



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

# NÁVRH ŘÍZENÍ VÝROBY V RÁMCI LEAN PRODUCTION (ŠTÍHLÁ VÝROBA)

DESIGN OF PRODUCTION CONTROL FOR LEAN MANUFACTURING

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Miroslav Machala

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ivana Hromková, Ph.D.

BRNO 2019

## ZADÁNÍ VŠKP 1

(tento list nahradíte oficiálním zadáním práce)

## ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o teoretických principech štíhlé výroby a následně o jejím úspěšném zavádění do dvou reálných firem a jejich vzájemném porovnání. Na začátku práce je provedena rešerše problematiky, shrnutí historie, popis jednotlivých metod, zahraniční aplikace a srovnání vybraných přístupů. V druhé části práce je popsána implementace do dvou reálných brněnských firem. Obě se shodně zabývají třískovým obráběním, ale liší se jiným typem výroby a velikostí dávky. V obou případech je navrženo inovativní rozložení dílny, jsou inovovány procesy a navrženy nové postupy s cílem zefektivnit každou firmu.

### Klíčová slova

LEAN production, Kaizen, Jidoka, 5S, Drum Buffer Rope, Just in Time, Pull Push systém, Muda

## ABSTRACT

This bachelor theses deals with theoretical principles of lean manufacturing, consequently about its successful implementation into two real companies and their mutual comparison. At the beginning of these thesis the publication research is done as well as history summary, method descriptions, foreign applications and comparison of selected approaches. In the second part of the work the implementation into two Brno real companies is described. Both companies use chip forming cutting process but they have different type of production and batch size. It is designed innovative shop floor layout, innovated processes and new procedures in order to increase efficiency of each company.

### Keywords

LEAN production, Kaizen, Jidoka, 5S, Drum Buffer Rope, Just in Time, Pull Push systém, Muda

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

MACHALA, Miroslav. *Návrh řízení výroby v rámci LEAN production (Štíhlá výroba)*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/118250>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky. Vedoucí práce Ivana Hromková.

## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Ivaně Hromkové Ph.D. za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěla k vypracování mé bakalářské práce. Můj dík patří také zaměstnancům podniků, na kterých jsem svou práci implementoval. Zvláštní poděkování bych chtěl věnovat mé rodině, která mě podporovala v průběhu celého studia.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením a s použitím literatury uvedené v seznamu literatury.

V Brně dne 20. 5. 2019

.....  
Miroslav Machala

## OBSAH

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>1 LEAN MANAGEMENT .....</b>	<b>9</b>
1.1 Historie štíhlé výroby.....	9
1.2 Štíhlý podnik.....	10
1.3 Eliminace plýtvání .....	11
1.4 Nástroje a principy štíhlé výroby .....	14
1.5 Just in Time (JIT).....	15
1.6 Kaizen .....	15
1.7 Pull vs. Push systém.....	16
1.8 Jidoka .....	16
1.9 Drum Buffer Rope (DBR) .....	17
1.10 5S .....	18
<b>2 APLIKACE POSTUPŮ ŠTÍHLÉ VÝROBY NA VÝROBNÍ PODNIKY.....</b>	<b>20</b>
2.1 Podrobný popis stavu a procesů ve firmě A .....	20
2.1.1 Hierarchie firmy .....	20
2.1.2 Příjem zakázek .....	21
2.1.3 Správa zařízení a vybavení .....	23
2.1.4 Návrh dílny .....	24
2.1.5 Standardizace postupů.....	25
2.2 Podrobný popis stavu a procesů ve firmě B .....	27
2.2.1 Hierarchie ve firmě B.....	28
2.2.2 Mapování procesu .....	28
2.2.3 Optimalizace procesu .....	30
2.2.4 Přetypování výroby .....	33
2.2.5 Zavádění nových výrobků do výroby .....	33
<b>3 POROVNÁNÍ FIREM .....</b>	<b>34</b>
<b>4 ZÁVĚR .....</b>	<b>37</b>
<b>5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>38</b>
<b>6 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK</b>	<b>CHYBA! ZÁLOŽKA</b>
<b>NENÍ DEFINOVÁNA.</b>	

## 1 ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem „Štíhlé výroby“ pro malé a střední podniky zabývající se třískovým obráběním. Nejprve je představena problematika LEAN production. Její historie, vývoj a nástroje pro úspěšné zavádění. Z široké škály metodologie byly vybrány nástroje: Just in Time, Jidoka, Pull Push systém, Kaizen, 5S a Drum Buffer Rope.

Pro praktickou část práce jsou nalezeny dvě brněnské firmy z prostředí strojní výroby. Parametry pro jejich výběr byly třískové obrábění, 3 a víceosé CNC stroje, maximální počet zaměstnanců do 30 lidí, kusová zakázková výroba, velkosériová výroba, fungování na trhu alespoň 5 let.

Na počátku bude provedeno zmapování současného stavu obou firem. Významným zdrojem informací pro primární analýzu jsou rozhovory s vedením podniků a s jejich zaměstnanci. Další přehled o fungování procesů je získán z přístupu do informačního systému. Z nasbíraných dat bude vytvořen první harmonogram změn, se kterými jsou seznámeni všichni zaměstnanci. S ohledem na jejich připomínky jsou vytvářeny další iterace postupů a změn.

Po odsouhlasení nových procesů bude zaveden tzv. měsíc změn, ve kterém se realizují navrhované inovativní změny. Po zkušební lhůtě je proveden rozbor nastolených změn a jejich účinnosti. Následně budou nová pravidla ukotvena do firemních standardů.



## 1 LEAN MANAGEMENT

Síla reklamy je nezanedbatelná i v oblasti průmyslu. Síťový marketing a doporučení přítele je dnes drceno sociálními médii. O to více se skloňují pojmy jako „Štíhlá výroba, 5S, kaizen, lean, optimalizace, digitalizace, automatizace“ a další, na které dnešní zákazník slyší. Překlad „Štíhlá výroba“ pro pojem Lean management je pro většinu odborníků nedostačující. Nejedná se totiž jen o změnu ve výrobě, ale také v logistice, plánování a v celkovém myšlení celé společnosti (majitelů, manažerů i zaměstnanců).

Název Lean neznámá pouze štíhlý, jeho pravý význam je optimální, zaměřený na zákazníka, snaha o eliminaci plýtvání, flexibilita a podobně. [10]

Štíhlá výroba se snaží o eliminaci plýtvání ve všech činnostech podniku, od kontaktu se zákazníkem, přes výrobní proces až po expedici výrobku k zákazníkovi. Koncept usiluje o zkrácení času mezi zadáním a dodáním výrobku a jeho primárním cílem je maximalizace přidané hodnoty pro zákazníka. [11]

### 1.1 Historie štíhlé výroby

Jako zakladatele „Štíhlé výroby“ považujeme firmu Toyota a jejího šéfa Eijiho Toyodu. Jeho snem bylo vyrovnat se v produktivitě americkému gigantu Ford, který jako první začal s masovou výrobou automobilů. Situace v Toyotě a Fordu byla rozdílná, viz Tab. 1.1.

Tabulka 1.1: Rozdíly v nastavení firem Toyota a Ford

<b>Ford</b>	<b>Toyota</b>
Výrobní gigant	Středně velký podnik
Velké množství výrobků	Sériová výroba středních objemů
Omezený počet typů a barev aut	Široká škála typů a barev aut
Velké skladovací a výrobní prostory	Omezený prostor pro výrobu
Dodává pro velký trh	Dodává pro malý trh

Zdroj: Vlastní tvorba

Koncept Lean manufacturing je japonskou filozofií, která byla zavedena v 50. letech minulého století. Společnost Toyota se potýkala s velkými problémy s produktivitou svých zaměstnanců. Díky širokému portfoliu výrobků a nedostatku prostor docházelo k velkým časovým ztrátám. Manažeři společnosti zavedli několik zásadních změn, které vedly k odstranění ztrátových časů a zvýšení produktivity. Jejich stěžejní myšlenkou bylo, aby každý pracovník na výrobní lince byl schopen obsluhovat více strojů různého druhu. To vedlo ke vzniku systému řízení podniku, který dnes nazýváme Toyota Production System (TPS). Jedná se o metodu řízení procesů ve firmě. Podle vzoru Toyoty začaly TPS zavádět i další automobilky. Postupem času pronikl i do malosériové výroby a do firem s menším počtem zaměstnanců. [3]

Mnoho základních myšlenek TPS se opíralo o zkušenosti výrobních linek Henryho Forda. Tento systém se neustále rozvíjel prostřednictvím pokusu a omylu a osvědčené zásady se dále zaváděly do výrobních podniků Toyoty. Velmi inspirativní pro manažera Taiichi Ohna bylo učení W. Edwardse Deminga a jeho systém tahu, využívaný v amerických hypermarkech. [1]

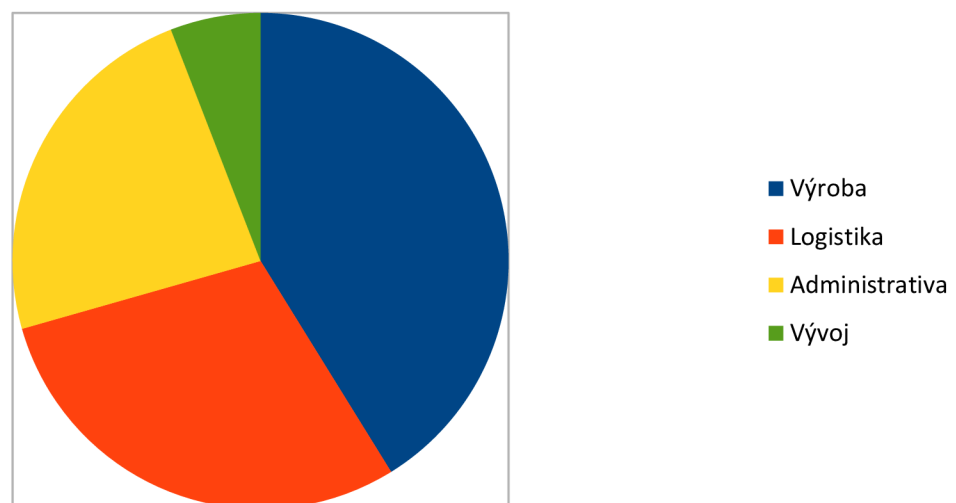
## 1.2 Štíhlý podnik

Štíhlost podniku znamená dělat jen takové věci, které jsou nezbytné, dělat je správně hned napoprvé, dělat je rychleji než konkurence s minimálními náklady. Pouze úsporami se konkurenceschopnost nezvedne. Musí se zvýšit produktivita. [5]

Činnost štíhlého podniku lze rozdělit do několika sekcí:

- Vývoj: Při vývoji výrobků je nutné poznat, jaké budou skutečné požadavky zákazníka na daný produkt; [16]
- Výroba: Soubor nástrojů a metod, jehož cílem je stabilizovat a zlepšovat výrobní proces, kdy se producent snaží uspokojit potřeby zákazníka, a vyrábět produkty v co možná nejkratší době, s minimálními náklady a bez ztráty kvality; [16]
- Administrativa: Jejím cílem je vytvoření efektivně a stabilně fungujících procesů, které umožňují dosahovat vysoké produktivity, požadované kvality a maximálního výkonu administrativních činností v daném procesním čase; [15]
- Logistika: Přeprava, manipulace a skladování vytěžuje až čtvrtinu zaměstnanců, zabírá polovinu pracovní plochy společnosti a tvoří 80 % času, který stráví materiál v podniku. Logistika produkuje 70 % celkových nákladů produktu a ovlivňuje jeho kvalitu. [4]

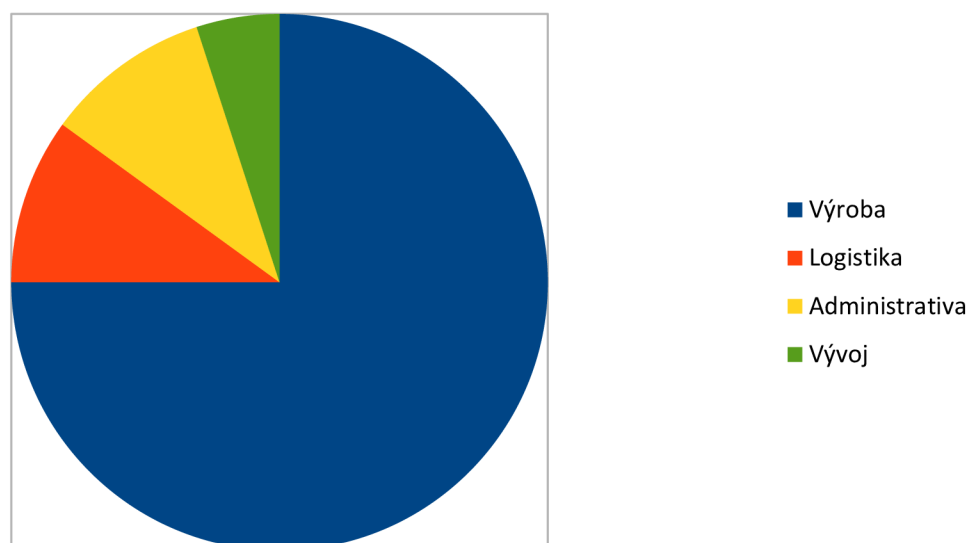
Většina manažerů, kteří nemají zvládnuty principy štíhlé výroby, se zaměřují především na zeštíhlení výroby, a to zvýšením nároků na rychlost strojů i pracovníků. Jak ale ukazuje Graf 1.1, významné časové náklady máme v administrativě a logistice. Předpokládejme, že do jednotlivých sekcí správně řadíme veškeré manipulace s materiálem, vykazování a odpisování práce, potvrzování a předávání informací, čištění, balení, fakturování a další činnosti spojené s chodem firmy.



