



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# RACIONALIZACE OPERATIVNÍHO PLÁNOVÁNÍ VE VÝROBĚ

RATIONALIZATION OF OPERATIONAL PLANNING IN PRODUCTION

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Slavomír Jansa

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Karel Osička, Ph.D.

BRNO 2019

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Slavomír Jansa**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Karel Osička, Ph.D.**  
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Racionalizace operativního plánování ve výrobě

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Aplikace operativního plánování ve výrobě jističů s ohledem na linkový způsob výroby.

### Cíle bakalářské práce:

- Rozbor stávajícího způsobu výroby a montáže.
- Monitorování montáže typového představitele a určení problémových míst.
- Výběr možností racionalizačních opatření.
- Rozpracování vybraných racionalizačních opatření v konkrétních podmínkách podniku.
- Ekonomické zhodnocení.

### Seznam doporučené literatury:

JUROVÁ, M. Řízení výroby I, Část 1. 2. přepracované a doplněné vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005. 81 s. ISBN 80-214-3066-4.

JUROVÁ, M. Řízení výroby I, Část 2. 2. přepracované a doplněné vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006. 138 s. ISBN 80-214-3134-2.

BAUER, M. Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2012. 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.

SUTORMINA, E., M. JUROVÁ a Z. BROŽ, Mechanismus univerzálního hodnocení vnitřních informačních toků pro malé a střední podniky. In International workshop for PhD students. Brno, Czech Republic: Brno University of Technology, Faculty of Business and Management, 2010. s. 115-120. ISBN: 978-80-214-4194- 1.

JUROVÁ, M., Logistika. 1. vydání. Brno: Vysoká škola Karla Engliše, 2010. 48 s. ISBN: 978-80-867-0-17-4.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je představit návrh úsporných opatření, která povedou ke snížení plýtvání v průmyslovém podniku v souladu s konceptem štíhlé výroby. V první části je zpracován přehled metodik *lean production* a jsou představeny nástroje ke zvýšení produktivity, efektivity a kvality výrobního procesu. Ve druhé části práce jsou prezentovány výsledky analýzy, a v souladu s teorií štíhlé výroby jsou učiněny návrhy na provedení úsporných opatření a snížení plýtvání.

## ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to present a proposal of austerity measures that will lead to a reduction of waste in an industrial enterprise in accordance with the concept of *lean production*. In the first part there is presented an overview of lean production methods and tools for increasing productivity, efficiency and quality of production process. In the second part of the thesis, the results of the analysis are submitted and proposals to implement austerity measures are made.

### Klíčová slova

Štíhlá výroba, kaizen, odstranění plýtvání, operativní plánování, metody štíhlé výroby, analýza produktivity, úsporná opatření, časový snímek pracovní doby

### Keywords

Lean production, Kaizen, reduction of waste, operative planning, lean production methods, productivity analysis, austerity measures, working day schedule

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JANSA, Slavomír. *Racionalizace operativního plánování ve výrobě*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117201>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Karel Osička.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Racionalizace operativního plánování ve výrobě** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

23. 5. 2019

---

Slavomír Jansa

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych na tomto místě poděkoval zejména vedoucímu práce, panu Ing. Karlu Osičkovi, Ph.D. za odborné rady, vstřícnost, pečlivost, důslednost a čas, který mi na konzultacích věnoval. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni, kteří mě podporovali nejen v průběhu psaní práce, ale byli mi oporou po celou dobu studia. V neposlední řadě mé díky patří kolegům z práce, kteří mi poskytovali odborné rady.

---

**OBSAH**

ÚVOD .....	8
1 ŠTÍHLÁ VÝROBA A OPERATIVNÍ PLÁNOVÁNÍ.....	9
1.1 Operativní management .....	9
1.2 Štíhlá výroba.....	9
1.2.1 Metody užívané ve štíhlé výrobě .....	10
1.2.2 Konceptualizace štíhlé výroby .....	12
1.3 Just-in-Time.....	13
1.3.1 Základní součásti JIT .....	14
1.4 Druhy plýtvání (8 muda).....	15
1.4.1 Ztráty nadprodukcí .....	16
1.4.2 Ztráty v důsledku držení nadměrných zásob .....	16
1.4.3 Ztráty v důsledku oprav a nevyhovujících kusů .....	16
1.4.4 Ztráty způsobené zbytečnými pohyby .....	16
1.4.5 Ztráty při vlastním zpracování výrobku .....	16
1.4.6 Ztráty čekáním .....	16
1.4.7 Ztráty v dopravě .....	17
1.4.8 Ztráty z nevyužitého tvůrčího potenciálu pracovníků .....	17
1.5 Kanban .....	17
2 ROZBOR STÁVAJÍCÍHO ZPŮSOBU VÝROBY .....	18
2.1 Rozmanitost výroby .....	18
2.2 Složení kusovníku a konfigurace.....	18
2.3 Popis výrobní haly .....	19
2.4 Personální složení .....	20
3 MONITOROVÁNÍ TYPOVÉHO PŘEDSTAVITELE NA VÝROBNÍ LINCE .....	21
3.1 Obdržení objednávky a složení kusovníků.....	21
3.2 Montáž výsuvného mechanismu .....	21
3.3 Montáž rámu.....	22
3.4 Monitorování montáže jističe na hlavní výrobní lince .....	22
3.4 Časový snímek pracovní doby operátora .....	25
3.4.1 Ekonomické zhodnocení časového snímku pracovní doby operátora.....	29
3.6 Problémy zaznamenané během monitorování typového představitele .....	30
3.7 Rozložení výrobní haly .....	31
4 VÝBĚR RACIONALIZAČNÍCH OPATŘENÍ .....	32
4.1 Úprava stávajícího způsobu výroby jističe.....	32
4.1.1 Konsolidace pracovišť WP3 a WP4 .....	32
4.1.2 Pokročilé plánování zakázek.....	33

---

4.1.3 Automatizace odepisování vstupních materiálů.....	33
4.1.4 Výhody a nevýhody úpravy stávající výroby.....	33
4.2 Návrh nového uspořádání výroby.....	34
4.2.1 Srovnání se současnou výrobou .....	36
5 DISKUSE .....	37
ZÁVĚR.....	38
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	39
SEZNAM ZKRATEK.....	40
SEZNAM GRAFŮ.....	41
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	41
SEZNAM TABULEK.....	41

---

## ÚVOD

Trendem, který převládá v současnosti, je zefektivňování výroby. Firmy po celém světě proto hledají možnosti, jak zvýšit svou produktivitu, aniž by musely rozšiřovat své hmotné a personální zázemí. Aby mohly české firmy konkurovat v globálním měřítku, dostávají se také ony k aplikacím principů štíhlé výroby.

Efektivita těchto principů je vyšší, pokud jsou aplikovány na podniky s objemnou výrobou, jelikož jejich obrát je v porovnání se vstupními náklady větší. Avšak ani malé a střední podniky by neměly zanedbávat operativní management a měly by aplikovat principy štíhlé výroby.

Práce je členěna do dvou částí: teoretické a praktické. V teoretické části práce budou popsány hlavní principy využívané v principech štíhlé výroby. Zároveň dojde ke konceptualizaci pojmů spojených se štíhlou výrobou. V praktické části jsou pro českou společnost, která se zabývá výrobou nejrůznějších typů jističů, navržena konkrétní opatření zlepšující výrobní tok. Dle metod štíhlé výroby jsou vypracovány analýzy ke zjištění problémových úseků výroby, je proveden pracovní snímek dne operátorů výroby a monitoring typového představitele.

První opatření optimalizuje současný stav výroby pomocí systému pokročilého plánování. Aplikací metod *advanced planing* by mělo být dosaženo optimálního krátkodobého řazení zakázek jističů na výrobní lince a v důsledku toho by mělo dojít ke snížení ztrátových časů pracovníků na jednotlivých pracovištích a celkové zvýšení plynulosti výroby.

Druhý návrh představuje změnu uspořádání výrobní linky i pořadí prováděných úkonů v souladu s metodami *kaizen*. V porovnání s optimalizačním návrhem dochází k ještě vyšším úsporám času a ke zvýšení výrobního taktu. Vyšší ekonomická nákladnost realizace je vyvážena zvýšením produktivity výrobní linky o více než 50 %.

## 1 ŠTÍHLÁ VÝROBA A OPERATIVNÍ PLÁNOVÁNÍ

Pojmy štíhlá výroba a operativní plánování jsou čím dál častěji spojovány se zlepšováním výroby. Každá firma, která chce udržet krok s konkurencí, by se měla klást důraz na zefektivňování výroby. Jedním z možných způsobů jak zvýšit produkci je implementace konceptu štíhlé výroby a racionalizace operativního plánování.

V této kapitole jsou představeny metodiky štíhlé výroby a je provedena konceptualizace termínů souvisejících se systémy *kaizen* a *just in time*.

### 1.1 Operativní management

Operativní management představuje nástroj pro dosažení strategických cílů. Na nižší úrovni řízení jsou činěna rozhodnutí týkající se konkrétního procesu a plánování v krátkodobém horizontu (obvykle maximálně jednoho roku). Operativní plánování výroby zabezpečuje plynulý průběh výrobního procesu, zabezpečení dodávek vstupních materiálů a dalších zdrojů a v důsledku efektivní průběh výrobního procesu.[3]

Rozhodnutí vycházející z operativního managementu se bezprostředně dotýkají vykonávaných činností, jedná se tedy o organizaci na nejnižším stupni řízení.[10]

### 1.2 Štíhlá výroba

Principem štíhlé (hladké) výroby je produkce s minimálními časovými ztrátami. Tento systém je založen na pružnosti výrobních zařízení a kvalifikovaných pracovnících, kteří projevují tendence vše zdokonalovat.[8] „Je to komplexní organizace vývoje a výroby produktů, vztahů s dodavateli a zákazníky, která optimalizuje požadavek klienta tak, aby bylo zapotřebí méně lidské práce, kapitálu i času a výrobky byly kvalitnější.“[2] Vztahy v tomto systému jsou označovány jako partnerské, neboť mezi dodavateli a odběrateli vytváří plnou závislost a „jakákoli porucha v systému by znamenala velkou finanční ztrátu.“[11]

Koncept štíhlé výroby byl poprvé implementován v japonské společnosti Toyota. Štíhlá výroba nahradila dříve hojně užívanou hromadnou výrobu, která spočívala ve velkém objemu skladových zásob, nutnosti sladit tempa výroby různých součástek, a v přípustném procentu zmetkovitosti. Naproti tomu principy štíhlé výroby jsou založeny na zkrácení času nutného k seřízení a ve výrobě menších dávek. Důsledkem implementace konceptu štíhlé výroby je snížení skladovacích nákladů a vyšší kvalita výrobků.[5] Zároveň tím, že jsou součástky potřebné výrobě pořizovány v menších, pravidelných dávkách, dochází k minimalizaci nákladů na skladování.

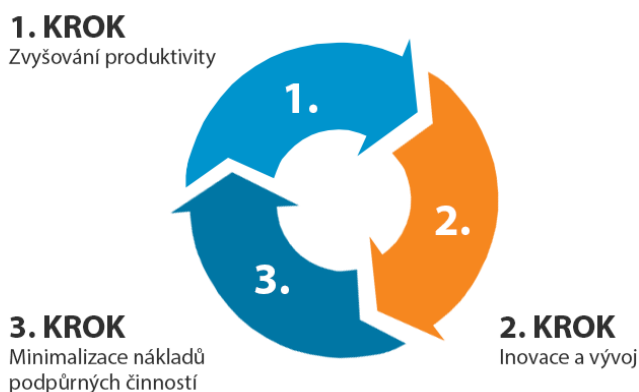
Při aplikaci principů štíhlé výroby projevují organizace snahu předcházet problémům zvýšeným důrazem na prevenci a údržbu. Zaměstnanci také absolvují školení a jsou vedeni k týmové spolupráci a lepšímu využívání jejich kreativního potenciálu. Díky školením jsou zaměstnanci schopni flexibilně přecházet mezi pracovišti, aby byly maximálně eliminovány prostoje. Na zaměstnance jsou kladeny vyšší nároky na odpovědnost za výrobu i vůči skupině. Celková organizační struktura je spíše plochá.[8] Zatímco hromadná výroba je charakterizována „vertikálním uspořádáním technologie a tomu odpovídajícím typem organizační struktury (kombinace funkcionální a divizionální struktury), štíhlá výroba vede ve svém výsledku k integraci dodavatelských a zákaznických služeb.“[5]

Koncept štíhlé výroby nahlíží na firmu jako na bezbariérový tok „hodnot od dodavatele k zákazníkovi, nikoliv jako o izolovaných výrobcích, technologiích, útvarech apod.“[12] Štíhlá výroba je princip, „který krade hlavní důraz na plnění zákaznických požadavků a úsporné hospodaření se všemi zdroji. Stručně řešeno: Štíhlá výroba znamená vyrábět více

s menším množstvím zdrojů.“[11] Jejím principem je omezení plýtvání zdroji a časem. „Štíhlá produkce tedy vyžaduje: neustálý pokles nákladů, vyloučení vadných výrobků, nulovou hladinu zásob, rozmanitost konečné produkce, změnu v organizaci – vytváření týmů, nároky na kvalifikaci, nároky na odpovědnost.“[5]

Při zavádění systému je třeba začít odstraňovat nedostatky v řízení a organizaci: „špatnou údržbu strojů, špatnou morálku pracovníků, nedostatečnou kvalifikaci pracovníků, nevhodný systém odměňování, špatný systém plánování aj.“[11] V důsledku výše uvedených změn dochází k „samovolnému“ odstranění nadbytečných zásob.

„Mezi čtyři hlavní principy patří vyvarování se chyb, celkový proces, flexibilita a princip tahu, pomocí kterých je dosahováno jednotlivých kritérií štíhlé výroby aplikací příslušných nástrojů a metod. Ostatní principy (standardizace, transparentnost, neustálé zlepšování a osobní zodpovědnost) představují soubor pravidel, která jsou společná pro všechny činnosti spojené se zaváděním štíhlé výroby v podniku.“[11]



Obrázek 1.1 Posloupnost metod štíhlé výroby [14]

K základním charakteristikám štíhlé výroby patří podle Váchala a Vochozky:[11]

- odstranění časových, materiálních i finančních ztrát (8 druhů ztrát)
- umístění potřeby zákazníka na první místo
- jednotliví pracovníci se návrhy drobných inovací spolupodílí na zlepšování celého podniku
- spojování metod do neustále se vyvíjejícího systému

### 1.2.1 Metody užívané ve štíhlé výrobě

Principy štíhlé výroby jsou založeny na následujících metodách: (Váchal & Vochozka, 2013; Imai, 2005, Kavan, 2002)

**Andon** je nástrojem vizualizace, při které je porovnáván aktuální a plánovaný stav výroby. Tento nástroj umožňuje rychle reagovat na potenciální vznik problému.

