



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

METODY TOYOTA PRODUCTION SYSTEM VE VÝROBĚ ROZVADĚČŮ

TOYOTA PRODUCTION SYSTEM METHOD IN THE PRODUCTION OF SWITCHBOARDS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAKUB NĚMEČEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. LUBOŠ KOTEK, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jakub Němeček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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:

Metody Toyota Production System ve výrobě rozvaděčů

v anglickém jazyce:

Toyota Production System method in the production of switchboards

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Oblast řízení kvality je velice progresivní, objevují se nové metody řízení kvality, které doplňují tradiční metody. Tato bakalářská práce se zabývá popisem a použitím vybraných metod a nástrojů Toyota Production System.

Cíle bakalářské práce:

Provést literární rešerši metod Toyota Production System.

Porovnat vybrané metody řízení kvality a navrhnout jejich použití.

Vypracovat případovou studii.

Seznam odborné literatury:

JURAN, J. M. – GODFREY, A. B. Juran's Quality Handbook. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1999.

NENADÁL, J. aj. Moderní systémy řízení jakosti. 1. vyd. Praha: Management Press, 1998.

O

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

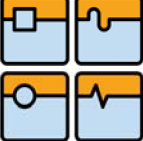
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 12.11.2014

L.S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

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

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na metody Toyota Production System, používané ve firmě ABB s.r.o. PPHV Brno – Slatina. V teoretické části jsou popsány jednotlivé druhy plýtvání, metody pro identifikaci plýtvání, a metody, používané pro odstranění tohoto plýtvání a tím zlepšení a zefektivnění celého výrobního procesu. Následuje praktická část, řešící konkrétní situaci, kde jsou některé tyto metody aplikovány v praxi.

KLÍČOVÁ SLOVA


Toyota Production System, štíhlá výroba, plýtvání, Just In Time, systém tahu, 5S, tok jednoho kusu

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on the methods of the Toyota Production System, used in the company ABB Ltd. PPHV Brno - Slatina. The theoretical part describes the different kinds of waste, methods for identifying waste, and the methods used to eliminate this waste and thereby improve and streamline the entire production process. Then follows the practical part, dealing with a specific situation where some of these methods are applied in practice.

KEY WORDS

Toyota Production System, Lean manufacturing, waste, Just In Time, Pull system, 5S, One piece flow

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE


NĚMEČEK, J. *Metody Toyota Production System ve výrobě rozvaděčů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 49 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Luboše Kotka Ph.D. a s použitím uvedené literatury a internetových zdrojů.

V Brně, 24.5.2015

.....
Jakub Němeček

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 9
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	


PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych tímto poděkovat především své rodině za podporu při studiu. Dále děkuji firmě ABB s.r.o. PPHV Brno – Slatina za možnost spolupráce, speciálně Ing. Jakubu Votavovi za cenné rady a připomínky při vypracovávání této práce.

OBSAH

ÚVOD.....	13
1 TOYOTA PRODUCTION SYSTEM	14
2 ZTRÁTY A PLÝTVÁNÍ	16
2.1 Sedm základních druhů plýtvání	16
2.1.1 Plýtvání při nadprodukcí	16
2.1.2 Nadbytečné skladové zásoby	17
2.1.3 Plýtvání při čekání	18
2.1.4 Plýtvání logistickou činností.....	19
2.1.5 Zbytečné pohyby	19
2.1.6 Zbytečná práce	20
2.1.7 Výrobní vady, zmetky	21
2.1.8 Nevyužité schopnosti zaměstnanců	21
2.2 Metody pro identifikaci plýtvání	22
2.2.1 Ischikawa Diagram	22
2.2.2 A3 Formulář.....	23
2.2.3 Snímek pracovního dne.....	23
2.2.4 5 Proč.....	24
2.2.5 Gemba meetings	25
3 METODY TOYOTA PRODUCTION SYSTEM	26
3.1 Výrobní systémy	26
3.1.1 Just In Time.....	26
3.1.2 Kaizen	27
3.1.3 One Piece Flow	28
3.1.4 Metoda 5S	29
3.1.5 Pull system	30
3.1.6 Jidoka.....	31
3.2 Logistické systémy.....	31
3.2.1 Supermarket.....	31
3.2.2 FIFO	32
3.2.3 Kanban	33
3.2.4 Milk run.....	33
4 ABB.....	34
4.1 Výrobní závod Brno – Slatina.....	34
4.2 GIS.....	34
4.3 Popis výrobní haly.....	36

5	APLIKACE METOD V PRAXI	39
5.1	Průběh montáže.....	39
5.2	Analýza pracoviště.....	41
5.3	Původní podoba pracoviště	41
5.4	Nynější podoba pracoviště.....	42
5.5	Shrnutí	45
	ZÁVĚR.....	46
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	47

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ÚVOD

Už ve starověku se lidé zajímali o kvalitu výrobků, které byli k dostání na trzích. Nejstarší zmínku o slově „kvalita“ lze dohledat u Aristotela, který ji definoval jako jednu ze základních „kategorií“. Pojmem kvalita však označoval souhrn vlastností, kterými lze cokoli popsat. To se od dnešního pojetí tohoto slova zásadně liší. Normy definují kvalitu (používá se i synonymum jakost) jako „*celkový souhrn znaků entity, které ovlivňují schopnost uspokojovat stanovené a předpokládané potřeby*“. [30]. Novější definice potom zní „*Jakost, neboli kvalita je stupeň splnění požadavků souborem inherentních charakteristik*“. [31].

Kvalitnější výrobek prakticky zajišťuje dobré reference na trhu a to významně zvyšuje konkurence-schopnost daného výrobku. Proto se postupně vyvinuly různé metody, systémy a nástroje řízení kvality, které se snaží o maximálně efektivní, kvalitní a plynulé zpracování výrobků, případně zajištění kvalitních služeb. Každá firma se totiž snaží co nejvíce minimalizovat své ztráty a plýtvání. To je ovšem složitý a pomalý proces. Jsou k němu potřeba určité zkušenosti a také dokonalá znalost celého výrobního procesu.

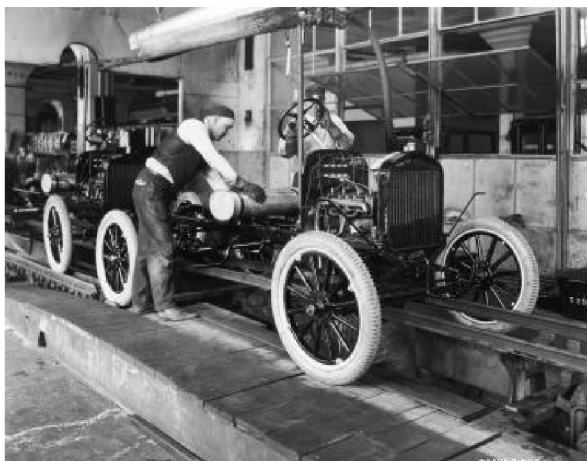
Tato práce je zaměřena na vybrané metody konceptu Toyota Production System a jejich použití ve firmě ABB PPHV Brno – Slatina s.r.o. při výrobě rozvaděčů velmi vysokého napětí. Kvalita těchto produktů je vzhledem k jejich užívání velmi důležitá. Proto je kladen velký důraz i na používané technologické postupy a aplikované metody řízení kvality.

Hlavní cíle této bakalářské práce jsou provedení literární rešerše metod Toyota Production System, jejich porovnání a použití, a následně ve druhé části práce případová studie, kde jsou zmíněné metody aplikovány v praxi.



1 TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

Toyota Production System je souhrn metod, které vyvinul Taiichi Ohno v padesátých až sedmdesátých letech minulého století. Tento systém se z části inspiroval postupy, které zavedl již kolem roku 1910 Henry Ford při výrobě slavného Modelu T. [3]



Obr. 1.1 Montážní linka Ford Motor Company, 1923 [6]

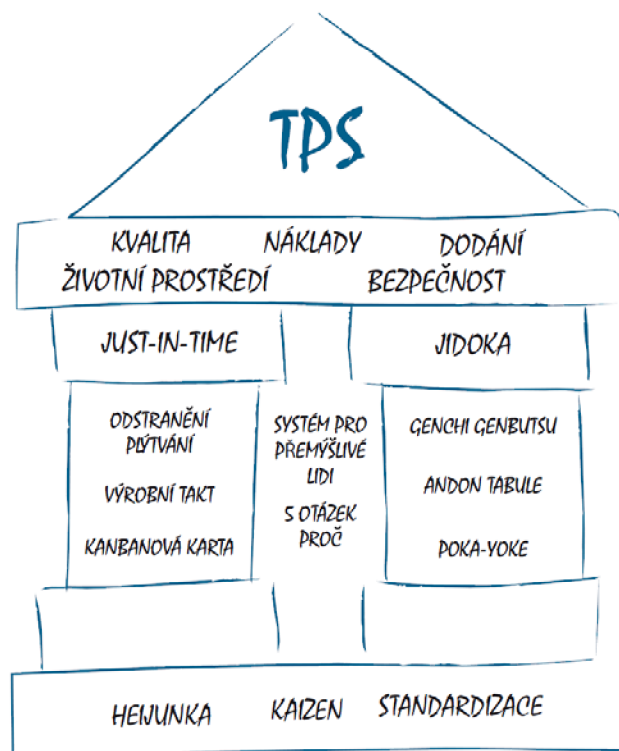
Zavedení montážní linky tehdy umožňovalo vyjetí dokončeného vozu z továrny každé 3 minuty. Tento systém měl ovšem jednu zásadní nevýhodu, a to neschopnost produkovat více typů výrobků. Po druhé světové válce proto ve firmě Toyota začali tento systém postupně přepracovávat a vylepšovat, z čehož nakonec vznikl koncept známý dnes jako Toyota Production System (dále pouze TPS). [3]

TPS je považován za předchůdce metodiky označované jako Štíhlá výroba (anglické označení „Lean manufacturing“). Základní princip a filozofie celého systému je zamezení všech typů plýtvání a snaha o dosažení plynulé a efektivní výroby.

Každý výrobní proces lze podle různých kritérií rozdělit na jednotlivá pracoviště. Pro konkrétní pracoviště poté platí, že předchozí pracoviště je jeho dodavatel a následující pracoviště je zákazník. Je proto třeba zajistit včasné dodání přesného množství materiálu od dodavatele a současně včasnou produkci kvalitních výrobků pro zákazníka. Hlavní myšlenka TPS je tedy zaměření na výrobu pouze toho, co si zákazník objednal a za co si zaplatil (co má přidanou hodnotu – tzv. „added value“).

Jako příklad lze uvést výrobu plynem izolovaných rozvodů (GIS) vysokého napětí ve firmě ABB. Koncový zákazník platí firmě za kompletní dodání rozvodny. To se samozřejmě skládá z několika různých výrobních i nevýrobních procesů, jako jsou: nákup materiálu od dodavatelů, výroba pouzder pro vodiče, nalakování všech potřebných komponent, montáž vedoucí k vytvoření celkové sestavy a následná expedice. Tyto všechny operace a mnoho dalších mají v sobě přidanou hodnotu pro zákazníka, neboť bez nich by nebylo možné výrobek dokončit a dodat dle požadavků zákazníka. Co ovšem nemá přidanou hodnotu, jsou úkony způsobené chybou či neefektivním jednáním. Například několikanásobné lakování v důsledku oprav poškozených dílů, prostoje při výrobě, způsobené pozdními dodáními materiálu od dodavatelů, nebo za pohyb zaměstnanců po výrobní hale při hledání potřebného materiálu, případně vhodných nástrojů.

Filozofie štíhlé výroby je také soustředění se na výrobu množství, které si zákazník objednal (tzn. nevytvářet zbytečné nadzásoby) a to v co možná nejkratším čase. Zmíněné nadzásoby totiž zvyšují flexibilitu výroby, což je na první pohled výhodné, ale také neúměrně zvyšují náklady, vyžadují větší sklady a v neposlední řadě mohou skrývat různé technologické problémy výrobního procesu. Podle pravidel štíhlé výroby je totiž třeba vzniklé problémy zviditelnit, aby bylo možné je okamžitě identifikovat, zjistit jejich příčinu, a tu následně odstranit. Vše je nutné provést tak, aby celý výrobní proces byl maximálně efektivní, plynulý a výrobky měly pokud možno 100% kvalitu. Dosažení tohoto „ideálního“ stavu je ovšem velmi náročné. Jde v podstatě o nikdy nekončící proces neustálého postupného zlepšování celého výrobního procesu, od návrhu výrobku až po jeho finální odeslání zákazníkovi. [2] K tomu slouží v systému TPS celá řada různých principů, metod a postupů, jak ukazuje následující schéma.



Obr. 1.2 Schématické znázornění Toyota Production System [4]

Základ systému TPS tvoří Heijunka – metoda k rozvrhnutí výrobního plánu pro dosažení plynulé výroby, bez výpadků a současně bez přetížení. Dále Kaizen – myšlenka neustálého zlepšování – říká, že zlepšit se dá cokoli. A nakonec Standardizace – stanovené postupy je nutné dodržovat, jinak ztrácí veškerý smysl. Základními „pilíři“ TPS jsou metoda Just In Time (kap. 3.1.1) a koncept Jidoka (kap. 3.1.6). Následuje mnoho dalších pomocných, nebo podpůrných systémů a metod. Při jejich správném používání se zvyšuje kvalita, plynulost a pružnost výroby a současně snižují náklady, což znamená pro firmu větší zisk, lepší konkurence-schopnost a stabilnější postavení na trhu.



