

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 – Strojní inženýrství
Studijní specializace: Průmyslové inženýrství a management

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zlepšení procesu na výrobní lince

Autor: Vojtěch NOVÝ
Vedoucí práce: Ing. Matěj Krňoul

Akademický rok 2023/2024

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Vojtěch NOVÝ**
Osobní číslo: **S21B0419P**
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**
Specializace: **Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Zlepšení procesu na výrobní lince**
Zadávající katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

- Měření práce a mapování procesů
- Metody průmyslového inženýrství
- Analýza současného stavu
- Identifikace problémů a návrh zlepšujících opatření
- Zhodnocení a závěr

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40**
Rozsah grafických prací: **–**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. NOVÁK, Josef a ŠLAMPOVÁ, Pavlína, Racionalizace výroby, VŠB Ostrava, 2007.
2. JUROVÁ, Marie. a kol. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada, 2016. ISBN 9788027193301.
3. VÁCLAV, Landa. Základy normování práce: Praktická příručka pro začínající normovače, technology a začínající mistry výroby. Louny: Rytmus-Václav Landa, 2019. ISBN 978-80-270-5483-1.
4. NICHOLAS, John. Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices. 2nd Edition. Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press, 2018. ISBN 978-1-4987-8088-9.
5. BUREŠ, M. Tvorba a optimalizace pracoviště. 1. vyd. Plzeň: SmartMotion s.r.o., 2013, ISBN: 978-80-87539-32-3.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Matěj Krňoul**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Ondřej Pytlík**
Daikin industries Czech Republic s.r.o.

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2024**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Matěji Krňoulovi za poskytnutí cenných rad a ochotnou pomoc během zpracování bakalářské práce. Dále děkuji panu Ing. Ondřeji Pytlíkovi za možnost zpracování bakalářské práce v podniku Daikin Industries Czech Republic s.r.o. a poskytnutí potřebných informací během společných konzultací, které mi byly velice přínosné.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Nový	Jméno Vojtěch	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715A270013 Strojní inženýrství		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Krňoul	Jméno Matěj	
PRACOVISŤE	ZČU – FST – KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Zlepšení procesu na výrobní lince		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2024
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	70	TEXTOVÁ ČÁST	62	GRAFICKÁ ČÁST	8
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce navrhuje optimalizaci zkoumaného pracoviště, která povede ke zlepšení pracoviště a prováděného výrobního procesu v průmyslovém podniku Daikin Industries Czech Republic s.r.o. Teoretická část práce je zaměřena na objasnění pojmů jako je normování procesů, procesní mapování a metody průmyslového inženýrství. Praktická část práce se věnuje podrobné analýze pracoviště a výrobního procesu s cílem odhalení zbytečného plýtvání a nedostatků, na které jsou v závěrečné části práce zpracovány zlepšující návrhy.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	normování, měření práce, proces, zlepšování, mapování procesů, optimalizace

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Nový	Name Vojtěch	
STUDY PROGRAMME	B0715A270013 Mechanical Engineering		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Krňoul	Name Matěj	
INSTITUTION	ZČU – FST – KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Process improvement on the production line		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2024
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	70	TEXT PART	62	GRAPHICAL PART	8
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The present thesis proposes optimization of the researched workplace, which will lead to the improvement of the workplace itself and the production process carried out in the industrial company Daikin Industries Czech Republic s.r.o. The theoretical part of the work is focused on clarifying concepts such as process standardization, process mapping and industrial engineering methods. The practical part of the work is devoted to a detailed analysis of the workplace and the production process with the aim of revealing unnecessary waste and shortcomings, for which improvement proposals are elaborated in the final part of the thesis.
KEY WORDS	standardization, work measurement, processes, improvement, process mapping, optimization

Obsah

Úvod.....	12
1 Mapování procesů a měření práce.....	13
1.1 Proces.....	13
1.1.1 Typy procesů.....	13
1.1.2 Analýza podnikových procesů	14
1.1.3 Normování podnikových procesů	17
1.2 Pracovní normy.....	18
1.2.1 Norma spotřeby směnového času.....	18
1.2.2 Čas normovatelný T_N	19
1.2.3 Čas nenormovatelný (ztrátový) T_Z	20
1.3 Měření práce	20
1.3.1 Měření skutečné spotřeby času	21
1.3.2 Zjištění normativní spotřeby času	22
1.3.3 MOST.....	23
1.3.4 MTM	25
2 Metody průmyslového inženýrství.....	26
3 Analýza současného stavu.....	30
3.1 Představení společnosti Daikin.....	30
3.2 Výstupní analýza výrobního procesu	31
3.2.1 Analýza a vyhodnocení výchozího stavu pracoviště.....	31
3.2.2 Popis vykonávaného procesu	39
4 Identifikace problémů a návrh zlepšujících opatření	44
4.1 Problémy a nedostatky.....	44
4.2 Návrhy zlepšujících opatření	51
5 Zhodnocení.....	57
Závěr.....	59
Seznam použitých zdrojů	59
Seznam příloh.....	62

Přehled použitých zkratk a symbolů

KPV	Katedra průmyslového inženýrství a managementu
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni
MOST	Maynard Operation Sequence Technique
MTM	Methods Time Measurement
EPC	Event-driven Process Chain
VSM	Value Stream Mapping
BPMN	Business Process Model and Notation
ARIS	Architecture of Integrated Information Systems
JIT	Just In Time
JIS	Just In Sequence
TOC	Theory of Constraints
TPM	Total Productive Maintenance
DICz	Daikin Industries Czech Republic s.r.o.
NG	Not Good
HV	High – Voltage
AGV	Automated Guided Vehicle

Seznam obrázků

Obr. 1: Diagram příčin a následků [6].....	14
Obr. 2: Špagetový diagram [7].....	15
Obr. 3: Model procesu pomocí metody ARIS [zdroj autor]	16
Obr. 4: Druhy plýtvání v průmyslových podnicích [12].....	17
Obr. 5: Skladba pracovních norem [10]	18
Obr. 6: Členění směnového času [10]	19
Obr. 7: Snímek operace [zdroj autor].....	21
Obr. 8: Snímek pracovní dne [14].....	21
Obr. 9: Příklad Poka – Yoke [27].....	29
Obr. 10: DICz v Plzni [29].....	30
Obr. 11: Jednotka s demontovaným vodním okruhem	31
Obr. 12: Layout řešeného pracoviště.....	32
Obr. 13: Pohled na pracoviště z prostoru mezi linkami	33
Obr. 14: Klec s hydrokity	34
Obr. 15: Dodávané oplechování na druhou část pracoviště	35
Obr. 16: Jednotka s dočasným horním plechem	36
Obr. 17: Převozní vozík s jednotkou.....	37
Obr. 18: Pracoviště prvního operátora	38
Obr. 19: Pracoviště druhého operátora.....	39
Obr. 20: Manipulátor pro přesun hydrokitu na vozík.....	40
Obr. 21: Pohyby pracovníků během montáže	43
Obr. 22: Ovládání manipulátoru.....	44
Obr. 23: Připravená klec s náhradními hydrokity	47
Obr. 24: Nadbytečná operace zavážení náhradních dílů	48
Obr. 25: Nevhodně odložené nářadí.....	49
Obr. 26: Způsob provedení operací druhé části pracoviště.....	50
Obr. 27: Standardizovaná lokace umístění horního oplechování.....	51
Obr. 28: Navrhované dodržení standardizace	52
Obr. 29: Nové umístění šroubováku	53
Obr. 30: Poloha operátora při montáži potrubí	54
Obr. 31: Poloha operátora při montáži horního plechu	55

Seznam tabulek

Tab. 1: Značení pohybů pomocí metody MOST [18]	24
Tab. 2: Značení pohybů pomocí metody MTM [14]	25
Tab. 3: Základní informace o společnosti Daikin v Plzni [28]	30
Tab. 4: Porovnání činností s vysokou diferencí časů	45
Tab. 5: Určení taktu pro jednoho operátora	55
Tab. 6: Přehled navržených opatření	57

Seznam grafů

Graf 1: Zastoupení jednotlivých operací procesu	42
Graf 2: Souhrn pracovního dne operátorů pracoviště	49
Graf 3: Předpokládaný průběh směny při zavedení jednoho operátora	56

Úvod

Dnešní moderní doba 21. století je spjata s neustálým posunem technologické vyspělosti napříč všemi možnými odvětvími. Jedním z těchto odvětví je také průmyslové inženýrství a způsob procesního řízení podnikových procesů. Již několik desítek let je neustálá snaha podnikové procesy kontinuálně zlepšovat k odstranění zbytečného plýtvání, které nevytváří potřebné zisky. Proces neustálého zlepšování je dnes ve většině průmyslových podnicích plně zaveden a postupně se zavádí i do těch nejmenších. Jedním z takovýchto příkladů může být například moderní téma ohledně plné automatizace výrobních linek, které jsou již dostupné v mnoha průmyslových gigantech. Díky této filozofii, na které moderní průmysl vznikl, je dosaženo efektivního chodu celého výrobního podniku pomocí aplikace vhodných metod pro zamezení plýtvání a zefektivnění jednotlivých výrobních procesů napříč celou průmyslovou organizací.

Hlavním cílem bakalářské práce je zamezení plýtvání, které potenciálně vzniká na určeném pracovišti ve výrobním podniku, které si tato studie klade za cíl odhalit a eliminovat pomocí metod průmyslového inženýrství a postupů pro měření práce. Na analyzovaném pracovišti je vykonáván výrobní proces jiným taktem oproti zbylé části linky, což vede ke vzniku pracoviště, které je klíčové pro zajištění efektivního a plynulého chodu. Pro podnik je potřebné racionalizovat tento výrobní proces s cílem co nejvíce zamezit vzniku nepotřebných operací a plýtvání, které by mohlo na pracovišti vznikat a způsobovat zbytečnou alokaci nákladů a zdrojů vynaložených na vykonání analyzovaného procesu.

První dvě kapitoly teoretické části práce jsou zaměřeny na objasnění teorie spojené se zlepšováním podnikových procesů, která je potřebná k pochopení řešené problematiky. V první kapitole je podrobněji rozebráno téma normování procesů, co je to samotný proces a jaké metody se k určení normativních časů využívají v praxi. Druhá kapitola představuje vybrané metody průmyslového inženýrství, které se využívají k zefektivnění výrobních i nevýrobních procesů v podnicích. Určité metody nastíněné v druhé kapitole jsou následně využity v praktické části práce, jež se zabývá zlepšením výrobního procesu ve vybraném průmyslovém podniku.

V první kapitole praktické části práce je nejprve představena vybraná společnost, pro který je výrobní proces racionalizován. Následně je podrobně popsáno fungování výrobního procesu a veškeré činnosti a pracovníci s procesem spojené. V této části práce jsou klíčové podkapitoly věnující se pracovní náplni operátorů na řešeném pracovišti, neboť právě z podrobné analýzy v této kapitole je následně čerpáno v následující, jež se věnuje celkovému zlepšení procesu. V této kapitole jsou popsány analyzované problémy a nedostatky, na které je následně navázáno vhodnými implementacemi vedoucí k racionalizaci analyzovaného pracoviště. Závěrečnou kapitolou práce je zhodnocení provedené racionalizace výrobního procesu a přínosů, kterých bylo provedením podrobné analýzy dosaženo.

1 Mapování procesů a měření práce

Výrobní procesy jsou důležitým aspektem každého průmyslového podniku. Nezávisle na velikosti produkce a odvětví, ve kterém podnik působí, je schopnost efektivně produkovat a dodávat výrobky úspěchem celého průmyslu. Pro průmyslové podniky je tedy klíčové optimalizovat a zkracovat dobu trvání výrobních procesů pomocí metodik normování práce. K pochopení a následné optimalizaci jednotlivých výrobních procesů je nejčastěji průmyslovými podniky využito takzvaného procesního mapování a modelování. To vede ke snadnějšímu pochopení jednotlivých dílčích procesů, které společnou kombinací dávají za vznik komplikovaným celkům hlavních procesů vyskytujících se v průmyslových podnicích. Pochopení těchto jednotlivých dílčích procesů je mandatorní k určení jejich vzájemných závislostí a příslušných rolí vytyčených pracovníků pro daný analyzovaný výrobní proces. [1] [2]

1.1 Proces

Definice podnikového procesu existuje mnoho, ale zjednodušeně se dá proces definovat jako souhrn činností, které transformují vstupy na výstupy. Zjednodušeně tedy množina různých činností neboli výrobních operací, které přinášejí přidanou hodnotu. Zároveň za každý proces je zodpovědná osoba, která nemusí proces nutně vykonávat, ale je zodpovědná za vstupy z daného procesu. Při zakládání nového procesu do výrobního podniku je nutné mít přesně nedefinované vstupy do tohoto procesu jako jsou stoje, potřebné dokumenty a úlohy přiřazených pracovníků. [3]

1.1.1 Typy procesů

Každý proces se dá přiřadit do určité kategorie podle toho, jaký je jeho význam a funkčnost v průmyslovém podniku. Podnikové procesy představují základní stavební kámen každé podnikové organizace, proto je pro podniky klíčové zajistit bezproblémové a provázané fungování všech procesů uvnitř organizace. Jednotlivé podnikové procesy se řadí do třech různých kategorií, které budou podrobněji popsány v následujícím odstavci.

Hlavní podnikové procesy jsou pro firmu klíčové, jelikož přinášejí zisk a vedou přímo k plnění cílů daného podniku. tyto procesy lze také definovat jako hlavní důvod fungování podniku, jelikož se jedná o procesy generující přidanou hodnotu. Tím uskutečňují požadovaný výstup pro cílového zákazníka, který je za produkty vytvářené podnikem ochotný zaplatit. Právě tyto procesy se mapují jako první, protože jsou pro podnik nejdůležitější ať už z pohledu zisků nebo hodnoty pro zákazníka. [2]

Řídící podnikové procesy neboli manažerské procesy na rozdíl od hlavních nepřinášejí firmě zisk, ale zajišťují správný chod podniku a udržují řídicí systém. Hlavním cílem fungování řídicích procesů je vytváření a zajištění vhodných podmínek pro správné fungování procesů v organizaci právě tím, že obstarávají správné řízení a fungování. Tyto procesy mohou tedy rozhodovat ohledně klíčových prvků a vlastností jednotlivých procesů, které by zajistili správný a bezchybný chod. V praxi se jedná např. o marketing společnosti, vedení podniku a strategické plánování. [2]

Podpůrné procesy stejně jako řídicí procesy nepřinášejí přidanou hodnotu, a tak negenerují zisk. Nicméně hlavní procesy by bez podpůrných procesů nemohly být vykonávány, jelikož právě tyto procesy zajišťují bezproblémové fungování a vykonávání hlavních procesů prostřednictvím dodávání potřebných materiálů nebo služeb. Podpůrné procesy jsou tedy stejně jako hlavní a řídicí procesy klíčové pro podnikové organizace a podporují provázanost a fungování všech procesů napříč celým podnikem. [2]

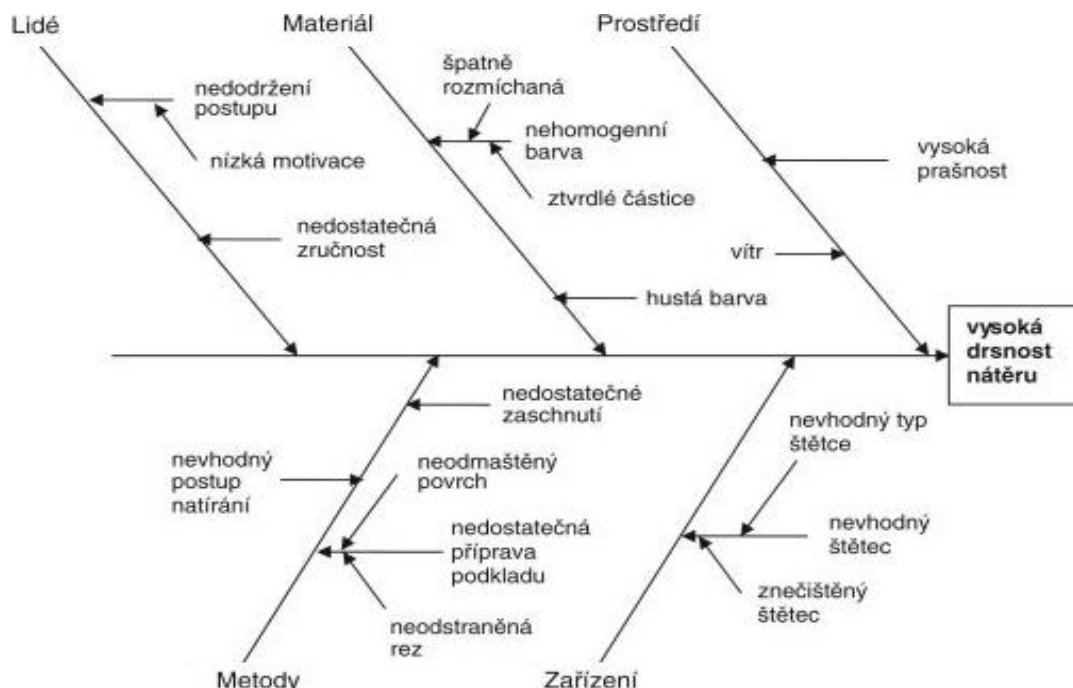
1.1.2 Analýza podnikových procesů

Klíčovým předpokladem pro správné procesní řízení podniku je podrobná analýza podnikových procesů odehrávající se právě v tomto podniku. Tím je umožněno podnikům svoje procesy následně optimalizovat a podrobněji zkoumat k zamezení zbytečného plýtvání, snížení nákladů a zvýšení konkurenceschopnosti. K procesní analýze je podniky využíváno nejčastěji tzv. procesního mapování. To umožňuje podnikovým organizacím lépe pochopit zavedené procesy a funguje jako nástroj k jejich zlepšování. Je využíváno tzv. procesních map, které graficky zachycují jednotlivé činnosti a vztahy souvislé s výrobním procesem. Procesní mapování umožňuje nicméně podrobnější analýzu procesů, kterou je procesní modelování využívané podniky k podrobnému prozkoumání zavedených procesů. Pokud je proces správně zmapován se všemi závislostmi, objekty, vstupy a výstupy s ním souvislé, je možné tento proces podrobněji nasimulovat například se změnou vstupních údajů nebo vynechání pracovníků. Modelování procesů je činnost procesního řízení, která umožňuje podnikům zkoumat své procesy podrobněji, než je tomu u procesního mapování. [2] [3] [4]

V následující podkapitolách jsou zmíněné některé metody procesního mapování a modelování, které jsou hojně využívány průmyslovými podniky k analyzování procesů.

A. Metody mapování procesů

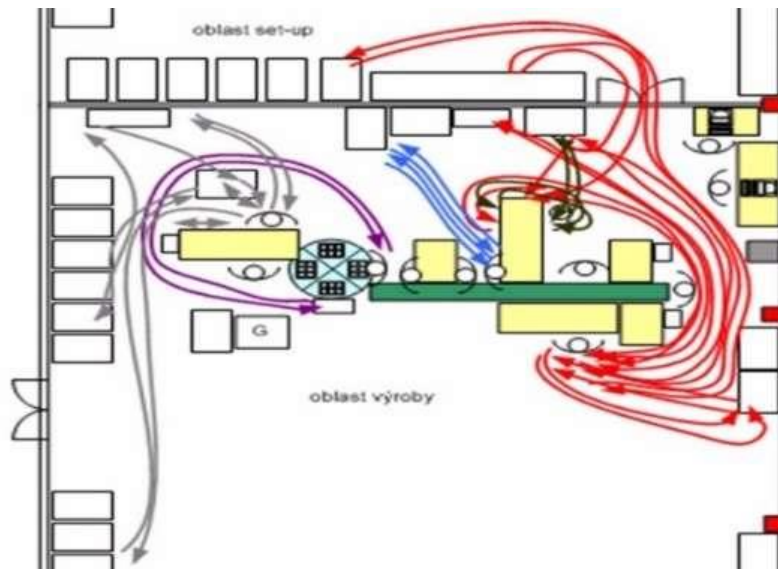
Diagram příčin a následků jinak také diagram rybí kosti nebo Ishikawa diagram je využíván k analyzování příčin, které by mohly způsobovat určitý problém v podnikovém procesu. Je nazýván jako rybí kost díky svému vizuálu, kdy řešený problém je na pozici rybí lebky a k tomuto problému jsou připojeny příčiny (viz Obr. 1). Ty představují možné potenciály vzniku problému, kdy se jedná například o chyby v procesu, technické problémy a lidské chyby. Výsledkem Ishikawa diagramu je nalezení reálné příčiny, kdy každá navržená příčina je analyzována a prozkoumána jako možný spouštěč problému. [5]



Obr. 1: Diagram příčin a následků [6]

Špagetový diagram je využíván jako typ procesního mapování k vizualizaci pohybu pracovníka při konání pracovního procesu. Do layoutu pracoviště je tedy zakreslena dráha pomocí šipek nebo čar, kterou pracovník ujde během plnění svých pracovních povinností (viz Obr. 2). Tento nástroj je využíván podniky k pochopení procesů napříč celým podnikem a

k analyzování plýtvání, jelikož po zakreslení všech pohybů do diagramu je možné odhalit kolik zbytečných cest je pracovníkem vykonáno během plnění pracovních povinností. Čím je tedy ukonaná dráha pohybu delší, nebo se překřížuje s již zaznamenanou dráhou, tím je velikost plýtvání značnější a je nutné tyto situace identifikovat a eliminovat pro efektivnější fungování procesů. [2] [7]



Obr. 2: Špagetový diagram [7]

Mapování toku hodnot zkráceně VSM označuje nástroj využívaný v procesním mapování, kdy jako ostatní metody je použit k identifikaci a zamezení plýtvání během podnikových procesů, což vede k celkovému zefektivnění výroby. Princip fungování je v rozboru celého procesu na jednotlivé operace, kdy každá z těchto aktivit je důkladně analyzována z pohledu toho, jestli přidává hodnotu pro zákazníka, nebo nikoliv. Metodou VSM vzniká výsledný diagram, který popisuje tok hodnot od počátku procesu až po jeho dokončení, který umožňuje podrobnější analýzu současného stavu procesu a poskytuje podklad k návrhu nového ideálního řešení. [8]

