manual.to – vypracoval autor práce)

Zobrazený postup (viz. Obrázek 27) se týká montáže pravostranných držáků, profilových krytů a distančních prvků na jednu ze stran profilu sloupu číslo 6. Jde o část sestavy, která kombinuje různé typy držáků, a zároveň klade důraz na přesné rozmístění jednotlivých komponent.

Každý krok je doplněn o konkrétní specifikaci šroubů, kamenů, podložek a předepsaný utahovací moment. U dvou z montážních bodů je nutné nastavit správnou vzdálenost pomocí metru dle rozměrového schématu. Práce s různými typy spojovacího materiálu (včetně bezpečnostních šroubů) vyžaduje důsledné použití momentového klíče podle hodnot uvedených v instrukci (25,5 Nm a 22 Nm).

Celý úsek montáže je navržen tak, aby byl snadno opakovatelný a srozumitelný i bez znalosti výkresové dokumentace. Kombinace názorných vizualizací a přesně popsanych

kroků přispívá k eliminaci chyb, které se objevily během pilotní výroby – zejména záměna držáků nebo nesprávné rozměrové osazení.

Post 6 Side 4

 Potřebné nářadí:

- Imbus 5mm
- Imbus 6mm
- Bezpečnostní bit
- Momentový klíč
- Metr

 Pracovní postup:

1. Přišroubuj k profilu malý pravostranný držák (T13118510) pomocí kamenů (HNT8), podložky M8 a bezpečnostních šroubů. Utáhni šrouby na 25.5nm.
2. Přišroubuj k profilu velký pravostranný držák (T13118133) pomocí kamenů (HNT8), podložky M8 a šroubů IMB FLANGE 8x16. Nastav správnou vzdálenost. Utáhni šrouby na 22nm.
3. Přišroubuj k profilu dva čtyři držáky profilu (Misumi 1x1 bracket) pomocí válcovitých šroubů M8 a kamenů (HNT8). Nastav správné vzdálenosti.
4. Na vršek profilu přidej Profile cover (krytku profilu)

Obrázek 27 Manual.to popis

(zdroj: interní materiály v Manual.to – vypracoval autor práce)

Vytvořením těchto pracovních manuálů došlo k zásadnímu posunu směrem ke standardizaci montážních postupů. Každý montážní krok je nyní přesně definován, vizuálně znázorněn a jednoznačně popsán, což výrazně zvyšuje opakovatelnost procesu napříč směny i mezi jednotlivými pracovníky. Standardizované návody přispívají nejen ke zkrácení montážního času a snížení chybovosti, ale také zjednodušují zaškolování nových zaměstnanců. Dokumentace je navržena jako živý nástroj, který lze v případě potřeby flexibilně upravit dle zpětné vazby z výroby nebo konstrukce. Zavedením této formy podpory byla vytvořena základní platforma pro stabilní a predikovatelný proces při malosériové výrobě.

14.2 Identifikační nálepky

Na základě analýzy rizik (PFMEA) a výsledků pilotní montáže byla zavedena standardizace značení jednotlivých komponent prostřednictvím samolepicích nálepek. Cílem bylo předejít

možným záměnám, podpořit jednoznačnou identifikaci komponent v rámci montáže i expedice a usnadnit orientaci během finální instalace stroje u zákazníka.

Nálepky byly rozděleny do několika kategorií podle typu označovaných prvků. Systém zahrnuje:

- označení mechanických podsestav, jako jsou sloupy, světla, kryty
- označení elektrických komponent, u kterých je klíčová jednoznačná identifikace při zapojování – systém číslování je sladěn s montážním manuálem a kabeláží
- označení elektrických kabelů, jejichž konektory jsou opatřeny shodnými nálepkami jako příslušné komponenty a vstupy v rozvaděči
- označení lepenkových krabic, jako je např. Installation kit, Consumables, Spare part kit, nebo krabice s kotevním materiálem – každá nálepka obsahuje název podsestavy, přehled obsažených položek a označení odpovídající montážnímu postupu.

Všechny nálepky jsou pro každý stroj připraveny najednou a slouží zároveň jako kontrolní mechanismus – pokud po dokončení montáže zůstane některá nálepka nevyužita, signalizuje to, že daná položka nebyla zpracována. Značení tím přispívá ke zvýšení transparentnosti, sledovatelnosti komponent a snížení rizika chyb v montážním procesu.

14.2.1 Nálepky podsestav

Tabulka 8 níže uvádí všechny mechanické podsestavy, které byly opatřeny identifikačními nálepkami. Názvy odpovídají značení v montážní dokumentaci. U vícenásobných položek bylo použito číslování (např. 1/2), což usnadňuje orientaci při montáži i kontrole. Značení zvyšuje přehlednost, omezuje riziko záměny dílů a zároveň slouží jako podpora při instalaci zařízení u zákazníka (viz. Obrázek 28).

Tabulka 8 Seznam nálepek pro mechanické podsestavy

Název podsestavy	Počet
Post 1	1
Post 2	1
Post 3	1
Post 4	1
Post 5	1
Post 6	1
Profile - lights 1-4	1
Profile - lights 3-6	1
Profile - cameras	1
Profile - Barcode reader and PE sensor	1
Side shielding 1	2
Side shielding 2	2
Side shielding 3	7
Side shielding 4	8
Side shielding 5	1
Blue cover structure TOP	2
Blue cover structure BOTTOM	2
Blue cover RIGHT	2
Blue cover MIDDLE	2
Blue cover LEFT	2
Corner shielding TOP LEFT	2
Corner shielding TOP RIGHT	2
Corner shielding BOTTOM LEFT	2
Corner shielding BOTTOM RIGHT	2
Side profile 1	2
Side profile 2	2
Side profile 3	1
Side profile 4	1
Side profile 5	1
Side profile 6	1

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)



Obrázek 28 Příklad použití nálepek podsestav

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

14.2.2 Nálepky elektro komponentů

Každý elektrický kabel je označen dvěma nálepkami – jedna identifikuje připojení ke konkrétnímu elektrickému komponentu, druhá připojení k rozvaděči. Obě nálepky nesou stejný název, odpovídající konkrétnímu zařízení (např. Light 1), a jsou doplněny specifikací zakončení (Elektro komponent, Rozvaděč) (viz. Obrázek 29).

Tento systém značení zajišťuje jednoznačnou identifikaci kabelů při montáži i zapojování a minimalizuje riziko chybného připojení. Významně přispívá k přehlednosti při instalaci stroje u zákazníka, kde se kabely často zapojují bez přítomnosti výrobního týmu.



Obrázek 29 Logika popisování elektrokomponentů

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

Tabulka 9 uvádí přehled elektrických komponentů označených samostatnými nálepkami. Každý komponent má unikátní označení (light 1–12, Camera 1–6, PE sensor, Barcode reader), které je sladěno se značením kabeláže i svorek v rozvaděči. Systém podporuje jednoznačné přiřazení všech prvků a zajišťuje přehlednost při montáži a instalaci zařízení. Jako příklad je obrázek 30, kde je možné vidět značení jednotlivých světel.

Tabulka 9 Seznam nálepek pro elektrokomponenty

Název komponentu	Počet
Light 1	1
Light 2	1
Light 3	1
Light 4	1
Light 5	1
Light 6	1
Light 7	1
Light 8	1
Light 9	1
Light 10	1
Light 11	1
Light 12	1
Camera 1	1
Camera 2	1
Camera 3	1
Camera 4	1
Camera 5	1
Camera 6	1
Pe sensor	1
Barcode reader	1

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)



Obrázek 30 Příklad značení elektrokomponentů

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

14.2.3 Nálepky pro lepenkové krabice

Tabulka 10 pod textem je uveden seznam lepenkových krabic označených dle typu obsahu. Značení zahrnuje instalační sady, náhradní díly, spotřební materiál i volně ložené komponenty. Přesné rozlišení krabic zvyšuje přehlednost při manipulaci, podporuje systematické rozbalení a zajišťuje kontrolu úplnosti při expedici a instalaci. Tyto krabice jsou zákazníkovi odesílány současně s jednotlivými podsestavami, což usnadňuje logistickou koordinaci i následnou instalaci na místě určení.

Tabulka 10 Seznam nálepek pro lepenkové krabice

Název lepenkové krabice	Počet
Installation kit	1
Spare part kit	1
Consumables	1
Cables	1
Anchors	1
Barcodereader and PE sensor	1
Spare light	1
Camera	3
Cameras	1
Cabinet pedestal covers	1

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

Obrázek 31 níže zachycuje příklad reálného balení, kde jsou jednotlivé lepenkové krabice jasné označeny dle obsahu.



Obrázek 31 Příklad využití nálepek pro lepenkové krabice

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

14.2.4 Obsah lepenkových krabic

Na tabulce 11 pod textem je uveden obsah lepenkové krabice označené jako installation kit. Tato krabice obsahuje souhrn položek nezbytných pro instalaci zařízení – nejen spojovací materiál, ale také montážní pomůcky, elektrické komponenty a vizuální značení. Každá položka je přiřazena ke konkrétní podsestavě nebo funkčnímu celku. Strukturované členění zajišťuje přehlednost, podporuje systematickou přípravu a umožňuje kontrolu úplnosti při balení, montáži i instalaci u zákazníka.

Takto je rozpracován i obsah ostatních lepenkových krabic (spare part kit, consumables apod.), jejich podrobný výčet zde není uveden z důvodu rozsahu.