2 ZTRÁTY A PLÝTVÁNÍ

Hlavním cílem systému TPS je odstranění zbytečných ztrát a eliminace plýtvání. Pojmeme ztráty rozumíme ty úkony, činnosti a části výrobních operací, které nejsou nezbytně nutné nebo vyžadované při výrobě daného výrobku. Pokud se vyskytnou, způsobují zpravidla zvýšené finanční náklady, časové prodlevy a plýtvání energií zaměstnanců. Ztráty nepřidávají výrobku žádnou hodnotu, pouze zvyšují náklady na výrobu. Každý podnik se proto snaží své ztráty co nejvíce eliminovat. Opak ztrát, tedy zvyšování přidané hodnoty, je definován jako „*práce s nárůstem hodnoty nebo práce přibližující produkt zákazníkovi, tedy ta činnost, za kterou je zákazník ochoten zaplatit*“. [5]

Ztráty lze podle japonské terminologie rozdělit na Muda (lze přeložit jako zbytečnou práci, plýtvání), Mura (překládá se jako nerovnoměrnost nebo nepravidelnost výroby – v praxi jde například o výpadky při výrobě) a Muri (přetěžování výroby, nastavování nepřiměřených cílů, což vytváří stres a zvyšuje riziko chyb). [7]

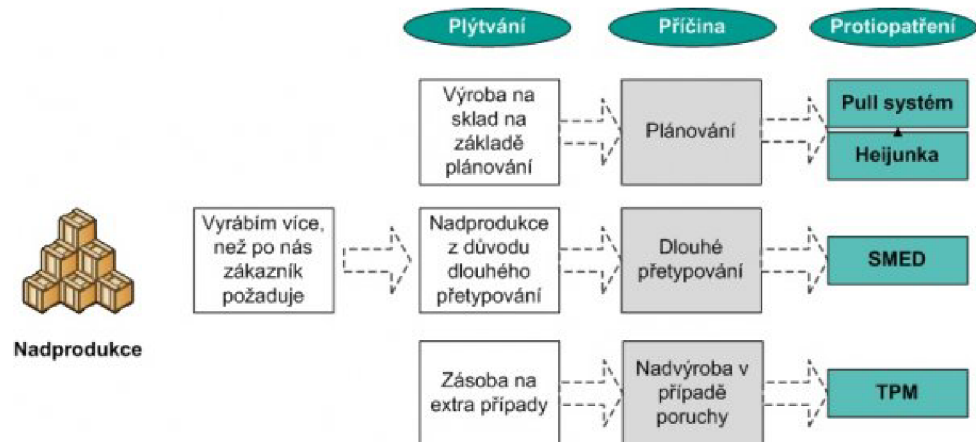
2.1 Sedm základních druhů plýtvání

Při zavádění systému TPS se snažíme všechny tyto ztráty co nejvíce eliminovat, nebo v ideálním případě úplně odstranit. Proto Taiichi Ohno v rámci systému TPS definoval 7 základních druhů plýtvání. [2] Těchto 7 druhů používáme i dnes, pro snadnější identifikaci a rozřídění jednotlivých případů plýtvání. Některé typické případy jednotlivých plýtvání jsou vždy uvedeny ve schématech na konci každé kapitoly.

2.1.1 Plýtvání při nadprodukcí

Jde o nejhorší druh plýtvání, protože generuje všechny ostatní druhy plýtvání. Některá část výrobního procesu pracuje rychleji, než je stanoveno plánem. To způsobuje produkci výrobků dříve, než jsou třeba. V tom horším případě i produkci výrobků, které si zákazník neobjednal a tudíž které jsou zbytečné.

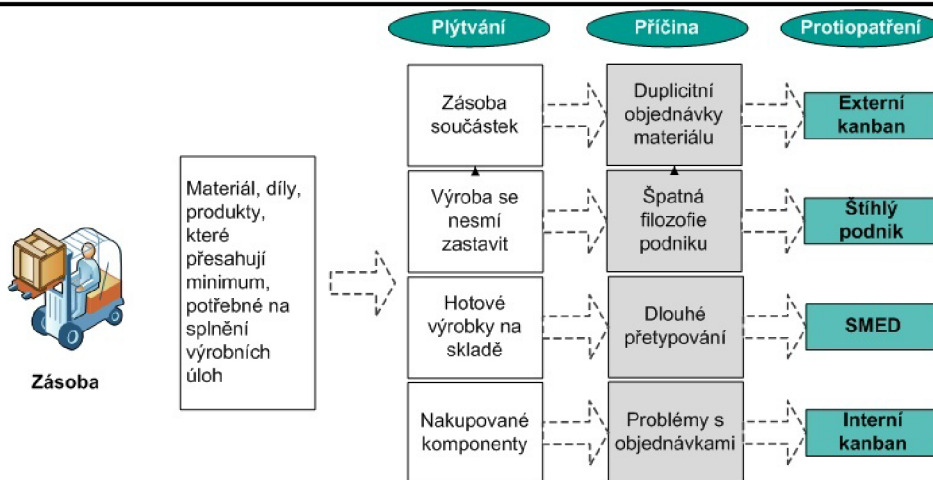
Produkce nepotřebných kusů výrobků způsobuje zahlcení skladů, ať už centrálního skladu firmy, nebo tzv. „bufferů“ mezi jednotlivými pracovišti. Buffer je přesně definované místo pro odkládání přesně daného počtu hotových materiálů/polotovarů, ze kterého si materiál/polotovar přebírá následující pracoviště. Pokud je buffer zaplněný, pracoviště musí přestat vyrábět a čekat. Pokračování výroby by totiž znamenalo ukládání hotových výrobků tzv. „kde se dá“, což zvyšuje náklady firmy (o cenu daného výrobku), zbytečně zabírá místo, určené pro něco jiného, dále může vést k degradaci výrobků a v neposlední řadě zvyšuje riziko nekvalitně odvedené práce z důvodu značně zhoršené možnosti identifikace materiálu.



Obr. 2.1 Plýtvání nadprodukcí [8]

2.1.2 Nadbytečné skladové zásoby

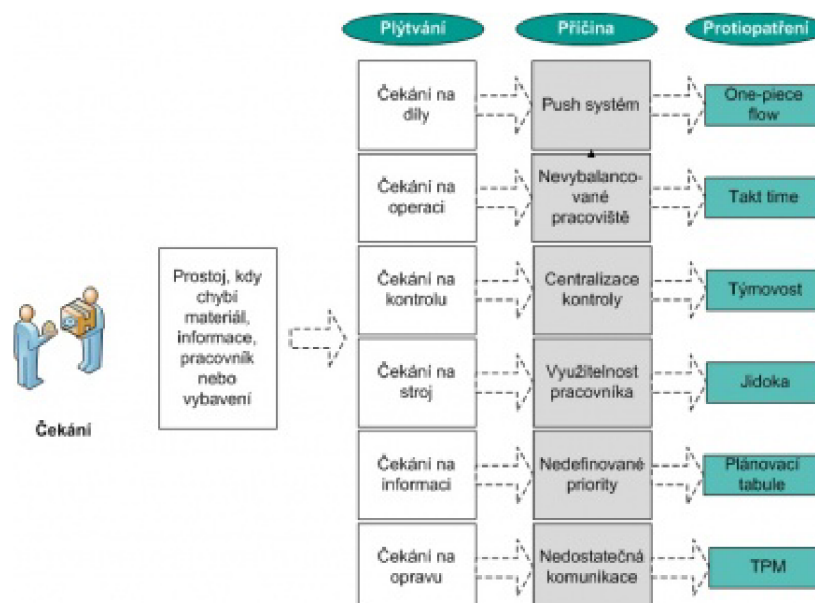
Nepřiměřeně velké skladové zásoby jsou dalším druhem plýtvání. Ať jde o materiál, polotovary, nebo hotové výrobky. Velké a rozlehlé sklady zadržují finance, které mohou být použité v jiném odvětví. Jsou méně přehledné a najít potřebný kus trvá déle, což generuje další druh plýtvání – čekání. Je také třeba kontrolovat dobu skladování jednotlivých kusů, aby nedošlo k jejich „zapomenutí“ a tím jejich degeneraci. Každý výrobek má svou danou trvanlivost, a pokud je zbytečně dlouho uskladněn, může to způsobit jeho poškození. Poškození lze chápat jako například znečištění, zestárnutí materiálu, nebo i mechanické poškození vlivem například nehody (přeplněný sklad zvyšuje riziko možné nehody). Odstranění těchto chyb opět zvyšuje časovou i finanční náročnost daného výrobního procesu. Tomu lze předejít například použitím tzv. FIFO systému (First In, First Out), o kterém bude zmínka v kap. 3.2.2. Je třeba také správně nastavit skladování na jednotlivých pracovištích (velikost bufferů). Pokud je například při výrobě potřeba průměrně pět kusů dané součástky na jednu pracovní směnu, je zbytečné mít na daném pracovišti buffer na dvacet kusů součástek a doplňovat ho jednou denně. Jednoznačně lepší je v tomto případě použití menšího bufferu a jeho častější doplňování. Výhodami jsou přehlednější pracoviště, jeho menší prostorové požadavky, a také finanční úspora. Velké sklady mohou často být pouze zástěrkou pro problém v jiné části výroby, jako například pozdní dodávky od dodavatelů, špatná kvalita výrobků a součástek, nebo neplynulost výrobního procesu.



Obr. 2.2 Plýtvání nadbytečnými skladovými zásobami [9]

2.1.3 Plýtvání při čekání

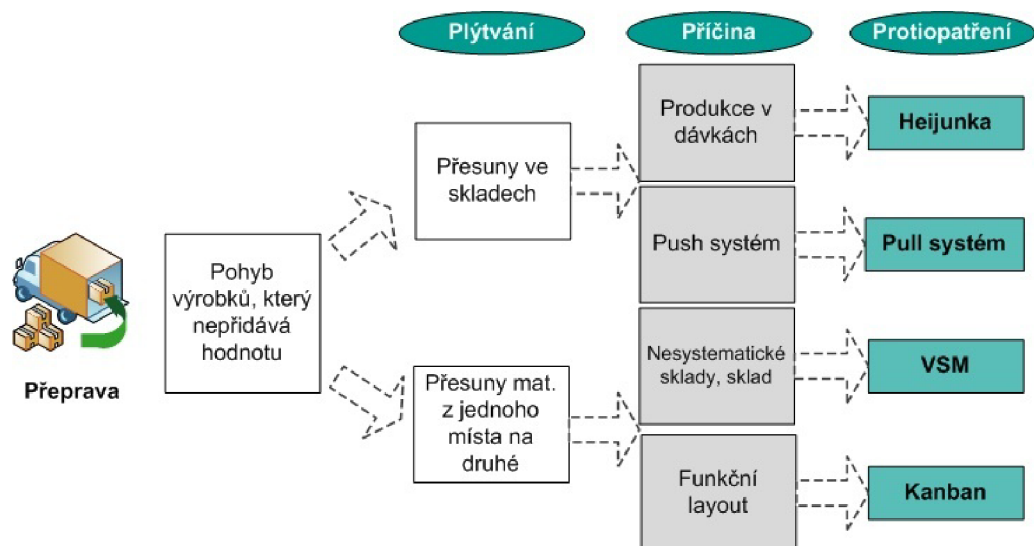
Třetím druhem plýtvání je čekání. To znamená doba, při které pracovník nevykonává žádnou užitečnou práci. Jde o plýtvání, které je většinou vidět na první pohled. Je tedy snadno identifikovatelné, ale jeho odstranění vyžaduje dokonalé naplánování celého výrobního procesu. Nejčastějšími projevy tohoto plýtvání jsou například čekání na dodání materiálu od externího dodavatele, nebo polotovaru od předcházejícího pracoviště, dále čekání pracovníka, než stroj provede daný úkon, nebo čekání na opravu stroje. Některé tyto prodlevy jsou očividné (způsobené například poruchou stroje), v jiných případech může jít o zdržení v řádu vteřin, způsobené například pouhým pozorováním stroje daným pracovníkem. Odstraněním těchto možná na první pohled bezvýznamných časových ztrát, lze při rozpočítání výrobního procesu například na týdenní cykly, dosáhnout významné časové úspory a tím i větší produktivity. Pro odstranění těchto ztrát používáme několik různých metod, jak ukazuje následující schéma.



Obr. 2.3 Plýtvání při čekání [10]

2.1.4 Plýtvání logistickou činností

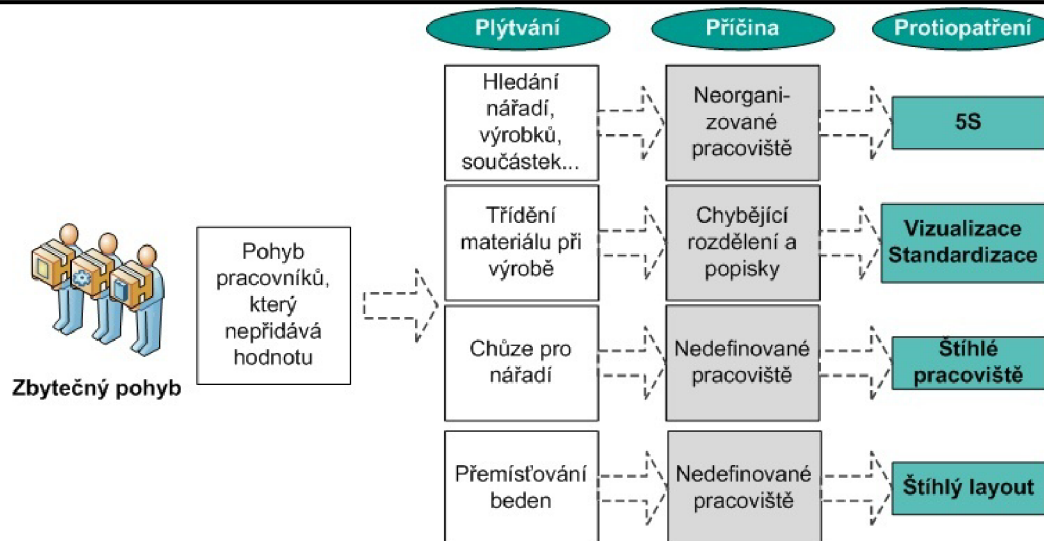
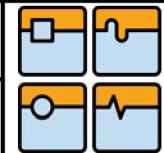
Jde o jeden z nejčastějších projevů plýtvání. Do této kategorie patří například zbytečné převážení věcí z místa na místo, nebo příliš dlouhá vzdálenost mezi skladem a daným pracovištěm, případně mezi jednotlivými pracovišti. Příčinou bývá většinou nevhodné rozmístění jednotlivých pracovišť, nepřehlednost skladů, nesystematičnost výroby. Nad stejným problémem je třeba se zamyslet i na úrovni samotného pracoviště. Je třeba ho uspořádat tak, aby pracovník nemusel polotovary a výrobky zbytečně přesouvat mezi jednotlivými operacemi, nebo obcházet nevhodně umístěné předměty, jako například stoly, palety, nebo regály. Všechny tyto přesuny, přestože jsou některé z nich nezbytné, nepřidávají výslednému produktu žádnou přidanou hodnotu. Je proto třeba je co nejvíce minimalizovat, aby veškerý pohyb materiálu byl maximálně efektivní.