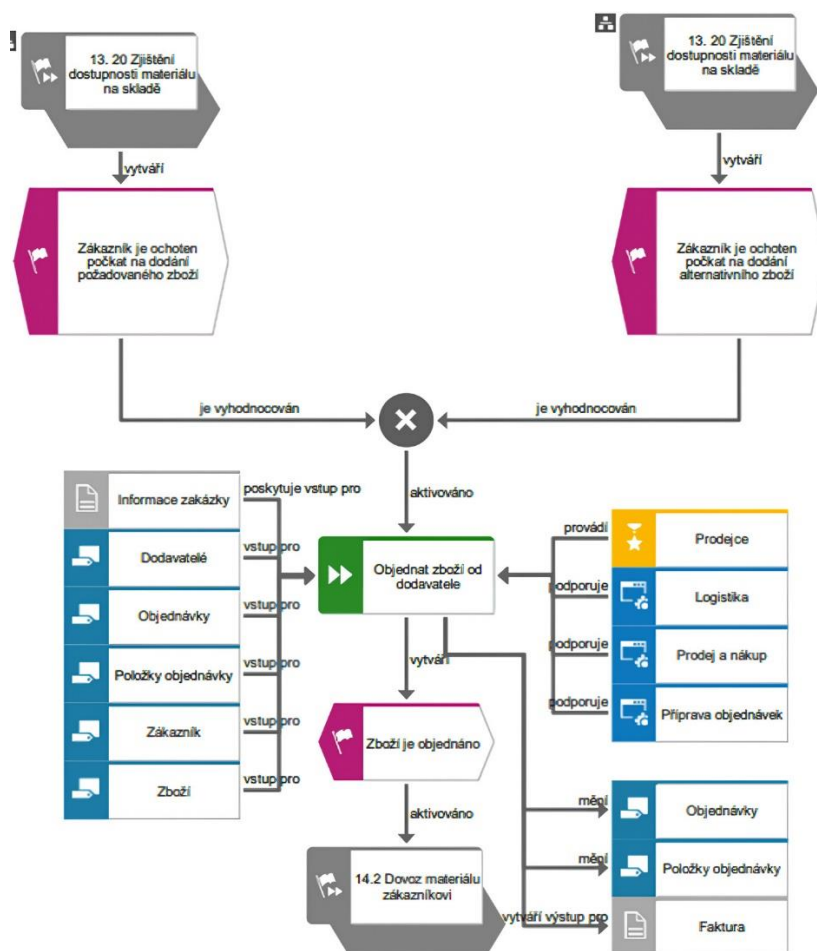
B. Metody modelování procesů

EPC představuje grafický nástroj užívaný pro vizualizaci a analyzování podnikových procesů. Metoda analyzuje proces na základě posloupnosti jednotlivých událostí, kde zkoumá závislost těchto událostí mezi sebou a zároveň jejich dopad na funkčnost procesu. Princip metody se opírá o tři základní prvky, které se spojují za účelem vytvoření sekvence aktivit a které vedou k dosažení požadovaného cíle daného procesu. Tyto tři základní prvky jsou definovány jako aktivity, události a logické spojky. Aktivity definují konkrétní činnost, která je v danou chvíli prováděna v rámci procesu. Události charakterizují situaci před nebo po dokončení aktivity a fungují také jako spojovací prvek mezi samotnými aktivitami. Propojení mezi aktivitami a událostmi je zajištěno právě pomocí logických spojek. [4]

BPMN je zkratkou pro grafickou notaci, která předepisuje postup modelování podnikových procesů. Za vznikem této metody stojí hlavní cíl eliminovat komunikační mezery při analyzování a návrhu procesu mezi jednotlivými odděleními uvnitř podnikové organizace. Vznikl tedy předpis s cílem definovat standard, který by byl lehce srozumitelný pro všechny pracovníky zapojující se do zlepšování podnikových procesů, jako jsou například vývojáři, analytici nebo samotní vlastníci těchto procesů. Principem BPMN je využití grafických diagramů zobrazujících procesy, které rozkládá a popisuje až na samotné činnosti a vztahy mezi nimi. [4]

ARIS je považována za jednu z hlavních metod, která vede k optimalizaci procesů napříč celým výrobním podnikem. Již od svého založení společností IDS Scheer se k této metodě váže softwarový nástroj, kterým jsou procesy analyzovány. Metodika ARIS nemá za úkol vytvořit přesný návod jakým způsobem transformovat procesy, nýbrž se zaměřuje na poskytování různorodých perspektiv umožňujících modelování scénářů, na základě zadaných informací jako jsou vstupy a výstupy. Výhodným aspektem ARIS softwaru je možnost podrobně analyzovat pouze ty části namodelovaného procesu, které jsou zrovna potřebné a zároveň zachovat vazby mezi jednotlivými částmi procesního modelu. Nicméně kromě samotného namodelování procesu (viz Obr. 3) se ARIS zaměřuje i na zpracování IT systémů, které podnik využívá k efektivnímu řízení. Metoda ARIS rozlišuje pět základní úhlů pohledu na podnik, které fungují samostatně nebo mohou být mezi sebou provázány, čímž vznikají podrobnější procesní modely, jež se využívají k důkladnější analýze celého výrobního podniku. Zmíněné základní pohledy typické pro metodiku ARIS jsou v následujícím odstavci podrobněji rozebrány. [3] [4] [9]

Organizační pohled popisuje strukturu podniku, role a vztahy mezi jednotlivými jednotkami. Řídící pohled definuje vztahy mezi jednotlivými základními pohledy organizace a je zaměřen na samotné podnikové procesy, které představují hlavní integrující prvek celého podniku. Následně datový pohled je zaměřen na celkové informace v dané organizaci. Představuje všechny datové prvky, atributy a vztahy mezi nimi. Funkční pohled je zaměřen na jednotlivé funkce systému a vzájemné vazby mezi těmito funkcemi, který je využíván jako nástroj k lepšímu porozumění průběhu procesů. Výkonový pohled, který je popisován jako základ celého podniku, je využíván k neustálému zlepšování procesů a poskytuje zpětnou vazbu. [9]



Obr. 3: Model procesu pomocí metody ARIS [zdroj autor]

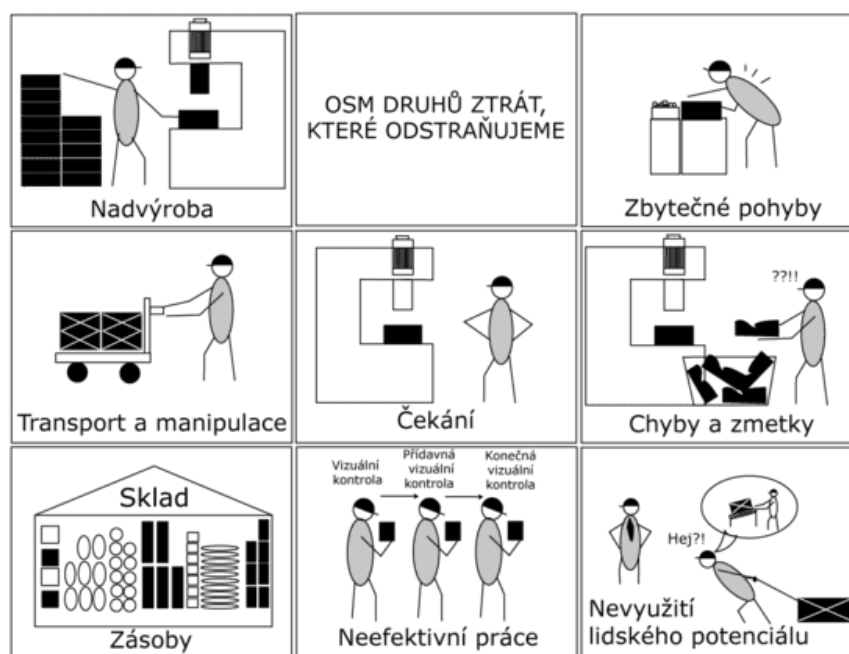
1.1.3 Normování podnikových procesů

Představuje komplexní činnost, která je nedílnou součástí v oblasti výrobních procesů. Pojem norma předepisuje určitý závazný předpis, míru nebo i vlastnost, které se musí dodržovat a jsou předepsány. Normování práce vyjadřuje rozbor pracovních procesů, které jsou dále porovnávány s ideálním stavem a měly by být dodržovány podle tohoto stavu. [10]

Normování práce je zásadní pro dosažení kvality a efektivnosti vykonávaných pracovních procesů v podniku. Optimalizovat pracovní procesy a zkracovat doby trvání jednotlivých operací je pro podniky klíčové ke zvýšení produktivity a snížení nákladů vynaložených na výrobu. Hlavním cílem normování procesů je určení ideální doby trvání, což pomáhá zamezit plýtvání jako jsou prostoje nebo zbytečné operace během procesu. Za plýtvání se dá označit, jakkoliv uskutečněná pracovní aktivita, na kterou je podnik nutný vynaložit své finanční prostředky, ale tato činnost nevytváří žádnou přidanou hodnotu produktu nebo služeb. [11]

Pomocí normování je podniky dosahováno efektivního fungování vlastních výrobních procesů, jelikož umožňuje jednotlivé pracovní procesy podrobně analyzovat a tím identifikovat a následně zamezit nežádoucí plýtvání nebo potenciální místa vzniku plýtvání. Normování je využíváno tedy nejen k navrhování optimálních norem a standardů, ale rovněž odhaluje zbytečné činnosti vznikající v pracovním prostředí. V průmyslových podnicích se rozlišuje nejčastěji 8 druhů plýtvání (viz Obr. 4), které je ve snaze podniku neustále identifikovat a eliminovat. Některé nejčastější příklady plýtvání jsou uvedeny v textu níže. [10] [12]

- Nadprodukce – časté dodávky, velký objem výroby
- Čekání – na materiál, v úzkých místech, prostoje
- Zbytečné pohyby – ohýbání, podávání, přenášení
- Zásoby – hromadění zásob ve skladu, nadbytečné výrobní dávky
- Zbytečná manipulace a transport – složitá přeprava
- Chyby a zmetky
- Nadbytečné zpracování – vícepráce
- Nevyužití myšlenek



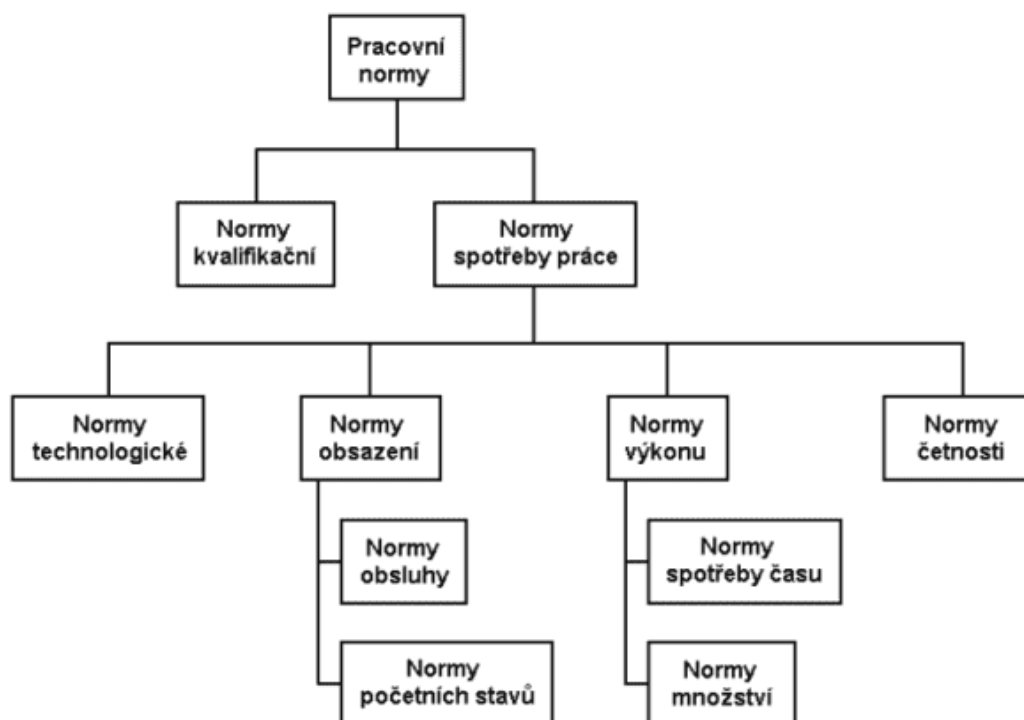
Obr. 4: Druhy plýtvání v průmyslových podnicích [12]

1.2 Pracovní normy

Pracovní norma obsahuje souhrn všech informací potřebných ke správné funkčnosti pracovního procesu. Informuje tedy jakým způsobem se má daný proces vykonávat, jaká kvalifikace pracovníka je k tomu zapotřebí a udává množství času potřebné k vykonání daného procesu. Považuje se tedy za klíčový dokument, který je pro pracovní proces řídicí a musí se dodržovat k zajištění potřebné kvality a efektivity. Při tvorbě norem je právě nejdůležitějším kritériem charakter samotného procesu a požadovaná kvalita výstupu. [7]

Obsah pracovních norem se dělí na dva základní druhy podle aplikace, a to na pracovníka nebo daný proces (viz Obr. 5). Kvalifikační normy udávají potřebná školení pro pracovníky vykonávající podnikový proces a je nutné tyto kvalifikace podniky dodržovat. Normy spotřeby práce předepisují určitou presumpci práce vynaloženou na pracovní proces a dělí se dále:

- **Normy obsazení** – vyjadřují počet pracovníků pro obsluhu stroje
- **Normy četnosti** – udává počet výskytů části operace při výrobě jednotky produkce pro kterou je určen normativ času
- **Normy technologické** – stanovuje ideální podmínky pro výrobu
- **Normy výkonu** – předepisují potřebný čas a spotřebu materiálu ke zhotovení pracovního výkonu

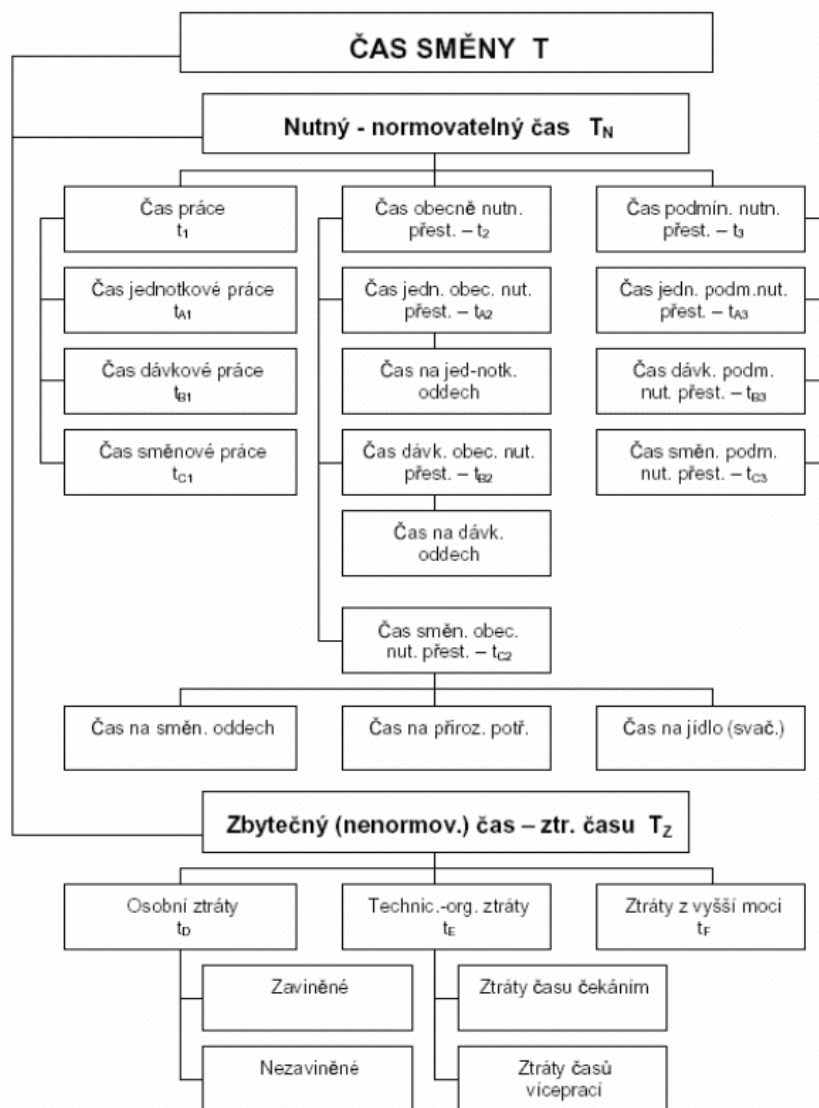


Obr. 5: Skladba pracovních norem [10]

Následující podkapitoly definující směnový čas a jeho rozdělení byly popsány podle uvedeného zdroje. [10]

1.2.1 Norma spotřeby směnového času

Udává ideální hodnoty času, které jsou předem stanoveny na daný pracovní úkon a měly by být dodržovány pracovníkem pro efektivní a plynulý chod výroby. Obecně se směnový čas dělí na dva druhy, a to čas normovatelný a nenormovatelný (viz Obr. 6), které jsou podrobněji popsány v následující podkapitole.



Obr. 6: Členění směnového času [10]

1.2.2 Čas normovatelný T_N

Představuje celkový součet časů všech dějů, které proběhnou během jedné směny. Normovatelný čas získáme součtem tří časů, a to času práce, obecně nutných přestávek a podmínečně nutných přestávek.

Čas práce t_1 je definován jako čas pracovníka, kdy koná účelnou práci přidávající hodnotu v průběhu směny.

Čas obecně nutných přestávek t_2 je stanoven všem pracovníkům předpisy a zákonem. Do tohoto druhu přestávek se řadí například přestávka na oddech, pokud pracovník vykonává fyzicky namáhavou práci, nebo také přestávka na přirozené potřeby.

Čas podmínečně nutných přestávek t_3 je doba, kdy se pracovník nachází na jemu určeném pracovišti, ale nemá přímý úkol k plnění. Tento druh přestávek, kdy pracovník nekoná žádnou činnost může nastat z různých technologických důvodů a organizace práce, jako je například čekání na automatický chod stroje, nebo čekání na dokončení pracovního procesu předcházejícího pracoviště.

U normovatelného času je nutné dále rozlišovat, na jakou jednotku pracovní činnosti se vztahuje. V praxi se rozlišují tři takové časy, a to čas jednotkový, dávkový a směnový. Jednotkový čas práce určuje potřebný čas pro vykonání daných operací během výroby výrobní jednice. Dávkový čas určuje nutný čas pro provedení všech úkonů při přípravě a ukončení operací na výrobní dávce. Čas směnový je definovaný jako doba, kterou pracovník stráví přípravou a údržbou pracoviště na začátku a na konci směny.

1.2.3 Čas nenormovatelný (ztrátový) T_z

Ztrátový čas je definován jako doba, která nelze stanovit předem pro pracovní směnu. Tento čas není součástí standardního pracovního procesu a nemůže být tedy přesně nanormován. Taková ztrátová doba nastane v praxi z mnoha faktorů, jako jsou technické závady strojů nebo nevhodně zavedená logistika.

Osobní ztráty t_o je druh ztrát zaviněný pracovníkem během pracovní směny. Za tyto ztráty je zodpovědný samotný pracovník např. z důvodu své nedbalosti. Do osobních ztrát se řadí oprava zmetků, nečinnost nebo nepozornost pracovníka.

Technicko-organizační ztráty t_e označují ztráty zapříčiněné špatnou technikou podniku nebo nevhodnou organizací práce. Do tohoto druhu ztrát se řadí ztráty způsobené víceprací nebo ztráty způsobené čekáním na předchozí pracoviště.

Ztráty zapříčiněné vyšší mocí t_f jsou ztráty, které byly nečekaně způsobeny zásahem jiné vyšší síly a nemohly být předpokládány. Jedná se například o výpadek elektřiny během bouřky, záplavy nebo požár.

1.3 Měření práce

Pojem měření práce označuje nezbytný nástroj pro efektivní řízení výroby a podnikových procesů v každé průmyslové organizaci. Cílem měření práce je zaznamenávání a hodnocení průmyslových procesů, které podrobněji analyzuje a vyhodnocuje až na samotné operace, z kterých je zkoumaný proces složen. Podrobnou analýzou jsou následně získávána kvantitativní data, která určují časovou náročnost a materiálovou potřebu podnikových procesů. Jednotlivé pracovní operace určené podrobným rozkladem procesu jsou pomocí metod měření práce zkoumány a následně optimalizovány pro dosažení maximální efektivity celého podnikového procesu. Měření práce je tedy pro podniky nezbytná činnost, která pomocí důkladné analýzy vede k odhalení plýtvání v pracovním prostředí jako jsou neefektivní pracovní postupy a neoptimální přiřazení materiálových zdrojů. [13] [14]

Výsledkem měření práce vznikají standardy a předpisy pro stanovené pracovní úkony, které jsou dále oporou pro určení efektivity pracovního postupu při porovnávání právě se stanoveným standardem, který dané operaci nebo úkonu odpovídá. Pomocí porovnávání s tímto standardem jsou následně identifikovány oblasti pracovního procesu, které je nutné optimalizovat pro zlepšení efektivity a zamezení zbytečných úkonů. [13] [14]

Obecně lze konstatovat, že měření práce označuje klíčový nástroj využívaný podnikovými organizacemi k dosažení lepší efektivity průmyslových procesů, jelikož poskytuje podrobný pohled na řešené výrobní procesy v různých fázích procesu. Výstupem podrobné analýzy jsou klíčové informace podnikových procesů, což je podniky využíváno k optimalizaci všech aspektů výroby a tím dosaženo lepší konkurenceschopnosti. [13] [14]

1.3.1 Měření skutečné spotřeby času

Pro efektivní normování podnikových procesů je nutno si nejprve daný proces analyzovat a následně naměřit pro zjištění spotřeby času ať už pomocí přímých metod, kterými se zabývá tato kapitola, nebo nepřímých jako jsou metody předem stanovených časů. Nejvhodnější metody pro pochopení a analyzování výrobního procesu jsou právě metody přímé, které určují skutečnou spotřebu času měřené práce a jsou popsány v následujících odstavcích. [10] [13] [15]

Snímek operace označuje záznam pracovního procesu, který je rozčleněn na jednotlivé operace a obsahuje podrobný záznam o postupu prováděného procesu (viz Obr. 7). Ve snímku operace jsou proto většinou definovány použité nástroje, materiály, trvání jednotlivých úkonů s jejich návazností. Tento dokument se tedy využívá ke standardizaci pracovních postupů pro jednotlivé procesy ve výrobním podniku. [10] [15]

Počet kusů	Popis úkonu	Časová náročnost			TEST	Demontáž dílů	Montáž dílů ⬇
		Lg %	h:min:sec	min	1	2	3
	Začátek měření		0:00:00		0:00:52	0:01:18	0:04:13
	Chůze pro jednotku	100	0:00:36	0,60	5		Přejezd mezi pracovišti
	Sundání mřížky	100	0:00:50	0,23	6		Chůze
	Povolení a sundání hadic	100	0:01:15	0,42	3		Montáž dílů ⬇
	Montáž plechu na svorkovnici (Frame plate) - 2x šroub hexa	100	0:01:29	0,23	3		Montáž dílů ⬇
	Příprava spodní plech + řemínek (Handle) - lokace 2x2	100	0:01:44	0,25	3		Montáž dílů ⬇
	Podsunutí spodního plechu (Bottom plate assy)	100	0:01:52	0,13	3		Montáž dílů ⬇
	Zvednutí jednotky - přesun na paletě R4	100	0:02:16	0,40	3		Montáž dílů ⬇
	Demontáž Dummy Top plate	100	0:02:43	0,45	2		Demontáž dílů
	Odložení Dummy Top plate	100	0:02:55	0,20	6		Chůze
	Upnutí hydrokitu na manipulátor + podstava	100	0:03:13	0,30	3		Montáž dílů ⬇
	Přesun hydrokitu na paletu R4 (prostor na paletě u jednotky)	100	0:03:38	0,42	3		Montáž dílů ⬇
	Demontáž záslepek	100	0:03:45	0,08	2		Demontáž dílů
	Namazání pipingu olejem	100	0:03:49	0,10	3		Montáž dílů ⬇
	Načtení/zápis dat	100	0:03:55	0,10	7		Načtení dat
	Načtení hydrokitu	100	0:04:00	0,08	7		Načtení dat
	Načtení/zápis dat	100	0:04:06	0,10	7		Načtení dat
	Povolení svorkovnice	100	0:04:13	0,12	3		Montáž dílů ⬇
	Zapojení kabelů do svorkovnice a dotažení	100	0:04:45	0,53	3		Montáž dílů ⬇

Obr. 7: Snímek operace [zdroj autor]

Snímek pracovního dne je obdobou snímku operace, nicméně snímek pracovního dne se vztahuje na samotného zaměstnance (viz Obr. 8). Definuje se jako podrobný záznam popisující aktivity, úkoly a přestávky pracovníka během pracovního dne, u kterých se uvádí i předpokládaná doba trvání. Snímek dne zaměstnance umožňuje podnikům organizovat práci a efektivně plánovat své činnosti pro maximální efektivnost během pracovní směny. [10] [15]

kat	Symbol	Činnost	Délka trvání
1	OS	Fixace dílů	0:17:32
2	B	Balení	0:18:06
3	H	Hledání	0:19:46
4	ČS	Čekání na ukončení aut. chodu stroj.	0:00:00
5	VV	Výměna výrobků, součástek	0:00:00
6	VN	Výměna nástrojů, přípravků	0:00:00
7	KM	Kontrola a měření	0:01:00
8	DO	Dokumentace - studium, zápis	0:57:33
9	PS	Přestavení stroje	0:00:00
10	UČ	Úklid, čištění	0:01:00
11	MA	Manipulace	0:43:28
12	MP	Mimo pracoviště	0:41:55
13	R	Rozhovor	0:44:04
14	ČNČ	Čekání (nečinnost)	0:59:36
15	PP	Přestávka pracovníka	0:21:00

Obr. 8: Snímek pracovního dne [14]

Časové studie je druh přímého měření práce pro získání přesných časových údajů analyzovaných pracovních procesů. Tato metoda zahrnuje použití stopek, časoměrné aplikace nebo elektronického systému, které sledují a zaznamenávají jednotlivé pracovní úkony. [10] [13]

Pohybové studie představují metodu, která se používá k podrobné analýze a kvantifikaci pracovních pohybů, které jsou prováděny během konkrétního pracovního procesu. Cílem pohybových studií je identifikovat neefektivní pohyby, zbytečné kroky a zlepšit ergonomii pracovního procesu. [10] [13]

1.3.2 Zjištění normativní spotřeby času

Určení časových norem vyžaduje použití metod, které odpovídají povaze pracovního procesu. To zahrnuje uvážení požadované kvality, hospodárnosti výpočtu a přesnosti požadovaných norem, které dále vytvářejí detailní a závazný technologické postupy. [16]

Metody stanovení norem spotřeby času se dělí na dva druhy, a to metody rozborové a sumární, které jsou podrobněji popsány v následujících podkapitolách níže.

