



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ
FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV MANAGEMENTU
INSTITUTE OF MANAGEMENT

VYUŽITÍ PRINCIPŮ ŠTÍHLÉHO ŘÍZENÍ VE VÝROBĚ ELEKTROMOTORŮ

APPLICATION OF LEAN PRINCIPLES IN THE MANUFACTURING OF
ELECTROMOTORS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Viktor Ján Miko

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Vladimír Bartošek, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav managementu
Student:	Viktor Ján Miko
Studijní program:	Procesní management
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	Ing. Vladimír Bartošek, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává bakalářskou práci s názvem:

Využití principů štihlého řízení ve výrobě elektromotorů

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod

Cíle práce, metody a postupy zpracování

Teoretická východiska práce

Analýza současného stavu

Vlastní návrhy řešení

Závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Cílem bakalářské práce je návrh na odstranění úzkých míst ve výrobě elektromotorů pomocí aplikace principů štihlé výroby.

Základní literární prameny:

BARTOŠEK, Vladimír, Josef ŠUNKA a Matuš VARJAN. Logistické řízení podniku v 21. století. Brno:

CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-824-3.

BIGOŠ, Peter. Materiálové toky a logistika II: logistika výrobných a technických systémov. Košice: TU v Košicích, 2005. ISBN 80-8073-263-9.

GEORGE, Michael L., Dave ROWLANDS a Bill KASTLE. Co je Lean Six Sigma? Brno: SC&C Partner, 2005. ISBN 80-239-5172-6.

JUROVÁ, Marie. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 97880-247-5717-9.

KERBER, Bill, DRECKSHAGE Brian J. Lean Supply Chain Management Essentials: A Framework for Materials Managers, USA: Taylor and Francis group 2011. 258 s. ISBN 978-1-4398-4082-5.

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006. ISBN 80-86851-38-9.

LIKER, Jeffrey K. Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce. Praha:

Management Press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně dne 28.2.2021

L. S.

doc. Ing. Robert Zich, Ph.D.
ředitel

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.
děkan

Abstrakt:

Bakalárska práca sa zaoberá využitím princípov štihlej výroby v konkrétnej montážnej hale, vo výrobe elektromotorov s osovou dĺžkou nad 153 cm. Teoretická časť je venovaná popisu, čo znamená štíhla výroba, jej prínosy, kvality a nedostatky. Analytická časť je zameraná na analýzu úzkych miest priamo vo výrobe, výpočet dĺžky prestojov a zistenie možností ich odstránenia. V návrhovej časti je ponúknutý návrh na zmenu rozloženia pracovísk, pričom v ekonomickej časti je tento návrh posúdený z pohľadu investície.

Abstract:

The bachelor's thesis deals with the use of the principles of lean production in a specific assembly hall, in the production of electric motors with an axial length over 153 cm. The theoretical part is devoted to the description of the meaning of lean production, its benefits, qualities and shortcomings. The analytical part is focused on the analysis of bottlenecks directly in production, calculation of downtime, and finding out the possibilities of their elimination. The proposal part offers a proposal to change the layout of workplaces, while in the economic part, this proposal is assessed in terms of investment.

Klíčová slova:

štíhla výroba, štíhle principy, štíhly management, elektromotory, jednotný tok materiálu

Key Words:

lean manufacturing, lean principles, lean management, electromotors, one-piece flow

Bibliografická citácia

MIKO, Viktor Ján. *Využití principů štihlého řízení ve výrobě elektromotorů*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132699>.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Vladimír Bartošek.

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že predložená bakalárska práca je pôvodná a spracoval som ju samostatne. Prehlasujem, že citácia použitých prameňov je úplná, vo svojej práci som neporušil autorské práva (podľa Zákona č. 121/2000 Sb. o autorskom práve a o právach súvisiacich s autorským právom).

V Brne dňa 16. mája 2021

.....

podpis autora

Pod'akovanie

Moja vďaka patrí vedúcemu práce, pánovi Ing. Vladimírovi Bartoškovi, Ph.D. za veľmi kvalitné vedenie, ochotu a pomoc, ktorou mi kontinuálne pomáhal prekonať akékoľvek prekážky. Pod'akovanie patrí aj pánovi Ing. Jánovi Motyčkovi za podporu a možnosť spracovania bakalárskej práce.