Obr. 2.4 Plýtvání při transportu [11]

2.1.5 Zbytečné pohyby

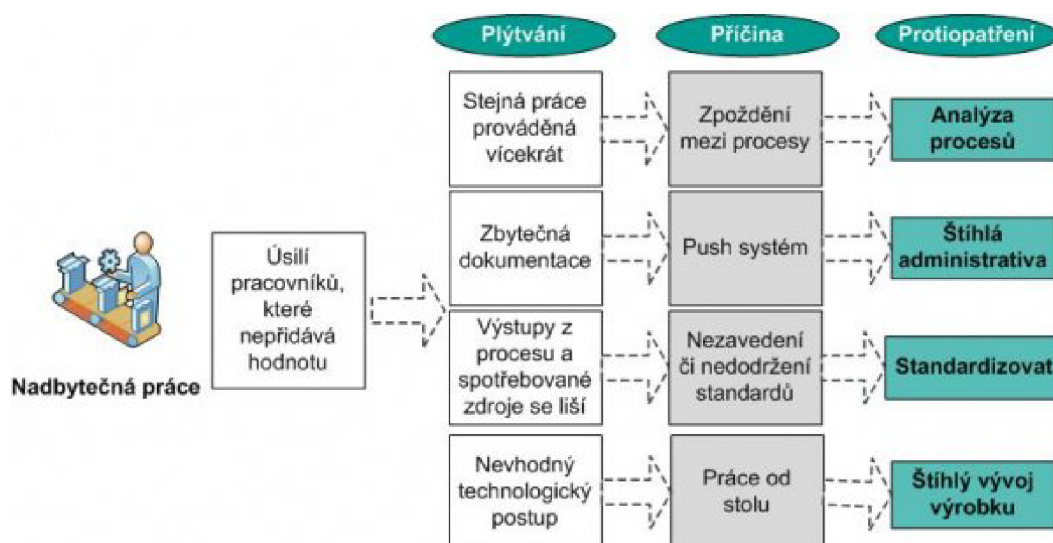
Jde o další, velmi častý druh plýtvání. Patří sem každý neefektivní pohyb pracovníka. Jde například o otáčení se pro materiál, ohýbání pro součástky na paletu, zvedání a přenášení těžkých břemen, nebo naklánění nad pracovní stůl kvůli kontrole výrobku. Patří sem i takové zdánlivé nepatrnosti, jako třeba předávání náradí z jedné ruky pracovníka do druhé, nebo hledání správného náradí. Na vině je většinou špatné rozložení pracoviště (špatná ergonomie), jeho nesystematičnost, případně nepořádek na pracovišti. Také lze do této kategorie plýtvání zařadit cestu za vedoucím pracovníkem kvůli poradě o činnosti, která již byla dříve definována a zadána. V tomto případě je třeba zlepšit komunikaci a tok informací mezi vedením a zaměstnanci. V neposlední řadě je nutné analyzovat i pohyby jednotlivých strojů a zkontrolovat, zda pracují dostatečně efektivně.



Obr. 2.5 Zbytečné pohyby [12]

2.1.6 Zbytečná práce

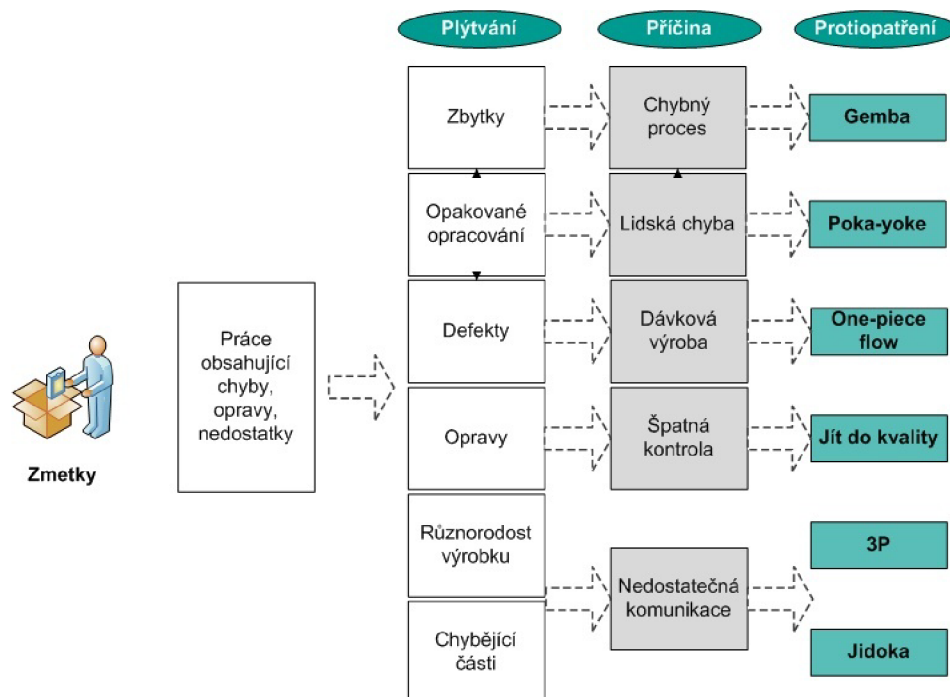
Do této kategorie spadají práce a činnosti, které sice zvyšují hodnotu produktu, ale zákazník, jak externí tak interní, je nezaplátil, nebo je dokonce vůbec nechce. Příčinou vzniku tohoto plýtvání je tedy snaha produkovat kvalitnější výrobky, než je ve skutečnosti třeba. [2] Konkrétně může jít například o lakování částí dílců, u kterých to není nutné, několikanásobné pracovní úkony (čištění dílce vícekrát během jedné výrobní operace), nebo také vedení nadbytečné dokumentace každého výrobku. Pro odstranění tohoto plýtvání je nutná detailní znalost požadavků zákazníka, porovnání těchto požadavků s celým výrobním procesem, analýza všech jeho částí a následně rozhodnutí, zda jsou jednotlivé pracovní úkony opravdu nutné.



Obr. 2.6 Plýtvání zbytečnou prací [13]

2.1.7 Výrobní vady, zmetky

Poslední druh plýtvání, který definoval Taiichi Ohno, je vyrábění nekvalitních součástí a zmetků. Výroba zmetků představuje pro firmu výrazné ztráty. Opravy neshodných součástí, případně jejich nahrazení novými, stojí hodně energie, času a také financí. Produkce takovýchto výrobků může být způsobena více faktory. Jedním z nich jsou například lidské chyby pracovníků, případně jejich nedostatečné proškolení. Řešením je standardizace daného výrobního úkolu, opětovné proškolení pracovníků, a případně zavedení metod jako Poka-yoke a Jidoka (Jidoka viz kapitola 3.1.6; Poka-yoke je vytváření postupů tak, aby byly „chybuvedorné“ – například nutnost vyplnění dokumentů výrobku před započítím další operace). Dále mohou být na vině špatné technologické postupy výroby, nevhodně zvolené nástroje, nebo také příliš přísné předpisy o kvalitě výrobku. V tomto případě je třeba přepracování návrhu výrobku a jeho zpracování. Jelikož se ale na tyto problémy přijde většinou až v průběhu výroby, je jejich odstranění velmi nákladné a časově náročné. V ideálním případě by tedy do výroby měl jít téměř dokonalý produkt, což je ale v praxi velmi obtížné a závisí to na zkušenostech konstruktérů a technolůž dané firmy.



Obr. 2.7 Plýtvání výrobními vadami [14]

2.1.8 Nevyužití schopnosti zaměstnanců

V dnešní době se k základním sedmi druhům plýtvání přidává ještě osmý bod, a sice nevyužití schopností a kreativity svých zaměstnanců. Kdo jiný totiž může znát výrobní proces lépe a detailněji, než pracovníci, kteří jsou s ním denně ve styku. Klíčem k efektivní výrobě je tedy naslouchání jejich nápadům, poznatkům a návrhům na zlepšení. [18]

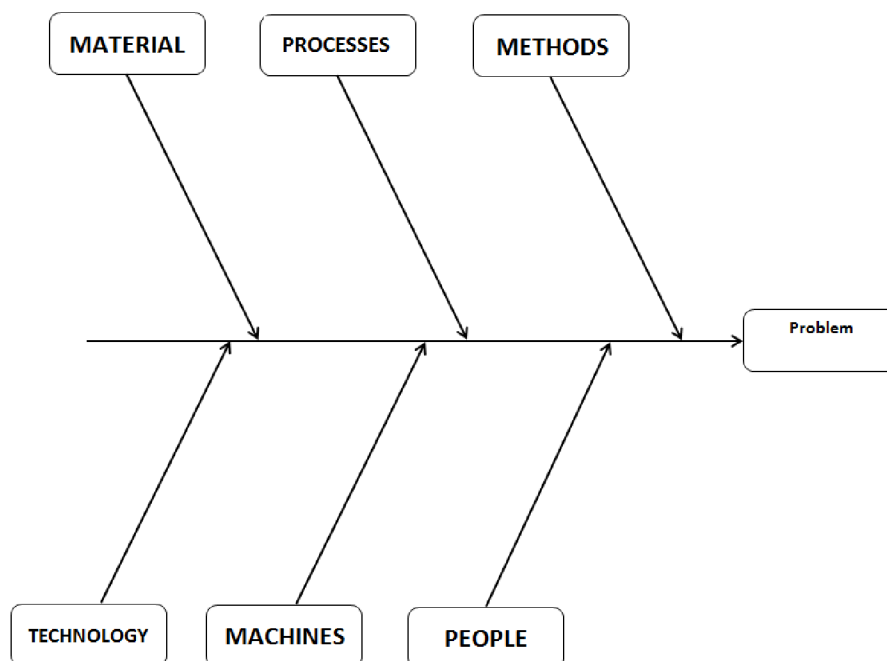


2.2 Metody pro identifikaci plýtvání

Metodika štíhlé výroby říká, že je třeba neustále kontrolovat výrobní proces a hledat v něm případné problémy nebo plýtvání. V případě náhodného výskytu problému je totiž prakticky ihned zastavena celá výroba díky použití systému OPF (kap. 3.1.3) a malému množství zásob. To je ale velmi zatěžující, a to jak časově, tak finančně. Je proto nutné vyřešit daný problém co nejdříve a zajistit, aby se už neopakoval. Aplikace tohoto postupu zajišťuje neustále stoupající kvalitu výrobků a současně finanční i časové úspory. Je totiž výhodnější problémům předcházet, než řešit stále se opakující chyby ve výrobním procesu. První krok neustálého zlepšování (označuje se jako „Continuous Improvement Process“ – zkratka CIP) je tedy identifikace všech plýtvání na každém pracovišti. K tomu slouží celá řada různých metod. Některé z nich, používané v ABB PPHV Brno – Slatina s.r.o., jsou představeny níže.

2.2.1 Ischikawa Diagram


Metoda, někdy nazývaná také anglicky „Fishbone diagram“ (díky tvaru výsledného schéma, které se podobá kostře ryby), nebo česky „Diagram příčin a následků“ svůj název dostala podle svého tvůrce, kterým je Kaoru Ischikawa. [15] Slouží ke zjištění základních příčin problémů. Jde o metodu zpracovávanou v týmu složeném z pracovníků různých odvětví. Základem je přesná definice problému, který je třeba řešit. Ten se rozdělí na různá odvětví výrobního procesu, která jej mohou ovlivňovat. Do těchto podskupin se poté na základě porady týmu zapisují příčiny daného problému. Nakonec je třeba vybrat nejdůležitější příčiny (například hlasováním) a ty následně řešit. Příklad Ischikawa diagramu, do kterého lze vpisovat různé příčiny řešeného problému, je na obr. 2.8.



Obr. 2.8 Ischikawa diagram [17]

2.2.2 A3 Formulář

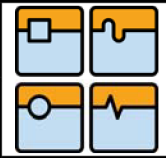
Někdy také anglicky označován jako „A3 Report“. Slouží spíše k zaznamenání problému a jeho řešení. Jde o jeden list papíru, často formátu A3, proto označení A3 Report. Princip spočívá v postupném zapisování získaných informací do přesně vymezených polí. Jeho struktura z části vychází z tzv. metody PDCA (Plan-Do-Check-Act, kap. 3.1.2). Prvním bodem je definice řešeného problému, nebo plýtvání. V druhém poli formuláře je Analýza, kam se zapisují zjištěné příčiny plýtvání. Následuje položka Řešení, kde nalezneme, jaké kroky je třeba podniknout (nebo jaké již byly podniknuty) pro nápravu. Nakonec se uvádí jména osob zodpovídajících za řešení daného problému. Tento formulář neslouží k identifikaci problémů, ale pouze podává stručnou, jednoduchou a srozumitelnou zprávu o nalezených problémech a jejich následných řešeních. [16] Ukázkový formulář je na obr. 2.9.