A. Rozborové metody

Rozborové neboli analytické metody stanovení norem času rozkládají normovanou práci na jednotlivé dílčí operace, pro které se následně stanovuje čas těchto jednotlivých složek. Po zahrnutí času na obecně a podmíněčně nutné přestávky se spočte požadovaná norma času na daný pracovní proces. Do rozborových metod určení norem času se řadí 3 hlavní metody:

Metoda rozborově výpočtová funguje na rozboru daného procesu nebo operace na jednotlivé dílčí složky (úseky, úkony nebo pohyby) pro které následně stanovuje časovou normu pomocí výpočtu, který se opírá o předem stanovené normativy času. [10]

Normativy času reprezentují minimální množství času, které je ideální pro provedení jednotlivých částí úkonů v rámci standardizovaného pracovního procesu, jehož technika a podmínky jsou předem definovány. [16]

Výhodou rozborové metody je její aplikovatelnost napříč celou výrobou, nicméně podmínkou použití je nutnost předem stanovit normativy časů pro jednotlivé činnosti. Pokud jsou normativy vhodně sestaveny předem, umožňuje tato metoda stanovit normativní čas ve značně krátké době oproti ostatním metodám. Mezi hlavní zástupce metody se řadí způsoby určení časových norem pomocí metod předem stanovených časů jako MOST a MTM, které budou detailněji rozebrány v následující kapitole. [10]

Metoda rozborově chronometrážní spočívá podobně jako předchozí metoda v rozboru dané normované práce na jednotlivé dílčí operace, nicméně k určení normativů času používá kromě časových normativů také snímkování (chronometráž), neboli stanovení normativů pomocí stopek. Jedná se o jednu z nejpoužívanějších metod, jelikož její výhodou je podrobné zkoumání pracovního procesu oproti ostatním metodám. Jako jednu z nevýhod lze rozhodně zmínit zdlouhavé měřicí procesy a pracné zpracování údajů oproti ostatním metodám. [10]

Metoda rozborově porovnávací využívá podobností jednotlivých výrobků, které jsou podobné svými konstrukčními a technologickými prvky. Požadované časy pro jednotlivé operace jsou tedy určovány porovnáváním s časy pro výrobky jiných rozměrů, pro něž byla dříve stanovena norma rozborovou metodou. Tyto normativní časy pro jednotlivé opakující se operace jsou sdružovány do tzv. typových normativů, které se rozlišují podle pracovního postupu pro výrobky rozdílných tvarů. Tímto sdružováním stanovených normativních časů je možno urychlit výpočet normy pro nově požadované výrobky podobného tvaru. [10]

B. Sumární metody

Sumární metody stanovují normy času na základě určení času celkového, který je potřebný pro dokončení pracovního úkolu. Nerozkládají pracovní proces na jednotlivé úseky, ale stanovují přímo požadovanou normu času jako sumární hodnotu. Zmíněný postup má za následek nedostatečnou analýzu měřené práce k posouzení technických a hospodárných vlastností navrženého pracovního postupu normou. Hlavní využití sumárních metod je vhodné pro rychlé určení normy spotřeby času nebo u procesů, které nejsou pro podniky trvalé a vykonávají je pouze dočasně. Mezi nejpoužívanější sumární metody se řadí:

Metoda sumárně porovnávací podobně jako rozborově porovnávací metoda definovaná výše, zmíněná metoda porovnáva konstrukční a technologické podobnosti, nicméně oproti metodě rozborové se zde časová norma určuje jako celková hodnota. [5]

Metoda sumárně statistická určuje časovou normu na základě statisticky zaznamenaných pracovních procesů v minulosti. Používá se pro konstrukčně a technologicky obdobné výrobní procesy. [5]

Metoda sumárních empirických vzorců spočívá ve výpočtu normy času pomocí empirických vzorců. Zmíněné vzorce vyjadřují závislost jednotkového času na hlavním parametru výrobku, který nejvíce ovlivňuje čas zhotovení. Největší využití metody sumárních empirických vzorců je při kusové a malosériové výrobě. [5]

Příklad sumárních vzorců: $t_A = a * x^n$

t_A – norma jednotkového času

a – součinitel tvaru, složitosti nebo přesnosti

x – hlavní činitel trvání času

n – mocnitel

Metoda sumárního odhadu je považována za nejjednodušší možnost stanovení normy času pro pracovní proces. Metoda určuje normu času pomocí osobních zkušeností, kde se již normy časů stanovily a procesy nebo výrobky byly konstrukčně a technologicky obdobné. Nicméně u této metody se nelze vyhnout značným chybám, jelikož se odhaduje sumární hodnota normy času celého procesu a neopírá se o žádný vhodný analytický materiál s časovými údaji. [5]

1.3.3 MOST

Jak již bylo zmíněno výše, jedná se o nepřímou metodu měření práce, jiným názvem také metoda předem stanovených časů. Vychází z předpokladu, že práce je vynaložená energie na pro přemístění předmětu z bodu A do bodu B. Metoda MOST se soustředí pouze na činnosti spojené s pohybem pracovníka a nezajímá se o činnosti stroje. K analýze jednotlivých pohybů využívá metoda MOST velká písmena a indexy, podle druhu a náročnosti pohybu. Popisuje tedy jednotlivé pohyby pomocí definovaných pohybových modelů. Tomuto pohybovému modelu je podle konkrétní situace a vykonané pohybové činnosti přiřazena vypočtená časová hodnota potřebná k provedení. [13] [17]

Existují tři základní druhy rozdělení MOSTu, které se využívají v závislosti na manuální náročnosti zkoumaného pohybu. Tyto druhy stanovení normy času jsou následně probrány v následujícím textu práce.

Basic MOST se aplikuje na operace vyskytující se v rozmezí 150 až 1500krát týdně a trvají maximálně 10 minut. Výrobní operace prováděné v průmyslových podnicích spadají většinou právě do této kategorie. [18]

Mini MOST je nejpřesnější druh metody MOST, proto je využíván k analýze často se opakující činnosti více jak 1500krát týdně. Nicméně nevýhodou je možnost měřit pouze manuální pohyb kratší než 25 cm. [18]

Maxi MOST se využívá pro operace opakující se méně jak 150krát týdně, které mohou trvat od pár minut do několika hodin. Vzhledem k malé frekvencovanosti operací, nemusí být metoda tolik přesná. [18]

Princip stanovení spotřeby času MOST

Pro určení spotřeby času práce se při použití metod předem stanovených časů využívá jednotek TMU, kdy daný se výpočet provede v zavedených jednotkách TMU a následně se převede na sekundy pomocí vzorce $1 \text{ TMU} = 0,036 \text{ s}$. K pochopení fungování výpočtu spotřeby času je nutné nejprve objasnit princip analyzování jednotlivých operací. Jak již bylo zmíněno, metodika MOST funguje na základě využití velkých písmen, které popisují druh a vytíženost jednotlivé operace. Pro pochopení principu metody jsou v následující tabulce (Tab. 1) uvedena a objasněna písmena, která metoda MOST využívá k popisu operací.

Tab. 1: Značení pohybů pomocí metody MOST [18]

A	vzdálenost pohybu
B	pohyb těla
G	získání kontroly-uchopení předmětu
P	umístit, seřadit, orientovat předmět
F	pohyb nástroje, utahování
X	čas chodu stroje

Velká písmena v tabulce udávají informace o konané manuální činnosti. Zda se jedná o pohyb vzdálený pro uchopení nějakého předmětu, nebo o pohyb manuální například šroubování. Nicméně náročnost dané manuální práce není vypovídají pouze pomocí velkých písmen, proto metoda MOST využívá indexů pro znázornění náročnosti nebo vzdálenosti manuálního pohybu. Například pohyb A0 označuje pohyb ruky do vzdálenosti 5 cm a pohyb A3 označuje pohyb o vzdálenosti jeden až dva kroky. Existuje široká škála indexů, které daný pohyb podrobněji popisují. V poslední kroku výpočtu pomocí metody MOST jsou přiřazené indexy vynásobeny příslušným koeficientem, který se mění na základě použitého druhu MOSTu. Například zmiňovaná metoda Basic násobí sumární hodnotu koeficientem 10 a metoda Mini koeficientem 1. Hodnota koeficientu a pohled na požadovanou přesnost již před začátkem určování daného pohybu je pro výsledek klíčová, jelikož má velký podíl na získané hodnotě normy času.

1.3.4 MTM

Stejně jako zmíněná metoda MOST výše, i zde se jedná o metodu předem stanovených časů, kdy není potřeba práci potřebnou k analýze měřit, ale stanovuje se hodnota časů pomocí předem stanovených výpočtů nebo tabulek. MTM metoda je tedy vhodná pro výrobní podniky, které ještě nezavedly pracovní proces plně do výroby a je pro ně potřebné své pracovní procesy vhodně optimalizovat s cílem eliminovat zbytečné pohyby a tím zefektivnit výrobu. Obdobně jako předchozí metoda, i tato pracuje se zmiňovanou jednotkou TMU, kde 1 TMU = 0,036 s. Existují tři druhy metody a to MTM-1, která má vysoké využití u hromadné a velkosériové výroby. Dále MTM-2 a MTM-3, které se aplikují na malosériovou a kusovou výrobu, jelikož nejsou tolik náročné na zpracování. [13] [18] [19]

Princip metody vychází z podrobného rozboru analyzované manuální práce na jednotlivé pohyby, pro které jsou stanoveny předem určené časy uvedené v tabulkách nebo normách. Jednotlivé základní pohyby by neměly být dále dělitelné a nesmí probíhat současně. Tímto způsobem je dodržen princip metody a každá manuální práce je tak složitelná právě z těchto jednoduchých základních pohybů. Je důležité zmínit určitý předpoklad, že pracovníci potřebují na provedení těchto jednoduchých pohybů přibližně stejně vymezený čas. Důsledkem tohoto předpokladu vznikají tabulky a normy, které definují zmíněné pohyby určené rozkladem operace a umožňují analyzovat a rozkládat pracovní postupy bez nutnosti použití stopkek. [13] [18] [19]

Zmíněné jednoduché pohyby, o které se metoda MTM opírá, se rozlišují do třech hlavních skupin, a to na pohyby ruky, dolních končetin nebo očí. Existuje tedy mnoho druhů pohybů, které metoda MTM rozlišuje. Proto jsou některé jednoduché pohyby zmíněny v následující tabulce (Tab. 2).

Tab. 2: Značení pohybů pomocí metody MTM [14]

R	sáhnout (reach)
EF	zaostřit oči (eye focus)
SS	ohnout se (stoop)
AP	tlačit (apply pressure)
P	umístit (position)

Následně se k těmto zkratkám přidá hodnota náročnosti pohybu, obdobně jako u předešlé zmiňované metody, ke které se dále přepíše doplňující informace k danému pohybu. Hodnoty náročnosti a značení se mohou podle daného druhu pohybu měnit a nemusí pokaždé informovat o podobné náročnosti, viz následující praktický příklad. [18]

Praktický příklad popisu jednoduchého základního pohybu pomocí metody MTM:

R 30 A

R – základní symbol: sáhnout

30 – ovlivňující činitel: délka pohybu 30 cm

A – ovlivňující činitel: zacvičená stálá poloha

P 2 NS E

P – základní symbol: umístit

2 – ovlivňující činitel: mírný tlak

NS – ovlivňující činitel: nesymetrické

E – ovlivňující činitel: snadná manipulace

2 Metody průmyslového inženýrství

Pojem průmyslové inženýrství představuje moderní multidisciplinární obor spojující znalosti z jednotlivých inženýrsko-technických oborů s poznatky z manažerského řízení organizace. Podstatou oboru je co nejefektivnější využití financí, pracovní síly, informací, znalostí a dovedností v průmyslovém podnikání, které vedou ke zlepšení fungování organizace. Soustředí se na racionalizaci a zdokonalování všech procesů probíhající napříč celým podnikem, které při správném zavedení vhodně zvolených metod průmyslového inženýrství vedou ke zvýšení účinnosti a tím pádem i navýšení zisku samotného podniku. V průmyslových organizacích je tento pojem čím dál tím více probíraným tématem a v dnešní době se dá říci již standard, který je nutný pro efektivní fungování celého podniku, jelikož pomocí metod a nástrojů zvyšuje produktivitu procesů a posiluje postavení firmy oproti konkurenci. [10] [20] [21]

V nadcházejících podkapitolách budou podrobněji popsány některé standardní metody průmyslového inženýrství, které jsou podniky hojně využívány ke zvýšení efektivity výrobních procesů a mohly by být tak dále použity v praktické části práce.

I. Štíhlá výroba

Filozofie štíhlé výroby se poprvé objevila v Japonsku, kterou zavedla firma Toyota Production System. Princip zeštíhlování výroby spočívá v zaměření na procesy přinášející hodnotu, za které je zákazník ochotný zaplatit. Zaměřuje se tedy na eliminaci procesů nepřidávající hodnotu a plýtvání. [22]

Oproti tradičnímu způsobu výroby umožňuje tento způsob vyrábět při menším množství nákladů a počtu zaměstnanců. Poskytuje pružnou reakci na poptávku a požadavky zákazníka, jelikož celá myšlenka fungování je postavena na poskytování požadovaných služeb a produktů zákazníkům. Mezi základní principy této filozofie výroby se řadí:

Plánovací princip neboli systém tahu eliminuje zbytečnou nadvýrobu v průmyslovém podniku. Zásadou tohoto principu je vyrábět pouze takové množství produktů, které bylo domluveno na zakázku, což vede k eliminaci tvoření zásob. Vytváření zbytečných zásob je pro podniky nákladné, jelikož se jedná o náklady spojené s výrobou kusů nad rámec zakázky a následné uskladnění. Je tedy v zájmu podniku zásoby nevytvářet pro efektivnější chod výroby a snížení nákladů s tím spojené. [23]

Princip zamezení plýtvání je klíčovým principem štíhlé výroby. K dosažení efektivního chodu výroby bez zbytečného plýtvání jsou jednotlivé výrobní procesy analyzovány na jednotlivé operace, které vytvářejí přidanou hodnotu. Pokud jsou při analýze nalezeny operace nevytvářející přidanou hodnotu, je snahou výrobního podniku tyto operace eliminovat, jelikož nejsou zaplacené zákazníkem a tím pádem představují skryté plýtvání. [23]

Princip nepřetržitosti představuje kontinuální zlepšování svých výrobních procesů. Tento princip nesouhlasí s uspokojováním s nově zavedeným optimalizovaným stavem, ale je zde neustálá potřeba dané výrobní procesy zlepšovat k dosažení potřeb zákazníků. [23]

Princip zaměření se na podstatné aktivity a klíčové schopnosti je založen na podrobné analýze všech aktivit přidávající hodnotu uvnitř výrobní organizace. Aktivitám, které jsou pro podnik vyhodnoceny jako podstatné, jsou následně přiřazeny veškeré vnitřní zdroje podniku. Ostatní aktivity, které nejsou vyhodnoceny jako podstatné, jsou dále zajištěny pomocí externích dodavatelů. Nicméně je zde kladen důraz na možnou závislost firmy na těchto dodavatelích, což je pro podniky nežádoucí. [23]

II. 5S

Termín 5S označuje metodu průmyslového inženýrství, která byla obdobně jako předchozí metoda poprvé implementována v Japonsku v Toyotě a je nutnou podmínkou při zavádění štihlé výroby na pracovišti. Principem metody je eliminování všech nepotřebných nástrojů a pomůcek na pracovišti, které nejsou pravidelně využívány. Důvodem je zamezení zbytečného plýtvání a udržení standardizovaného pracoviště. Název metody vznikl podle 5 hlavních pravidel, které metoda předepisuje a aplikuje na jakékoliv pracovní prostředí. [21] [24]

Seiri – vytřídit nepotřebné nástroje, materiál a pohyby, které následně eliminovat z pracoviště, jelikož nepřidávají hodnotu a vedou k plýtvání. [24]

Seiton – označuje systematizování pracovních operací a k těmto operacím přiřadit nástroje a materiály tak, aby bylo možné je vždy mít připraveny k rychlému použití, čímž se zamezí zbytečnému hledání. [24]

Seiso – neustálý úklid pracoviště, je tedy nutné vracet použité nástroje na svá vyhrazená místa, aby se udržel pořádek a organizovanost na pracovišti. [24]

Seiketsu – v překladu standardizovat, představuje proškolení pracovníků ve výše popsaných pravidlech. Je tedy kladen velký důraz na pracovníka a jeho pochopení proč je důležité zmíněná pravidla dodržovat. [24]

Shitsuke – dodržování disciplíny, zaměřuje se na udržení zavedeného stavu pomocí pravidel 5S a jeho neustále zlepšování. [24]

III. Kaizen

Představuje spíše filozofii nežli metodu, která je opět původem z Japonska a označuje pojem kontinuální zlepšování. Principem metody je důraz na neustálou analýzu a zkoumání procesů v podniku k implementaci inovací, které vedou ke zvýšení produktivity, kvality a snížení plýtvání. Pro dlouhodobé fungování této filozofie je nutné, aby jednotliví pracovníci nekonali pouze předem definovanou práci, ale aby zároveň přemýšleli nad svým konáním a čím by se dala jejich pracovní náplň zlepšit. Tato podniková filozofie je nejčastěji využívána ve štihlé výrobě a managementu jako jeden z principů k dosažení efektivní výroby a zamezení zbytečného plýtvání. [25]

IV. Just in time

Metoda JIT reprezentuje dodavatelský přístup řízení výroby, která se zaměřuje na dodávání potřebných materiálů v přesně naplánovaných časech na základě požadované poptávky. Tímto principem je zamezeno vzniku zásob a tím i nepotřebné skladování, které je pro podnik nákladné. Cílem je tedy zamezení zbytečného plýtvání jako nadprodukce, nadbytečná doprava nebo skladování. Pomocí přesného naplánování dodání požadovaných komponent je tak možné eliminovat sklady, nicméně zde vzniká závislost na přesném dodání požadovaných produktů. V podnicích z důvodu této závislosti může nastat situace, kdy celá výrobní linka stojí kvůli jedné chybějící komponentě, která bohužel nebyla dodána včas. [20]

V. Just in sequence

Vzniklo na základě metody JIT a funguje na stejném principu. Oproti zmíněné metodě je zde kladen důraz na dodání komponent v přesném pořadí, v jakém se využijí na výrobní lince, čímž se výrazně snižuje čas potřebný pro zavezení komponent na požadované pracoviště. Tento způsob je nejčastěji využíván průmyslovými podniky v automobilovém průmyslu, kdy je sekvence složení jednotlivých komponentů na sobě závislá. [20]

VI. Teorie omezení

Zkráceně TOC (Theory of Constraints) je strategický přístup, který se v oblasti průmyslového inženýrství soustředí na identifikaci a odstraňování úzkých míst ve výrobních procesech, které způsobují neefektivní výrobu a tím zabraňují průmyslové organizaci v plnění stanovených cílů. TOC se soustředí na úzká místa, jelikož předpokládá, že celý výrobní systém je definován jeho nejslabším článkem. Tyto úzká místa je ve snaze identifikovat a eliminovat, jelikož mají dopad na celý výrobní systém v průmyslovém podniku.

Úzké místo ve výrobním procesu je ta část, která probíhá nejpomaleji ze všech aktivit, z kterých je proces složen. Způsobuje svým pomalým chodem ztrátu efektivitu daného procesu z důvodu zpomalování a čekání následujících operací nebo částí linky. [21]

Při analýze a následné eliminaci úzkých míst pro zlepšení výrobních procesů se využívá pěti kroků, které jsou popsány níže:

1. Identifikace úzkého místa ve výrobním systému.
2. Maximálně zvýšit využití toho místa.
3. Všechny činnosti ve výrobním systému podřídí tomu, že identifikované místo bude maximálně vytíženo.
4. Odstranění úzkého místa.
5. Opětovné opakování předešlých kroků pro identifikaci dalších úzkých míst.