Graf 1.1: Rozdělení procentuální časové náročnosti činností v podniku před zavedením štíhlé výroby

Zdroj: Vlastní tvorba

Zeštíhlení administrativy a logistiky by mělo být naší prioritou. Z grafu 1.2 je zřejmá téměř 25% časová úspora.



Graf 1.2: Rozložení procentuální časové náročnosti činnosti v podniku po zavedení štíhlé výroby

Zdroj: **Vlastní** tvorba

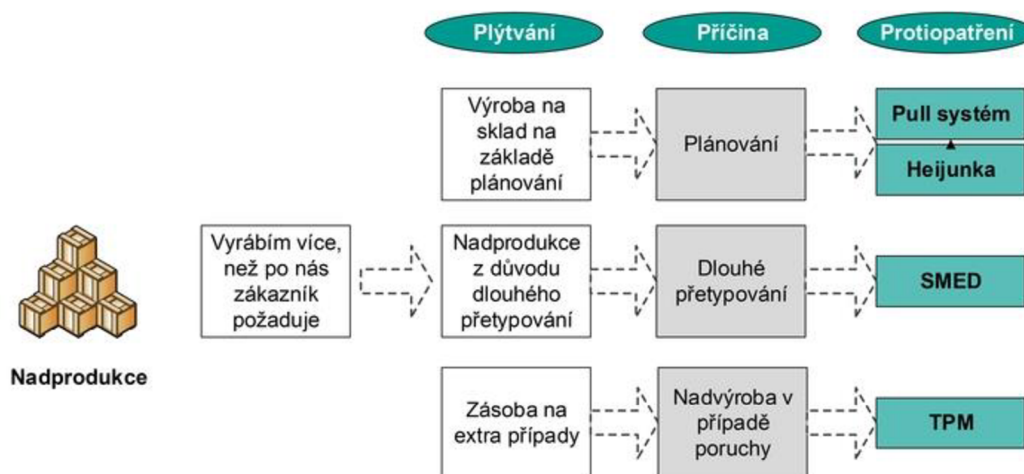
### 1.3 Eliminace plýtvání

Lean management se snaží o eliminaci plýtvání, která je základem štíhlosti. V japonštině se využívá termínu MUDA, který lze vymezit jako veškeré činnosti podniku nepřidávající hodnotu produktu, za kterou chce zákazník zaplatit. [2]

Na začátku každého inovativního kroku by měla stát důkladná analýza. Tedy i před eliminací plýtvání bychom měli provést důkladné šetření a rozčlenit a pojmenovat činnosti, které přidávají hodnotu produktu (Value Added, VA), a činnosti, které nepřidávají hodnotu (Not Value Added, NVA). Abychom správně určili, které kroky přidávají hodnotu produktu, je nutné se na výrobní proces podívat z pohledu zákazníka a odpovědět na otázku: „Co zákazník od tohoto procesu požaduje?“ [1]

Nadvýroba je výroba produktů na sklad nebo do zásoby. Je považována za nejhorší druh plýtvání. Přináší s sebou další typy plýtvání. Zvyšují se skladovací a dopravní náklady, zmetkovitost apod. Nadprodukce se objevuje i v nevýrobních procesech. Takovým příkladem je tvorba grafů, tabulek a reportů, které nikdo nepotřebuje, podávání informací zákazníkovi, o které nežádal, a další. [1]

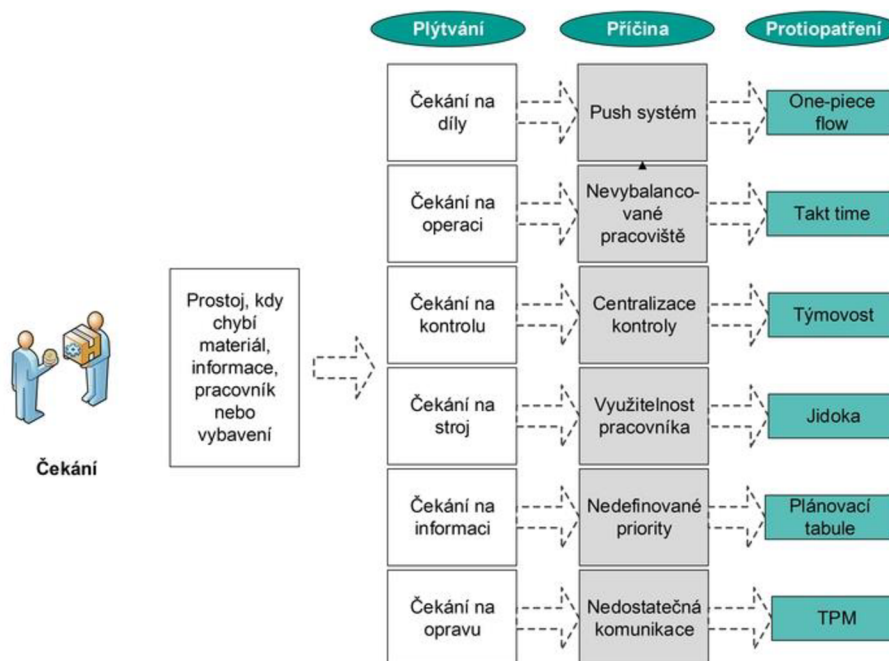
Obr.1.1 ukazuje tok nadprodukce.



Obrázek 1.1: Tok nadprodukce [16]

Čekání je druhým nejčastějším typem ztrát. Zdroje, ať už materiální, lidské nebo ve formě informací, by měly být vždy připraveny k použití tak, aby se nemuselo čekat. Prostoje už v rámci několika vteřin znamenají v konečném součtu obrovské ztráty. [16]

Obr.1.2 shrnuje druhy čekání.

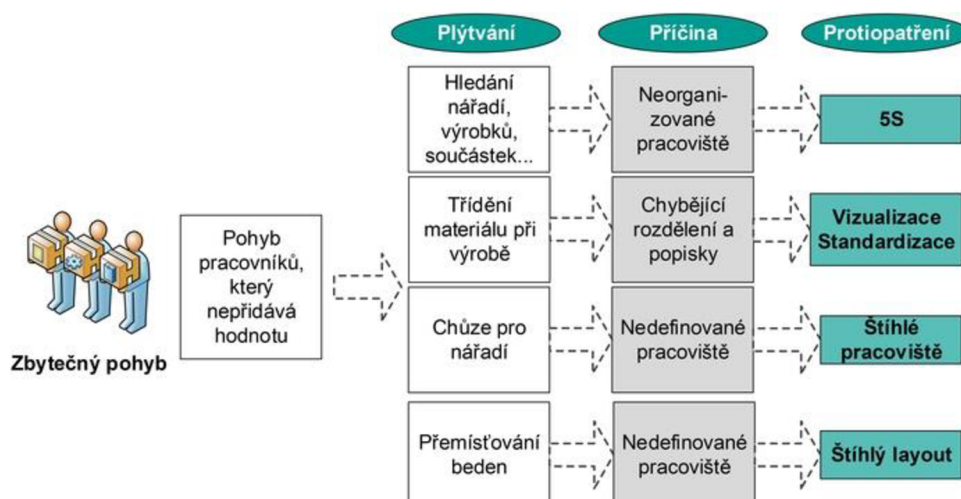


Obrázek 1.2: Čekání [16]

Jakékoliv přemístování materiálu, informací či pracovníků, které není bezpodmínečně nutné, je pływání. Cílem odstranění zbytečné dopravy je zkrátit vzdálenost na tak krátkou, jak je to jen možné. [16]

Mezi nejběžnější formy zbytečného transportu patří vícenásobná doprava (sklad, mezisklad, pracoviště, sklad...), Příčiny tohoto pływání jsou dávková výroba, nadprodukce a špatná organizace práce a plánování výroby. [6]

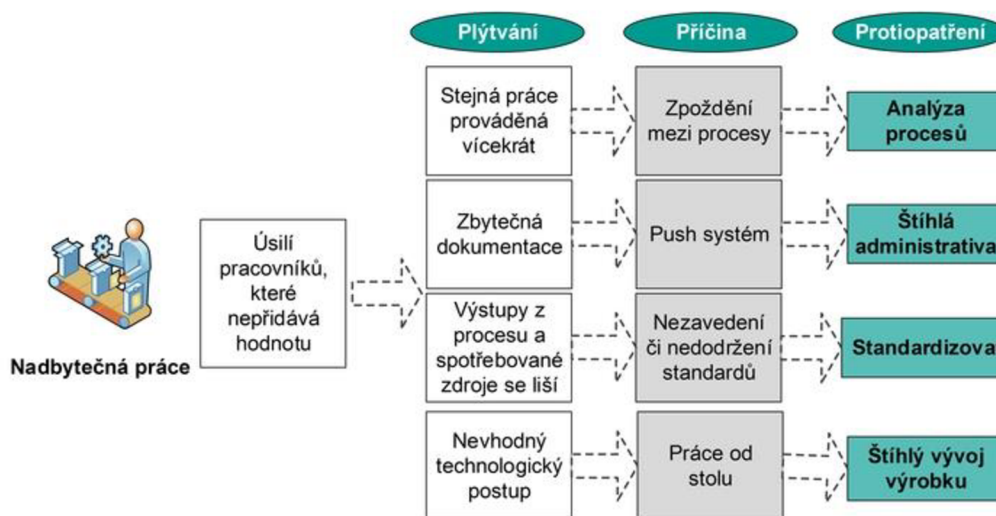
Obr. 1.3 ukazuje druhy zbytečných pohybů.



