

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

ÚSTAV MANAGEMENTU

Ing. Michal Medonos

**NÁVRH METODY MĚŘENÍ ÚROVNĚ ŠTÍHLOSTI
VÝROBNÍCH PROCESŮ**

**DESIGN OF A METHOD FOR MEASURING THE LEANNESS LEVEL OF
PRODUCTION PROCESSES**

Zkrácená verze PhD Thesis

Obor: Řízení a ekonomika podniku

Školitel: prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

Abstrakt

Dizertační práce se zabývá hledáním vhodné metody pro měření štihlosti výrobního procesu. V rámci literární rešerše je nastíněna historie vývoje přístupů k optimalizaci výrobních systémů. Dále je popsána metoda štíhlé výroby, je definován pojem štihlost výrobního procesu a také shrnuty současné přístupy a metody měření štihlosti výrobního procesu. V další části je představen vyvinutý ukazatel Lead Time Leanness Indicator jako návrh vhodného způsobu měření štihlosti výrobního procesu. V rámci primárního výzkumu jsou pomocí dotazníkového šetření získány potřebné podklady a data od výrobních podniků pro otestování využitelnosti tohoto ukazatele v praxi. Na základě vyhodnocení výsledků tohoto šetření jsou všechny stanovené hypotézy potvrzeny, a tudíž lze prohlásit, že definovaný ukazatel a jeho metoda jsou vhodným nástrojem pro měření štihlosti výrobního procesu. Dále je potvrzeno, že tento ukazatel lze využít pro stanovení cílů implementace metody štíhlé výroby a také pro vzájemné hodnocení a porovnávání efektivity výrobních procesů různých podniků mezi sebou. Další přínosem získaným z dotazníkového šetření je zmapování aktuálního stavu úrovně štihlosti výrobních procesů a intenzity využívání nástrojů štíhlé výroby ve výrobních podnicích nejen v České republice, ale také v zahraničí. V závěru práce je představena případová studie, která demonstruje využití tohoto ukazatele pro zjištění aktuálního stavu štihlosti výrobního procesu a definování potenciálů ke zlepšení na konkrétním výrobním podniku.

KLÍČOVÁ SLOVA

Výrobní systém, Štíhlá výroba, Měření štihlosti, Efektivita výrobního procesu, Lead Time Leanness Indicator

MÍSTO ULOŽENÍ PRÁCE

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta podnikatelská
Oddělení pro vědu a výzkum
Kolejní 2906/4
612 00 Brno

Knihovna FP VUT v Brně

Abstract

Focus of this dissertation thesis is to find suitable methodology for measuring the leanness of the production process. The history of approaches to the optimization of production systems is outlined in the literature search. Furthermore, the methodology of lean production is described, the concept of leanness of the production process is defined and also the current approaches and methods of measuring the leanness of the production process are summarized. The next section presents developed Lead Time Leanness Indicator as a proposal for a suitable way to measure the leanness of the production process. Within the primary research, the necessary data are obtained from production companies using a questionnaire survey to test the usability of this indicator in practice. Based on the evaluation of the results of this survey, all established hypotheses are confirmed, and it can be stated that the defined indicator and its methodology is a suitable tool for measuring the leanness of the production process. It is further confirmed that this indicator can be used to set goals for the implementation of the lean production methodology also for a mutual evaluation and comparison of the efficiency of production processes of different companies. Another benefit obtained from the questionnaire survey is the mapping of the current state of the level of leanness of production processes and the intensity of the use of lean production tools in production companies not only in the Czech Republic but also abroad. At the end of the work, a case study is presented, which demonstrates the use of the indicator to determine the current state of leanness of the production process and to define any potential for improvement in a particular manufacturing company.

KEY WORDS

Production system, Lean manufacturing, Leanness measurement, Production process efficiency, Lead Time Leanness Indicator

Obsah:

ÚVOD	7
1 CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE	8
1.1 Vymezení problému	8
1.2 Cíle výzkumu	8
2 TEORETICKÉ POZADÍ DIZERTAČNÍ PRÁCE	10
2.1 Výrobní systém – historický vývoj a moderní přístupy	10
2.1.1 Historie výrobních systémů	10
2.1.2 Současné přístupy k řízení výroby	10
2.1.3 Budoucnost řízení výroby – Průmysl 4.0.....	11
2.2 Filozofie štihlé výroby	11
2.2.1 Přínosy štihlé výroby pro podnik.....	11
2.2.2 Nástroje a metody štihlé výroby	12
2.2.3 Implementace štihlé výroby.....	12
2.2.4 Vztah štihlé výroby a Průmyslu 4.0.....	13
2.2.5 Vliv štihlé výroby na hospodářský růst státu.....	13
3 SOUČASNÝ STAV VĚDECKÉHO POZNÁNÍ V OBLASTI MĚŘENÍ ŠTÍHLosti VÝROBNÍHO PROCESU	15
3.1 Štihlost.....	15
3.2 Kvalitativní metody měření štihlé výroby.....	15
3.3 Kvantitativní metody měření štihlé výroby.....	15
3.3.1 Komplexní metody	16
3.3.2 Metody využívající pouze jednu metriku	16
3.3.3 Metody využívající výpočetně náročné algoritmy.....	16
3.4 Teorie front a matematický pohled na produkční systémy	16
4 VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY	17
4.1 Výzkumné otázky.....	17
4.2 Hypotézy	17
4.3 Očekávané přínosy	18
5 METODOLOGIE VÝZKUMU	19
5.1 Metodologie vědecké práce.....	19
5.2 Sekundární výzkum.....	19
5.3 Primární výzkum.....	19

5.3.1	Empirické metody	20
5.3.2	Logické metody	20
5.3.3	Využití vědeckých metod ve výzkumu.....	20
6	UKAZATEL ŠTÍHLosti LEAD TIME LEANNESS INDICATOR.....	22
6.1	Princip ukazatele štíhlosti LTLI.....	22
6.2	Výpočet ukazatele LTLI	23
6.2.1	Získání dat.....	23
6.3	Provázání nástrojů štíhlé výroby a LTLI	23
7	DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ.....	26
7.1	Dotazník	26
7.2	Výsledky výzkumu.....	26
7.2.1	Analýza struktury podniků.....	27
7.2.2	Analýza využívání nástrojů štíhlé výroby	27
7.2.3	Analýza štíhlosti pomocí ukazatele LTLI.....	29
7.3	Ověření hypotéz	29
7.3.1	Hypotéza H1	30
7.3.2	Hypotéza H2	30
7.3.3	Hypotéza H3	31
7.4	Diskuze k dotazníkovému šetření	31
7.4.1	Interpretace výsledků.....	31
7.4.2	Odpovědi na výzkumné otázky.....	33
7.4.3	Omezení výzkumu	34
7.4.4	Možnosti další výzkumné činnosti	34
8	PŘÍPADOVÁ STUDIE NA KONKRÉTNÍM PODNIKU.....	35
8.1	Představení firmy Hettich	35
8.2	Popis současného stavu.....	36
8.2.1	Zinková výroba v Hettichu ČR.....	36
8.2.2	Analýza výrobního procesu	37
8.3	Analýza úrovně štíhlosti výrobního procesu.....	38
8.3.1	Stanovení aktuální štíhlosti výrobního procesu pomocí LTLI	39
8.3.2	Využívání nástrojů štíhlé výroby v Hettichu ČR.....	39
8.4	Definování potenciálů ke zlepšení	39
8.4.1	Modifikovaná Value Stream Map.....	40
8.5	Závěr případové studie.....	40

9	PŘÍNOSY	41
9.1	Přínosy v oblasti teorie.....	41
9.2	Přínosy pro praxi	41
9.3	Přínosy pro pedagogiku.....	43
	ZÁVĚR	44
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	45
	ŽIVOTOPIS	48
	PUBLIKAČNÍ ČINNOST.....	50

ÚVOD

Ekonomiky moderních států jsou propojeny v jediný světový trh. Výrobní podniky nemohou spoléhat na svou lokální přítomnost a z ní plynoucí konkurenční výhodu. Jednotliví výrobci jsou svými zákazníky porovnáváni a srovnáváni na globální úrovni, kde panuje tzv. hyper-konkurence (D'Aveni, 1994). V tomto srovnání uspěje pouze ten, kdo dosahuje excelentních výsledků. Úspěch u zákazníků vyžaduje mít dobře nastavené podnikové procesy.

Jedním z klíčových procesů je výroba. Správně fungující výrobní systém je samozřejmost, ale systém, který dokáže maximalizovat svou efektivitu, je často tím atributem, který rozhoduje v těžkých konkurenčních bojích. Štíhlá výroba je jedním z možných přístupů k optimalizaci výrobních procesů. Výsledky, kterých dosahují podniky, které tuto metodu úspěšně zavedly, jsou příčinou enormního zájmu o tuto metodu. Tento fakt je dále podložen dominantním zájmem akademiků z oblasti operačního výzkumu (Voss, 1995; Shah a Ward, 2003).

I přes velký celosvětový zájem o tuto tematiku existuje několik oblastí, které nejsou dostatečně popsány a vysvětleny. Jednoduchý návod nebo postup, jak zavést principy a nástroje štíhlé výroby, neexistuje. I proto mnoho podniků při zavádění štíhlé výroby selhalo nebo nedokázalo vytěžit maximum z potenciálu této metody. Pro úspěšnou implementaci jakéhokoliv nového systému je důležitá schopnost měřit pokrok v rámci procesu zavádění a přínosy, které nové metody přinesly. Pro oblast štíhlé výroby se používá pojem měření štíhlosti výrobního systému. Z pohledu autora ale pojem štíhlost nepředstavuje pouze měření přínosů nasazení nástrojů štíhlé výroby, ale obecně je tento pojem chápán jako měřítko efektivnosti procesu přeměny vstupů na výstupy. Tento proces může obsahovat mnoho neefektivních činností a jejich eliminace je cílem optimalizačních metod výrobních procesů.

Cílem této dizertační práce je představení způsobu měření efektivity výrobních procesů, tedy jejich štíhlosti. Je navržen ukazatel, jehož hodnota kvantifikuje na základě objektivních dat z výroby její štíhlost. Za pomoci dotazníkového šetření je tento ukazatel testován na vybraném vzorku výrobních podniků a podroben srovnání s úrovní zavedení nástrojů štíhlé výroby. Dále je představena případová studie na konkrétním podniku, kde je za pomoci navrženého ukazatele analyzována štíhlost vybraného výrobního procesu. Získané výsledky jsou konfrontovány s detailní analýzou fungování měřeného výrobního procesu. Na základě této analýzy je následně proveden návrh budoucí optimalizace výrobního procesu k budoucímu zvýšení štíhlosti tohoto procesu.

1 CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE

Jelikož problematika štihlé výroby a měření štihlosti v praxi výrobních podniků je velmi komplexní téma, je nutné jasně omezit a vydefinovat cíle výzkumu.

1.1 Vymezení problému

Uběhlo více než třicet let od doby, kdy se západní země začaly učit od Japonska metody štihlé výroby, přesto je úroveň úspěšného zavedení stále velmi nízká (Chay a kol., 2015). Jadhav s týmem (2014) dokonce uvádí následující: „*Výzkum mezi praktiky ukázal, že pouze 30 % změn je úspěšných, zatímco 70 % se vrátí do původního stavu*“.

Velký vliv na úspěšnost má i měření štihlosti výrobního procesu v průběhu procesu zavádění štihlé výroby. Pokud podnik tuto vlastnost výrobního procesu neměří, pak může docházet k ztroskotání těchto aktivit nebo nenaplnění očekávání od této metody (Bidhendi a kol., 2019).

Na druhou stranu ale existuje i dost podniků, které se svou implementací úspěšly. Zavedení štihlé výroby jim přineslo výrazné zefektivnění procesů, s tím i ekonomické efekty a díky tomu se mohou řadit mezi štihlé podniky. Toyota je průkopníkem této metodiky a světově nejproslulejší štihlý podnik a je často prezentována jako vzor pro všechny ostatní. Ale v dnešní době snad již všechny výrobce automobilů, a i mnohé z jejich dodavatelů, můžeme řadit do této elitní skupiny. Letecký a elektronický průmysl nezustávají pozadu, následovány dalšími průmyslovými odvětvími. Z toho tedy přirozeně vyplývá otázka, proč někteří uspějí a jiní ne? A jakým způsobem lze tuto úspěšnost zvýšit?

1.2 Cíle výzkumu

Cílem výzkumu je nalézt takové řešení, které bude předchozímu negativnímu scénáři předcházet a pomůže předejít situacím, kdy nedojde k úspěšné implementaci štihlé výroby. Předpokládá se, že při existenci jasně definovaného a měřitelného cíle roste úspěšnost naplnění tohoto cíle. Pak zůstává otázkou, jestli existuje taková metrika, která by dokázala popsat úroveň štihlosti podniku, a mohla tak definovat cílovou úroveň, díky níž by bylo možné zefektivnit proces implementace štihlé výroby. Výpočet této metriky by měl splňovat několik požadavků:

1. Měl by vycházet z objektivních dat - tedy z veličin, představujících určitou měřitelnou hodnotu jednoduše vypovídající o stavu podniku.
2. Neměl by zahrnovat subjektivní hodnocení, která mohou být zkreslena různými faktory - pak by nebyla zaručena opakovatelnost tohoto měření a jeho nezávislost na lidském úsudku.
3. Výpočet by měl být jednoduchý - preferovanou variantou je tedy jeden ukazatel před složitější soustavou ukazatelů. Tato podmínka vychází hlavně z požadavku na operativní využití ukazatele pro každodenní práci.
4. Měl by být spočitatelný z rychle dostupných a aktuálních podnikových dat - ukazatele vycházející z historických, případně účetních dat nedokážou definovat aktuální stav procesu a budou obsahovat nežádoucí zpoždění.

U ukazatele, který by splňoval takové požadavky, se dá předpokládat, že jeho využívání by mohlo výrazně pomáhat při procesech implementace štihlé výroby ve

výrobních podnicích, ale také v každodenním měření a sledování efektivnosti výrobního procesu. Způsobů měření štíhlosti podniku bylo vytvořeno již více, ale v době psaní této práce neexistoval takový, který by byl všeobecně uznávaný a používaný v praxi.

Jako důkaz využitelnosti takového nástroje v praxi bude představeno jeho možné využití k analýze konkrétního výrobního procesu. Bude popsán způsob jeho použití v praxi a způsob nakládání se získanými výsledky. Na jejich základě bude navržen budoucí postup, jak přistoupit k optimalizaci výrobního procesu s cílem zvýšit jeho efektivnost, tedy štíhlost.

2 TEORETICKÉ POZADÍ DIZERTAČNÍ PRÁCE

Oblast, které se věnuje tato dizertační práce, jsou výrobní podniky a aplikace štihlé výroby ve výrobních procesech.

2.1 Výrobní systém – historický vývoj a moderní přístupy

Obecně lze výrobní systém definovat jako soubor technických prostředků obsluhovaných lidmi, který je řízen na základě metod, postupů a principů s cílem přetvářet vstupy na výstupy, a naplnit tak vize a strategie firmy. Askin a Goldberg (2007) definují výrobní systém jako „*soubor zdrojů a postupů přetvářející suroviny na výrobky*“. Výrobní systémy v tomto pojetí začaly vznikat na přelomu 19. a 20. století. Od té doby prošly několika vývojovými etapami a nyní existuje více způsobů, jak přistupovat k řízení výroby.