VII. TPM

Zkratka TPM (Total Productive Maintenance) označuje pojem, který je možno přeložit jako totálně produktivní údržba. Přístup metody je zaměřen na zvýšení výkonosti výrobních zařízení se snahou zabránit vzniku poruch a ztrát, které vedou k neefektivnímu fungování výroby. Základním principem metody je udržování pravidelné preventivní údržby pracoviště, které zahrnuje zapojení všech pracovníků v podnikové organizaci. [26]

Cílem metody je dosáhnout bezchybné výroby za pomoci minimalizování ztrát a plýtvání způsobené poruchami a nevyhovující spolehlivostí zařízení určené k provádění výrobních procesů a operací. Snaha TPM je v neustálém udržování výrobních zařízení pomocí právě zmíněné údržby. Podle TPM údržba zahrnuje pět základních pilířů neboli činností, které je nutné v podnicích zavádět a dodržovat pro efektivní fungování této metody, což přispívá k bezporuchovosti výrobních zařízení. [26]

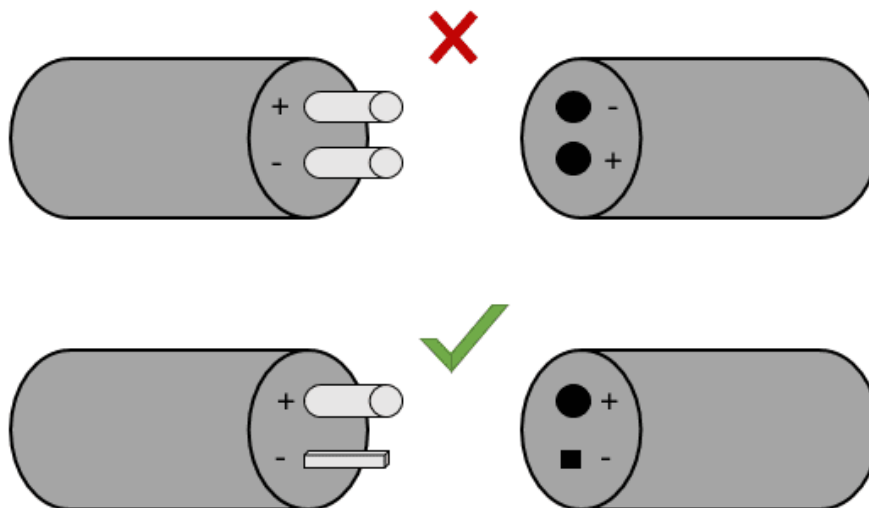
Jako pět základních pilířů metody TPM se uvádí:

- Hodnocení OEE
- Autonomní údržba
- Plánovaná údržba
- Systém pro návrh preventivní údržby a včasný management zařízení
- Trénink pro zlepšení zručnosti a bezpečnosti pracovníků

VIII. Poka – Yoke

Metoda je z japonského termínu překládána jako "zabránění chybám" a symbolizuje jeden ze základních prvků štíhlé výroby. Definuje se jako strategický přístup pro minimalizaci chyb a závad ve výrobních organizacích, který využívá vytváření jednoduchých postupů pro efektivní a bezproblémové fungování výroby díky zabránění vzniku chyb pracovníků a snížení opotřebení strojů. Snahou metody je identifikovat možné příčiny vzniku pracovních chyb a tyto příčiny eliminovat ještě před tím, než mohou ovlivnit chod výroby. [27]

Široké využití metody je právě ve výrobních podnicích s hromadnou výrobou, kde je kladen důraz na kontinuální průběh celého výrobního procesu a minimální počet chyb, které by mohly ovlivnit chod celé linky a tím způsobit velké peněžní ztráty. Pro zamezení těchto nežádoucích jevů je využíváno dodržování jednoduchých tvarů komponent pro sestavení, aby při konstrukci bylo možné složit pouze správné komponenty a tím eliminovat možné chyby vzniklé složitějším výrobním postupem (viz Obr. 9). Poka – Yoke uplatňuje dále barevné odlišení, které je široce využíváno při zapojování kabelových konektorů pro snadné odlišení správného protikusů, což vede ke zrychlení daného procesu. K této metodě se řadí i automatické detekování vadných výrobků pomocí senzorů nebo spínačů, kdy pracovník po dokončení procesu je upozorněn vizuálním nebo zvukovým signálem, který indikuje vadnost výrobku. [20] [27]



Obr. 9: Příklad Poka – Yoke [27]

3 Analýza současného stavu

Cílem kapitoly je poskytnout pohled na současný stav řešeného výrobního procesu ve společnosti Daikin v Plzni. Analýza současného stavu na pracovišti následně poskytne potřebné informace pro návrh zlepšujících opatření výrobního procesu. Z teoretické části práce, kterou se zabývaly předchozí kapitoly, bylo využito zmíněných informací a poznatků pro řešení problémů v praktické části práce.

3.1 Představení společnosti Daikin

Daikin Industries Czech Republic s.r.o., dále již pouze zkráceně Daikin, je jedním z předních světových výrobců klimatizačních jednotek a tepelných čerpadel na světě (viz Obr. 10). Závod v České republice v Plzni je jedním z největších výrobních závodů zaměřených na klimatizační jednotky v Evropě. Společnost Daikin se může chlubit dlouholetou historií a technologickou vyspělostí v oblastech vytápění a chlazení. Produkty společnosti, které kladou důraz na ekologicky energetickou účinnost, jsou známy pro svou kvalitu po celém světě. [28]



Obr. 10: DICz v Plzni [29]

Základní informace o plzeňském závodě jsou zmíněny v následující tabulce (Tab. 3), která je stručnější variantou tabulky s informacemi uvedené na webových stránkách společnosti.

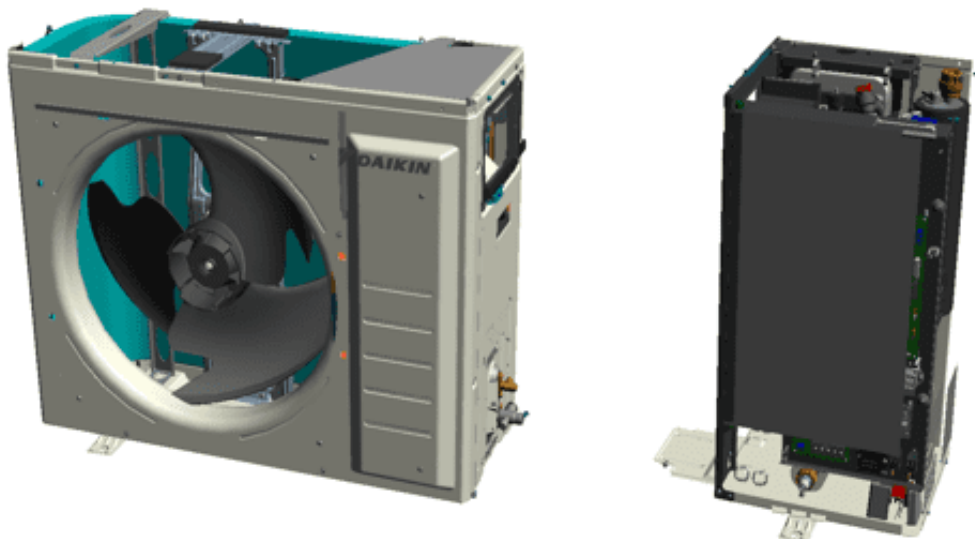
Tab. 3: Základní informace o společnosti Daikin v Plzni [28]

Název společnosti:	Daikin Industries Czech Republic s.r.o.
Sídlo:	U Nové Hospody 1/1155, 301 00 Plzeň
Datum založení:	28. 5. 2003
Kapitál:	1 860 milionů Kč
Celková rozloha:	117 445 m ²
Společníci:	Daikin Europe N. V.
Počet zaměstnanců:	přibližně 2300
Počátek výroby:	29. 9. 2004
Výrobky:	Klimatizace a tepelná čerpadla
Roční produkce:	1 500 000 tepelných čerpadel

3.2 Výstupní analýza výrobního procesu

Řešený výrobní proces se nachází na pracovišti jedné z několika linek vyrábějící více než jeden druh venkovních jednotek. Z tohoto důvodu je zde nutnost zajistit flexibilitu celé linky podle stanoveného výrobního plánu pro konstrukčně se lišící produkty. Z mnoha venkovních jednotek je právě kvůli malé části výroby se speciálním vodním okruhem zavedeno pracoviště na lince s vlastním taktem oproti zbylému chodu výrobní linky. Právě zmíněný vodní okruh musí být na zavedeném pracovišti namontován a zároveň otestován kvůli funkčnosti a bezpečnosti. Tím vzniká výrobní proces složený ze speciálních operací pro přidání hydrokitu, které vykonávají pouze proškolení operátoři z důvodu velkého počtu operací a komplexnosti montáže. Pro dodržení optimálního a efektivního chodu celé výrobní linky je pracoviště přidání hydrokitu klíčové, jelikož s vyšším výrobním plánem je zbytek operací vykonaných po analyzovaném pracovišti závislý právě na počtu dodání jednotek z tohoto pracoviště, na kterém jsou venkovní jednotky vyjmuty z linky a následně po dokončení montáže vráceny zpět na dopravník. Pomocí metod průmyslového inženýrství, jež povedou ke zefektivnění procesu a zamezení plýtvání, je pro podnik vhodné tento výrobní proces racionalizovat pro zajištění efektivního a plynulého chodu celého zbytku výrobní linky.

Cílem výrobního procesu je montáž předpřipravené části jednotky nazývané vodní okruh neboli hydrokit (viz Obr. 11), který slouží ve spojení s tepelným čerpadlem na principu vzduch-voda k regulaci teploty uvnitř budov pomocí cirkulace teplé a studené vody a je nejčastěji použita k vytápění domu použitím podlahového topení či k jinému využití díky možnosti ohřevu vody podle potřeb zákazníka.



Obr. 11: Jednotka s demontovaným vodním okruhem

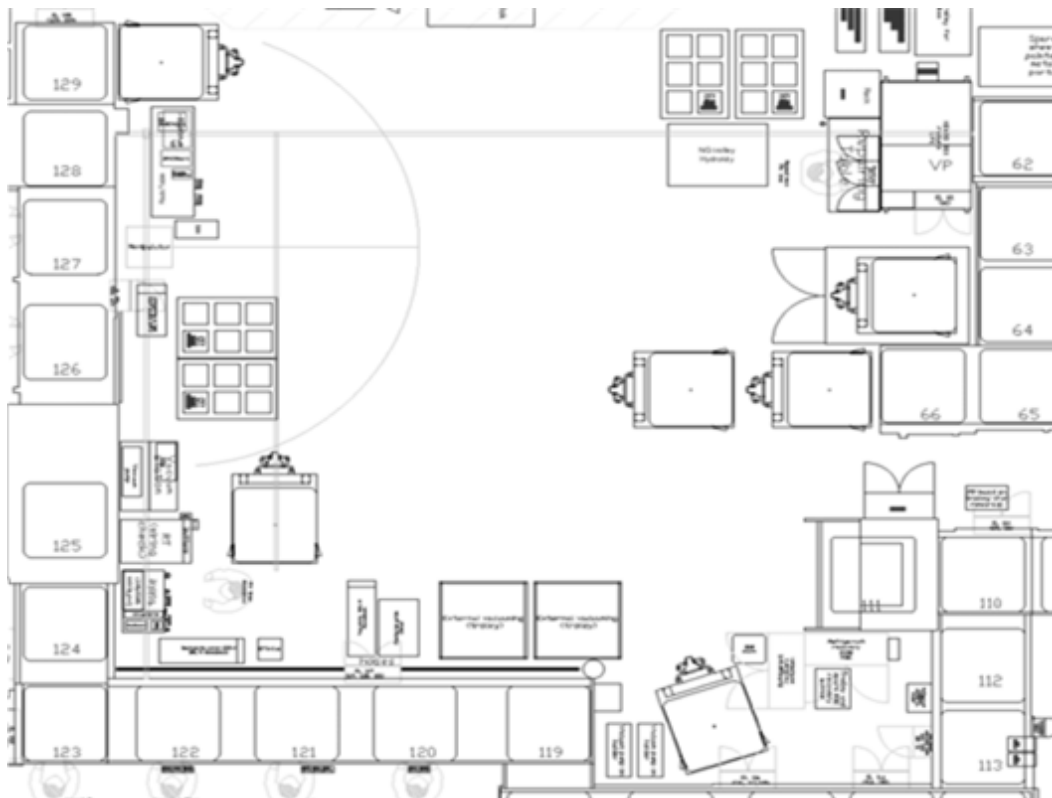
3.2.1 Analýza a vyhodnocení výchozího stavu pracoviště

Řešené výrobní pracoviště se nachází na jedné z několika linek určené pro outdoorové jednotky, kdy konkrétně zmiňovaná linka je vyhrazena pro jednotky typu monoblok. Tento pojem označuje druh outdoorových jednotek fungujících samostatně bez nutnosti připojení vnitřní jednotky. Montáž hydrokitu na zkoumaném výrobním pracovišti je jednou z posledních operací na lince před finální montáží a balením jednotky, která je již při vyjmutím z dopravníku částečně zkompletována a připravena na samotný proces přidání vodního okruhu. Po průchodu jednotky tímto pracovištěm je po vrácení na linku přimontováno boční oplechování a na závěr linky je na zkompletované jednotce provedena finální vizuální kontrola, po které je zhotovený produkt následně zabalen do kartonového obalu a připraven na expedici.

Kvůli odlišnosti venkovních jednotek typu monoblok od zbytku výroby bylo nutné založit unikátní pracoviště právě pro montáž hydrokitů, kdy jsou rozestavené jednotky vyjmuty z dopravníku linky a na tomto pracovišti následně zkompletovány. Na pracovišti jsou prováděny speciální operace týkající se pouze 15% celkové výroby uskutečňované na výrobní lince. Jelikož by bylo pro výrobní podnik velice nákladné zavést versatilní linku pro několik druhů jednotek s malým objemem výroby, byl proces montáže hydrokitů oddělen a jednotky jsou zpracovány zvlášť s vlastním počtem operátorů a jiným taktem oproti zbylé části linky.

Uspořádání pracoviště

Pracoviště určené pro montáž hydrokitů (viz Obr. 12) je umístěno přímo na výrobní lince pro co nejrychlejší a nejsnadnější manipulaci s rozestavenou jednotkou při vyjmutí z linky. Nachází se zde právě stanice pro vyjmutí jednotek přímo z dopravníku, která je následně opětovně využita operátorem pro vrácení zkompletované jednotky zpět na finální montáž na dopravníku. Oproti zbylé části linky je zde vymezená plocha bez zástavby strojů a jiných zařízení, z důvodu nutného převozu jednotek pomocí výškově nastavitelných vozíků mezi jednotlivými stanovišti pracoviště. Tato stanoviště jsou uspořádána podle návaznosti provedení jednotlivých operací vykonávaného procesu. Umístění těchto stanovišť bylo zvoleno co nejbližší k samotnému dopravníku linky z důvodu úspory vymezeného prostoru pro přesun rozestavených či zkompletovaných jednotek po pracovišti.



Obr. 12: Layout řešeného pracoviště

Stanice určená pro výjezd jednotek z linky je následně využívána pro vrácení zkompletovaných jednotek zpět na dopravník pro finální montáž. Jedná se o frekventovaný uzel linky, jelikož tímto místem projíždí ostatní druhy vyráběných jednotek na lince a zároveň je využíváno pro výjezd jednotek prohlášených jako NG, které může nastat nejčastěji po funkčním testu jednotky nebo například po vizuální kontrole. Konkrétně vizuální kontrola po přidání hydrokitu je prováděna na lince nejčastěji určeným operátorem, ale může být také využita možnost použití specializovaného kamerového zařízení, které je zásadně využíváno pouze pro kontrolu pohledových šroubů na jednotce. Pokud jsou jednotky po vizuální kontrole prohlášené jako NG

před finálním balením, jsou tyto jednotky dopraveny na stanici přímo na pracoviště pro rychlou a snadnou manipulaci na opravu. Na zkoumaném pracovišti existují právě dva možné výjezdy jednotek z dopravníku linky. Prvním je zmiňovaná stanice pro výjezd, vrácení jednotek a výjezd zmetkovitých kusů ještě před přidáním hydrokitu k jednotce, nebo druhé výjezdové místo již po vykonané montáži hydrokitu po vizuální kontrole. Zmiňované místo pro výjezd jednotek po vizuální kontrole operátorem je umístěno přímo u uličky mezi jednotlivými výrobními linkami a je tak možné jednotky v rychlosti odvézt na opravu a zamezit tím zastavení dopravníku linky. Opravna zmetkovitých jednotek je umístěna přímo na pracovišti pro přidání hydrokitů z důvodu optimalizování času stráveného manipulací. Analyzovaný proces přidání hydrokitu je prováděn dvěma operátory, kteří konají svoji pracovní náplň na vyhrazených částech pracoviště, jež jsou popsány v následující části kapitoly.

Uspořádání stanovišť operátorů

První část pracoviště pro přidání hydrokitu probíhá po vyjmutí jednotky z linky a převezení přes pracoviště k vyhrazenému stanovišti pro započetí montáže, které je umístěno na okraji pracoviště. Pracoviště prvního operátora je tímto umístěním jednoduše dostupné přímo z koridoru mezi linkami a operátor má tak prostor pro snadnější montáž a manipulaci s díly a spotřebním materiálem (viz Obr. 13). Zmíněná manipulace s díly probíhá při každém vyjmutém kusu, kdy v současné situaci první operátor při manipulaci jednotky koná chůzi přes pracoviště s přední mřížkou sundané z jednotky a se speciálním dílem (dočasným horním plechem s oky pro přesun jednotky na vozíku) na určené odkládací místo. Vyhrazené lokace na odklad opětovně používaných dílů jsou na pracovišti pouze dvě a jsou určeny výhradně pro díly, které je nutné po vyjmutí jednotky demontovat a následně opětovně použít při montáži. První operátor vykonává svoji pracovní činnost převážně na prvním stanovišti, jelikož je v blízkosti pracoviště umístěna potřebná klec s hydrokity (viz Obr. 14) a manipulátor s hákem pro nutnou manipulaci hydrokitů k jednotce vykonávané prvním operátorem.



Obr. 13: Pohled na pracoviště z prostoru mezi linkami

Celková pracovní náplň prvního operátora se skládá převážně nejprve z demontáže potřebných dílů a následně montáže samotného hydrokitu k jednotce. Veškeré potřebné vybavení a díly jsou na prvním stanovišti umístěny na pracovním stole s policemi přesně na vyhrazeném místě, které je určeno pomocí popisků s názvy nebo čísly výkresu, a to z důvodu snadného nalezení

operátorem během montáže a dodržení pořádku na pracovišti. Umístěním veškerého potřebného vybavení jako je pneumatický šroubovák, oplechování a podstava pod hydrokit pouze na jedno vyhrazené místo je zabráněno zbytečné manipulaci. Kromě potřebného nářadí a dílů využívá operátor takzvané zapisovací hlavy právě k zaznamenání pohybu a vykonaných operací na jednotce do systému, kdy pouhým přiložením zapisovací hlavy na paletku jsou data zaznamenána. Zároveň s pracovním stolem je k prvnímu stanovišti zahrnut zmiňovaný manipulátor s hákem, s kterým operuje pouze první operátor během montáže, kdy je nutný přesun hydrokitu z klece na podstavu. Klec s hydrokity tzv. gitterbox se nachází mezi první a druhou částí pracoviště právě z důvodu posloupnosti operací a nutností umístění v blízkosti prvního operátora a manipulátoru. Náhradní klec s hydrokity je umístěna v prostoru mezi linkami několik metrů od stanoviště a je nutné, aby byla pokaždé zavážena prvním operátorem po spotřebování všech kusů v kleci. Následně je možné umístit třetí klec s hydrokity před samotnou opravnu, kde je pro klec vyhrazený prostor. Nicméně z důvodu možné překážky pro pohyb pracovníků není vyhrazené místo pro klec primárně využíváno. Pohybuje se zde frekventovaně první operátor při chůzi se speciálním dílem pro montáž jednotky, který se ukládá do připraveného boxu umístěného vedle opravy a je poté převezen na začátek linky vyhrazeným zásobovacím pracovníkem. Pracovní náplň zmiňovaného pracovníka bude podrobněji probrána v následující kapitole věnující se doplňování zásob na analyzované pracoviště.



Obr. 14: Klec s hydrokity

Druhá část pracoviště, kde vykonává svojí pracovní činnost druhý operátor, se nachází přímo za první částí pracoviště a paletou s hydrokity. Umístění druhé části pracoviště v blízkosti první části je pro plynulý chod procesu na pracovišti zásadní z důvodu úspory času získané manipulací každé smontované jednotky z první části pracoviště. Při ideálním stavu a chodu výrobního procesu je smontovaná jednotka na vozíku umístěna právě mezi obě části pracoviště vedle palety s hydrokity, odkud je následně převezena druhým operátorem po skončení

montáže rozestavěné jednotky. Na druhém pracovišti je umístěn stůl s odkládacími policemi pro potřebné nástroje k montáži obdobně jako u první části pracoviště, zde je navíc umístěná sonda detekující únik chladiva, kterou operátor využívá při finální montáži hydrokitu. V protikladu pracovních činností prvního operátora je druhým operátorem část operací vykonávána vsedě, konkrétně se jedná o operace ve spodní části jednotky jako je utažení matic na potrubí a kontrola úniku chladiva pomocí zmiňované sondy. Nicméně kromě utažení potrubí je zde vykonáván zároveň funkční test jednotky, při kterém jsou souběžně namontovány operátorem zbylá oplechování a přední mřížka. Nachází se zde proto i potřebné zařízení pro funkční test jednotky, jež je umístěn vedle pracovního stolu operátora pro snadný dosah, z důvodu nutného zapnutí a vypnutí operátorem při každém kusu. Obdobně jako u první části pracoviště i zde je využita zapisovací hlava pro záznam dat ohledně právě montované jednotky do systému. Potřebné oplechování a přední mřížka jsou umístěny za operátorem, kdy přední mřížka je odnášena prvním operátorem po každé vyjmuté jednotce z dopravníku právě za druhého operátora, který následně přední mřížku montuje k jednotce jako jednu z posledních operací na pracovišti.

Po skončení všech nutných operací na druhém pracovišti je operátorem zkompleťovaná jednotka převezena do stanice linky, odkud původně vyjela na začátku procesu. Vzniká zde proto poměrně frekventované místo a při vysokém taktu linky hrozí možné ucpání tohoto uzlu, což by vedlo ke zbytečné manipulaci jednotek na po pracovišti k umožnění výjezdu. Nicméně po vrácení jednotky druhým operátorem na dopravník je před pohybem nejprve proveden vysokonapěťový test, po kterém jednotka pokračuje na finální montáž zbylého oplechování a vizuální kontrolu. Pokud je následně po vizuální kontrole jednotka v pořádku je zhotovený produkt následně zabalen na dopravníku do kartonového obalu a připraven na expedici.