Obsah

Úvod	8
1. Cieľ, metódy a postupy	9
1.1. Hlavný cieľ	9
1.2. Čiastkové ciele	9
1.3. Metódy	9
2. Teoretická časť	10
2.1. Logistika	10
2.1.1. Supply Chain Management	10
2.1.2. Materiálový management	10
2.2. Enterprise Resource Planning	11
2.2.1. Nedostatky s ERP systémom v make-to-order prostredí	12
2.3. Lean management, filozofia, podnik	13
2.3.1. Päť princípov Lean	14
2.3.2. Lean zameranie na tri hlavné oblasti plytvania	16
2.3.3. House of Toyota Framework	16
2.3.4. Ďalšie ohľady v Lean	20
2.3.5. Pohľad na TPS zo strany Toyota leadera	21
2.4. Metódy štíhlej produkcie	24
2.4.1. Value Stream Map	25
2.4.2. Flow Process Chart	26
2.4.3. Single Minute Exchange of Die	26
2.4.4. Just In Time	26
2.4.5. 5S	27
3. Analytická časť	28

3.1. Predstavenie spoločnosti	28
3.2. Opis súčasného stavu	30
3.3. Analýza súčasného stavu	31
3.3.1. Výrobok č. 698233	33
3.3.2. Výrobok č. 698574	37
3.3.3. Výrobok č. 697853	39
3.4. Zhrnutie	41
4. Návrhová časť	42
4.1. Návrh riešení pre jednotlivé zákazky	42
4.1.1. Zákazka č. 698233	43
4.1.2. Zákazka č. 698574	44
4.1.3. Zákazka č. 697853	45
4.2. Záverečný návrh	46
5. Ekonomické zhodnotenie	47
5.1. Rentabilita investície	47
5.1.1. Zákazka č. 698233	48
5.1.2. Zákazka č. 697853	49
6. Záver	50
7. Zoznam tabuliek	52
8. Zoznam použitých zdrojov	51
9. Zoznam skratiek	53
10. Zoznam obrázkov	54

Úvod

Základným princípom a hnacím mechanizmom akejkoľvek firmy je generovať zisk. Vo výrobných firmách, hlavne v tých zameraných na strojárenskú výrobu, bola už v minulosti vyvíjaná snaha o zlepšenie, zrýchlenie, zefektívnenie výroby, pretože práve konečný produkt bol hlavným zdrojom zisku.

Prvá prelomová zmena vo výrobnom priemysle nastala v automobilovej výrobe. Za tento pokrokový a doteraz vo veľkom používaný systém pásovej výroby priemysel vďačí Henrymu Fordovi. Aby prekonal konkurenciu, hľadal spôsoby, ako zaviesť výrobu tak, aby dosiahol nepretržitý tok materiálu, štandardizované diely a čo najmenej strát.

Jeho vízia korelovala s víziami japonskej firmy Toyota, ktorá pár desaťročí po Fordovi predstavila svetu takzvanú štíhlu výrobu. Základom štíhlej výroby je vyrábať dosiahnuť nulové straty a chyby, neustále znižovanie cien, odstránenie skladových zásob a neobmedzenú variáciu produktov.

Samozrejme, dosiahnuť dokonalú štíhlu výrobu takmer nie je možné, avšak už len snaha o vedenie podniku týmto spôsobom je z pohľadu zefektívnenia výroby dostatočná. Môže byť teda povedané, že štíhla výroba smeruje k dosiahnutiu vyššie spomenutých konceptov vyvíjaním neustálej snahy o zavedenie týchto systémov.

V tejto bakalárskej práci bude štíhla výroba predstavená ako nástroj zvyšovania efektivity na konkrétnom príklade z výrobnej, strojárenskej firmy.

1. Cieľ, metódy a postupy

1.1. Hlavný cieľ

Hlavným cieľom bakalárskej práce je pomocou aplikácie princípov štíhlej výroby vypracovať návrh na odstránenie úzkych miest vo výrobe elektromotorov v montážnej hale NBG, zameranej na výrobu rotorov a statorov s osovou výškou nad 153 cm.

1.2. Čiastkové ciele

Na splnenie hlavného cieľa budú postupne plnené ciele čiastkové. Medzi ne patrí:

- teoretické vysvetlenie problematiky
 - teória, história a prínosy štíhlej výroby
- analytické zhodnotenie vybranej časti podniku
 - analýza dát, na základe ktorej budú odhalené úzke miesta
- návrh riešenia a ekonomické zhodnotenie
 - navrhnuté riešenie na zistený problém na základe využitia princípov štíhlej výroby
 - ekonomické zhodnotenie prínosov navrhnutého riešenia, vyjadrenie nákladov na jeho zavedenie
- formulácia záveru a zistených údajov

1.3. Metódy

Metódy využité na odstránenie plytvania budú:

- JIT výroba (Just-In-Time)
- 5S
- Zmena rozloženia pracoviska (štíhly layout) so zámerom dosiahnuť jednotný tok materiálu

2. Teoretická časť

V úvode teoretickej časti budú najprv predstavené pojmy, ktoré úzko súvisia s oblasťou výskumu, teda štíhlou výrobou a štíhlym managementom. Cieľom tejto teoretickej časti bude tieto pojmy opísať v dostatočnom rozsahu, aby sme mohli nadviazať na opis samotného štíhleho managementu. Vzhľadom na medzinárodné pojmá a dopad štíhleho managementu a výroby budeme v tejto práci referovať na niektoré pojmy v prvom rade v angličtine.