2.1.1 Historie výrobních systémů

První princip řízení výroby se vlastně ani nedá nazývat systémem. Jedná se o řemeslnou výrobu, kdy se produkt vytvářel na základě přání zákazníka a s vysokými náklady (Hu, 2013). S revoluční změnou přišel Henry Ford v roce 1913, kdy jako první zavedl pohyblivou montážní linku. Tento mechanismus otočil dosavadní praxi, kdy se operátoři přesouvali od jednoho výrobku k druhému, k systému, kdy se výrobky přesouvaly od operace k operaci. To umožnilo specializaci činností, která výrazně zvýšila produktivitu práce a snížila náklady na montáž. V této době také přišel Fredrick Taylor (1911) s vědeckým řízením výroby. Byla to jedna z prvních snah o zlepšení efektivity výroby, převážně ve formě zvyšování produktivity práce. Hlavní nevýhodou masové výroby byla nezbytná malá variabilita produktů. To způsobovalo, že požadavky zákazníků nebyly uvažovány a výrobce diktoval, co bude na trh uváděno a co si zákazníci koupí.

Odpovědí na tyto nedostatky byla štihlá výroba. Tento produkční systém vznikl v Japonsku, které v 70. a 80. letech začalo na světových trzích dosahovat se svými produkty lepšími výsledky než západní podniky. Principy štihlé výroby byly poprvé popsány v knize "The machine that changed the world" (Womack a kol., 1990). V této knize autoři vychází z produkčního systému Toyota, který se zaměřuje na maximalizaci tvorby hodnoty pro zákazníka a minimalizaci plýtvání.

2.1.2 Současné přístupy k řízení výroby

Současné systémy řízení výroby lze dělit do dvou základních skupin. Jsou to systémy založené na principu tlaku a systémy založené na principu tahu. Venkatesh (1996) uvádí: „*V systému tlaku je předchozí operace provedena bez požadavku následující operace, zatímco v systému tahu může být předchozí operace vykonána až na základě obdržení požadavku následující operace.*“ Dle Goddard a Brooks (1984) „*tlak znamená provedení akce na základě potřeby, tah provedení akce na základě požadavku*“. Britské standardy (BS 5192, 1993) uvádí, že „*systém tlaku je takový systém, kdy objednávky jsou vystaveny podle specifických termínů dodání vzniklých na základě očekávané doby výroby*“. Systém tahu je naopak takový systém, který udržuje stabilní hladinu zásob pro jednotlivé položky a objednávky jsou vystaveny pro okamžité doplnění ve chvíli, kdy je některá z položek odebrána ze skladu. Mezi základní představitelé tlakových systémů patří MRP (Material

Requirements Planning). Mezi tahové systémy je nejčastěji uváděna štíhlá výroba a nástroje, které jsou využívány, například systém JIT (Just-In-Time), kanban a další (Tardif a Maaseidvaag, 2001). Existují i systémy, které mixují oba přístupy. Sem je přiřazován systém TOC (Theory Of Constraints). Nicméně v moderní praxi jsou nejčastěji aplikovány tzv. hybridní systémy založené na kombinaci jak tlakových, tak tahových systémů (Bonney a kol., 1999).

2.1.3 Budoucnost řízení výroby – Průmysl 4.0

Výrazný pokrok v oblasti IT technologií a digitalizace se promítá i do oblasti organizace a řízení výrobních procesů. Tyto rozšířené možnosti a nástroje daly za vznik nové koncepci směřující k vytvoření chytrých továren. Často se o této koncepci mluví jako o čtvrté průmyslové revoluci neboli digitální revoluci. „*Ta je na jedné straně tažena vývojem potřeb zákazníků a na straně druhé tlačena technologickými změnami*“ (Lasi a kol., 2014). Na straně zákazníků se jedná především o krátké inovativní a vývojové cykly, vysokou individualizaci produktů dle přání zákazníka, velké požadavky na flexibilitu (hlavně ve výrobě), decentralizace v organizačních hierarchiích kvůli rychlé reakci a efektivní nakládání se zdroji (ekonomický, ale také ekologický vliv). Z pohledu technologických změn se jedná hlavně o tlak na zvyšování mechanizace a automatizace ve výrobě, digitalizace a komunikace (tedy propojení všech součástí výroby a využití získaných dat pro její optimalizaci) a miniaturizace.

2.2 Filozofie štíhlé výroby

Pojem štíhlá výroba poprvé použil autor Krafcik v roce 1988 jako popis systému používaného firmou Toyota. „Pojem "štíhlý" byl použit z důvodu vyjádření podstaty, že tento produkční systém vyžaduje mnohem méně zdrojů než běžné systémy“ (Samuel a kol., 2015). Tento systém začal vznikat v 50. letech a jako tvůrce je označován Taiichi Ohno. K velkému rozšíření přispěli autoři Womack a Jones. Ti ve své knize "The Machine That Changed The World" (1990) poprvé detailně popsali principy výrobního systému, který vytvořila Toyota. Výsledky, kterých dosáhla, jsou připisovány právě jejímu produkčnímu systému. „Ten je založen na principu minimalizace všech forem plýtvání pro zajištění plynulého toku přidané hodnoty pro zákazníka“ (Samuel a kol., 2015).

Štíhlá výroba a její nástroje mají ale také svá omezení, a ne vždy je vhodná jejich implementace. Například Stevenson s kolektivem (2005) uvádí, že „předpoklady pro efektivní zavedení tohoto systému jsou kontinuální tok nebo velké dávky, omezené množství produktů, málo přeseřizování a nízká variabilita poptávky“. Plenert (1999) dodává, že „JIT není vhodné řešení pro výrobu typu "job shop"“.

2.2.1 Přínosy štíhlé výroby pro podnik

Hlavní tři oblasti, ve kterých štíhlá výroba přispívá ke zlepšení, jsou dodávky zákazníkům (kratší dodací doby, lepší termínové plnění apod.), kvalita (snižování spotřeby materiálu a zmetkovitosti, snižování počtu reklamací apod.) a náklady (lepší využití strojového parku a plochy, vyšší produktivita apod.). Například Gröbner uvádí, že „*štíhlá výroba zvyšuje produktivitu o 25 %*“ (Gröbner, 2007).

2.2.2 Nástroje a metody štihlé výroby

Jak bylo uvedeno výše, základní principy štihlé výroby vychází z výrobního systému Toyoty. Ten byl zaměřen na minimalizaci plýtvání. „Plýtvání je vše, co zvyšuje náklady a nepřidává hodnotu zákazníkovi“ (Tuček a Dlabač, 2012). V Toyotě vydefinovali sedm základních druhů plýtvání (Liker, 2004):

1. Zbytečná doprava
2. Nadměrné zásoby
3. Nepotřebný pohyb
4. Čekání (disponibilní čas)
5. Nadvýroba
6. Nekvalita
7. Nadbytečné opracování

Principem štihlé výroby je pomocí rozličných nástrojů tyto druhy plýtvání identifikovat, případně kvantifikovat a následně se je pomocí dalších nástrojů snažit eliminovat nebo alespoň minimalizovat.

K eliminaci a snižování plýtvání ve výrobě se využívají rozličné nástroje a metody. Výčet těch nejčastějších nástrojů seřazených podle četnosti výskytu ve vědeckých článcích ve svém článku uvedli autoři Bhamu a Sangwan (2014). Jejich žebříček je následující (Bhamu a Sangwan, 2014):

1. VSM (Value Stream Mapping) - mapování hodnotového řetězce
2. Kanban/Systém tahu
3. JIT (Just-In-Time)
4. TPM (Total Productive Maintenance) - totálně produktivní údržba
5. 5S - pořádek a organizace pracoviště
6. Buňková výroba
7. Neustálé zlepšování
8. TQM (Total Quality Management) - komplexní systém kvality
9. Kaizen - systém drobných zlepšení
10. SMED (Single Minute Exchange of Die) - rychlé přeseřizování strojů
11. Multifunkční týmy/zapojení zaměstnanců
12. Vyrovnaná výroba (Heijunka)
13. Vizualní kontrola
14. Vztahy s dodavateli
15. Poka Yoke (Chybu-vzdorné operace)
16. Standardizovaná práce
17. Simulace
18. Automatizace a další

2.2.3 Implementace štihlé výroby

Cíle implementace štihlé výroby mohou být především tyto:

1. Redukovat náklady
2. Zkrátit dobu výroby
3. Vyvážit výrobní plánování
4. Zvýšit kvalitu
5. Odstranit plýtvání

6. Zvýšit produktivitu
7. Maximalizovat využití kapacit
8. Minimalizovat zásoby
9. Zvýšit flexibilitu
10. Zajistit větší různorodost produktů pro zákazníky
11. Integrovat vývoj produktu
12. Integrovat dodavatelské řetězce

„Existuje velké množství přístupů k implementaci a každý se určitým způsobem odlišuje a zaměřuje se na jiný nástroj, praxi nebo oblast“ (Bhamu a Sangwan, 2014). Zatím neexistuje taková metodika, která by byla jednomyslně přijata jako funkční a která by mohla sloužit jako univerzální návod na úspěšnou implementaci štihlé výroby.

2.2.4 Vztah štihlé výroby a Průmyslu 4.0

Závěry studií, které do této doby byly realizovány, jsou takové, že v současné době nemůže Průmysl 4.0 nahradit štihlou výrobu. Při vhodném začlenění může ale umocnit pozitivní efekty štihlé výroby na výkonnost podniku. Na tuto skutečnost upozornil Leyh s kolektivem (2017), kdy uvádí, že „*štihlá výroba není příliš zmiňována ve spojitosti s modely Průmyslu 4.0, i když je jasné, že musí být základem pro jeho implementaci*“. Rosin s kolektivem (2020) doplňuje, že „*mezi autory převažují dva pohledy na tento vztah, první skupina tvrdí, že štihlá výroba je nezbytný předpoklad pro zavádění Průmyslu 4.0 a druhá skupina míní, že Průmysl 4.0 zlepšuje efektivnost štihlé výroby*“. Podle Kolberga a Zühlke (2015) může být implementace Průmyslu 4.0 do štihlého produkčního systému méně riziková z pohledu případného neúspěchu. Jedná se o to, že zavádění štihlé výroby samo o sobě vyžaduje velké zásahy do systému a změny v přístupu zaměstnanců. Pokud si podnik takovou změnou úspěšně projde, tak lze očekávat, že je jeho systém připraven absorbovat nové principy a zaměstnanci jsou zvyklí na zásadní změny. Také se nesmí opomenout důležitý fakt, na který poukazuje Sanders s kolektivem (2016), že riziko zavádění Průmyslu 4.0 souvisí i s výrazným objemem potřebných investic do nových technologií. Z těchto důvodů Rosin s kolektivem (2020) doporučuje, vzhledem k nejistému efektu zavádění Průmyslu 4.0 na výkonnost podniku, zavedení a měření vhodných ukazatelů měřících přínos této iniciativy pro podniky v průběhu tohoto procesu.

2.2.5 Vliv štihlé výroby na hospodářský růst státu

Má-li štihlá výroba pozitivní vliv na výkon podniku, pak by měla mít pozitivní vliv i na celé hospodářství státu. Hospodářský růst souvisí kromě právního a společenského systému daného státu hlavně s rozvojem technologie a akumulace kapitálu. Současná vybavenost technologiemi a otevřenost dnešních trhů způsobuje, že nestačí mít pouze technologie a zdroje, ale je potřeba k nim mít i odpovídající organizaci. Například Menard (1996) uvedl, že produkční funkce by měla mít tři vstupy: kapitál, práci a organizační schopnosti.

Z toho vyplývá, že organizační struktura a organizace výroby jako takové může mít velký vliv na růst jak podniku, tak v makroekonomickém pohledu na hospodářský růst celé země, jsou-li organizační změny prováděny plošně. „*Obecně jsou organizační inovace spojeny s produkčními systémy a mají důležitou roli v hospodářském růstu*“ (Sanidas, 2002). Štihlá výroba je jednou z těchto organizačních změn v podnicích, která získala na globální oblibě a prosazuje se v managementu podniků po celém světě.

Z empirického výzkumu autorů Sanidas a Shin (2017) vyplývá tvrzení, že státy, které mají nižší hladinu zásob, vykazují vyšší hospodářský růst.

3 SOUČASNÝ STAV VĚDECKÉHO POZNÁNÍ V OBLASTI MĚŘENÍ ŠTÍHLOSTI VÝROBNÍHO PROCESU

Měření výkonnosti systému nebo procesu je jednou z klíčových manažerských činností. Pokud této oblasti není věnována dostatečná pozornost, je velmi obtížné zjistit aktuální stav, historický vývoj, případně budoucí potenciály produkčního systému, a tudíž dělat správná rozhodnutí.

3.1 Štíhlost

Aby bylo možné měřit štíhlou výrobu, je důležité nejdříve vydefinovat pojem "štíhlost". Autoři Wan a Chen (2008) definují štíhlost jako „úroveň výkonnosti hodnotového toku ve srovnání s ideálním stavem“. Anvari s kolektivem (2013) uvádí, že „doba výroby je klíčové měřítko štíhlosti“. Z našeho pohledu je štíhlost úroveň efektivity výrobního procesu. Na tuto efektivitu lze nahlížet z různých pohledů, ale jako jedno z velmi důležitých měřítek efektivity, a potažmo štíhlosti, uvažujeme dobu výroby.

Důležitou vlastností štíhlosti je její měřitelnost. „*Ta je daná porovnáním současného stavu systému s nejlepším možným stavem, případně s nejhorším možným stavem*“ (Anvari a kol., 2013). Problematika měření štíhlé výroby zůstává stále otevřená a plno autorů tvrdí, že ještě nebyl objeven vhodný způsob měření (např. Tayaksi a kol. 2020).

Metody měření štíhlosti výrobního procesu se dají rozdělit do dvou základních oblastí podle způsobu získávání potřebných informací a dat pro vyhodnocení výsledku. Jedná se o kvalitativní metody založené nejčastěji na dotazníkovém sběru dat a kvantitativní metody založené na výpočtu (Cocca a kol., 2019).

3.2 Kvalitativní metody měření štíhlé výroby

Kvalitativní metody jsou většinou postaveny na subjektivním způsobu získávání dat o aktuální situaci ve výrobním procesu a mezi autory vědeckých článků jsou populárnější. Dle Cocca s kolektivem (2019) je 68 % metod postaveno na základě určité formy průzkumu. Pro kvalitativní měření úrovně štíhlosti se nejčastěji používají různé formy dotazníků (Wan a Chen. 2008). Mezi zástupce kvalitativních metod se řadí metoda LESAT (Lean Enterprise Self-Assessment tool), metoda PMQ (Performance Measurement Questionnaire), WCM (World Class Manufacturing), Model excellence EFQM (European Foundation for Quality Management), a další. Dále také existují kombinované metody založené na dotazníkovém šetření, ale využívající i kvantitativní přístupy.

3.3 Kvantitativní metody měření štíhlé výroby

Tyto metody využívají objektivní data o výrobním procesu. Základním zdrojem těchto dat je informační systém podniku, ale často se využívají i finanční výkazy a další zdroje. Velmi často se v těchto metodách využívají poměrové ukazatele, které se také nazývají KPI (Key Performance Indicator – klíčový ukazatel výkonnosti). Tyto metody se dále dělí na komplexní přístupy využívající soustavu ukazatelů pro hodnocení výkonnosti všech klíčových podnikových procesů, nebo na přístupy využívající pro hodnocení pouze jednu metriku.

3.3.1 Komplexní metody

Komplexní metody představují takové metody, které analyzují a měří podnik jako celek, tedy všechny jeho oblasti a procesy. Mezi tyto metody patří hlavně BSC (Balanced Scorecard), SMART (Strategic Measurement Analysis and Reporting Technique), PMIS (Performance Measurement and Improvement System) a další.

3.3.2 Metody využívající pouze jednu metriku

Druhou skupinou jsou přístupy využívající pouze jednoho ukazatele, který dokáže vhodným způsobem kvantifikovat úroveň štiřlosti. Základním takovým ukazatelem, ze kterého vychází i metoda popisovaná v této dizertační práci, je MCE (Manufacturing Cycle Efficiency index) a jeho modifikace od Fogartyho (1992) VAE (Value Added Efficiency index). Dále například Swamidass (2007) použil poměr celkový podnikových zásob k celkovým prodejm podniku k zhodnocení dlouhodobého vývoje amerických výrobních firem.