Tabulka 11 Obsah installation kitu

Installation kit			
Podsestava	Název	Typ	Počet
-	Bezpečnostní bit TX40	Bit	1
-	Pozor laser	Nálepka	1
-	Maják	Komponenta	1
-	Spirálová chránička	Krytka	2m
-	Lemovka	Krytka	1m
-	Pásky na kabely	Páska	2 balení
-	Držáky kabelů	Držák	20
Side shielding fasteners	5537T306 (T13115255) čtvercová matka, zbytek z montáže sloupů	Matka	80
	ISO7380 8x20, zbytek z montáže sloupů, součástí držáků	Šroub	80
Corner shielding	Podložka M8	Podložka	28
	bezpečnostní šroub 8x16	Šroub	28
Lights profile	HNTTV8 nebo HNTTP8	Kamen	16
	IMB Válcovitý 8x20 DIN 912	Šroub	16
Cameras profile	HNTTV8 nebo HNTTP8	Kamen	16
	IMB Válcovitý 8x20 DIN 912	Šroub	16
Side profile fasteners	HNTTV8 nebo HNTTP8	Kamen	16
	IMB Válcovitý 8x20 DIN 912	Šroub	16
Barcode reader	HNTTV8 nebo HNTTP8	Kamen	4
	IMB Válcovitý 8x20 DIN 912	Šroub	4
Blue cover structure	HNTTV8 nebo HNTTP8	Kamen	16
	IMB Válcovitý 8x20 DIN 912	Šroub	16
Blue cover shielding fasteners	HATLSN8	Šroub	24
	Krytka šroubu plastová	Krytka	32
	FRNUT8	Matka	32
	IMB Flange 8x16	Šroub	8

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

14.3 Checklist kvality

Na základě identifikovaných rizik v oblasti kontroly (viz PFMEA a Ishikawa diagram) byly zavedeny standardizované checklisty, které slouží k ověření úplnosti a správnosti klíčových částí výrobního procesu. Cílem je minimalizovat riziko opomenutí, zvýšit opakovatelnost procesu a zajistit jednoznačnou odpovědnost za kontrolu jednotlivých úseků.

Checklisty byly rozděleny do tří oblastí:

- kontrola dokončení montáže podsestav,
- kontrola balení a obalových jednotek,
- kontrola doprovodné dokumentace.

Každý checklist obsahuje konkrétní kontrolní body, odpovědnou osobu a prostor pro potvrzení splnění. Formát checklistů je sjednocen napříč projektem a slouží jako závazný výstup při předání zařízení.

Kompletní checklist lze najít v přílohách II až VII.

14.3.1 Checklist montáže

Na tabulce 12 pod textem je uveden kontrolní seznam kroků souvisejících s dokončením montáže konkrétní podsestavy. Kontrolní body pokrývají stav komponent (vizuální kontrola), jejich správné umístění, dotažení šroubů, zapojení zemnění, aplikaci nálepek a finální zabalení.

Checklist slouží jako nástroj k ověření úplnosti a správnosti provedení montáže před předáním do další fáze procesu. Umožňuje jednoznačně určit odpovědnost za provedení kontroly a zajišťuje opakovatelnost napříč jednotlivými kusy.

Tabulka 12 Checklist montáže

Assembly		
Barcode reader and PE sensor		
Item Položka	Description / Popis	Check
1	Visual check - parts without damage, scratches, dirt. <i>Vizuální kontrola - díly nemají žádná poškození, nečistoty v laku, nejsou špinavé.</i>	
2	Reader and sensor mounted on the correct side of the assembly, cables coiled and secured against damage. <i>Čtečka namontovaná na levé straně v sestavě, kabely smotány a zabezpečeny proti poškození.</i>	
3	Are all bolts tightened to torque + marked. <i>Jsou všechny šrouby dotaženy na moment + označeny.</i>	
4	All grounding cables are correctly mounted acc. assembly manual. <i>Všechny zemnicí kabely jsou namontovány správně dle montážní návody.</i>	
5	Assembly labels applied acc. assembly instruction <i>Nalepeny nálepky sestavy dle montážní instrukce</i>	
6	Assembly properly packed and anchored for transport. <i>Sestava dostatečně zabalena a ukotvena.</i>	
Responsible person / Odpovědná osoba		
Date and signature / Datum a podpis		

(zdroj: interní materiály společnosti – vytvořil autor práce spolu se zaměstnancem kvality)

14.3.2 Checklist balení

V tabulce 13 pod textem je uveden kontrolní seznam komponent, které musí být uloženy do přepravní bedny označené jako Small box. Seznam slouží k fyzickému ověření úplnosti všech podsestav před expedicí. U každé položky je uveden počet kusů a kontrolní políčko pro potvrzení zabalení.

Checklist zajišťuje sledovatelnost obalového procesu, omezuje riziko vynechání dílu a slouží jako podklad pro odpovědnost při expedici kompletního zařízení.

Tabulka 13 Checklist balení

Small box			
Item Položka	Description / Popis	Qty	Check
1	Post 1	1	
2	Post 2	1	
3	Post 3	1	
4	Post 4	1	
5	Post 5	1	
6	Post 6	1	
7	Lights profile	2	
8	Cameras profile	1	
9	Barcode reader and PE sensor profile	1	
10	Krabice - Barcode reader and PE sensor	1	
Responsible person / Odpovědná osoba			
Date and signature / Datum a podpis			

(zdroj: interní materiály společnosti – vytvořil autor práce spolu se zaměstnancem kvality)

14.3.3 Checklist dokumentace

Na tabulce 14 pod textem je uveden přehled kontrolních bodů vztahujících se k doprovodné dokumentaci. Seznam ověřuje pořízení fotografií hotové montáže a zaznamenání sériových čísel náhradních dílů a elektrických komponent.

Checklist slouží jako důkaz o provedení dokumentace před odesláním stroje a zajišťuje sledovatelnost jednotlivých komponent po instalaci.

Tabulka 14 Checklist dokumentace

Documentation		
Item Položka	Description / Popis	Check
1	Photos taken of the finished assembly <i>Pořízeny fotografie hotové montáže před odesláním.</i>	
2	Recorded serial numbers of spare parts. <i>Zaznamenána sériová čísla náhradních dílů.</i>	
3	Recorded serial numbers of electrical components <i>Zaznamenána sériová čísla elektrických komponenty.</i>	
Responsible person / Odpovědná osoba		
Date and signature / Datum a podpis		

(zdroj: interní materiály společnosti – vytvořil autor práce spolu se zaměstnancem kvality)

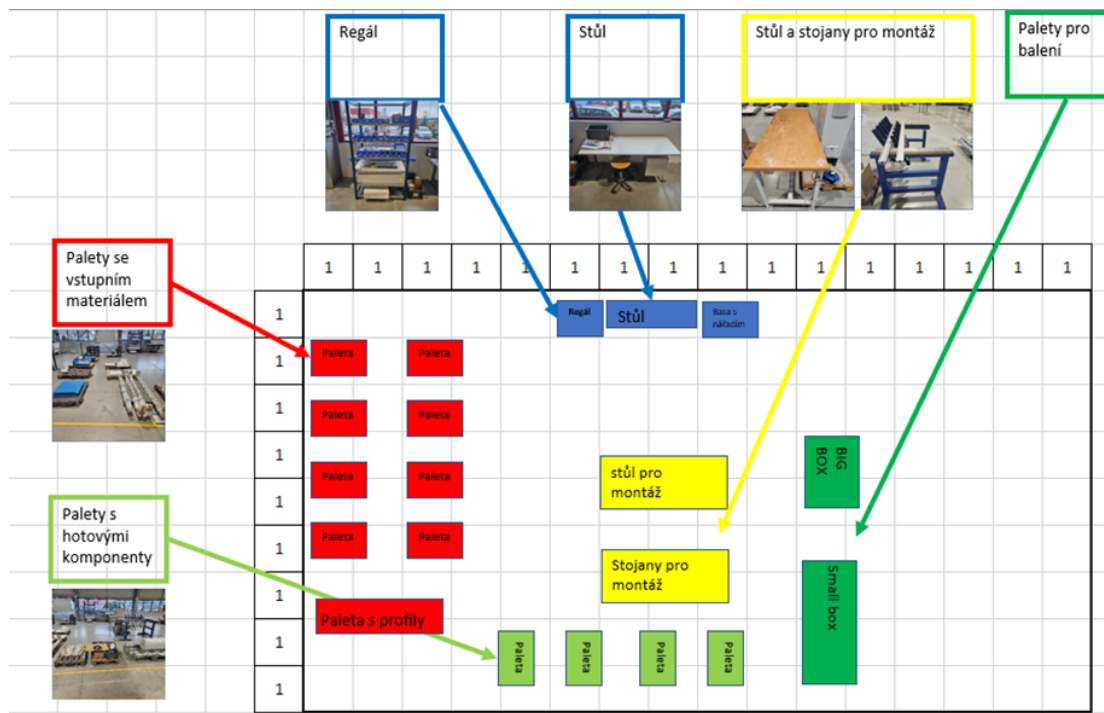
14.4 Layout

Z analýzy PFMEA, Ishikawova diagramu a poznatků z pilotní montáže vyplynulo, že neefektivní organizace pracovního prostoru je jedním z významných zdrojů ztrát a chyb. V pilotní fázi se opakovaně objevovaly situace, kdy docházelo ke zdržení kvůli hledání náradí, nejasnému rozmístění podsestav nebo nevhodně zvolenému umístění obalových jednotek. Rizika vyplývající z nejednoznačného toku materiálu, neergonomických pracovních podmínek a nedostatečného systému přípravy se promítla také do několika bodů PFMEA a oblasti „Okolí“ v Ishikawově diagramu.