2.1. Logistika

„Riadenie logistiky je proces plánovania, realizácie a riadenia efektívneho, výkonného toku a skladovania materiálu, služieb a súvisiacich informácií z miesta vzniku do miesta spotreby, ktorého cieľom je uspokojovanie požiadaviek zákazníka.“ (BIGOŠ, 2005)

Táto definícia podľa americkej organizácie The Council of Logistics Management (Rada pre správu logistiky) opisuje pojem podrobne a presne.

2.1.1. Supply Chain Management

Dodávateľský reťazec (Supply Chain) vyjadruje organizáciu priebehu a životného cyklu samotného výrobku od surového materiálu, cez polotovary až do finálnej verzie, kedy si výrobok prevezme zákazník, pomocou toku informácií, fyzickej distribúcie a peňazí. (KERBER, a iní, 2011)

2.1.2. Materiálový management

Materiálový management môžeme definovať ako zoskupenie funkcií managementu podporujúcich kompletný cyklus toku materiálu, od nákupu a vnútornej kontroly výrobných materiálov po plánovanie a kontrolu rozpracovanej výroby, skladovania, dopravy a distribúcie konečného produktu.

Materiálový management je vlastne časť dodávateľského reťazca, ktorá fyzicky prebieha v samotnej budove spoločnosti, ešte zahŕňajúca prvý level dodávateľov. V nasledujúcich častiach pokryjeme tento management z pohľadu Lean.

Zodpovednosťou manažérov dodávateľských reťazcov je zaobstarať efektívny tok materiálu, väčšinou od predpovedí až po distribúciu. Ciele sú zase dodať zákazníkovi očakávanú úroveň kvality a minimalizovať náklady v samotnom reťazci.

Podľa Lean filozofie sa zodpovednosť týchto manažérov nemení, avšak ciele určité áno. Minimalizovanie nákladov v dodávateľskom reťazci nemusí vždy znamenať odstránenie mrhania, čo je základným cieľom Lean. Zároveň existuje mnoho názorov, že maximalizácia využitia firemných zdrojov je tiež jedným z cieľov, avšak to častokrát vedie k nesprávnym rozhodnutiam. (KERBER, a iní, 2011)

Ďalšími bežnými cieľmi pre manažérov dodávateľských reťazcov sú:

- optimalizovať využitie firemných aktív
- minimalizovať aktíva
- kontrolovať stupne inventáru
- znížiť zásobovacu základňu
- s cieľom znížiť náklady usilovať o outsourcing

2.2. Enterprise Resource Planning

„ERP (podnikové plánovanie zdrojov) je rámec obchodného modelu, ktorý slúži na plánovanie využitia všetkých zdrojov firmy, začínajúc pri strategickom plánovaní a končiac až pri vykonaní. Procesné disciplíny sú neoddeliteľnou súčasťou úspešnej predvídateľnosti ERP a systémy riadenia môžu poskytnúť spoľahlivosť. ERP systémy sú nástroje informačných technológií a software, vďaka ktorým môžu byť niektoré procesy automatizované, zatiaľ čo informácie sú zdieľané vo všetkých zainteresovaných oblastiach a obchodné transakcie môžu byť efektívne spracované.“

Tento rámec funguje najlepšie v oblasti výroby, ktorá sa nazýva make-to-stock, teda výroba na sklad. Avšak nevýhody prevažujú hlavne v oblastiach ako je make-to-order (výroba na objednávku), engineer-to-order alebo v spracovateľských priemysloch. Keďže v ERP systéme je zameranie na sklad a inventár, jeho efektivita výrazne klesá v prostrediach, kde je inventár menej dôležitý ako zákaznický servis.

ERP systémy teda rozhodne vynikajú svojou kvalitou v make-to-stock prostrediach, no keďže sú založené na predpovediach, pri prenesení do prostredia make-to-order vzniká priveľa nepresností, ktoré produkujú stále viac a viac mrhaní, až dokým mrhanie nie je neudržateľné. (KERBER, a iní, 2011)

2.2.1. Nedostatky s ERP systémom v make-to-order prostredí

Plánovanie v tomto tradičnom systéme je vedené hlavne predpoveďami, respektíve predpokladmi. Hlavným problémom je, že nikdy nemôžeme vysloviť takýto predpoklad s istotou naplnenia. V prostredí make-to-stock, čo znamená výroba na sklad, si môžeme dovoliť tvoriť skladové zásoby (ktorý môžeme priamo nazvať mrhaním), pretože dopyt po našom produkte je relatívne stály a predpovede sú tým pádom v medziach presnosti. V prostredí make-to-order sa však stretávame s problémom nestálosti dopytu, keďže pracujeme s viacerými položkami naraz. Tvorba inventáru pre nás potom predstavuje mrhanie, pretože nedokážeme v medziach presnosti predpovedať, kedy náš výrobok sklad opustí. Udržiavanie fyzických polotovarov či surových materiálov nám spôsobuje náklady či už z hľadiska samotného skladovacieho priestoru, alebo kvôli nutnosti zamestnávania skladníkov, dokonca mrhaním sú pre nás aj nevyužitú aktiva firmy. Majetok, ktorý sme vložili do materiálu, ktorý nám potom stojí na sklade, sme mohli využiť v iných častiach firmy na zlepšenie chodu. To je práve to mrhanie pri tvorbe na sklad.