Obrázek 1.3: Nadbytečné pohyby pracovníků [16]

Zbytečné zpracovávání informací a tvorba statistik a grafů, které nejsou pro výrobu důležité, je častým typem plýtvání hlavně u středního managementu. Především se jedná o opakované zpracovávání informací, přepracovávání technologických postupů a další administrativu, která není nutně spojena s výrobou. Řešením je standardizace postupů a automatizace všech činností, které se pravidelně opakují. [16]

Obr. 1.4 ukazuje typy nadbytečné práce



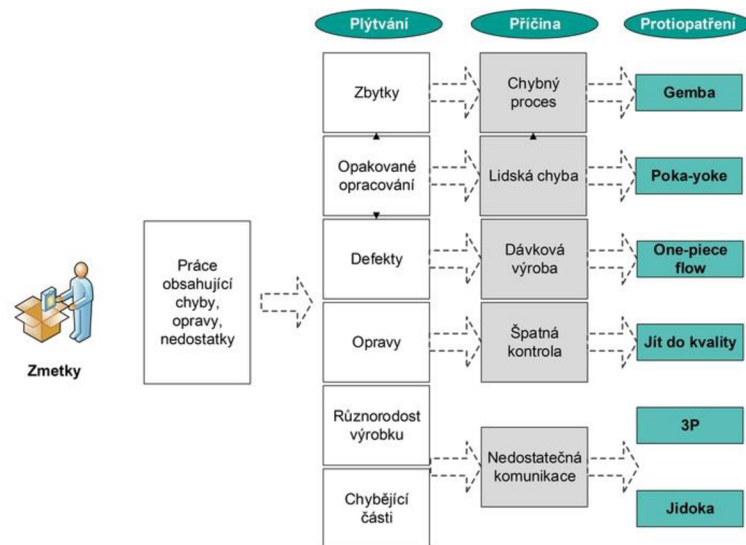
Obrázek 1.4: Nadbytečná produkce [16]

Zbytečné pohyby zaměstnanců při výkonu své práce způsobují další zbytečné ztráty. Činnosti, které řadíme mezi zbytečné pohyby, jsou například hledání nářadí, polotovarů nebo součástek, nesprávný postup při montáži či upínání apod. [16]

Chyby a zmetky, vadný materiál, předělávky, náhradní výroba způsobují náklady navíc a brzdi standardní produkci. Veškeré tyto činnosti jsou plýtváním. Cílem „Štíhlé výroby“ je vytvářet produkty napoprvé správně. [1]

Zmetky jsou většinou odhaleny až při výstupní kontrole nebo v nejhorsím případě u koncového zákazníka. [7]

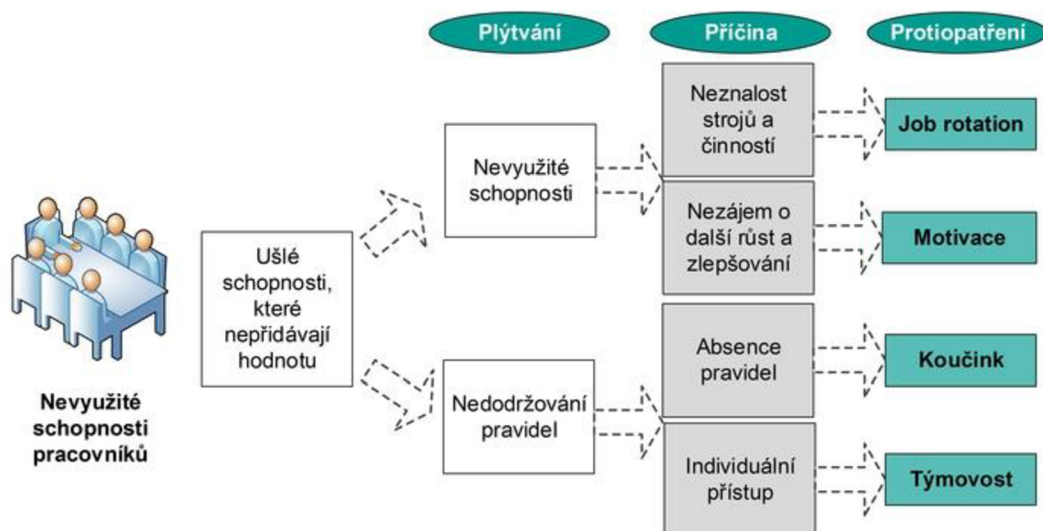
Obr1.5 ukazuje možnosti vzniku zmetků



Obrázek 1.5: Tvorba zmetků [16]

Nevyužití lidského potenciálu firmy znamená plné nevyužití všech schopností a dovedností jejich pracovníků. Přidaná hodnota by mohla být realizována za kratší čas. Tento druh plýtvání mohou ovlivnit především vedoucí pracovníci. [7]

Obr. 1.6 popisuje nevyužité schopnosti pracovníků



Obrázek 1.6: Nevyužité schopnosti pracovníků [16]

## 1.4 Nástroje a principy štíhlé výroby

Štíhlou výrobu nelze úspěšně implementovat, aniž by si společnost osvojila celý systém, který se musí stát součástí firemní strategie i kultury společnosti. Systém řízení podniku vyvinutý ve společnosti Toyota se skládá z řady prvků, které nesmí být opomenuty. Jsou jimi Just in Time (JIT), Jidoka, Kaizen, Push Pull systém, Drum Buffer Rope, 5S. [1]

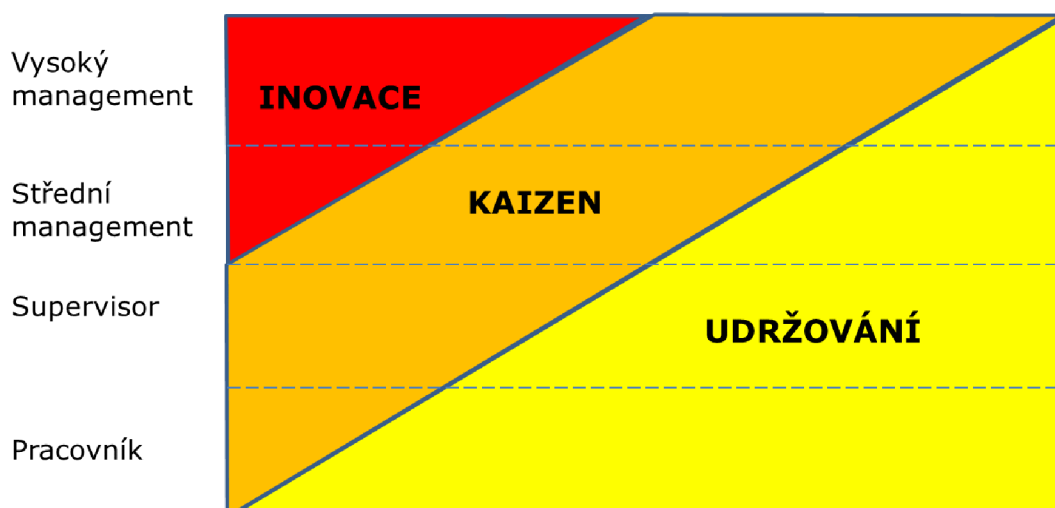
## 1.5 Just in Time (JIT)

Jedná se o metodu řízení logistiky, která organizuje logistické toky tak, aby byly minimalizovány dopravní a skladovací náklady. Základy JIT byly položeny již v roce 1926, ale největší rozmach přišel až v 80. letech v Japonsku a USA. Principem JIT je zajištění jednotlivých materiálních subdodávek do výroby tak, aby byly k dispozici přesně v ten moment, kdy mají být použity ve výrobním procesu (ne později, ale ani dříve). Minimalizují se přesuny materiálu v rámci podniku. Výrobní linky a celý výrobní proces je nastaven tak, aby nebylo potřeba přesunu materiálu zpět do skladu nebo krátkodobé uložení v meziskladu. Aplikování metody just-in-time klade vysoké nároky na naprosto přesnou koordinaci všech souvisejících procesů. Nevhodné použití nebo nezvládnutí této metody má za následek obrovské ztráty. [9]

## 1.6 Kaizen

Výraz Kaizen je složený ze dvou japonských slov „kai“ - změna a „zen“ - dobrý, lepší, což lze brát jako změny k lepšímu. Jedná se o systém neustálého zlepšování v osobním, sociálním i pracovním životě. Nejedná se o velké inovativní kroky, ale o postupné zlepšování zacházející do nejmenších detailů. [12]

Obr. 1.7 ukazuje nasazení zaměstnanců v zlepšovacím procesu.



Obrázek 1.7: Kaizen [12]

Z Obr. 7 je zřejmé, že změny pomocí metody Kaizen nepřipravuje a neprovádí pouze vrcholový management, ale podílí se na nich celé společenství firmy. Každý jednotlivec i pracovní skupina může přispět svým nápadem. Dokonce je dobré, aby změny prováděné na jednotlivých pracovištích vycházely právě z nápadů a připomínek zaměstnanců dané divize. Neznamená to však, že zaměstnanci budou vymýšlet zlepšovací návrhy na úkor produktivity práce. Rozpracování nápadu a uvedení do praxe je úkol středního a vrcholového managementu. Dříve než bude nějaké zlepšení zavedeno do běžného provozu, musí být důkladně analyzováno za účelem posouzení pozitivních a negativních vlivů. Komunikace mezi pracovníky, meetingy, brainstormingy a pozitivní motivace jsou věci, bez kterých by Kaizen nefungoval. Motivaci pracovníků může být spoluúčast na úspěchu, materiální a finanční ohodnocení. Při zavádění Kaizenu je dobré drobně odměňovat všechny rozumnější návrhy. Po určité době budou dál zaměstnanci přispívat svými nápady i bez očekávaných odměn. Obecně nevyžadují změny prováděné pomocí Kaizen velké investice. Při zavádění Lean managementu je vhodné začít právě odsud.

Pevnou součástí procesů Kaizen je analýza „pětkrát proč“, kde se pro skutečné řešení problémů hledají příčiny a ne jen jejich zdroje a snaží se nacházet i odpovídající protipatření. [z7] Nejznámější ukázkou je příklad s olejem, viz Tab. 1.2.

Tabulka 1.2: Model problému s olejem

	<b>Problém</b>	<b>Protipatření</b>
	Na podlaze je kaluž oleje	Setřete olej
Proč?	Protože olej ukapává ze stroje	Opravte stroj
Proč?	Protože je opotřebované těsnění	Vyměňte těsnění
Proč?	Protože jsme nakoupili těsnění z nekvalitního materiálu	Změňte technické parametry materiálu těsnění
Proč?	Protože stěžejním kritériem byla cena	Změňte kritéria nákupu
Proč?	Protože pracovníci jsou hodnoceni dle krátkodobých úspor	Změňte kritéria hodnocení pracovníků

Zdroj: **Vlastní tvorba**

## 1.7 Pull vs. Push systém

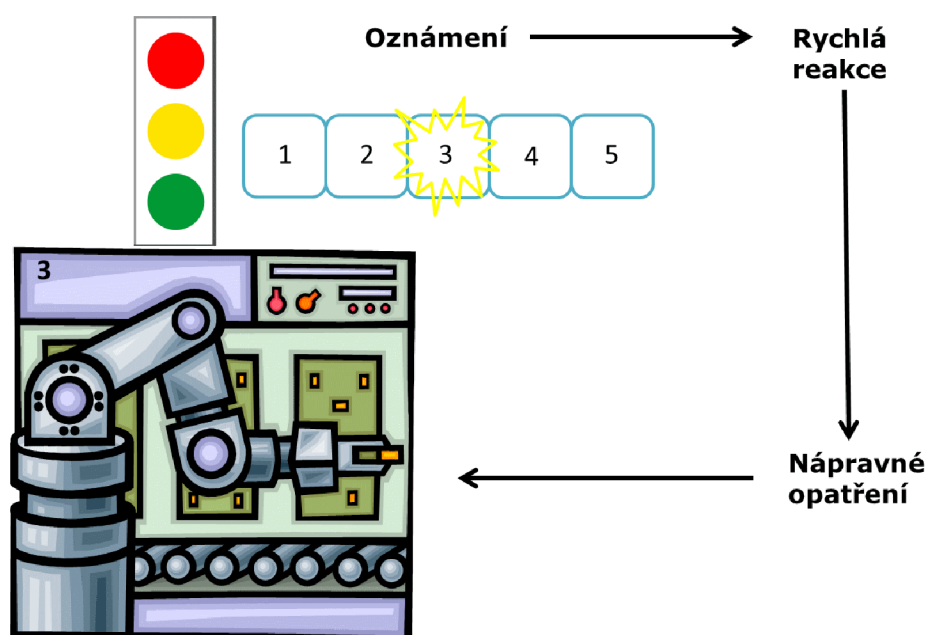
PUSH a PULL systém jsou často nesprávně vysvětlovány jako „Výroba na sklad“ a „Výroba na zakázku“, kdy údajně PUSH vytváří produkty bez specifického požadavku zákazníka a PULL vytváří produkty jen s ohledem na specifické požadavky zákazníků. PULL výrobní systém je ten, který vysloveně omezuje množství rozpracované a nedokončené výroby, která může být uvnitř systému (zabraňuje zahlcení polotovary). PUSH systém toto množství nijak neomezuje. Neustále vytváří nové rozpracované výrobky bez ohledu na to, zda jsou následně dokončeny. [10]

Jednou z klíčových vlastností štíhlé výroby je využívání PULL (tahového) výrobního systému.