V návaznosti na tato zjištění byl navržen specifický layout (viz. Obrázek 32) montážního prostoru, který zohledňuje potřeby jednotlivých montážních kroků, dodržení principů 5S a zlepšení pracovního toku. Rozvržení bylo navrženo tak, aby minimalizovalo zbytečný pohyb pracovníků, zkrátilo manipulační časy a podpořilo přehlednost při montáži, kontrole i balení.

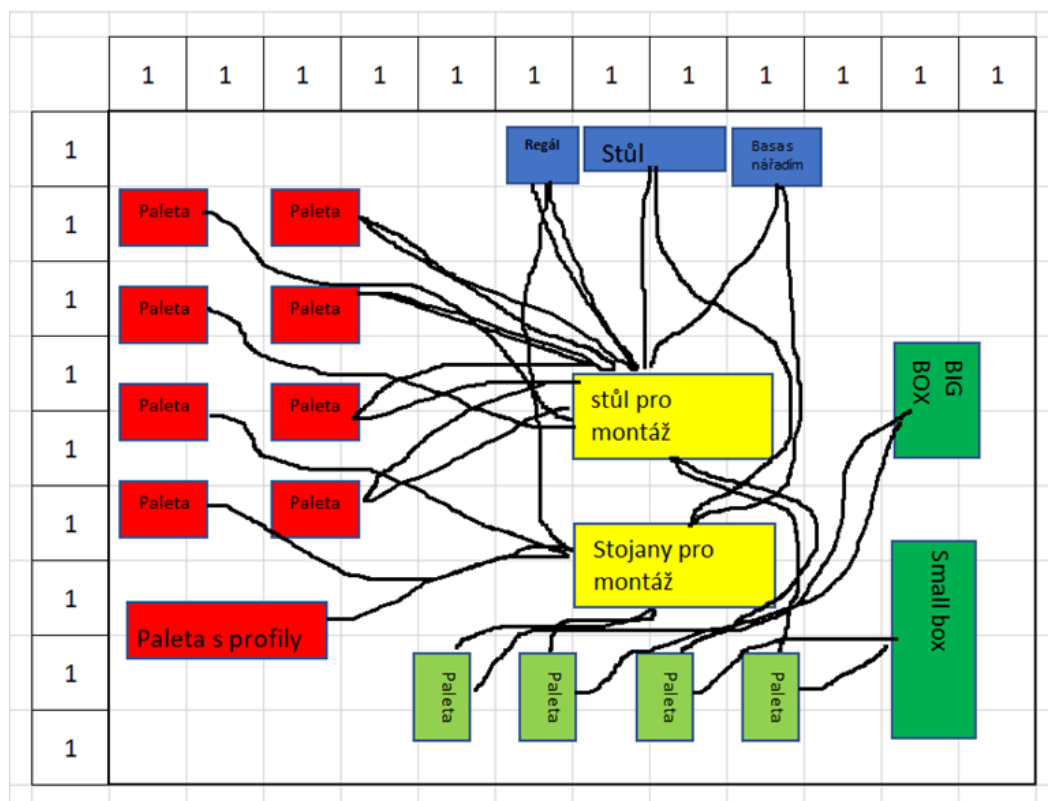
Oproti původnímu layoutu je navrhnutý layout znatelně větší a umožňuje lepší pohyb a orientaci na pracovišti, jak jde vidět na spaghetti diagramu níže (Viz. Obrázek 33). Má jasný tok materiálu zleva doprava, kdy v levé části jsou palety se vstupními komponenty, dále uprostřed jsou dvě montážní stanice, oproti původnímu, kdy byla pouze jedna montážní stanice. Nad montážními stanicemi je umístěno zázemí pro zaměstnance. Je zde umístěn regál se spojovacím materiálem a náradím, aby zaměstnanci nemuseli hledat tyto věci jinde na výrobní hale. Vedle regálu se nachází stůl na odkládání věcí. Pod montážními stanicemi jsou umístěny palety pro odkládání hotových podsestav, které jsou připraveny na balení. V pravé části se nachází místo pro balení obou boxů.

Tento layout je určený pro čtyři zaměstnance, kdy každá ze dvou dvojic pracuje na jedné ze dvou montážních stanic. Následně každá z dvojic má na starosti jednu bednu na balení.



Obrázek 32 Návrh layoutu

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)



Obrázek 33 Spaghetti diagram pracoviště po zavedení opatření

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

14.5 5S Standard

Na základě analýzy PFMEA, Ishikawova diagramu a poznatků z pilotní montáže byla identifikována potřeba nastavit jednotný standard pracoviště pro montáž tohoto typu zařízení. V průběhu pilotní výroby se opakovaně objevovaly situace, kdy nejasné rozmístění nástrojů, chybějící odpadové nádoby nebo nesystematicky uložené komponenty vedly ke ztrátám času, zvýšené chybovosti a ztížené kontrole stavu montáže.

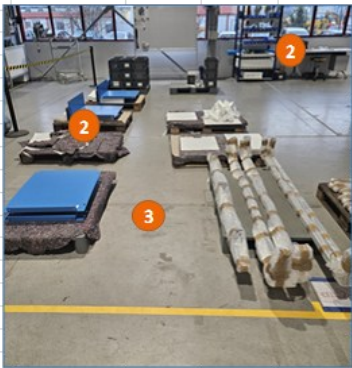
V reakci na tato rizika byl zpracován projektový 5S standard (viz. Obrázek 34), který definuje požadovaný stav pracoviště během montáže i po jejím dokončení. Zaměřuje se na čtyři klíčové oblasti:

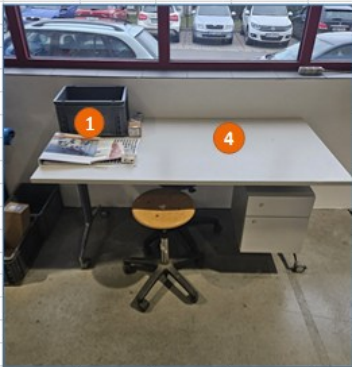
- dodržení předepsaného rozmístění nářadí a vybavení dle layoutu,
- udržování čistoty pracovního prostoru a průběžné odstraňování odpadu,
- správné označení a organizaci obalových jednotek a vizuální dokumentace,
- závěrečnou kontrolu souladu se standardem pomocí referenční fotodokumentace.

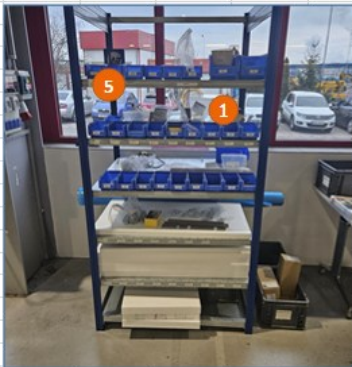
Cílem tohoto standardu je minimalizovat ztráty způsobené neefektivním uspořádáním pracoviště a vytvořit prostředí, které podporuje plynulý a bezchybný průběh montáže.



Standard pracoviště	
Vypracoval:	Jan Foltýn
Správný stav pracoviště	
1	Na pracovišti jsou jen nástroje k provedení daných operací a jsou na svém místě.
2	Palety, pracovní stoly a regály jsou rozmístěny podle layoutu.
3	Na podlaze se nenachází žádné nežádoucí předměty, které by bránily volnému pohybu na pracovišti.
4	Pracovní plocha stolů je čistá.
5	Spojovací materiál v krabičkách je doplněný.







Čistění a úklid	
1)	Úklid se provádí na konci pracovní směny.
2)	Na konci pracovní směny povol všechny momentové klíče.
3)	Během pracovní směny se na pracovišti nachází jen nástroje a materiál nutný pro provedení daných operací.

Obrázek 34 5S standard

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

14.6 Zpětná vazba

Analýza pilotní montáže a struktura Ishikawova diagramu ukázaly, že chybějící systémový sběr zpětné vazby představuje riziko pro efektivní přenos znalostí a identifikaci opakujících se problémů. Poznatky z montáže byly sdíleny převážně neformálně, což vedlo k omezené

dohledatelnosti konkrétních zjištění a ztížilo zpětné zapracování do dokumentace či standardů.

Jako reakce na tento nedostatek byla implementována dvouúrovňová struktura sběru poznatků:

- po montáži pilotního stroje proběhl cílený workshop za účasti montážního týmu a projektového inženýringu,
- v prostoru montáže podsestav byla instalována bílá tabule, která slouží k průběžnému zapisování zpětné vazby ze strany operátorů během sériové výroby.

Tato kombinace zajišťuje sběr kvalitativních dat z provozu a podporuje aktivní zapojení pracovníků do procesu neustálého zlepšování.

15 ZHODNOCENÍ

Na základě pilotní montáže (viz. Kapitola 12), analýze pilotní montáže (viz. Kapitola 13) a následné implementace zlepšujících opatření (viz. Kapitola 14) došlo k výraznému posunu v organizaci výroby nového logistického stroje. Identifikovaná rizika byla systematicky vyhodnocena pomocí PFMEA a Ishikawova diagramu a na jejich základě byla navržena konkrétní opatření – od standardizace práce přes racionalizaci layoutu až po strukturovaný sběr zpětné vazby.