ERP systém funguje, pokiaľ sú dodržané a splnené určité požiadavky. Musíme počítať s tým, že ERP systém už nie je iba o materiálovom plánovaní. Obsahuje aj funkcie, ktoré sa zameriavajú napríklad na ľudské zdroje, dlhodobý majetok a mnoho iných, kvôli čomu sa musíme zmieriť s tým, že ERP systém sa bude používať ešte dlho.

Pokiaľ používame ERP systém, pričom zároveň aplikujeme Lean princípy, ako napríklad 5S, Kanban a podobne, nemôžeme hovoriť o štíhlej výrobe, pretože táto výroba je obmedzená kvôli nekompatibilite medzi týmito dvomi systémami. (KERBER, a iní, 2011)

2.3. Lean management, filozofia, podnik

Štíhly management je pojem, ktorému je treba rozumieť ako uplatnenie princípov štíhlej výroby na celopodnikovú úroveň. Nepriamo sa toto uplatnenie na všetky podnikové činnosti prenáša aj na celý logistický reťazec. Je nutné brať na zreteľ fakt, že konečnú hodnotu ocení len konečný zákazník. (BARTOŠEK, a iní, 2014)

Ďalej môžeme určiť, že Lean je filozofia, ktorá sa snaží dosiahnuť tieto ciele:

1. zamerať sa na hodnotu toku s ohľadom na zákazníka
2. eliminovať mrhanie zo všetkých procesov
3. vhodne nastaviť zdroje (stroje, materiál, ľudí, čas, ...)
4. poskytnúť nástroje pre ľudí na neustále zlepšovanie ich práce

Medzi Lean výrobou a podnikom existuje rozdiel.

Lean výroba je filozofia výroby, ktorá zdôrazňuje minimalizáciu množstva zdrojov, vrátane času, použitých pri rôznych aktivitách podniku. Zahŕňa identifikáciu a odstránenie aktivít, ktoré neprinášajú hodnotu (non-value-adding) v dizajne, výrobe, dodávateľskom reťazci a jeho managemente a pri jednaní so zákazníkmi.

Lean podnik, respektíve štíhly podnik, je podnik, ktorý zahŕňa zavedenie lean filozofie do všetkých úsekov vo firme, teda štíhlymi sa stanú aj administratívne, logistické a vývojové pracoviská.

V rámci úplnosti je vhodné zadefinovať aj ako rozumieme pojem filozofia, keďže Lean je viac o filozofii ako o samotnom fyzickom prevedení. Filozofia je racionálne skúmanie právd a zásad bytia, poznania alebo správania, alebo je to systém princípov, ktoré nám ponúkajú vedenie v praktických záležitostiach.

Je dôležité uvedomiť si, že Lean nie je iba o výrobe, no zahŕňa celú spoločnosť, vrátane administratívnych funkcií. (KOŠTURIK, a iní, 2006)

2.3.1. Päť princípov Lean

Základnou myšlienkou je, že Lean začína pri zákazníkovi.

- Upresniť, čo pridáva hodnotu z pohľadu zákazníka
- Identifikovať všetky kroky tvoriace Value Stream
- Činnosti, ktoré vytvárajú hodnotu, musia byť súčasťou toku (flow)
- Vyrábať iba to, čo je ťahané (pull) zákazníkom práve na čas (JIT)
- Usilovať sa o dokonalosť neustálym odstraňovaním vrstiev mrhania

Upresniť, čo pridáva hodnotu z pohľadu zákazníka

Najlepšie je pri tomto princípe zvoliť prístup, v ktorom si kladieme otázku „Za čo je zákazník ochotný zaplatiť?“ Lean musí začať stanovením hodnoty, ktorú spoločnosť poskytuje. Jeden zo základných predstáv v Lean je, aby každý zamestnanec bol schopný vidieť očami zákazníka.

Identifikovať všetky kroky, ktoré tvoria Value Stream

Value Stream je hodnotový tok, respektíve tok materiálu, ktorý zahŕňa všetky kroky od surového materiálu až po finálny výrobok, či už pridávajúce alebo nepridávajúce hodnotu. Tento princíp je dosiahnuteľný relatívne ľahko vďaka procesu nazývanému Value Stream Mapping (VSM), mapovanie hodnotového toku. VSM je vynikajúci prostriedok na identifikáciu non-value-adding procesov, pretože vizualizuje celý tok materiálu a vďaka tejto vizualizácii je ľahšie zhodnotiť, ktoré procesy sú nadbytočné.