3.3.3 Metody využívající výpočetně náročné algoritmy

Poslední skupinou jsou metody využívající výpočetní systémy. Často jsou pro měření využívány simulační modely (např. Detty a Yingling, 2000). Zde jsou použity specializované počítačové programy, které umožňují vytvářet modely výrobních systémů a na nich pomocí počítačové simulace hodnotit různé podoby organizace pomocí nastavení různých parametrů a uspořádání výrobního procesu. Další možností spadající do této skupiny je využití metody DEA (Data Envelopment Analysis), např. Wan a Chen (2008).

3.4 Teorie front a matematický pohled na produkční systémy

Pro účely měření a také optimalizaci výrobních procesů je důležitý matematický pohled na produkční systémy. Tento pohled umožňuje matematické vyjádření vazeb a zákonitostí uvnitř systému. Díky tomu pak lze analyzovat výrobní proces pomocí objektivních údajů a dat, a tudíž kvantifikovat rozličné parametry a jejich vazby na různé ukazatele. Také se pak dají predikovat dopady různých změn a zásahů do organizace výrobního systému. Tím lze odhadnout vliv na sledované ukazatele, nebo v ideálním případě najít optimální nastavení výrobního systému z pohledu nejlepších požadovaných hodnot měřených ukazatelů.

Produkční systém je speciální formou systému hromadné obsluhy. Obsluhou požadavků se zde rozumí zpracování vstupního materiálu na jednotlivých pracovištích. Základním příznakem systémů hromadné obsluhy je tvorba front neboli zásob. Cílem modelů hromadné obsluhy je pak hledání optimálního nastavení tak, aby byly fronty minimalizovány. Pro tuto optimalizaci je velmi zásadní vztah, který se nazývá Littlův zákon, který dokazuje, že existuje přímá úměra mezi množstvím požadavků v systému a dobou strávenou jednotlivými požadavky v něm. Jinak řečeno, čím více požadavků se v systému nachází, tím delší bude doba strávená požadavkem v něm, než bude obslužen a systém opustí.

4 VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY

Rešerše literatury odhalila, že tématem měření štihlosti výrobního procesu se za posledních 30 let zabývalo více autorů. V porovnání s ostatními oblastmi štihlé výroby se ale i tak jedná o minoritní oblast zájmu akademiků. Dále bylo zjištěno, že v rámci metod měření štihlosti převažují kvalitativní metody postavené na dotazníkovém šetření a využívající subjektivní hodnocení respondentů. V případě využití kvantitativních metod se jedná často o přístupy kombinující kvalitativní a kvantitativní metody, nebo výpočetně náročné metody. Výpočetně jednoduché a rychlé metody se v odborné literatuře vyskytují velmi zřídka. To vše přináší vysokou míru komplexnosti a určité míry nedůvěry, která brání hromadnějšímu proniknutí metod měření štihlosti do praxe.

4.1 Výzkumné otázky

Na základě rešerše literatury byly vydefinovány následující výzkumné otázky, na které byla v průběhu vědeckého bádání hledána odpověď:

Výzkumná otázka č. 1 (VO1):

Lze měřit štihlost výrobního procesu?

Výzkumná otázka č. 2 (VO2):

Jaká je aktuální úroveň štihlosti výrobních podniků?

Výzkumná otázka č.3 (VO3):

Lze měřením štihlosti výrobního procesu přispět k lepším výsledkům při implementaci štihlé výroby?

4.2 Hypotézy

Pro dosažení výše uvedených cílů a odpovědí na definované výzkumné otázky byly stanoveny hypotézy, jejichž potvrzení, případně vyvrácení, je cílem této dizertační práce. První hypotéza definuje cíl nalezení jednoduchého ukazatele splňujícího veškeré výše uvedené požadavky, který by byl schopen měřit úroveň štihlosti výrobního procesu.

H1: Existuje metrika, která dokáže určit úroveň štihlosti výrobního procesu z aktuálních podnikových dat vycházející z doby výroby.

Druhá hypotéza se zaměřuje na fakt, že hodnota vycházející z tohoto ukazatele může být využita jako definice cíle procesu implementace štihlé výroby. A dále že hodnoty získané tímto výpočtem mohou sloužit pro sledování vývoje procesu implementace a k ověření, že zavedené principy směřují k dosažení cíle.

H2: Existuje metrika, jejíž hodnota se dá použít pro stanovení cíle implementace štihlé výroby a k měření rozvoje procesu zvyšování přidané hodnoty.

Poslední hypotéza reprezentuje cíl, aby nalezený výpočet byl nezávislý na průmyslovém odvětví nebo na specifikách určitého podniku a jeho výrobního procesu. Tím by bylo dosaženo univerzálnosti využití ukazatele pro porovnávání různých výrobních podniků mezi sebou a podniky s nejvyšší dosaženou úrovní štihlosti by mohly sloužit jako benchmark pro ostatní podniky.

H3: Existuje metrika měření štihlosti podniku, která dokáže mezi sebou porovnávat různé výrobní podniky z různých odvětví podle dosažené úrovně štihlosti výroby.

4.3 Očekávané přínosy

Základním očekávaným přínosem je rozšíření současného vědeckého poznání ohledně problematiky štihlé výroby. Vědecká obec se stále intenzivně věnuje tomuto tématu a přichází s novými objevy, hypotézami a výzkumy. Oblast měření štihlosti podniku je z pohledu vědeckého bádání zanedbávána a je zde zajímavý prostor pro nalezení a ověření nových poznatků. Funkční ukazatel se pak může dále zakomponovat do různých metodik, postupů a principů zavádění štihlé výroby a stát se tak součástí vyššího celku, který může být předmětem dalšího výzkumu, případně se může stát komplexním návodem pro použití v praxi reálných podniků.

Z pohledu využití v praxi může takový ukazatel v první řadě sloužit k objektivnímu zhodnocení aktuální situace v podniku. Tedy stanovit úroveň štihlosti výrobního procesu. Ta může sloužit jako součást komplexnějšího hodnocení výkonnosti podniku nebo jako metrika sloužící pro rozhodování o dalších krocích managementu v oblasti optimalizace výrobního procesu. Tedy jestli uvažovat o zavádění nástrojů štihlé výroby nebo ne, respektive zhodnotit naléhavost potřeby realizovat změny ve výrobním procesu. V optimální situaci bude ukazatel také schopen porovnat různé podniky mezi sebou. Bude tedy možné stanovit úroveň štihlosti podniků, které jsou nejvíce pokročilé při zavádění štihlé výroby, jejich výsledky ustanovit jako určitý benchmark a s těmi porovnávat ty ostatní. Dále může ukazatel sloužit jako zhodnocení potenciálního přínosu zavádění této metody, pomoci při rozhodování o výši nákladů, které budou alokovány na implementaci, a také jako zhodnocení dosavadních přínosů a výsledků předešlých aktivit v rámci implementace změn. Ukazatel by měl být také schopen vyhodnotit přínosy jednotlivých nástrojů a metod ke zvyšování štihlosti podniku, a tudíž přiřadit priority při vytváření harmonogramu implementace změn, na které by se měli zaměřit manažeři při snahách o optimalizaci svých produkčních systémů. To vše by mělo napomoci při projektech implementace štihlé výroby tak, aby tyto projekty byly úspěšné a přinesly očekávané benefity.

5 METODOLOGIE VÝZKUMU

5.1 Metodologie vědecké práce

Věda je velmi obecný a komplexní pojem. Je součástí mnoha dalších disciplín a její kořeny pochází z filosofie. Neexistuje tudíž jednoznačná obecně uznávaná definice vědy. „*Hlavním cílem vědy je vytvořit množinu ověřených poznatků o určitém subjektu, které umožňují vysvětlit, předpovídat a pochopit empirické jevy, které nás zajímají*“ (Chava a David, 1996). Dle Molnára s kolektivem (2012) jsou jádrem „standardního modelu“ vědy následující body:

- Výzkumné otázky, na které hledá vědec odpověď
- Hypotézy, kterými si vytváří myšlenkové předpoklady o možných odpovědích na tyto otázky
- Metody vědeckého zkoumání, kterými potvrzuje nebo vyvrací tyto odpovědi
- Teorie a zákony, kterými zobecňuje výsledky svého zkoumání

V rámci vědeckého zkoumání je důležitý způsob, jakým jej realizujeme. Definicemi těchto postupů se zabývá metodologie a jednotlivé způsoby nazýváme metodami. Podle toho, z jakých zdrojů se získávají informace, jsou rozlišovány dva základní typy výzkumu, a to primární a sekundární. Jaký typ dat je sbírán a jak je s nimi pracováno rozlišuje výzkumy na kvantitativní a kvalitativní.

5.2 Sekundární výzkum

V rámci sekundárního výzkumu jsou zdrojem informací již publikované výzkumy a data. Jejich sběr a zpracování provedli jiní autoři v rámci jejich vlastního bádání. Tyto zdroje dat jsou relativně dostupné, a tudíž se dá rychle dojít k požadované informaci. Tento výzkum je důležitý hlavně z pohledu základní orientace v dané problematice a získání povědomí o aktuálním stavu vědeckého poznání v oblasti zkoumání. Je to základní stavební kámen, na kterém by měl být postaven vlastní vědecký výzkum.

V rámci dizertační práce byl sekundární výzkum použit pro sestavení aktuálního vědeckého stavu poznání v oblasti štihlé výroby, štihlosti a měření štihlosti. Ten sloužil jako základ k vytvoření teoretické části práce a také jako východisko pro hledání vhodného způsobu měření štihlosti výrobního procesu. Byly použity přední elektronické vědecké databáze (EBSCO, Emerald, IEEE, ProQuest, Science Direct, Taylor & Francis, a další) obsahující odborné články z časopisů zaměřujících se na optimalizaci výrobních procesů. Hledaná klíčová slova byla: "štihlá výroba", "implementace štihlé výroby", "štihlost podniku", "měření štihlosti podniku", "měření štihlé výroby" a další.

5.3 Primární výzkum

Primární výzkum slouží ke sběru dat a jejich zpracování takovým způsobem, aby bylo možné rozhodnout o pravdivosti definovaných hypotéz. Existuje více metod, jak k primárnímu výzkumu přistoupit. Tyto metody rozdělujeme podle několika hledisek. Podle způsobu získání dat rozdělujeme empirické metody a logické metody.

5.3.1 Empirické metody

Empirické metody jsou založeny na bezprostředním živém obrazu reality. Do nich se zahrnují takové metody, v nichž se odraz jevů uskutečňuje prostřednictvím smyslových počitků a vjemů zdokonalovaných úrovní techniky (Molnár a kol., 2012). Tyto metody dále rozdělujeme na kvantitativní a kvalitativní výzkum.

Kvantitativní výzkum spočívá v analýze dat, která mohou být získána buď přímým pozorováním nebo dotazováním (Molnár a kol., 2012). Jeho cílem je nejčastěji potvrzení nebo vyvrácení hypotéz. Metody, které sem spadají, spočívají ve vhodném způsobu sběru potřebných dat a dále postupy jejich zpracování. Při tomto typu výzkumu se hojně využívá matematický a statistický aparát. Pro získání potřebných dat pro výzkum štihlosti výrobního procesu a pro ověření definovaných hypotéz byly použity následující metody z oblasti kvantitativního výzkumu: dotazník a pozorování.

„Cílem kvalitativního výzkumu je vytváření nových hypotéz“ (Disman, 2002). „Jedná se o proces hledání, kdy jeho cílem je nové porozumění, respektive nová teorie“ (Molnár a kol., 2012). Tento typ výzkumu není postaven primárně na využívání matematických a statistických metod. Slouží ke generování nových myšlenek, hledání principů, jak svět funguje a jak lidé myslí. V rámci výzkumu byly použity následující metody kvalitativního výzkumu: pozorování, rozhovor a případová studie.

5.3.2 Logické metody

Logické metody představují metody zpracování informací a zahrnují množinu metod využívající principy logiky a logického myšlení. Patří sem trojice párových metod: abstrakce – konkretizace, analýza – syntéza, indukce – dedukce.

5.3.3 Využití vědeckých metod ve výzkumu

V rámci primárního výzkumu byla použita kombinace několika vědeckých metod. Metodou dedukce byly vybrány závěry jiných autorů, které byly vyhodnoceny jako potenciálně přínosné pro hledání vhodného ukazatele štihlosti podniku. Z těchto poznatků byly vytvořeny návrhy na možné způsoby měření štihlosti výrobního procesu, jež byly podrobeny experimentu formou jejich testování a zjišťování přínosů v prostředí reálného výrobního podniku. Průběh experimentu a výsledky byly podrobeny analýze, ze které vyplynuly závěry představující návrh podoby ukazatele štihlosti podniku.

Stěžejní částí celého výzkumu pak byl průzkum cílící na přijetí, případně vyvrácení hypotéz týkajících se vytvořeného výpočtu. Průzkum byl realizován formou dotazníku a je kombinací kvantitativních a kvalitativních otázek. Proto je dotazník složen ze tří částí. První část představuje identifikaci a kategorizaci podniku. Druhá část představuje sérii kvalitativních otázek na úroveň zavedení základních nástrojů a metod spojovaných se štihlou výrobou. Ohodnocením jednotlivých odpovědí byl získán souhrnný index reprezentující úroveň využívání nástrojů štihlé výroby. Poslední část představuje kvantitativní otázky na jednotlivé parametry výrobního procesu nutné pro výpočet ukazatele štihlosti. Dosazením získaných hodnot do výpočtu byla získána výsledná hodnota reprezentující štihlost výrobního procesu. Vyhodnocení bylo následně provedeno formou statistického zpracování výsledného souboru dat získaných výpočtem s analýzou odpovědí na otázky ohledně úrovně zavedení jednotlivých nástrojů a metod. Pomocí korelační analýzy bylo zjištěno, jestli existuje vztah přímé úměry mezi indexem

reprezentujícím úroveň využívání nástrojů štihlé výroby a výslednými hodnotami ukazatele štíhlosti.

6 UKAZATEL ŠTÍHLOSTI LEAD TIME LEANNESS INDICATOR

Cílem mého výzkumu bylo vytvořit takovou metriku, která dokáže měřit štihlost výrobního procesu a splňuje stanovené požadavky. Nakonec jsem jako nejvhodnější metodou navrhl měření štihlosti výrobního procesu pomocí doby výroby. Proto jsem pojmenoval nově vzniklý ukazatel Lead Time Leanness Indicator (LTLI).

6.1 Princip ukazatele štihlosti LTLI

Jak již bylo uvedeno výše, první část mého výzkumu se zaměřovala na hledání vhodného způsobu měření štihlosti výrobních procesů. Definice štíhlé výroby se často zaměřují na eliminaci plýtvání a minimalizaci využívání zdrojů. Z toho přirozeně vyplývá, že štihlost podniku by se dala měřit pomocí stanovení úrovně plýtvání ve výrobním procesu. Po hlubší analýze této myšlenky jsem ale došel k závěru, že takový výpočet by byl velmi komplikovaný.

Jako vhodný nástroj se jeví použití Littlova zákona. Ten dokázal, že existuje přímá úměra mezi časem, tedy dobou strávenou v systému a množstvím obsluhovaných jednotek v systému (Little, 1961). Autoři Hopp a Spearman (2008) tento vztah uzpůsobili pro výrobní systémy, z čehož vznikl následující vztah:

$$WIP = TH \times CT$$

WIP – velikost rozpracované výroby (Work In Process)

TH – výstup ze systému (Throughput)

CT – doba strávená ve výrobě (Cycle Time)

Tento jednoduchý vzorec představuje velmi zajímavý pohled na vztah doby výroby a velikosti rozpracované výroby, který výrazně přispěl k tvorbě ukazatele. Pomocí pokusů v reálném výrobním procesu jsem si potvrdil, že platí přímá úměra mezi dobou výroby a velikostí rozpracované výroby, a také, že pokud se sníží velikost rozpracované výroby, zkrátí se doba výroby. V tento moment jsem si také potvrdil správnost úvahy o tom, že doba výroby je tím správným hledaným atributem pro hodnocení štihlosti výrobního procesu.