**Bottleneck** je takové pracoviště, před kterým se za běžného provozu hromadí práce. Principem štíhlé výroby je vyhledávání úzkých míst v procesech a odstraňování faktorů limitujících propustnosti procesů. „Úzká místa jsou kritickými částmi výrobního procesu. Pro jejich odstranění je třeba nahradit princip tlaku principem tahu!“[8]

**EPEI** (Every Part Every Interval) je interval, ve kterém se na určitém výrobním zařízení vyrobí všechny zásadní typy produktů (nejčastěji ve dnech).

---

**FIFO** (First In First Out) představuje způsob zpracovávání dílců v pořadí, v jakém do systému vstoupili. Tento systém je výhodný ve sledování průběhu procesu a dohledávání jednotlivých výrobních šarží.

**Hanedashi** (třetí ruka) je způsob úpravy výrobního zařízení tak, že je stroj vybaven automatickým vyhazovačem, což zvyšuje produktivitu, neboť stroj provádí nadbytečné úkony místo člověka

**Chaku-chaku** (vložit-vložit) je způsobem uspořádání výrobní linky (obvykle do písmene U), který umožňuje pracovníkům flexibilní přechod mezi jednotlivými obsluhovanými pracovišti.

**Jidoka** je formou automatické detekce a předcházení chybám ve výrobě. V případě zjištění chyby výrobního zařízení automaticky zastaví proces a předá informaci o chybě operátorovi. Tím je zabráněno opakování chyby a je včasné sjednána náprava.

**Kaizen** představuje „princip neustálého zlepšování jakéhokoliv procesu v postupných krocích za účasti všech pracovníků.“[11] [13] Praktikování kaizenu znamená následování tří pravidel: kvalitní hospodaření, odstranění plýtvání a standardizace.

**Nivelizace** (heijunka) je sestavování denního plánu tak, aby byly všechny části výrobní linky vytíženy rovnoměrně. Vzhledem ke kolísavým potřebám zákazníků a proměnlivým intervalům odběru se společnosti snaží vyrábět typy výrobků, které jdou na odbyt nejčastěji pravidelně po malých dávkách, což vede k menším zásobám hotových výrobků. Tím je zajištěn rovnoměrný odběr materiálu od dodavatelů a celý proces je velmi stabilní.

**Poka-yoke** (chyba-předcházení) je nástroj pro vyvarování se chyb, zajištění kvality a bezpečnosti v průběhu procesu. Tento nástroj umožňuje zkonstruovat výrobní nástroj tak, aby k montáži mohlo docházet pouze ve správné poloze. Zároveň je možné dosahovat časových úspor na přeseřizení i na lidskou práci.

**Rychlé přeseřizení** (SMED – Single Minute Exchange of Dies) je formou zkracování procesu přenastavení výrobního zařízení mezi jednotlivými výrobními dávkami, tedy času, kdy výrobní zařízení nefunguje.

**Standardizace**, tedy „systematický proces výběru, sjednocování a stabilizace jednotlivých variant vstupů, transformačních procesů a výstupů, a to jak u hmotných prvků procesu, tak u potřebných informací.“[11] Standardizace snižuje počet variant a náhodností, což vede ke snazšímu a hospodárnému řízení a snadné opakovatelnosti procesu.

**TFM** (Total Flow Management) představuje jeden z nejdůležitějších a nejvýše postavených cílů systému *kaizen*. Jedná se o způsobu řízení toku, který naplňuje i filosofii JIT. Jeho nejdokonalejším případem je **one-piece-flow**. *One-piece-flow* je „ideální případ tokově orientované výroby, kdy velikost výrobní dávky představuje pouze jeden kus [...] probíhající mezi jednotlivými operacemi výrobního cyklu bez meziskladů,“[11] což v podstatě znamená, že mezi jednotlivými operacemi ve výrobním procesu existuje vždy pouze jeden rozpracovaný kus výrobku, tzn., nevznikají žádné mezi-zásoby polotovarů. Tím je umožněna minimalizace všech druhů plýtvání. Výhodou tohoto přístupu je rychlé odhalení vadného dílu, a zamezení výskytu plýtvání a dalších chyb. Zároveň je zajištěn relativně rychlý průběh produktu výrobou a dochází ke snížení nákladů na skladování.

**TPM** (Total Productive Maintenance) je způsob údržby výrobních zařízení, při kterých je preferována prevence, kterou provádí pracovníci, kteří s ním každý den pracují, protože ho znají nejlépe.

**Vizualizace** je způsobem umístění všech nástrojů a věcí na předem definované místo, což pracovníkům zjednodušuje orientaci v procesu. Tento způsob umožňuje snáze zapracovat nové pracovníky, rychleji odhalit defekty a úzká místa, podporovat k neustálému zlepšování a udržování dohodnutých standardů.

**VSM/VSD** (Value Stream Mapping /Design) je nástrojem znázorňujícím materiálový a informační tok, který se provádí proti směru materiálového toku. Tento způsob „umožňuje lépe porozumět funkcím výrobního systému a odhalit příčiny plýtvání.“[11]

**Záchranná brzda** je forma rychlé reakce, kde pracovník zastaví celou linku, pokud identifikuje odchylku od standardu (ať již při výrobě, zásobování nebo jinde). Tímto postupem je zajištěno, že nedojde k opakování chyby.

**5S** je „metoda k zamezování ztrát pomocí lepší organizace pracovišť a tím získání většího přehledu o průběhu procesů.“[11] Metoda 5S je založena na pěti japonských pojmech, které definují udržování pořádku na pracovišti:[1] [7]

- *seiri* – selektovat
- *seiton* – srovnat
- *seiketsu* – vyčistit
- *seisou* – standardizace
- *shitsuke* – sebedisciplína



Obrázek 1.2 Systém aplikace 5S [13]

### 1.2.2 Konceptualizace štihlé výroby

V souvislosti s konceptem štihlé výroby se užívají následující pojmy:[8] [9] [11]

- **celkový proces** je takový proces, který zahrnuje veškeré aktivity, k nimž dochází v rámci společnosti. Jeho optimalizace vede ke komplexnímu a systematickému zlepšování v porovnání s optimalizací jednotlivých procesů separovaně.
- **vyvarování se chyb** představuje implementaci preventivních opatření pro zvýšení stability procesů. Cílem je dosažení bezporuchovosti výroby a stabilní zkrácení průběžných výrobních časů.
- **flexibilita** je schopnost rychle a snadně přizpůsobovat stroje, zařízení a organizaci práce měnícím se požadavkům zákazníků. Zahrnuje možnost spolehlivě a rychle přestavit výrobní zařízení podniku (včetně pružného přemístění zaměstnanců) tak, aby

bylo možné přizpůsobit se aktuálním požadavkům zákazníků. Dodržování tohoto principu je velmi časově, organizačně i finančně náročné.

- **princip tahu** je jedním z principů, na kterých je založena moderní výroba. K dalším patří vysoká produktivita, plynulý výrobní tok a kvalita výroby. Princip tahu je založen na výrobě přesného množství správného výrobku ve správný čas dle požadavků zákazníka, tzn. výroba reaguje na měnící se požadavky zákazníka. „Zavedení tohoto transparentního a samořiditelného systému vede k jednoduššímu plánování a řízení výroby, snížení stavu zásob a četnosti případů, kdy na výrobní lince chybí materiál.“[11]
- **standardizace** představuje způsob vytváření norem pro každé výrobní pracoviště i ve všech odděleních ve společnosti. „Přínosem standardizace je jednotnost, sdílení know-how, přehlednost atd. Standardy je nutné neustále rozvíjet a vylepšovat.“[11]
- **transparentnost** neboli přehlednost procesů na první pohled tak, aby jakákoli odchylka byla ihned viditelná. Transparentnost vyžaduje od všech pracovníků znalost jejich osobních úkolů a cílů, což je spojeno s odpovídajícím přidělením odpovědnosti a kompetencí.
- **neustálé zlepšování** je principem známým jako *kaizen* („kai“ = změna + „zen“ = dobrý). Principem kaizenu je neustálé zlepšování (i po malých krůčcích) a to při participaci všech pracovníků.[1]
- **osobní zodpovědnost** je principem, který je založen na odpovídající komunikaci se zaměstnanci, silné závislosti společnosti na jednotlivých pracovnících a přesné znalosti úkolů a pravomocí. „Princip osobní zodpovědnosti představuje jasné přidělení odpovědností a kompetencí na procesní úrovni, což zároveň vytváří prostor pro tvořivost.“[11]

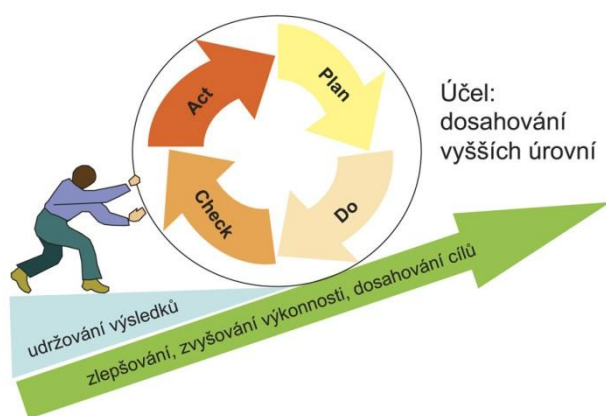
### 1.3 Just-in-Time

Součástí štihlé výroby je i metoda JIT (just-in-time), který zabezpečuje plynulost výroby, minimalizuje nadbytečné prostoje a přerušení (například prostřednictvím snížení poruchovosti, nebo eliminací rozdílů ve výkonnosti jednotlivých pracovišť a zkracování průběžných dob. „Prioritním pro systémy JIT byl důraz kladený na úspory času, jako druhotný efekt se dostaví snižování zásob. První aplikace JIT byly zaměřeny na plynulost výroby – omezování rozpracované výroby, později zkracování dodacích cyklů, a tím snižování výrobních zásob.“[12] Metoda JIT (Just-in-Time) představuje „řízení především opakované výroby, ve které je provoz, pohyb materiálu i zboží uskutečňován co nejrychleji a nejúsporněji, podle bezprostřední technologické potřeby, v co nejmenších výrobních dávkách.“[8]

Smyslem zavedení JIT výroby je zabránit neproduktivnímu vázání kapitálu do zásob a skladování nadbytečných výrobních dávek. Ušetřené prostředky pak mohou být investovány do vývoje nových produktů, školení zaměstnanců či podporu prodeje. „Výroba menších dávek před vlastní montáží umožňovala prakticky okamžitě zjistit chybu a tím došlo ke zvýšení kvality.“[5]

Metoda JIT zlepšuje hospodaření prostřednictvím: „zkrácení průběžné doby výroby, redukce velikosti výrobních dávek, snížení rozpracovanosti, načasované zpracování dávek, minimalizace pracovních vzdáleností, odpovědnost operátorů za kvalitu, přímá integrace testování ve výrobě, dostupnost zařízení – práci.“[8] Tok materiálu probíhá takovým

způsobem, že vždy když je třeba, je materiál k dispozici, aniž by musel být zbytečně skladován. „To vyžaduje, aby byl materiál dodáván v co nejmenších dávkách rychle, flexibilně, podle technologické potřeby.“[11] Dodavatelé tak dodávají výrobky, které zákazník potřebuje, v odpovídajícím termínu i čase, na určené místo a v přesném množství.[7]



Obrázek 1.3 Princip neustálého zlepšování [17]

Přínosem systému JIT je zejména možnost dosažení vyšší spokojenosti zákazníků, schopnost rychleji reagovat na měnící se požadavky zákazníků a potenciál okamžitě identifikovat kvalitativní problémy. Mimo to, díky JIT společnosti disponují snáze kontrolovatelnými skladovými zásobami v minimálním možném objemu a i díky tomu se výrobní náklady stávají rentabilnějšími.[7]

K negativům Just-in-Time systému patří prodražení dopravy vinou častějších dodávek (z toho vyplývající zácpy a vyšší emise). Rizikem systému JIT je neexistence časových nebo materiálových rezerv pro případ nouze. Případná chyba na straně dodavatele, nebo výroba nevyhovujících kusů ze strany dělníka celý systém paralyzuje. Možným problémem je i nedostatek prostoru pro všechny dodavatele přímo u linky, což může být vyřešeno pomocným skladem v blízkosti montáže, odkud jsou přepravovány pravidelně v krátkých časových intervalech na linku.[11]

### 1.3.1 Základní součásti JIT

Pro dosažení JIT, je třeba zabezpečit spolehlivé výrobní stroje, proces trvalého zlepšování a efektivní a kvalitní výrobní procesy. V dalších odstavcích jsou představeny základní součásti JIT.[6] [7] [8]

**Vysoká úroveň kvality**, která vede ke snížení míry zmetkovitosti, která narušuje hladký průběh výrobního procesu. Nízké zmetkovitosti má být dosaženo standardizací výrobního procesu, detekcí a odstraňováním závad. Od všech dodavatelů vstupů do systému je vyžadována 100% kvalita, stejně jako na všechny dělníky je přenesena zodpovědnost za kvalitu produkce. Standardizace až automatizace vede ke zrychlení a zlevnění výrobního procesu.

**Hladký výrobní tok** představuje systém koordinace všech činností ve výrobním řetězci tak, aby logicky navazovaly a zajišťovaly tak hladký výrobní tok. Na základě plánů výroby, které jsou pravidelně revidovány na základě informací z prodeje.

**Nízké zásoby**, nízká míra provozních zásob, „nízká množství nakupovaných dílů, materiálů, rozpracované výroby, finálních výrobků atd.“[8] představuje jeden ze způsobů, jak

---

je možné dosáhnout úspory výrobních prostor (například redukcí meziskladů), zrychlení a operativnějšímu řízení logistiky celého výrobního procesu.