Činnosti, ktoré vytvárajú hodnotu, musia byť súčasťou toku (flow)

Konečným a absolútnym cieľom je vytvoriť takzvaný one-piece flow, pričom k dosiahnutiu môžeme použiť najprv FIFO (First-In-First-Out) alebo pull systém (ťahový). One-piece flow implikuje elimináciu všetkých non-value-adding aktivít, čo je jedným zo zameraní Lean – odstránenie mrhania.

Vyrábať iba to, čo je ťahané zákazníkom práve na čas

Princíp pull bude do hĺbky vysvetlený v nasledujúcich častiach, keďže sa jedná o jeden z elementárnych princípov Lean. JIT (Just-In-Time) pojem je vhodné vysvetliť hneď. Just In Time, v preklade práve na čas, je princíp, ktorý do výroby veľmi úzko angažuje dodávateľov. Jedná sa o princíp, pri ktorom nie len na sklade nedržíme polotovary, ktoré môže vyrábať niekto iný, no zároveň ich výrobu outsourcujeme. Pri výrobe JIT sa teda spoliehame na dodávky od našich dodávateľov a naša firma sa sústreďuje na montáž.

Usilovať sa o dokonalosť neustálym odstraňovaním vrstiev mrhania

Jedná sa o nepretržitý prístup k zlepšovaniu, ktorý je často spájaný s Lean. Musíme brať zreteľ na to, že snaha o naplnenie tohto princípu bez splnenia predošlých štyroch nám veľmi pravdepodobne prinesie sklamanie a podpriemerné výsledky. (KERBER, a iní, 2011)

2.3.2. Lean zameranie na tri hlavné oblasti plytvania

Základom pre Lean je TPS, teda Toyota Production System, ktorý vznikol v Japonsku. Oblasti plytvania sú preto po japonsky a keďže sú to ľahko zapamätateľné a krátke slová, používajú sa internacionálne.

- Muda (Waste): Mrhanie. Akákoľvek aktivita, ktorá neprináša hodnotu. Hodnota je definovaná ako čokoľvek, za čo je zákazník ochotný zaplatiť.
- Mura (Unevenness): Nerovnosti. Poprípade aj premenlivosť alebo kolísavosť, toto mrhanie je súčasťou dopytu, ako aj samotných procesov.
- Muri: Nadmerné zaťažovanie zamestnancov alebo procesov.

Zameraním mnohých Lean procesov je eliminácia a odstránenie muda. Nanešťastie ale mnoho muda je tvorených a spôsobených z dôvodu mura, preto je tento cieľ ťažko dosiahnuteľný. (KERBER, a iní, 2011)

2.3.3. House of Toyota Framework

Na obrázku č. 1 je znázornený celkový rozsah Lean. Môžeme si všimnúť, že v strede nájdeme ľudí, čo je častokrát prehliadaný aspekt pri snahe o pochopenie Lean filozofie. Tento diagram, ktorý vytvorili Taiichi Ohno a Eiji Toyoda, je jedným z veľmi nápomocných prostriedkov na pochopenie, o čom Lean vlastne je.



Obrázok 1: Toyota Production System Zdroj: (LIKER, 2006)

Pre správne pochopenie všetkých detailov bude postupne vysvetlené, o čom tento diagram hovorí a prečo je tak nápomocný. Začneme od základov a postupne sa prepracujeme na vrch.

Leveled production, alebo heijunka, v preklade vyrovnaná výroba, je definovaná ako distribúcia objemu výroby a mixu rovnomerne vzhľadom na čas. Load leveling, v preklade vyrovnanie záťaže, môžeme definovať ako rozloženie objednávok podľa času, alebo zmeny harmonogramu tak, aby práca, ktorá sa má vykonať v daných časových obdobiach, bola rozložená rovnomerne a zároveň bola dosiahnuteľná. Napriek tomu, že aj materiál aj práca sú v ideálnom prípade vyrovnané, špecifické podniky môžu zvoliť tento postup iba pri jednom (napríklad služby). (KERBER, a iní, 2011)

Štandardizácia nie je zobrazená v základoch TPS náhodou. V štíhlom podniku musia byť všetky operácie na pracovisku štandardizované s ohľadom na kvalitu, bezpečnosť, čo najlepšie poradie výkonu operácií, efektívne využívanie pracovníkov, materiálov, strojov, náradia. Štandardy v podniku pomáhajú udržiavať podmienky z pohľadu kvality, nákladov, produktivity, termínov, bezpečnosti a etiky. Štandardy vo výrobnom podniku by sa mali zameriavať na jednoduchosť, stručnosť, jednoznačnosť a mali by byť vizualizovateľné. Zároveň musia byť prispôsobiteľné operatívnym zmenám. (KOŠTURIAK, a iní, 2006)