Doba výroby a velikost rozpracované výroby jsou celkem snadno zjistitelné parametry z podnikového informačního systému. To je dobré pro splnění podmínky jednoduchosti a opakovatelnosti výpočtu. Posledním zbývajícím problémem bylo, jak stanovit velikost podílu rezerv na těchto parametrech. Dospěl jsem k tomu, že k hledané hodnotě se dostanu přes rozdíl mezi optimálními hodnotami těchto parametrů a reálně naměřených hodnot.

Pro zjištění optimální hodnoty potřebných parametrů jsem vytvořil heuristiku, která výrazně zjednodušila výpočet a přinášela na testovaném výrobním procesu velmi podobné výsledky v porovnání se složitějšími metodami. Tato metoda je postavena na myšlence, že všechny operace výrobního procesu jsou nahrazeny operací, která je úzkým místem celého výrobního procesu.

$$OLT = T \times D \times O$$

OLT – Optimální doba výroby

T – Čas zpracování 1 kusu na operaci představující úzké místo

D – Optimální velikost dávky

O – Počet operací daného výrobního procesu

Když se vytvoří poměr optimální hodnoty doby výroby vůči reálné, vyjde hodnota, která se dá definovat jako procentuální vyčíslení štíhlosti měřeného výrobního procesu. Ukazatel představující tuto hodnotu jsem pojmenoval Lead Time Leanness Indicator (LTLI).

$$LTLI = OLT / LT$$

LTLI – Lead Time Leanness Indicator

OLT – Optimální doba výroby

LT – Reálná doba výroby

Při tomto způsobu výpočtu výsledky blížící se k hodnotě LTLI okolo 100 % představují optimální situaci, kdy je dosaženo maximální štíhlosti vzhledem k daným parametrům výpočtu. Vzhledem k použití zjednodušující heuristiky pro výpočet optimální doby výroby může vyjít hodnota LTLI i lehce přes 100 %. Ale výsledky výrazně převyšující hodnotu 100 % jsou nepravděpodobné a budou spíše poukazovat na chybu ve výpočtu nebo špatně použitých parametrech pro výpočet. Zespoda se hodnoty mohou limitně blížit k 0 %, ale vždy bude výsledná hodnota vyšší než 0. Čím více se bude LTLI blížit k 0 % tím je štíhlost výrobního procesu nižší.

6.2 Výpočet ukazatele LTLI

Pro výpočet ukazatele LTLI jsem vytvořil nástroj v programu Microsoft Excel, který zjednodušuje a automatizuje výpočet. Tento nástroj obsahuje formulář pro zadávání vstupních dat a dále prezentaci výsledků, které na základě vstupních dat spočítá. Zde jsou v první řadě uvedeny vypočtené cílové hodnoty Lead time a WIP a velikost dávky, která byla použita pro výpočet. Dále pak stanovená úroveň štíhlosti pro výše uvedenou dávku a také pro případ, že by byl nastaven jednodusový tok (to proto, že mnohými teoretiky i praktiky je považován jednodusový tok jako vrcholná forma štíhlé výroby).

6.2.1 Získání dat

Pro získání relevantních výsledků je naprosto zásadní správné stanovení jednotlivých parametrů potřebných pro výpočet ukazatele LTLI. Těmi jsou: aktuální Lead time, aktuální WIP, aktuální velikost dávky, počet operací, doba zpracování jednoho kusu na úzkém místě, směnnost, OEE, požadovaný denní výstup, velikost dávky použitá pro výpočet, přírážky k Lead time a přírážky k WIP.

6.3 Provázání nástrojů štíhlé výroby a LTLI

Pro dokreslení myšlenky, proč je vhodné využití doby výroby pro měření štíhlosti výrobního procesu, a pro vysvětlení toho, jak jednotlivé nástroje štíhlé výroby ovlivňují dobu výroby, vysvětlím tyto vazby pro 10 nejčastějších nástrojů štíhlé výroby.

1. 5S – organizované pracoviště

- **Vliv na dobu výroby:** V první řadě tento nástroj ovlivňuje dobu potřebnou ke zpracování jednoho kusu na operaci a pomáhá zkrátit dobu nepřítomnosti obsluhy. Dále se touto metodou eliminují situace, kdy je potřebný nástroj nebo nářadí nedostupný a nemůže být operace vůbec vykonávána. Také tento nástroj může do určité míry zkrátit dobu seřízení stroje, dobu pravidelné údržby, dobu strávenou nad měřením kvality výroby a dobu řešení neplánovaných technických problémů. A ve finále může také zredukovat dobu nepřítomnosti obsluhy na pracovišti z důvodu chybějícího vybavení.
- **Vliv na LTLI:** Výsledky implementace tohoto nástroje by se měly projevit zaprvé ve zkrácení doby výroby jednoho kusu na úzkém místě a dále pak na souhrnném ukazateli OEE na úzkém místě.

2. SMED – rychlé přeseřizování

- **Vliv na dobu výroby:** Tento nástroj má velmi významný vliv na velikost výrobní dávky. Existuje přímá úměra mezi dobou potřebnou na přeseřizování pracoviště z jednoho produktu na druhý a velikostí výrobní dávky tak, aby se optimalizovalo kapacitní využití daného pracoviště. Dalším efektem je zkrácení samotné doby přeseřizování, která je součástí doby výroby.
- **Vliv na LTLI:** Hlavní efekt cílí na velikost výrobní dávky a dále na OEE na úzkém místě.

3. Systém tahu

- **Vliv na dobu výroby:** Systém tahu má dva základní výrazné efekty na dobu výroby. Zaprvé má vliv na velikost výrobní dávky tím, že impulsem pro spuštění výroby je zákaznický požadavek. Druhým zásadním vlivem je omezování velikosti rozpracované výroby ve výrobním systému tím, že provazuje kapacitní vytižení pracovišť s organizací zakázek.
- **Vliv na LTLI:** Přímý efekt je na velikost výrobní dávky. Obecně je výpočet cílové doby výroby postaven na předpokladu funkčního systému tahu. Tudíž odchylka reálné doby výroby od té vypočtené představuje z převážné části potenciál ve zlepšení systému tahu.

4. Kaizen – systém zlepšování

- **Vliv na dobu výroby:** Tento nástroj může zlepšovat všechny aspekty ovlivňující výslednou dobu výroby.
- **Vliv na LTLI:** Všechny parametry mohou být tímto nástrojem ovlivněny.

5. Vizualizace na dílně

- **Vliv na dobu výroby:** Vizualizace pomáhá s organizací materiálových toků, tedy pozitivně ovlivňuje tvorbu front před pracovišti. Dále pomáhá jako motivační faktor pro maximalizaci produktivity. Pozitivně ovlivňuje OEE z pohledu kvality a také údržby a oprav (rychlejší reakce a lepší organizace údržby).
- **Vliv na LTLI:** Hlavní efekt je na parametr OEE.

6. TPM – totálně produktivní údržba

- **Vliv na dobu výroby:** Tento nástroj má hlavní vliv na dobu oprav, tedy dostupnost daného pracoviště pro výrobu produktů.
- **Vliv na LTLI:** Hlavní efekt je na parametr OEE.

7. TQM – komplexní řízení kvality

- **Vliv na dobu výroby:** Primární vliv je na eliminaci nekvalitní výroby a tím zvyšování produktivity práce.
 - **Vliv na LTLI:** Hlavní efekt je na parametr OEE.
- 8. Poka-yoke – chybuvedorné operace**
- **Vliv na dobu výroby:** Tento nástroj zefektivňuje práci operátorů. Dále eliminuje nebo výrazně redukuje nekvalitu.
 - **Vliv na LTLI:** Hlavní efekt je na parametr OEE.
- 9. VSM – mapování hodnotového toku**
- **Vliv na dobu výroby:** Z pohledu doby výroby má VSM vliv na optimalizaci transportních časů, a hlavně na tvorbu front před operacemi.
 - **Vliv na LTLI:** Princip výpočtu ukazatele uvažuje nulové transportní časy, takže tento aspekt může ovlivnit výsledek výpočtu pomocí přírůžek k době výroby. Co se týče velikosti front před operacemi, výpočet zde uvažuje pouze frontu vytvořenou z důvodu výrobní dávky. Správné použití VSM by tedy mělo mít primárně efekt přibližování reálné doby výroby k vypočtené době. V neposlední řadě ovlivňuje velikost výrobní dávky.
- 10. Standardizovaná práce**
- **Vliv na dobu výroby:** Standardizovaná práce v první řadě pomáhá zkrátit dobu operace a dále pomáhá předcházet nekvalitě.
 - **Vliv na LTLI:** Ovlivňuje dobu zpracování na úzkém místě a dále OEE.

7 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ

Abych mohl prohlásit, že navržený ukazatel štihlosti LTLI lze univerzálně využít a že jeho výsledky skutečně vypovídají o stavu štihlosti měřeného výrobního procesu, rozhodl jsem se provést výzkum pomocí dotazníkového šetření. Primárním cílem výzkumu bylo ověřit možnost využití vytvořeného ukazatele v širším měřítku v prostředí rozličných výrobních podniků vyrábějících odlišné produkty. Sekundárním cílem bylo pomocí ukazatele LTLI zjistit obecný stav úrovně štihlosti, respektive úrovně využívání nástrojů štihlé výroby, mezi výrobními podniky.

Z důvodu co nejširšího portfolia podniků byl jediným omezujícím faktorem požadavek, aby se jednalo o výrobní podniky. Další faktory jako velikost podniku, lokalita nebo například průmyslové odvětví jsem neaplikoval, abych mohl otestovat výpočet na co nejroznorodějším vzorku podniků. Díky tomu základní soubor představuje všechny výrobní podniky po celém světě. V tento moment je jasné, že statisticky vypovídající výběrový soubor není možné získat. Přesto jsem přesvědčen o tom, že širší záběr, a i výsledný získaný soubor podniků je natolik zajímavý, že se dají výsledky aproximovat na celý segment výrobních podniků.

7.1 Dotazník

Jak bylo uvedeno výše, základem mého výzkumu byl elektronický dotazník. Ten jsem rozdělil do tří sekcí. První sekce se věnuje identifikaci a kategorizaci dotazovaného podniku. Druhá sekce je zaměřena na zjištění úrovně využívání základních nástrojů spojovaných se štihlou výrobou. Jedná se o subjektivní posouzení úrovně zavedení těchto metod příslušným zástupcem podniku. Vybráno bylo 10 nejpoužívanějších metod na základě rešerše literatury. Poslední třetí sekce slouží k získání parametrů potřebných pro výpočet ukazatele štihlosti LTLI. Oslovováni byli výrobní, případně supply chain manažeři. U podniků, které měly specializovanou pozici lean specialisty, byl dotazník směřován na tohoto zástupce.

7.2 Výsledky výzkumu

Pro získání vyplněných dotazníků jsem zvolil přímé kontaktování zodpovědných manažerů, nejčastěji elektronickou formou komunikace. Pokusil jsem se i o hromadnější oslovení většího počtu podniků skrze dvě poradenské firmy, zaměřující se na optimalizaci podnikových procesů a dvě sdružení firem, ale ani jedna z těchto aktivit nepřispěla k navýšení počtu vyplněných dotazníků. Proto jsem se zaměřil na využití kontaktů z mé profesní praxe, kde se ukázaly přímé vztahy a doporučení jako úspěšnější strategie pro získávání potřebných dat. Tento způsob se také ukázal jako ten nejvhodnější z důvodu specifčnosti zaměření výzkumu a jeho technické složitosti.

Nakonec bylo napřímo osloveno 90 podniků. Počty nepřímo oslovených firem (skrze prostředníky), které nebyly ochotné se do výzkumu zapojit nelze stanovit. Z oslovených podniků jich 50 vyplnilo dotazník. Z nich 11 bylo nekompletně vyplněných. U těchto dotazníků ve většině případů data potřebná pro výpočet nebyla ve stavu, aby se dal provést výpočet ukazatele LTLI nebo nebyl podnik ochoten tato data vůbec poskytnout. Ve všech těchto případech ale byla vyplněna sekce ohledně využívání jednotlivých nástrojů štihlé výroby, tudíž alespoň pro analýzu využívání těchto nástrojů se daly

zjištěné informace použít. 39 dotazníků bylo tedy vyplněno kompletně a mohly být plně zapojeny do výzkumu ohledně ukazatele LTLLI.

7.2.1 Analýza struktury podniků

Z 50 podniků bylo 14 s lokální přítomností, tedy mělo výrobu pouze v jednom státu. Z těchto 14 podniků byl pouze jeden zahraniční. Zbývajících 36 podniků se vyznačovalo mezinárodní přítomností, tedy mělo výrobní závod alespoň ve dvou státech. Zde 21 dotazníků se týkalo výrobního závodu v ČR a zbývajících 15 bylo v zahraničí. Z pohledu velikosti podniku dle počtu zaměstnanců byly do výzkumu zapojeny 2 malé podniky, 17 středně velkých a 31 velkých podniků. Z pohledu odvětví bylo zastoupeno 8 vyspecifikovaných výrobních odvětví a 1 podnik se nedal přiřadit k žádnému z nabízených odvětví. Odvětví s největším zastoupením byla automotive a strojírenství, následovány byly výrobou nábytku a stavebním průmyslem.

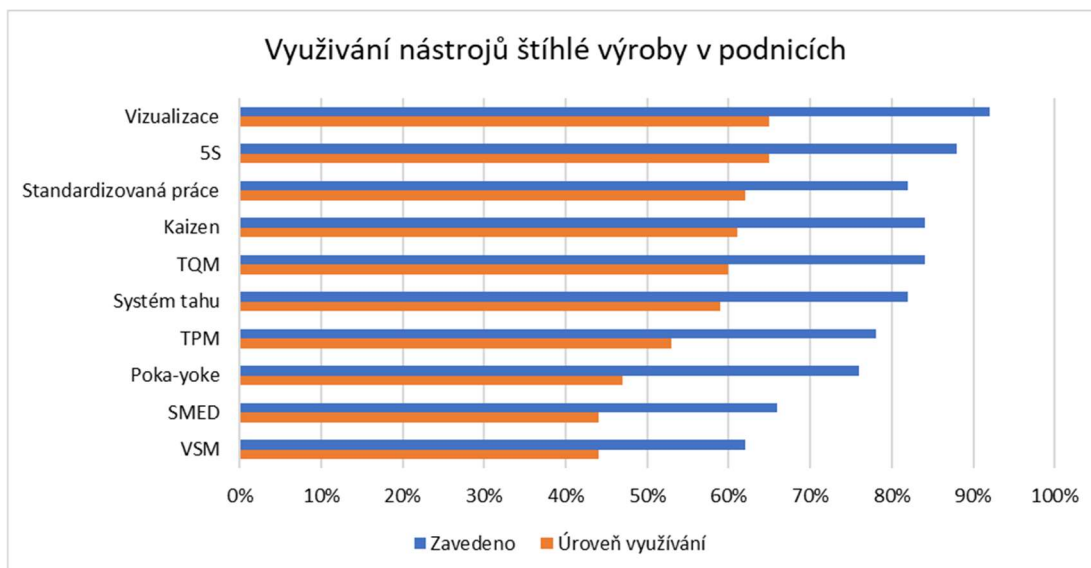
7.2.2 Analýza využívání nástrojů štihlé výroby

V rámci mého výzkumu jsem se dotazoval na úroveň zavedení 10 nejčastějších nástrojů štihlé výroby. Pro zachování jednoduchosti jsem použil škálu pouze o třech úrovních, tedy pro každý nástroj byla zvolena jedna z těchto hodnot: „Nezavedeno“, „Částečně zavedeno“ a „Úplně zavedeno“. V tabulce č. 1 je přehled četnosti odpovědí pro jednotlivé nástroje.