15.1 Porovnání stavu před a po nápravnými opatřeními

Tabulka 15 níže shrnuje klíčové rozdíly mezi pilotní montáží a stavem po zavedení optimalizačních opatření. Z porovnání je patrný posun v oblasti efektivity, standardizace a řízení procesu. Kromě výrazné úspory času montáže přinesla opatření i zlepšení v oblasti kontroly, opakovatelnosti a sledovatelnosti výroby.

Tabulka 15 Přehled zavedených opatření

Oblast	Před zavedením opatření (pilotní montáž)	Po zavedení nápravných opatření
Čas montáže jednoho stroje	Přibližně 120 hodin	Přibližně 21 hodin
Standardizace práce	Neexistující, montáž řízena ústně	Zavedeny pracovní návody, checklisty
Značení komponent a podsestav	Chybějící	Komplexní systém nálepek
Layout pracoviště	Nedefinovaný, přetížený prostor	Layout podle 5S a toku materiálu
Kontrola a zpětná vazba	Neformálně, obtížně dohledatelná	Workshop + bílá tabule pro zpětnou vazbu
5S a vizuální standardy	Neaplikovány	Zaveden 5S standard

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

15.2 Ekonomické zhodnocení

Tato kapitola se zabývá ekonomickým zhodnocením přínosů implementovaných opatření. Konkrétně bude provedeno kvantitativní porovnání časové a finanční náročnosti pilotní montáže před zavedením nápravných opatření a po jejich realizaci. Je nutné podotknout, že na žádost společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o. nejsou v práci uvedeny konkrétní hodinové

sazby zaměstnanců z důvodu zachování diskretnosti. Tyto sazby však byly při výpočtech zohledněny, a výsledné hodnoty tak odpovídají skutečným podmínkám ve firmě.

Montáž pilotního stroje zabrala 5 lidem (2 zaměstnanci, 3 brigádníci) tři dny. V přepočtu na člověkohodiny to vychází na 120 hodin (48 hodin zaměstnanci a 72 hodin brigádníci) při vzorci:

$$\text{Počet zaměstnanců} \times \text{počet dnů} \times 8 \text{ hodin} + \text{počet brigádníků} \times \text{počet dnů} \times 8 \text{ hodin}$$

Nyní je možné spočítat náklady na montáž pilotního stroje (viz. Tabulka 16) s použitím vzorce:

$$\text{Čas montáže zaměstnanců} \times \text{sazba zaměstnance} + \text{čas montáže brigádníků} + \text{sazba brigádníka}$$

Při dosazení vyjde, že náklady montáže na jsou **61 248 Kč**.

Tabulka 16 Náklady na montáž pilotního stroje

Náklady na montáž pilotního stroje		
Čas montáže (hodiny)	Zaměstnanci (kumulovaný)	48
	Brigádníci (kumulovaný)	72
Celkové náklady na montáž pilotního stroje (Kč)		61248

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

Při montáži druhého stroje po zavedení nápravných opatření bylo provedeno zaměstnanci montáže zapisování doby montáže jednotlivých podsestav (viz. Tabulka 17). Časy byly následně upraveny podle počtu osob, které se na podsestavě podílely, aby bylo známo, jaký celkový čas na jednu osobu je potřeba na danou podsestavu (člověkominuty). Na montáži tohoto stroje se již nepodíleli brigádníci, ale pouze dva zaměstnanci montáže. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tabulka 17 Čas montáže podsestav druhého stroje po zavedení nápravných opatření

Podsestava	Čas (minuty)	Počet osob	Čas převedený na člověkominuty
Sloup 1	75	2	150
Sloup 2	55	2	110
Sloup 3	55	2	110
Sloup 4	45	2	90
Sloup 5	100	1	100
Sloup 6	110	1	110
Modré plechy	110	1	110
Kamery	120	1	120
Světla	200	1	200
Barcode reader	90	1	90
Boční profily	30	1	30
Rohové kryty	50	1	50
Boční plechy	0	1	0
		Celkový čas člověkominuty	1270

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

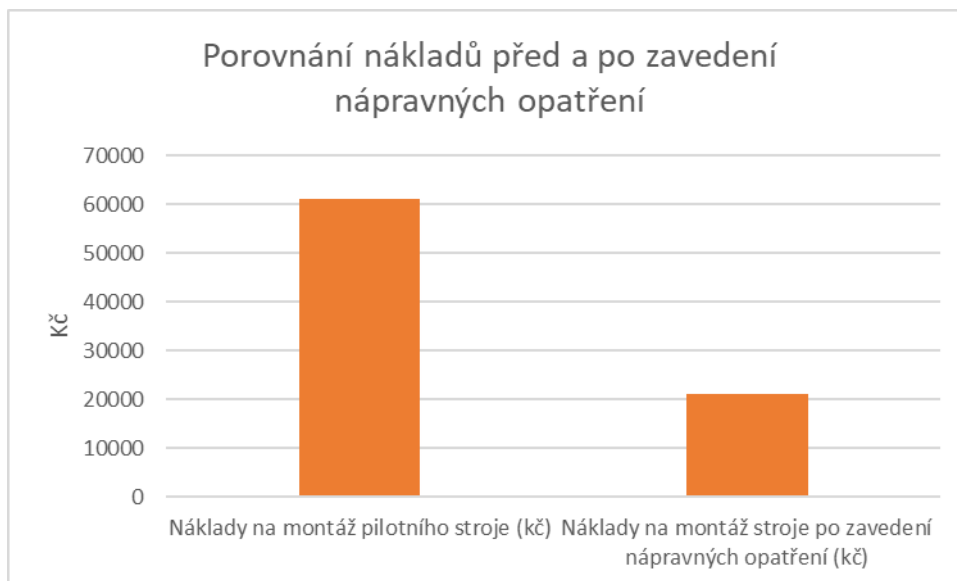
Při vydělení celkových minut na jeden stroj (viz tabulka 18) číslem 60 dostaneme, kolik zabrala montáž v hodinách – 21,16667 hodin, když tento čas vynásobíme hodinovou sazbou zaměstnance montáže, získáme náklady na montáž stroje po zavedení nápravných opatření.

Tabulka 18 Náklady na montáž po zavedení nápravných opatření

Náklady na montáž po zavedení nápravných opatření		
Čas montáže (hodiny)	Zaměstnanec	21,16667
Celkové náklady na montáž stroje (kč)		21166

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

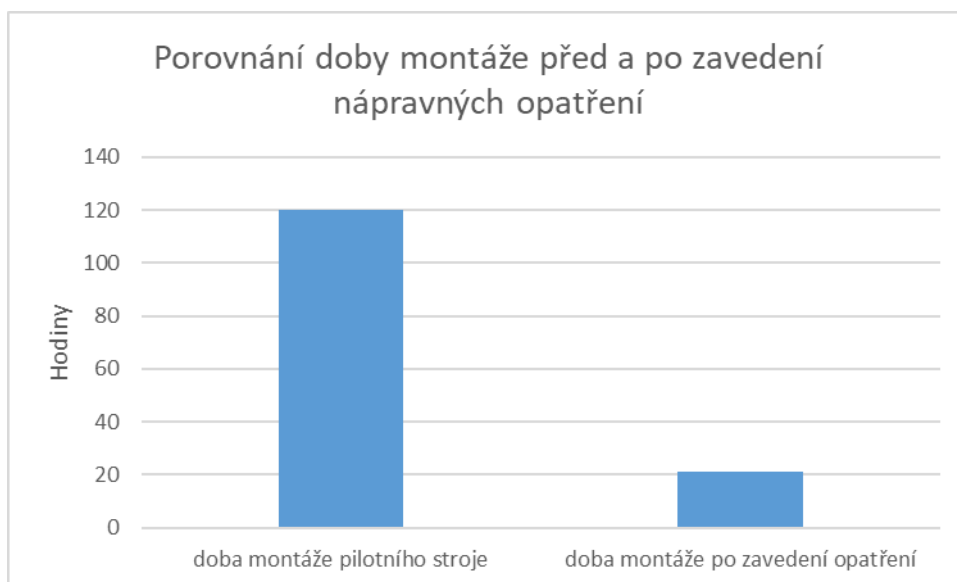
Nyní je možné porovnat (viz. Obrázek 35), jak náklady, tak i čas před a po zavedení nápravných opatření. Na obrázku níže je porovnání nákladů před a po zavedení nápravných opatření a je zjevné, že nápravná opatření byla úspěšná, protože náklady po zavedení klesly o 65 %.



Obrázek 35 Porovnání nákladů před a po zavedení nápravných opatření

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

Dále je možné porovnat dobu montáže před a po zavedení nápravných opatření (viz. Obrázek 36). Při tomto porovnání jde vidět, že doba montáže klesla z 120 hodin na 21,16667 hodin, tedy snížení o 82 %.