Kaizen je pojem, ktorý je v súvislosti s TPS mimoriadne dôležitým. Nie je to žiadne hnutie ani byrokratický systém, ktorý usiluje, aby každý pracovník ročne odovzdal tri návrhy na zlepšenie. Je to spôsob myslenia, životná filozofia, ktorá hovorí, že zajtra musí byť lepšie ako dnes. Jedná sa o neustálu snahu o zlepšovanie seba a tým zlepšovanie svojho okolia. Jedná sa o nepretržitý proces, ktorý je základom pre TPS, pramení totiž z japonskej prirodzenosti. (KOŠTURIAK, a iní, 2006)

Koncept produkcie Just-In-Time má zaisťovať výrobu tých správnych položiek v tom správnom množstve v ten správny čas. JIT je základom princípu ťahu. (BARTOŠEK, a iní, 2014) Pojmy, ktoré sa spájajú s JIT systémom, sú čas taktu, jednodielny tok (one-piece flow), alebo ťahový systém (pull). Čas taktu opisuje čas, respektíve tempo, akým zákazník nakupuje produkt. Čas taktu je jedným zo základných a kľúčových ukazovateľov na určenie ako veľa práce a strojových zdrojov je vyžadovaných vo value stream. One-piece flow, respektíve jednodielny tok, je metóda produkcie, ktorá generuje absolútne minimum mrhania, preto je to metóda, na ktorú cieľi Lean. V prípade, že jednodielny tok nie je možné dosiahnuť, je použitý takzvaný ťah. V najjednoduchšom prípade môžeme ťah brať ako výmenu toho, čo práve bolo použité. Ide o spôsob, ako môžeme value stream použiť na výrobu toho, čo zákazník práve kúpil, čiže value stream začne operovať v make-to-order štýle. (KERBER, a iní, 2011)

Jidoka slúži k zvýrazneniu a vizualizácii problémov. Snaha tohto princípu je prenesenie zodpovednosti za kontrolu (operácia, ktorá nepridáva hodnotu) na stroj. Má viesť ku automatickému zastaveniu stroja, poprípade možnosti zastavenia pracovníkom, tak, aby sa zabránilo pokračovaniu produkcie nepodarených kusov. Tým, že dôjde k okamžitému zastaveniu práce pri zistení chyby a jej zobrazení sa pozornosť okamžite sústreďuje na zdroj tejto chyby. (BARTOŠEK, a iní, 2014)

Jidoka zároveň obsahuje aj SMED, vizuálne kontroly, 5S, Six Sigma. Obširnejšie definovaný je tento pojem fyzické zlepšenie procesu výroby, alebo value streamu.

Ciele, ktoré sa snaží TPS dosiahnuť a ktoré prispievajú ku konkurencieschopnosti a schopnosti uspokojiť zákazníka sú nasledovné:

- Zlepšiť kvalitu

Jednodielny tok zlepšuje kvalitu sám o sebe. Dôvodom je, že nasledujúci proces vo výrobe používa kus krátko po dokončení predchádzajúcej operácie, čo znamená ak sa objaví defekt, málo výrobkov sa vyrobí s týmto defektom, pretože by mal byť objavený veľmi rýchlo. V porovnaní s dávkovou výrobou, kedy by sa s týmto defektom vyrobila celá dávka, ide o výrazné zefektívnenie.

Zameranie na kvalitu produktu pomocou jidoka. Schopnosť zastaviť proces a opraviť akýkoľvek problém je silnou technikou, ktorá napomáha naliehavosti riešenia problémov.

- Znížiť náklady

Najmenšia možná hladina mrhania v systéme má za následok najnižšie možné celkové náklady. Opäť je však dôležité pripomenúť si, že Lean nemá ako hlavný cieľ znížiť náklady.

- Znížiť lehotu dodania

Tok a ťah produkujú kratšiu lehotu dodania ako push systémy. Kvôli dôrazu na jednodielny tok, FIFO tok a ťahový systém, je typické výrazné skrátenie prestojov medzi jednotlivými procesmi pri implementácii Lean. Vďaka tomuto je dodacia lehota ku zákazníkovi kratšia.