**Malé výrobní dávky** umožňují snížení nákladů, zvýšení pružnosti a snížení vázanosti kapitálu jak v průběhu výrobního procesu, tak u dodavatelů. „Malé výrobní dávky však zvyšují nároky řízení, jako nakonec celá metoda JIT.“[8] Díky malým výrobním dávkám je možné lépe a rychleji uspokojit přání zákazníků.

**Rychlé a levné seřizování** je požadavkem kvůli menším výrobním dávkám. I proto je nutné změnit techniku organizace seřizování (například užívat elektronické a víceúčelové seřizovací součástky nebo účelněji zorganizovat pracoviště), popřípadě uzpůsobit samotnou konstrukci stroje.

**Účelné rozmístění strojů** představuje potřebu „vše posunout směrem k větší aplikaci předmětného uspořádání, zkrátit vzdálenosti mezi stroji, zmenšit příliš rozlehlé výrobní prostory“[8] tak, aby byl umožněn hladký výrobní tok. Šetření prostorem a eliminace přepravních nákladů je klíčem k úspěšné aplikaci JIT výroby.

**Preventivní opravy a údržba strojů** umožňuje eliminaci pravděpodobnosti vzniku poruch, čímž nedochází ke zdržením a vzniku dodatečných nákladů. Preventivní údržba strojů patří k povinnostem obsluhy zařízení.

**Vícestrojová obsluha (kvalifikace)** je jedním z požadavků na fungující systém just-in-time výroby. „JIT filozofie připravuje samotné operátory strojů (obsluhu) na zvládnutí všech možných úkolů a situací. Problematika zvládnutí návazností výrobního procesu vyžaduje rozvoj tvořivosti a širokých výrobních schopností i znalostí.“[8]

**Duch spolupráce** představuje vědomí všech pracovníků společnosti, že táhnou za jeden provaz, což od nich vyžaduje houževnatost a sto procentní plnění pracovních povinností od dělníka až po vrcholového manažera.

**Méně spolehlivějších dodavatelů** je jedním ze základních stavebních kamenů JIT, kdy jsou preferovány dlouhodobé smluvní vztahy omezeného počtu spolehlivých dodavatelů. Nejedná se tedy vždy o nalezení nejlevnějšího dodavatele, ale takového, u něhož bude zmetkovitost dodávaného materiálu na vstupu co nejnižší. Závada vstupu způsobí nepoměrně vyšší ztráty v průběhu výrobního procesu, popřípadě reklamační nároky ze strany zákazníka, které si také žádají vícenásobky.

**Tažný systém výrobního toku zboží** je systém produkce výrobků a součástek, které mají odbyt (na objednávku). Pracoviště jsou tak řízena poptávkou, nikoli nabídkou jako tomu bylo u tradičních přístupů.

**Tvůrčí systém rozhodování** představuje prosazována týmová spolupráce, a předcházení chronickým problémům „Tvořivost v oblasti výroby je třeba soustředit především na dosažení a udržení hladkého výrobního toku.“[8] V rámci JIT je pak

**Neustálé zdokonalování** výroby je aplikace malých změn pravidelně každý den. Tyto drobné krůčky pak dávají podniku uplatňujícímu JIT strategii konkurenční výhodu.

## 1.4 Druhy plýtvání (8 muda)

„Rozbor organizace pracovních činností [...] ukázal, že je celý systém spojen s plýtváním materiálu, času i úsilí dělníků. Ukázalo se, že řadu činností, které vykonávali různí specialisté, je možné spojit s činností pracovníka přímo u montážní linky. Důvod byl zcela jednoduchý – tento pracovník byl s liniovou činností spojen bezprostředněji.“[5]

---

Podle Imaie „jakákoli činnost, která nepřidává hodnotu, je *muda*.“[7] Japonským slovem *muda* se rozumí ztráta jakéhokoli typu. Odstranění plýtvání (*muda*) nejefektivnějším způsobem ke zlepšení produktivity a snížení provozních nákladů. Pokud jsou manažeři schopni objevit *muda*, odhalují tak potenciální prostor pro zvýšení zisku.[7]

Obecně je v rámci *lean production* rozlišováno osm základních kategorií ztrát:[4] [7] [9] [11]

#### 1.4.1 Ztráty nadprodukcí

Ztráty nadprodukcí představují dodatečné nároky na výrobní a skladové plochy, které jsou spojeny s výrobou v předstihu nebo nad plánem. Nadprodukcí vzniká velký objem rozpracovaných výrobků na všech úrovních výroby. K nadprodukcí dochází, pokud se společnost obává pochybení na straně dodavatelů (například zpoždování dodávek nebo velká zmetkovitost) nebo v případě instalace nového zařízení, kdy vedení společnosti akcentuje potřebu co nejrychleji zaplatit pořizovací náklady na výrobní zařízení.

#### 1.4.2 Ztráty v důsledku držení nadměrných zásob

Kromě vyšších nároků na skladování je držení nadměrných zásob navázáno na zbytečně vázané finanční prostředky. Nadměrné zásoby mohou být drženy ve všech fázích procesu (vstupní materiál, rozpracované produkty i finální výroba). „Cestou ke snižování zásob je mimo jiné též systém Just-in-Time nebo Kanban.“[11] Držení nadměrného množství zásob mimo jiné ztěžuje a prodlužuje manipulaci a zbytečně obsazuje výrobní plochy.

#### 1.4.3 Ztráty v důsledku oprav a nevyhovujících kusů

Produkce výrobků, které nedosazují předepsané kvality, zbytečně spotřebovává materiál i lidskou práci. Výroba zmetků si vyžaduje vícenásobné náklady na opravy a reklamace.[7] Výrobě nevyhovujících kusů je možné předcházet pravidelnými kontrolami v průběhu celého procesu, nikoli pouze na jeho konci. Pravidelnou kontrolou je možné poměrně brzy identifikovat špatné nastavení výrobního stroje, zastavit linku a problémy opravit.

#### 1.4.4 Ztráty způsobené zbytečnými pohyby

Zbytečné přecházení, hledání, neúčelná manipulace a pohyby nepřidávající hodnotu představují pro organizaci ztrátu. „Také vyžadují čas, a pokud jsou ještě namáhavé, způsobují únavu, která může vést k riziku vzniku úrazu, zmetkovitosti, absentérství aj.“[7] Odstranění takovýchto ztrát je možné skrze vhodnou organizaci práce, jasným a neměnným umístěním materiálu a nástrojů. Možným řešením je i aplikace metody 5S.

#### 1.4.5 Ztráty při vlastním zpracování výrobku

Ztráty při vlastním zpracování výrobku vznikají například produkcí nadměrného odpadu, která může být vyřešena optimalizací jednání s dodavateli a velikostí užívaného materiálu. Za chyby ve výrobě může být považován i „nesprávně navržený výrobní postup či layout, větvení toku výrobků nebo nesprávná zadání výrobních postupů.“[7]

#### 1.4.6 Ztráty čekáním

Ztráty způsobené čekáním vznikají, pokud „pracovníci nemohou pracovat z technickoorganizačních důvodů (porucha stroje, špatný přísun materiálu aj.)“[11] Ačkoli tyto ztráty mohou být poměrně malé, v součtu směny narůstají. Je možné je odstranit zavedením systému JIT. Zaměstnanci čekají kvůli přenastavení stroje nebo než se k nim dostanou rozpracované výrobky. Čekání se objevuje také, pokud má společnost příliš zdoluhavý a neefektivní způsob rozhodování nebo objednávání.

---

### 1.4.7 Ztráty v dopravě

Ztráty v dopravě vznikají, pokud je materiál neúčelně převážen z místa na místo, protože ho například není kde uskladnit. „Účelná doprava ale nepředstavuje ztráty, i když zákazníkovi bezprostředně nepřidává hodnotu.“[11] Příliš zdlouhavá doprava navíc vyžaduje čas (vícenáklady), a roste riziko poškození transportovaného produktu.

### 1.4.8 Ztráty z nevyužitého tvůrčího potenciálu pracovníků

Nevhodné chování vedoucích, kteří mají přehnané mínění o svých schopnostech natolik, že ubíjí tvůrčí potenciál svých podřízených a nevyužívají plně jejich schopností, způsobuje ztráty z nevyužitého tvůrčího potenciálu pracovníků.

## 1.5 Kanban

Systém Kanban představuje způsob předávání materiálu a rozpracovaných výrobků mezi jednotlivými pracovišti. Spočívá v udržování výrobního tempa a eliminuje vadné části. Zaměstnanec na konci linky si po zpracování své dávky vyžádají od předchozího článku řetězce další dávku. Tak se vyhýbají tlaku z případného hromadění meziproductů mezi jednotlivými pracovišti. Tento způsob umožňuje vyrovnávat rozdílnou časovou náročnost úkonů na jednotlivých pracovištích. „Linka pracuje jako systém, nikoliv jako souhrn různě výkonných individualit. Uvedený způsob se také nazývá jako tažný (Pull), oproti tlačnému (Push),“[11] který odpovídá tradičnímu způsobu výroby.

Systém *pull*, neboli řízení výroby pomocí tahu představuje systém regulace výroby, kdy „předchozí proces vyrábí pouze tolik výrobků, kolik spotřebuje následující proces.“[7] Tím je regulováno množství zásob a rozpracovaných výrobků v průběhu výrobního procesu. Díky tomuto principu je možné snadněji vizualizovat pohyb materiálu a také odstranit mezisklady. Zároveň dochází k zefektivnění jednotlivých pracovišť a tím i celé linky. V konečném důsledku je efektivnější celý podnik.[7] [11]

---

## 2 ROZBOR STÁVAJÍCÍHO ZPŮSOBU VÝROBY

Pro praktickou část práce byla vybrána česká společnost specializující se na výrobu jističů. V současné době je ve výrobní hale vyráběno průměrně 125 kusů vzduchový jističů za jednu směnu. Při dvousměnném provozu je tento počet dostatečný k pokrytí veškerých zakázek na jističe, které jsou objednány. Vyráběné jističe nejsou vyráběny v sériových výrobních, ale jsou kustomizované dle požadavků zákazníka. V následující kapitole bude proveden podrobný rozbor typového představitele.

### 2.1 Rozmanitost výroby

Jelikož celosvětově nejsou dány jednotné parametry na bezpečnost a konstrukci jističů, jsou jističe vyráběny podle jednotlivých certifikací. Pro zákazníky z Evropy a Asie jsou vyráběny jističe splňující normu IEC (International Electrotechnical Commission). Jističe splňující tuto certifikaci tvoří největší objem výroby. Pro zákazníky ze Spojených států amerických a Kanady jsou vyráběny jističe s certifikací UL. UL (Underwriters Laboratories) je nezávislá certifikační organizace, která se zabývá certifikací a aprobační elektrotechnických zařízení. Důraz společnosti je dáván především na pracovní teploty jističe. Do severoamerického trhu patří také certifikační organizace ANSI (American National Standards Institute).

Rozdílné požadavky se projeví v drobných konstrukčních rozdílech při vybavování jističe, z toho plyne rozmanitost kusovníků a pracovních postupů každého jističe splňující rozdílné certifikace. Poměrně velká část výroby je určena pro zahraniční pobočky společnosti v Asii a Severní Americe. Zakázky pro tato centra jsou specifická, jelikož jističe jsou odesílány pouze v základním, rozestaveném stavu, a k finálnímu dovybavení dochází až v těchto pobočkách.

Vyráběné jističe pokrývají škálu pracovních proudů v rozmezí 630 A až 6300 A při standardní napětí 690 V střídavého proudu nebo 600 V stejnosměrného proudu. Atypické provedení může být na 1000 V. Vyrábět jističe s takto širokým spektrem pracovních proudů nelze pouze v jedné konstrukční velikosti. Proudové dráhy, které jsou konstruované na 6300 A mají mnohonásobně větší průřez než proudové dráhy na 630 A. Při průtoku proudu 6300 A proudovou dráhou, která na takto vysoký proud není konstruována, by docházelo k nebezpečnému zvyšování teploty. Z tohoto důvodu jsou rozděleny jističe podle proudů na tři konstrukční velikosti.

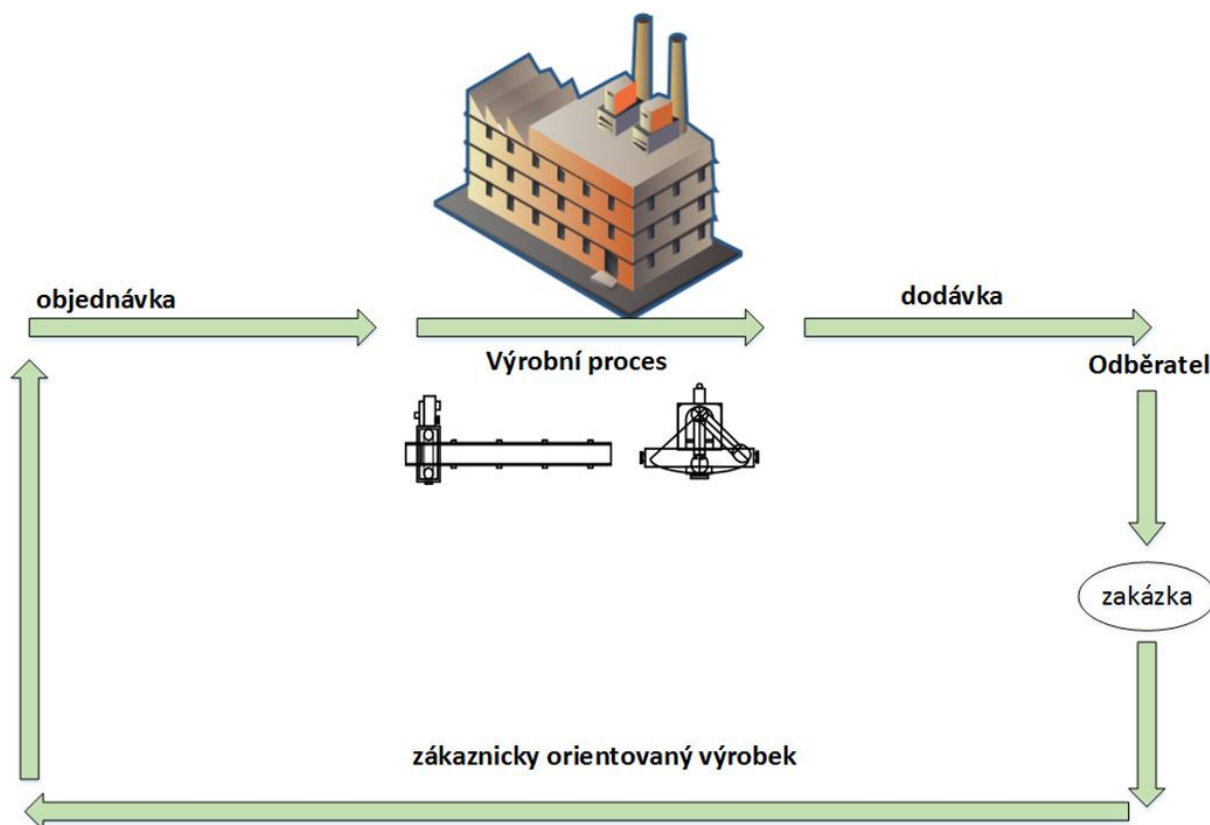
Kromě všech zmíněných parametrů se všechny tyto typy vyrábějí ve dvou možných provedení: pevném nebo výsuvném. Jistič ve výsuvném provedení je dodáván s rámem, kdy rám je pevně uchycen a jistič může být vysouván pomocí výsuvného mechanismu, což umožňuje lepší manipulaci. Naproti tomu jistič vyrobený v pevném provedení musí být sám pevně uchycen a manipulace s ním je obtížná.