## 1.8 Jidoka

Pod označením „Jidoka“ nalezneme koncept, který se zabývá autonomností pracoviště. Také se označuje jako „Automatizace s lidskými rysy“. Obsluha, která pouze sleduje stroj v provozu, nám nepřináší žádnou přidanou hodnotu produktu. Vycházíme z toho, že stroje jsou vybaveny takovými funkcemi, které umožňují obsluze pouze pasivně nesledovat chod stroje, ale vytvářet přitom nové hodnoty. Těmito funkcemi se rozumí schopnost stroje zastavit svou činnost v případě problému a dát signál obsluze, která daný problém ihned započne řešit, jak je naznačeno na obrázku 1.8. [11]





Obrázek 1.8: Jidoka [11]

## 1.9 Drum Buffer Rope (DBR)

Eliyahu M. Goldratt vyvinul několik různých metod pro řízení výrobních systémů. Jednou z klíčových metod je právě Drum Buffer Rope (DBR). Obdobně jako Kanban tato metoda cílí na omezování rozpracované výroby ve výrobním systému. [14]

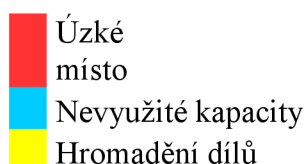
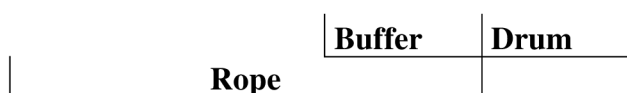
DBR nahlíží na výrobní proces jako na řetěz po sobě jdoucích událostí, z nichž každá je náchylná na vnější zásah (porucha stroje apod.). Jsme sice schopni odhadnout časovou náročnost jednotlivých operací a najít úzké místo, ale procesem neprojde více výrobků, než kolik jich může protéct úzkým místem. Úzké místo tedy určuje rytmus výroby. Této funkci říkáme Drum (rytmus).

Úzké místo musí pracovat nepřetržitě, aby co nejméně omezovalo ostatní články. Čas ušetřený jinde než v úzkém místě nemá ekonomický význam. Musíme zabezpečit dostatečné zásobování úzkého místa pomocí Bufferu (zásobníku).

Funkce Rope (lano) spočívá ve správném načasování uvolňování materiálu do výroby, aby se zásobník příliš nepřeplnil, ale ani nevyprázdnil. [13]

Obr. 1.9 představuje schéma procesu a jeho kritická místa.

	Operace 1	Operace 2	Operace 3	Operace 4	Operace 5	Operace 6
Ks/den	10			5		
	10	10		5	15	
	10	10	30	5	15	30
	10	10	20	5	15	30
	10	10		5		
				5		
$\Sigma$ Ks / operace	50	40	50	30	45	60



Maximální produkce systému je 30 Ks denně

Obrázek 1.9: Schéma úzkého místa výroby

Zdroj: Vlastní tvorba

Řízení výroby pomocí DBR nevyžaduje instalaci sofistikovaných softwarů, ale změnu v myšlení osob dohlížejících nad výrobním procesem. [13]

## 1.10 5S

Pod zkratkou 5S se skrývají japonská slova „Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke“ neboli „Úklid, Uspořádání, Čištění a kontrola, Standardizace, Dodržování pravidel“. [2]

5S je pět základních principů pro udržení čistého, přehledného a organizovaného pracoviště.

**Seiri:** Vytřídit, odstranit nepotřebné. Celý pracovní prostor se důkladně prohlédne doslova od podlahy po strop a veškerá zařízení, vybavení i materiál se roztřídí na 3 základní skupiny. Předměty potřebné pro aktuální práci, věci běžně používané a věci málo nebo nepoužívané. Ty se rovnou vyřazují, šrotují nebo prodávají, aby uvolnily místo potřebnějšímu vybavení. Přesun věcí do skladu je zavádějící, jelikož se objeví snahy skladovat naprosto vše.

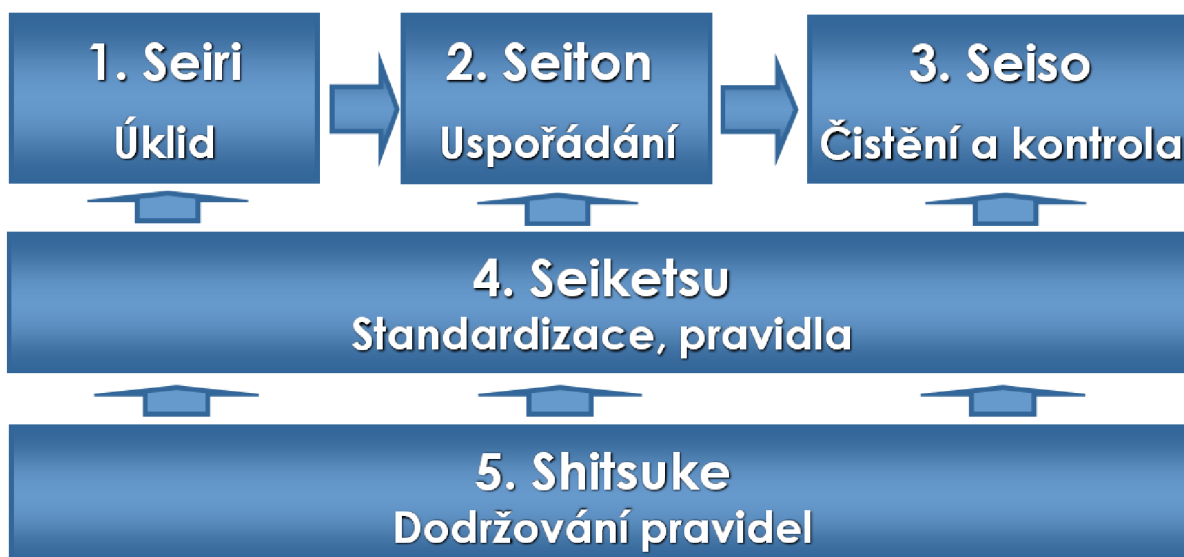
**Seiton:** Uspořádat, systematizovat. Věci, které jsme v dřívějším kroku vytřídili do prvních dvou skupin, systematicky uspořádáme dle četnosti používání. Věci potřebné pro naši aktuální činnost bychom měli mít uskladněny v našem pracovním prostoru tak, abychom nemuseli provádět zbytečné pohyby. Ostatní běžně používané vybavení má své pevně dané místo v okolí našeho prostoru, nemělo by překážet vykonávání pracovní činnosti a po použití se vrací zpět.

**Seiso:** Uklízet, čistit. Čisté a uklizené pracoviště napomáhá kvalitě a bezpečnosti práce. Jasně daný a reálně nastavený úklidový režim je základ úspěchu. Uspořádaná jednotlivá pracoviště vedou a motivují ostatní.

Seiketsu: Standardizovat. Vytvoření jednotných a propracovaných postupů zabrání chaotickému přesunu věcí, zajistí jejich ukládání na jim určená místa, zrychlí a zefektivní celý proces. Po určité době si všichni nově zavedené návyky osvojí a považují je za sobě vlastní.

Shitsuke: Dodržování postupů, disciplína. „Co můžeme udělat hned, neodkládejme na později.“ Spoléhat na úklid na konci směny, na který již nemusí zůstat čas, je pravým opakem zásad 5S. Disciplína se musí všem vštěpit a objektivní kritika a upozornění na nedostatky jsou klíčem k úspěchu. [17]

Na Obr. 1.10 je vidět cyklus aplikování 5S.



Obrázek 1.10: Metoda 5S

Zdroj: [17]

## 2 APLIKACE POSTUPŮ ŠTÍHLÉ VÝROBY NA VÝROBNÍ PODNIKY

Jedním z cílů této práce je aplikovat postupy štíhlé výroby na simulačním modelu a ověřit tak jejich použitelnost na malých a středně velkých podnicích. V průběhu vzniku této práce se naskytla příležitost spolupracovat s podniky zabývajícími se průmyslovou výrobou a celou metodologií tak ověřit na reálném modelu.

Ve své práci jsem aplikoval metodologii Lean management na dvě brněnské firmy. Společnosti nechtějí být jmenovány, proto je budeme nazývat Firma A a Firma B. Obě firmy se zabývají třískovým obráběním, a to jak konvenčními stroji, tak pomocí CNC obráběcích center. Firma A dále svařuje metodou Tig a Lasserem. Historický vývoj je obdobný – majitel, jednatel a první zaměstnanec v jedné osobě. V prostředí průmyslu se pohybují cca 20 let. Společnosti průběžně investují do nových zařízení i High Tech technologií, ale mají omezené prostory, ve kterých fungují. Základní charakteristiky a porovnání obou firem je shrnuto v Tab. 2.3.

Tabulka 2.3: Základní údaje srovnávaných firem

	Firma A		Firma B	
Zaměření	Třískové obrábění		Třískové obrábění	
Typ provozu	1 směnný		2-3 směnný	
Typ výroby	Kusová výroba		Sériová výroba	
Materiály	Nerez	Dural	Dural	Toolox
Zaměření	Vakuová technika		Zbrojní průmysl	
Konvenční soustruh	1		2	
CNC soustruh	2		1	
CNC frézka 3 osy	1		2	
CNC frézka 5 os	2		1	
Celkový počet strojů	6		6	
Počet zaměstnanců	<b>16</b>		<b>5</b>	
z toho TP	9		4	
z toho THP	7		1	

Zdroj: Vlastní tvorba

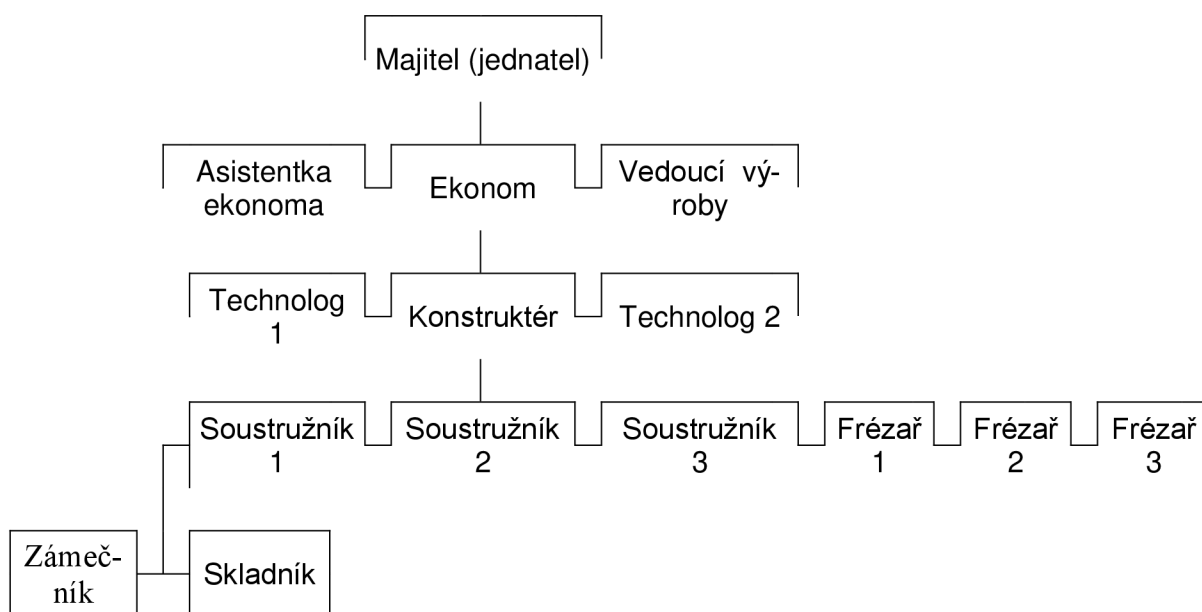
### 2.1 Podrobný popis stavu a procesů ve firmě A

Firma A se zaměřuje na velmi přesnou kusovou výrobu, primárně zaměřenou na vakuovou techniku. Díky spolupráci s výzkumným ústavem má možnost podílet se na vývoji.