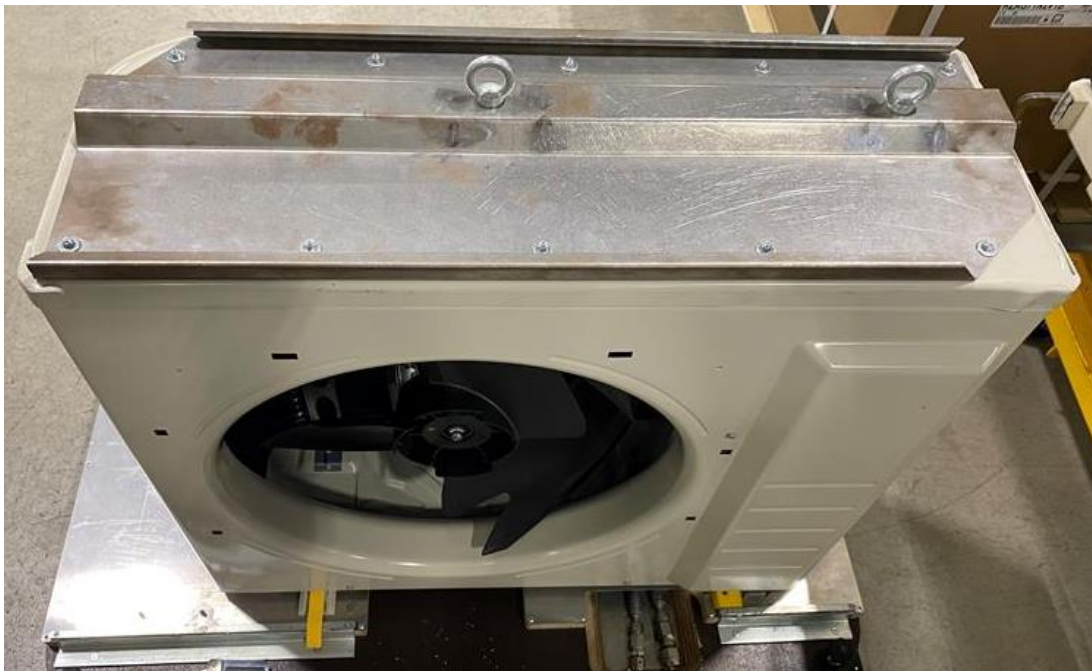
Zásoby nutné pro montáž

Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, veškerá potřebná oplechování pro montáž jednotky na analyzovaném pracovišti má na starost pouze jeden operátor, který zajišťuje včasné dodání potřebných dílů přímo z lakovny podle aktuální situace na pracovišti. Na pracoviště jsou určeným operátorem dováženy konkrétně instalační patky pod hydrokit, horní a boční plechy jednotky (viz Obr. 15) a zároveň odváženy upravené díly pro manipulaci na začátek linky.



Obr. 15: Dodávané oplechování na druhou část pracoviště

Speciálně upravené díly pro manipulaci rozestavěné jednotky po desce vozíku jsou namontovány na jednotku již v průběhu montáže na lince. Jelikož se jedná o horní plech jednotky (viz Obr. 16), musí být namontovány na lince ne jenom za účelem úspory času, ale také z důvodu bezpečnosti a bytelnosti konstrukce například během provozních testů ať už na lince či na řešeném pracovišti. Upravený díl je pouze horní plech, na který jsou namontována oka pro snadnou manipulaci, jelikož je nutné s jednotkou manipulovat po přidání zmiňované patky pod hydrokit. Demontovaný dočasný horní plech je následně prvním operátorem odnesen přes pracoviště k opravě, kde je připravený odkládací box po většinu doby montáže. Permanentní pohledový horní plech je externě namontován druhým operátorem během probíhajícího funkčního testu jednotky za účelem minimalizace času montáže. Zároveň je nutné podotknout, že operátor se na pracovišti nevyskytuje neustále ale pouze v určitých intervalech přibližně každých 15 až 20 minut za účelem kontroly chybějících dílů pro montáž.



Obr. 16: Jednotka s dočasným horním plechem

První část pracoviště je pro správný chod závislé právě na pravidelném dodávání potřebných vodních okruhů, které musí být v průběhu směny kontinuálně dodávány pro možný chod celé výrobní linky. V současném zavedeném stavu je idealizováno dodávání do uličky mezi pracovními linkami, které by si měl následně první operátor po vypotřebování všech kusů na paletě bezprostředně vyzvednout. Nicméně reálný stav na pracovišti je jiný a operátor je nucen pro hydrokity konat mnohonásobně delší trasu, než je stanovena, jelikož klece s hydrokity nejsou pracovníky vykládky zboží pravidelně dodávány na vyhrazené místo u pracoviště. Vznikají zde nepotřebné operace, které je nutné eliminovat dodržováním předepsaných pravidel pro zacházení se zásobami pro analyzované pracoviště a tím zkrátit celkovou dobu montáže prvního pracovníka.

Způsob přepravy jednotek

Převoz jednotek po pracovišti je prováděn, jak již bylo zmíněno v kapitole výše, pomocí výškově nastavitelných vozíků (viz Obr. 17). Ty jsou speciálně upraveny pro možnost přenosu takzvané paletky se samotnou jednotkou přímo z linky. Paletka obsahuje port pro načtení a zápis dat, na který je připojen konektor během montáže operátorem. Operace s konektorem pro záznam a zápis probíhají u každého montovaného kusu na začátku či během montáže a po skončení všech operací na pracovišti. Kromě portu jsou na paletě umístěny hadice využívané

pro natlakování jednotky z důvodu plnění chladivem přímo na lince. Na paletku je prvním operátorem přikládána podstava pod hydrokit jako podpora při montáži kvůli ohybu spodního plechu, je tak nutné zajistit přesné umístění jednotky na paletě pro zachování potřebného prostoru pro podstavu k montáži hydrokitu. Vozík kvůli použití víceúčelové paletky je speciálně upraven potřebnými zarážkami a háky pro bezrizikový přechod paletky s jednotkou z dopravníku linky na přepravní vozík. Ten je tak nutné operátorem zajistit proti pohybu pomocí háků zapadávajících přímo do stanice linky při každém vyjmutí nebo vrácení jednotky. Po správném zajištění stolu na stanici linky je paletka přesunuta samotným operátorem po dopravníku, odkud pokračuje na další pracoviště linky. Paletka je na vozíku otočná a je tak možné pro operátora jednotkou rotovat podle potřeby bez nutnosti vozík náročně otáčet ručně tlačáním po pracovišti. Přepravní vozík je možno výškově nastavit pomocí šlapacího pedálu, kterým jednotku operátor primárně zvedá při vrácení paletky s jednotkou na linku. Podle uvedeného layoutu linky (viz Obr. 12) je na pracovišti umístěno několik převozních vozíků kvůli připravenosti na možný výjezd NG jednotek a také kvůli současnému uspořádání linky, kdy jednotky jsou z prvního pracoviště dodávány na druhé, a proto každý operátor v určitém čase kompletuje jinou jednotku. Pro operátory je při současném taktu potřebné mít pro samotnou montáž dostupné minimálně tři vozíky, kdy každý operátor využívá právě jeden vozík na svém pracovišti a na výjezdu jednotek z linky je připraven třetí pro následující vyjíždějící jednotku z dopravníku, která je následně odebrána prvním operátorem po skončení montáže.



Obr. 17: Převozní vozík s jednotkou

Pracovní náplň prvního operátora

První operátor pracuje s jednotkou po přivezení z dopravníku, kdy dopravuje rozestavěnou jednotku na své vyhrazené pracoviště (viz Obr. 18) pomocí popisovaného vozíku. Nejprve je operátorem jednotka připravována na montáž hydrokitu, což zahrnuje odpojení hadic k paletce

vozíku, následně demontáž dočasného horního plechu a povolení svorkovnice. Po přípravě je operátorem hydrokit z klece přesunut pomocí manipulátoru, který ovládá madlem podle citu přímo na manipulátoru. Tímto umístěním ovládání manipulátoru jsou úkony pro přemístění hydrokitu vykonávány se zvednutými horními končetinami na úrovni ramen, což by cyklickým opakováním hrozilo zdravotními potížemi v oblasti zad pracovníka. Po přesunu a zapojení hydrokitu do svorkovnice je operátorem použit pneumatický šroubovák umístěný na pracovní odkládací ploše, pro který je nutné se operátorem pokaždé otočit a následně vrátit zpět na vyznačené místo. Po nasazení a přimontování vodního okruhu je operátorem připravený vodní okruh s jednotkou převezen ideálně na stanoviště mezi úseky pracoviště, kde si následně převozní vozík vyzvedne druhý operátor po dokončení potřebných operací na předešlém kusu. Zároveň při převozu jednotky na druhé pracoviště je před odchodem operátora pro vyjíždějící jednotku z linky nutné zkontrolovat dostupnost hydrokitů v kleci mezi pracovišti. Pokud hydrokity na pracovišti chybí je úkolem operátora zavezení nové palety s hydrokity na určenou plochu. Pracovní náplň prvního operátora je právě tedy i chůze pro hydrokity do prostoru mezi linkami, avšak jak již bylo popsáno výše, klec se na této lokaci pravidelně nenachází a je tak nutné, aby operátor zacházel delší trasu, což by při vyšším taktu linky vedlo k prostojeům na pracovišti.



Obr. 18: Pracoviště prvního operátora

Pracovní náplň druhého operátora

Druhý operátor počíná svoji montáž převozem jednotky z odkládacího místa mezi stanovišti na svoji část pracoviště (viz Obr. 19) pro finální montáž jednotky před vrácením na linku. Bezprostředně po převozu jednotky začíná operátor demontovat matice pro následující funkční test a vakuaci. Jednotlivé operace jsou operátorem vykonány vsedě, kdy některé montážní operace v dolní části klimatizační jednotky jsou prováděny v současném stavu v předklonu

pracovníka. Provedení zmíněných operací vede k neergonomickému prostředí, které by mohlo pravidelným opakováním vést ke zdravotním problémům pracovníka a je proto nutné navrhnout možná řešení zlepšující pracovní pohodlí tohoto pracoviště. Operátor po dokončení testu a vakuace montuje horní a boční oplechování, kdy prováděné pohyby opět představují zdravotní rizika, neboť se operátor opakovaně ohýbá v pase a zvedá horní končetiny do úrovně ramen. Lze konstatovat, že větší část pracovní náplně druhého operátora je prováděna za nevhodných ergonomických podmínek a měla by být ergonomicky optimalizována. Po dokončení všech operací druhým operátorem je jednotka vložena pomocí převozního vozíku zpět na dopravník linky, kde před zahájením pohybu probíhá zmiňovaný vysokonapěťový test, který je prováděn z hlediska bezpečnosti a funkčnosti. Operátor následně koná chůzi pro další jednotku s přidaným hydrokitem z první části pracoviště a vrácená jednotka po komplekci pokračuje po dopravníku na finální montáž, vizuální kontrolu a balení.



Obr. 19: Pracoviště druhého operátora

3.2.2 Popis vykonávaného procesu

Proces na pracovišti začíná vyjetím připravené jednotky na montáž z linky, ta je prvním operátorem přesunuta na výškově nastavitelný vozík. Operátor poté převáží jednotku přes pracoviště na své vyhrazené místo pro montáž, kdy zároveň během přesunu jednotky koná navíc chůzi s odejmutou přední mřížkou jednotky ke stanovišti druhého operátora. Zde je přední mřížka připravena pro druhého operátora, který ji montuje jako jeden z posledních dílů. První operátor po přivezení jednotky na své pracoviště nejprve demontuje tlakové hadice propojené s paletkou a montuje oplechování svorkovnice, které je připevněno dvěma šrouby. Následně nasazuje spodní plech pod hydrokit, který je na jednotku pouze podsunut silou. Po instalaci spodního plechu je nutné jednotku přesunout na paletě tak, aby spodní plech nebyl mimo desku vozíku, ale měl pod sebou paletku jako podporu kvůli možnému ohybu při instalaci hydrokitu. Je tak nutné jednotku přesunout pomocí manipulátoru (viz Obr. 20), který je potřeba operátorem zaháknout na dočasný horní plech jednotky s nainstalovanými oky pro zaháknutí právě

k tomuto účelu. Po přesunutí jednotky není speciální horní plech dále potřebný a je tak operátorem demontován a odnesen přes pracoviště vedle opravy do vyhrazeného boxu, odkud je převezen na začátek linky vyhrazeným operátorem, jež bylo popsáno v předešlé kapitole. Po vykonání všech těchto činností na jednotce operátor přesouvá samotný hydrokit z klece umístěné vedle montážního prostoru. Hydrokit je operátorem přesunut na podstavu, kterou musí operátor před každým přesunem hydrokitu umístit na paletku na vozíku a po dokončení montáže opět vrátit na odkládací místo.



Obr. 20: Manipulátor pro přesun hydrokitu na vozík

Po přesunu hydrokitu na vozík operátor připravuje samotný hydrokit na instalaci, nejprve je nutné demontovat záslepky trubic a ty následně namazat olejem pro snadnější montáž. Zároveň před montáží operátor načítá hydrokit k zaznamenání do systému, kdy je následně načtena i paletka pod jednotkou přiložením konektoru na port paletky. Konektor pro načtení dat je operátorem odejmut při vrácení štětce s olejem po namazání potrubí, jsou tak operátorem vykonány dvě operace zároveň a není nutné se opětovně otáčet pro vrácení dalších nástrojů na odkládací místo. Poté je operátorem zapojena potřebná kabeláž do svorkovnice jednotky díky vzniklému prostoru mezi jednotkou a hydrokitem, jelikož je hydrokit stále umístěn na podstavě vedle jednotky.

Po zapojení veškeré kabeláže je hydrokit přesunut manipulátorem na jednotku, kde je zafixován a následně přimontován pomocí čtyř šroubů. Tímto je montáž hydrokitu na prvním pracovišti kompletní a operátor po odpojení manipulátoru a odebrání podstavy přejíždí s jednotkou buďto přímo na druhé pracoviště, pokud zde není prováděna montáž, nebo na vyhrazené místo mezi pracovišti. Zároveň při přejezdu je nutné prvním operátorem zkontrolovat dostupnost hydrokitů v kleci, které případně musí zavést ideálně z uličky mezi pracovišti, kde by měly být hydrokity umístěny.

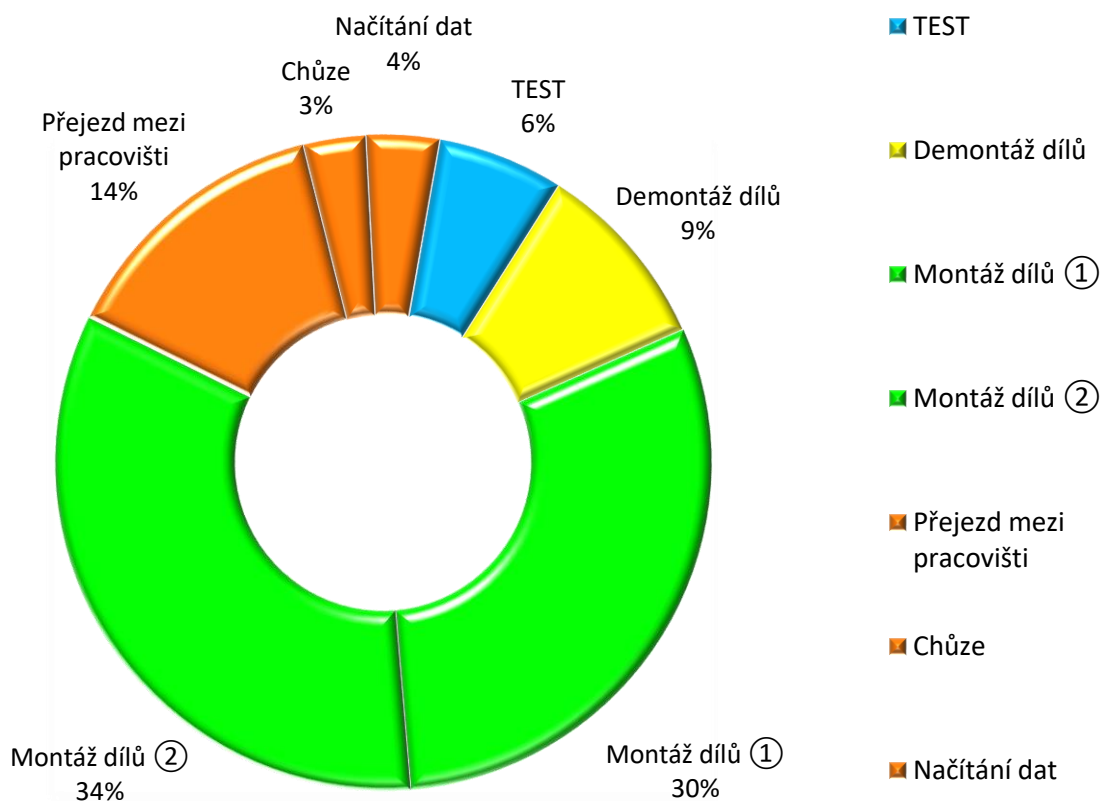
Druhý operátor po převzetí jednotky z vyhrazeného místa nejprve přikládá konektor na paletku jednotky, ale na rozdíl od prvního operátora konektor neodpojuje až do skončení celé montáže. Konektor musí být na paletu přiložen po celou dobu montáže z důvodu probíhajícího provozního testu a vakuace, které jsou pomocí konektoru neboli zapisovací hlavy zaznamenávány do systému. Operátor se po připojení konektoru věnuje přípravě hydrokitu na vakuaci a test funkčnosti, kdy je nutné operátorem demontovat matice na potrubí a připojit hadici pro vakuaci. Po spuštění je operátorem prováděna montáž horního a zadního oplechování externě pro zamezení prostojů během probíhajícího testu a vakuace. Každý plech musí být operátorem nejprve vizuálně zkontrolován proti defektům po lakování, jelikož se jedná o pohledové plechy jednotky. Po montáži oplechování jsou operátorem odpojeny potřebné nástroje pro vykonání testu a vakuace a následně utažena zpět matice, která musela být před testem demontována. Poté operátor montuje přední mřížku, kterou na pracoviště odložil první operátor při přechodu s jednotkou z výjezdu na své pracoviště. Před dokončením montáže operátor kontroluje možný únik chladiva z jednotky, kdy nejprve povoluje ventily a pomocí snímací sondy kontroluje každý vývod trubek na jednotce, jež jsou potenciální místa na únik výbušného chladiva.

Po dokončení funkčního testu mohou být operátorem dotaženy zaslepovací matice na potrubí jako jedna z finálních montážních operací procesu. Po dokončení montáže operátor odpojuje zapisovací konektor a přejíždí s dokončenou jednotkou zpět do stanice dopravníku, odkud byla prvním operátorem původně vyjmuta na montáž. Operátor nejprve vozík zvedne pomocí pedálu do potřebné výšky a následně jej zajistí proti posunu zaháknutím do stanice a následně přesune zkompletovanou jednotku s hydrokitem do stanice. Ještě před pohybem jednotky po dopravníku je na jednotce proveden vysokonapěťový test, kdy operátor musí na jednotku uchytit kleště pro přenos napětí a následně zapojit konektor do stanice. Zde operátor test spustí a čeká, dokud celý bezpečnostní test neproběhne, jelikož musí následně odpojit veškeré vybavení zapojené pro test. Důvod proč pracovník zůstává u ovládacího zařízení během provozního testu a vzniká zde prostoj pracovníka je nicméně i takový, že pokud by došlo k problémům s jednotkou během testu, může operátor rychle zareagovat a vysokonapěťový test okamžitě vypnout. Po skončení testu se druhý operátor vrací zpět na odkládací místo po kompletaci dalšího kusu prvním operátorem. Zde si druhý operátor přebírá jednotku a pracovní operace se opakují.

Jednotka po dokončení vysokonapěťového testu je vrácena zpět na dopravník linky, odkud pokračuje dále na montáž bočního oplechování, které je montováno operátorem na lince. Po montáži jednotka projde komorou s kamerami pro vizuální kontrolu chybějících šroubů na pohledovém oplechování jednotky. Po tomto procesu je jednotka opět vizuálně zkontrolována vyhrazeným operátorem pro případné vady lakování plechu. Na závěr linky je zkompletovaná jednotka zabalena a připravena na expedici či uskladnění.

Složení operací procesu

Rozdělení operací procesu prováděného na pracovišti je popsáno v následujícím grafu (viz Graf 1), kdy popisované operace a rozdělení časů je vztaženo k výrobě jednoho kusu. Samotné montážní operace jsou v grafu rozděleny podle toho, jakým operátorem jsou na pracovišti prováděny. Chůze operátora při montáži vyráběné jednotky byla rozdělena podle toho, jestli se jedná pouze o přejezd mezi jednotlivými stanovišti s jednotkou, nebo pokud se jedná o chůzi operátora například s demontovaným dílem dočasného horního plechu. Z grafu je patrné, že 3 procenta celkové času operátor stráví chůzí s díly, konkrétně se jedná o operace, kdy je operátorem odnesena na začátku procesu přední mřížka a následně dočasný horní plech. Tyto časy, které pracovník stráví chůzí jsou z určité míry ztrátové, přinejmenším dlouhá chůze s dočasným horním plechem k odkládacímu boxu, jež má umístění v současné situaci zvolené příliš daleko od pracoviště, kde je prováděna montáž.



Graf 1: Zastoupení jednotlivých operací procesu

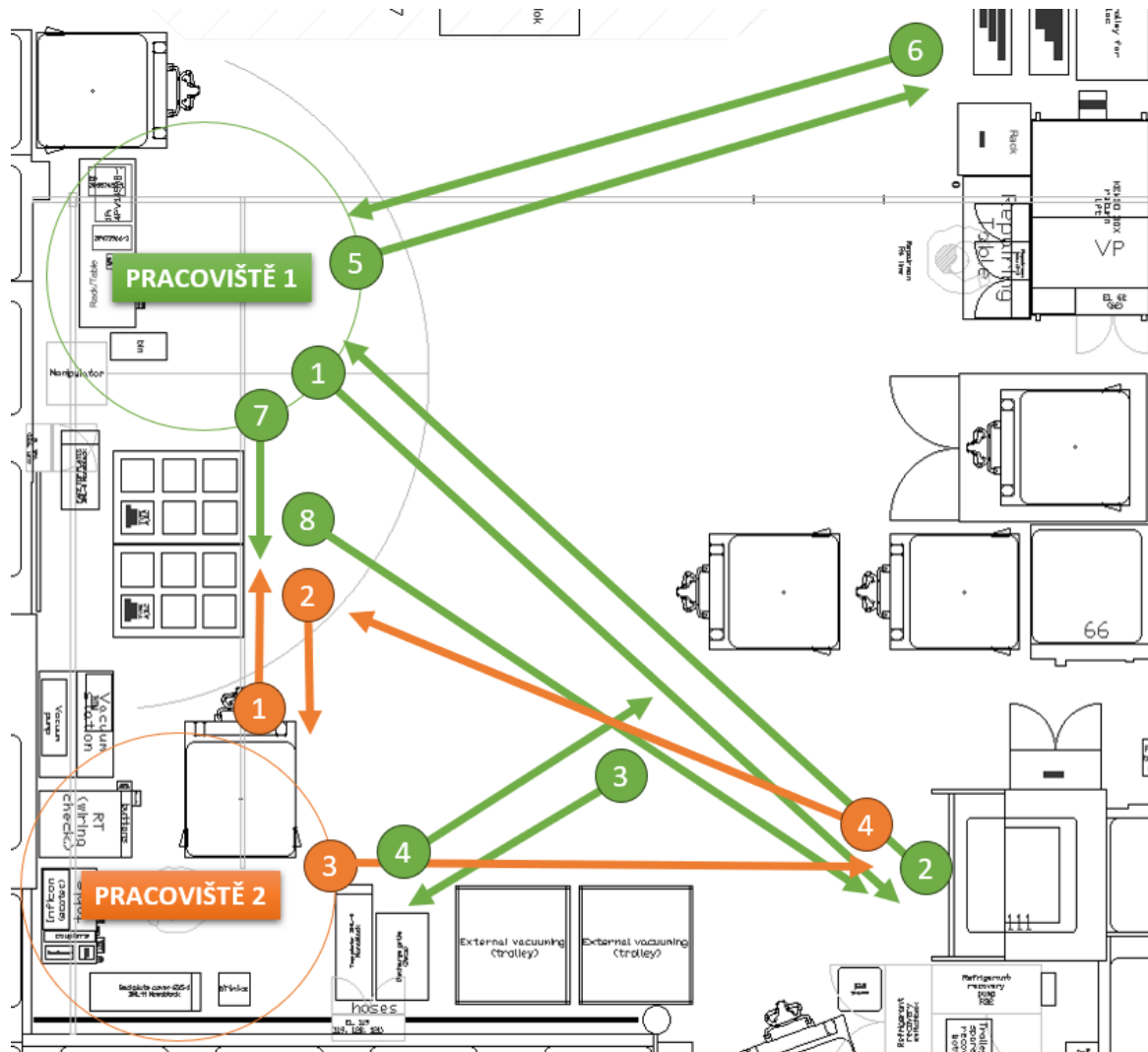
Podrobné rozdělení procesu na jednotlivé operace s přiřazenými časy lze nalézt v Příloze č. 1.