### 2.2 Složení kusovníku a konfigurace

Zákazník má možnost zvolit si velké množství parametrů, které má dodávaný jistič splňovat. Kombinací velkého množství variant je možné vytvořit miliony vzduchových jističů. Tato variabilita způsobuje, že zde jsou na dodavatele kladeny velké nároky na dodávky stovek součástí, které mohou být kombinovány a montovány.

Kvůli lepší identifikaci součástek je zavedeno dvanáctimístné označení, kdy každý znak v tomto označení udává určitý parametr. Je zde zakódována velikost jističe, druh certifikace jističe, pracovní proud, vypínací proud apod.

Standardní stav *delivery reability* je 5 dnů, avšak výroba je schopna vyrobit a odeslat jistič expresně během jednoho dne.



Obrázek 2.1 Princip tahu [15]

### 2.3 Popis výrobní haly

Celá produkční hala je rozdělena do několika sekvenčně řazených pracovišť, kde se provádí všechny nezbytné výrobní operace, montážní kroky a nutné testování. Začíná přípravou materiálů a montáží, nýtování a skládání podsestav až po montáž a test samotného jističe, případně výsuvného rámu a finální balení. Důležité je zmínit, že je mnoho typů úkonů, které se provádí na jednotlivých pracovištích a na jednotlivých typech jističů a každý úkon trvá jinak dlouho, popřípadě pro konkrétní typ není využito všech pracovišť. Tyto fakty zapříčiňují tvorbu bottlenecku před jednotlivými pracovišti.

Hala se skládá ze sedmi pracovišť výrobní linky. Na pracovištích jsou situovány dva až čtyři identicky vybavené pracovní stoly, což umožňuje pracovníkům provádět stejný úkon na více jističích. Pracovní stoly jsou seřazeny sériově za sebe bez rozdílu jakékoliv specializace, tudíž každý pracovní stůl na pracovišti je univerzální. Jistič je mezi nimi dopravován pomocí elektrické válečkové dráhy.

Ostatní pracoviště zajišťují přípravu a montáž podsestav, kterými jsou zásobovány jednotlivá pracoviště výrobní linky. Mezi ně patří předmontáž, kde jsou skládány jednotlivé podsestavy jako mechanické strádače, zhašecí komory, lamelové bloky nebo výsuvné mechanismy. Zbývají individuální pracoviště montáže výsuvných rámu a jejich následná kompletace s variabilním jističem a balení uživatelského příslušenství.

Hlídání zásob podsestav je zprostředkováno pomocí několika způsobů. Například zhašecí komory a lamelové bloky jsou dodávány v boxu s interními informačními kartami, které

---

kolují mezi pracovištěm linky a předvýroby. Předepsané dávky jsou na předmontáži vyráběny právě na základě informačních karet.

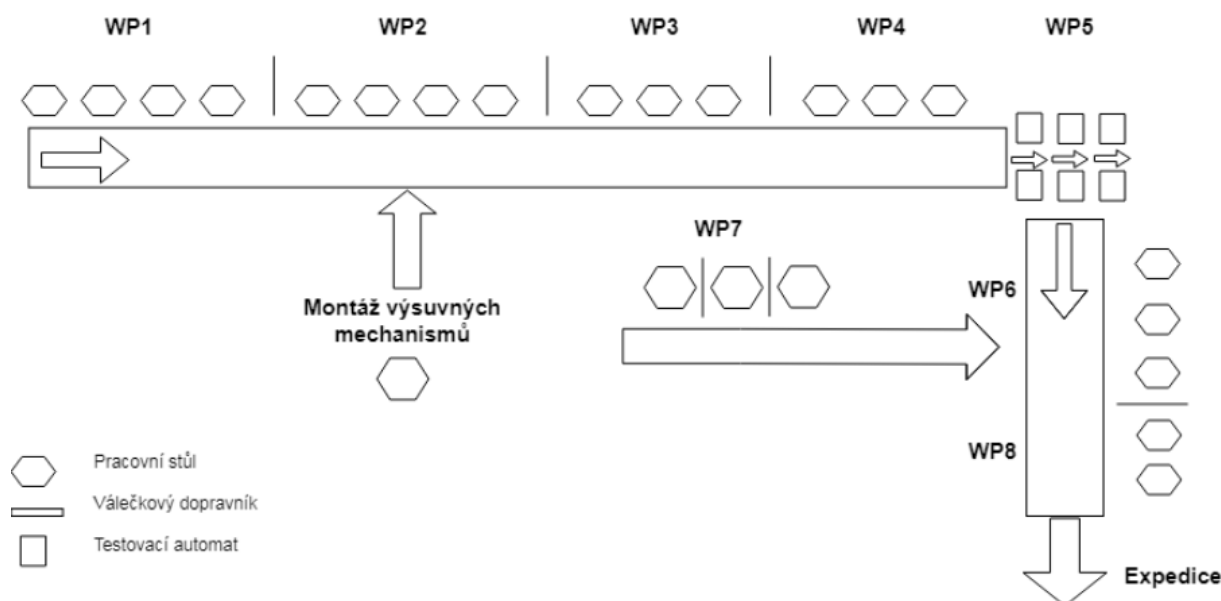
Na výrobu střadačů je využíváno elektronické odvádění. Na pracovišti WP2, kde probíhá montáž střadačů, jsou připraveny zásoby všech typů střadačů. Při odebrání střadače, jeho namontování do jističe a odeslání z pracoviště, systém automaticky vyšle požadavek na pracoviště výroby střadačů pro vytvoření dalšího kusu stejného typu, který byl z pracoviště odebrán.

## 2.4 Personální složení

Ve výrobě je aktuálně zaměstnáno přes 120 zaměstnanců, včetně THP pracovníků. Výrobní operátoři jsou rozděleni do dvou směn, přičemž každá směna má svého vedoucího směny, jak pro výrobní linku, tak pro předmontáž. Zatímco operátoři jsou zaškoleni pouze na jedno, maximálně dvě pracoviště, vedoucí směny je zaškolen ve všech činnostech, které vykonávají jeho podřízení. Jeho flexibilita umožňuje vyrovnávat absence zapříčiněné dočasnou pracovní neschopností nebo uplatňováním nároku na dovolenou.

### 3 MONITOROVÁNÍ TYPOVÉHO PŘEDSTAVITELE NA VÝROBNÍ LINCE

K monitorování typového představitele byl využit *Value Stream Mapping*, což je jedna ze základních analytických technik *lean* přístupu. Pro monitorování jističe na výrobní lince byl vytypován čtyřpólový jistič vyhovující normě IEC s výsuvným mechanismem. Tento typ byl vybrán z důvodu jeho složitosti a obsáhlosti montáže, čímž by se měli ukázat hlavní nedostatky při výrobě. Monitorování probíhalo opakovaně během ranní směny pomocí mechanického sledování konkrétního kusu na výrobní lince.



Obrázek 3.1 Schéma současné výrobní linky (zdroj: vlastní zpracování)

V následujících kapitolách je proveden monitoring typového představitele od počátečního objednání zákazníkem až po expedici. Pozornost je nejprve věnována montáži podsestav, které následně vstupují do hlavní výrobní linky. Následně je proveden rozbor úkonů na hlavní výrobní lince.

#### 3.1 Obdržení objednávky a složení kusovníků

Prostřednictvím EDI systému obdrží zákaznické centrum v místní pobočce detailní objednávku. Poté je objednávka rozdělena na tři části: hlavní zakázka na jistič, zakázka na výsuvný rám a zakázka na výsuvný mechanismus. Po rozpadu kusovníků na jednotlivé podsestavy a vstupní materiály dojde k automatickému vygenerování požadavků na materiál, který není přítomen na výrobní hale. Externí dodavatel poté materiál v nejkratším možném čase dodá.

#### 3.2 Montáž výsuvného mechanismu

V první fázi montáže dochází k vychystání materiálu pracovníkem k montážní lince z přilehlých odstavných pozic. Následuje vytisknutí štítku s unikátním číselným označením zakódovaným v QR kódu. Na začátku linky výsuvných mechanismů dochází k montáži těla mechanismu. Tato operace společně s vychystáním materiálu a tisknutím štítku trvá 1,1 minuty. Dvě sekundy trvá přesun z montážní linky k pneumatickému nýtovacímu stroji, kde dochází k nýtování, a tím spojení těla výsuvného mechanismu. Následuje montáž páky, ruční kliky a pákového ukazatele s následným otestováním celého mechanismu. Tyto operace trvají

---

2 minuty a 41 sekund. Mezi jednotlivými kroky montáže má operátor prostoje 13 sekund, které jsou způsobeny především přecházením mezi jednotlivými stoly linky. Při zhotovení dávky čítající 25 ks jsou sestavy odvezeny na pracoviště, kde dochází k jejich montáži do samotného jističe. Cesta na toto pracoviště a zpět trvá 1 minutu a 40 sekund.

### 3.3 Montáž rámu

Na autonomním pracovišti WP7 jsou montovány rámy pro výsuvné typy jističe. Operátorovi zde zabere příprava materiálu, a především montáž rámu 23 minut a 24 sekund. Po smontování je rám po válečkovém dopravníku přesunut na pracoviště WP6, kde je spojen s příslušným jističem. Operátor při těchto činnostech udělal celkem 117 kroků. Celkové prostoje způsobené čekáním mezi pracovištěm WP7 a WP6 je celkem 18 minut.

### 3.4 Monitorování montáže jističe na hlavní výrobní lince

Na pracovišti WP1 zabere vychystávání materiálu a samotná montáž zabere 19 minut a 55 sekund. Operátor při této montáži udělá 86 kroků. Torzo jističe je odesláno z pracoviště WP1 po válečkovém dopravníku, kdy samotný transport, a především čekání ve frontě zabere 20 minut a 42 sekund.

Na pracovišti WP2 probíhá montáž střadače, který je považován za klíčovou součást jističe, výsuvného mechanismu a dalších součástí jističe rovných 20 minut. Součástí tohoto času je také testování funkčnosti střadače. Operátor při montáži na tomto pracovišti udělal 90 kroků. Po odeslání jističe trvá jeho přesun a čekání před pracovištěm WP3 22 minut a 6 sekund.

Na pracovišti tři dochází k montáži elektroniky, především spínačů. Montáž na tomto pracoviště zabere operátorce 6 minut a 20 sekund. Při montáži zde operátorka udělala 45 kroků. Mezi pracovišti WP3 a WP4 čeká jistič 22 minut a 37 sekund.

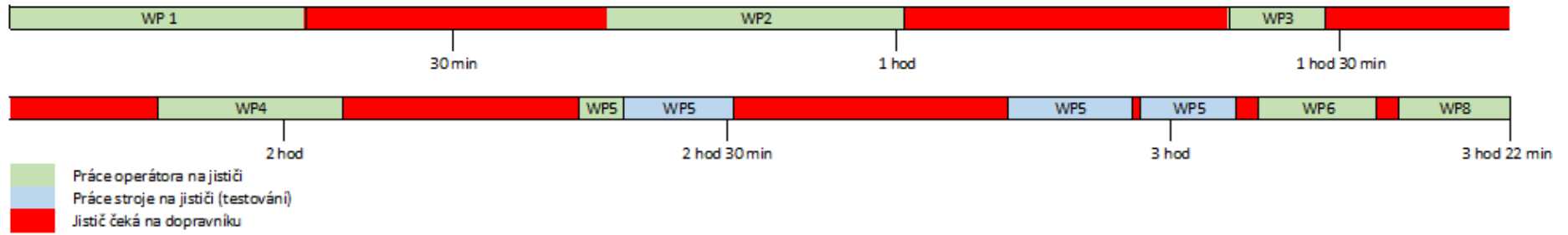
Na pracovišti WP4 je instalována řídicí jednotka jističe, zhášecí komory a kryt. Tyto operace trvají 12 minut a 25 sekund. Operátorka na tomto pracovišti udělá 93 kroků. Za pracovištěm WP4 je jistič již funkční a je odeslán na pracoviště WP5, kde je testován. Přesun mezi pracovišti WP4 a WP5 s následným čekáním trvá 15 minut a 52 sekund.

Na pracovišti WP5 je téměř dokončený jistič vizuálně zkontrolován operátorem. Po 2 minutách a 47 sekundách je jistič vložen do prvního automatu, zde je testován 7 minut a 33 sekund. Po testu v prvním automatu musí jistič čekat 18 minut a 34 sekund, jelikož druhý automat je zahlcen. Po vyčkání fronty je poslán jistič do druhého automatu. Testování tam trvá 8 minut a 16 sekund. Ihned po skončení testu je operátorem odeslán do posledního testovacího automatu. Testování zde trvá 6 minut a 19 sekund. Operátor na WP5 musí obsluhovat všechny tři automaty zároveň, čímž může být ovlivněn počet kroků, který nakonec vyšel 104. Po všech třech testech je jistič operátorem odeslán na pracoviště WP6, kde před pracovištěm čeká 1 minutu a 35 sekund.