#### 2.1.1 Hierarchie firmy

Tab. 2.4 ukazuje pracovní pozice a jejich důležitost při rozhodování ve výrobním procesu.

Tabulka 2.4: Schéma funkcí a pracovních pozic



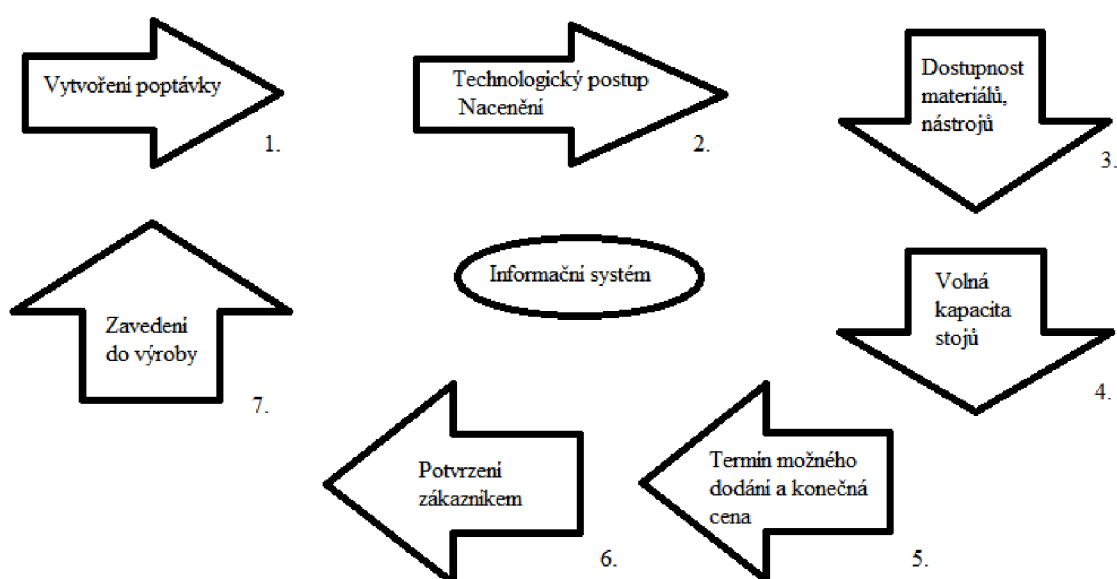
Zdroj: Vlastní tvorba

### 2.1.2 Příjem zakázek

Firma A má průměrný informační systém, který však zahrnuje všechny potřebné funkce pro plánování výroby. Informační systém je však využíván nedůsledně na cca 40 % jeho potenciálu. Tím vzniká první problematické místo – příjem objednávek od zákazníků.

Zákazník má možnost objednat výrobek u jednoho ze čtyř technicko-hospodářských pracovníků (THP). Jsou jimi jednatel, ekonom, konstruktér a asistentka ekonomy. Firma nemá vypracovaný jasný postup jak zapracovat novou zakázku do systému s ohledem na stávající výrobu a často se stává, že zakázka v systému není zavedena vůbec. To způsobuje problémy na všech úrovních. Nacenění pohledávky, objednání a doprava potřebného materiálu, zpracování technologického postupu, zajištění nástrojů pro výrobu a volnou kapacitu strojů před termínem dodání. Pokud je zakázka v systému zavedena, je vytvořena průvodka obsahující výkres a technologický postup. V postupu je uveden počet vyráběných kusů a seznam strojů a operací, které na nich mají být vykonány. Pomocí čtečky čárových kódů je sledována rozpracovanost zakázky. Nic však nebrání mít na jednom stroji rozpracováno více zakázek a důslednost odpisů je pouze na vůli zaměstnanců.

Při návrhu opatření se nejprve zaměřují na vyjasnění rolí a práv při potvrzování objednávek. Na obr. 2.11 vidíme navrhovaný cyklus přípravné fáze a její schvalování. Veškerá komunikace mezi účastníky procesu probíhá pomocí interních systémových zpráv. To zaručuje transparentnost a spolehlivost procesu.

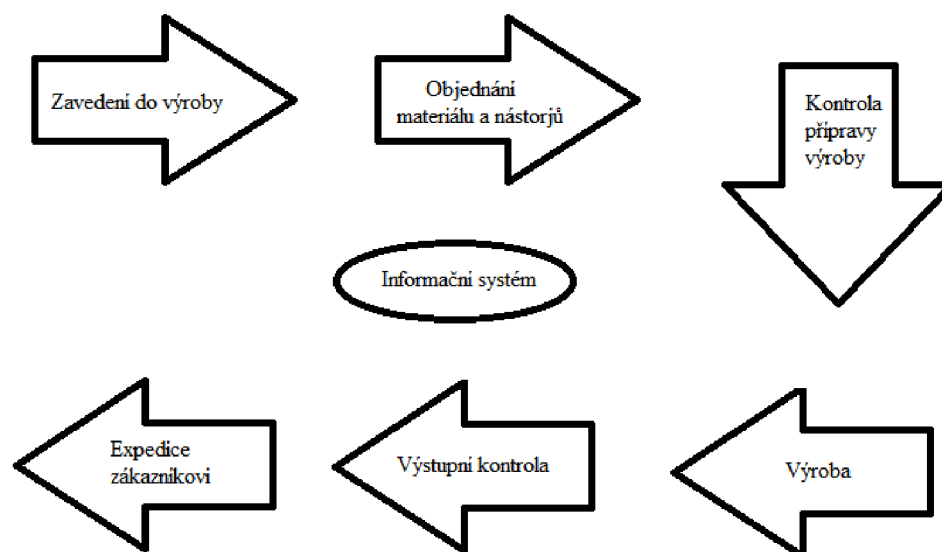


Obrázek 2.11: Postup zavedení poptávky do systému

Zdroj: Vlastní tvorba

1. krok – vytvoření poptávky: Každá poptávka musí být zavedena do informačního systému. Právo vytvářet poptávky zůstává jednateli, ekonomovi a konstruktérovi, který po konzultaci s technologem vytváří přípravy pro výrobu a zavádí je do systému jako interní zakázku;
2. krok – technologický postup a nacenění: Systém odesílá zprávu technologovi, který navrhuje a zpracovává kompletní postup výroby. Upínací přípravy zajišťuje konstruktér, viz Krok 1. Výstupem technologa je seznam potřebných přípravků, nástrojů a časů jednotlivých operací;
3. krok – dostupnost materiálů: Objednávky materiálů a nástrojů se přesouvají z jednatele na ekonomu, který sleduje ceny a dodací lhůty na trhu;
4. krok – volná kapacita strojů: Vedoucí výroby, který řeší nenadálé výpadky a servis strojů, má za úkol přidělit možný termín výroby;
- 5.-7. krok – konečná cena a termín dodání: Za shrnutí dílčích kroků celé poptávky a odeslání nacenění zodpovídá sekretářka. Ta také po potvrzení poptávky zákazníkem vytváří v kroku 7 objednávku.

Výkonnou fázi popisuje Obr. 2.12. Z poptávky se překlopením do výroby stala závazná objednávka. To umožní objednat materiál a po kontrole všech podkladů vedoucím výroby mohou začít procesy skutečně přidávající hodnotu. V případě odhalení zmetku na výstupní kontrole systém vydává nový výrobní příkaz a celé kolo se opakuje.



Obrázek 2.12: Překlopení poptávky v objednávku s následnou výrobou

Vizualizace celého procesu pro pracovníky, kteří nemají přístup do IS, se začala provádět na informační tabuli, viz Tab. 2.5. Výroba z krátkodobého hlediska nezávisí na přítomnosti vedoucího výroby. Pracovník automaticky zná následující výrobek a může pracovat na přípravách během chodu svého stroje. Na konci směny vedoucí výroby tabuli aktualizuje pro začátek ranní směny. Operativně může pořadí výrobků a operací pozměnit tak, aby nevzniklo úzké místo.

Tabulka 2.5: Vizualizace výroby, schéma informační tabule, pořadí a priority

Plán výroby					
Zakázka	Priorita	Zakázka	Priorita	Zakázka	Priorita
<b>SU-15</b>		<b>Hermle</b>		<b>Okuma</b>	
XY-001	2	XY-007	4	AS-23	1
<del>XY-002</del>	1	AB-010	3	AS-26	2
XY-200	3	AB-019	2	P-18	3
XY21	4	<del>AB-020</del>	1	P20	4
		-			
<b>MCV</b>		<b>MCU</b>		<b>Micron</b>	
XY-002	2	Oprava		AS-26	2
AB-019	1			P-18	3

Zdroj: Vlastní tvorba

### 2.1.3 Správa zařízení a vybavení

Preventivní a prediktivní údržba je náročná na primární investice. Jediná „ekonomicky přijatelná“ údržba v podniku A je ta „Po poruše“. Avšak snahu průběžně udržovat a doplňovat potřebné vybavení nacházíme i zde. Systémem „Trojitého opisu“ se zpracovávají veškeré požadavky zaměstnanců na náradí, pomůcky i údržbu. V praxi to probíhá následovně:

- Technický pracovník (TP) zapíše požadavek do sešitu na výrobní hale
- THP zjistí dodavatele a katalogová čísla a přepíše požadavek do výkazu jednatele
- Jednatel schvaluje/neschvaluje požadavky a přepisuje je do elektronické objednávky. Tento několikanásobný přepis má krom časové náročnosti a neekologičnosti další velkou nevýhodu. Nefunguje zpětná vazba a pracovník THP ani TP neví, zda byl jeho požadavek schválen.

Informační systém umožňuje správu skladů a objednávek. Díky doškolení vedoucích pracovníků se mohlo přejít na nový systém, kdy pracovník THP rovnou vytváří poptávku v informačním systému. Pokud se jedná o opakovaný požadavek (např. mazací oleje, soustružnické nože apod.), má celý formulář již předpřipravený, stačí upravit množství a uložit ke schválení. Následně je vidět, zda byl jeho požadavek schválen nebo zamítnut.

S ohledem na Industry 4.0 se v IS připravuje i výstup na načítání QR CODE, aby pracovník TP načel pouze EAN produktu, který požaduje, a systém sám připravil poptávku ke schválení.

### 2.1.4 Návrh dílny

Nedílnou součástí štihlé výroby jsou nejen správně navržená jednotlivá pracoviště, ale i celkové rozložení linek ve výrobní hale. Rozložení pracovišť v podniku A vycházelo z historického vývoje, kdy se pracovní prostor zaplňoval postupně, nároky na interakci mezi pracovišti nebyly vysoké. Každé pracoviště mělo svůj prostor pro uložení nástrojů, výrobků i odpadu, viz Obr. 2.13. S narůstající provázaností pracovišť docházelo ke kolizím a prostojům.