Číslo:	Zodpovědná osoba:	A3 Report SFM																														
Problém - plýtvání		Řešení																														
Analýza problému		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Akční plán</th> </tr> <tr> <th>Popis úkolu</th> <th>Zodpovědná osoba</th> <th>Datum splnění</th> <th>Splněno</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			Akční plán				Popis úkolu	Zodpovědná osoba	Datum splnění	Splněno																				
Akční plán																																
Popis úkolu	Zodpovědná osoba	Datum splnění	Splněno																													
		Řešení zkontrolováno (kým?):																														

Obr. 2.9 A3 formulář [17]

2.2.3 Snímek pracovního dne

Snímek pracovního dne slouží hlavně pro odhalení plýtvání časem ve výrobním procesu. Jde o osvědčenou a velmi užitečnou metodu identifikace plýtvání. Základem je určení předmětu měření. Může jít o jednu výrobní operaci prováděnou jedním pracovníkem, stejně jako průběh práce celé jedné výrobní směny. Je ale třeba si uvědomit, že čím širší je zaměření, tím náročnější je následné vyhodnocení snímku.



Následuje zaznamenání daného pracovního úkonu včetně všech, na první pohled nepatrných, pohybů jednotlivých pracovníků. Důležité je v tomto bodě přesvědčit pracovníky, aby všechny úkony prováděli standardně a nesnažili se, například z důvodu stresu, pracovat rychleji, nebo jiným způsobem, než obvykle. Jako ideální metoda zaznamenání dané výrobní operace se jeví použití videokamery. Lze však použít i písemný zápis všech úkonů a změření příslušných časů stopkami.

Nakonec se vše vyhodnotí. Prochází se podrobně každý jednotlivý úkon dané operace, s cílem odhalit plýtvání. Výhodné je v tomto případě zahrnout do vyhodnocovacího týmu i samotné pracovníky dané operace. Podle osmého druhu plýtvání (dle principů štíhlé výroby, kapitola 2.1.8) totiž právě oni znají danou operaci nejlépe a jsou tedy schopni identifikovat i ty nejmenší případy plýtvání.

Ze získaných dat se poté navrhne a realizuje řešení. To může spočívat například v přenastavení bufferů, zavedení konceptu OPF (One Piece Flow, kap. 3.1.3), nebo i pouhým upravením pracoviště dle metod 5S (kap. 3.1.4). Tyto poměrně jednoduché úkony mohou mít za následek výrazné zkrácení času dané operace.

2.2.4 5 Proč


Dle filozofie TPS je odstranění samotného problému ve výrobním procesu nedostatečné. Je nutné pátrat dál po jeho příčinách. Pokud je totiž odstraněn pouze samotný problém, je velmi pravděpodobné, že se bude v budoucnu opakovat, což může přinášet další ztráty. Tomu je třeba předejít. Jednou z metod, sloužících k nalezení podstaty problému, je tzv. 5x Proč (5 Why). Princip této metody je velmi jednoduchý. Spočívá v postupném pokládání otázky „Proč?“ pětkrát za sebou. V některých případech není třeba jít příliš do hloubky, a proto stačí položit otázku například pouze dvakrát. Nejlépe lze tuto metodu vysvětlit na příkladu:

Problém: Nefunguje automatická výrobní linka.

Proč? → Je zadřený pohánějící řetěz.
Proč? → Nebyl správně namazaný.
Proč? → Nikdo ho nenamazal.
Proč? → Mazání řetězu nebylo nikomu zadáno.
Proč? → Neexistuje standardizovaný postup pro údržbu.

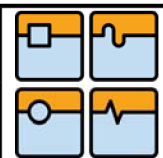
Řešení: Je nutné zavést systém TPM.

(TPM = Total Productive Maintenance - řeší naplánování údržby strojů tak, aby byly všechny stroje pravidelně sepisované, a nedocházelo k výpadkům. Současně je ale nutné naplánovat údržbu tak, aby nebyly zbytečné prostoje) [1]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 25
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

2.2.5 Gemba meetings

Další metodou identifikace problémů jsou tzv. Gemba meetingy. Jde o pravidelná setkání (např. každý den ráno) vedení firmy s vedoucími pracovníky všech výrobních úseků. Slovo Gemba znamená přeneseně „reálné místo“ [19], proto meetingy probíhají tam, kde se skutečně zvyšuje přidaná hodnota – ve výrobní hale. Na těchto setkáních se řeší případné problémy ve výrobě, jako například produktivita, kvalita výrobků, pozdní dodávky od dodavatelů a jiné. Tato setkání urychlují řešení problémů a zlepšují informovanost vedení firmy o situaci ve výrobě.



3 METODY TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

Kromě metod pro identifikaci chyb ve výrobním procesu existuje také celá řada metod, systémů, a konceptů, které zmíněné problémy řeší v souladu s filozofií Toyota Production System. Tyto systémy mají za úkol odstranit veškeré plýtvání, snížit náklady a udělat výrobu co nejvíce efektivní a plynulou. Mnoho těchto metod spolu souvisí, nebo dokonce závisí jedna na druhé. Některé v sobě skrývají pouze jednu jednoduchou myšlenku. Všechny dohromady ale dávají koncept, který stojí za obrovským celosvětovým rozvojem firmy Toyota (a mnoha jiných, používajících tyto metody) v minulém století.

3.1 Výrobní systémy

Metody a principy TPS můžeme rozdělit na výrobní (zaměřují se na postup a způsob výroby) a logistické (ty řeší materiálový tok). Výrobní systémy se snaží docílit plynulé produkce kvalitních výrobků, bez zbytečných prodlev, nebo zdržení, a také bez výroby zmetků.

3.1.1 Just In Time

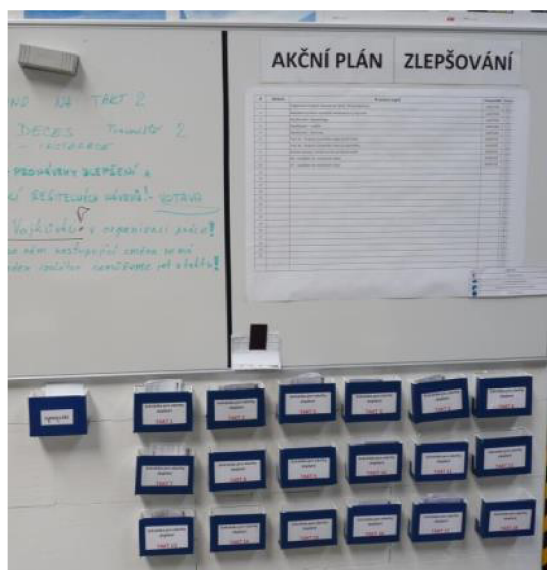
Česky označován jako „Právě včas“, častěji se používá spíše jen zkratka „JIT“. Jde o základní filozofii celého TPS. Výsledkem při použití metody JIT by měla být produkce přesného počtu výrobků, které si zákazník objednal, ve správné kvalitě a za přesně dohodnutý čas. Důležitá je proto eliminace všech druhů plýtvání a velký důraz je kladen také na 100% kvalitu výrobků. Dosažení tohoto ideálního stavu ovšem není snadné a vyžaduje zapojení všech zaměstnanců i dodavatelů firmy.

Produkce „Just In Time“ znamená odstranění nadbytečných zásob a skladů, které jsou pouze plýtváním a zvyšují náklady. Mohou také skrývat některé nedostatky výrobního procesu, jako například pozdní dodávky materiálu od dodavatelů, nebo produkci nekvalitních výrobků v důsledku špatných výrobních postupů. Klíčové je nastavit zásobování tak, aby v daném okamžiku bylo k dispozici přesně tolik materiálu, kolik je na danou operaci potřeba.

Zavedení a doladění tohoto systému se může zpočátku zdát nesmyslné. Každý drobný problém, např. identifikace zmetku v průběhu výrobního procesu, který se dříve řešil použitím náhradního kusu materiálu ze skladu, nyní znamená kompletní zastavení výroby. To způsobuje velká zdržení a produktivita rapidně klesá. V tom je ale smysl celého systému TPS, respektive štíhlé výroby. Je nesmyslné objevené problémy pouze zakrývat. Problémy související s výrobním procesem je nutno nejprve zviditelnit a následně postupně odstraňovat jeden po druhém. Výroba se tak stává plynulou, pružnou a kvalita výrobků postupně narůstá. V ideálním případě je poté úplně eliminována produkce zmetků, a také jsou minimalizovány všechny ostatní druhy plýtvání.

3.1.2 Kaizen

Japonský koncept Kaizen představil v roce 1986 Masaaki Imai. „KAI“ znamená v japonštině „změna“ a „ZEN“ je „dobrý, lepší“. [21] Doslovný překlad je tedy změna k lepšímu, používají se však spíše výrazy „Neustálé zlepšování“ nebo mezinárodní označení „Continuous Improvement Proces“ (zkráceně CIP). Podle této filozofie se všechna velká zlepšení ve výrobním procesu skládají ze spousty malých, drobných změn. Je tedy potřeba neustále hledat možnosti jakéhokoli zlepšení. [20]



Obr. 3.1 Tabule pro nápady na zlepšení ve firmě ABB

Nápady na zlepšení lze sbírat od všech zaměstnanců, a to například formou připomínek k jednotlivým výrobním úsekům. Na obr. 3.1 lze vidět tabuli pro nápady na pracovišti montáže ve firmě ABB. Schránky jsou rozděleny podle jednotlivých výrobních taktů. Každý nápad ve schránce musí obsahovat konkrétní podobu minimalizace plýtvání.

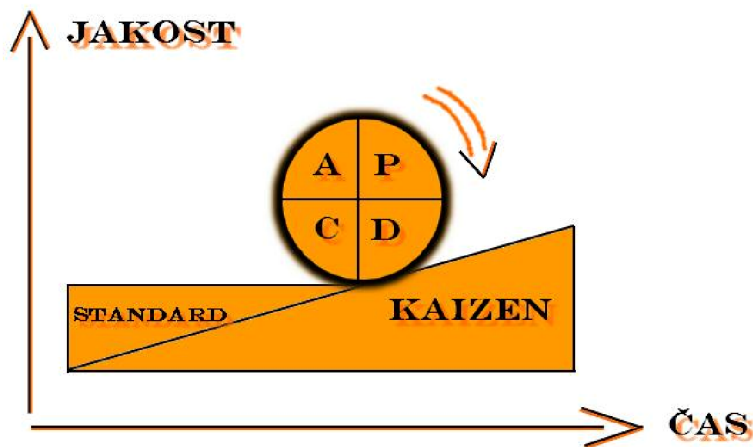
Proces neustálého zlepšování lze popsat tzv. PDCA cyklem, který vyvinul W. E. Deming spolu s W. Shewhartem. Oba byli celosvětově uznávanými odborníky v oblasti řízení kvality. [22] Jde o nekonečný cyklus, jehož princip stojí na 4 základních bodech:

Plan – Na počátku je třeba důkladně naplánovat uvažované zlepšení. Je nutná detailní znalost výrobního procesu a posouzení všech dopadů navrhovaných změn.

Do – Nastává realizace daného zlepšení. Důležitá je pečlivá dokumentace všech podniknutých kroků.

Check – Pokud uvedené zlepšení již funguje, je čas na přezkoumání výsledků. Zjišťuje se, zda se dané výsledky shodují s očekáváním.

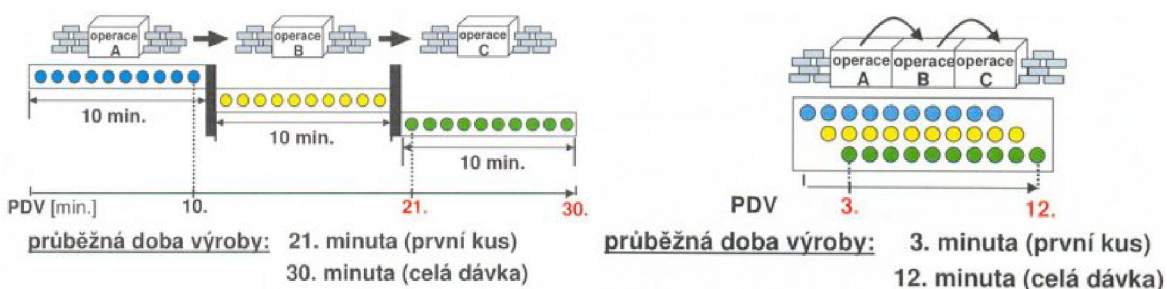
Act – Pokud je mezi naplánovanými a dosaženými výsledky rozpor, je třeba upravit zlepšení tak, aby splňovalo požadavky. Pokud vše funguje jak má, je třeba uvedený postup standardizovat a naplno začlenit do výrobního procesu.



Obr. 3.2 Kaizen, znázorněný pomocí PDCA cyklu

3.1.3 One Piece Flow

One Piece Flow (OPF), neboli Tok jednoho kusu je jeden z hlavních pilířů štíhlé výroby. Jde o výrobní postup, který upřednostňuje výrobu pouze jednoho kusu výrobku na dané operaci a následně jeho okamžité odeslání na další pracoviště. Tento způsob výroby v ideálním případě odstraňuje veškeré čekací doby a je proto maximálně efektivní. V praxi nabízí tento postup oproti dávkové výrobě větší plynulost výrobního procesu (tzv. „Flow“), kratší výrobní časy, menší prostorovou náročnost jednotlivých operací, a v neposlední řadě také jednodušší identifikaci plynutí. [23] Hlavní výhoda konceptu OPF je ukázána na obr. 3.3.



Obr. 3.3 Princip OPF [23]

Hlavní nevýhoda tohoto systému je neschopnost výroby reagovat na vzniklé problémy. Pokud je několik za sebou následujících operací propojených, jeden drobný problém zapříčiní zastavení celé výrobní linky. Podle filozofie TPS je poté nutné vyřešit daný problém, najít jeho příčiny a odstranit je, aby se daný problém již neopakoval. V případě, že stále se opakující problém není možné úplně odstranit (např. technické problémy u výrobních linek), lze v praxi přistoupit k vytvoření bufferů mezi jednotlivými operacemi, které budou tyto výpadky kompenzovat.