Na pracovišti WP6 je propojen jistič s rámem, který je k tomuto jističi sestaven, což pracovníkovi trvá 8 minut a 9 sekund. Pracoviště WP6 je plošně nejrozsáhlejší ze všech, pracovník zde udělal 123 kroků. Po kompletaci jističe si ho pracovník pracoviště WP8 odebere a přesune pomocí jeřábu do krabice. Zde dojde k zajištění proti poškození během cesty, zavře krabice a jistič je odeslán do expediční haly. Pracovník balení udělá celkem 58 kroků.

---

Celková doba od začátku montáže po finální zabalení trvá 3 hodiny a 22 minut, z čehož 1 hodina 39 minut (49 %) je montážní čas a 1 hodina a 43 minut (51 %) je čas, kdy jistič stojí, popřípadě se pohybuje na válečkovém dopravníku.

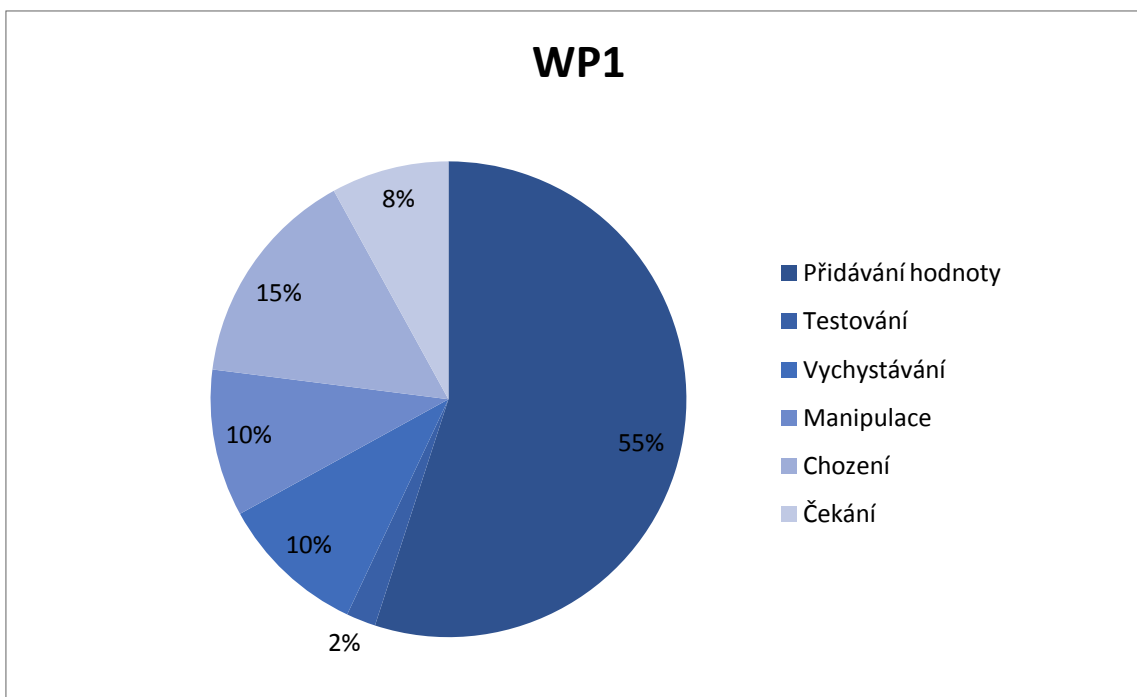


Obrázek 3.2 Časová osa montáže jističe na výrobní lince (zdroj: vlastní zpracování)

### 3.4 Časový snímek pracovní doby operátora

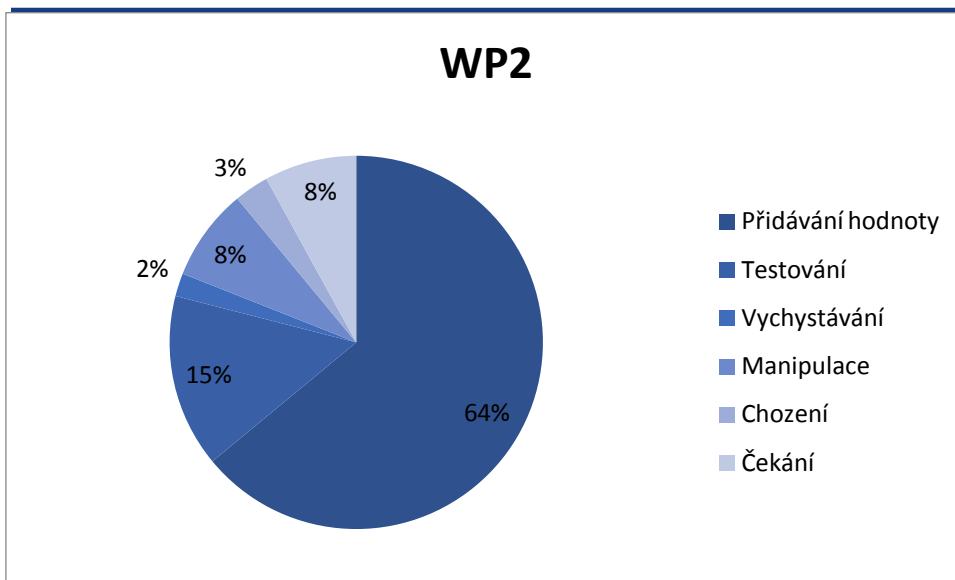
Časový snímek operátorů byl měřen během dopolední směny, kdy bylo počítáno s pracovní dobou trvající 7 hodin a 15 minut. Kvůli lepší kategorizaci výsledných časů, byla pracovní doba rozdělena do šesti kategorií: Přidávání hodnoty, testování, chození, manipulace a jističem, čekání a vychystávání materiálu.

Na pracovišti WP1 operátor během své směny stráví 55 % času přidáváním hodnoty na rozpracovaný jistič. 15 % operátorovi zabere chůze po pracovišti. Shodně po 10 % zabírá vychystávání materiálu a manipulace závěsným jeřábem s jističem, součástí manipulace je také skenování QR kódů na součástech kvůli jejich identifikaci a potvrzení správnosti. Ve zbývajícím čase pracovník 8 % pracovní doby čeká a 2 % testuje na rozpracovaném jističi.



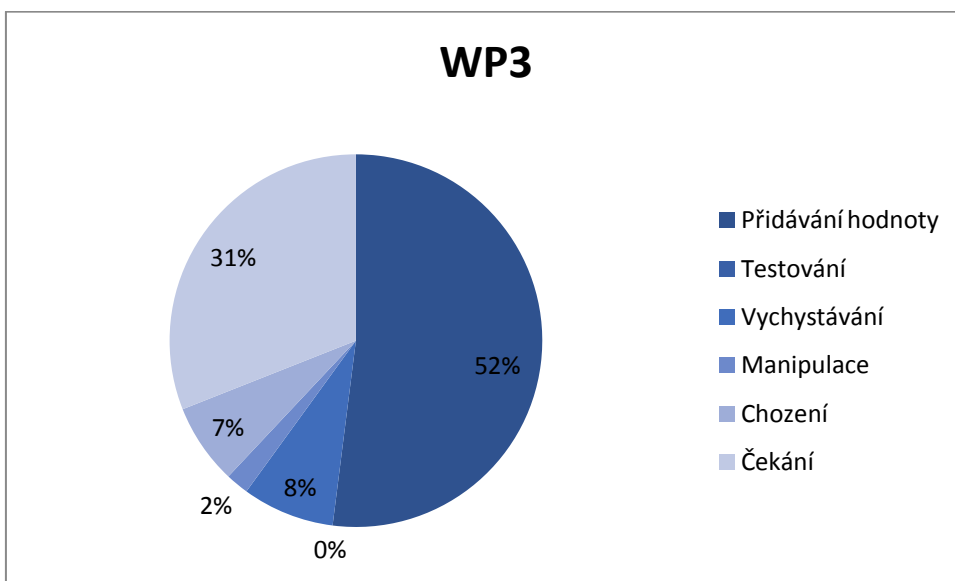
Graf 3.1 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP1 (zdroj: vlastní zpracování)

Operátor na pracovišti WP2 přidává na jistič hodnotu 64 % pracovní doby. Montáž na WP2 obsahuje také velké množství testů, které zabírají 15 % pracovní doby. Shodně po 8 procentech zabírá manipulace závěsným jeřábem s jističem a čekání. Chození po pracovišti zabere 3 % času a vychystávání materiálu pouze 2 %.



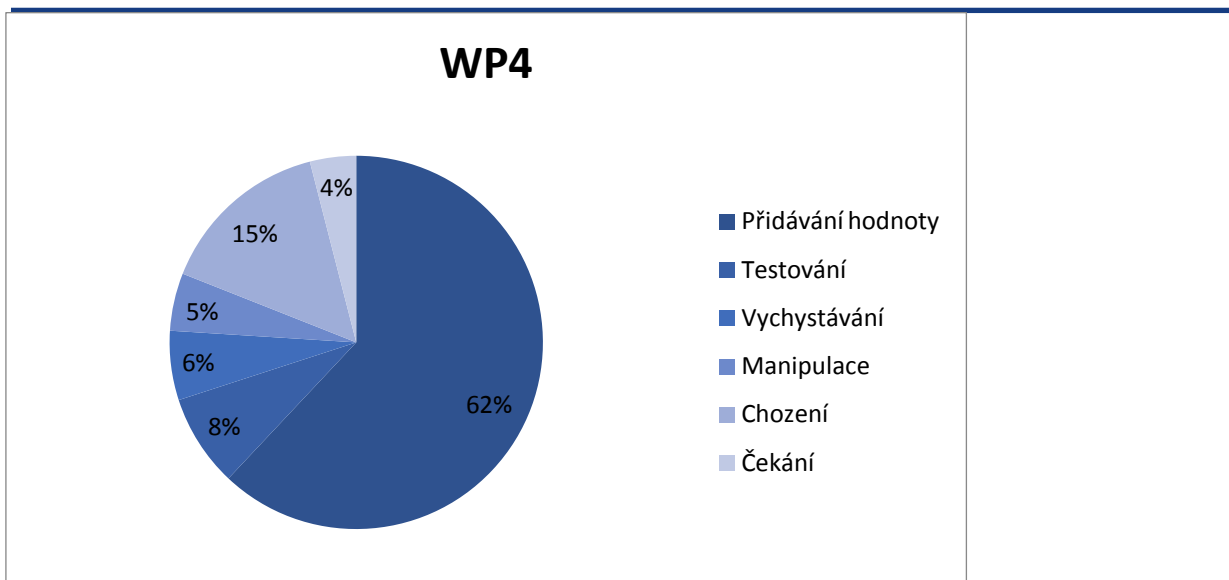
Graf 3.2 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP2 (zdroj: vlastní zpracování)

Na pracovišti WP3 operátorka přidává hodnotu 52 % pracovní doby. Toto číslo je ovlivněno faktem, že operátorka chodí při tvorbě bottlenecku za pracovištěm WP3 vypomáhat na pracoviště WP4, reálně je tedy její čas produktivity na WP3 menší. 31 % pracovní doby stráví operátorka čekáním na příchozí jistič. Následuje vychystávání materiálu s 8 % a chůze po pracovišti se 7 %. Operátorce také zabere 2 % času manipulace s jističem.



Graf 3.3 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP3 (zdroj: vlastní zpracování)

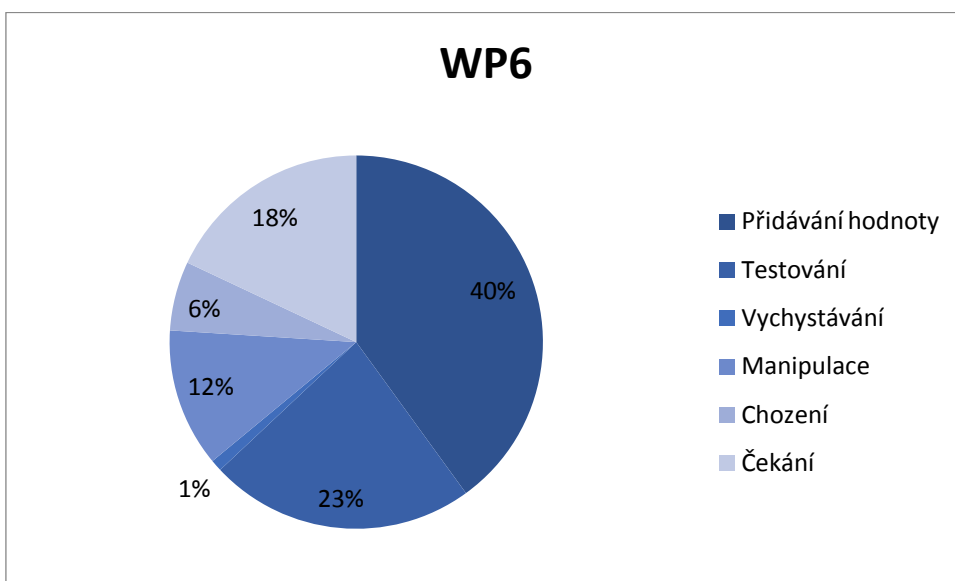
I přes zahlcenost pracoviště WP4 operátorky 4 % pracovní doby čekají. Prostoje jsou způsobeny špatným nastavením automatického dopravníku. Čas, kdy je na jistič přidávána hodnota, je 62 %. Testování komponent jističe a vizuální kontrola trvá 8 % času, 15 % zabere chození po pracovišti, 6 % vychystávání materiálu a 5% manipulace s jističem.