Nástroj štihlé výroby	Plně zavedeno	Částečně zavedeno	Nezavedeno
5S	21	23	6
SMED	11	22	17
Systém tahu	18	23	9
Kaizen	19	23	8
Vizualizace	19	27	4
TPM	14	25	11
TQM	18	24	8
Poka-yoke	9	29	12
VSM	13	18	19
Standardizovaná práce	21	20	9

Tabulka č. 1: Využívání nástrojů štihlé výroby. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

Dále jsem pro každý nástroj spočítal, jaký podíl podniků má daný nástroj zaveden (tedy má vyplněno buď „Plně zavedeno“ nebo „Částečně zavedeno“). A dále jaká je relativní úroveň využití každého nástroje v procentech (na základě přiřazení následujících hodnot k jednotlivým odpovědím: Plně zavedeno – 2 body, Částečně zavedeno – 1 bod, Nezavedeno – 0 bodů). Výsledky jsou v grafu č. 1.



Graf č. 1: Využívání nástrojů štíhlé výroby. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

Na závěr jsem provedl analýzu úrovně využití všech 10 nástrojů pro každý podnik a na základě výše uvedeného bodového ohodnocení vypočetl souhrnnou úroveň využívání nástrojů štíhlé výroby. Výsledná průměrná hodnota souboru 50 podniků účastnících se výzkumu je 56 %. Rozložení podle velikosti podniku a také podle přítomnosti podniku je v tabulce č. 2.

Velikost/přítomnost podniku	Úroveň využívání nástrojů štíhlé výroby
Malý (1-49 zam.)	42,5%
Střední (50-249 zam.)	44,7%
Velký (250 a více zam.)	63,1%
Lokální - přítomnost pouze v 1 státu	49,3%
Nadnárodní - pobočky ve více státech	58,6%
Celkem	56,0%

Tabulka č. 2: Využívání nástrojů štíhlé výroby dle velikosti (počet zaměstnanců) a přítomnosti podniku. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

Pohled na úroveň využívání nástrojů štíhlé výroby dle odvětví je v tabulce č. 3. Zde je potřeba upozornit na to, že z důvodu anonymity výsledků jsem ta odvětví, kde byl pouze jeden podnik, sloučil pod souhrnné odvětví Ostatní.

Odvětví	Úroveň využívání nástrojů štihlé výroby
Automotive	75,4%
Výroba pryžových a plastových výrobků	67,5%
Výroba nábytku	57,5%
Ostatní	56,7%
Elektronika	47,5%
Stavební průmysl	45,6%
Strojírenství	42,5%
Celkem	56,0%

Tabulka č. 3: Využívání nástrojů štihlé výroby dle odvětví průmyslu. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

7.2.3 Analýza štihlosti pomocí ukazatele LTLI

V této analýze využívám výsledky výpočtu ukazatele štihlosti LTLI, tudíž jsou zde zapojeny pouze ty podniky, které vyplnily kompletní dotazník. Kromě průměrných hodnot dosažených výsledků LTLI uvádím pro porovnání i hodnoty získané z úrovně využívání nástrojů štihlé výroby. V tabulce č. 4 jsou výsledné hodnoty podle velikosti podniku a jeho přítomnosti. Z důvodu chybějících dat pro výpočet ukazatele u malých podniků tato kategorie v tomto pohledu vůbec nefiguruje.

Velikost/přítomnost podniku	Úroveň štihlosti - LTLI	Úroveň využívání nástrojů štihlé výroby
Střední (50-249)	45,9%	43,6%
Velký (250 a více)	60,4%	63,8%
Lokální - přítomnost pouze v 1 státu	48,1%	49,5%
Nadnárodní - pobočky ve více státech	57,9%	59,3%
Celkem	55,2%	56,5%

Tabulka č. 4: Úroveň štihlosti dle velikosti a přítomnosti podniku. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu.

Další pohled je na průměrné hodnoty podle odvětví (Tabulka č. 5).

Odvětví	Úroveň štihlosti - LTLI	Úroveň využívání nástrojů štihlé výroby
Automotive	67,3%	78,0%
Výroba nábytku	58,9%	57,5%
Ostatní	55,4%	60,0%
Stavební průmysl	53,4%	44,2%
Strojírenství	40,2%	40,5%
Celkový součet	55,2%	56,5%

Tabulka č. 5: Úroveň štihlosti dle odvětví průmyslu. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

7.3 Ověření hypotéz

Na základě získaných dat z dotazníků jsem přistoupil k ověření, případně vyvrácení jednotlivých vydefinovaných hypotéz. Pro statistické zpracování dat jsem použil software STATISTICA Cz od firmy StatSoft ve verzi 12. Pro otestování jednotlivých hypotéz byla

vždy vydefinována nulová hypotéza H_0 a k ní příslušná alternativní hypotéza H_1 . Pomocí vhodných statistických metod jsem testoval, zda je možné zamítnout nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy nebo ne. Ve všech případech jsem použil hladinu významnosti $\alpha = 0,05$.

7.3.1 Hypotéza H1

První hypotéza byla definována následujícím způsobem:

H1: Existuje metrika, která dokáže určit úroveň štíhlosti výrobního procesu z aktuálních podnikových dat vycházející z doby výroby.

Aby bylo možné posoudit, zdali vytvořený ukazatel LTLI poskytuje vypovídající informaci o úrovni zavedení nástrojů štíhlé výroby, musel jsem porovnat výsledky výpočtu se skutečnou úrovní využívání nástrojů štíhlé výroby. Proto jsem jako statistickou metodu zvolil korelační analýzu mezi výsledky výpočtu a úrovní využívání nástrojů štíhlé výroby.

Výsledky korelační analýzy jsou následující:

- Výběrový korelační koeficient vyšel $r = 0,63799$
- Výsledná p-hodnota $p = 0,000012$

Výběrový korelační koeficient o hodnotě $r = 0,63799$ udává celkem silnou pozitivní korelaci mezi hodnotami získanými výpočtem a hodnotami získanými na základě úrovně využívání jednotlivých nástrojů štíhlé výroby. To znamená, že čím více a intenzivněji jsou využívány nástroje štíhlé výroby, tím vyšší hodnotu dává navržený výpočet.

Díky tomu, že p hodnota je velmi nízká ($p = 0,000012$), mohu na hladině významnosti 0,05 zamítnout nulovou hypotézu a prohlásit, že korelační koeficient bude nabývat kladné hodnoty, a tudíž první hypotéza byla ověřena a navržený výpočet ukazatele LTLI lze použít pro měření štíhlosti výrobního procesu.

Pro ověření testu jsem provedl test reliability pomocí metriky cronbachovo alfa. Výsledná hodnota 0,77 poukazuje na poměrně vysokou reliabilitu, a tudíž podporuje správnost použití tohoto testu.

7.3.2 Hypotéza H2

Druhá hypotéza byla definována takto:

H2: Existuje metrika, jejíž hodnota se dá použít pro stanovení cíle implementace štíhlé výroby a k měření rozvoje procesu zvyšování přidané hodnoty.

Pro její ověření mohu použít výsledky předchozí korelační analýzy. Z té totiž vyplývá, že štíhlost zjištěná pomocí výpočtu koreluje s úrovní využívání nástrojů štíhlé výroby. To znamená, že čím více nástrojů štíhlé výroby a čím intenzivněji je bude podnik využívat, tím vyšší bude výsledná hodnota ukazatele štíhlosti LTLI.

Proto pokud si podnik před započítím implementace nástrojů štíhlé výroby provede výpočet ukazatele LTLI, zjistí tím výchozí hodnotu definující aktuální štíhlost výrobního procesu. Na základě této hodnoty pak může stanovit cílovou hodnotu štíhlosti, které by chtěl v budoucnu pomocí zavádění principů štíhlé výroby dosáhnout. Z provedené korelační analýzy vyplývá, že ve chvíli, kdy začne podnik nasazovat nástroje štíhlé výroby nebo zvyšovat intenzitu jejich využívání, bude úměrně tomu růst hodnota štíhlosti

získaná výpočtem pomocí ukazatele LTLI. Samozřejmě za předpokladu, že se bude jednat o úspěšnou implementaci, která bude přinášet očekávané výsledky. Po aplikaci dílčích nástrojů může podnik znovu provést stanovení LTLI a zjistit tak, jestli se blíží definovanému cíli nebo ne, a tudíž jestli je její implementace účinná.

7.3.3 Hypotéza H3

Třetí hypotéza byla definována takto:

H3: Existuje metrika měření štihlosti podniku, která dokáže mezi sebou porovnávat různé výrobní podniky z různých odvětví podle dosažené úrovně štihlosti výroby.

V průběhu dotazníkového šetření jsem neobjevil odvětví, pro které by se daný výpočet nedal obecně použít. Limitující byl spíše vlastní charakter výrobního procesu. Tím, že výsledek výpočtu LTLI je bezrozměrová veličina, lze výsledky pro různé podniky mezi sebou jednoduše porovnávat.

Pro statistické ověření této hypotézy jsem použil korelační analýzu středních hodnot získaných pro jednotlivá odvětví. V případě, že souhrnné výsledky výpočtu LTLI pro jednotlivá odvětví korelují se souhrnnými hodnotami úrovně využívání nástrojů štíhlé výroby, pak mohou tvrdit, že odvětví nemá vliv na výsledky výpočtu.

Výsledky korelační analýzy jsou následující:

- Výběrový korelační koeficient vyšel $r = 0,89899$
- Výsledná p-hodnota je $p = 0,038004$

Výběrový korelační koeficient odpovídá velmi silné pozitivní závislosti mezi výsledky. Hodnota p je vzhledem k výrazně menšímu počtu prvků relativně vysoká ($p = 0,038004$) přesto na zvolené hladině významnosti 0,05 mohou nulovou hypotézu zamítnout a tím ověřit tvrzení o univerzálnosti použití zvoleného výpočtu ukazatele LTLI.

7.4 Diskuze k dotazníkovému šetření

I přes nepříliš velký počet podniků ve výzkumu, se podařilo získat zajímavý datový soubor, který umožňuje nahlédnout do fungování výrobních procesů daných podniků. Společně s relativně častou možností osobní návštěvy těchto firem (do příchodu pandemie koronaviru) a v některých případech i prohlídky výrobních prostor, to byla pro mě velmi přínosná sonda do aktuálního stavu výrobních společností.

7.4.1 Interpretace výsledků

Všechny tři hypotézy, vydefinované na začátku mého výzkumu, se podařilo na hladině významnosti 0,05 potvrdit. To znamená, že hodnoty štihlosti získané pomocí vytvořeného a popsánoho výpočtu ukazatele LTLI, jsou tím vyšší, čím vyšší je intenzita využívání nástrojů štíhlé výroby. Jinak řečeno, tento ukazatel dokáže měřit úroveň zavedení metody štíhlé výroby. Dále se podařilo prokázat, že ukazatel LTLI je nezávislý na odvětví, ve kterém se měřený podnik pohybuje. Respektive, že výsledné hodnoty pro podniky z různých odvětví se dají mezi sebou porovnávat. Pokud tedy podnik 1 z odvětví A má vyšší hodnotu štihlosti než podnik 2 z odvětví B, je vysoce pravděpodobné, že podnik 1 bude intenzivněji využívat nástroje štíhlé výroby než podnik 2. V neposlední

řadě se také potvrdilo, že lze pomocí ukazatele LTLI definovat budoucí cílovou hodnotu, které by podnik chtěl pomocí implementace metody štíhlé výroby dosáhnout a průběžně sledovat pokrok v těchto aktivitách. Jinak řečeno, dají se porovnávat různé hodnoty štíhlosti LTLI získané v průběhu času pro stejný podnik (nebo výrobní proces) a na základě nich usuzovat, zdali došlo k zefektivnění výrobního procesu nebo ne.

Díky těmto poznatkům lze prohlásit, že výzkum splnil svůj účel a naplnil mé očekávání. Podařilo se prokázat, že výpočet štíhlosti, postavený na době výroby jako hlavního kritéria a vycházející z principů Littlova zákona, dokáže podávat věrohodný obraz o efektivitě výrobního procesu, která je zvyšována pomocí nástrojů štíhlé výroby. Až na ojedinělé výjimky, které jsou popsány v kapitole o omezeních výzkumu, je tento výpočet univerzálně použitelný pro všechny výrobní podniky.

Díky tomu může naplnit všechny podmínky, které byly na začátku od tohoto ukazatele vyžadovány:

1. **Využití objektivních dat** – pro výpočet se používají pouze parametry výrobního procesu, které jsou měřitelné a dají se zjistit buď pozorováním nebo z podnikového informačního systému.
2. **Jednoduchost výpočtu** – ukazatel představuje výpočet jedné hodnoty pomocí základních matematických operací. Jednoduchost je lehce narušena na základě zjištění, ke kterému jsem došel v průběhu výzkumu ohledně dostupnosti potřebných dat v některých podnicích.
3. **Rychlost výpočtu** – když jsou zajištěna potřebná data a parametry, samotný výpočet zabere minimum času. Pro automatizaci výpočtu a prezentaci výsledků se dá použít například vytvořený a popsáný nástroj v MS Excel.
4. **Opakovatelnost výpočtu** – při zadání stejných parametrů, dává výpočet stejný výsledek a je možné jej kdykoliv opakovat na základě průběžného vývoje nebo i za účelem simulace nebo například citlivostní analýzy na jednotlivé parametry.

Ukazatel LTLI díky splnění výše uvedených vlastností a na základě potvrzených hypotéz může pak sloužit k následujícím účelům:

1. **Měření štíhlosti výrobního procesu** – ukazatel dokáže stanovit objektivní hodnotu aktuální štíhlosti měřeného výrobního procesu.
2. **Stanovení cíle implementace metody štíhlé výroby** – pomocí ukazatele se dá zjistit aktuální stav štíhlosti výrobního procesu a na základě ní stanovit cílovou budoucí hodnotu, které by mělo být dosaženo pomocí implementace nástrojů štíhlé výroby
3. **Měření průběhu optimalizace výrobního procesu** – v průběhu zavádění nových metod a nástrojů lze pomocí ukazatele sledovat, jaký mají tyto aktivity vliv na štíhlost výrobního procesu.
4. **Benchmarking** – pomocí výsledných hodnot ukazatele lze porovnávat mezi sebou různé výrobní procesy a usuzovat tak o jejich štíhlosti a dělat závěry, který je z pohledu štíhlosti efektivnější. Porovnání lze využít v rozličných případech, jako například:
 - a. Porovnání podniků z různých odvětví
 - b. Porovnání podniků v rámci jednoho odvětví
 - c. Porovnání vůči lídrovi/konkurentovi na trhu
 - d. Porovnání sesterských závodů v rámci většího uskupení podniků
 - e. Porovnání různých výrobních procesů v rámci jednoho podniku

- f. Porovnání interního výrobního procesu s externím – například v případě outsourcingu výroby k dodavateli
- 5. Hodnocení** – hodnota ukazatele se dá použít také jako jedno z hodnotících kritérií v případech, kdy je potřeba získat pohled na výkonnost výrobního podniku. Jako například v těchto situacích:
- a. Akvizice podniku
 - b. Výkonnostní ukazatel pro management podniku/výroby
 - c. Hodnocení současných dodavatelů
 - d. V rámci procesu výběru nového dodavatele

Díky datům pořízeným v průběhu výzkumu, jsem jako sekundární informaci získal pohled na stav štihlosti, respektive intenzitu využívání nástrojů štíhlé výroby ve sledovaných podnicích. Výsledná hodnota, pohybující se okolo 55 %, pro mě vzhledem k tomu, že se ve své profesní kariéře pohybuji ve výrobních podnicích, není překvapivá. Na základě těchto výsledků se dá poukázat na fakt, že štíhlá výroba je stále aktuální téma, jen málo podniků ve výzkumu se blížilo ideální hodnotě štihlosti 100 %, a tudíž je štíhlá výroba stále pro převážnou část podniků výzvou.