Z důvodu komplexnosti analyzovaného procesu je podrobný popis znázorněn v této kapitole následně popsán v procesní mapě zpracované podle programu ARIS, kterou lze nalézt v Příloze č. 2. V procesní mapě jsou znázorněny operace v přesné posloupnosti za sebou podle reálného postupu pracovníků na pracovišti s cílem zobrazení všech možných scénářů, jež by mohly během procesu nastat. Zároveň jsou zobrazeny operace probíhající souběžně během určitého úseku procesu pro snadnější pochopení, které operace jsou prováděny například během probíhajícího testu na jednotce.

Pohyby pracovníků

Výrobní linka, na které se pracoviště přidání hydrokitu nachází se právě kvůli tomuto pracovišti velice odlišuje od zbývajících výrobních linek v podniku. I když se na pracovišti pohybují při běžném taktu pouze dva operátoři, jedná se i tak o poměrně komplexní pracoviště, po kterém operátoři ukonají během pracovní směny značnou dráhu právě kvůli velkému množství prováděných pohybů. Jelikož se jedná o speciální proces pouze pro malou část výroby, musí oba operátoři jednotku přesouvat pomocí převozních vozíků namísto dopravníku linky.

Podrobné znázornění pohybů obou operátorů ve výchozím stavu pracoviště je zaneseno do layoutu (viz Obr. 21). Pracovníci byli na layoutu pracoviště barevně odlišeni a jednotlivé pohyby jsou očíslovány podle posloupnosti provedení.



Obr. 21: Pohyby pracovníků během montáže

4 Identifikace problémů a návrh zlepšujících opatření

V následující kapitole budou probrány problémy a nedostatky vyskytující se na řešeném pracovišti, které byly zjištěny při zpracování výstupní analýzy popsané v minulé kapitole. Na základě této analýzy prováděného procesu budou vypracovány konkrétní návrhy zlepšující identifikované problémy a nedostatky, jež povedou ke zvýšení efektivity výrobního procesu na lince.

4.1 Problémy a nedostatky

Pro vhodné zlepšení výrobního procesu je klíčovým krokem právě samotná identifikace problémů a nedostatků spjatých s tímto procesem, které mohou být následně pomocí metod průmyslového inženýrství vhodně optimalizovány.

Prostřednictvím interního sběru dat, pozorování operátorů při výkonu práce a konzultací s těmito operátory byly identifikovány nutné oblasti výrobního procesu a pracoviště, které jsou vhodné pro zavedení zlepšení s cílem zvýšit efektivitu výrobního procesu. Dále bylo využito kombinace analytických metod pro zjištění současně zavedené situace na pracovišti, jako je samotné mapování procesu, časové náměry operací a hloubkové rozhovory s operátory. Provedená komplexní analýza popsaná v minulé kapitole poskytla důležitý vhled do způsobu fungování procesu v současné situaci a umožnila právě následnou identifikaci klíčových bodů pro zlepšení, jež jsou popsány právě v této kapitole.

Výrobní proces

Mezi nejdůležitější aspekty, na které je nutné se při analyzování výrobního procesu zaměřit, patří právě způsob provádění procesu pracovníky, tedy zaměření se na provedení jednotlivých dílčích operací, z kterých je proces složen. Jelikož právě jednotlivé operace procesu musí být primárně optimalizovány jak z pohledu ušetření nákladů, zvýšení efektivity tak z pohledu ergonomického.

Výrobní proces prováděný na první části pracoviště je složen převážně ze samotné montáže hydrokitu ke zbylé části jednotky. Operátorem je proto nejprve připravena svorkovnice jednotky pro zapojení kabelů a následně hydrokit přesunut a namontován. Při samotném přesunu je využíván právě zmíněný manipulátor, jenž je v současném stavu ovládán madlem (viz Obr. 22) podle směru tlačení operátora.



Obr. 22: Ovládání manipulátoru

Po přesunu hydrokitu na paletku operátor nejprve zapojuje potřebnou kabeláž a následně se věnuje montáži jednotky, což zahrnuje opětovný přesun hydrokitu a následné utažení čtyř šroubů, kterými je hydrokit k jednotce připevněn. Kvůli utažení těchto čtyř šroubů je operátor nucen konat otočný pohyb zpět ke stolu s nářadím, kde je umístěný pneumatický šroubovák, který je na toto místo operátorem následně vrácen. Ten je využíván právě pouze pro montáž fixace kabelů hydrokitu a následně pro zmiňované přimontování hydrokitu k jednotce čtyřmi šrouby.

Zmíněný pracovní postup, který byl na pracoviště přidání hydrokitu zaveden při prvotním návrhu, měla firma svůj interní, jenž byl neodpovídající současnému stavu. Interní pracovní postup neměl korektní návaznost jednotlivých pracovních operací a některé operace chyběly, nebo byly nadbytečné v porovnání současného stavu s tehdy navrženým postupem při zavádění procesu na pracoviště. Určité operace podle zastaralého interního pracovního postupu měly přiřazené neodpovídající časy v porovnání se současným stavem, což mohlo být způsobeno odlišnou alokací stanovených časů na jiné operace, než jak nakonec bylo zavedeno v současném stavu. V následující tabulce jsou vytyčeny ty operace, u nichž byla určena vysoká diference hodnot lišících se mezi původním interním postupem a reálným současným stavem na pracovišti.

Tab. 4: Porovnání činností s vysokou diferencí časů

Popis činnosti	Naměřené [s]	Původní [s]
Zapojení kabelů do svorkovnice a dotažení	32	50
TEST (funkční test + vakuace)	96	80
Montáž top plate + vizuální kontrola	74	43
Montáž přední mřížky	44	31
Leak test (únik chladiva)	15	40
Montáž zaslepovacích matic	51	8
Povolení a sundání hadic	25	-
Odpojení manipulátoru + odebrání podstavy	15	-
Demontáž záslepek potrubí	5	-

Z porovnání je patrné, že původní časy, jež byly prvotně určeny pomocí metod předem stanovených časů na jednotlivé operace, jsou v současném stavu na pracovišti nadměru rozdílné. Zapojení kabeláže do svorkovnice se pravděpodobně oproti minulému stavu změnilo z důvodu navýšení komplexnosti montáže, kdy se zřejmě zvýšil počet kabelů, nutných k zapojení při každém montovaném hydrokitu. Ovlivňující prvek této operace může být i malý prostor mezi jednotkou a samotným hydrokitem, který je umístěn na podstavě přímo na paletce vozíku a operátor je tak nucen provádět zapojení kabelů v úzkém prostoru. Provozní test jednotky s vakuací je z nutného opakování operace prodloužen, kdy právě zmiňované testování muselo být ve dvou případech z deseti provedených náměrů zopakováno, jelikož přístroj vyhodnotil jednotku jako nefunkční. Tento defekt byl způsoben zřejmě vadou přístroje či nesprávným zacházením operátora s přístroji určenými k testu, jelikož test a vakuace byly následně bezproblémově vyhodnoceny. Montáž horního plechu a přední mřížky je výrazně odlišná z důvodu nutné vizuální kontroly dílů před montáží, která musí být provedena operátorem z důvodu výskytu možných defektů po lakování. Kontrola úniku chladiva byla zkrácena o 25 vteřin oproti minulému stavu, a to zřejmě díky zavedení modernějšího zařízení pro měření. Po operátorovi je tak nutné čichací sondou zkontrolovat každé potrubí pouze po dobu dvou vteřin na odhalení možného úniku molekul chladiva z potrubí jednotky. Stanovený čas na montáž zaslepovacích matic, kterou provádí operátor jako jednu z posledních operací před vrácením jednotky na dopravník, je značně odlišný, a to zřejmě kvůli odlišnému rozdělení

tohoto času do podobných operací, či špatným odhadem komplexnosti montáže, která je nutná pro správné zapojení potrubí hydrokitu. Zbylé operace uvedené v Tab. 4 byly zřejmě při stanovení jednotlivých časů opomenuty, či mylně přiřazeny k podobným operacím v jejich blízké návaznosti z důvodu možné podobnosti. Nicméně naměřené a zprůměrované doby trvání těchto operací, které se v původním postupu montáže nevyskytovaly, nejsou zanedbatelné a budou uvedeny v novém provedení aktuálního postupu procesu přidání hydrokitu.

Celkové porovnání časů všech operací na pracovišti z původního a současného pracovního postupu je uvedeno v Příloze č. 1.

Organizace pracoviště

Jako jeden z hlavních problémů pracoviště z organizačního pohledu bylo identifikováno umístění demontovaných dočasných horních plechů, jež jsou prvním operátorem po demontáži odneseny poblíž opravny jednotek. Tímto umístěním vzniká pro operátora nutná chůze s těžkým demontovaným plechem přes celé pracoviště, která musí být provedena při každé kompletaci nového kusu z linky, jež podle naměřených hodnot trvá přibližně 12 vteřin (viz Příloha č. 1). Jedná se tak o operaci, která nepřidává vyráběnému produktu žádnou hodnotu, nicméně musí být při každé montáži provedena, jelikož dočasný horní plech je na jednotce umístěn z důvodu nutného přesunu po paletě po provedení stanovených operací. Avšak pro zkrácení trvání montáže prvního operátora by bylo z procesního a ergonomického pohledu žádoucí tuto operaci co nejvíce zkrátit. V další kapitole proto bude určeno přesné umístění odkládacího boxu v blízkosti prvního operátora, které je na pracovišti zřídka využito a odkládací box s plechy je zde umístěn ojediněle.

Druhým organizačním problémem je zmíněný výjezd jednotek na pracoviště, které jsou prohlášeny před montáží hydrokitu jako NG. Tyto jednotky mohou být prohlášeny jako nevyhovující během montáže na lince nebo po provedení funkčního testu. Pro výjezd těchto jednotek je využíván právě frekventovaný uzel linky, který slouží také k dopravení rozestavěných jednotek na pracoviště hydrokitu a k vrácení na dopravník pro dokončení zbylých operací montáže. Z provedeného pozorování lze konstatovat, že tento uzel linky je často využíván a hrozí zde možné potkání dvou jednotek v jednom místě, což by vedlo k zastavení celé linky. K zabránění tomuto možnému scénáři by bylo pro podnik výhodné přeorganizovat linku a umístit výjezd NG jednotek před montáží hydrokitu na jiné vhodnější místo. Jako možné řešení se nabízí zúžit pracoviště přidání hydrokitu pro rozšíření dopravníku linky, které by před stanicí pro výjezd a vrácení jednotek s hydrokity obsahovalo ještě výjezd právě pro NG jednotky, který by tímto výjezdem neomezovaly průchod jednotek na pracoviště přidání hydrokitu. Nicméně z důvodu rozsáhlosti zástavby a vymezeného prostoru pro linku, není v současné situaci z nákladového hlediska výhodné navrhnout nové uspořádání možného výjezdu, jelikož by musela být přestavěna větší část linky kolem samotného pracoviště hydrokitu, které by bylo prostorově více omezeno a pracovníkům by se značně hůře manipulovalo s jednotkami na převozních vozíčkách.

Zásobování

Na pracoviště přidání hydrokitu jsou dováženy dva druhy potřebných komponentů, a to samotné hydrokity v převozní kleci a nalakované plechy, které jsou zaváženy vyhrazeným pracovníkem. Tento zásobovací pracovník zaváží na pracoviště celkově tři druhy oplechování, a to horní plech, spodní plech pod hydrokit a zadní plech, přičemž zároveň odváží naplněné boxy s demontovanými horními plechy. Pracovní náplň zásobovacího pracovníka je právě dohlížení a zavážení potřebných komponentů po celé lince, a proto se na pracovišti nenachází po celou dobu montáže, ale pouze pravidelně kontroluje dostupnost oplechování na pracovišti.

Pokud některé oplechování na pracovišti dochází, jsou pracovníkem zavezeny nové přímo z lakovny, která se nachází na druhé straně výrobní haly.

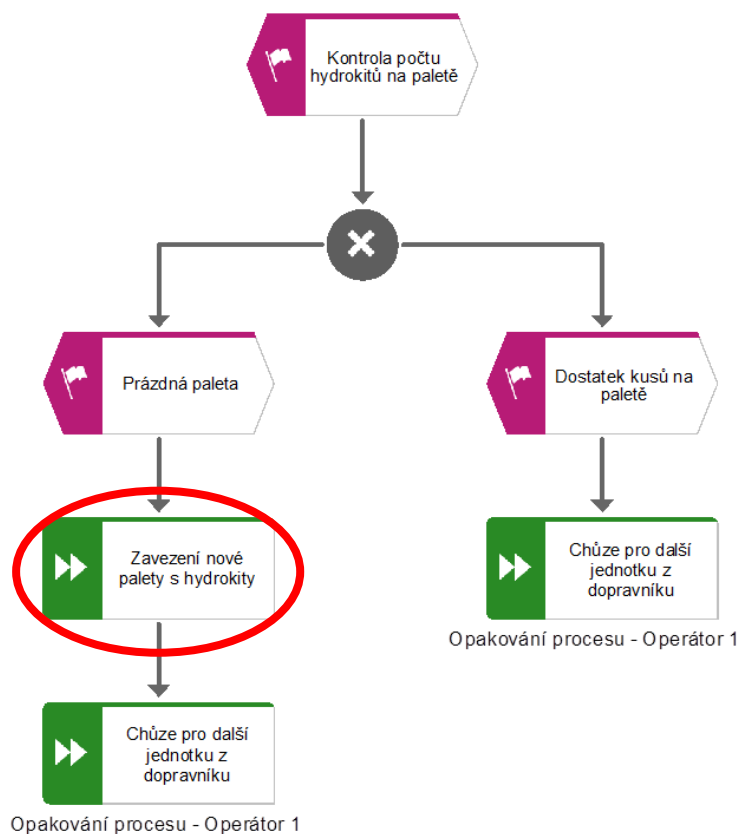
Podle předepsaného postupu je stanoveno zavážení klece s náhradními hydrokity určeným pracovníkem vykládky zboží bezprostředně po vyjmutí z nákladního vozidla, který podle předpisu díly zaváží na přesně určenou pozici na pracovišti (viz Obr. 23). Nicméně v současné situaci je dodání potřebných hydrokitů prováděno samotným operátorem z analyzovaného pracoviště, pro které jsou hydrokity potřebné a je tak k tomuto úkonu nucen nevhodným nedodržováním stanoveného postupu. Popisovaná problematika tohoto postupu zásobování bude shrnuta v další části této kapitoly.



Obr. 23: Připravená klec s náhradními hydrokity

Standardizace postupů

Jednou z hlavních nalezených problematik při provádění analýzy pracovní náplně operátorů a samotného pracoviště bylo právě zacházení se zásobními hydrokity. Určeným místem pro zavezení hydrokitů je vyznačená lokace v uličce mezi linkami přímo u prvního stanoviště montáže. Podle zavedeného postupu by měla být klec s hydrokity zavážena pracovníky vykládky zboží, jež mají paletu doručit přímo na vyznačenou lokaci u pracoviště pro co nejmenší zacházení operátora. Nicméně v současně zavedené situaci na pracovišti je operace prováděna obvykle samotným operátorem, který po skončení montáže a předání jednotky druhému pracovníkovi koná zmiňovanou zacházku přes výrobní halu z důvodu nedostupnosti potřebného materiálu. Nadbytečná činnost, která se v pracovním postupu prvního operátora vyskytuje, je vyznačena v následujícím výstřižku (viz Obr. 24) z provedené procesní mapy prováděného procesu (viz Příloha č. 2). Popisovaná činnost, která je svým výskytem v procesní mapě nadbytečná a podle idealizovaného postupu, jenž byl stanoven pro proces přidání hydrokitu, by měla být eliminována z důvodu provádění zbytečných operací prvního operátora, které je určeno jako jeden z možných druhů plýtvání na pracovišti.

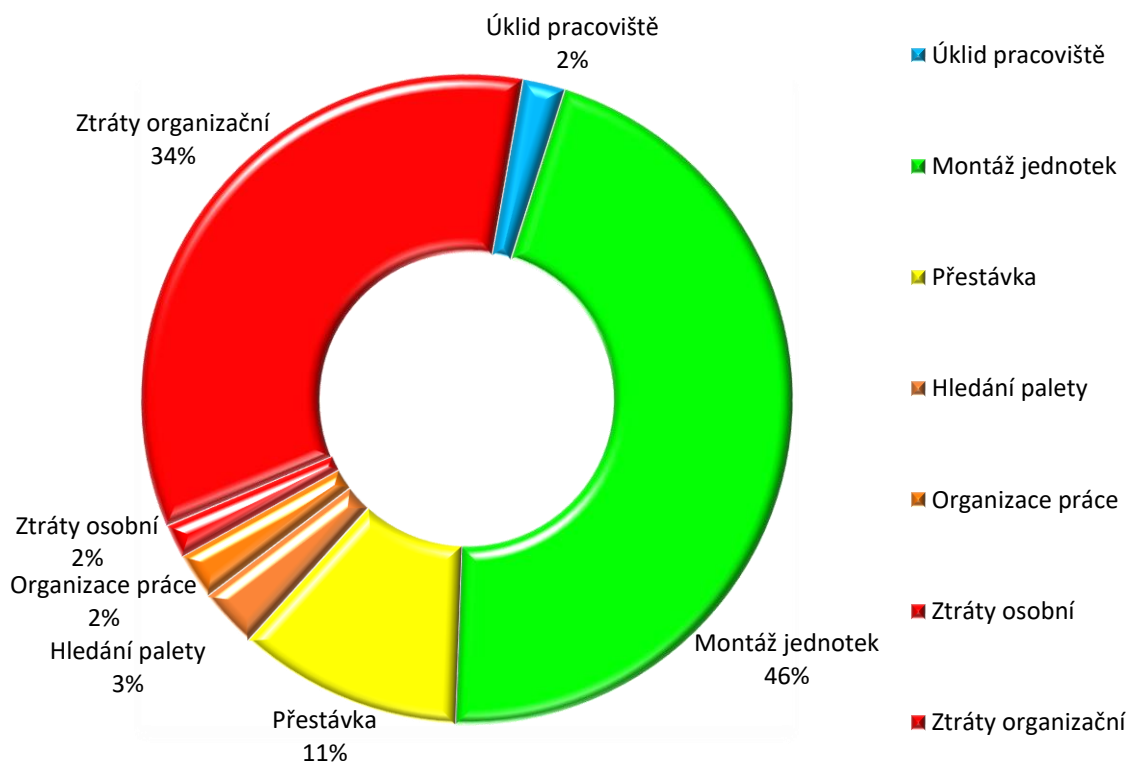


Obr. 24: Nadbytečná operace zavážení náhradních dílů

Z celkové pracovní náplně operátora jsou tři procenta směnové času strávena právě hledáním palety s hydrokity (viz Graf 2). Avšak je nutné zmínit, že tento určený čas by byl značně vyšší, pokud by pracoviště přidání hydrokitu operovalo s vyšším taktem, než bylo v dané situaci stanoveno pro omezení celkové výroby v podniku. Z uvedeného grafu je patrné, že v době provedení snímků pracovního dne bylo na pracovišti majoritní zastoupení organizačních ztrát v porovnání s ostatními naměřenými časy. Ztráty byly způsobeny značným omezením celkové výroby podniku, která pravděpodobně vznikla ze špatného plánování výroby. Špatně naplánovaná alokace zdrojů podniku na vznik produktů, které nakonec přispěly ke vzniku zásob vedlo podnik ke značnému snížení taktu výrobních linek. Z důvodů uvedených výše, byl v období měření snímků pracovního dne směnový takt značně zredukován, což mělo za následek prostoje pracovníků mezi vyráběnými kusy, které vedly k vysokému nárůstu organizačních ztrát, do kterých se prostoje pracovníků přiřazují. V následující kapitole proto bude proveden návrh provedení operací procesu, který by prostoje pracovníků vznikající kvůli nízkému taktu zkrátil.

Ztráty osobní neboli ztráty zapříčiněné operátorem, byly v porovnání se ztrátami organizačními minimální, avšak je nutné nahlídnout na fakt, že pracovníkům montáže byl poskytnut značný volný čas během čekání na výjezd jednotky z linky. Úklid pracoviště je pracovníky proveden na začátku a na konci směny, jak je tomu běžně zavedeno v průmyslových podnicích z důvodu pro dodržení uklizeného a čistého pracoviště. Větší zastoupení v grafu je přiřazeno přestávkám, které mají pracovníci dvě deseti minutové po dvou hodinách montáže, tedy dvě hodiny po začátku směny a po obědové pauze, která trvá klasicky třicet minut. Vyhrazené činnosti pracovníků na pracovišti byly celkově zahrnuty do montáže jednotek, kdy jednotlivé operace pracovníků prováděných na pracovišti jsou dostupné ze snímkování procesu (viz Graf 1).

Každý odchod pracovníka z pracoviště pro náhradní materiál byl zaznamenán a promítnut právě do vyznačené části ohledně hledání palety, která po součtu všech těchto operací činila v průměru tři procenta z celkového směnového času.