Graf 3.4 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP4 (zdroj: vlastní zpracování)

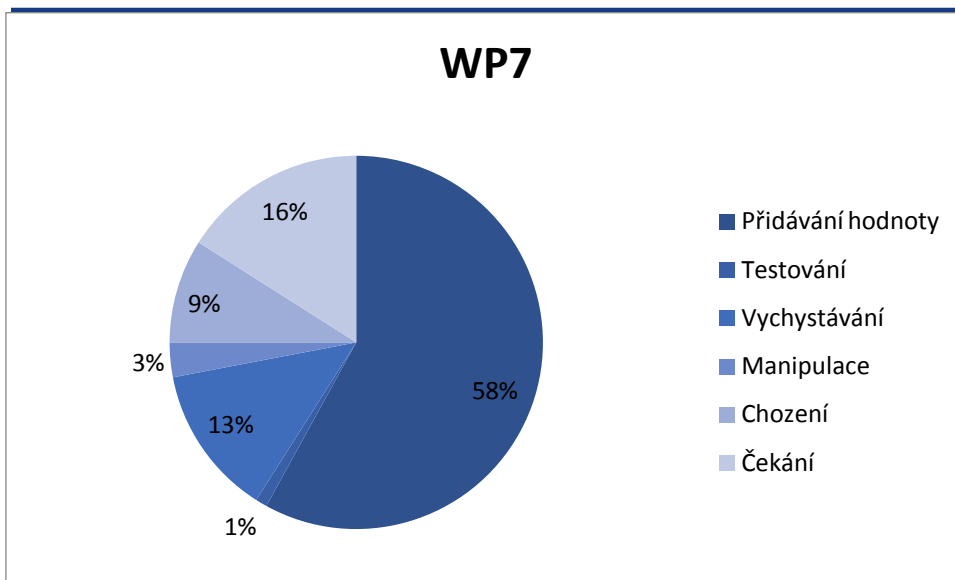
Pracoviště WP5 nebylo měřeno pro účely optimalizace měřeno, jelikož zde nedochází k přidávání hodnoty na jistič. Na tomto pracovišti operátor obsluhuje tři, sériově řízené testovací automaty, přičemž doba testování je fixní.

Na pracovišti WP6 dochází ke spojování rámu s jističem. Přidávání hodnoty na tomto pracovišti zabere 40 % pracovní doby, 23 % zabere testování, 18 % čekání na další jistič, 12 % manipulace, 6 % chození a 1 % vychystávání materiálu.



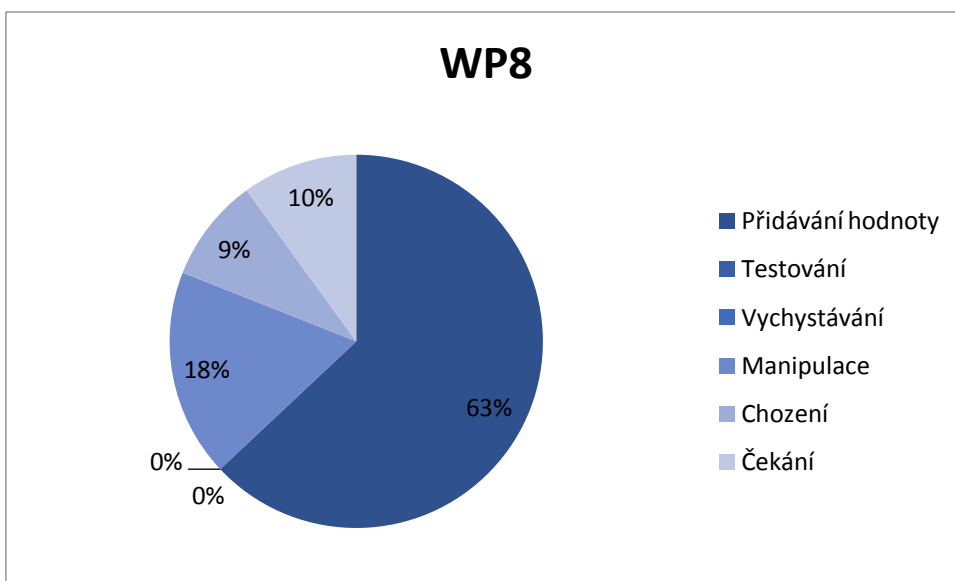
Graf 3.5 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP6 (zdroj: vlastní zpracování)

Operátor na pracovišti WP7 stráví 58 % pracovní doby přidáváním hodnoty na rám. Šestnáct procent času pročeká, 9 % chodí po pracovišti, 13 % manipuluje a vychystává materiál. Manipulace s výsuvným rámem v speciálním přípravku zabere 3 % času a pouze 1 % zabere testování, v tomto případě vizuální kontrola.



Graf 3.6 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP7 (zdroj: vlastní zpracování)

Na pracovišti balení WP8 je 63 % přidávání hodnoty. 18 % zabere manipulace s jističem pomocí závěsného jeřábu a usazení do krabice. Operátor zde čeká 10 % pracovní doby a 9 % chodí. Neprobíhá zde žádné testování ani vychystávání dalších materiálů.



Graf 3.7 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP8 (zdroj: vlastní zpracování)

Z výše uvedených testů vyplývá, že průměrně 32 % pracovní doby operátoři tráví neproduktivní činností, přičemž minimálně polovina prostojů a činností nepřidávajících hodnotu může být eliminována aplikací vhodných optimalizačních opatření.

### 3.4.1 Ekonomické zhodnocení časového snímku pracovní doby operátora

Šestice sledovaných kategorií byla seřazena dle prospěšnosti od nejproduktivnějšího po neproduktivní:

- 1) Přidávání hodnoty
- 2) Testování
- 3) Vychystávání materiálu
- 4) Manipulace s jističem
- 5) Chození po pracovišti
- 6) Čekání

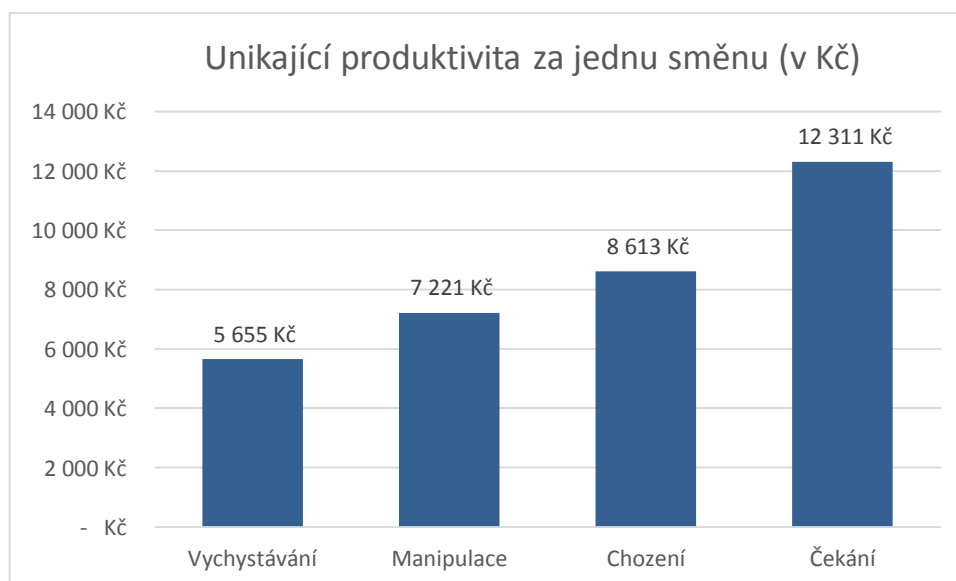
Jako nevyhovující pro štíhlou výrobu byly vybrány poslední čtyři kategorie. Dle standardního rozdělení pracovníků na lince byla vzata v potaz obsazenost:

Pracoviště	Počet operátorů na pracovišti
WP1	4
WP2	3
WP3	3
WP4	3
WP6	3
WP7	3
WP8	2

Tabulka 3.1 Standardní obsazení jednotlivých pracovišť během pracovního dne (zdroj: vlastní zpracování)

K výpočtu ztrát byla stanovena jednotná taxa zaměstnance ve výši 10 Kč za minutu. Výpočet proběhl vynásobením minutové taxy pracovníka počtem pracovníků na určitém pracovišti a vynásobením časem jedné směny, která trvá 7 hodiny a 15 minut. Následně byly sečteny ztráty jednotlivých pracovišť.

V následujícím grafu je ukázáno, kolik produktivity uniká za jednu směnu v celé lince každou z kategorií.



Graf 3.8 Ztráty vznikající na výrobní lince během jedné směny (zdroj: vlastní zpracování)

---

Součet těchto čtyř hodnot udává, že celkové ztráty během jedné směny způsobené neproduktivními činnostmi jsou 33 800 Kč.

### 3.6 Problémy zaznamenané během monitorování typového představitele

Během vytváření pracovních snímků dne a monitorování typového představitele byly zaznamenány viditelné nedostatky jednotlivých pracovišť, které jsou popsány v následujícím odstavci.

K nejvýraznějším nedostatkům pracoviště montáže výsuvných mechanismů patří příliš vysoká zásoba vstupního materiálu. Tato zásoba nyní činí u nejpočetnější položky více než na 100 směn a průměrné zásoby alespoň na 12 směn, což zapříčiňuje větší obsazení plochy v hale.

Hlavní ztráty vypočítané během monitorování na pracovišti WP1 jsou způsobeny dlouhým časem operátora na vychystávání dílů k zakázce. Tento problém souvisí s faktem, že materiál není dodáván na pracoviště v optimálních dávkách, množství dodávaného materiálu je vyšší než optimální dávka pro efektivní vychystávání.

Pracoviště WP1 navíc není ergonomicky vyvážené. Operátor zde udělá velký počet zbytečných pohybů, za což mohou nevybalancované pracovní stoly pro praváky či leváky.

Mezi nedostatky pracoviště WP2 patří pomalá manipulace jeřábu s jističem. Další objemnou položkou tohoto pracoviště je velký počet testů.

Na pracovišti WP3 jsou, stejně jako na ostatních pracovištích, uskladněny příliš vysoké zásoby materiálu. Pracoviště není v porovnání s ostatními pracovišti vhodně vybalancované, čas práce na jističi je zde krátký oproti ostatním pracovištím, což způsobuje prostoje operátorek.

Před pracovištěm WP4 dochází k největšímu bottlenecku. Velké množství časově náročných úkonů vede k hromadění práce před pracovištěm a zpomalování celé výroby. Operátorkám z pracoviště WP4 chodí vypomáhat operátoři z pracoviště WP3. Ztráty zde vznikají opět vysokými zásobami materiálu na pracovišti, z toho pramenící delší časy chůze pro materiál.

Pracovník na WP5 stráví mnoho času přecházením mezi testovacími automaty a jejich obsluha. Ztráty tedy vznikají v důsledku nadbytečné chůze. Propojením testovacích automatů, popřípadě užitím univerzálního automatu pro všechny testy by bylo možné snížit množství nadbytečných pohybů.

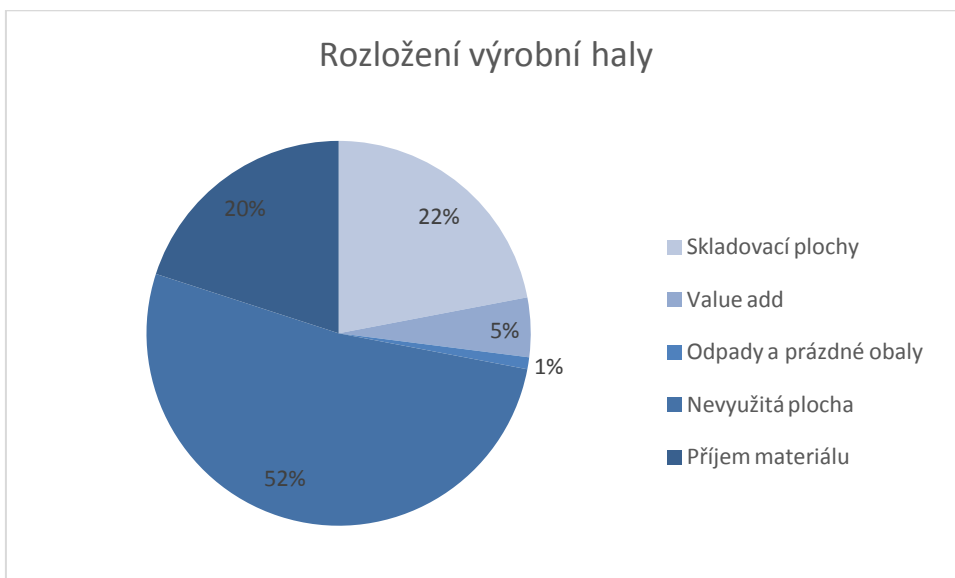
Problém vypočítaný na pracovišti WP6 je ergonomie pracoviště. Operátor zde provede příliš mnoho zbytečných pohybů. Skladba jističů dává

Pracoviště montáže rámu WP7 je nejrozměrnější pracoviště v celé hale. Je zde uskladněno mnoho druhů materiálů a operátor musí chodit velké vzdálenosti pro vhodný materiál. Další zbytečné pohyby jsou spojeny při spojování šroubů již s podložkami.

Při balení na pracovišti WP8 není dodržováno *one piece flow*. Operátor balení má připravuje několik kusů k zabalení najednou, které zabalí až posléze. Tento problém by byl vyřešen propojením výrobní linky a balení, aby nemusel být jistič transportován pomocí závěsného jeřábu příliš velkou vzdáleností. Operátor na pracovišti stráví čas čekáním, protože mu jističe na balení přichází v nárazových vlnách.

### 3.7 Rozložení výrobní haly

Pro projekt racionalizace operativního plánování byla změřena současná obsazenost výrobní haly. Z celkové rozlohy 5509 m<sup>2</sup> zabírají 22 % skladovací plochy na pracovištích. Šest procent výrobní haly tvoří prostor pro příjem materiálu a 20 % hlavní zásobovací uličky. Pouhých 5 % zabírají *value -add* plochy. Jedno procento plochy je zabráno místy pro sběr odpadních materiálů a prázdnými boxy. Plocha pracovišť bez skladovacích prostor a *value add* ploch je 52 %. Těchto 52 % je nevyužitá plocha, která dává prostor ke zlepšení, lze ji nazvat jako „prázdko“.



Graf 3.9 Obsazenost výrobní haly (zdroj: vlastní zpracování)

## 4 VÝBĚR RACIONALIZAČNÍCH OPATŘENÍ

K cílům vytyčeným vedením společnosti patří dosažení optimální sekvence zakázek jističe, aby docházelo k plnění *delivery reliability*, minimalizace prostojů výrobních operátorů. Požadované zvýšení výrobní kapacity je 5 až 6 % ročně. Kromě zvýšení současné produktivity, musí být ve výrobě uvolněno alespoň 10 % výrobních ploch pro nové projekty. Úspory místa má být dosaženo zejména především prostřednictvím snížením držených zásob vstupních materiálů, snížením zásob montovaných podsestav alespoň o 30 % a reorganizace výrobních pracovišť.