7.4.2 Odpovědi na výzkumné otázky

VO1: Lze měřit štihlost výrobního procesu?

Potvrzením první hypotézy H1 se podařilo prokázat, že ukazatel LTLI dokáže měřit štihlost výrobního procesu ve smyslu úrovně využívání jednotlivých metod štíhlé výroby. Principiálně se dá předpokládat, že pokud podnik využívá nástroje štíhlé výroby, bude směřovat k zefektivňování svého výrobního procesu. Jak bylo uvedeno výše, na základě výzkumů mnohých autorů, to není vždy pravda. Ideálním důkazem by pak bylo provázání měření štihlosti s výkonností podniku. V rámci mého výzkumu jsem neměl k dispozici finanční a další potřebná data o podnicích tak, abych mohl zhodnotit celkovou výkonnost daných podniků. Nicméně pokud předpokládáme, že jedním ze základních projevů štíhlé výroby je nízká úroveň zásob a s tím související krátká doba výroby, pak ukazatel LTLI měří právě tyto projevy a na základě nich vyhodnocuje štihlost výrobního procesu. Tudíž lze odpovědět, že štihlost výrobního procesu se dá opravdu měřit.

VO2: Jaká je aktuální úroveň štihlosti výrobních podniků?

Na základě měření pomocí ukazatele LTLI vyšlo, že průměrná úroveň štihlosti sledovaných podniků byla 55,2 %. Z výsledků je patrné, že úroveň štihlosti se mezi podniky liší. Některé podniky se vyznačují vysokou úrovní štihlosti, jiné jsou naopak velmi málo štíhlé. Bylo zjištěno, že výsledky se liší na základě odvětví, ve kterém daný konkrétní podnik působí, a také na základě velikosti podniku. Z celkového pohledu lze konstatovat, že prostor k zeštíhlení výrobních podniků je poměrně velký. Na základě výsledků některých podniků lze také tvrdit, že dosažení lepší štihlosti je reálné. Jak velké úsilí a v jakých konkrétních oblastech je zapotřebí k dosažení vyšší štihlosti, nebylo zkoumáno, ale z výsledků je vidět, že využívání nástrojů štíhlé výroby tomu může výrazně napomoci.

VO3: Lze měřením štihlosti výrobního procesu přispět k lepším výsledkům při implementaci štíhlé výroby?

Najít odpověď na tuto otázku není úplně snadné. Díky tomu, že se podařilo dokázat, že ukazatel LTLI lze využít pro měření štihlosti výrobního procesu, lze jej použít pro

měření průběhu procesu implementace štíhlé výroby. Z pohledu psychologického, a hlavně manažerského, procesy, které se dají měřit, jsou lépe říditelné a lze snáze měřit pokrok při jejich zefektivňování. Pak lze tvrdit, že díky měření štíhlosti v průběhu implementace štíhlé výroby se dají očekávat lepší výsledky. K tomu přispívá i možnost stanovit kvantifikovatelný cíl celého procesu pomocí ukazatele LTLI a také jej využít pro porovnání výsledků s jinými podniky. Pro exaktnější odpověď by ale bylo potřeba provést výzkum na podnicích, které by využívaly ukazatel LTLI v průběhu jejich implementace štíhlé výroby a jejich výsledky porovnat s výsledky podniků, které jej nevyužívají.

7.4.3 Omezení výzkumu

Hlavním omezením výzkumu je jeho statistická nereprezentativnost. Kvůli velmi široce zvolenému základnímu souboru výrobních podniků nebylo možné získat data od takového výběrového souboru, který by umožňoval statistické zobecnění výsledků na celý základní soubor. Hlavním cílem výzkumu ale bylo otestovat ukazatel LTLI na co nejširším spektru výrobních podniků tak, aby se dala posoudit jeho funkčnost a využitelnost výsledků v praxi. Myslím si, že to se podařilo prokázat.

7.4.4 Možnosti další výzkumné činnosti

V průběhu výzkumu a při vyhodnocování výsledků se objevily podněty pro další rozvoj a bádání v oblasti měření štíhlosti výrobního procesu. V první řadě by bylo zajímavé provést stejný výzkum na větším souboru podniků. Díky tomu by mohlo dojít k ověření výsledků na větším a komplexnějším souboru podniků. Na větším datovém souboru by se také lépe prováděla analýza vlivu jednotlivých nástrojů štíhlé výroby na výslednou štíhlost výrobního procesu. Zajímavý pohled by také byl, kdyby se podařilo získat časovou řadu dat vztahující se k jednomu podniku v průběhu celého procesu implementace metody štíhlé výroby. V rámci větších dodavatelsko-odběratelských řetězců by mohla být přínosná analýza všech zapojených článků z pohledu jejich štíhlosti. V neposlední řadě by také bylo vhodné provést výzkum zaměřený na vliv ostatních optimalizačních metod na štíhlost výrobního procesu.

8 PŘÍPADOVÁ STUDIE NA KONKRÉTNÍM PODNIKU

V následujících kapitolách praktické části mé dizertační práce demonstruji ukázkou možného využití navržené metody měření štihlosti výrobního procesu pomocí ukazatele LTLI na konkrétním výrobní procesy v reálném podniku. Pro tuto demonstraci jsem si vybral firmu Hettich ČR k.s.

8.1 Představení firmy Hettich

Firma Hettich patří k předním světovým výrobcům nábytkového kování. Jedná se o německou rodinnou firmou řízenou již čtvrtou generací rodiny Hettich. Byla založena Karlem Hettichem v roce 1888 v Schwarzwaldu v Německu. Tehdy se zabývala výrobou kotevních háčků do kukačkových hodin. V roce 1928 vyvinul August Hettich první linku na výrobu pantů do pian. Tím dal vzniknout budoucí orientaci na výrobu kování pro nábytkový průmysl. Od roku 1966 je centrála společnosti umístěna v německém Kirchlengernu, tedy v centrální oblasti německého nábytkového průmyslu.

Společnost má aktuálně 38 poboček a více než 100 zastoupení po celém světě. Celosvětově má okolo 6 700 zaměstnanců. Výrobní závody se nacházejí v Německu, Španělsku, USA, Číně, Indii a České republice. V roce 2020 dosáhla obratu 1,1 mld. EUR a investovala 119 mil. EUR. Je držitelem certifikátu ISO 9001:2015 a EMAS EN ISO 14001:2015.

Hlavní produktové zaměření je na nábytkové kování. Sem patří závěsy, systémy zásuvek, výsuvy a systémy pro posuvné a skládané dveře. Mimo hlavní obor dodává řešení pro polohování pohovek a postelí a také v poslední době hodně se rozvíjející řešení pro automotive a elektromobilitu.

Hettich Česká republika

Závod v České republice s halou o rozloze 23.000 m² se nachází ve Žďáře nad Sázavou, kde má aktuálně cca 650 zaměstnanců a obrat okolo 2 mld. Kč ročně. Primárně dodává komponenty sesterským závodům hlavně v Německu, ale například i ve Španělsku. Dále vyrábí finální produkty převážně v menších sériích, které přes centrální sklad odcházejí k zákazníkům. Zodpovídá také za prodejní a marketingové aktivity na českém a slovenském trhu.

Výroba je členěna na předvýrobní a montážní segmenty. Předvýrobní segmenty jsou tři:

1. Zinková výroba
2. Plastová výroba
3. Výroba z oceli

Montážní segmenty jsou čtyři:

1. Závěsy
2. Výsuvy
3. Spojovací kování
4. Posuvné kování

Zinková výroba

Pro účely demonstrace použití navržené metody výpočtu štíhlosti pomocí ukazatele LTLI jsem si vybral zinkovou výrobu. Jedná se o jednu z klíčových výrobních oblastí v Hettichu ČR, jelikož se v nedávné době místní závod stal tzv. kompetenčním centrem v rámci celé skupiny pro oblast tlakového lití zinku. To znamená, že je zodpovědný za všechny aktivity související s technologií lití zinku.

Dalším důvodem je komplexnost a složitost této výroby. Oproti montážním segmentům se tato výroba vyznačuje technologickou složitostí hlavně v podobě technologie tlakového lití zinku jako takového, ale také v podobě nutné kombinace s dalšími technologiemi.

8.2 Popis současného stavu

8.2.1 Zinková výroba v Hettichu ČR

Zinková výroba v rámci Hettichu ČR spadá do oblasti předvýroby. Obecně je výrobní proces znázorněn na Obrázek č. 1.



Obrázek č. 1: Schéma zinkového výrobního procesu. Zdroj: Vlastní zpracování

Tyto základní operace, až na ojedinělé výjimky, jsou potřebné pro výrobu všech typů zinkových dílů. Některé díly mají ještě určité další specifické operace, jako vrtání otvorů, řezání závitů apod. Ale zde se jedná už o specifika konkrétních dílů na základě požadavků zákazníků.

Vyráběné díly

Výrobní sortiment skýtá aktuálně 258 hotových výrobků z pohledu zinkové výroby. Celkově je zde pracováno s 685 artiklovým čísly. Vstupním materiálem pro všechny tyto výrobky je surový zinek. Kolem 25 % finálních artiklů je bez povrchové úpravy. Zbývajících 75 % má nějakou formu povrchové úpravy, a tudíž prochází formou polotovaru. Téměř 50 % všech artiklů má pouze jeden polotovar. Tedy vznikne nejdříve surový díl, ten se povrchově upraví a tím vznikne finální produkt. Cca 25 % dílů prochází více formami polotovaru. Tedy má více povrchových úprav, nebo se v jeho výrobním postupu využívá spolupráce s více kooperanty, kteří na daném díle provádí speciální operace. Celkově se vyrábí téměř 300 různých polotovarů.

Z pohledu zásob je cca 10 % hodnoty drženo v surovém zinku. Kolem 35 % hodnoty zásob představují hotové výrobky. Zbývajících 55 % je rozloženo mezi polotovary (40 %) a nakupované díly (15 %). U tohoto typu výroby představují poměrně významnou část pojistné zásoby. Konkrétně přes 20 % celkových zásob je drženo jako pojistných, a to ve všech formách (surový zinek, polotovary i finální výrobky).

Strojní vybavení

Zinková výroba se rozkládá na ploše 1 930 m². Strojní park se skládá z 35 zinkových lisů, 17 separátorů, 2 omílacích zařízení a 6 zařízení na tryskání. Důležitou součástí celé předvýroby v Hettichu ČR je centralizovaný sklad nástrojů. Zde jsou skladovány a evidovány veškeré formy a nástroje potřebné pro tuto výrobu. Tento sklad splňuje přísná kritéria na skladování týkající se manipulace, bezpečnosti a požární ochrany.

8.2.2 Analýza výrobního procesu

Z popisu výše je patrné, že zinková výroba představuje poměrně komplexní výrobní proces, který v porovnání s ostatními výrobními procesy v Hettichu ČR patří k těm komplikovanějším. V následující části budou představeny základní charakteristiky a analýzy, které popisují tento výrobní proces tak, jak funguje nyní. To bude sloužit jako prvotní pohled na efektivitu výroby a jako základ pro analýzu štíhlosti a z ní vyplývající potenciály pro optimalizaci.

Doba výroby

Pro detailní analýzu doby výroby jsem zvolil měsíc srpen 2020. V tu dobu jsem z informačního systému získal všechny údaje o zakázkách, které byly vydány pro zinkovou výrobu. Zároveň proběhla ve spolupráci s kolegy v tomto období „manuální“ evidence průběhu zakázek výrobou. To znamená, že na denní bázi se zaznamenávaly informace o každé zakázce ve výrobě a jejím statusu. Z následné analýzy takto získaných dat vyplývají dále popsání výsledky (Tabulka č. 6).

Doba výroby (ve dnech)	Plánovaná doba v		Skutečná doba v SAP	Normovaná doba
	Manuální sledování	SAP	(odvádění z výroby)	
Sledované zakázky	5,81	5,66	9,95	2,89
% vůči normované době	201%	196%	344%	X
Všechny zakázky	X	7,32	11,64	2,99
% vůči normované době	X	245%	390%	X

Tabulka č. 6: Výsledky manuálního sledování doby výroby. Zdroj: Vlastní zpracování dat získaných ve firmě Hettich ČR

Ze získaných dat vyplývá, že průměrná doba výroby se pohybuje v rozmezí 6 až 10 dnů. Jedna zakázka obsahuje v průměru tři operace (bez operací realizovaných kooperanty). Normovaná doba při daných velikostech dávek byla necelé 3 dny, tedy de facto čas generující přidanou hodnotu představuje něco mezi 30-50 % z celkového výrobního času.

Tomu odpovídá i další analýza, která byla získána při manuálním sběru dat. Z této analýzy vyplývá, že ve 42 % případů probíhala na sledovaných zakázkách výroba a v 58 % případů zakázka stála. Přičemž celých 46 % bylo z důvodu čekání na další operaci, 5 % vlivem opravy nástroje, 4 % z důvodu chybějícího personálu, 2 % případů kvůli opravě stroje, 1 % seřízením stroje a kontrola jakosti způsobila naprosté minimum případů zastavení zakázky.

Obrátka zásob

Obrátka zásob je další důležitý ukazatel vypovídající o relativní úrovni zásob vztahované ke spotřebě/obratům. Tento ukazatel definuje, kolik dní spotřeby pokrývají zásoby. Celková obrátka se dlouhodobě pohybuje okolo 60 dní. To není ideální hodnota

a je to jeden z hlavních důvodů, proč chce firma Hettich ČR pracovat na optimalizaci této výroby.

Termínové plnění

Důležitým ukazatelem z pohledu zákazníka je termínové plnění jeho požadavků. Tedy jaké procento objednaných zakázek je dodáno v požadovaném termínu. Hodnota termínového plnění se v roce 2019 a v prvním kvartálu roku 2020 pohybovala celkem stabilně okolo 90 %. Což není špatná hodnota, ale je zde určitě potenciál pro zlepšení.

OEE

Ukazatel vypovídající o efektivitě využití strojního vybavení je OEE. Zjednodušeně řečeno tento ukazatel říká, jaké procento z celkového disponibilního času je reálně využito na výrobu požadované produkce v požadované kvalitě. I tento ukazatel je v Hettichu ČR sledován. V roce 2019 měl ukazatel OEE pozitivní tendenci růstu, kdy se tento ukazatel dostal z hodnot okolo 40 % na maximální hodnotu 60 %. I přes pozitivní vývoj v roce 2019 a očekávaný podobný vývoj v druhém pololetí roku 2020 je průměrná roční hodnota OEE pod 50 %, což obecně není dobrý výsledek.

Poruchy

Jednou z důležitých položek, negativně ovlivňujících hodnotu ukazatele OEE, jsou poruchy strojů. Z přehledu OEE je patrné, že v roce 2019 z celkového disponibilního času celých 10 % strojní kapacity na zinkové výrobě chybělo kvůli poruchám. To je významná hodnota.

Kvalita

Kvalita je také velmi důležitý parametr výrobního procesu. Zinková výroba je technologicky náročný proces, který s sebou přináší plno komplikací a výzev v oblasti kvality. Průměrně náklady na nekvalitu se pohybují mezi 1 % a 1,5 %. Obecně vzato to nejsou ideální výsledky, ale pokud se přihlédne ke specifčnosti zinkové výroby, tento výsledek se dá hodnotit celkem pozitivně.