Posledným bodom, ktorý sa nachádza v samotnom strede Toyota „domčeku“ sú ľudia. Ľudia sú centrom Lean. Všetky nástroje, ktoré sme do teraz prediskutovali, sú iba prostriedkom pre ľudí, aby pracovali efektívnejšie. Je preto dôležité zakladať si na kultúre nepretržitého vylepšovania a nezabudnúť na rešpekt k ľuďom. Pokiaľ majú zamestnanci pocit, že dokážu ovplyvniť dej a chod firmy, zdvíha to ich morálku a efektivitu. Jedným zo základných vecí, ktoré musí management spraviť, je vytvoriť kultúru nepretržitého vylepšovania a experimentovania. Musí byť ochotný skúšať nové veci, no zároveň mať na zreteli, že nie všetky novo odskúšané veci budú fungovať podľa predpokladov. Tento prístup ide ruka v ruke s rešpektom k zamestnancom. Lean sa zameriava na podporu a povzbudzovanie ľudí, aby proces, na ktorom pracujú, nepretržite zlepšovali. (KERBER, a iní, 2011)

2.3.4. Ďalšie ohľady v Lean

Lean nie je zameraný len na výrobu. Pomocné aj úradné oblasti majú mrhania, ktoré môžeme adresovať. Techniky v týchto oblastiach nie sú veľmi odlišné od tých vo výrobe. Lean spoločnosti pracujú na základe vizuálneho hodnotenia. Kladú dôraz na vizuálne hodnotenie samotnej výroby, radšej ako na reporty. Vizuálna tovareň znamená, že všetky problémy môžu byť spozorované kýmkoľvek zainteresovaným vo výrobe, napríklad keď FIFO výroba dosiahne maxima a z dôvodu naplnenia nemôže pokračovať. Je to ľahko spozorovateľné ľuďmi, ktorý do tejto výroby vkladajú vstupy, ako aj ľuďmi pracujúcimi na páse a vedúcimi úseku. Merania pomáhajú všetkým vo value streame pracovať na zlepšeniach, takže každý musí vidieť a vedieť, čo konkrétne meriame. (KERBER, a iní, 2011)

Poriadok a organizácia sú veľmi dôležité. Implementovať tieto dva pojmy je najjednoduchšie pomocou takzvaných 5S, ktoré sú odvodené opäť z japončiny.

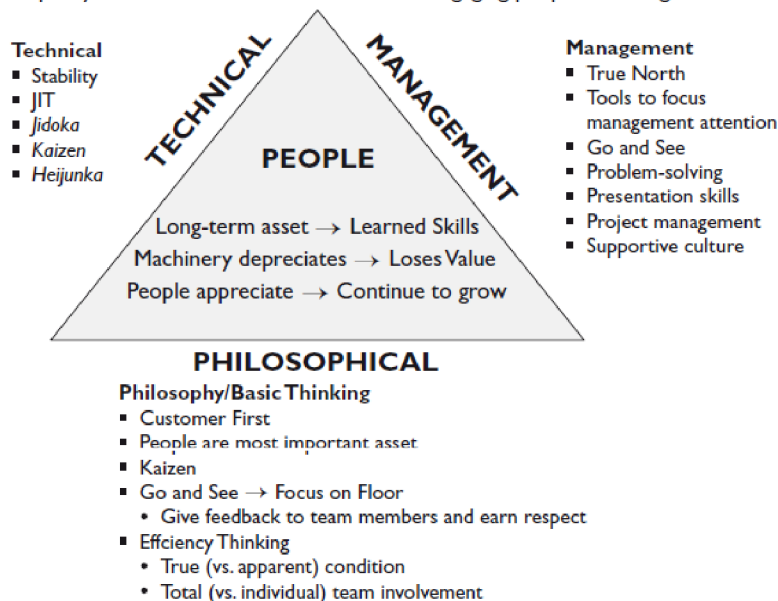
- Seiri (Sort): Jednoznačné rozlíšenie potrebných a nepotrebných položiek a odstránenie tých nepotrebných.
- Seiton (Set In Order): Udržanie potrebných položiek na správnom mieste pre okamžitú možnosť použitia.
- Seiso (Shine): Uchovanie čistého a uprataného pracoviska.
- Seiketsu (Standardize): Štandardizovanie, teda snaha o jednotnosť nástrojov na pracovisku, o presné umiestnenie každého nástroja na svoje miesto, o jednotné používanie nástrojov.
- Shitsuke (Sustain): Zvyknutie si na zachovanie zavedených procedúr.

Tento systém, pokiaľ zavedený správne, umožňuje komukoľvek na prvý pohľad rozlíšiť medzi normálnymi a neobvyklými podmienkami. Je zároveň základom pre neustále zlepšovanie, nulovú chybovosť, zníženie nákladov a bezpečné pracovné prostredie. 5S je systematický prístup ku zlepšeniu pracovného prostredia, procesov a produktov, a to prostredníctvom angažovanosti zamestnancov na pracovisku. (GEORGE, 2010)

2.3.5. Pohľad na TPS zo strany Toyota leadera

Toyota Production System je operačný management s cieľom dosiahnuť najvyššiu kvalitu, najnižšie ceny a najkratšiu dodaciu lehotu pomocou upútania ľudí na smerovanie ku cieľu. Skladá sa z mnohých manažérskych prístupov, technických nástrojov a filozofií.