Graf 2: Souhrn pracovního dne operátorů pracoviště

Následujícím nedodrženým postupem, jehož dodržení by mělo být standardizováno, je opomenutí značeného rozdělení náradí druhé části pracoviště. Operátor zde po každé vykonané montáži potřebné nářadí pouze umístí na polici (viz Obr. 25), aniž by každý použitý nástroj vrátil zpětně přímo na standardizované místo. Opakovaným nedodrčováním tohoto pravidla, které vychází z 5S, hrozí operátorovi ztráta některého z náradí, jelikož si operátor nemusí všimnout chybějícího nástroje, které by bylo na první pohled patrné, pokud by operátor použité nářadí odkládal zpětně do vyznačených boxů na odkládacím stole. Neustálým hledáním zrovna potřebného náradí v danou chvíli vede ke zbytečným prostojům, které jsou sice malé, ale z pohledu směny čítné a může jim být snadno zabráněno právě zavedením a dodržováním uklizeného pracoviště pomocí metodiky 5S.



Obr. 25: Nevhodně odložené nářadí

Ergonomie

Z ergonomického hlediska je pracoviště přidání hydrokitu částečně optimalizované díky výškově nastavitelným vozíkům. Nicméně u každého z operátorů byly odhaleny určité série operací nebo samotné operace, jejichž provedení není z pohledu ergonomie vhodně navrženo. První operátor montuje rozestavěnou jednotku ve stoje s minimálním prohnutím v pase, avšak během přesunu hydrokitu je využíváno zmiňovaného manipulátoru, který musí být neustále ovládán operátorem pomocí madla přímo na závěsném háku manipulačního zařízení (viz Obr. 22). Madlo manipulátoru reaguje na citlivost pohybu pracovníka, podle kterého se pohybuje do stran či nahoru a dolů podle potřeby. Avšak je od operátora nutné, aby větší část času stanoveného na operaci pro přesun hydrokitu konal s nataženou horní končetinou nad úroveň ramen pro možné ovládání manipulátoru, které je navrženo právě v poloze takto ergonomicky nevhodné. Operátor tak při montáži každého kusu koná určitý sled operací s horními končetinami nad úroveň ramen, které by častým opakováním mohlo vést ke zdravotním problémům. Možný návrh na zlepšení provedení popisované ergonomicky nevhodné operace bude probrán v následující kapitole.

Pracovní náplň druhého operátora na pracovišti je složena převážně z povolení a utažení hadic, které je potřebné povolit pro provedení funkčního testu. Právě příprava jednotky na testy a finální montáž před vrácením na linku je prováděna operátorem převážnou většinu montážního času vsedě na kancelářské židli. Kvůli způsobu plnění operací je operátor veškeré operace ohledně potrubí jednotky nucen provádět právě vsedě v ohnuté poloze, jelikož jednotka je výškově nastavena po prvním operátorovi v příliš nízké poloze (viz Obr. 26). Během zmiňovaného funkčního testu operátor montuje zbylé oplechování jednotky, které je umístěno v těsné blízkosti jeho pracovní pozice. Konkrétně se jedná o horní a zadní plech jednotky, které musí být před montáží operátorem vizuálně zkontrolovány kvůli možným vadám. Operace montáže oplechování jsou prováděny ve stoje, kdy se operátor pohybuje kolem vozíku s jednotkou pro utažení jednotlivých šroubů.



Obr. 26: Způsob provedení operací druhé části pracoviště

4.2 Návrhy zlepšujících opatření

Tato kapitola je zaměřena na představení nových návrhů vedoucí ke zlepšení procesu na výrobní lince ve společnosti Daikin v Plzni. Konkrétně se jedná o implementaci návrhů na problémy popsané v předchozí kapitole, kde byly jednotlivé problémy a nedostatky pracoviště podrobně objasněny. Pomocí této kapitoly budou představena klíčová zlepšení výrobního procesu a pracoviště, na kterém se proces provádí. Cílem této kapitoly je tedy zamezení plýtvání, které při vykonávání procesu na pracovišti potenciálně vzniká.

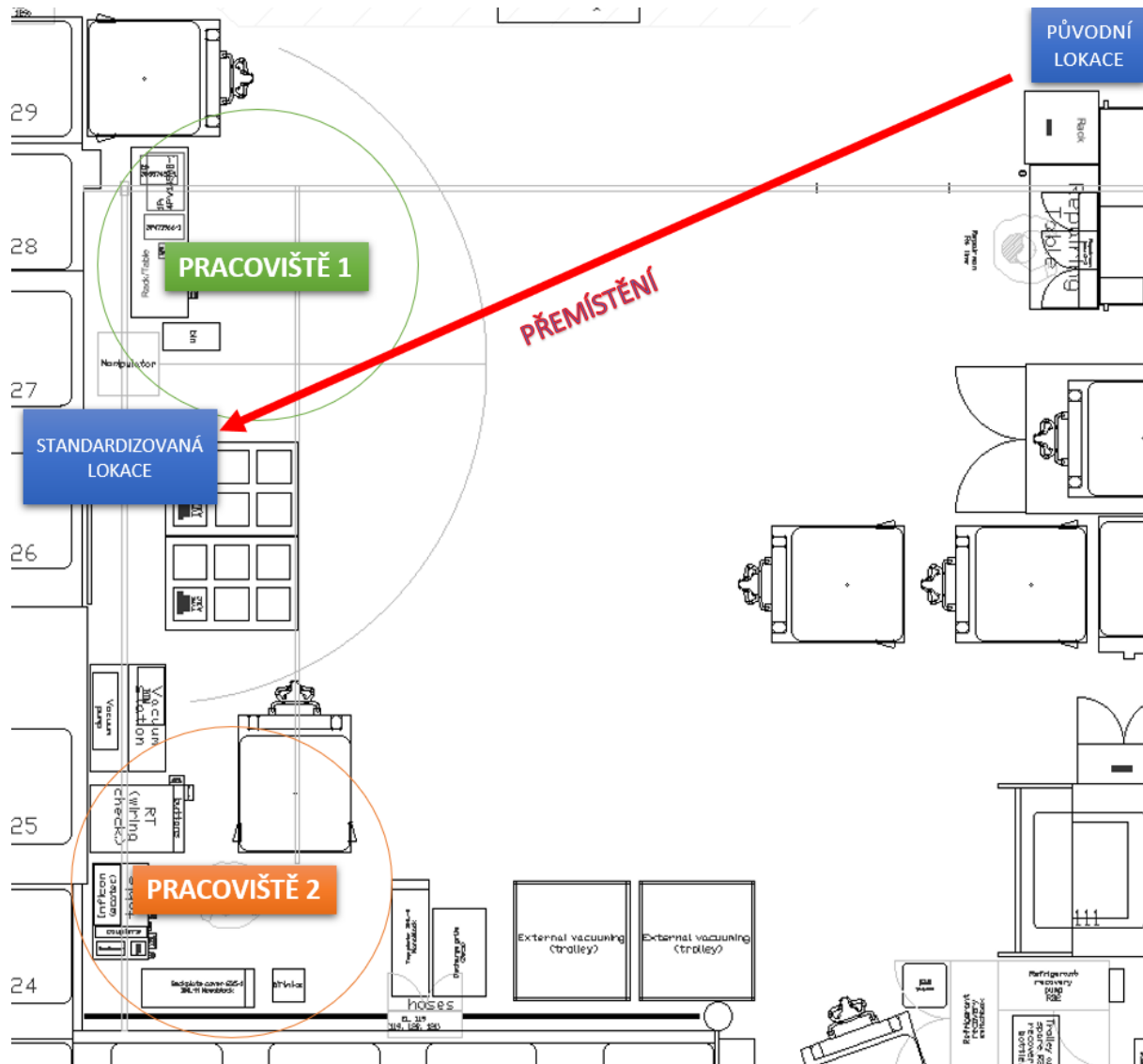
Dočasné horní plechy

Jak již bylo popsáno v kapitole minulé, současné umístění dočasných horních plechů (tzv. dummy top plate) není přesně standardizované a pracovníci montáže umísťují odkládací box na více míst po pracovišti, čímž si prodlužují dobu trvání montáže a zhoršují si tím i ergonomické podmínky. Podle dostupného interního návrhu bylo na operaci odložení dočasného horního plechu stanoveno pouze 3 vteřiny pro vykonání operace, nicméně z provedených snímkování pracoviště a operátora bylo odhaleno zbytečné zacházení s dočasným horním plechem přes pracoviště, kde byl box umístěn po celou dobu směny. Pracovník tak zbytečně zacházel delší trasu a za ergonomicky horších podmínek, jelikož je dočasné oplechování odnášeno samotným pracovníkem bez pomoci vozíku. Tímto umístěním tak na pracovišti byla prováděna neefektivní operace, která vedla ke vzniku zbytečných pohybů a nadbytečné manipulaci, čímž bylo zbytečně plýtváno kvůli nedodržení standardizovaného umístění tohoto odkládacího boxu. Ten svým dalekým umístěním od prvního pracoviště nepřinášel pracovníkovi žádné výhody oproti umístění v blízkosti pracoviště, pouze byl box dostupnější pro pracovníka doplňování oplechování. Zásobovací pracovník je schopen odvézt plný box s oplechováním i z lokace, která je výhodnější pro operátora montáže, jehož pracovní náplň je pro celkové zlepšení klíčová. Standardizované umístění, které by mělo být striktně pracovníky montáže dodržováno a být neměnné, je v blízkosti montáže prvního operátora přímo mezi paletou s hydrokity a dopravníkem linky (viz Obr. 27).



Obr. 27: Standardizovaná lokace umístění horního oplechování

Přemístěným odkládacím boxu pro horní oplechování (viz Obr. 28) je dosaženo zkrácení operace o 8 vteřin na každém vyráběném kusu. Při zavedeném taktu na pracovišti přibližně 50 vyráběných jednotek za směnu, jež byl určen pomocí snímkování operace (viz Příloha č. 3), se jedná díky přemístění odkládacího boxu o zkrácení přibližně o 400 vteřin na směnu, kterou by jinak pracovník strávil nadbytečnou manipulací přes pracoviště.



Obr. 28: Navrhované dodržení standardizace

Pneumatický šroubovák

Další navrženou relokací je umístění utahovacího pneumatického šroubováku přímo na manipulátor pro přesun hydrokitů. Tímto přemístěním by došlo k zamezení pohybů, které operátor koná po přesunu hydrokitu na paletku vozíku, kdy následně utahuje šrouby ve svorkovnici po zapojení kabeláže a čtyři šrouby, kterými je hydrokit přichycen k jednotce. Snadnou úpravou pracovního postupu, jenž by stanovil montáž fixace kabeláže až po přesunu jednotky by bylo možné navrhnout nové, dostupnější umístění pneumatického šroubováku s cílem zamezení zbytečných pohybů prováděných pracovníkem při současném pracovním postupu. Zbytečnými pohyby je myšleno otáčení operátora pro dosažení šroubováku, který je umístěn právě na pracovním stole prvního operátora. Novým umístěním by bylo docíleno zkrácení doby, kterou operátor potřebuje pro dosažení a vrácení pneumatického šroubováku a tím zároveň zamezeno vzniku ergonomicky nevhodné pozice.

Jak již bylo řečeno, pokud by byl pracovní postup operátora upraven tak, že by šroubovák byl využit až po přesunu hydrokitu k jednotce, měl by operátor šroubovák přemístěný na manipulátoru (viz Obr. 29) v blízkosti montážní lokace. Po umístění hydrokitu na paletku vozíku je tak manipulátor v nepříliš vysoké poloze, která by neměla být z ergonomického pohledu zdravotně ohrožující jako je tomu u ovládání manipulátoru, které bude probráno v následující části kapitoly.



Obr. 29: Nové umístění šroubováku

Ovládání manipulátoru

Ergonomicky nevhodným prvkem prvního pracoviště bylo odhaleno ovládání manipulátoru, které je současným navržením ovládáno pomocí madla citem ruky operátora. Tím je nutné, aby operátor pokaždé prováděl operaci s nataženou rukou nad úroveň ramen během přesunu hydrokitu, jak již bylo popsáno v předchozí kapitole věnující se analýze pracoviště. Předěláním ovládání manipulátoru na dálkové ovládání by bylo zamezeno provedení přesunu ve výškově nevhodné poloze. Pomocí dálkového ovládání by tak operátor mohl přesun hydrokitů konat v klidové poloze ve stoje bez nutnosti provádět ergonomicky nevhodné pohyby.

Novým provedením manipulace pomocí dálkového ovládání namísto provedení se zvednutou horní končetinou, by bylo dosaženo ergonomicky vhodnějších podmínek pro operátora při každé montované jednotce. Nicméně je nutné zahrnout možné prodloužení operace přesunu hydrokitu, z důvodu horší manipulace a odezvy při zavedení nového ovládání. Pokud by operace přesunu hydrokitu k jednotce byla prodloužena právě z důvodu změny ovládání, mohla by vzniklá časová ztráta být vykompenzována právě zavedením změny na umístění pneumatického šroubováku přímo na manipulátor, jehož nové umístění bude po přesunu hydrokitu na paletku pro operátora snadněji dostupné oproti původnímu stavu.

Ergonomie druhé části pracoviště

Operátor na druhé části pracoviště nevyužívá výškově nastavitelného vozíků, který by mohl přizpůsobit své výšce před započítáním montáže. V současné situaci tak operátor při převzetí jednotky od prvního operátora okamžitě převáží vozík s jednotkou přímo na své pracoviště a po usednutí na židli zahajuje montáž. Operátorem je tak značně ušetřen čas přejezdu jednotky mezi pracovišti, nicméně provedení stanovených operací za použití židle vystavuje operátora do ergonomicky nevhodné polohy, jako je nutné ohnutí v zádech pro dosažení na potrubí jednotky (viz Obr. 30).



Obr. 30: Poloha operátora při montáži potrubí

Při provedení operací v oblasti potrubí jednotky a hydrokitu je operátor navíc nucen ohýbat hlavu a provádět trhavé pohyby, pro povolení či utažení matic potrubí. Po dokončení potřebných operací na potrubí operátor během provedení testu a vakuace montuje horní a zadní pohledové oplechování. Současné provedení těchto operací vystavuje operátora opět do ergonomicky nevhodných pracovních poloh, jako je nutné opětovné ohýbání v zádech a natahování horních končetin při montáži horního plechu (viz Obr. 31). Jak již bylo popsáno v kapitolách dříve, dá se konstatovat, že provedení operací na druhé části pracoviště je pro operátora nevhodné víceméně po celou dobu provedení pracovní náplně, jelikož je nucen montáž potrubí či pohledových plechů provádět s ohnutím v zádech nebo s nataženými horními končetinami. Doba trvání veškeré montáže na druhé části pracoviště byla stanovena na 436 sekund, kdy se od výsledného času pracoviště odečetla doba trvání testu a vakuace (viz Příloha č. 3), jelikož zároveň při této operaci je montováno pohledové oplechování. Z toho vyplývá, že operátor stráví přibližně 5 minut při každém montovaném kusu konáním operací za ergonomicky nevhodných podmínek. Při zavedeném taktu na směnu 50 kusů se jedná přibližně o 4 hodiny konáním ergonomicky nevhodných pohybů. Pro vhodné ergonomické zlepšení na pracovišti je vyžadováno po operátorovi před každou započatou montáží nastavit vozík s jednotkou do správné výšky, které by vedlo ke značnému zlepšení a částečné eliminaci neergonomických pohybů jako je ohyb zad, krku a natažení horních končetin.



Obr. 31: Poloha operátora při montáži horního plechu

Optimalizace počtu operátorů

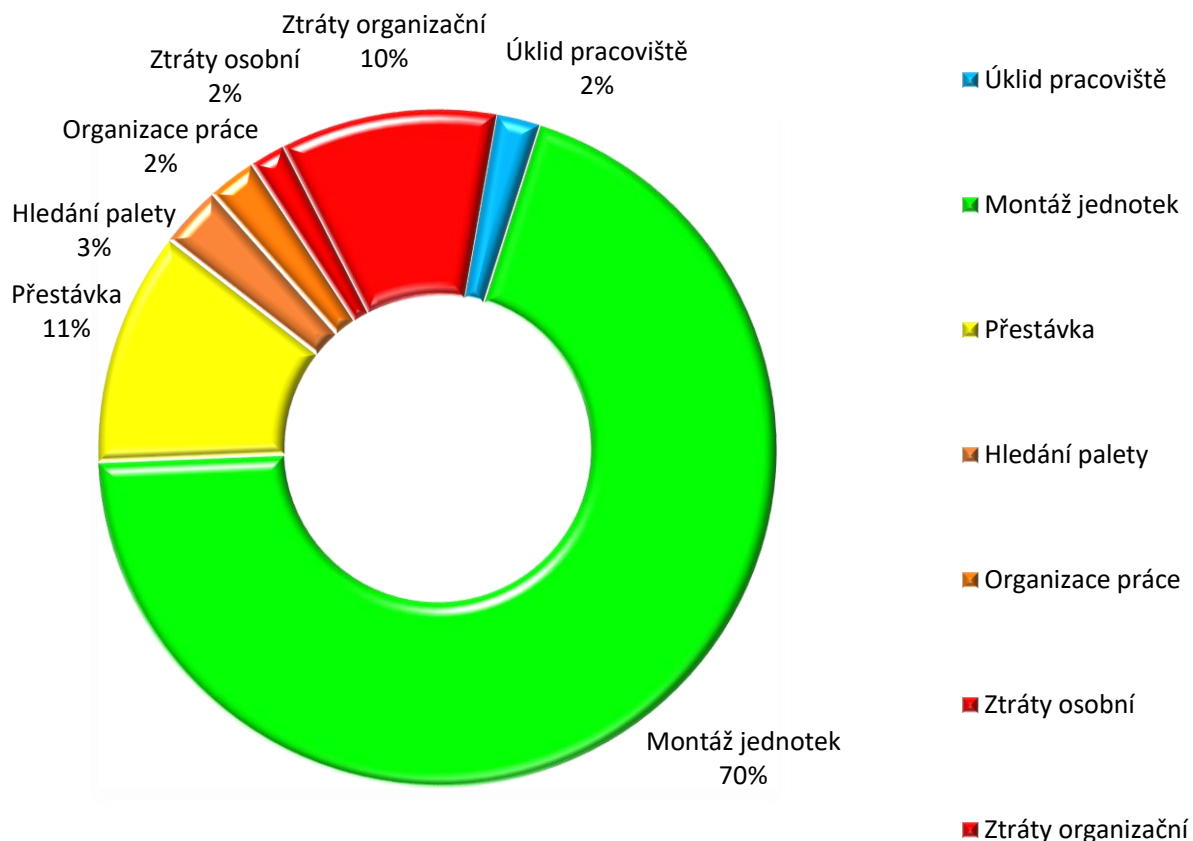
Z provedených snímků pracovního dne operátorů bylo odhaleno značné organizační plýtvání (viz Graf 2), zejména značné prostoje pracovníků. Ty byly způsobeny značně omezeným taktem z důvodu celkové snížení výroby, které bylo zapříčiněno vznikem nadbytečných zásob podniku, kdy tato problematika byla popsána v minulé kapitole věnující se analýze. Na pracovišti přidání hydrokitu tak nebyli potřební oba operátoři při nízkém taktu celé linky a vzniklé prostoje pracovníků, jenž vznikly rychlou montáží před příjezdem dalšího kusu z linky, vedly k zbytečnému plýtvání zdroji podniku, kdy jeden z operátorů mohl být určen na jinou pracovní pozici. Z podrobného snímkování operace a určení jednotlivých časů na každou operaci byl následně zjištěn čas potřebný na montáž obou pracovníků operace (viz Příloha č. 3). Jelikož čas druhého operátora na montáž jednoho kusu byl určen po součtu časů přiřazených operací jako delší, tak právě tento čas ovlivňuje to, jaký počet jednotek je pracoviště za směnu vyrobit. S cílem zamezení vzniku prostojů pracovníků při nízkém výrobním taktu byl určen přibližný takt pracoviště přidání hydrokitu, pokud by veškeré operace vykonával pouze jeden operátor (viz Tab. 5). S přihlédnutím na prodloužení přejezdů mezi pracovišti lze konstatovat, že přibližně při zavedeném taktu 25 jednotek na směnu je schopen na pracovišti operovat pouze jeden operátor, což by značně snížilo organizační ztráty vznikající na pracovišti při nízkém taktu.

Tab. 5: Určení taktu pro jednoho operátora

Počet pracovníků	Výroba 1 ks	Takt/směna	Montáž
2	436 s	50 ks	6,1 h
1	825 s	27 ks	6,2 h

Zavedení pouze jednoho operátora na pracoviště se jeví jako vhodné řešení pro snížení vzniku organizačních ztrát způsobené prostoji pracovníků kvůli nízkému počtu vyráběných kusů na směnu. Nahrazení prostojů pracovníků produktivní činností vede k znatelnému navýšení celkové produktivity pracoviště a omezení plýtvání (viz Graf 3).

Při opětovném snížení vyráběných kusů na směnu je pro podnik z vyplynulé analýzy vhodné omezit počet operátorů na pracovišti pro směnový tak menší než 25 kusů, jelikož dojde ke značnému snížení prostojů pracovníků, než tomu bylo v průběhu provádění snímků pracovního dne.



Graf 3: Předpokládaný průběh směny při zavedení jednoho operátora

Jiné návrhy

V předchozí kapitole věnující se analýze pracoviště byl popsán současný způsob dodání nalakovaných plechů na pracoviště přidáním hydrokitu. V současném stavu je vyhrazen zásobovací pracovník, který dováží potřebná oplechování přímo z lakovny na většinu pracovišť linky podle potřeby. Navrhovaným možným zlepšením současného zavážení plechů pracovníkem je zavedení automatizovaných vozíků s vedením pomocí značek neboli AGV. Nicméně vzhledem k vysokým nákladům a malým úsporám by investice do zavážení oplechování neměla dostatečný návrat, zejména vzhledem k tomu, že v současném stavu zásobovací pracovník zaváže na pracoviště plechy pouze dvakrát až třikrát za směnu. Taková frekvence není dostačující vzhledem k možným nákladům spojeným s výstavbou pro využití efektivní technologie AGV. Navrhované řešení by se jevílo jako ekonomicky výhodnější, pokud by počet vyráběných kusů na pracovišti vzrostl oproti původnímu stavu a zásobovací operátor by tak musel na pracoviště zajíždět vícrát během směny.

5 Zhodnocení

Kapitola se zaměřuje na sumarizaci navržených implementací na pracoviště přidání hydrokitu, které byly podrobně popsány v předchozích kapitolách praktické části práce věnující se analýze procesu a popsání odhalených problematik procesu či pracoviště. V následující tabulce (viz Tab. 6) jsou k jednotlivým návrhům přiřazeny přibližné náklady spojené s implementací, možná úspora času na směnu a náročnost implementace pro podnik z důvodu úprav již zavedených procesů a standardů.