3.1.4 Metoda 5S

5S je systém, zabývající se organizací jednotlivých pracovišť. Na nepřehledném a neuspořádaném pracovišti se zvyšuje riziko plýtvání, nebo výroby zmetků. Metoda 5S je pojmenovaná podle prvních písmen japonských slov Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu a Shitsuke. Jejich význam je vysvětlený níže. Pracoviště, které je správně upravené podle těchto 5 bodů je schopné efektivní a rychlé výroby kvalitních produktů. Dodržování těchto pravidel tedy pomáhá zvyšovat produktivitu, a kvalitu výrobků, snižuje výrobní čas, náklady a také odbourává stres na pracovišti. Jde o jednu z nejjednodušších cest, jak odstranit plýtvání, a to prakticky bez nákladů. [24]

Seiri (Seřídít) – Tento krok je zaměřen na odstranění přebytečných předmětů a nástrojů na daném pracovišti. Je nutné roztrždit všechny předměty a rozdělit je podle četnosti použití. Rozdělujeme na potřebné neustále, potřebné občas a zbytečné. Je výhodné si jednotlivé předměty barevně označit dle kategorie pro zjednodušení třídění. Nakonec všechny přebytečné předměty odstraníme.

Seiton (Systematizovat) – V tomto kroku rozmístíme zbylé předměty po pracovišti. Každý předmět a nástroj dostane své stanovené místo, které označíme například štítkem s názvem, nebo fotografií daného předmětu. To usnadňuje vrácení nástrojů na svá místa, pomáhá udržovat pořádek, a také ihned upozorňuje na případnou ztrátu nástroje. Předměty umísťujeme podle četnosti jejich použití, aby se zamezilo plýtvání pohybem. To znamená, že nejčastěji používané předměty budou nejvíce „po ruce“ a předměty potřebné pouze výjimečně mohou být například na centrálním místě, společném pro více pracovišť.

Seiso (Stále čistit) – Uklizené a roztržděné pracoviště se nyní musí vyčistit. Špinavé pracoviště, nebo nástroje, zvyšují riziko nehody, mohou způsobovat produkci zmetků, a také zhoršují pracovní podmínky a zvyšují stres. U vyčištěných strojů lze někdy také snáze identifikovat poruchu. Je také důležité naplánovat čištění celého pracoviště do budoucna. Plán musí obsahovat: co všechno je třeba vyčistit, jak často, který pracovník je za vyčištění zodpovědný a co k tomu bude potřebovat.

Seiketsu (Standardizovat) – Všechny výše uvedené postupy je nyní třeba standardizovat. Tím dosáhneme jejich dodržování. Standardy musí být jasné a srozumitelné pro každého pracovníka, což také pomáhá odhalit případné nesrovnalosti, nebo odchylky.

Shitsuke (Sebedisciplína) – Veškeré zavedené postupy, standardy a normy budou k ničemu, pokud je pracovníci nebudou dodržovat. Je proto důležité je ve věci řádně proškolit a motivovat.



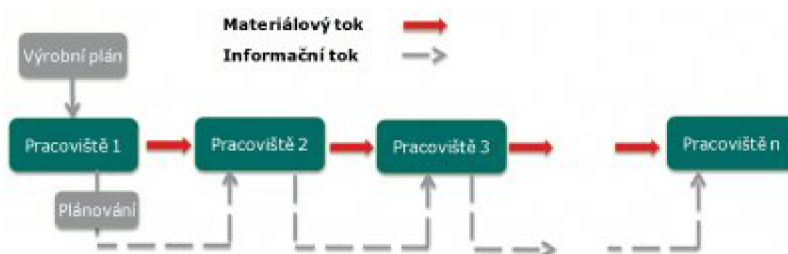
Obr. 3.4 Pracovní stůl upravený pomocí metody 5S



3.1.5 Pull system

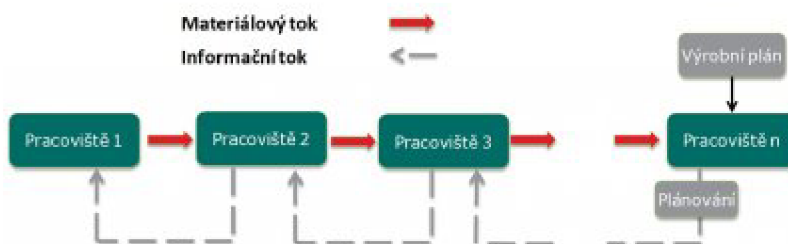
Pull system, neboli „systém tahu“ je princip, který iniciuje výrobu na pracovišti jedině na základě požadavků zákazníka (nebo dalšího pracoviště). Jde o jeden ze základních principů Toyota Production System.

Při použití tzv. Push systému spolu pracoviště nijak nekomunikují. Každé vyrábí podle svého vlastního plánu, bez ohledu na odběr materiálu následujícím pracovištěm. Pracoviště vyrobí daný počet výrobků, odešle je dál a informuje následující pracoviště, že jsou hotovy. Tok informací tedy jde stejným směrem jako tok materiálu. To ale způsobuje například plýtvání nadzásobami (kap. 2.1.2), nebo plýtvání pohybem (kap. 2.1.5), a současně může snižovat kvalitu výrobků. [2, 25]




Obr. 3.5 Push systém [25]

Opakem je tzv. Pull system. Zde jsou jednotlivá pracoviště propojená a vzájemně na sebe navazují. Výroba na daném pracovišti se spouští pouze po poptávce zákazníka, respektive signálu z následujícího pracoviště. Nejjednodušším možným signálem je zahlédnutí prázdného místa v bufferu následujícího pracoviště daným pracovníkem. V případě větší vzdálenosti mezi pracovišti, nebo znemožněné přímé viditelnosti mezi nimi lze použít například Kanban kartu, nebo světelnou, případně zvukovou signalizaci. Tato signalizace je sepnuta následujícím pracovištěm, a to buď ručně, nebo automaticky na základě například senzorů v bufferu.



Obr. 3.6 Pull systém [25]

Tok informací jde tedy v tomto případě proti směru toku materiálu. To umožňuje pružně reagovat na požadavky zákazníka, a usnadňuje kontrolu kvality výrobků. V neposlední řadě tento systém také snižuje náklady, jelikož minimalizuje skladové zásoby. Nevýhodou se zpočátku může zdát vzájemná provázanost jednotlivých operací. Pokud se totiž na jednom pracovišti objeví problém, znamená to kompletní zastavení celé výroby. V duchu principů TPS by ale tato potíž měla postupně vymizet, díky zvýšení kvality výrobků a plynulému výrobnímu procesu. [2]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 31
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

3.1.6 Jidoka

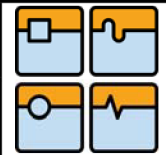
Jde vedle metody JIT o druhý základní pilíř TPS a současně hlavní princip štíhlé výroby. [4] Jidoka pojednává o autonomní kontrole pracovišť. Pro Toyota Production System je důležité, aby jednotlivá pracoviště byla schopná sama detekovat chyby ve výrobním procesu. U automatických výrobních linek musí mnohdy stát pracovníci a pouze pasivně kontrolovat jejich chod. Taková činnost je ale pouze plýtváním, které nepřidává výrobku žádnou hodnotu. Princip Jidoka proto říká, že je mnohem výhodnější nainstalovat různé senzory, které jsou schopné odhalit případné neshody a zmetky. Pracovník pak může mít na starosti více takových strojů a jeho práce je mnohem efektivnější. V případě objevení jakéhokoli problému musí být stroj schopný sám zastavit výrobu a uvědomit pověřeného pracovníka. Ten musí odstranit daný problém, následně zjistit jeho příčinu a učinit nějaká preventivní opatření, aby se situace již neopakovala. Důležité je identifikovat problémy co nejdříve, což znemožní jejich posun na další pracoviště. Tím se minimalizuje počet zmetků ve výrobě, a to znamená výrazné zlepšení v kvalitě výrobků. [26]

3.2 Logistické systémy

Kromě systémů a metod, zabývajících se čistě průběhem výroby, existuje také celá řada metod řešících pouze tzv. tok materiálu. Hlavní myšlenkou je opět dosažení plynulé výroby, s minimálními možnými ztrátami, schopné pružně reagovat na požadavky zákazníků. Pro zavedení TPS, respektive štíhlé výroby, je ovšem naplánování logistických operací klíčové. Veškerý materiál, potřebný pro danou část výrobního procesu musí být přivezen přesně včas, ve správném množství, a se 100% kvalitou. Je proto nutné se plánování dostatečně věnovat. Pozdní dodání požadovaného materiálu způsobí zbytečné zdržení a prostoje, naopak předčasné dodání, případně dodání více materiálu, než je třeba, je chápáno jako plýtvání a pouze zvyšuje výrobní náklady firmy.

3.2.1 Supermarket

Supermarket je komplexní řešení logistiky ve výrobě. Tento systém byl zaveden ve firmě Toyota v padesátých letech minulého století. Toyota se při vývoji inspirovala skutečnými samoobslužnými supermarketami, které v té době úspěšně nahrazovaly klasické prodejny potravin v USA. Princip je velmi jednoduchý a využívá tzv. Pull systému – zákazník (pracoviště) si odebere z regálu (bufferu) potřebné zboží (výrobek/polotovary). Odebere si ho přesně tolik, kolik v danou chvíli potřebuje. Prázdné místo je poté doplněno pověřeným pracovníkem. S principem Supermarketu souvisí i výše zmíněný Kanban systém. Ten slouží jako signál pro doplnění prázdných míst a umožňuje kontrolovat materiálový tok v celém výrobním procesu. Výhodou Supermarketu je snížení množství skladovaných zásob. Teoretickou nevýhodou je neschopnost tohoto systému pokrýt různé výkyvy poptávky (zákazník například potřebuje ihned velké množství výrobků). V praxi lze však se zmíněnými výkyvy počítat a nastavit doplňovací interval tak, aby pokryl poptávku a zároveň nevytvářel zbytečné nadzásoby (kap. 2.1.2).



3.2.2 FIFO


Označení FIFO znamená „First In, First Out“. Český překlad je „první dovnitř, první ven“, ale všeobecně se používá spíše mezinárodní zkratka. Metoda FIFO kontroluje tok materiálu ve skladech všech úrovní. Je tady stejně důležitý centrální sklad firmy, jako například buffery jednotlivých pracovišť. Přesto, že se celý koncept Toyota Production System snaží o minimalizaci skladových zásob výrobního podniku, není možné úplné odstranění skladovacích prostor. Vždy je třeba mít definovanou minimální hladinu zásob pro zachování plynulosti výroby. A právě na tyto zásoby se zaměřuje systém FIFO.

Každý výrobek, polotovar, nebo materiál má určenou svou danou maximální možnou dobu skladování. Pokud je tato doba překročena, může to způsobit degradaci daného dílu. Zmíněnou degradaci lze chápat jako například stárnutí materiálu, nebo i pouhé znečištění, způsobené dlouhým uskladněním v prašném prostředí. Při výrobě plynem izolovaných rozvodů (GIS) ve firmě ABB je čistota všech dílů při jejich montáži velmi důležitá. Prachové částice uvnitř montovaných sestav mohou při testování na zkušebním transformátoru způsobit tzv. průraz. Poté je nutná demontáž sestavy, její vyčištění, výměna poškozených dílů, a opětovná montáž. To ovšem způsobuje značné ztráty, zvyšuje náklady a prodlužuje čas potřebný pro výrobu.

Jednou z možností, jak výše zmíněnému problému předejít je i použití FIFO systému. Podle něj je materiál, který je na pracoviště dopraven jako první, také jako první odeslán na další operaci. Tím se zabrání zbytečně dlouhému skladování, nebo přímo „zapomenutí“ daného kusu ve skladu. K identifikaci jednotlivých kusů stejného typu lze využít například výrobní čísla, nebo podobný typ označení. Často se také pro pohyb materiálu používají válečkové dráhy, které naprosto vylučují možnost záměny dílů. Výhodou této metody je zvýšení kvality a snadnější kontrola pohybu materiálu.



Obr. 3.7 Umístění materiálu na válečkových drahách dle principů FIFO

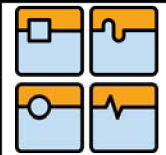
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 33
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

3.2.3 Kanban

Princip Kanbanu se odvíjí od tzv. Pull systému (kap. 3.1.5). Je to jeden z hlavních podpůrných nástrojů Supermarketu. Jde o zásobovací systém, který zaručí, že na každém pracovišti bude vždy požadované množství materiálu. Při použití Pull systému jde tok informací proti směru toku materiálu. Jinými slovy, každé pracoviště dostává materiál pouze na základě své vlastní „objednávky“. Slovo Kanban se doslovně překládá z japonštiny jako karta. V přeneseném významu jde tedy o informaci, která říká, jaký druh materiálu, v jakém množství a na jaké pracoviště, je třeba dopravit. Zavedením tohoto systému lze docílit výrazného zmenšení skladovacích prostor a snadnější kontroly kvality výrobků. Výsledkem je také přehlednější výrobní proces, protože veškerý materiálový tok lze sledovat pomocí Kanban karet. [27,28]

3.2.4 Milk run

Milk run je velmi efektivní zásobovací systém. Je inspirovaný skutečnými mlékárenskými vozy, jež dříve jezdily vždy stejnou, předem naplánovanou trasu, rozvážely lidem mléko a současně svážely prázdné nádoby. V logistické praxi je to vozík řízený pověřeným pracovníkem. Tento vozík pravidelně (například každou hodinu) objíždí své „zastávky“ ve výrobním procesu podle předem naplánovaného harmonogramu. Na každé zastávce vyloží nový materiál a naopak naloží prázdné obaly. Výhodou této metody je maximální efektivnost zásobování – vozík s materiálem téměř nikdy není prázdný, vždy „něco někam“ veze. Umožňuje také udržovat nízký stav zásob, které se častěji doplňují. Tím je minimalizováno plýtvání nadzásobami.