8.3 Analýza úrovně štihlosti výrobního procesu

V předešlé sekci jsem provedl analýzu zinkové výroby v Hettichu ČR z pohledu klasických ukazatelů a veličin, jako je obrátka zásob, OEE, kvalita apod. Z těchto ukazatelů, pokud má člověk určité zkušenosti, se dá vyvodit, jak na tom bude podnik z pohledu efektivity výrobního procesu a využívání specializovaných optimalizačních metod. Nicméně exaktnější kvantifikace úrovně štihlosti výrobního procesu je minimálně problematická, ne-li nemožná. V následující sekci se proto zaměřím na analýzu tohoto aspektu výrobního procesu.

K této analýze použiji dva postupy, které následně porovnáám. První postup využívá vytvořený ukazatel LTLI, který byl popsán výše a který využívá reálná data získaná z výrobního procesu. Druhý postup pak zastupuje klasický způsob hodnocení štihlé výroby pomocí dotazníku s otázkami zaměřenými na jednotlivé nástroje spojované se štihlou výrobou. Zde se budu opírat o zkušenosti a znalosti jak dotazujícího, tak dotazovaného, kterým byl zástupce výrobního managementu. Dále také použiji jeden ze

základních nástrojů štihlé výroby, a to Value Stream Mapping k detailnější analýze zkoumaného výrobního procesu a kvantifikaci potenciálu ke zlepšení.

8.3.1 Stanovení aktuální štihlosti výrobního procesu pomocí LTTL

Na základě analýzy četnosti jsem vybral čtyři nejfrekventovanější produkty zastupující odlišné technologické postupy. Pro každý produkt jsem si zjistil parametry potřebné pro výpočet ukazatele LTTL. Nejvíce jsem využíval data z informačního systému (historický průběh výrobních zakázek, objemy výroby, technologické postupy apod.), dále jsem využíval další interní nástroje pro řízení výroby, jako třeba reporting OEE nebo reporting údržby. V neposlední řadě jsem také potřebná data diskutoval přímo se zástupci vedení zinkové výroby v Hettichu ČR. Získaná data jsem použil pro výpočet ukazatele štihlosti LTTL pomocí nástroje vytvořeného v programu MS Excel. Souhrnné výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 7.

	Aktuální LT (dny)	Cílový LT (dny)	Rozdíl LT (dny)	LTTL
Produkt 1	16,43	11,67	4,76	71,01%
Produkt 2	21	11,20	9,80	53,33%
Produkt 3	16,06	13,59	2,47	84,62%
Produkt 4	5,36	1,40	3,96	26,12%
Průměr	14,71	9,46	5,25	58,77%

Tabulka č. 7: Výsledky stanovení ukazatele štihlosti LTTL. Zdroj: Vlastní zpracování dat získaných ve firmě Hettich ČR

8.3.2 Využívání nástrojů štihlé výroby v Hettichu ČR

V rámci analýzy využívání nástrojů štihlé výroby v Hettichu ČR jsem použil stejnou metodiku jako při dotazníkovém šetření. Využil jsem vytvořený dotazník a požádal výrobního manažera zodpovědného za zinkovou výrobu o zodpovězení otázek ohledně úrovně zavedení jednotlivých nástrojů štihlé výroby. Následují odpovědi k jednotlivým nástrojům:

1. 5S – Organizované pracoviště – **Plně zavedeno**
2. SMED – Rychlé přeseřizování – **Částečně zavedeno**
3. Systém tahu – Plánování dle požadavků zákazníka – **Částečně zavedeno**
4. Kaizen – Systém zlepšování – **Plně zavedeno**
5. Vizualizace na dílně – **Částečně zavedeno**
6. TPM – Totálně produktivní údržba – **Plně zavedeno**
7. TQM – Komplexní řízení kvality – **Částečně zavedeno**
8. Poka-yoke – Chybu vzdorné operace – **Částečně zavedeno**
9. VSM – Mapování hodnotového toku – **Nezavedeno**
10. Standardizovaná práce – **Částečně zavedeno**

8.4 Definování potenciálů ke zlepšení

Z pohledu úrovně zavedení nástrojů štihlé výroby vychází štihlost zinkové výroby na úrovni 60 %. Při použití průměrné hodnoty ukazatele LTTL ze čtyř hlavních produktů vychází štihlost na 58,77 %. Tím, že jsou si obě hodnoty velmi podobné, mohou brát hodnotu štihlosti na úrovni okolo 60 % jako směrodatnou. Tato hodnota přibližně

odpovídá zjištěné celkové průměrné hodnotě podniků účastnících se mého výzkumu. Nejedná se tedy o špatný výsledek, ale poukazuje na určité potenciály ke zlepšení. Těmito potenciály jsou především nasazení nástroje VSM pro systematické hledání potenciálů pro zlepšení materiálových toků a dále zlepšení systému tahu a jeho integraci do plánovacích mechanismů.

8.4.1 Modifikovaná Value Stream Map

Na základě hodnot zjištěných pomocí ukazatele LTLI jsem se rozhodl provést analýzu tvorby front pomocí modifikované Value Stream Map. Pojem modifikovaný zde reprezentuje zaměření na analýzu rozpracované výroby a velikost front před jednotlivými pracovišti. Cílem bylo získat obraz o aktuálním stavu toku materiálu a jeho hromadění v různých fázích výrobního procesu. Souhrnné výsledky prezentuje tabulka č. 8.

Následující operace	Strojní separace		Ruční separace		Apretace - Externí		Apretace - omílání		Apretace - tryskání		Povrchové úpravy		Celkem	
	Bedny	Kusy	Bedny	Kusy	Bedny	Kusy	Bedny	Kusy	Bedny	Kusy	Bedny	Kusy	Bedny	Kusy
Lisy	256	1 233 786	5	3 200			70	5 550 000	62	1 050 397			393	7 837 383
Strojní separace							70	627 000	8	33 500		60 000	78	660 500
Ruční separace							17	6 700	22	17 500			39	24 200
Apretace - externí												67 450	0	0
Apretace - omílání												1 755 000	0	0
Apretace - tryskání												251 190	0	0
Celkem	256	1 233 786	5	3 200	0	0	157	6 183 700	92	1 101 397	0	2 133 640	510	8 522 083
Kapacita (za 1 hodinu)	4,5		0,5				4		5			65 563		
Fronta (ve dnech)	2,59		0,45				1,78		0,84			1,48		7,14

Tabulka č. 8: Výsledky mapování materiálových toků. Zdroj: Vlastní zpracování dat získaných ve firmě Hettich ČR

Cílem bylo zjistit, před kterými operacemi se kumuluje rozpracovaná výroba, a stanovit, jak dlouho musí přibližně produkty strávit čekáním ve frontě, než na ně na dané operaci přijde řada. Z výsledků vyplývá, že na zinkové výrobě se při analýze nacházelo 510 beden s celkovým množstvím cca 8,5 mil. kusů produktů v různých fázích rozpracovanosti. K tomu se ale musí připočíst dalších 6,5 mil. kusů na skladě čekajících na odvoz na povrchové úpravy. Fronty ve výrobě dohromady představují čekací dobu 7,14 dnů. Společně i se stavem na skladě to dělá dohromady 10,14 dnů.

Pro výpočet ukazatele LTLI jsem použil data týkající se pouze interní části zinkové výroby bez povrchových úprav a došel k průměrnému potenciálu na zkrácení doby výroby o 5,25 dne. Z modifikované VSM vyšla doba strávená ve frontách na zinkové výrobě bez produktů čekajících na povrchovou úpravu 5,66 dne. Z toho vyplývá, že kdyby byly veškeré fronty před pracovišti eliminovány, mělo by být dosaženo o něco málo kratší doby výroby, než byla získaná optimální doba výroby výpočtem pomocí LTLI.

8.5 Závěr případové studie

Cílem této případové studie bylo ukázat, jak lze přistoupit k analýze výrobního procesu za účelem hledání potenciálů k jeho zefektivnění. Nejedná se o komplexní analýzu využívání nástrojů štíhlé výroby a úrovně zavedení metody štíhlé výroby. Tyto analýzy a jejich aplikace jsou popsány v odborné literatuře poměrně obsáhle a nebylo cílem je zde nasazovat. Snahou bylo pohlédnout na štíhlost z obecného hlediska s využitím objektivních kvantifikovatelných metrik. A hlavně demonstrovat možnosti využití ukazatele LTLI v praxi reálného podniku a ověřit aplikovatelnost jeho výsledků pro budoucí zefektivňování výrobního procesu skrze zvyšování štíhlosti.

9 PŘÍNOSY

Cílem této dizertační práce bylo rozšířit současné poznání v oblasti optimalizace výrobních procesů, zavádění principů štíhlé výroby, a hlavně přinést nový pohled na možnost měření štíhlosti výrobních procesů. Jak moc se podařilo dostat těmto cílům, musí posoudit vědecká obec. Já se nyní pokusím shrnout svůj pohled na dosažené přínosy ze tří různých pohledů – přínosy pro teorii, praxi a pedagogiku.

9.1 Přínosy v oblasti teorie

Štíhlá výroba je metoda, která je známa už více než půl století. Na toto téma byla napsána spousta vědeckých článků a mnoho odborných knih. Každý autor nahlíží na štíhlou výrobu z jiného úhlu pohledu a zabývá se rozličnými aspekty této obsáhlé tematiky. I přes tak bohatou historii této metody zůstává téma měření štíhlosti opomíjeno. Jak bylo v mé práci představeno, hned z několika důležitých důvodů si myslím, že se jedná o významnou součást této metody.

Vytvořil jsem výpočet, o kterém jsem přesvědčen, že lze použít pro stanovení ukazatele sloužícího k měření štíhlosti výrobních procesů. Cocca s kolektivem (2019) na základě své rešerše literatury uvádí, že méně než polovina analyzovaných metod měření štíhlosti je univerzálně použitelná napříč různými odvětvími a pouze malá část těchto metod byla testována v praxi na více podnicích. Díky mému výzkumu a získaným datům z reálných výrobních podniků se mi podařilo prokázat použitelnost tohoto výpočtu v praxi napříč různými odvětvími a typy výrobních procesů. A i přes určitá omezení u specifických typů výrobních procesů se domnívám, že se jedná o ve své podstatě univerzální nástroj.

Sám o sobě tento nástroj nezajistí úspěšnou implementaci principů štíhlé výroby a nezvýší výkonnost podniku. Dokáže ale tento proces významně podpořit, vytvořit motivaci pro lidi, kteří jej řídí a podílejí se na něm, a tím zvýšit pravděpodobnost úspěchu a efektivnost tohoto procesu. Proto si myslím, že by se měl stát součástí metodik zavádění štíhlé výroby.

Také díky možnosti měřit efekty zavádění nových nástrojů ve výrobním procesu se dají hodnotit jejich reálné přínosy. Pro mnohé autory by mohl sloužit jako nástroj pro ověřování a hodnocení jimi navržených metodik nebo nových nástrojů pro optimalizaci výrobních procesů. Jedná se o dobrý nástroj pro ověřování hypotéz na téma štíhlá výroba. Mohl by se také stát součástí komplexnějších nástrojů pro měření souhrnné výkonnosti a stavu podnikových procesů.

Je zde také potenciál pro další bádání. Ověření výpočtu na větším souboru dat nebo úprava, případně doplnění, výpočtu tak, aby byl opravdu plně univerzální a použitelný na všechny typy výrobních procesů. Případně i možnost vědeckého bádání v oblasti použitelnosti principu výpočtu pro nevýrobní procesy a jejich měření a hodnocení.

9.2 Přínosy pro praxi

Z pohledu praxe je hlavním přínosem vytvoření nástroje, který dokáže relativně jednoduše vypočítat úroveň štíhlosti na základě objektivních podnikových dat. Pokud podnik použije štíhlost jako jeden z měřených ukazatelů, získá tím hned několik benefitů:

- 1. Komplexnější pohled na efektivnost svých výrobních procesů** – jak bylo popsáno v předchozích částech práce, štihlost měřená pomocí doby výroby v sobě obsahuje ucelený pohled na výrobní proces zahrnující různé dílčí aspekty. Zároveň dochází k měření v dnešní době velmi důležité vlastnosti (hlavně z pohledu zákazníků), a tou je, jak moc dochází v daném výrobním procesu k plýtvání, respektive jaké procento činností představují činnosti nepřidávající hodnotu.
- 2. Možnost měřit postup/efekt při zavádění nových nástrojů ve výrobě** – ve výzkumu jsem se zaměřil na zavádění metod štíhlé výroby, ale jak bylo zmíněno dříve, obecně lze měřit efekty z pohledu štíhlosti výrobního procesu u jakékoliv implementace nové metody nebo nástroje. Lze změřit počáteční stav, na základě něho vydefinovat cílový stav, měřit průběžné výsledky a také finální výsledek, který se může porovnávat s požadovaným výsledkem. To vše lze použít pro motivaci lidí podílejících se na implementaci, ale i k motivaci udržení stávajícího stavu.
- 3. Benchmarking** – schopnost měřit různé výrobní procesy a porovnávat dosažené výsledky přináší možnost srovnání. A to srovnání jak jednoho procesu v průběhu času, tak i různých výrobních procesů mezi sebou. Pomocí LTLI lze srovnávat různé výroby v rámci jednoho podniku nebo v rámci většího holdingu. Dají se porovnávat různé podniky v rámci odvětví nebo mezi odvětvími. Lze tak vydefinovat TOP podniky v určitém segmentu a vůči nim provádět srovnání. Mohou se také hodnotit a porovnávat externí dodavatelé, kooperanti apod.

V průběhu výzkumu a komunikace s manažery z různých podniků jsem se setkal s odlišnými přístupy k mému ukazateli a mému bádání. Jednal jsem s manažery, kteří o tuto problematiku neprojevovali výraznější zájem, ale našlo se celkem dost takových, kteří projevíli zájem. Zajímal je princip výpočtu, aspekty, které jej ovlivňují, a hlavně dosažené výsledky jejich podniku, případně porovnání s konkurenty. Někteří dokonce uvažovali o další spolupráci a širším využití výpočtu v jejich podniku. Dokonce se stalo, že v rámci těchto diskuzí byla objevena další možnost využití výpočtu v praxi. Osobně věřím, že souhrnné zveřejnění výsledků a ověření hypotéz tento zájem do budoucna ještě více podpoří.

V průběhu výzkumu jsem se také setkal se zájmem o propojení výpočtu s finančními výsledky podniku, respektive o vytvoření vazby mezi zvýšením štíhlosti výrobního procesu a zlepšením finančních výsledků. Určitou dobu jsem nad touto vazbou uvažoval, ale nakonec jsem se rozhodl ji do mého výzkumu nezahrnovat. Určitě se ale jedná o oblast, která by stála za větší bádání a která by přitahovala pozornost hlavně vyšších manažerů výrobních podniků, případně poradenských firem.

Sekundárním přínosem pro praxi bylo zmapování současného stavu štíhlosti výrobních podniků. Jak jsem již zmínil výše, je to oblast, o kterou projevilo zájem hodně dotazovaných manažerů. Vytvoření rozsáhlé databáze s hodnotami štíhlosti různých výrobních podniků by jistě bylo vítáno. Zároveň jsou zjištěné výsledky určitým signálem jak pro praktiky, tak i teoretiky, že z pohledu štíhlosti je stále v podnicích co zlepšovat a potenciály pro úspory jsou velké.

9.3 Přínosy pro pedagogiku

Přínosem pro pedagogiku je rozšíření oblasti hodnocení výrobních podniků o nový přístup zaměřený na výrobní procesy. Měření štihlosti výrobních procesů může být netradiční způsob analýzy jejich efektivnosti. Zaměření na měření přínosů moderních metod optimalizace výroby může sloužit jako doplněk ke klasickým metodám analýzy produkčních systémů, a dokonce může aspirovat i na jejich náhradu.