Obrázek 36 Porovnání doby montáže před a po zavedení nápravných opatření

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

V kapitole 14.5 bylo zmíněno, že nový montážní layout má mít 4 pracovníky, kdy na jednom montážním stanovišti mají být 2 zaměstnanci montáže. Tabulka 19 níže ukazuje rozdělení podsestav na jednotlivé montážní stanice a jejich odhadované montážní časy. Je

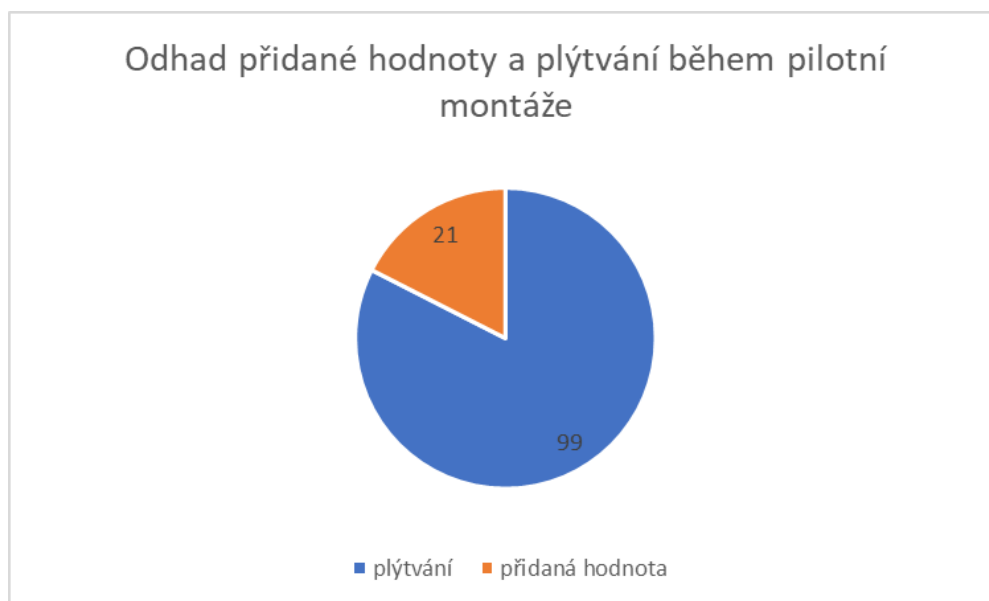
zde vidět, že jedna stanice smontuje svoji část za 5 hodin a druhá za 5,5 hodin tudíž jsou tyto stanice relativně vybalancované a nebude muset jedna čekat na druhou.

Tabulka 19 Časové rozložení montáže po zavedení nápravných opatření

Montážní stanice	Podsestava	Potřebný čas člověkominuty	Počet osob	Celkový čas člověkominuty na montážní stanici (minuty)	Celkový čas převedený na počet osob (minuty)
Montážní stanice 1	Sloup 1	150	2	670	335
	Sloup 2	110			
	Sloup 3	110			
	Sloup 4	90			
	Sloup 5	100			
	Sloup 6	110			
Montážní stanice 2	Modré plechy	110	2	600	300
	Kamery	120			
	Světla	200			
	Barcode reader	90			
	Boční profily	30			
	Rohové profily	50			
	Boční plechy	0			

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

Na základě porovnání celkové doby montáže před a po zavedení nápravných opatření lze přibližně vyčíslit rozsah plýtvání během pilotní fáze výroby (viz. Obrázek 37). Při snížení montážního času ze 120 na 21 hodin lze předpokládat, že rozdíl 99 hodin představuje činnosti nepřidávající hodnotu. To odpovídá přibližně 82,5 % z celkového času, který byl vynaložen na pilotní montáž. Obrázek níže znázorňuje odhadovaný poměr mezi činnostmi přidávajícími hodnotu a plýtváním.



Obrázek 37 Odhad přidané hodnoty a plýtvání během pilotní montáže

(zdroj: vlastní zpracování – vytvořil autor práce)

Hlavní cíl práce snížit dobu výroby stroje ze 120 hodin na 80 hodin byl splněn, jak ukazuje toto ekonomické zhodnocení, protože současná doba výroby stroje je přibližně 21 hodin.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala implementací výroby nového logistického stroje ve společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o., a to se zaměřením na praktickou realizaci projektu včetně identifikace nedostatků, návrhů zlepšení a přímého zavedení nápravných opatření. Hlavním cílem práce bylo zvýšit efektivitu výroby a připravit firmu na opakovanou sériovou produkci obdobných zařízení.

Teoretická část poskytla potřebné zázemí pro pochopení klíčových konceptů z oblasti průmyslového inženýrství, štihlé výroby a projektového řízení, které byly v následné praktické části přímo využity. Praktická část dokumentovala kompletní proces od fáze příprav a sestavení pilotního kusu až po vyhodnocení slabých míst a implementaci konkrétních zlepšení. Mezi klíčové výstupy patří tvorba procesního diagramu, provedení analýzy PFMEA a návrh opatření v oblasti standardizace a uspořádání pracoviště.

Zavedením navržených opatření došlo ke snížení výrobního času ze 120 hodin na 21 hodin, zlepšení přehlednosti výrobního toku, standardizaci pracovních činností a vytvoření předpokladů pro vyšší kvalitu a stabilitu montážního procesu. Práce tak přispěla nejen ke zvládnutí první implementace nového typu výrobku, ale zároveň poskytla metodický rámec, který lze využít i při obdobných projektech v budoucnosti. Zároveň navrhovaná řešení pomohla ušetřit značné množství času a peněz. Praktické poznatky získané během tohoto projektu mohou sloužit jako východisko pro další racionalizaci, škálování výroby a podporu kontinuálního zlepšování v rámci celé společnosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

3DPRINTRONICS, 2025. *MISUMI T Slot Aluminium Extrusion 8080* [online]. [cit. 2025-04-04]. Dostupné z: <https://www.3dprintronics.com/products/misumi-t-slot-aluminium-extrusion-8080>

AVEN, Terje, 2015. *Risk Analysis*. Second edition. John Wiley. ISBN 9781119057796.

BENEDIKT, Jiří, 2019. 8 druhů plýtvání ve firmách dle Lean managementu. *Jiří Benedikt* [online]. [cit. 2025-03-05]. Dostupné z: <https://www.jiribenedikt.com/8-druhu-plytvani/>

BOARDMAN, Bonnie, 2020. *Introduction to Industrial Engineering* [online]. Mavs Open Press [cit. 2025-03-04]. ISBN 9781648169823. Dostupné z: <https://uta.pressbooks.pub/industrialengineeringintro/front-matter/about-the-publisher>

DELISLE, Dennis R., 2015. *Executing Lean Improvements* [online]. American Society for Quality [cit. 2025-05-05]. ISBN 978-0-87389-909-3. Dostupné z: <https://app.knovel.com/s.v?yYdw71Bq>

DENNIS, Pascal, 2016. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, xxvi, 223 s. ISBN 9781498708876.

DOLEŽAL, Jan, 2023. *Projektový management*. 2. vydání. Praha: Grada Publishing, 426 s. Expert. ISBN 978-80-271-3619-3.

DOLEŽAL, Jan, Martin HÁJEK, Kateřina HRAZDILOVÁ BOČKOVÁ, et al., 2012. *Projektový management podle IPMA*. 2. vydání. Grada publishing. ISBN 978-80-247-4275-5.

DOSKOČIL, Radek, 2013. *Metody, techniky a nástroje řízení projektů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 165 s. ISBN 9788072048632.

GULATI, Ramesh, 2021. *Maintenance and Reliability Best Practices* [online]. Third edition. Industrial Press [cit. 2025-05-05]. ISBN 978-1-5231-4109-8. Dostupné z: <https://app.knovel.com/s.v?OA6zEO5I>

HAMEL, Mark R., 2010. *Kaizen Event Fieldbook - Foundation, Framework, and Standard Work for Effective Events* [online]. Society of Manufacturing Engineers (SME) [cit. 2025-05-09]. ISBN 978-0-87263-863-1. Dostupné z: <https://app.knovel.com/s.v?Pe2oeml2>

CHROMJAKOVÁ, Felicita a Rastislav RAJNOHA, 2011. *Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra*. Žilina: GEORG, 138 s. ISBN 978-80-89401-26-0. Dostupné také z: <https://publikace.k.utb.cz/handle/10563/1004401>

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 116 s. ISBN 9788081540585.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, David TUČEK a Roman BOBÁK, 2017. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 105 s. ISBN 9788074546808.

JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 254 s. Expert. ISBN 9788024757179.

KENDRICK, Tom, 2014. *Project Management Tool Kit* [online]. Third edition. AMACOM [cit. 2025-03-05]. ISBN 978-0-8144-3345-4. Dostupné z: <https://app.knovel.com/s.v?OvLy2U58>

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA, 2012. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, xxi, 153 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 9788071793199.

KIRAN, D.R., 2019. *Production Planning and Control - A Comprehensive Approach* [online]. Butterworth-Heinemann [cit. 2025-05-05]. ISBN 978-0-1281-8364-9. Dostupné z: <https://app.knovel.com/s.v?TRsoURJ3>

Lean production, 2025. *PWC* [online]. [cit. 2025-03-05]. Dostupné z: <https://www.pwc.com/cz/cs/akademie/lean-six-sigma-production.html>

LESTER, Albert, 2017. *Project Management, Planning and Control - Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects to PMI, APM and BSI Standards*. Seventh edition. Elsevier. ISBN 978-0-08-102020-3.

MANGAROO-PILLAY, Mia a Meelan ROOPA, 2021. Beyond the industrial engineering frontier: a few steps in history and a giant leap into the future. *South African Journal of Industrial Engineering* [online]. **2021**(3), 1-9. Dostupné z: doi:10.7166/32-3-2607

MASTORAKIS, George, Constandinos X. MAVROMOUSTAKIS, Jordi Mongay BATALLA a Evangelos PALLIS, 2021. *Intelligent Wireless Communications* [online]. Institution of Engineering and Technology [cit. 2025-02-26]. ISBN 978-1-83953-096-8. Dostupné z: <https://app.knovel.com/s.v?QLcj1lXo>

MAŠÍN, Ivan, 2005. *Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štihlé výroby*. Liberec: Institut technologií a managementu, 106 s. ISBN 8090353312.