4 ABB

Tato práce je zaměřena na metody Toyota Production System používané ve firmě ABB s.r.o. PPHV Brno - Slatina. ABB celosvětově rozšířená společnost s více než stoletou historií. Její hlavní sídlo je ve švýcarském Curychu a po celém světě zaměstnává skoro 150 tisíc pracovníků po celém světě, z toho cca 3500 v České republice. Zabývá se produkcí výrobků pro energetiku a automatizaci. [29]

ABB má 5 hlavních divizí:

- Výrobky pro energetiku
- Systémy pro energetiku
- Automatizace výroby a pohony
- Výrobky nízkého napětí
- Procesní automatizace

4.1 Výrobní závod Brno – Slatina

Divize PPHV (Power Products High Voltage), vyrábějící plynem izolované, zapouzdřené rozvodny, byla založena v roce 2007. V té době probíhala výroba v areálu ABB na ulici Vídeňská. V roce 2013 byla postavena zcela nová výrobní hala v průmyslové oblasti ve Slatině. V tomto areálu nyní pracuje asi 260 zaměstnanců.



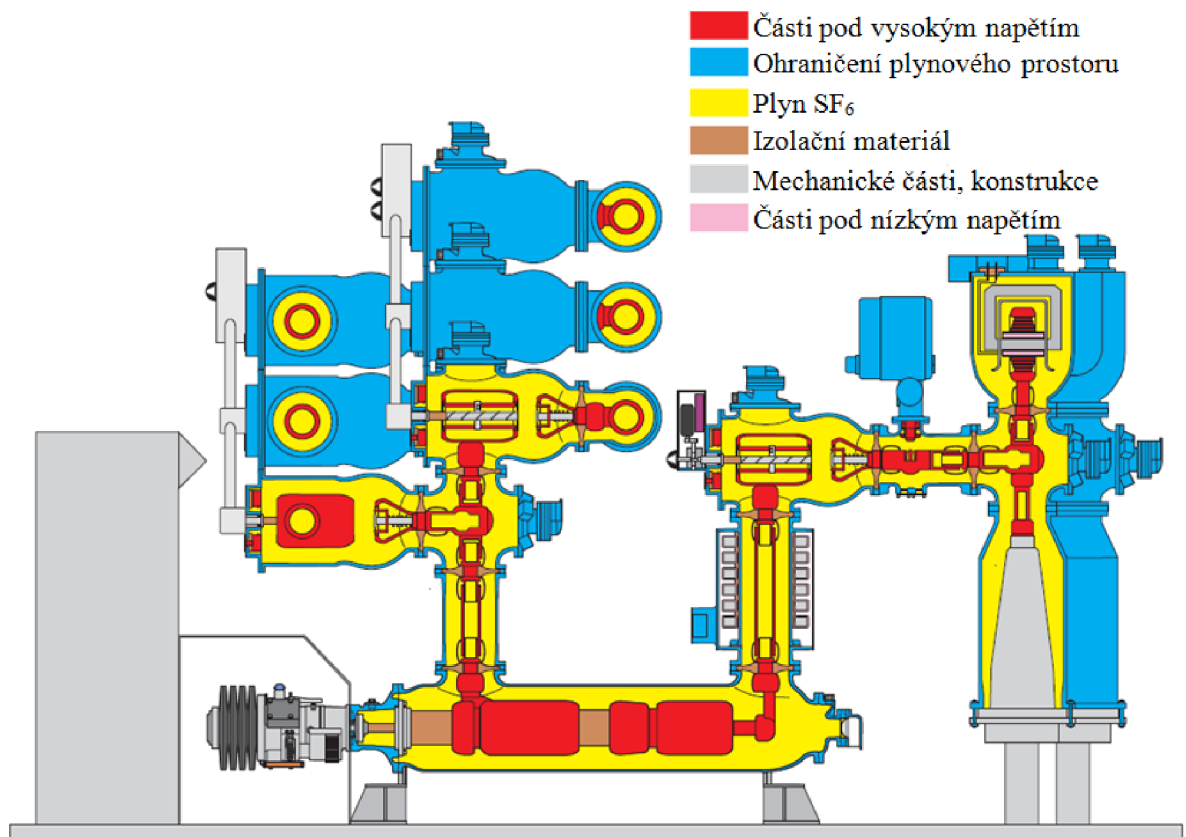
Obr. 4.1 Sídlo firmy ve Slatině

4.2 GIS

Produkty zmíněného výrobního závodu jsou plynem izolované zapouzdřené rozvodny (Gas Insulated Switchgear, zkráceně GIS), sloužící pro vedení velmi vysokého napětí (VVN). Firma ABB vyvinula první takovou rozvodnu již v šedesátých letech minulého století. Nyní nabízí široké spektrum výrobků, pro napětí od 72kV do 1100kV, přizpůsobených vždy konkrétním požadavkům zákazníka. Řez ukázkovou rozvodnou je na obrázku 4.2.

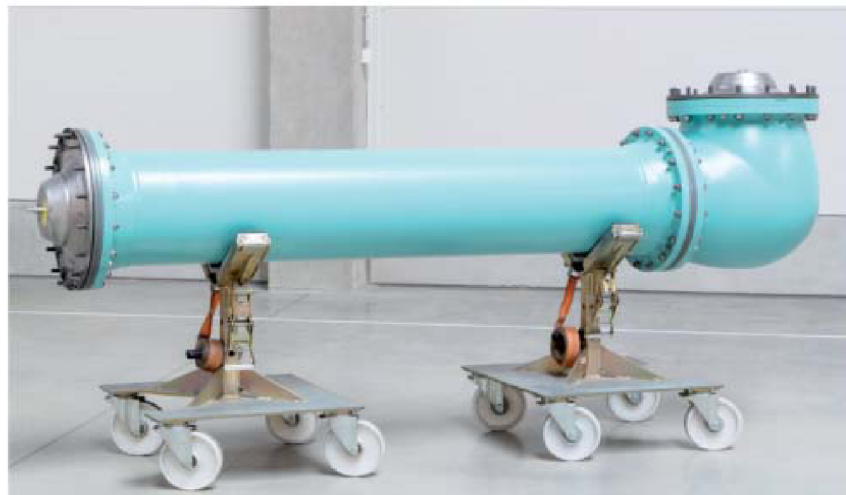


BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

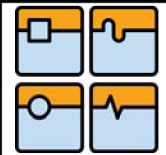


Obr. 4.2 Náčrtes rozvodny typu GIS [17]

Rozvodny typu GIS jsou výrazně dražší proti klasickým, vzduchem izolovaným rozvodnám. Jejich hlavními výhodami jsou ale cca pětkrát menší rozměry, dlouhá životnost (až 80 let), vysoká spolehlivost a dlouhé servisní intervaly. [17] Problémem může být pouze případný únik izolačního plynu SF₆, který je sice výborný izolant, ale současně velmi významně poškozuje ozonovou vrstvu v atmosféře. Také proto jsou kladeny velmi vysoké nároky na kvalitu výrobků.

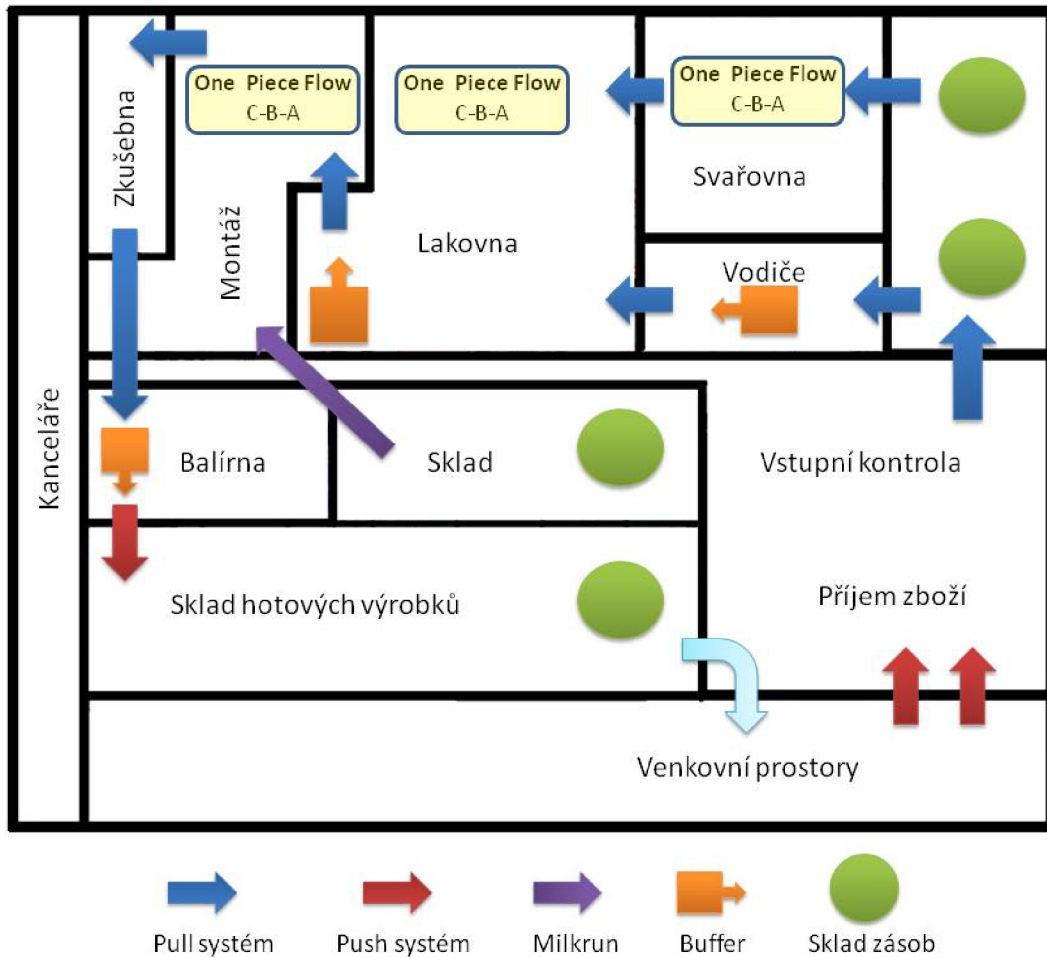


Obr. 4.3 Ukázka hotového výrobku pro rozvodnu VVN [17]



4.3 Popis výrobní haly

Výrobu rozvaděčů VVN lze rozdělit na několik procesů, probíhajících na jednotlivých pracovištích. Tok materiálu jednotlivými operacemi je zobrazen na obr. 4.4.

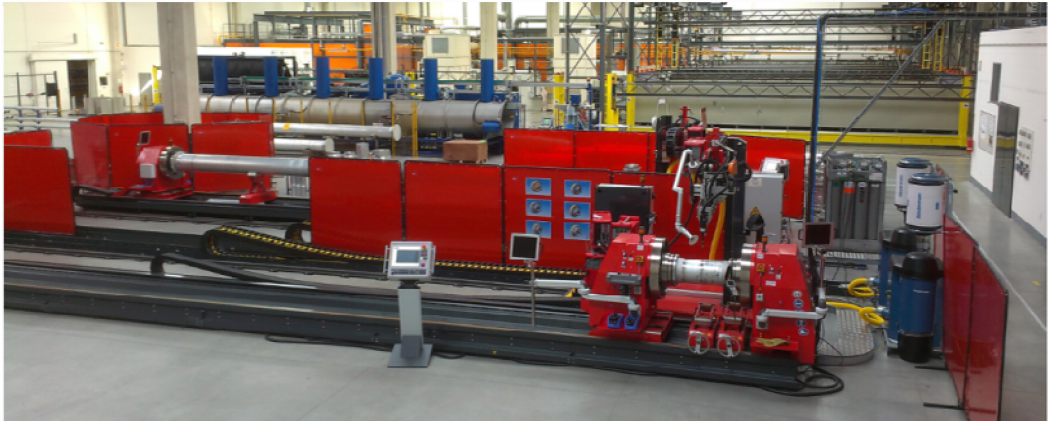


Obr. 4.4 Tok materiálu ve výrobní hale

Zboží je dopraveno do firmy v kamionech. Po vstupní kontrole jsou malé součásti odvezeny do centrálního skladu, vodiče a materiál na výrobu pouzder postupují do skladu pro svařovnu. Zde se vyrábí pouzdra (v budoucnu jsou plánu i vodiče) podle aktuálního projektu. Nejprve jsou trubky nařezány na požadovanou délku. Poté projdou automatickou svařovací linkou, kde jsou přivařeny příruby. Následuje obroušení a rentgenová zkouška. Nakonec je na řadě tlaková zkouška a zkouška těsnosti.



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



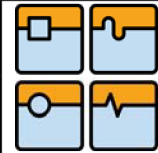
Obr. 4.5 Svařovací linka [17]

V případě úspěšného absolvování všech zkoušek, které potvrdí kvalitativní bezvadnost hotového produktu, putuje výrobek do lakovny. Jedná se o práškovou lakovnu, která je rovněž automatická. Výrobky projdou postupně přes několik čistících lázní, poté jsou namaskovány a nalakovány požadovanými barvami. Nanesenou práškovou barvu je poté nutné vytvrdit v peci. Po ochlazení jsou všechny výrobky odmaskovány, v případě potřeby očištěny a zařazeny do bufferu před montáží. Na obr. 4.6 lze vidět automatickou linku v lakovně, v popředí jsou nachystané hotové pouzdra, čekající v bufferu na nalakování.



Obr. 4.6 Pohled na lakovnu

Nyní následuje montáž výsledných sestav. Montáž je rozdělena na dva odlišné úseky – výroba přenosových a distribučních soustav. Produkce přenosových soustav je větší, proto se rozprostírá na větší části prostoru v montážní hale. Pouzdra, vodiče a jiné lakované části jsou přivezeny z lakovny, drobné nelakované díly a spojovací materiál jsou doplňovány pomocí tzv. Milk runu z centrálního skladu. O průběhu celého procesu montáže pojednává kapitola 5.1.



Obr. 4.7 Pracoviště montáže

5 APLIKACE METOD V PRAXI

Součástí této práce je i praktická část, popisující řešení konkrétního problému ve výrobním procesu a jeho odstranění pomocí některých výše zmíněných metod. Po poradě byla jako úkol zvolena minimalizace plýtvání na pracovišti, sloužícím pro výrobu tzv. kompenzátorů.