Obrázek 2.13: Původní rozvržení dílny a technologické kanceláře

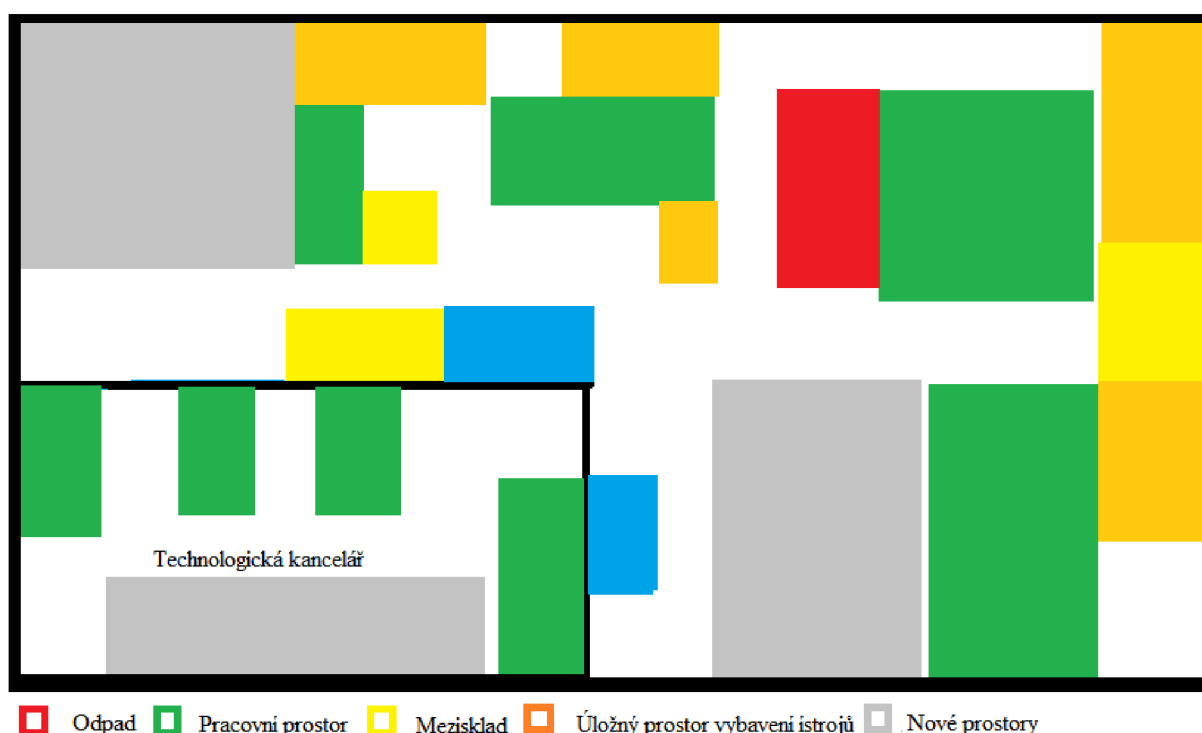
Zdroj: Vlastní tvorba

Každá barva na Obr. 2.13 a Obr. 2.14 znázorňuje jeden funkční prostor. Červeně jsou vyznačeny prostory s odpadem a zbytkovým materiálem. Žlutá znázorňuje mezisklady. Zde jsou ulo-



ženy polotovary a díly čekající na další operace spolu s velkým množstvím historických přípravků. Oranžová ukazuje skladovací skříně na nástroje a pomůcky. Zelené jsou stroje s manipulačními prostory operátorů. Modře vyznačeně jsou úložiště měřidel.

Nový návrh rozložení dílny spolu s aplikací 5S bylo jediným řešením. Zavedení pravidla pravidelného týdenního odvozu odpadu místo čekání na naplnění všech nádob pomohlo ušetřit dvě třetiny původních skladovacích prostor. Díky přechodu na PULL systém mohl být zrušen jeden mezisklad. Nově uvolněné místo je označeno šedou barvou a bude využito pro umístění nových výrobních strojů.



Obrázek 2.14: Nový návrh haly

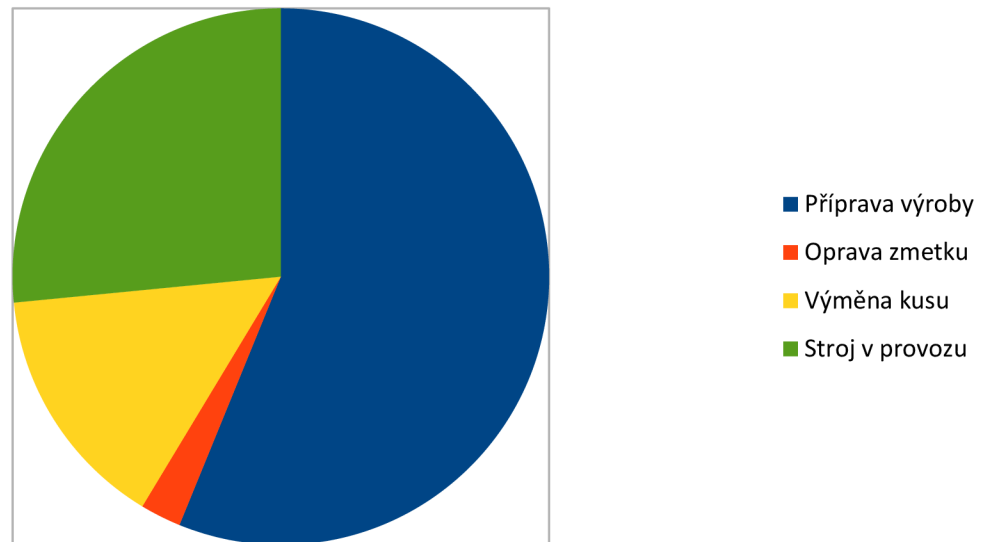
Zdroj: Vlastní tvorba

Posledním krokem v novém návrhu bylo uspokojení potřeb pracovníků na společné vybavení.

Mnoho měřicích pomůcek a kalibrů je společných pro všechny pracovníky. Společné je i úložiště odpadů a sklad s přípravky. Za využití „Špagetového diagramu“ byl vytvořen návrh optimálního umístění měřicí desky, skladu kalibrů i kontejnerů na třísky tak, aby je dle četnosti používání měli všichni pracovníci v dosahu.

### 2.1.5 Standardizace postupů

Firma A se zabývá ryze kusovou výrobou. Výsledky ekonomické analýzy ukazují na nedostatečnou produktivitu práce jejich zaměstnanců. Na grafu 2.3 jsou vidět výsledky analýzy stavů, ve kterých se stroje během směny nacházejí, a jejich četnost. Hodnoty jsou zprůměrovány za období 1 měsíce ze všech výrobních pracovišť. Data byla čerpána z pracovních výkazů.



Graf 2.3: Časová náročnost činností stroje během jedné směny

Zdroj: Vlastní tvorba

Téměř  $\frac{3}{4}$  směny stroje stojí a nezvyšují přidanou hodnotu. Původní hypotéza vedení dávala za příčinu špatně navržený technologický postup a slabé osobní nasazení. Další fází bylo zmapování činností pracovníků v jednotlivých stavech.

Příprava výroby zahrnuje:

- Vyčištění pracovního prostoru stroje;
- Přihlášení k práci na nové zakázce;
- Upnutí a zaměření nástrojů;
- Upevnění přípravků nebo svěráků;
- Odladění prvního kusu;
- Výroba zbývajících dílů a výměny;
- Ukončení výroby – odhlášení.

Četnost přihlašování k jednotlivým operacím vedla k úvaze o plýtvání důsledkem zbytečných pohybů (cest k terminálu). Empiricky bylo ověřeno, že každý pracovník stráví denně 15 minut vykazováním práce. V ročním úhrnu to znamená 432 000 Kč ztrátu pro firmu. Přesun terminálu z technologické kanceláře do středu dílny snížil prostoje o 20 %. Dalším krokem bude vytvoření mobilní aplikace, aby každý pracovník mohl vykazovat práci přímo ze svého pracoviště bez nutnosti cesty k terminálu.

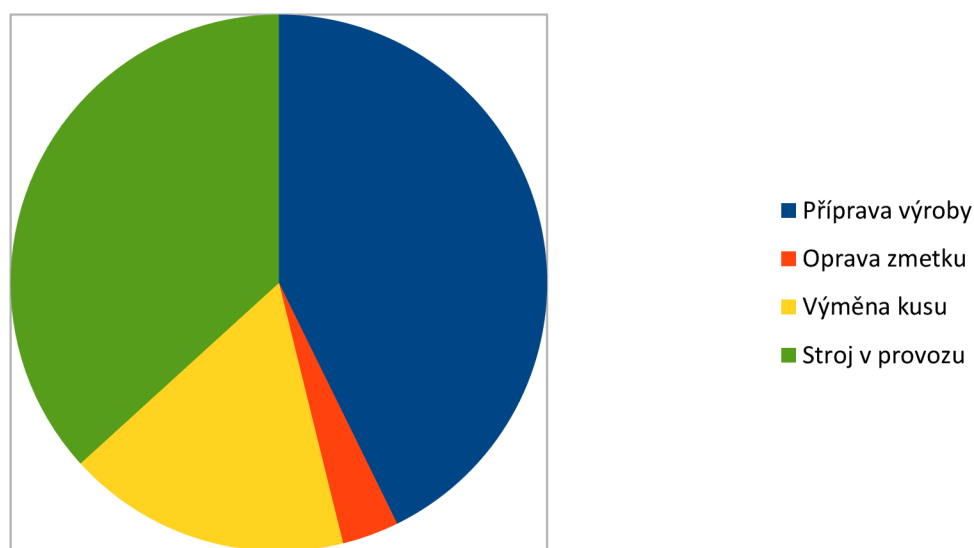
Upínání a zaměrování nástrojů je časově nejnáročnější část přípravy. Aplikací Jidoky a informační tabule pro zaměstnance, na které vidí následující výrobek, může pracovník zahájit přípravu již během dokončování předchozího výrobku. Časová úspora je zde až 50 minut na jednom výrobku. Příprava nástrojů s sebou přináší velké investice. Ke každému stroji se musí postupně pořídit nová sada upínačů. Pokud NC stroj pracuje, nemůže měřit nástroje. A pokud měří

nástroje, dochází k prostojům ve výrobě. Logickým krokem je dokoupení externí měřicí stanice. Návratnost investice je 18 měsíců.

V upínání obrobků je „Know How“ každé firmy, zaměřené na kusovou výrobu. Je zapotřebí široká škála svěráků, sklíčidel, čelistí a přípravků pro atypické díly. Mnoho dílů se opakuje s periodou i několika let a přesně zdokumentovaný postup upnutí chybí. Obsluha si klade několik otázek. Kde je přípravek uložen? Jak byl upevněn v obráběcím centru? Jak byl upevněn obrobek na přípravku? Jejich nezodpovězení s sebou přináší riziko kolize. Při úklidu firmy v předešlé etapě byly přípravky identifikovány, označeny a uloženy do samostatného skladu (regál na dílně). Dřívější praxí bylo komplikovanější upnutí fotit. Praxe však ukázala, že jsou data uložena na nesprávných místech nebo nejsou aktuální, popřípadě chybí zcela. V době „chytrých mobilních telefonů“ je navrženo řešení cloudového úložiště. Každá zakázka je při své výrobě opětovně zdokumentována a uložena na cloud. Každý pracovník má do úložiště přístup ze svého mobilního telefonu a během příprav si může celý postup nastudovat.

Během výroby prvního kusu je pracovník plně vytížen monitorováním stroje proti případné kolizi. Při výrobě zbývajících kusů, kdy již stroj pracuje samostatně, věnuje čas přípravám na výrobu následujícího výrobku.

Na grafu 2.4 je patrný kladný posun během prvního testovacího měsíce. Tento kladný výsledek přesvědčil vedení k investicím do upínací techniky a měřicí stanice.