Tab. 6: Přehled navržených opatření

Návrh zlepšení	Náklady [CZK]	Úspora času/směna [s]	Náročnost implementace
Odkládací box pro dočasné horní plechy	0	450	nízká
Pneumatický šroubovák	20 000	150	střední
Ovládání manipulátoru	70 000	-750	střední
Automatizace dodávání lakovaných dílů	450 000	0	těžká
Paleta s hydrokity	0	800	nízká
Úprava výšky vozíku	0	-500	nízká
Optimalizace počtu operátorů	-550 000	-	střední

Odkládací box pro dočasné horní plechy

Vzhledem k nízké náročnosti návrhu dodržení standardizace odkládacího boxu pro dočasné horní plechy je pro podnik vhodné dodržovat toto umístění, vzhledem k časovému rozdílu vykonání operací o 9 vteřin na každý montovaný kus, kdy kratší navrhovaná trasa je pro podnik z velikosti ušetřeného času na směnu značně výhodnější, a to i pro operátora z ergonomického pohledu.

Pneumatický šroubovák

Důvodem nového umístění pneumatického šroubováku je ergonomické zlepšení a možné zkrácení doby trvání operace. Náročnost této implementace byla vyhodnocena jako nízká, neboť s implementací jsou spojené pouze náklady na uchycení šroubováku k manipulátoru.

Ovládání manipulátoru

Ačkoliv úpravou ovládání manipulátoru dojde k prodloužení operace způsobené menší citlivostí oproti původnímu přesunu, tak úplným odstraněním nutnosti natahovat horní končetinu je dosaženo značného zlepšení ergonomie prvního operátora při výkonu pracovní náplně. Náročnost implementace byla vyhodnocena jako střední, jelikož je nutné navrhnout nový způsob vedení kabeláže od ovládání k manipulátoru tím způsobem, který by neomezoval operátora při montáži.

Automatizace dodávání lakovaných dílů

Náročnost této implementace byla vyhodnocena jako těžká z důvodu nutnosti zavedení a naplánování nové trasy AGV přes výrobní halu podniku. Automatizací dodávání plechů nedojde k žádné časové úspoře na daném pracovišti, jelikož je oplechování dodáváno na pracoviště pouze dvakrát až třikrát v průběhu směny a implementace se tak jeví jako nákladově náročná. Zavedením automatizace by došlo ke snížení náročnosti pracovní náplně zásobovacího operátora, nicméně ten má na starost i zbylou část linky a vzhledem k nízké frekvencovanosti zavážení lakovaných plechů na pracoviště se investice nejeví jako návratná při současně zavedeném taktu výroby.

Paleta s hydrokity

Jedním ze zásadních odhalených plýtvání na pracovišti bylo právě nedodržení standardizace dovozu palet s hydrokity, kdy v současném stavu operátor po každém vypořebenování všech kusů na paletě je operátor nucen zacházet pro paletu novou, která se nachází mimo jeho pracoviště a tím dochází k značným prostojům v průběhu pracovní směny. Dodržením zavážení palety k pracovišti přidání hydrokitu je operátor schopen provádět montáž hydrokitů bez dlouhých prodlev mezi vyráběnými kusy způsobené špatnou organizací dovážení zásob.

Úprava výšky vozíku

Dalším návrhem, jehož náročnost implementace byla vyhodnocena jako nízká, je povinnost operátora před každou prováděnou montáží upravit výšku nůžkového vozíku do správné polohy, ve které by nekonal přílišné ohyby zad a hlavy. Integrované vozíky na pracovišti již mají možnost nastavení výšky pomocí šlapacího pedálu a pro operátora je tak snadné si správnou výšku před každou montáží nastavit. Nicméně je nutné přihlídnout na prodloužení doby montáže, jelikož operátorovi trvá přibližně 10 vteřin výšku vozíku nastavit. I přes tyto nedostatky je nicméně vhodné a žádoucí, aby alespoň operátor druhé části pracoviště, jehož pracovní náplň se skládá převážně ze sedavých pohybů, nastavoval výšku vozíku podle své potřeby před každou započatou montáží.

Optimalizace počtu operátorů

Při menším výrobním taktu pracoviště je doporučeno snížit počet montujících operátorů na pracovišti pouze na jednoho, který bude vykonávat všechny operace spojené s montáží. Návrh byl proveden jako reakce na současný stav, kdy na analyzovaném pracovišti přidání hydrokitu vznikaly zbytečné prostoje pracovníků z důvodu čekání na výjezd rozestavených jednotek z linky, kdy odhadovaná roční úspora je uvedena v tabulce (viz Tab. 6) je uvedena jako záporná hodnota pouze z důvodu umístění do sloupce nákladů. Náročnost implementace byla určena jako střední, neboť je nutné určeného operátora proškolit na obě pozice montáže, což se promítlo i do odhadovaných nákladů na implementaci.

Shrnutí

Vypracování práce s cílem zlepšení procesu poskytlo podniku náhled na zpracovanou podrobnou analýzu zavedeného procesu a pomohlo identifikovat místa vhodná ke zlepšení ať už pomocí metod průmyslového inženýrství nebo pouhým dodržením zavedeného standardu. Návrhy ergonomické optimalizace a úprava ovládání povedou ke zlepšení pracovního prostředí a snížení rizik zranění během pracovního výkonu. Dále byl zrevidován zastaralý postup operací na analyzovaný pracovní proces přidání hydrokitu, který neodpovídal současně zavedenému stavu. Byla navržena optimalizace počtu operátorů od určitého nízkého taktu, aby se předešlo nadměrným nákladům na přebytečné zaměstnance. Návrhem dodržení zavedených standardů bude výskyt plýtvání na pracovišti značně omezen, což povede ke zvýšení celkové efektivity procesu, zlepšení podmínek operátorů a nárustu výrobního taktu oproti původně zkoumanému stavu.

Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala zlepšením procesu na výrobní lince ve vybraném průmyslovém podniku, konkrétněji se jednalo o společnost Daikin Industries Czech Republic s.r.o. se sídlem v Plzni. Řešeným výrobním procesem bylo přidání vodního okruhu ke klimatizační jednotce, kdy speciálně tento analyzovaný proces je prováděn externě mimo výrobní linku na vyhrazeném pracovišti.

První kapitola práce byla zaměřena na vysvětlení základních pojmů spojených s racionalizací procesu. V kapitole je uvedeno základní rozdělení procesů, způsoby analýzy podnikových procesů a možnosti normování časů, které je podniky využíváno pro správné určení potřebné doby trvání na konkrétní podnikové procesy. Následně jsou podrobněji probrány pracovní normy a druhy těchto norem, které konkrétněji určují druhy stanovených časů v průmyslových podnicích a jejich trvání. Na závěr kapitoly je shrnuto několik základních způsobů a metodik měření práce, které stanovují časy na vykonání jednotlivých operací. Druhá kapitola teoretické části práce popisuje vybrané metodiky průmyslové inženýrství, které jsou průmyslovými podniky využívány ke zlepšení výrobních procesů a byly následně použity v praktické části.

Praktická část práce se nejprve zabývala podrobnou analýzou výrobního pracoviště a procesu. Byl vyhodnocen výchozí stav pracoviště s cílem podrobného vysvětlení zavedeného stavu, uspořádání jednotlivých stanovišť a vysvětlení prováděných operací procesu operátory. V kapitole jsou také popsány zjištěné nedostatky a možná místa vhodná pro zlepšení, na které bylo následně navázáno v další části práce. Ta byla zaměřena zejména na popsání odhalených nedostatků a plýtvání zjištěných právě provedenou vstupní analýzou, náměry a rozhovory s operátory. Na tyto vytyčené problémy byly následně ve stejné kapitole navrženy možná zlepšující opatření s cílem racionalizace zavedeného stavu.

Na závěr praktické části byly zhodnoceny navržené zlepšující návrhy a objasněny přínosy, které tato práce pro analyzovaný proces ve společnosti Daikin přinesla.

Seznam použitých zdrojů

- [1] DAMELIO, Robert. *The Basics of Process Mapping*. 2nd Edition. CRC P, 2011. ISBN 978-1-4398-9127-8.
- [2] JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
- [3] ŘEPA, Václav. *Podnikové procesy - procesní řízení a modelování*. 2. dopl. vyd. Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-6722-2.
- [4] KLIMEŠ, Cyril. *Modelování podnikových procesů* [online]. 1. vyd. Ostravská univerzita v Ostravě, 2014 [cit. 2023-10-10]. Dostupné z: <https://web.osu.cz/~Zacek/mopop/mopop.pdf>
- [5] All you need to know about the Ishikawa diagram. In: *Nalys* [online]. 2019 [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://www.nalys-group.com/en/blog/technical-library/all-you-need-to-know-about-the-ishikawa-diagram>
- [6] Příklad diagramu příčin a následku. In: PLURA, Jiří. *QM Profí* [online]. 2006 [cit. 2023-10-12]. Dostupné z: https://www.qmprofi.cz/33/priklady-aplikace-sedmi-zakladnich-nastroju-managementu-jakosti-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eou0c_K0wh9GC6onfPMKKGKw/
- [7] PAVELKA, Marcel. Ukázka špagetového diagramu. In: *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 2015 [cit. 2023-10-19]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25781n-naucte-se-videt-a-odstranovat-plytvani>
- [8] BARNEY, Nick. Value stream mapping. In: *TechTarget* [online]. 2023 [cit. 2023-10-19]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/value-stream-mapping>
- [9] ULRYCH, Zdeněk. Přednášky z předmětu MPP. In: *Courseware* [online]. 2023 [cit. 2023-10-20]. Dostupné z: <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/kpv/mpp>
- [10] NOVÁK, Josef a Pavlína ŠLAMPOVÁ. *Racionalizace výroby* [online]. 1. vyd. Ostrava: Technická univerzita Ostrava, 2007 [cit. 2023-10-10]. Dostupné z: <https://projekty.fs.vsb.cz/414/racionalizace-vyroby.pdf>
- [11] ŠIMON, Michal. *Plytvání, podmínky implementace leanu*. Studijní podklad pro výuku předmětu KPV/PI. Západočeská univerzita v Plzni.
- [12] Plytvání. In: *Svět produktivity* [online]. 2012 [cit. 2023-10-13]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-plytvani.htm>
- [13] DLABAČ, Jaroslav. Analýza a měření práce. In: *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 2023 [cit. 2023-10-13]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- [14] VAVRUŠKA, Jan. *REFA a měření práce*. Liberec, 2012. Studijní podklad. Technická univerzita v Liberci.

- [15] DLABÁČ, Jaroslav. Analýza a normování práce je pro velkou část českých firem stále aktuálnějším tématem. In: *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 2023 [cit. 2023-10-11]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25840n-analyza-a-normovani-prace-je-pro-velkou-cast-ceskych-firem-stale-aktualnejsim-tematem>
- [16] LHOTSKÝ, Oldřich. *Organizace a normování práce v podniku*. 1. vyd. Praha: ASPI, 2005. Lidské zdroje. ISBN 80-735-7095-5.
- [17] ZANDIN, Kjell B. *MOST Work Measurement Systems*. 4. vyd. CRC Press, 2020. ISBN 978-0-367-34531-0.
- [18] Metody předem stanovených časů. In: *Katedra výrobních systémů* [online]. 2007 [cit. 2023-10-17]. Dostupné z: <http://www.kvs.tul.cz/PI>
- [19] KRIŠŤAK, Jozef. MTM - Methods Time Measurement. In: *IPA* [online]. 2017 [cit. 2023-10-17]. Dostupné z: <https://www.ipaslovakia.sk/clanok/mtm-methods-time-measurement>
- [20] ŠIMON, Michal. Přednášky z předmětu PI. In: *Courseware* [online]. 2022 [cit. 2023-10-20]. Dostupné z: <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/kpv/pi>
- [21] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [22] DLABAČ, Jaroslav a Marcel PAVELKA. Průmyslové inženýrství v organizační struktuře podniku. In: *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 2015 [cit. 2023-10-20]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25785n-prumyslove-inzenyrstvi-v-organizacni-strukture-podniku>
- [23] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [24] VÍTEK, Václav. 5S. In: *Svět produktivity* [online]. 2012 [cit. 2023-10-23]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/slovník-5S.htm>
- [25] ROSER, Christoph. Co je Kaizen?. In: *Průmyslové inženýrství* [online]. 2020 [cit. 2023-10-23]. Dostupné z: <https://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/2020/09/02/co-je-kaizen/>
- [26] RAKYTA, Miroslav a Vladimíra BIŇASOVÁ. *Totálně produktivní údržba TPM*. 1. vyd. Žilina: Vydavatelské centrum ŽU, 2016. ISBN 978-80-554-1210-8.
- [27] POKA-YOKE. In: *Ikvalita.cz* [online]. [cit. 2023-10-24]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=139>
- [28] DICz Plzeň (ČR). In: *Daikin Czech Republic* [online]. [cit. 2023-10-24]. Dostupné z: https://www.daikinczech.cz/cz_cz/index/o-dicz/dicz-plzen.html
- [29] O nás. In: *Daikin Czech Republic* [online]. [cit. 2023-10-24]. Dostupné z: https://www.daikinczech.cz/cz_cz/index/o-dicz.html

Seznam příloh

PŘÍLOHA č. 1: Porovnání původních a naměřených časů na jednotlivé operace	i
PŘÍLOHA č. 2: Procesní mapa výrobního procesu pomocí metody ARIS	iii
PŘÍLOHA č. 3: Diagram taktu prvního a druhého operátora	v

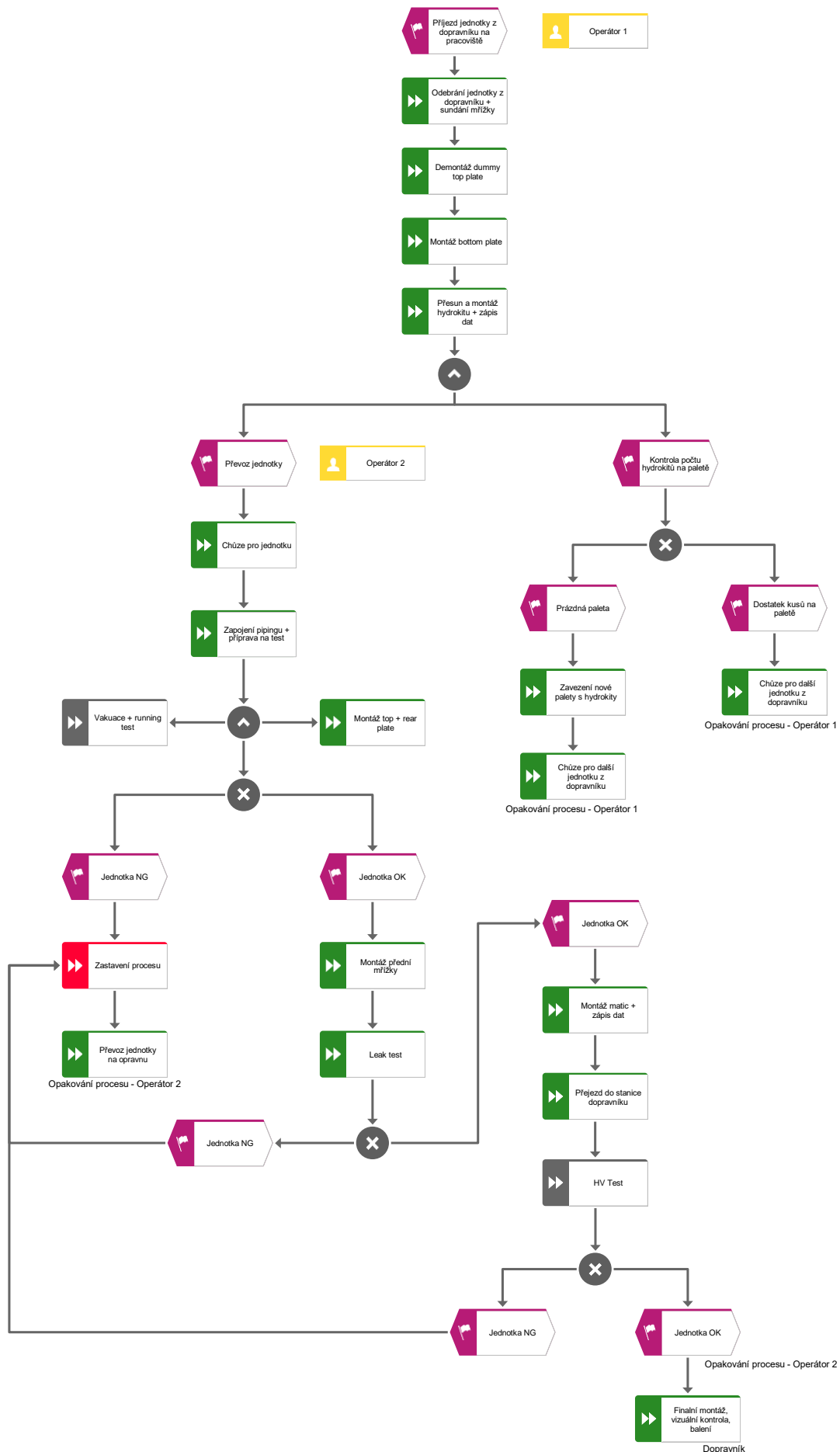
PŘÍLOHA č. 1

Porovnání původních a naměřených časů na jednotlivé operace

Popis činnosti	Současné [s]	Původní [s]
Chůze pro jednotku	36	28
Sundání mřížky	14	10
Povolení a sundání hadic	25	-
Montáž plechu na svorkovnici (frame plate) - 2x šroub	14	10
Příprava spodní plech + řemínek	15	13
Podsunutí spodního plechu	8	7
Zvednutí jednotky – přesun na paletě R4	24	20
Demontáž dummy top plate	27	24
Odložení dummy Top plate	12	3
Upnutí hydrokitu na manipulátor + podstava	18	15
Přesun hydrokitu na paletu (podstavu)	25	20
Demontáž záslepek potrubí	5	-
Namazání potrubí olejem	6	7
Přiložení hlavy 1 na paletu R4 + stisknutí tlačítka	6	6
Načtení hydrokitu	5	4
Zápis hlavy 1 + stisknutí tlačítka	6	6
Povolení svorkovnice	7	8
Zapojení kabelů do svorkovnice a dotažení	32	50
Přišroubování 4P držáku	14	10
Usazení hydrokitu na spodní plech	38	40
Přišroubování hydrokitu k spodnímu plechu – 2x šroub	12	12
Přišroubování hydrokitu k jednotce – 2x šroub	15	13
Odpojení manipulátoru + odebrání podstavy	15	-
Přejezd	20	15
Přiložení hlavy 2 na paletu R4 + stisknutí tlačítka	7	6
Zapojení potrubí a dotažení převlečných matic	54	45
Demontáž matice servisního ventilu pro vakuaci	13	12
Připojení hadice na vakuaci	5	10
Připojení přípravku na funkční test	9	6
TEST (funkční test + vakuace)	96	80
Montáž top plate + vizuální kontrola	74	43
Nasazení zadního plechu + vizuální kontrola	10	6
Přišroubování zadního plechu – 2x šroub	13	11
Odpojení přípravku	10	6
Odpojení hadice vakuace	8	10
Montáž servisní port matice	7	6
Montáž přední mřížky	44	31
Otevření ventilů	14	10
Leak test (únik chladiva)	15	40
Montáž zaslepovacích matic	51	8
Zápis hlavy 2 + stisknutí tlačítka	6	6
Přejezd do stanice	59	65
HV test	27	25

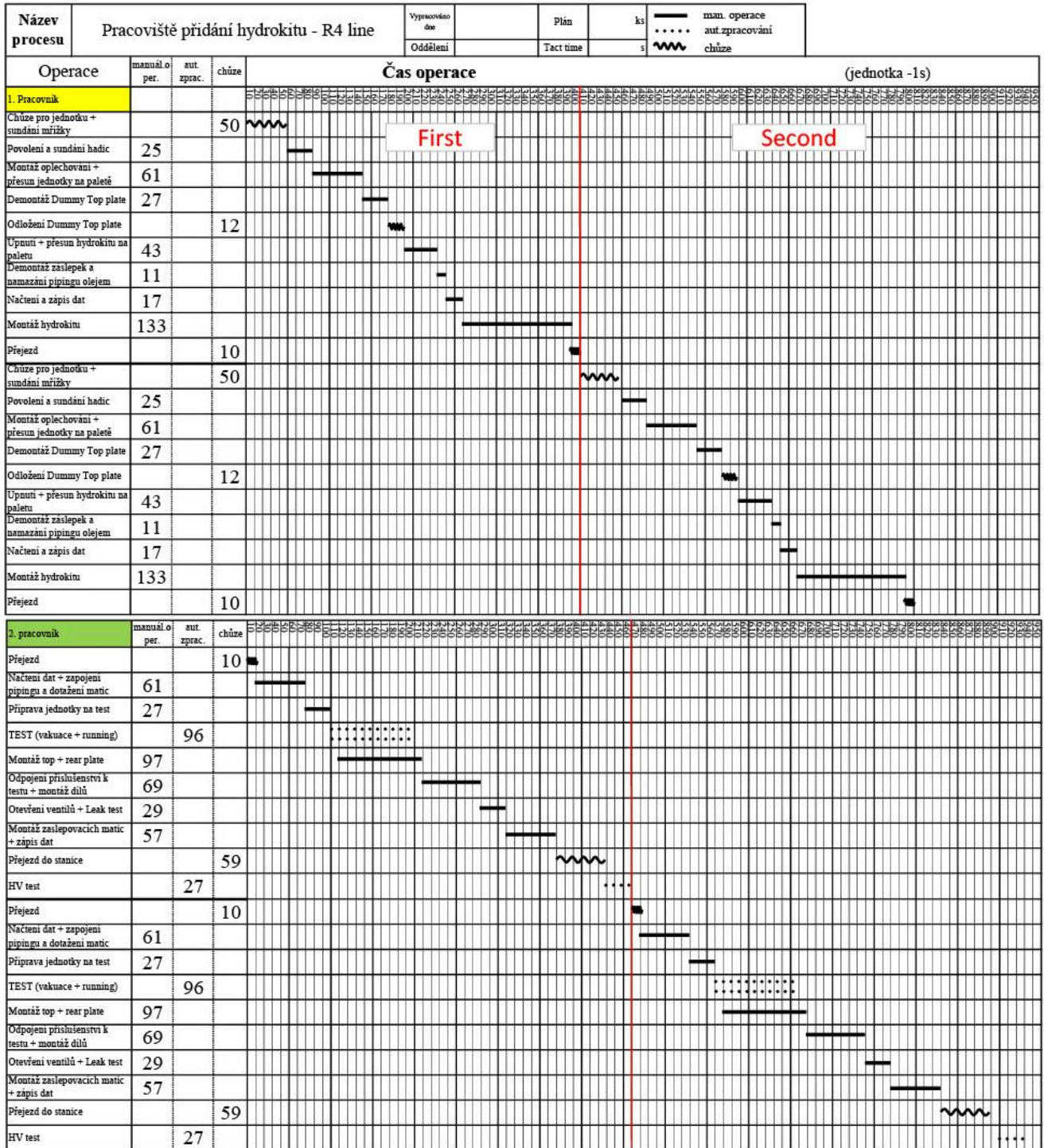
PŘÍLOHA č. 2

Procesní mapa výrobního procesu pomocí metody ARIS



PŘÍLOHA č. 3

Diagram taktu prvního a druhého operátora



1. prac Celkem 317 0 72 Production capacity: 55 units per shift, teoretical production in case no complication
389 50 unit per shift with 90% effectivity, set as target

2. prac Celkem 340 123 69 TT: 436 s
532