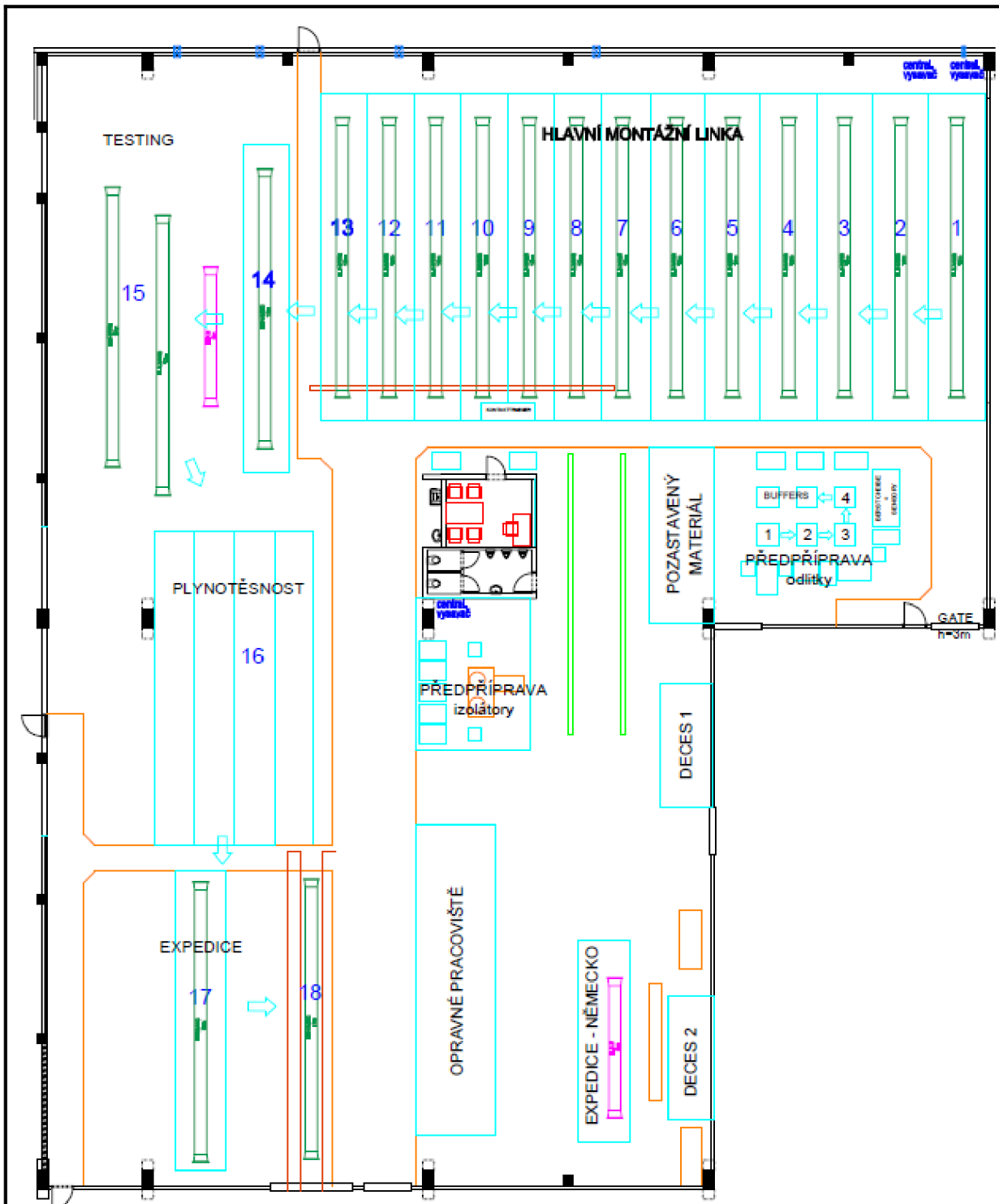
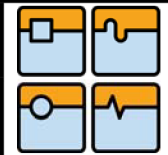
5.1 Průběh montáže

Nejdříve je nutné popsat tok materiálu v průběhu celé montáže. Montáž, stejně jako lakovna a svařovna je řešena formou taktové výroby. Montážní linka je rozdělena na 18 různých pracovišť, neboli 18 taktů. Na lince je nastaven „tact time“ (česky čas taktu) na 30 minut, což znamená, že každých 30 minut je vyexpedován jeden hotový výrobek. Toto řešení zajišťuje plynulost celého výrobního procesu, bez výpadků a současně bez přetížení. Umožňuje také zavedení metod jako je OPF, nebo například Pull system. Rozložení montážní haly je zobrazeno na obr. 4.6.

Prvních 13 taktů je vyhrazeno montáži, kde probíhá zkompletování sestav dle výkresů daného projektu. V každém taktu probíhá jiný úkol montáže. V případě, že se pro danou sestavu tento úkol neprovádí, sestava pracovištěm pouze projíždí beze změny. Pracoviště 1 a 2 zajišťují vstupní kontrolu a čištění trubek a vodičů. Na čistotu je při výrobě kladen velký důraz, protože i sebemenší částice prachu mohou při napěťové zkoušce napáchat velké škody. Na pracovištích 3, 4, 5 a 6 probíhá montáž kompenzátorů, proto většina ostatních druhů výrobků těmito pracovišti pouze projíždí. Na pracovištích 7 až 9 se trubky osazují tvarovými odlitky, izolátory, a dovnitř sestav se vkládají vodiče. Potřebné odlitky se sestavují na pracovišti předpřípravy. Na zbylých pracovištích se montují případné další tvarové prvky, kontroluje se správnost sestavení, a měří se přechodový odpor u sestav.

Poté následuje vysokonapěťová zkouška. Nejdříve se z vnitřku trubek odsaje vzduch, místo něj se sestavy plní plynem SF₆ na výsledný tlak 120 kPa. Poté je celá sestava připojena na zkušební zařízení. Testuje se z důvodu bezpečnosti vždy na vyšší napětí, než je předpokládané provozní. Zkušební transformátor je proto schopen vyvinout napětí až 750kV. Pokud zkouška proběhne bez problémů, je sestava odpojena a posouvá se na test plynotěsnosti. Pokud je objeven problém, je nutné ji znovu rozmontovat a opravit.

Nyní zbývá ještě kontrola na plynotěsnost. Sestavy se napouští tlakem až 500kPa. Test probíhá ve většině případů po dobu dvou hodin. Pokud plyn uniká, je opět nutné rozmontování a opravení dané sestavy. V případě úspěšné zkoušky je hotový výrobek odvezen do balírny, kde je zabalen do dřevěných boxů a odeslán do skladu hotových výrobků, ve kterém čeká na transport k zákazníkovi.



Obr. 4.6 Layout montáže [17]

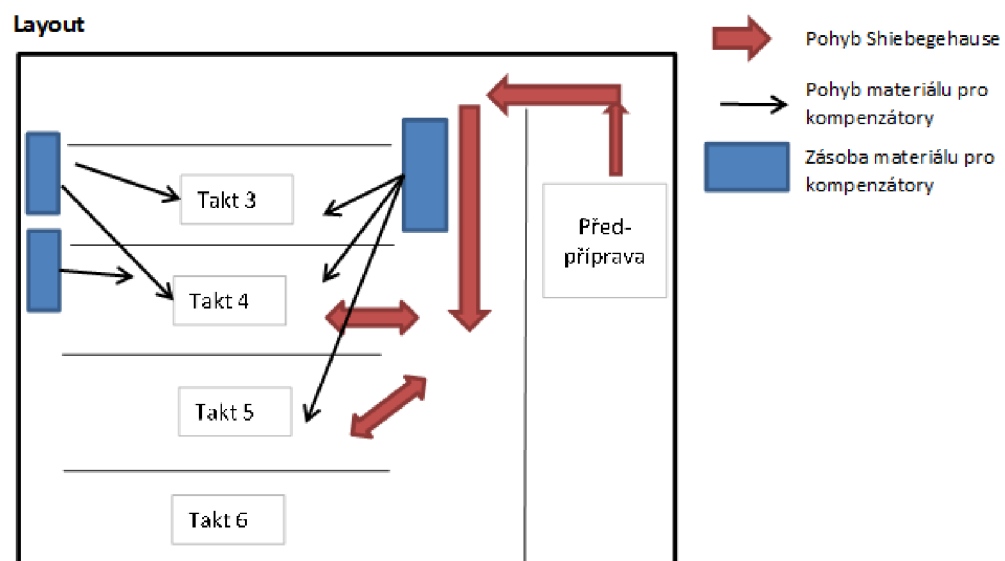
5.2 Analýza pracoviště

Jak již bylo řečeno, tato práce je zaměřena na návrh a realizaci zlepšení pracovišť výroby kompenzátorů, konkrétně jde o takty 3, 4 a 5. Aby mohlo být odhaleno plýtvání na pracovišti, je nutná jeho detailní analýza. Pro analýzu byla zvolena metoda Snímek pracovního dne, zaznamenávající veškeré činnosti pracovníků při dané operaci. Byl natočen běžný postup všech činností, odehrávajících se na tomto pracovišti.

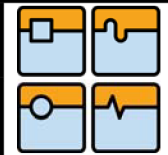
Následně byli svoláni všichni pracovníci daného úseku do zasedací místnosti, kde byli proškoleni a poučeni o 7 druzích plýtvání a také o základních principech štihlé výroby. Poté byl spolu s nimi detailně rozebrán natočený snímek pracovního dne. Je důležitá aktivita samotných pracovníků, protože jen oni jsou s danou operací denně ve styku, a proto jsou schopní objektivně posoudit všechny činnosti a odhalit jejich nedostatky. Zapisoval se každý nalezený případ plýtvání. Všechny tyto zapsané body byly poté formou brainstormingu prodiskutovány a bylo navrženo několik změn pro jejich odstranění. Nelze bohužel odstranit všechny případy plýtvání, protože některé z nich jsou nutnou a nedílnou součástí výrobního procesu (například kontrola povrchu jednotlivých dílů apod.).

5.3 Původní podoba pracoviště

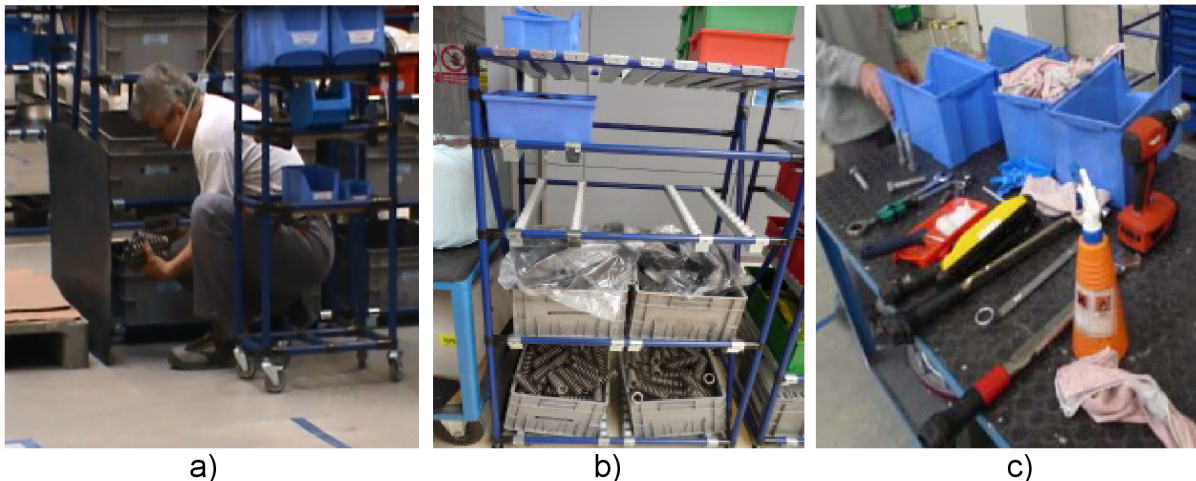
Takt číslo 3 má za úkol montáž závitových tyčí, vkládání o-kroužků, přišroubování transportních deklů, nebo nasazení přípravků. Na čísle 4 se trubky osazují tvarovými přírubami, čistí a mažou se příruby, opět se vkládají o-kroužky. Na taktu číslo 5 se montují poklopy, tvarové příruby, podložky, matky a jiné díly. Výroba probíhá metodou One Piece Flow, tedy každé pracoviště dokončí svou práci a odešle produkt ihned dál.



Obr. 5.2 Původní rozvržení výroby kompenzátorů



Na takto rozvrženém prostoru bylo odhaleno velké množství plýtvání. Pracovníci si musí vozit tvarové prvky pomocí paletových vozíků z pracoviště předpřípravy. Pracovníci se musí pro některé, často používané předměty ohýbat do spodních pater regálů. Tyto regály jsou nepřehledné a nesystematické. Potřebné nářadí pro danou operaci není nijak uspořádané a není v přímém dosahu pracovníka. Některé nalezené příklady plýtvání lze vidět na obr. 5.3.



a)

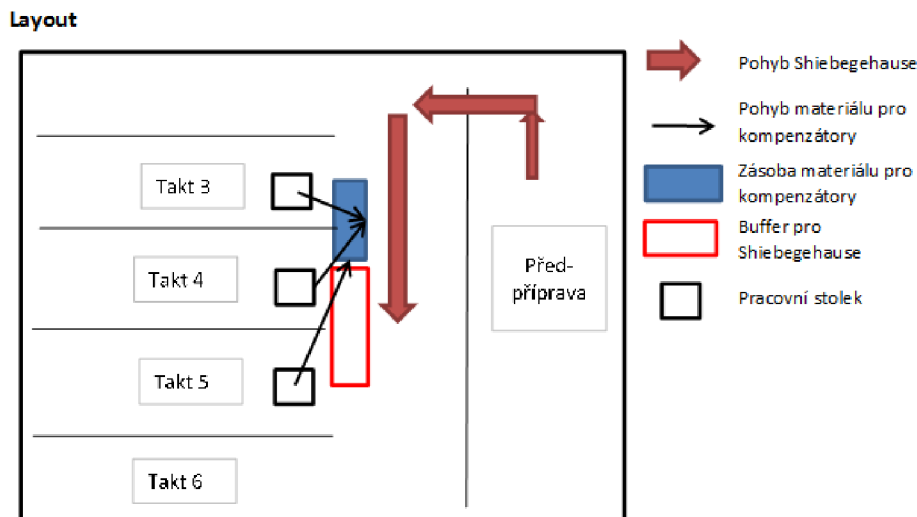
b)

c)

Obr. 5.3 Příklady plýtvání: a) Materiál není v dosahu pracovníka; b) Regály nejsou systematicky uspořádané; c) Potřebné nářadí nemá své pevné místo

5.4 Nynější podoba pracoviště

Po analýze všech činností na pracovišti a identifikaci plýtvání byly navrženy a provedeny změny v rozvržení pracoviště pomocí metod TPS. Současné rozvržení pracoviště je na obr. 5.4.