Graf 2.4: Časová náročnost činností stroje během jedné směny při zkušebním provozu

Zdroj: Vlastní tvorba

## 2.2 Podrobný popis stavu a procesů ve firmě B

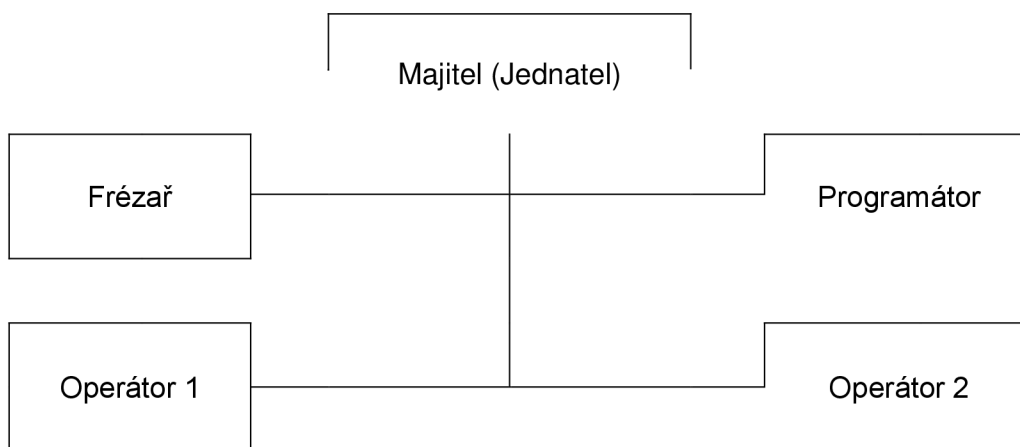
Firma B se zabývá sériovou výrobou. Její hlavní dva zákazníci operují v oblasti zbrojního průmyslu. Firma sama stojí za vývojem a konstrukcí mnohých dílů i kompletních sestav. Jednatel firmy upřednostňuje politiku minima THP, každý pracovník musí být schopen programovat i obsluhovat všechny CNC stroje, pracovat s výkresovou dokumentací a CAD/CAM systémem.

Majitel a jednatel spravuje veškeré administrativní záležitosti, zpracovává výkresovou dokumentaci a vytváří rozpis práce. Ve firmě je funkční IS napojený na CAD/CAM systém umožňující globální správu zakázek. Pro nedostatek THP se informace nezavádí do systému, NC programy nejsou aktuální vůči výkresové dokumentaci a modelům. Pracovníci nemají dopředu připravené podklady pro výrobu následujících dílů. Firma se v minulosti pokoušela o zavedení principů „Štíhlé výroby“, ale výsledek byl hodnocen spíše záporně. Důvodem byl nedostatek zkušených pracovníků v této oblasti.

### 2.2.1 Hierarchie ve firmě B

Rozdělení pracovních pozic a jejich počet ukazuje jeden z velkých nedostatků firmy B. Rozvržení pozic je znázorněno v Tab. 2.6

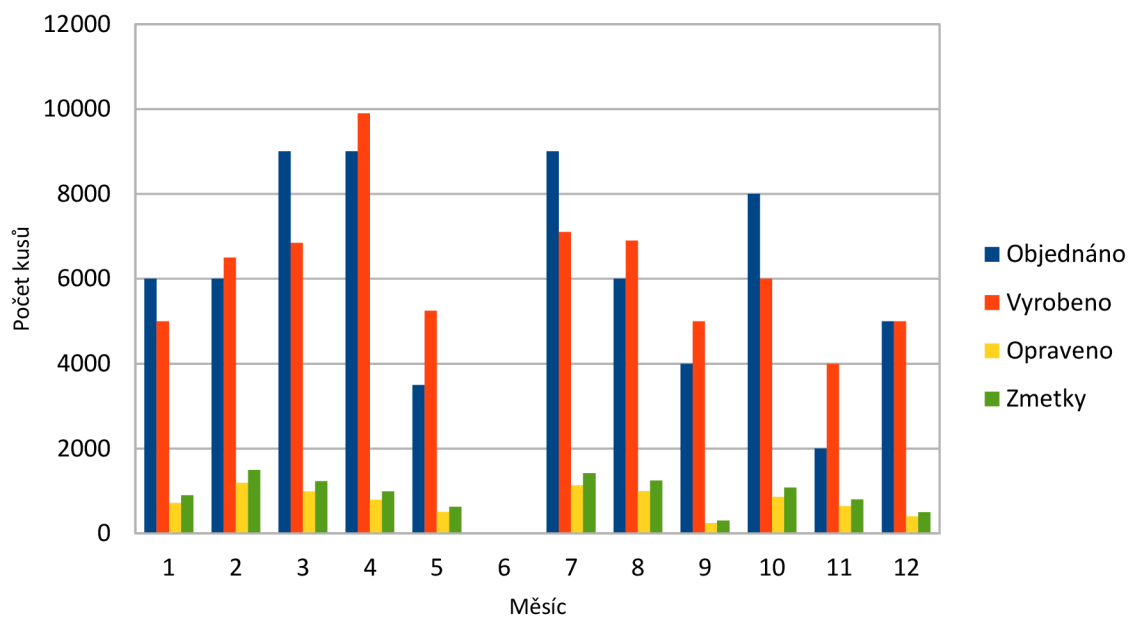
Tabulka 2.6: Schéma funkcí a pracovních pozic



Zdroj: Vlastní tvorba

### 2.2.2 Mapování procesu

Z dlouhodobého hlediska firma B funguje v režimu výroby pro majoritního zákazníka, který vytěžuje stroje v 2,5 směnách 9 měsíců v roce jediným výrobkem (zákazník Alfa, výrobek XY). Příprava a výroba ostatních zakázek se plánuje do technologických přestávek dílu XY. Plánování výroby je tvořeno s měsíčním předstihem dle požadavků zákazníka. Na grafu 2.5 je vidět proměnlivost a nevyzpytatelnost výroby s nutností flexibilního řízení. Alarmující je i vysoká zmetkovitost.



Graf 2.5: Statistika výroby za 12 měsíců

Zdroj: Vlastní tvorba

Tvorba a následná oprava zmetků je jednou z 8 druhů plýtvání ve štíhlé výrobě. To je hlavním důvodem zpoždování dodávek zákazníkovi. Tab. 2.7 znázorňuje 3 možné varianty výroby dílu XY, které firma vyvinula. Důvodem bylo postupné navyšování množství kusů požadovaných zákazníkem a také kolize, které způsobily několikatýdenní odstávky strojů. Dle typu stroje se díl vyrábí jednou až třemi operacemi s různou produktivitou a zmetkovitostí.

Tabulka 2.7: Možnosti výroby dílu XY a jejich průchodnost

Varianta 1	Stroj	Operace 1	Operace 2	Operace 3
		<b>S 15</b>	<b>FR 4-AX</b>	<b>FR 3-AX</b>
	Kapacita [Ks/den]	350	350	500
	Zmetkovitost [Ks/den]	7	14	100

Varianta 2	Stroj	Operace 1	Operace 2
		<b>S 15</b>	<b>FR 5-AX</b>
	Kapacita [Ks/den]	350	260
	Zmetkovitost [Ks/den]	6	23,4

Varianta 3	Stroj	Operace 1
		<b>SFC</b>
	Kapacita [Ks/den]	225
	Zmetkovitost [Ks/den]	3,15

- S 15** - CNC soustruh
- FR 3-AX** - tříosá CNC frézka
- FR 4-AX** - čtyřosá CNC frézka
- FR 5-AX** - pětiosá CNC frézka
- SFC** - soustružnicko-frézovací centrum

Zdroj: Vlastní tvorba

Žádná z variant není optimální. Pro obsazení celoročních požadavků zákazníka se musí postupy kombinovat. Komplikace s tím spojené jsou dlouhodobě nepřijatelné. Varianty 2 a 3 nemají svou maximální dostatečnou, aby samostatně pokryli požadavky na množství dílů. Při správném nastavení procesu může varianta 1 obsáhnout celou výrobu dílu XY a tím uvolnit zbylé stroje pro ostatní zakázky. Za cíl je kladeno snížit zmetkovitost a čas potřebný na výrobu jednoho kusu u varianty 1.

### 2.2.3 Optimalizace procesu

Pro přehlednost je celý proces rozdělen na dvě etapy. První etapa je zaměřena na příčiny zmetkovitosti a jejich odstranění. Tab. 2.8 shrnuje chyby obsluhy a jejich následky na výrobní proces.

Tabulka 2.8: Příčiny zmetkovitosti

<b>Chyba/Příčina</b>	<b>Následek</b>
Nevyčištění funkčních ploch svěráku	Nesprávný nulový bod obrobku
Neutažení obrobku	Uvolnění dílu, zlomení nástroje
Opotřebením nástroje	Zlomení nástroje v řezu
Nezaměření nástroje	Špatný offset nástroje
Špatně změřený kus	Nevhodná korekce nástroje
Nedostatek chladicí kapaliny	Zlomení nástroje, špatný povrch
Zlomení hrubovacích nástrojů	Poškození dokončovacích nástrojů
Nevhodná teplotní kompenzace	Špatný offset nástroje

Zdroj: Vlastní tvorba

Celý proces je řízen ranní směnou, kterou zaštiťují zaměstnanci v pozici jednatel, frézař nebo programátor. Jejich cílem je seřadit obráběcí centra pro odpolední a noční směnu, kde se střídají brigádníci. Aplikace metodologie Kaizen a „Pětkrát proč“ vytváří škálu protiopatření.

- 1) Nastavení kontroly zlomení klíčových nástrojů
  - + zamezení kolize a dlouhých prostojů po kolizi
  - prodloužení času výroby 1 kusu
- 2) Zavedení sesterských nástrojů
  - + snížení četnosti zásahů obsluhy a rizika zlomení nástroje
  - zvýšení nákladů na nástrojové vybavení
- 3) Měření dílu obrobkovou sondou v centru
  - + automatické korekce na nástroje
  - prodloužení času výroby 1 kusu
- 4) Navržení efektivního postupu upínání obrobků, jeho vizualizace a proškolení zaměstnanců.

V druhé etapě budeme věnovat pozornost eliminaci ztrátových časů. Dílčí úkony operátora obráběcího centra a jejich časovou náročnost shrnuje Tab. 2.9.

Úkony	4-AX-původní čas [s]	4-AX-nový čas [s]	3-AX-původní čas [s]	3-AX-nový čas [s]
Příchod obsluhy	35	5	35	5
Nalezení vhodného nástroje	5	5	5	5
Otevření krytu stroje	2	2	2	2
Uvolnění obrobků	15	12	15	10
Vyjmutí obrobků	25	15	20	15
Vyčištění funkčních ploch a dorazů	15	20	15	10
Umístění polotovarů	25	20	20	15
Utažení polotovarů	20	20	15	15
Kontrola upnutí	0	0	10	10
Kontrolní měření 1 kusu	40	0	45	0
Korekce nástroje	10	0	10	0
Zavření krytu stroje	2	2	2	2
Opětovné spuštění	2	2	2	2
<b>Celkový čas 1 výměny</b>	<b>196</b>	<b>103</b>	<b>196</b>	<b>91</b>

Odbouráno v 1. etapě  
Odbouráno v 1. etapě

Tabulka 2.9: Časová náročnost 1. cyklu stroje

Zdroj: Vlastní tvorba

Za použití Jidoky a 5S byl nastaven optimální postup při výměně obrobku a společně s automatizací měření a zvukovou signalizací ukončení výrobního cyklu 30 s předem bylo ušetřeno průměrně 90 s na jednom cyklu stroje.

Výměna nástrojů a celkové seřízení strojů je dalším aspektem zlepšovacích procesů. Životnost nástrojů je významným ekonomickým parametrem. Cena nového nástroje i opakovaného přebroušení není nezanedbatelná a velmi ovlivňuje náklady spojené s výrobou. Řezné rychlosti byly doposud nastaveny pro maximální životnost nástroje. Úspora se hledala především v omezení přímých nákladů na nákup. Porovnáním časů v řezu, cen nástrojů a nákladů na brus byl navrhnout pro každý nástroj ekonomicky optimální interval výměny. Řezná rychlost všech nástrojů byla zvýšena na maximální možnou mez při zachování kvality povrchu. Tyto kroky zajistily zvýšení produktivity o téměř 15 %. V případě velkosériové výroby se jedná o nejdůležitější krok celé analýzy. Se zvýšeným objemem nástrojů v oběhu bylo nutné řešit samostatně brus této zakázky. Zavedení systému tří šuplíků (úrovní) se nástroje třídily dle počtu přebroušení do jednotlivých přihrádek. To usnadnilo i plánování nákupu nástrojů nových s ohledem na dodací lhůty, aby nevznikly prostoje.

Pro výměny nástrojů, čištění stroje a doplňování kapalin a mazadel byl zpracován algoritmus a „check-list“ pro kontrolu, viz Tab. 2.10. Monotonnost jednotlivých úkonů zapříčiňovala postupné opomíjení některých bodů. Tím vznikaly prostoje z důvodu nedostatku chladicí kapaliny, zaseknutí „šponohrabu“ apod.