PATERMANN, Jiří, 2022. *Lean dílenské řízení: je čas změnit vaši dílnu : začněme teď!*. Praha: Grada, 157 s. ISBN 978-80-271-3534-9.

RAJASEKAR, R., C. MOGANAPRIYA, P. SATHISH KUMAR a M. HARIKRISHNA KUMAR, ed., 2023. *Integration of Mechanical and Manufacturing Engineering with IoT - A Digital Transformation* [online]. John Wiley [cit. 2025-02-26]. ISBN 978-1-119-86500-1. Dostupné z: <https://app.knovel.com/s.v?pDLcU0t2>

SASSANI, Farrokh, 2017. *Industrial Engineering Foundations - Bridging the Gap between Engineering and Management* [online]. Mercury Learning and Information [cit. 2025-02-25]. ISBN 978-1-942270-86-7. Dostupné z: <https://app.knovel.com/s.v?nacNNDy>

SEUBERT, Thomas a Grant VOKEY, 2023. *Manufacturing Execution Systems - An Operations Management Approach* [online]. Second edition. International Society of Automation [cit. 2025-02-26]. ISBN 978-1-64331-216-3. Dostupné z: <https://app.knovel.com/s.v?Sp3InyPH>

SHARMAN, KLS, 2017. *Overview of Industrial Process Automation* [online]. Second edition. Elsevier [cit. 2025-02-26]. ISBN 978-0-12-805354-6. Dostupné z: <https://app.knovel.com/s.v?zwDO7Hw4>

SKHMOT, Nawras, 2017. The 8 Wastes of Lean. *The Lean Way* [online]. [cit. 2025-03-05]. Dostupné z: <https://theleanway.net/The-8-Wastes-of-Lean>

STAMATIS, D.H., 2019. *Risk Management Using Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)* [online]. ASQ Quality Press [cit. 2025-02-24]. ISBN 978-0873899789. Dostupné z: <https://research.ebsco.com/c/ubdjpj/search/details/oegpesqhqn?db=nlebk>

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 223 s. Expert. ISBN 9788024739380.

SVOZILOVÁ, Alena, 2016. *Projektový management: systémový přístup k řízení projektů*. 3., aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada, 421 s. Expert. ISBN 9788027100750.

TAGUE, Nancy R., 2023. *The quality toolbox* [online]. Third edition. Quality Press [cit. 2025-02-25]. ISBN 978-1-63694-123-3. Dostupné z: <https://app.knovel.com/s.v?3ccoKMSx>

WILSON, Lonnie, 2010. *How to implement lean manufacturing*. New York: McGraw-Hill, xv, 316 s. ISBN 9780071625074.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Historie průmyslu.....	20
Obrázek 2 Příklad Ishikawa diagramu.....	22
Obrázek 3 Osm druhů plýtvání.....	28
Obrázek 4 Životní cyklus projektu	29
Obrázek 5 Příklad Ganttova diagramu.....	31
Obrázek 6 Příklad procesního diagramu.....	34
Obrázek 7 Značení procesních diagramů.....	34
Obrázek 8 Příklad změny layoutu.....	36
Obrázek 9 Příklad spaghetti diagramu.....	37
Obrázek 10 Struktura praktické části.....	40
Obrázek 11 Organizační struktura společnosti AWL-Techniek CZ s.r.o.....	42
Obrázek 12 Misumi profil.....	47
Obrázek 13 Schéma rozložení sloupů.....	48
Obrázek 14 Schéma rozložení bočních plechů	49
Obrázek 15 Schéma rohových plechů	50
Obrázek 16 Schéma kostry stroje bez krytů	51
Obrázek 17 Schéma profilu kamer	52
Obrázek 18 Schéma profilu světel.....	53
Obrázek 19 Procesní diagram výroby stroje.....	56
Obrázek 20 Ishikawa diagram montáže pilotního stroje	63
Obrázek 21 Příklad špatného uskladnění vstupních komponentů při pilotní montáži	64
Obrázek 22 Přibližný layout pracoviště při montáži pilotního stroje	65
Obrázek 23 Spaghetti diagram pracoviště před zavedením nápravných opatření	66
Obrázek 24 Manual.to úvodní obrázek.....	69
Obrázek 25 Manual.to rozmístění komponentů.....	69
Obrázek 26 Manual.to vzdálenosti komponentů	70
Obrázek 27 Manual.to popis	71
Obrázek 28 Příklad použití nálepek podsestav	73
Obrázek 29 logika popisování elektrokomponentů	74
Obrázek 30 Příklad značení elektrokomponentů	75
Obrázek 31 Příklad využití nálepek pro lepenkové krabice	76
Obrázek 32 Návrh layoutu.....	82
Obrázek 33 Spaghetti diagram pracoviště po zavedení opatření	82
Obrázek 34 5S standard	84

Obrázek 35 Porovnání nákladů před a po zavedení nápravných opatření	89
Obrázek 36 Porovnání doby montáže před a po zavedení nápravných opatření	89
Obrázek 37 Odhad přidané hodnoty a plýtvání během pilotní montáže	90

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Ganttův diagram průběhu prací	44
Tabulka 2 Seznam jednotlivých podsestav stroje	46
Tabulka 3 PFMEA Závažnost.....	58
Tabulka 4 PFMEA Výskyt	59
Tabulka 5 Detekce	60
Tabulka 6 PFMEA Příklad	61
Tabulka 7 Přehled identifikovaných problémů během pilotní montáže	67
Tabulka 8 Seznam nálepek pro mechanické podsestavy	73
Tabulka 9 Seznam nálepek pro elektrokomponenty	75
Tabulka 10 Seznam nálepek pro lepenkové krabice.....	76
Tabulka 11 Obsah installation kitu	77
Tabulka 12 Checklist montáže.....	79
Tabulka 13 Checklist balení	80
Tabulka 14 Checklist dokumentace	80
Tabulka 15 Přehled zavedených opatření	86
Tabulka 16 náklady na montáž pilotního stroje.....	87
Tabulka 17 Čas montáže podsestav druhého stroje po zavedení nápravných opatření	88
Tabulka 18 Náklady na montáž po zavedení nápravných opatření	88
Tabulka 19 Časové rozložení montáže po zavedení nápravných opatření	90

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

5S	Seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke
AI	Artificial intelligence
ANOVA	Analysis of variance
BPMN	Business process model and notation
CNC	Computer numerical control
CPM	Critical path method
CZ	Czech republic
DFMEA	Design failure mode effects analysis
FMEA	Failure mode effects analysis
H	Hodina
IMB	Imbus
IOS	Internet of services
IOT	Internet of things
Kč	Koruna česká
Kč/h	Korun českých za hodinu
MRP	Material resource planning
Nm	Newton metr
PDPC	Process decision program chart
PERT	Program evaluation and review technique
PFMEA	Process failure mode effects analysis
PLC	Programmable logic controller
RPN	Risk priority number
S.r.o.	Společnost s ručením omezeným
SMART	Specific, measurable, achievable, realistic time-bound
WBS	Work breakdown structure