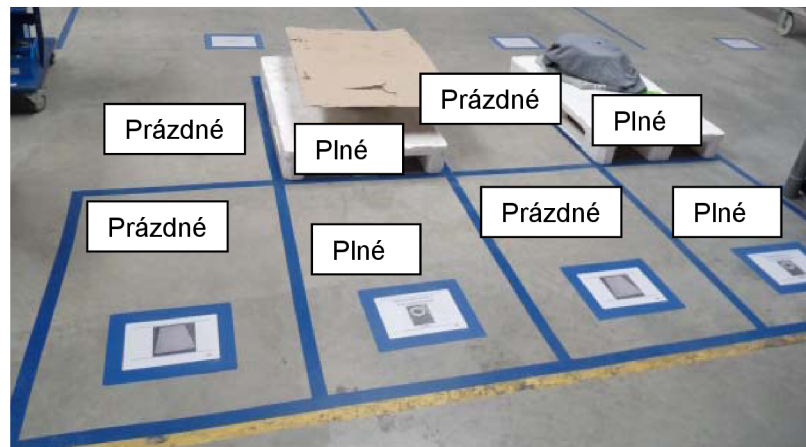


Obr. 5.4 Současné rozvržení výroby kompenzátorů



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Byl vytvořen buffer pro tvarové prvky, který je společný pro všechna 3 pracoviště. Tento buffer obsahuje 4 místa pro plné palety s výrobky a 4 místa pro prázdné palety. Funguje na principu Pull systému. Prázdňá paleta je tedy signál pro pracovníky logistiky, že mají doručit další tvarový prvek. Pracovníci montáže si tedy již nemusí chodit pro potřebný materiál do úseku přípravy materiálu, což šetří čas montáže výsledné sestavy. Podoba bufferu je zobrazena na obr. 5.5.



Obr. 5.5 Buffer pro tvarové prvky

Dále byly vytvořeny 3 pracovní stolky pro jednotlivé takty. Byly vytvořeny z materiálu od firmy Beewatec. Tento způsob konstrukce má výhodu v tom, že v případě nutnosti dalších změn je možné stolek opět rozebrat a upravit, případně materiál použít na něco jiného. Tyto stolky obsahují veškeré potřebné nářadí a spojovací materiál pro dané operace. Předměty byly rozmístěny s ohledem na ergonomii a četnost jejich používání. Tímto opatřením se odstranilo plýtvání pohybem a energií pracovníků, kteří mají nyní vše potřebné v dosahu a nemarní čas hledáním potřebných dílů nebo nástrojů. Spojovací materiál si doplňují pracovníci z jednoho společného regálu, umístěného vedle výše zmíněného bufferu. Pracovní stolky je možno vidět na obr. 5.6.

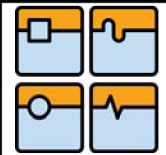


a)



b)

Obr. 5.6 Pracovní stolky: a) pro takt číslo 3; b) pro takty 4 a 5



Byl vytvořen také nový regál, společný pro všechny 3 takty. Tento regál obsahuje zásoby materiálu potřebného pro montáž a slouží pro doplňování pracovních stolků jednotlivých taktů. Regál samotný je doplňován pracovníky centrálního skladu prostřednictvím tzv. Milk runu. Byl aplikován systém FIFO. Všechny krabičky jsou tedy umístěny na válečkovém pásu. Když je některá krabička prázdná, je odstraněna a na její místo „sede“ nová krabička. Tím se předchází nebezpečí poškození a znečištění dílů v krabičkách vlivem příliš dlouhého skladování. Tento princip také umožňuje lepší kontrolu množství použitého materiálu.



Obr. 5.7 Nový regál se systémem FIFO

Všechny 3 pracoviště byly přeorganizovány pomocí systému 5S. Tento systém byl použit také při vytváření pracovních stolků jednotlivých taktů. Došlo k rozřídění nástrojů, ty nepotřebné byly odstraněny, potřebné chybějící byly doplněny. Nástroje byly vyčištěny a spolu s materiálem byly, podle připomínek samotných montážních pracovníků, rozmístěny podle četnosti svého použití, aby bylo snadné je najít a použít. Těmito opatřeními se minimalizovalo plýtvání pohybem například při hledání správného předmětu. Vše je nyní uspořádané a přehledné. Každý předmět má své pevné a označené místo. Lze tedy snadněji odhalit například ztrátu některého nástroje. V neposlední řadě tyto změny také usnadňují a zkracují zapracování nových zaměstnanců. Příklad pracoviště před a po upravení pomocí systému 5S lze vidět na obr. 5.8.



Obr. 5.8 Implementace metody 5S

Posledním krokem je standardizace všech provedených změn. Je důležité zajistit dodržování nových postupů. K tomu posloužila metoda vizualizace. Všechny předměty na daném pracovišti mají své přesně vymezené a označené místo. Označení bylo provedeno ohraničením místa barevnou páskou (v případě palet) a nalepením fotografie předmětů, které mají na daném místě být. Jak je vidět na obr. 5.9.

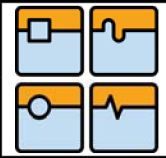


Obr. 5.9 Příklad vizualizace pracovišť

5.5 Shrnutí

Byla provedena změna pracovišť výroby kompenzátorů prostřednictvím metod Toyota Production System. Jednalo se o 3 výrobní taktů, konkrétně čísla 3, 4 a 5. Tato pracoviště byla analyzována pomocí metody Snímek pracovního dne. Na základě této analýzy bylo nalezeno několik případů plýtvání. Plýtvání bylo odstraněno pomocí aplikace metod OPF, 5S a FIFO. Byly vytvořeny 3 nové pracovní stolky a jeden společný zásobník materiálu v duchu těchto metod. Nakonec bylo třeba vše standardizovat, což bylo provedeno pomocí vizualizace a proškolení pracovníků.

Výsledkem všech těchto změn je zkrácení doby potřebné k montáži. U taktu 3 trvala montáž na původním pracovišti 27 minut a 15 vteřin. Při současném rozložení je to 20 minut a 42 vteřin. Jde tedy o zkrácení doby o 24%. U taktů 4 a 5 byl čas montáže na původním pracovišti shodně 36 minut a 3 vteřiny. Nyní se potřebný čas zkrátil na 28 minut a 24 vteřin. To znamená úsporu cca 21%. Obě tyto úspory jsou poměrně výrazné. Finanční návratnost těchto změn tedy nebude dlouhá. Vedlejším efektem jednodušších a přehlednějších pracovišť je také snadnější zapracování pro nové pracovníky.



ZÁVĚR

Tato práce se zabývala výčtem a popisem některých vybraných metod Toyota Production System, respektive Štíhlé výroby. Jejím cílem byla literární rešerše vybraných metod TPS a jejich použití. Jedním z cílů bylo také vypracování případové studie. Práce byla vypracována ve spolupráci s firmou ABB PPHV Brno – Slatina s.r.o.

První kapitola práce je věnována obecnému popisu Toyota Production Systému. Je popsána jeho historie, hlavní myšlenka a princip. Je to souhrn metod, které mají jediný společný cíl – maximálně efektivní a plynulou výrobu. Bez výpadků, bez plýtvání a bez výroby zmetků.

Druhá kapitola se proto soustředí na definování ztrát ve výrobním procesu. Ztráty jsou pro každou firmu velmi nepříjemné. Proto jsou zde popsány metody, sloužící pro identifikaci problémů a plýtvání. Včasné rozpoznání problému nebo plýtvání umožňuje jeho rychlé odstranění, čímž se snižují výrobní náklady.

Třetí část práce popisuje metody, systémy, a principy určené ke zvýšení kvality výrobků. Těchto metod existuje nepřeberné množství. Byly proto vybrány pouze několik nejdůležitějších, používaných ve firmě ABB. Tyto metody lze rozdělit na výrobní, které upravují samotný výrobní proces, a logistické, které zajišťují správné zásobování v duchu TPS a Štíhlé výroby. Za nejdůležitější z nich lze považovat metody 5S, Pull System, One Piece Flow, a systémy Supermarket a Kanban.

Čtvrtá kapitola pojednává o firmě ABB a jejích produktech. ABB je jeden ze světových lídrů v oblasti energetiky a automatizace. Ve Slatině sídlí česká pobočka výrobků velmi vysokého napětí, která vyrábí plynem izolované rozvodny pro napětí 300-500 kV. Tyto rozvodny se poté vyváží do celého světa. Hlavními výhodami, proti klasickým, vzduchem izolovaným rozvodnám, jsou několikanásobně menší prostorové nároky a vyšší spolehlivost.

Poslední část je zaměřena na použití výše zmíněných metod v praxi. Bylo vybráno jedno pracoviště montáže, analyzováno a upraveno pro dosažení efektivnější a rychlejší výroby. Na pracoviště byly aplikovány metody OPF, Pull System, 5S a FIFO. Výsledkem byla časová úspora přes 20% při relativně nízkých nákladech na změnu.


Tím se prokázalo, že myšlenka nutnosti neustálého zlepšování výrobního procesu a zvyšování kvality je správná a návratnost investic s tím spojených je poměrně rychlá.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. NENADÁL, Jaroslav. *Moderní systémy řízení jakosti: quality management*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 1998, 283 s. ISBN 80-85943-63-8.
2. LIKER, Jeffrey K a David MEIER. *The Toyota way fieldbook: a practical guide for implementing Toyota's 4Ps*. New York: McGraw-Hill, 2006, xx, 475 p. ISBN 0071448934.
3. A brief history of lean. *Lean Enterprise Institute*. [online]. © 2000-2015 [cit. 2015-05-07]. Dostupné z: <https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>
4. TOYOTA: TOYOTA MATERIAL HANDLING CZ. [online]. [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: <http://www.toyota-forklifts.cz/Cs/company/Toyota-Production-System/Pages/default.aspx>
5. MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. *Cesty k vyšší produktivitě: strategie založená na průmyslovém inženýrství*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996, 254 s. ISBN 80-902235-0-8.
6. Henry Ford and the Assembly Line. *About.com*. [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://history1900s.about.com/od/1910s/a/Ford-Assembly-Line.htm>
7. Muda Mura and Muri – Lean Manufacturing Wastes. *Lean Manufacturing Tools*. [online]. [2014] [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://leanmanufacturingtools.org/71/muda-mura-and-muri-lean-manufacturing-wastes/>
8. Nadprodukce. *API – Academy of Productivity and Innovations s.r.o.* [online]. ©2005-2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/67790.nadprodukce-nadvyroba/>
9. Zásoba. *API – Academy of Productivity and Innovations s.r.o.* [online]. ©2005-2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68163.zasoby/>
10. Čekání. *API – Academy of Productivity and Innovations s.r.o.* [online]. ©2005-2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68161.cekani/>
11. Přprava. *API – Academy of Productivity and Innovations s.r.o.* [online]. ©2005-2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68169.preprava/>
12. Pohyb. *API – Academy of Productivity and Innovations s.r.o.* [online]. ©2005-2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68169.preprava/http://e-api.cz/page/68165.pohyb/>



13. Nadpráce. *API – Academy of Productivity and Innovations s.r.o.* [online]. ©2005-2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68173.nadprace/>
14. Zmetky. *API – Academy of Productivity and Innovations s.r.o.* [online]. ©2005-2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/67793.zmetky/>
15. Diagram příčin a následků. *iKvalita.cz*. [online]. [2007] [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=26>
16. A3 Report. *API – Academy of Productivity and Innovations s.r.o.* [online]. ©2005-2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/70134.a3-report/>
17. ABB. Interní materiály firmy ABB
18. Nevyužitý potenciál pracovníků. *API – Academy of Productivity and Innovations s.r.o.* [online]. ©2005-2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68179.nevyuzity-potencial-pracovniku/>
19. What is gemba?. *Business dictionary*. [online]. ©2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.businessdictionary.com/definition/gemba.html>
20. Kaizen. *Svět produktivity*. [online]. ©2012 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kaizen.htm>
21. Co je Kaizen. *Kaizen institute*. [online]. ©1985-2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://cz.kaizen.com/o-nas/definice-kaizenu.html>
22. PDCA cyklus. *Vlastní cesta*. [online]. 23.04.2012 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/pdca-cyklus-1/>
23. One-Piece Flow. *API – Academy of Productivity and Innovations s.r.o.* [online]. ©2005-2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68413.one-piece-flow/>
24. 5S. *API – Academy of Productivity and Innovations s.r.o.* [online]. ©2005-2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68261.5s/>
25. Tahové systémy řízení. *API – Academy of Productivity and Innovations s.r.o.* [online]. ©2005-2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68341.tahove-systemy-rizeni/>
26. Jidoka. *Svět produktivity*. [online]. ©2012 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Jidoka.htm>
27. Kanban. *Svět produktivity*. [online]. ©2012 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kanban.htm>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 49
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

28. What is Kanban?. *LeanKit*. [online]. ©2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://leankit.com/kanban/what-is-kanban/>
29. Základní údaje. *ABB*. [online]. ©2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://new.abb.com/cz/o-nas/zakladni-udaje>
30. ČSN ISO 8402 (010300) Management jakosti a zabezpečování jakosti. Slovník. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 1995. 20s
31. ČSN EN ISO 9000:2006 (01 0300) Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006. 64s