Tabulka 2.10: Check-list

<b>Startovní pokyny</b>	<b>OK</b>	<b>Výměna nástroje</b>	<b>1. směna</b>	<b>2. směna</b>
Zap. Vzduch		T1		
Zap. Stroj		T2		
Zap. Mazání stroje		T3		
Zap. Zahřátí stroje		T4		
Vyčištění prac. prostoru		T5		
Spuštění programu		T6		
Kontrola 1. dílu		T7		
<b>Průběžné pokyny</b>		T8		
Doplnění chladicí kapaliny		T9		
Kontrola koncentrace		T10		
Vyvezení odpadu		T11		
Kontrola polotovarů		T12		
Manuální kontrola dílu		T13		
Kontrola brusu		T14		
<b>Poznámka</b>		T15		
		T16		
		T17		
		T18		

Zdroj: Vlastní tvorba

### 2.2.4 Přetypování výroby

Pozastavení výroby pro zákazníka „Alfa“ a spuštění nové je svázáno s prostojem několika dnů. Výroba dílu XY probíhá na několika mechanických přípravcích, které musí být vůči sobě ustaveny s přesností  $\pm 0,005$  mm. Spuštění nové série předchází hodiny měření a vyrovnávání. Takový postup je pro štíhlou výrobu nepřijatelný. Na přípravcích byly provedeny menší úpravy a celá sestava uložena na rám. Ten lze snadno uvolnit a sestavu demontovat jako celek. Později je celá sestava vyčištěna a zkontrolována indikátorem. Nedostatečná tuhost rámu a následné změny souososti pohyblivých částí přípravku nebyly potvrzeny. Změna uložení umožnila rychlé přetypování výroby po vzoru Toyoty. V případě odstávky delší jak 48 h je již ekonomicky přijatelné přetypovat výrobu. Ztrátové časy se z řádu dnů až týdnů eliminovaly na hodiny.

### 2.2.5 Zavádění nových výrobků do výroby

V minulých letech se vedení společnosti snažilo aplikovat metodologii JIT na svůj provoz. Docházelo zde k dynamickým změnám v plánování výroby. Skladové zásoby materiálu byly minimální. Častým jevem charakterizujícím celou situaci bylo zahájení výroby bez kompletní a ověřené výkresové dokumentace. Opravy nevyhovujících dílů byly běžné. Zpětné zdokumentování technologického postupu neexistovalo, proto při opětovném zavedení do výroby byl tvořen postup nový. Po zodpovězení otázky „Pětkrát proč?“ bylo řešením situace přijmutí nových zaměstnanců do administrativy.

### 3 POROVNÁNÍ FIREM

Jedním z logických pojítek mezi oběma firmami je nutnost změn v nastavení procesů pro udržení zdravého rozvoje firmy. Obě firmy v období hospodářského růstu prosperují, ale prvotní analýzy ukázaly nedostatky v různých oblastech jejich činnosti. V případě hospodářské recese ztrácejí firmy konkurenceschopnost. Správně nastavené procesy eliminují ztráty již v době konjunktury a pomáhají vytvářet rezervy do dalších let. Podle typu nedostatku byla na každou firmu aplikována metodologie štíhlé výroby. Příjem zakázek a postup při jejich zpracování se v obou firmách liší.

Kusová výroba firmy A si žádá pečlivě sestavený postup, který celý proces příjmu urychlí, neopomene žádný důležitý detail a lze jej plně automatizovat. Jídoka v kombinaci s eliminací 8 typů ztrát umožňuje snížení přípravných časů na straně logistiky a administrativy u každého typu výrobku. Vycištění pracoviště a nové uspořádání dílny umožnilo pracovníkům rychleji a kvalitněji pracovat. Největší kladné hodnocení u zaměstnanců získala vizualizace procesu na tabuli. Určitá nezávislost na vedoucím výroby motivuje pracovníky k inovativním změnám v duchu Kaizen. S využitím cloudového úložiště jsou zaznamenávány změny v technologickém postupu, což zrychlilo proces opakované výroby. Žádné z výše zmiňovaných změn nevyžadovaly velké investiční náklady, přesto přinesly pozitivní výsledky. Po měsíčním zkušebním provozu bylo rozhodnuto vedením firmy o ukotvení nově navržených postupů mezi standardy firmy. V dalším kroku došlo ke schválení investice 300 000 Kč do doplňkového vybavení. Nová upínací technika spolu s externí měřicí stanicí umožnila další snížení přípravných časů. Předpokládaná návratnost vložených prostředků je 18 měsíců. Běžně se pohybuje mezi 35-40 měsíci.

Firma B je zaměřená na sériovou výrobu a nemá tak vysoké požadavky na rychlost procesu příjmu nových zakázek. Stěžejní je správné načasování a spuštění výroby. Úprava technologického postupu pro rychlejší přetypování výroby umožnila v kombinaci s metodologií JIT efektivní zavádění nových produktů do výroby. Časová úspora této změny je v rámci dnů. Analýza cyklu jedné výměny stroje ukázala, že ztráty způsobené nedokonalým postupem při upnutí a výměně obrobku jsou u sériové výroby oproti kusové zanedbatelné. Nastavení rychlosti obrábění pro maximální produktivitu místo maximální životnosti nástroje je jednou z nejdůležitějších změn vedoucí ke zvýšení průchodnosti procesu a pokrytí požadavků zákazníka na množství vyrobených dílů. Další stěžejní krok je investice do prostředků zamezujících tvorbu zmetku. Automatizace měření a hlídání kolizí a externí měření nástrojů jsou nedílnou součástí štíhlé sériové výroby. Při kusové výrobě firmy A není ekonomicky zajímavé programovat a automatizovat měření.

Tab. 3.11 srovnává a hodnotí významnost činností a postupů v obou firmách.

	<b>Firma A (kusová výroba)</b>	<b>Firma B (sériová výroba)</b>
Administrativní příprava	***	*
Strojní příprava	***	**
Rychlost při obrábění	*	***
Rychlost výměny obrobku	**	*
Automatizace měření	*	***
Externí měření nástrojů	***	***
Zpětná dokumentace procesu	***	***
Vizualizace procesu	***	***
Správa nástrojů	**	**
Standardizace postupů	***	***

Tabulka 3.11: Hodnocení významnosti činností

Zdroj: Vlastní tvorba

## 4 ZÁVĚR

V bakalářské práci „Návrh řízení výroby v rámci LEAN production“ jsem představil štíhlou výrobu jako moderní přístup k řízení podniku. Teoretická část měla za úkol seznámit s metodami řízení výroby a vysvětlit jejich podstatu. Kombinace jednotlivých metod pak byla implementována na vybrané firmy.

Kritický přístup při analýze podniků vedl k získání cenných dat pro následný návrh řízení. Důležité informace byly načerpány během konzultací procesu se zaměstnanci firem. Nově navrhované postupy byly před zavedením do praxe opakovaně konzultovány a po jejich ověření v praxi i standardizovány do podnikových směrnic.

Největšími přínosy této práce byly především sjednocení postupu příjmu zakázek a vizualizace procesu zadávání do výroby u firmy A. Firma B zvýšila svou konkurenceschopnost v doznívajícím období konjunktury díky efektivnímu procesu přetypování výroby a automatizování měřících cyklů. Krom ekonomických důsledků vedla tato práce i ke stmelení kolektivů a zvýšení čistoty a pořádku na pracovištích.

## 5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LIKER, Jeffrey K. Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce. Vyd. 1. Praha: Management press, 2007, 390 s. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [2] BAUER, Miroslav. A KOLEKTIV AUTOR. Kaizen: Cesta ke štíhlé a flexibilní firmě. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2012, 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [3] JIRÁSEK, Jaroslav. Štíhlá výroba. Vyd. 1. Praha: Grada, 1998, 199 s. ISBN 80-176-9394-4.
- [4] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. Štíhlý a inovativní podnik. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s. ISBN 80-868-5138-9.
- [5] Štíhlý podnik. Svět produktivity [online] 2019 [cit. 2019-4.20] Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-stihly-podnik.htm/>
- [6] Transport a manipulace Svět produktivity [online] 2015 [cit. 2019-4.20] Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-transport-a-manipulace.htm/>
- [7] Nástroje štíhlé výroby. [online] 2019 [cit. 2019-4-20] Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p>
- [8] 7+1 typů plýtvání ve výrobě. [online] 2019 [cit.2019-4-20] <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-plytvani.htm>
- [9] Just in Time (JIT) [online] 2019 [cit. 2019-3-21] Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/just-in-time>
- [10] Tažný a tlačný systém [online] 2019 [cit.2019-3-29] Dostupné z: <http://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/push-vs-pull-rozdil-vyrobnimi-systemy-push-a-pull/>
- [11] Jidoka, nástroje lean [online] 2019 [cit. 2019-4-29] Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Jidoka.htm>
- [12] Kaizen, nástroje lean [online] 2019 [cit. 2019-3-30] Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kaizen.htm>
- [13] Drum Buffer Rope metody [online] 2019 [cit. 2019-4-30] Dostupné z: <http://www.goldratt.cz/teorie-omezeni/drum-buffer-rope>
- [14] Drum Buffer Rope definice [online] 2019 [cit. 2019-3-15] Dostupné z: <http://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/dr-b-kriticky-pohled-na-goldrattovu-metodu-drum-buffer-rope/>
- [15] Štíhlá administrativa [online] 2019 [cit. 2019-3-15] Dostupné z: <https://www.escare.cz/balicky-sluzeb/stihla-administrativa/>
- [16] Academy of Productivity and Innovations [online] 2019 [2019-4-5] Dostupné z: <http://e-api.cz/>
- [17] 5S [online] 2019 [2019-4-5] Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/slovník-5S.htm>

## 6 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

### Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Tok nadprodukce [16].....	12
Obrázek 1.2: Čekání [16].....	12
Obrázek 1.3: Nadbytečné pohyby pracovníků [16].....	13
Obrázek 1.4: Nadbytečná produkce [16].....	13
Obrázek 1.5: Tvorba zmetků [16].....	14
Obrázek 1.6: Nevyužité schopnosti pracovníků [16] .....	14
Obrázek 1.7: Kaizen [12].....	15
Obrázek 1.8: Jidoka [11] .....	17
Obrázek 1.9: Schéma úzkého místa výroby .....	18
Obrázek 1.10: Metoda 5S .....	19
Obrázek 2.11: Postup zavedení poptávky do systému .....	22
Obrázek 2.12: Překlopení poptávky v objednávku s následnou výrobou .....	23
Obrázek 2.13: Původní rozvržení dílny a technologické kanceláře .....	24
Obrázek 2.14: Nový návrh haly.....	25

### Seznam grafů

Graf 1.1: Rozdělení procentuální časové náročnosti činností v podniku před zavedením štíhlé výroby .....	10
Graf 1.2: Rozložení procentuální časové náročnosti činností v podniku po zavedení štíhlé výroby .....	11
Graf 2.3: Časová náročnost činností stroje během jedné směny .....	26
Graf 2.4: Časová náročnost činností stroje během jedné směny při zkušebním provozu .....	27
Graf 2.5: Statistika výroby za 12 měsíců.....	29

### Seznam tabulek

Tabulka 1.1: Rozdíly v nastavení firem Toyota a Ford.....	9
Tabulka 1.2: Model problému s olejem.....	16
Tabulka 2.3: Základní údaje srovnávaných firem .....	20
Tabulka 2.4: Schéma funkcí a pracovních pozic.....	21
Tabulka 2.5: Vizualizace výroby, schéma informační tabule, pořadí a priority .....	23
Tabulka 2.6: Schéma funkcí a pracovních pozic.....	28
Tabulka 2.7: Možnosti výroby dílu XY a jejich průchodnost.....	30
Tabulka 2.8: Příčiny zmetkovitosti.....	31
Tabulka 2.9: Časová náročnost 1. cyklu stroje.....	32
Tabulka 2.10: Check-list .....	33
Tabulka 2.11: Hodnocení významnosti činností.....	35