WIP Work in progress

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: PFMEA

Příloha P II: CHECKLIST 1/6

Příloha P III: CHECKLIST 2/6

Příloha P IV: CHECKLIST 3/6

Příloha P V: CHECKLIST 4/6

Příloha P VI: CHECKLIST 5/6

Příloha P VII: CHECKLIST 6/6

PŘÍLOHA P I: PFMEA – VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ

Operace	Potenciální závada	Efekt potenciální závady	Závažnost	Zdroje potenciálního selhání	Výskyt	Opatření	Detekovatelnost	RPN
Přijem materiálu	Materiál je poškozený, nekompletní nebo ztracený	Stroj nelze vyrobit	7	Dodavatel neodhalil neshodu	2	Kontrola úplnosti dodávky	7	98
Vstupní kontrola kvality	Materiál neodpovídá specifikace	Stroj nelze vyrobit	5	Chyba dodavatele při výrobě dílu	3	Ověřování dodavatelů a sledování kvality	6	90
	Nesprávná identifikace materiálu	Použití nesprávného dílu při výrobě	5	Dodavatel nesprávně označil materiál	2	Ověřování dodavatelů a sledování kvality	7	70
	Nepřesná nebo neúplná kontrola	Uvolnění závadného dílu pro výrobu	5	Chybný postup kontroly kvality nebo lidská chyba	2	Kontroly a měření prováděny kvalifikovaným	4	40
	Vadné nebo nevyhovující měřicí nástroje	Uvolnění závadného dílu pro výrobu	5	Špatně zkaližované měřidlo	2	Používat pouze kalibrovaná měřidla	4	40
	Špatná kvalita tisku štítku	Text hůře čitelný	3	Nesprávná tisková páska nebo kódování	3	Tisk provádí kvalifikovaný pracovník	7	63
Příprava výroby rozváděče	Štítek není vytřesán	Chybějící štítek, chybné informace	4	Chybějící kódování	3	Tisk provádí kvalifikovaný pracovník	7	84
	Nesprávná délka DIN lišty	DIN lišta se nevejde do rozváděče	3	Chybná míra pracovníkem	2	Detekce během výroby	3	18
	Nesprávný kabel	Nesprávné zapojení, rozváděč nefunguje	7	Kabel nesprávně připraven pracovníkem	3	Pracovní instrukce přípravy výroby, test rozváděče	4	84
	Nesprávná svorka	Nesprávné zapojení, rozváděč nefunguje	7	Svorka nesprávně připravena na DIN lištu	3	Pracovní instrukce přípravy výroby, test rozváděče	4	84
	Nesprávná dutinka	Nedostatečné připojení	4	Pracovník zvolil nesprávnou dutinku	3	Menší dutinka nejde nasadit, větší neudrží – lze odhalit na pracovišti	5	60
Výroba rozváděče	Nesprávné připojení vodiče	Vadný nebo nevyhovující výrobek	7	Vodič není správně připojen nebo neodpovídá návrhu	2	Manuály pro rozváděče, Eplan, kontrola kvality, kontrolní seznam	7	98
	Nesprávné/chybějící označení vodičů/komponent	Nesprávná informace pro budoucí servis	6	Záměna štítků kvůli lidské chybě / nepozornosti	2	Manuály pro rozváděče, Eplan, kontrola kvality, kontrolní seznam	7	84
	Záměna SFP modulů	Výrobek není funkční na daném místě	8	Moduly záměněny kvůli nepozornosti pracovníka	4	Manuály pro rozváděče, Eplan, kontrola kvality, kontrolní seznam	7	224
	Záměna zástrčky	Výrobek není funkční na daném místě	8	Záměna zástrček kvůli nepozornosti pracovníka	2	Manuály pro rozváděče, Eplan, kontrola kvality, kontrolní seznam	7	112
	Nesprávné nastavení komponent	Vadný nebo nevyhovující výrobek	7	Komponenta nebyla nainstalována dle manuálu	2	Manuály pro rozváděče, Eplan, kontrola kvality, kontrolní seznam	7	98
Testování rozváděče	Nepřesné nebo neúplné testování	Vadný nebo nefunkční výrobek	7	Lidská chyba způsobená nepozorností během testování	2	Manuály pro rozváděče, Eplan, kontrola kvality, kontrolní seznam	5	70
Balení rozváděče	Poškozený kryt nebo komponenta rozváděče	Snížení funkčnosti nebo nefunkční rozváděč	8	Nedostatečné zabalení materiálu operátorem	2	Manuály pro balení	4	64
	Nesprávný štítek obalu se sériovým a výrobním číslem	Nesoulad sériového čísla rozváděče a stroje	5	Záměna štítků se sériovým číslem pracovníkem přípravy	2	Manuály pro balení, manuály pro výrobu rozváděče	3	30
Montáž podsestav	Použití špatného spojovacího materiálu	Spojení není pevné	4	Lidská chyba během montáže	3	Manuály, SS standard, seznam spojovacího materiálu, checklist	7	84
	Neutažené šrouby	Spojení není pevné	5	Lidská chyba během montáže	2	Manuály, SS standard, seznam nářadí, checklist	7	70
	Poškozený komponent	Vizuální vada nebo nefunkční stroj	7	Lidská chyba během montáže	2	Manuály, SS standard, seznam spojovacího materiálu, checklist	7	98
	Špatně namontovaný nebo nenamontovaný komponent	Závadný nebo nefunkční stroj	7	Lidská chyba během montáže	2	Manuály, SS standard, seznam spojovacího materiálu, checklist	7	98
	Špatně smontovaná podsestava	Závadný nebo nefunkční stroj	7	Lidská chyba během montáže	1	Manuály, SS standard, seznam spojovacího materiálu, checklist	7	49
	Chybějící značení komponentu	Špatná instalace stroje	7	Lidská chyba během montáže	2	Manuály, SS standard, seznam spojovacího materiálu, checklist	7	98
Kontrola kvality podsestav	Nepřesná nebo neúplná kontrola kvality	Vadný výrobek, nekompletní dodávka	7	Lidská chyba způsobená nepozorností při kontrole kvality	2	Checklist	7	98
Balení podsestav	Použití nevhodného obalového materiálu	Poškození výrobků během přepravy	7	Nedostatečný nebo poškozený obal	1	Manuál pro balení, checklist	7	49
	Nesprávně zabalený díl nebo chybějící díl	Vadný výrobek, nekompletní dodávka	7	Lidská chyba způsobená nepozorností při balení	2	Manuál pro balení, checklist	7	98
	Nesprávné označení komponentu	Nekompatibilita sledovatelnosti	7	Lidská chyba způsobená nepozorností při balení	3	Manuál pro balení, checklist, nálepky	4	84
	Poškozený díl	Vadný nebo nefunkční výrobek	7	Lidská chyba způsobená nepozorností při montáži	2	Manuál pro balení, manuál montáže, checklist	7	98
	Poškozený nebo navlhlý obalový materiál	Nedostatečná ochrana výrobku	8	Operátor přehlédne vadný obalový materiál	2	Manuál pro balení, checklist	6	96
Kontrola balení	Chybějící obsah vsadě	Vadný nebo nefunkční výrobek	8	Nesprávné provedení kontroly balení	3	Manuál pro balení, checklist, nálepky	4	96
Expedice	Poškození při nakládce na nákladní automobil	Vadný nebo nefunkční výrobek	7	Nevhodné zvedací zařízení nebo nesprávný postup	1	Výrobek expeduje kvalifikovaný zaměstnanec expedice	5	35

PŘÍLOHA P II: CHECKLIST 1/6 – INTERNÍ MATERIÁLY FIRMY

Checklist Assembly			AWL.
Project information			
Project no. Číslo projektu			
S/N Sériové číslo			
Assembly			
Barcode reader and PE sensor			
Item Položka	Description / Popis	Check	
1	Visual check - parts without damage, scratches, dirt. <i>Vizuální kontrola - díly nemají žádná poškození, nečistoty v laku, nejsou špinavé.</i>		
2	Reader and sensor mounted on the correct side of the assembly, cables coiled and secured against damage. <i>Čtečka namontovaná na levé straně v sestavě, kabely smotány a zabezpečeny proti poškození.</i>		
3	Are all bolts tightened to torque + marked. <i>Jsou všechny šrouby dotaženy na moment + označeny.</i>		
4	All grounding cables are correctly mounted acc. assembly manual. <i>Všechny zemní kabely jsou namontovány správně dle montážní návody.</i>		
5	Assembly labels applied acc. assembly instruction <i>Nalepeny nálepky sestavy dle montážní instrukce</i>		
6	Assembly properly packed and anchored for transport. <i>Sestava dostatečně zabalena a ukotvena.</i>		
Responsible person / Odpovědná osoba			
Date and signature / Datum a podpis			
Blue covers			
Item Položka	Description / Popis	Check	
1	Visual check - parts without damage, scratches, dirt. <i>Vizuální kontrola - díly nemají žádná poškození, nečistoty v laku, nejsou špinavé.</i>		
2	Assembly mounted acc. Manual. <i>Sestava smontovaná podle manuálu.</i>		
3	Are all bolts tightened to torque + marked. <i>Jsou všechny šrouby dotaženy na moment + označeny.</i>		
4	All grounding cables are correctly mounted acc. assembly manual. <i>Všechny zemní kabely jsou namontovány správně dle montážní návody.</i>		
5	Assembly labels applied acc. assembly instruction <i>Nalepeny nálepky sestavy dle montážní instrukce</i>		
6	Assembly properly packed and anchored for transport. <i>Sestava dostatečně zabalena a ukotvena.</i>		
Responsible person / Odpovědná osoba			
Date and signature / Datum a podpis			
Lights			
Item Položka	Description / Popis	Check	
1	Visual check - parts without damage, scratches, dirt. <i>Vizuální kontrola - díly nemají žádná poškození, nečistoty v laku, nejsou špinavé.</i>		
2	Assembly mounted acc. Manual. <i>Sestava smontovaná podle manuálu.</i>		
3	Are lights on the correct position + cables coiled and secured against damage. <i>Jsou světla na správném místě + kabely smotány a zabezpečeny proti poškození.</i>		
4	Assembly labels applied acc. assembly instruction <i>Nalepeny nálepky sestavy dle montážní instrukce</i>		
5	Assembly properly packed and anchored for transport. <i>Sestava dostatečně zabalena a ukotvena.</i>		
Responsible person / Odpovědná osoba			
Date and signature / Datum a podpis			

PŘÍLOHA P III: CHECKLIST 2/6 – VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ

Cameras		
Item Po lo ž ka	Description / Popis	Check
1	Visual check - parts without damage, scratches, dirt. <i>Vizuální kontrola - díly nemají žádná poškození, nečistoty v laku, nejsou špinavé.</i>	
2	Assembly mounted acc. Manual. <i>Sestava smontovaná podle manuálu.</i>	
3	The camera brackets are on the correct position. <i>Držáky kamer jsou namontované na správném místě.</i>	
4	Are all bolts tightened to torque + marked. <i>Jsou všechny šrouby dotaženy na moment + označeny.</i>	
5	Serial numbers labeled acc. Manual. <i>Nalepena sériová čísla dle návody.</i>	
6	Assembly lables applied acc. assembly instruction <i>Nalepeny nálepky sestavy dle montážní instrukce</i>	
7	Assembly properly packed and anchored for transport. <i>Sestava dostatečně zabalena a ukotvena.</i>	
8	Cameras setted and properly packed acc. Manual. <i>Kamery nastaveny a zabaleny dle manuálu.</i>	
Responsible person / Odpovědná osoba		
Date and signature / Datum a podpis		
Corner shielding		
Item Po lo ž ka	Description / Popis	Check
1	Visual check - parts without damage, scratches, dirt. <i>Vizuální kontrola - díly nemají žádná poškození, nečistoty v laku, nejsou špinavé.</i>	
2	Assembly mounted acc. Manual. <i>Sestava smontovaná podle manuálu.</i>	
3	Are all handles tightened on the covers in the correct quantity. <i>Jsou všechny úchytky dotaženy na krytech ve správném počtu.</i>	
4	Are all bolts tightened to torque + marked. <i>Jsou všechny šrouby dotaženy na moment + označeny.</i>	
5	Are safety stickers applied acc. Manual. <i>Jsou bezpečnostní nálepky nalepeny dle návodu.</i>	
6	Assembly lables applied acc. assembly instruction <i>Nalepeny nálepky sestavy dle montážní instrukce</i>	
7	Assembly properly packed and anchored for transport. <i>Sestava dostatečně zabalena a ukotvena.</i>	
Responsible person / Odpovědná osoba		
Date and signature / Datum a podpis		
Side profiles		
Item Po lo ž ka	Description / Popis	Check
1	Visual check - parts without damage, scratches, dirt. <i>Vizuální kontrola - díly nemají žádná poškození, nečistoty v laku, nejsou špinavé.</i>	
2	Assembly mounted acc. Manual. <i>Sestava smontovaná podle manuálu.</i>	
3	Are lights on the correct position + cables coiled and secured against damage. <i>Jsou světla na správném místě + kabely smotány a zabezpečeny proti poškození.</i>	
4	The grips for the electrical tapes are in the correct place according to the instructions. <i>Úchyty pro elektrické pásky jsou na správném místě podle návody.</i>	
5	Assembly lables applied acc. assembly instruction <i>Nalepeny nálepky sestavy dle montážní instrukce</i>	
6	Assembly properly packed and anchored for transport. <i>Sestava dostatečně zabalena a ukotvena.</i>	
Responsible person / Odpovědná osoba		
Date and signature / Datum a podpis		

PŘÍLOHA P IV: CHECKLIST 3/6 – VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ

POST 1		
Item Položka	Description / Popis	Check
1	Visual check - parts without damage, scratches, dirt. <i>Vizuální kontrola - díly nemají žádná poškození, nečistoty v laku, nejsou špinavé.</i>	
2	Assembly mounted acc. Manual. <i>Sestava smontovaná podle manuálu.</i>	
3	Assembly lables applied acc. assembly instruction <i>Nalepeny nálepky sestavy dle montážní instrukce</i>	
4	All grounding cables are correctly mounted acc. assembly manual. <i>Všechny zemnicí kabely jsou namontovány správně dle montážní návody.</i>	
5	Assembly properly packed and anchored for transport. <i>Sestava dostatečně zabalena a ukotvena.</i>	
Responsible person / Odpovědná osoba Date and signature / Datum a podpis		
POST 2		
Item Položka	Description / Popis	Check
1	Visual check - parts without damage, scratches, dirt. <i>Vizuální kontrola - díly nemají žádná poškození, nečistoty v laku, nejsou špinavé.</i>	
2	Assembly mounted acc. Manual. <i>Sestava smontovaná podle manuálu.</i>	
3	Assembly lables applied acc. assembly instruction <i>Nalepeny nálepky sestavy dle montážní instrukce</i>	
4	All grounding cables are correctly mounted acc. assembly manual. <i>Všechny zemnicí kabely jsou namontovány správně dle montážní návody.</i>	
5	Assembly properly packed and anchored for transport. <i>Sestava dostatečně zabalena a ukotvena.</i>	
Responsible person / Odpovědná osoba Date and signature / Datum a podpis		
POST 3		
Item Položka	Description / Popis	Check
1	Visual check - parts without damage, scratches, dirt. <i>Vizuální kontrola - díly nemají žádná poškození, nečistoty v laku, nejsou špinavé.</i>	
2	Assembly mounted acc. Manual. <i>Sestava smontovaná podle manuálu.</i>	
3	Assembly lables applied acc. assembly instruction <i>Nalepeny nálepky sestavy dle montážní instrukce</i>	
4	All grounding cables are correctly mounted acc. assembly manual. <i>Všechny zemnicí kabely jsou namontovány správně dle montážní návody.</i>	
5	Assembly properly packed and anchored for transport. <i>Sestava dostatečně zabalena a ukotvena.</i>	
Responsible person / Odpovědná osoba Date and signature / Datum a podpis		

PŘÍLOHA P V: CHECKLIST 4/6 – VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ

POST 4		
Item Položka	Description / Popis	Check
1	Visual check - parts without damage, scratches, dirt. <i>Vizuální kontrola - díly nemají žádná poškození, nečistoty v laku, nejsou špinavé.</i>	
2	Assembly mounted acc. Manual. <i>Sestava smontovaná podle manuálu.</i>	
3	Assembly lables applied acc. assembly instruction <i>Nalepeny nálepky sestavy dle montážní instrukce</i>	
4	All grounding cables are correctly mounted acc. assembly manual. <i>Všechny zemnicí kabely jsou namontovány správně dle montážní návody.</i>	
5	Assembly properly packed and anchored for transport. <i>Sestava dostatečně zabalena a ukotvena.</i>	
Responsible person / Odpovědná osoba Date and signature / Datum a podpis		
POST 5		
Item Položka	Description / Popis	Check
1	Visual check - parts without damage, scratches, dirt. <i>Vizuální kontrola - díly nemají žádná poškození, nečistoty v laku, nejsou špinavé.</i>	
2	Assembly mounted acc. Manual. <i>Sestava smontovaná podle manuálu.</i>	
3	Assembly lables applied acc. assembly instruction <i>Nalepeny nálepky sestavy dle montážní instrukce</i>	
4	All grounding cables are correctly mounted acc. assembly manual. <i>Všechny zemnicí kabely jsou namontovány správně dle montážní návody.</i>	
5	Assembly properly packed and anchored for transport. <i>Sestava dostatečně zabalena a ukotvena.</i>	
Responsible person / Odpovědná osoba Date and signature / Datum a podpis		
POST 6		
Item Položka	Description / Popis	Check
1	Visual check - parts without damage, scratches, dirt. <i>Vizuální kontrola - díly nemají žádná poškození, nečistoty v laku, nejsou špinavé.</i>	
2	Assembly mounted acc. Manual. <i>Sestava smontovaná podle manuálu.</i>	
3	Assembly lables applied acc. assembly instruction <i>Nalepeny nálepky sestavy dle montážní instrukce</i>	
4	All grounding cables are correctly mounted acc. assembly manual. <i>Všechny zemnicí kabely jsou namontovány správně dle montážní návody.</i>	
5	Assembly properly packed and anchored for transport. <i>Sestava dostatečně zabalena a ukotvena.</i>	
Responsible person / Odpovědná osoba Date and signature / Datum a podpis		

PŘÍLOHA P VI: CHECKLIST 5/6 – VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ

Packaging			
Big box			
Item Položka	Description / Popis	Qty	Check
1	Blue cover RIGHT	2	
2	Blue cover MIDDLE	2	
3	Blue cover LEFT	2	
4	EC	1	
5	Blue cover structure TOP	2	
6	Blue cover structure BOTTOM	2	
7	Corner shielding TOP LEFT	2	
8	Corner shielding TOP RIGHT	2	
9	Corner shielding BOTTOM RIGHT	2	
10	Corner shielding BOTTOM LEFT	2	
11	Shielding 1	2	
12	Shielding 2	2	
13	Shielding 3	7	
14	Shielding 4	8	
15	Shielding 5	1	
16	Side profiles	8	
17	Krabice - Installation kit	1	
18	Krabice - Anchors	1	
19	Krabice - Consumables	1	
20	Krabice - Cables	1	
21	Krabice - Spare part kit	1	
22	Krabice - Cameras 1-3	1	
23	Krabice - Light spare part	1	
24	Uvnitř bedny - Assembly manual for deployment (Installation guide, Device guide)	1+1	
25	Na bedně - Unpacking guide	1	
Responsible person / Odpovědná osoba			
Date and signature / Datum a podpis			

PŘÍLOHA P VII: CHECKLIST 6/6 – VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ

Small box			
Item Položka	Description / Popis	Qty	Check
1	Post 1	1	
2	Post 2	1	
3	Post 3	1	
4	Post 4	1	
5	Post 5	1	
6	Post 6	1	
7	Lights profile	2	
8	Cameras profile	1	
9	Barcode reader and PE sensor profile	1	
10	Krabice - Barcode reader and PE sensor	1	
		Responsible person / Odpovědná osoba	
		Date and signature / Datum a podpis	
Documentation			
Item Položka	Description / Popis	Check	
1	Photos taken of the finished assembly <i>Pořízeny fotografie hotové montáže před odesláním.</i>		
2	Recorded serial numbers of spare parts. <i>Zaznamenána seriová čísla náhradních dílů.</i>		
3	Recorded serial numbers of electrical components <i>Zaznamenána seriová čísla elektrických komponenty.</i>		
		Responsible person / Odpovědná osoba	
		Date and signature / Datum a podpis	
Remarks / Poznámky			
remark / pozn. 1			
All signed hereby declare that all of the above items from this checklist have been filled in truthfully and that all work has been done			
		Responsible for final inspection and release / Odpovědná osoba za finální kontrolu a uvolnění	
		Date and signature / Datum a podpis	