Pro koncept štíhlé výroby byla vybrána dvě racionalizační opatření. První opatření navazuje na stávající způsob výroby a v několika krocích upravuje současnou linku, aby bylo dosaženo lepší propustnosti jističů a omezení časových ztrát. Druhé opatření je založeno na kompletní reorganizaci současného rozložení haly i stávající výroby. Tyto dva návrhy jsou konstruovány tak, aby na sebe navazovaly. První opatření dokáže zvládnout navýšení výrobních kapacit o 12 % v následujících dvou letech, avšak při dalším zvyšování výroby bude třeba se zaměřit na předělání výrobní linky. Tyto dva roky budou sloužit k hlubší analýze nového uspořádání a k přípravě zavedení nového systému montáže.

### 4.1 Úprava stávajícího způsobu výroby jističe

Koncepce prvního návrhu spočívá v postupném upravování a vylepšování současné výroby v souladu s principy štíhlé výroby. V další části budou popsány tři hlavní kroky k omezení plýtvání časem a k odstranění nadbytečných prostojů způsobených čekáním. První krok přímo upravuje výrobní linku, aby nedocházelo k tvorbě bottlenecku. Druhý a třetí krok poté zvyšují automatizaci výroby a snižují riziko chyby vzniklé lidským faktorem.

#### 4.1.1 Konsolidace pracovišť WP3 a WP4

Jak bylo popsáno v předchozí kapitole, k největším ztrátám čekáním dochází na pracovišti WP3 a operátorka ze své iniciativy chodí vypomáhat na vedlejší pracoviště. Toto čekání je způsobeno velmi širokou sortou montáže, která je na pracovišti WP3 na jističi prováděna. Při měření průchodnosti byly naměřeny extrémní trvání montáže. Minimální čas byl 3 minuty, maximální 9 minut a 30 sekund. Tyto časy by byly stabilizovány sjednocením pracovišť WP3 a WP4, jelikož extrémní montážních časů na WP4 jsou 8 minut a 30 sekund a 13 minut 30 sekund. Ze šesti současných stolů na pracovištích WP3 a WP4 by na spojeném pracovišti stačilo pouze 5 stolů. Postupné kroky k uskutečnění tohoto plánu jsou:

- Redukovat vstupní materiál na pracovištích WP3 a WP4 o 50 %
- Vybavit pracovní stoly vhodným nářadím
- Provést přeškolení operátorek pracovišť WP3 a WP4
- Upravit řízení automatického válečkového dopravníku

Po redukcii materiálu budou kladeny vyšší požadavky na skladníky, aby byl dostatek materiálu na pracovišti. Pro úpravu válečkového dopravníku bude využito místních IT techniků, kteří dokážou upravit jeho logické řízení. Sloučení pracovišť WP3 a WP4 je možné provést bez investice dodatečných finančních prostředků. Rovněž nejsou předpokládány žádné vícenáklady spojené s montáží. Po úplném zaškolení operátorek na všechny operace je očekávána úspora jednoho pracovníka, který bude moci vypomáhat v krizové části linky. Tento krok je přípravou k hlavnímu racionalizačnímu opatření.

#### 4.1.2 Pokročilé plánování zakázek

Jako hlavní racionalizační opatření k zeštíhlení výroby byla vybrána aplikace pokročilého plánování zakázek (*advanced planning*). Principem pokročilého plánování je krátkodobé logické řazení zakázek různých typů jističe tak, aby byla zajištěna co největší plynulost výroby, minimalizovány prostoje pracovníků, omezeno množství rozpracované výroby, která se hromadí před pracovištěm, a zejména plněny dodací lhůty expedice kompletních zakázek.

Tuto sekvenci doposud sestavuje vedoucí montáže (mistr výroby) na základě svých zkušeností a urgencye zakázek. Vedoucí výroby řadí zakázky v pořadí, ve kterém si mají zakázky pracovníci prvního pracoviště odebrat a dle této sekvence začít vyrábět. Obvykle má takto mistr připraveny zakázky na dvě směny dopředu, přičemž dochází k situacím, kdy je nucen svou sekvencí měnit a do již připraveného pořadí výroby přidat zakázku, která je urgentní a musí být zhotovena co nejdříve. Tento systém spoléhá pouze na jednoho zaměstnance. Zejména v případech, kdy mistr čerpá dovolenou nebo je dočasně pracovní neschopný, se projevuje nestabilita tohoto systému řazení.

Cílem připravovaných opatření je minimalizovat roli lidského faktoru při určování sekvence jističů, snížit množství rozpracovaných jističů na dopravníku, omezit ztráty operátorů vzniklé čekáním a zlepšit plánování lidských zdrojů.

Jako preferované racionalizační opatření pro pokročilé plánování byl vybrán *advanced planning software* (APS), který je schopný využívat data o zakázkách a o samotných jističích ze současného ERP systému. Mezi hlavní proměnné data získaná z ERP systému patří seznam zakázek k výrobě, současně s jejich datem expedice, složení jističů v každé zakázce a kusovníky jednotlivých jističů. Součástí kusovníků jsou také pracovní postupy a jejich časová náročnost. Další proměnné je třeba dodat ručně, jedná se především o personální složení směny, pro kterou je sekvence počítána. Propočítání výrobní řady bude probíhat jednou denně před začátkem ranní směny.

#### 4.1.3 Automatizace odepisování vstupních materiálů

Na pracovišti výsuvných mechanismů, jak již bylo zmíněno, jsou příliš vysoké zásoby materiálů, čímž vznikají ztráty v důsledku držení nadměrných zásob. Jelikož probíhá elektronické objednávání materiálu pomocí systému ERP, chodí pracovník zadávat do systému vyrobené kusy vždy na konci směny, což prodlužuje reakční dobu dodání. Tento problém bude vyřešen přidáním čtečky unikátních QR kódů umístěných na každém hotovém kuse. V momentě načtení hotového kusu je výrobním programem odepsán ze skladu vstupní materiál dle kusovníku a je připsána hotová podsestava. Tato flexibilita umožní efektivnější hlídání množství materiálu na pracovišti a zkrátí reakční dobu kontroly materiálu o 4 hodiny. Po této změně bude umožněno snížit množství materiálu na pracovišti o 65 %, čímž bude uspořeno 10 m<sup>2</sup> skladovací plochy.

#### 4.1.4 Výhody a nevýhody úpravy stávající výroby

Mezi největší výhody navrhovaného systému patří odbourání možnosti lidské chyby v procesu objednávání materiálu a při řazení jističů. Další výhodou je snížení doby čekání pracovníků a tím také snížením nákladů. Tato opatření je možné implementovat během výroby a není nutné zastavovat výrobu.

Nevýhodou úprav linky je organizační náročnost, kdy není možnost zastavit výrobu a je třeba upravovat během výroby. Mezi další nevýhody patří menší efektivita zlepšení, kdy je počítáno, že po úpravách zvládne linka nárůst maximálně o 10 %. Nové uspořádání bude náročnější na logistiku vstupních materiálů, kdy budou muset být dodávány just-in-time.

## 4.2 Návrh nového uspořádání výroby

Nové uspořádání výroby počítá s úplným zrušením válečkového dopravníku mezi pracovišti. Jak je viditelné v časové ose současného uspořádání, jistič stráví více než 50 % času čekáním na válečkové dráze. Předpokládaným výsledkem tohoto návrhu je eliminace doby čekání jističe na lince, zkrácení doby montáže od začátku procesu až po finální výrobek, se zvýšením taktu celé výroby a snížením ztrátových časů.

Na 30 m<sup>2</sup> výrobní haly bude vystavěno přípravné pracoviště s označením PV. Rozmístěním čtyřpatrových skladovacích paletových regálů dojde k přemístění 95 % vstupních materiálů z pracoviště WP1 na nově vzniklé pracoviště PV.

Práce operátorů na pracovišti PV bude spočívat ve vychystávání materiálu pro konkrétní zakázky, které by byly zařazeny do výroby pro daný den. Po načtení zakázky bude systémem *pick to light* zobrazen na skladovacím regále počet a typ součástek, které je třeba vyskladnit. Ačkoliv do každého jističe budou vychystány pouze čtyři součástky, na pracovišti PV je třeba skladovat šedesát typů součástí zabírající padesát paletových pozic. Do vychystávacího vozíku bude vyskladněn materiál pro konkrétní jistič, který tvoří základ jističe a průměrně 70 % jeho hmotnosti. Materiál bude pracovníkem PV a odvezen ke správné výrobní lince. Vytvoření pomocného skladu je v souladu se systémem *just in time* a výrobní operátor nebude muset strávit čas vychystáváním.

Základ jističe bude montován z přichystaných součástek na montážním stole (pracoviště ZM – základní montáž), který bude podobný současnému pracovišti WP1. Na stole bude umístěn spojovací materiál, zvedací a otočný přípravek k montáži a momentové šroubováky. Výstupem pracoviště ZM je kompaktní část jističe, která tvoří jeho základ. Jistič je pracovníkem ZM umístěn do podvozku, který usnadňuje dopravu mezi jednotlivými pracovišti, a přemístěn na válečkovou dráhu, po níž je posunut na výrobní linku. Předpokládaný průměrný čas montáže na pracovišti ZM je 11,6 minut pro konstrukční velikost 1; 10,7 minut pro velikost 2 a 13,9 minut pro velikost 3. Dle dlouhodobých prognóz a odhadů bude výroba obsahovat 41 % jističů velikosti 1; 44 % velikosti 2 a pouze 15 % velikosti 3. Tomuto předpokladu bude taktéž odpovídat počet stolů na pracovišti ZV. Budou zřízeny 2 stoly pro montáž základu konstrukční velikost 1 a další dva pro velikost 2. Pro konstrukční velikost 3 bude zřízen jeden stůl. Díky flexibilitě pracovníků bude vedoucí směny schopen pružně rozdělovat operátory podle skladby aktuálních zakázek.

Po převzetí rozpracovaného jističe operátorem z pracoviště ZM bude další montáž pokračovat přímo na válečkovém dopravníku. Za pracoviště ZM budou situovány tři montážní linky. Každá konstrukční velikost bude mít svou linku. Rozdělením další montáže na konstrukční velikosti bude umožněno skladovat u každé linky vstupní materiály určené pouze pro konkrétní velikost. Každá operace, kdy je do jističe namontována další součástka, bude probíhat v samostatné sekci linky, čímž bude dosaženo přehledného uspořádání vstupních materiálů v souladu s pravidly 5S. Kvůli lepší přehlednosti je v následujících odstavcích linka rozdělena na sekce abecedně.

V sekci A bude montován jeden z jedenácti typů střádačů, jejichž montážní čas je pro všechny velikosti a typy totožný – 3,6 minut.

V sekci B bude automatem dynamicky otestován chod střádače a provedeno kvalitativní měření smontovaných součástí. Testování a měření bude trvat dvě minuty na všech třech linkách. V této sekci nebude na jistič přidávána žádná hodnota, ale bude se předcházet ztrátám vzniklým v důsledku výroby nevyhovujících kusů a oprav.

Sekce C bude využívána, pouze pokud bude do jističe montován výsuvný mechanismus, jenž je univerzální a bude montován do všech výsuvných provedení stejný typ. Taktéž čas je

na všech linkách 1,5 minuty. Pokud montovaný jistič bude v pevném provedení, bude touto sekcí pouze převezen do sekce D.

V sekci D bude montován proudový transformátor, který je specifický pro každou konstrukční velikost. Časová náročnost montáže proudového transformátoru je 4,2 minut pro velikosti jedna a dva, velikost tři je náročnější a montáž trvá 4,5 minut.

Sekce E je poslední částí, kde budou montovány zhášecí komory a jejich příslušenství, jejichž montáž trvá průměrně 3,5 minuty pro všechny tři velikosti. Po montáži zhášecích komor opustí jistič výrobní linku, kdy jsou v jističi namontovány veškeré na velikosti závislé součástky.

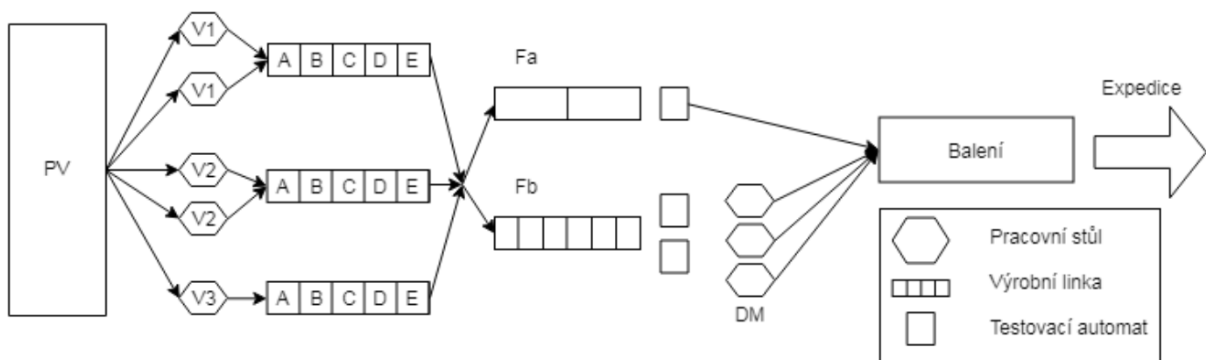
Dále jsou jističe manuálně přerozděleny a odeslány na příslušná pracoviště dle druhu další montáže.

Následující část výroby bude rozdělena na dvě větve označené Fa a Fb, kdy první bude určena pro firemní jističe mířící do odnoží společnosti v Asii a Americe. Ve druhé větvi budou kompletovány jističe mířící přímo k zákazníkům.

Ve větvi Fa budou dva stoly, na kterých budou jističe dokončovány. Montáž součástek už nebude závislá na konstrukčních velikostech jističů. Časová náročnost na pracovišti Fa bude v rozmezí tří a devíti minut. Přesný čas nelze určit, protože dochází ke kustomizaci každého kusu. Objem jističů firemních jističů tvoří 30 % celkové výroby.