Dále může případová studie sloužit jako vzorový postup, jak analyzovat reálné výrobní systémy s cílem hledat potenciály na zlepšení ve formě zvýšení štihlosti. Navržený postup, jak přistoupit k budoucímu zefektivnění výrobního procesu, se na základě mých zkušeností z praxe dá aplikovat na různé typy výrobních podniků. Tím by mohl sloužit jako určitý standard ve výuce, jak docílit relativně rychlých a významných pokroků směrem k zefektivnění výrobního procesu.

Lead Time Leanness Indicator společně s postupem, jak zefektivňovat výrobní procesy, mohou sloužit například při cvičeních v předmětu Strategické řízení výroby v magisterském studiu programu Strategický rozvoj podniku, dále může sloužit v předmětech Operativní management výroby, Řízení zásob, Procesní management a Projektový management v bakalářském studiu.

ZÁVĚR

Zaměření této dizertační práce je na oblast měření štihlosti výrobních procesů. Pojem štihlost vychází v odborné literatuře primárně z metody štihlé výroby, jako způsob měření pokroku ve využívání nástrojů této metody a jejich přínosů pro podnik. Nicméně v této práci je pojem štihlost používán v širším pojetí, kdy je považována za vlastnost výrobního procesu, která definuje míru jeho efektivity.

Práce vychází ze sekundárního výzkumu, kdy byla provedena rešerše odborné literatury v oblasti štihlé výroby a měření štihlosti výrobního procesu. Doplňkovou oblastí této rešerše byla stručná historie přístupů k řízení výroby, dále vliv štihlé výroby z pohledu makroekonomie na rozvoj státu a v neposlední řadě také vzájemné působení a ovlivňování štihlé výroby a Průmyslu 4.0.

Z rešerše literatury ve spojitosti s vlastními zkušenostmi z výrobní praxe vznikl ukazatel štihlosti postavený na době výroby - Lead Time Leanness Indicator. V dizertační práci je detailně popsán princip tohoto ukazatele, postup jeho výpočtu a také rozličné aspekty, které jej ovlivňují. Dále je prezentována provázanost ukazatele s některými základními nástroji štihlé výroby.

V další fázi bylo přistoupeno k primárnímu výzkumu, kdy za pomoci dotazníkového šetření byly získány odpovědi od 50 výrobních podniků. Na základě těchto dat došlo k testování možnosti používání ukazatele v širším měřítku. Byly zvoleny tři hypotézy tak, aby na jejich základě mohlo být rozhodnuto o univerzálnosti využití ukazatele LTLI napříč odlišnými typy výrobních podniků. Všechny tři hypotézy se podařilo na vzorku 50 podniků potvrdit.

Potvrzení hypotéz i celkový průběh dotazníkového šetření ukázal, že ukazatel LTLI je vhodným nástrojem pro měření štihlosti výrobních procesů. I když existují určité oblasti, kde nasazení tohoto ukazatele má svá omezení, u většiny běžných výrobních procesů se dá použít jako benchmark pro porovnávání různých podniků mezi sebou, může sloužit jako hodnotící kritérium při rozhodování o úrovni efektivity výrobních procesů a také pro stanovení cílové úrovně pro různé projekty zaměřené na zavádění nástrojů štihlé výroby nebo obecně optimalizaci výrobního procesu.

Pro ukázkou použití ukazatele LTLI v praxi byla zvolena forma případové studie, kdy byl na konkrétním výrobním podniku demonstrován možný přístup k analýze výrobního procesu. Za použití ukazatele LTLI byla stanovena současná úroveň štihlosti a zároveň potenciály ke zlepšení. Tyto výsledky byly podpořeny analýzou za použití klasických ukazatelů a také za použití modifikované Value Stream Map, která potvrdila úroveň zjištěných potenciálů ke zlepšení. Na základě takto získaných informací byl navržen postup, jak tento výrobní proces v budoucnu zlepšit.

Štihlá výroba je celosvětový fenomén v oblasti optimalizace podnikových procesů. I když se nejedná o žádnou novinku, jsem přesvědčen, že její potenciály nejsou stále plně využity, a i na základě získaných informací z rozhovorů v průběhu výzkumu vím, že mnoho podniků nejen v České republice má velké rezervy v oblasti efektivity svých výrobních procesů. Věřím, že navržený ukazatel Lead Time Leanness Indicator může výrazně pomoci při odhalování těchto rezerv a že dokáže přispět ke zvýšení celkové efektivity výrobních podniků.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- ANVARI, A., ZULKIFLI, N. and YUSUFF, R.M. 2013. A dynamic modeling to measure lean performance within lean attributes. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 66, No. 5-8, pp. 1-15.
- ASKIN, R.G. and GOLDBERG, J.B. 2007. Design and analysis of lean production systems. *John Wiley & Sons*.
- BHAMU, J. and SANGWAN, K.S., 2014. Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 34, No. 7, pp. 876-940.
- BIDHENDI, S.S., GOH, S. and WANDEL, A. 2019. Development of a weighted leanness measurement method in modular construction companies. *Journal of Industrial Engineering International*. Vol. 15, No. 4, pp. 603-625.
- BONNEY, M.C., ZHANG, Z., HEAD, M.A., TIEN C.C. and BARSON, R.J. 1999. Are push and pull systems really so different?. *International Journal of Production Economics*, Vol. 59, No. 1-3, pp. 53-64.
- BS 5192: Guide to production Control Part I: 1993, *British Standards Institution*, London.
- CHAVA, F.N. and DAVID, N. 1996. Research methods in the social sciences. *University of Wisconsin*, London.
- CHAY, T., TIWARI, Y. and CHAY, F. 2015. Towards lean transformation: the analysis of lean implementation frameworks, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 66, No. 26, pp. 1031-1052.
- COCCA P., MARCIANO F., ALBERTI M. and SCHIAVINI D. 2019. Leanness measurement methods in manufacturing organisations: a systematic review, *International Journal of Production Research*. Vol. 57, No. 15-16, pp. 5103-5118.
- D'AVENI, R.A. 1994. Hyper-Competition. *Simon & Schuster*. New York, NY.
- DETTY, R.B. and YINGLING, J.C. 2000. Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: a case study. *International Journal of Production Research*. Vol. 38, No. 2, pp. 429-445.
- DISMAN, M. 2002. Jak se vyrábí nová sociologická znalost. *Karolinum*, Praha.
- FOGARTY, D.W. 1992. Work in process: performance measures. *International Journal of Production Economics*. Vol. 26, No. 1-3, pp. 169-172.
- GODDARD, W.E. and BROOKS, R.B. 1984. Just-in-time: a goal for MRP II. *Readings in Zero Inventory*, Conference Proceedings APICS, 1984.
- GRÖBNER, M. 2007. Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Just-in-time-, Just-in-sequence und One-piece-flow-Fertigungskonzepten. In Dickmann, P. (ed) *Schlanker Materialfluss: mit Lean Production, Kanban und Innovationen*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Vieweg. pp. 14-17.
- HOPP, W.J. and SPEARMAN, M.L. 2008. Factory physics - 3rd edition. *New York: The McGraw-Hill/Irwin*.

- HU, S.J. 2013. Evolving Paradigms of Manufacturing: From Mass Production to Mass Customization and Personalization. na konferenci *Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems 2013*, Procedia CIRP 7. pp. 3–8.
- JADHAV, J.R., MANTHA, S.S. and RANE, S.B. 2014. Exploring barriers in lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 5, No. 2, pp. 122-148.
- KOLBERG, D. and ZÜHLKE, D. 2015. Lean automation enabled by industry 4.0 technologies. *IFAC-PapersOnLine*. Vol. 48, No. 3, pp. 1870-1875.
- LASI, H., FETTKE, P., KEMPER, H-G., FELD, T. and HOFFMANN, M. 2014. Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*. Vol. 6, No. 4, pp. 239-242.
- LEYH, C., MARTIN, S. and SCHÄFFER, T. 2017. Industry 4.0 and Lean Production—A matching relationship? An analysis of selected Industry 4.0 models. In *2017 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*. pp. 989-993. IEEE.
- LIKER, J. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill, NY.
- LITTLE, J.D.C. 1961. A proof for the queuing formula: $L=\lambda W$. *Operations Research*. Vol. 9, No. 3, pp. 383-387.
- MENARD, C. 1996. Why organizations matter: a journey away from the fairytale. *Atlantic Economic Journal*. Vol. 24, No. 4, pp. 281-300.
- MOLNÁR, Z., MILDEOVÁ, S., ŘEZANKOVÁ, H., BRIXÍ, R. and KALINA, J. 2012. Pokročilé metody vědecké práce. *Zeleneč: Profess Consulting*.
- PLENERT, G. 1999. Focusing material requirements planning (MRP) towards performance. *European Journal of Operational Research*. Vol. 119, No. 1, pp. 91-99.
- ROSIN, F., FORGET, P., LAMOURI, S. and PELLERIN, R. 2020. Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles. *International Journal of Production Research*. Vol. 58, No. 6, pp. 1644-1661.
- SAMUEL, D., FOUND, P. and WILLIAMS, S.J. 2015. How did the publication of the book *The Machine That Changed The World* change management thinking? Exploring 25 years of lean literature. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 35, No. 10, pp. 1386-1407.
- SANDERS, A., ELANGESWARAN, C. and WULFSBERG, J.P. 2016. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*. Vol. 9, No. 3, pp. 811-833.
- SANIDAS, E. 2002. Manufacturing Sectoral Growth in the USA and Japan: Relevance to SMEs. Organizational Innovations (OIs), and Recent Economic Growth. Working paper, *University of Wollongong, Department of Economics, and Proceedings of the Second Conference on 'SMEs in a Global Economy'*, 12-13 July, 2002, Wollongong.
- SANIDAS, E. and SHIN, W. 2017. Lean production system and economic development across the world today. *International Journal of Economics & Management Sciences*. Vol. 6, No. 6.

- SHAH, R. and WARD, P.T. 2003. Lean manufacturing: context, practice bundles, and Performance. *Journal of Operations Management*. Vol. 21, No. 2, pp. 129-149.
- STEVENSON, M., HENDRY, L.C. and KINGSMAN, B.G. 2005. A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry. *International Journal of Production Research*. Vol. 43, No. 5, pp. 869-898.
- SWAMIDASS, P.M. 2007. The effect of TPS on US manufacturing during 1981–1998: inventory increased or decreased as a function of plant performance. *International Journal of Production Research*. Vol. 45, No. 16, pp. 3763-3778.
- TARDIF, V. and MAASEIDVAAG., L. 2001. An adaptive approach to controlling Kanban systems. *European Journal of Operational Research*. Vol. 132, No. 2, pp. 411-424.
- TAYAKSI, C., SAGNAK, M. and KAZANCOGLU, Y. 2020. A New Holistic Conceptual Framework for Leanness Assessment. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*. Vol. 5, No. 4, pp. 567-590.
- TAYLOR, F.W. 1911. The principles of scientific management. New York: *Harper & Brothers*.
- TUČEK, D and DLABAČ, J. 2012. Lean production systems in practice. In *Proceedings of the 6th international conference on Applied Mathematics, Simulation, Modelling*. pp. 161-166.
- VENKATESH, K., ZHOU, M.C., KAIGHOBADI, M. and CAUDILL, R. 1996. A Petri net approach to investigating push and pull paradigms in flexible factory automated systems. *International Journal of Production Research*. Vol. 34, No. 3, pp. 595-620.
- VOSS, C.A. 1995. Alternative paradigms for manufacturing strategy. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 15, No. 4, pp. 5-16.
- WAN, H.D. and CHEN, F.F. 2008. A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives. *International Journal of Production Research*. Vol. 46, No. 23, pp. 6567-6584.
- WOMACK, J.P., JONES, D.T. and ROOS, D. 1990. The Machine That Changed The World. *Rawson Associates*, NY.

Životopis

Ing. Michal Medonos

Narozen: 7.6.1986
Trvalé bydliště: Ječná 46, Jihlava
Telefon: +420 723 961 145
E-mail: medonos7@gmail.com
Rodinný stav: ženatý, 2 děti



Vzdělání:

2014 - nyní - **Vysoké učení technické v Brně**

Fakulta podnikatelská - doktorské studium

- Obor řízení a ekonomika podniku
- Téma dizertační práce: Měření štíhlosti výrobního procesu

2005 - 2010 - **Vysoká škola ekonomická v Praze**

Fakulta Informatiky a statistiky - magisterské studium

- Hlavní obor Matematické metody v ekonomii
- Státní zkouška z vedlejší specializace Oceňování podniku

Titul: Ing

1997 - 2005 - **Gymnázium**

Předchozí praxe:

1.1.2019 – nyní – **Hettich ČR, k.s.** (nábytkové kování)

- Supply Chain Manager - zodpovědnost za řízení logistiky a výrobní plánování (35 lidí)

30.11.2016 – 31.10.2018 - **Masonite CZ, spol. s r.o.** (výroba interiérových dveří)

- Manažer výroby - zodpovědnost za řízení kompletní výroby a přidružených útvarů (cca 100 lidí)

15.9.2010 - 31.1.2016 - **Motorpal, a.s.** (výroba vstřikovacích zařízení do dieslových motorů)

- Manažer pro výrobu a logistiku
- Manažer výroby
- Manažer logistiky
- Vedoucí útvaru MPS (Motorpal Production System)
- Projektový manažer (člen Motorpal Production System týmu)

Jazykové znalosti:

- Angličtina - pokročilý
- Němčina - mírně pokročilý

Práce s počítačem:

- MS Office - hlavně MS Excel a MS Access (SQL), datové sklady
- Kurzy technického kreslení 2D (AutoCAD) a 3D modelování (Inventor)
- Základy programování (C++, Delphi, Visual Basic), základy HTML
- Programy pro matematické modelování (Lingo, MPL), programy pro simulace (Simul8, Simprocess) a s programy pro podporu projektů MS Project a MS Visio

Další dovednosti:

- Znalost matematického programování
- Znalost využití počítačové simulace pro analýzu a optimalizaci procesů
- Organizační schopnosti, preciznost, svědomitost, kreativita, logické myšlení, vedení velkého kolektivu
- Řidičský průkaz skupiny B

Zájmy:

- Sport - volejbal, squash, lyžování
- Hudba - aktivně i pasivně
- Domácí kutilství

Publikační činnost

2022

MEDONOS, M., and Jurová, M. 2022. Lead Time Leanness Indicator – článek připravený k publikování

2021

MEDONOS, M. 2021. Leanness level of manufacturing companies - a survey on lean manufacturing implementation. *Acta academica karviniensia*. Vol. 21, No. 2, pp. 54-65.

2019

MEDONOS, M., and Jurová, M. 2019. Production lead time as a tool to measure leanness level. *Acta academica karviniensia*. Vol. 19, No. 4, pp. 42-50.

2017

MEDONOS, M., and JUROVÁ, M. 2017. Measuring the level of leanness of production - use of production lead time. *Sborník vědeckých prací University Pardubice*. Vol. 24, No. 40, pp. 143-153.

2016

MEDONOS, M., and JUROVÁ, M. 2016. Implementing lean production - Application of Little's law. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. Vol. 64, No. 3, pp. 1013-1019.

2015

ŽÁKOVSKÁ, M. and Medonos, M. 2015. Význam systémů pro plánování výroby při zavádění štíhlé výroby. *Sborník z konference ISeC 2015 PROCEEDINGS*, 20.7.2015, Bratislava.

MEDONOS, M., and JUROVÁ, M. 2015. Implementing lean production - why copying Toyota doesn't always work?. *Perspektives of Business and Entrepreneurship Development*. Brno: Ing. Vladislav Pokorný – LITERA, pp. 58-58.