Větev Fb slouží pro zákaznické jističe a veškeré odpínače. Opět zde bude krátká montážní linka se sektory pro montáže příslušenství. V šesti sektorech budou montovány postupně spínače, motory, řídicí jednotky, boční a přední kryty, popřípadě ostatní příslušenství.

Aby mohly jističe získat příslušené certifikace, musí být otestovány jejich vypínací schopnosti a jejich celková spolehlivost. K otestování těchto vlastností slouží dva testy pro firemní jističe a tři pro zákaznické. K účelu testování bude pořízen jeden automat schopný zvládnout oba testy firemních jističů. Automat bude přímo napojen na stoly větve Fa. Očekávaní čas testování nového automatu je 8 minut. Pro zákaznické jističe budou pořízeny dva totožné automaty s předpokládaným časem testování 15 minut. Tyto automaty musí být schopny vykrýt testování také firemních jističů v momentech, kdy bude jejich automat přetížen, porouchán, nebo v údržbě.



Obrázek 4.1 Schéma připravované výrobní linky (zdroj: vlastní zpracování)

Po úspěšném otestování bude na jistič nalepen příslušný štítek s certifikací, což je poslední úkon prováděný na firemních jističích a poté už budou odeslány válečkovým dopravníkem k pracovišti balení, kde je převezme pracovník, umístí do boxu, zajistí proti pohybu a odešle do expedice.

---

Zákaznické jističe a odpínače po otestování automatem budou transportovány na pracoviště DM (dokončovací montáž), kde budou na jistič v pevném provedení přimontovány přípojovací kontakty dle přání zákazníka, popřípadě bude jistič spojen s výsuvným rámem při výsuvném provedení jističe. Kompletní zákaznický jistič bude poslán na společné pracoviště balení a odeslán stejným způsobem jako firemní jistič.

#### 4.2.1 Srovnání se současnou výrobou

Pro pracoviště PV bude potřeba zaměstnat pracovníky na vychystávání materiálu. Tyto pracovníci budou zařazeni v nižší platové kategorii oproti montážním dělníkům, kteří si vychystávají materiál doposud, čímž dojde k úspoře finančních prostředků.

Za pracovištěm ZM dojde k výrazné změně stylu montáže, kdy v současné době probíhá několik montážních kroků najednou a v novém uspořádání je pro každý montážní krok vyčleněna speciální sekce linky.

Největší investicí v novém uspořádání je pořízení nových automatů na testování jističů. Současné automaty mají vysokou poruchovost, tudíž nové automaty podpoří metodu *just-in-time* k plynulosti výroby.

Největší nevýhodou nového uspořádání je finanční náročnost. Náklady na kompletní nové vybavení pracovní haly včetně testovacích automatů jsou odhadovány na 1,2 milionu eur. Technologicky náročný bude přechod ze současného uspořádání na nové, zde představené. Výroba nesmí být zastavena na více než dva pracovní dny. S novým uspořádáním výroby bude nutné přeškolení dělníků. Operátoři pracující na lince mezi sektory A až E budou muset zvládnout více montážních kroků.

Nové uspořádání výroby předpokládá snížení mezioperační doby, kdy rozpracované jističe čekají na válečkové dráze, o 85 %. Tato úspora pomůže s dodržováním *delivery reability*, které činí 5 dnů, současně sníží dobu ležení u jističů rozpracovaných na lince mezi směny, a celkový počet rozpracovaných jističů na lince. Specifikace a rozdělení vstupních materiálů do jednotlivých sektorů linky zamezí ztrátám v důsledku držení nadměrného množství materiálů. Toto uspořádání zvládne pojmout zvyšující se požadavky na výrobní kapacity. Jestliže současná výroba umožňuje při dvousměnném provozu vyexpedovat 250 ks jističů za den, nové uspořádání umožní vyrábět 400 ks jističů za dvě směny, což je 60 % navýšení výrobních kapacit.

---

## 5 DISKUSE

Tato práce se zabývá operativním plánováním výroby montáže jističů. V rámci práce jsou navržena řešení v duchu metody *kaizen*, která zlepší plynulost výroby a zvýší výrobní takt. V rámci navrhovaných opatření se mohou vyskytnout problémy v následujících oblastech:

- Logistika a dostupnost materiálů
- Kvalitativní problémy
- Odlišná kvalita lidského kapitálu

Ačkoliv je sledován detailně tok materiálů výrobní linkou, počítá s ideálními dodávkami materiálů na halu. Pokud dojde ke zpoždění dodávek materiálu, dochází k improvizaci v řazení jističů na lince. Improvizovaná výrobní řada opět vykazuje zvýšené ztráty vzniklé čekáním. Tyto výpadky v dodávkách materiálů mohou být způsobeny tím, že některé materiály mají více dodavatelů, popřípadě jejich technologickými výpadky. Nedostatek určitých materiálů může být rovněž ovlivněn kombinací malých zásob a řadou totožných jističů na výrobní lince, do nichž vybraný materiál patří. Není jednoduché najít rovnováhu mezi plýtváním v důsledku držení vysokých zásob materiálů a mezi nedostatkem materiálu v důsledku velké zakázky totožných jističů. Další logistické problémy v dodávkách mohou být způsobeny zahlcením centrálního skladu, odkud je vyskladňován veškerý materiál pro celou halu.

Kromě logistiky vstupních materiálů nebyla otevřena také otázka ztrát v důsledku oprav nevyhovujících kusů. Nutno dodat, že u zařízení jako je jistič, je dbáno na přísné dodržování kvality, protože nesprávná funkčnost jističe ohrožuje lidské životy a majetek, proto je velmi přísně posuzována výrobní kvalita, která může velmi rozházet sekvenci pokročilého plánování výroby, čímž razantně sníží takt výroby.

V neposlední řadě je nutné počítat s nestabilními výrobními časy různých operátorů. Mezi faktory ovlivňující časové výkony patří šikovnost, míra zaškolení, věk, pracovní návyky a pracovní morálka. Z tohoto důvodu je nutný pečlivý výběr pracovníků na vybrané úseky výrobní linky. Pro efektivnější zapojení do pracovního procesu je pro nově příchozí zaměstnance připravováno *training room*, kde budou pracovníci zaškolováni vedoucími směny pro vykonávání různých typů činností. Důležité je správně motivovat pracovníky, aby si udržovali vysokou pracovní morálku a návyky. I přes všechny vyjmenovaná úskalí vedou předkládané návrhy k výraznému zlepšení výrobního toku.

---

## ZÁVĚR

Během *value stream mappingu* byly objeveny problémy vznikající na výrobní lince. Tyto problémy byly dále zanalyzovány pomocí metod *kaizen*. Hlavní problém současného uspořádání je produktivita unikající kvůli čekání pracovníků, zbytečnou chůzí po pracovišti a vychystáváním materiálu. Z pohledu výrobního taktu byl identifikován problém, pojmenovaný jako doba ležení jističe na výrobní lince, kdy jistič čeká na montážní operace, ale není na něj přidávána žádná hodnota. Při *value stream mappingu* byla změřena doba čekání v délce 1 hodina a 43 minut z celkového montážního času 3 hodiny a 22 minut. Na základě odhalených nedostatků byla vypracována operační a racionalizační opatření.

První návrh se zaměřuje na stávající způsob montáže a jeho vylepšení. Tento návrh se skládá z více postupných kroků, které povedou k nižším zásobám materiálu a sníží plýtvání čekáním operátorů. Součástí návrhu byla představena myšlenka *advanced planning softwaru*, který bude schopen řadit zakázky adekvátně dle montážních časů, materiálových zásob a personálního složení. Aplikace tohoto návrhu umožní ušetřit práci jednoho výrobního operátora tím, že se odstraní čekání na pracovištích. Mezi další úspory patří ušetření místa na hale snížením meziskladů materiálu o 120 m<sup>2</sup>.

Druhý návrh byl rozpracován jako kompletní úprava současného výrobního systému. Pro nejobjemnější součástky bylo vytvořeno zvláštní vychystávací pracoviště, které ušetří čas pracovníkům montáže. V rámci zlepšení výrobního taktu byla výrobní linka rozdělena do více specifikovaných segmentů, které budou pracovat na základě *pull* principu. Ačkoliv, druhý návrh je ekonomicky nákladný, po správné aplikaci může vést ke zvýšení výroby o 60 %, přičemž nebude nutno navyšovat prostorovou kapacitu výrobních prostor.

Obě řešení byla navržena tak, aby na sebe navazovala. První návrh, skládající se z více postupných kroků, může být implementován téměř okamžitě. Po uskutečnění prvních kroků lze vyčkat a analyzovat úspory oproti současnému uspořádání. Druhý návrh vyžaduje finančně i časově nákladné zásahy do současného uspořádání haly. Na ušetřeném místě v hale, které vznikne po prvních krocích, bude vystavěna nová linka, kam bude postupně přesunuta část výroby. Tento trend stavění dalších linek a současné snižování objemu výroby na současné lince bude pokračovat až do ukončení výroby na staré lince.

---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### Tištěné zdroje:

1. BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
2. BAUER, Miroslav a Ingrid HABURAIIOVÁ. *Leadership s využitím kaizen a lean: pohádky pro unavené manažery*. Brno: BizBooks, 2015. ISBN 978-80-265-0390-3.
3. BLAŽEK, Ladislav. *Management: organizování, rozhodování, ovlivňování*. 2., rozš. vyd. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4429-2.
4. COIMBRA, Euclides A. *Kaizen in logistics and supply chains*. New York: McGraw-Hill, c2013. ISBN 978-0071811040.
5. DUCHOŇ, Bedřich a Jana ŠAFRÁNKOVÁ. *Management: integrace tvrdých a měkkých prvků řízení*. Praha: C. H. Beck, 2008. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 978-80-7400-003-4.
6. CHENG, T. C. E., S. PODOLSKY a P. JARVIS. *Just-in-time manufacturing: an introduction*. 2nd ed. New York: Chapman & Hall, 1996. ISBN 0412735407.
7. IMAI, Masaaki. *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. Second Edition. New York: McGraw Hill, [2012]. ISBN 978-0071790352.
8. KAVAN, Michal. *Výrobní a provozní management*. Praha: Grada, 2002. Expert (Grada). ISBN 80-247-0199-5.
9. LOCHER, Drew. *Value stream mapping for lean development: a how-to guide for streamlining time to market*. Boca Raton: Taylor & Francis, c2008. ISBN 9781563273728.
10. TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby*. 2., rozš. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2000. Expert (Grada). ISBN 80-7169-955-1.
11. VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA. *Podnikové řízení*. Praha: Grada, 2013. Finanční řízení. ISBN 978-80-247-4642-5.
12. VEBER, Jaromír a Jitka SRPOVÁ. *Podnikání malé a střední firmy*. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4520-6.

### Elektronické zdroje:

13. 5S metoda. In: *Lean fabrika* [online]. 2012 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: [http://www.lean-fabrika.cz/userfiles/image/5s\\_schema.JPG](http://www.lean-fabrika.cz/userfiles/image/5s_schema.JPG)
14. Lean production. In: *Neuron Consultin, s.r.o* [online]. 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://neuronconsulting.com/wp-content/uploads/2017/07/kruhov%C3%BD-diagram.png>
15. Systém tahu. In: *System online* [online]. 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: [https://www.ccb.cz/images\\_aqua/2014/kveten/05-ZCU-vyroba\\_tahem-03.jpg](https://www.ccb.cz/images_aqua/2014/kveten/05-ZCU-vyroba_tahem-03.jpg)
16. WILDI, Robert. Small steps, big changes. *Sanitas* [online]. 2017, **2017**(01), S.12-14 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: [https://kim.kaizen.com/kinglobal/userfiles/File/gl/Newsletters/2017/July/Sanitas\\_Magazin.pdf](https://kim.kaizen.com/kinglobal/userfiles/File/gl/Newsletters/2017/July/Sanitas_Magazin.pdf)
17. Zásada zlepšování kvality řízení [online]. In: *ČEZ*. 2014 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/micrositesutf/odpovednost2013/cs/bezpecnost/zasada-zlepsovani-kvality-rizeni.html>

---

**SEZNAM ZKRATEK**

5S	Metoda k zamezování ztrát pomocí lepší organizace pracovišť
ANSI	Americká organizace zabývající se certifikací elektrotechnických součástek (American National Standards Institute)
APS	Software pokročilého plánování (Advanced planning software)
DM	Dokončovací montáž
EDI	Elektronická výměna dat
EPEI	Every part every interval
ERP	Systém pro plánování podnikových zdrojů (Enterprise resource planning)
FIFO	First in first out
IEC	Mezinárodní organizace zabývající se certifikací elektrotechnických součástek (International Electrotechnical Commission)
JIT	Metoda sloužící k snížení nákladů a zvýšení efektivity (Just in time)
PV	Pracoviště vychystávání
TFM	Řízení toku (Total flow management)
THP	Technicko hospodářský pracovník
UL	Severoamerická organizace zabývající se certifikací elektrotechnických součástek (Underwriters Laboratories)
VSD	Mapování toku hodnot (Value stream design)
VSM	Mapování toku hodnot (Value stream mapping)
WP	Pracoviště (Work place)
ZM	Základní montáž

---

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 3.1 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP1 .....	25
Graf 3.2 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP2 .....	26
Graf 3.3 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP3 .....	26
Graf 3.4 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP4 .....	27
Graf 3.5 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP6 .....	27
Graf 3.6 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP7 .....	28
Graf 3.7 Časový snímek pracovní doby operátora na pracovišti WP8 .....	28
Graf 3.8 Ztráty vznikající na výrobní lince během jedné směny .....	29
Graf 3.9 Obsazenost výrobní haly .....	31

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1.1 Posloupnost metod štíhlé výroby [14] .....	10
Obrázek 1.2 Systém aplikace 5S [13] .....	12
Obrázek 1.3 Princip neustálého zlepšování [17] .....	14
Obrázek 2.1 Princip tahu [15] .....	19
Obrázek 3.1 Schéma současné výrobní linky .....	21
Obrázek 3.2 Časová osa montáže jističe na výrobní lince .....	24
Obrázek 4.1 Schéma připravované výrobní linky .....	35

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 3.1 Standardní obsazení jednotlivých pracovišť během pracovního dne .....	29
---	----