Toyota Production System = Operations Management System to achieve goals of highest quality, lowest cost, shortest lead time via engaging people toward goals.



Obrázok 2: Toyota Leader's View of the Toyota Production Zdroj: (OMOTAYO, 2016)

Na obrázku č. 2 vidíme oveľa komplikovanejší pohľad na TPS, ktorý je základom Lean myslenia, avšak zároveň sa posúvame o jeden stupeň hlbšie k pochopeniu filozofie a nástrojov stojacich za týmto systémom.

Technical, respektíve technická zložka TPS, sa skladá z mnohých ďalších podpojmov, ktoré budú v nasledujúcich riadkoch vysvetlené.

- Stability: Stabilita, snaha o elimináciu mura kdekoľvek dokážeme.
- JIT: Just-In-Time, jeden z hlavných pilierov Toyota „domčeku“, skladajúci sa z jednodielneho toku, času taktu a ťahového systému.
- Jidoka: Druhý pilier podporujúci Toyota „domček“, skladajúci sa z manuálneho a automatického stopnutia pásu, oddeľovania činností operátora a stroja, kontroly chýb

- Kaizen: Japonské slovo znamenajúce zlepšenie, pokrok. Ide o dennú aktivitu, ktorej rámec presahuje jednoduché zlepšenia produktivity. Ide o proces, ktorý pokiaľ sa vykonáva správne, zároveň poľudští pracovisko, eliminuje prehnane ťažkú prácu (muri) a naučí ľudí, ako pristupovať ku svojej práci z vedeckého hľadiska, dovoľí im experimentovať a umožní im učiť sa z dosiahnutých výsledkov, a naučí ich, ako si všimnúť a odstrániť mrhania.
- Heijunka je definovaná ako distribúcia objemu výroby a mixu rovnomerne vzhľadom na čas.

Management

- True North: V preklade pravý sever, skutočný sever, je vnútorný kompas, ktorý nás ako jednotlivcov úspešne vedie cez úskalía života. Reprezentuje nás ako ľudské bytosti. Je to náš orientačný bod, pevný bod v krútiacom sa svete, ktorý nám pomáha zostať na správnej ceste ako leader.
- Tools to focus management attention: V preklade nástroje, ktoré pomáhajú zamerať pozornosť managementu na tie správne problémy. Spadá sem napríklad A3.
- Go and see: V doslovnom preklade choď a vid', taktiež synonymicky používané ako „going to gemba“ (gemba je skutočné miesto, v ktorom prebieha práca) je nástroj, ktorý má ukázať manažérom realitu v podniku. Tento princíp je jeden z najlepších manažérskych a leaderských nástrojov, pretože nie len pomáha samotnému manažérovi vidieť, kde môžu nastať problémy, ktorí pracovníci sú skutočne efektívni a podobne, no zároveň zamestnancom umožňuje vidieť, že manažér sa zaujíma.
- Problem-Solving: Riešenie problémov, základná schopnosť každého manažéra v Lean. Pochopenie, ako analyzovať základné príčiny (root cause analysis), využiť vedeckú metódu (PDCA cyklus) a použiť všetky rôzne dostupné nástroje pri hľadaní riešenia je dôležitou vlastnosťou leadera.

- Presentation skills: Schopnosti prezentácie, prejavenia. Schopnosť korektne odprezentovať problém tak, aby publikum pochopilo jeho dopady a navrhnúť protiopatrenia, je mimoriadne vzácna a cenená schopnosť, ktor pomáha leaderom viesť tím správnou cestou. Schopnosť presvedčiť je jeden z predpokladov, ktoré dávajú leaderom schopnosť viesť.
- Project management: Keďže jednou z hlavných úloh manažérov v Lean je pomáhať riešiť problémy, je nevyhnutné, že nastane situácia, kedy musia riešiť viac projektov naraz.
- Supportive culture: Kultúra podpory, myšlienka založená na fakte, že kultúra firmy musí podporovať ľudí vykonávajúcich samotnú činnosť.

Filozofia a základné myslenie

Zameranie dovnútra, teda na samotné rozmýšľanie nad problémami, nad tým ako ich riešiť a podobne. Nezáleží na tom, koľko nástrojov máme k dispozícii, nedosiahneme úspechu, ak ich nedokážeme správne použiť. A správne použiť nástroje Lean možno iba so správne zameraným myslením.

- Customer first: Zákazník na prvom mieste. Vidieť situáciu očami zákazníka je východiskový bod pre Lean. Neplatí to len pre identifikáciu mrhania, no aj v oblastiach dizajnu a administratívy, ktoré podporujú zákazníkovo pozitívnu skúsenosť so spoločnosťou.
- People are the most important assets: Ľudia sú najdôležitejším prínosom. Nejedná sa o prázdne slová, no ide skutočne o podklad pre spôsob, akým Lean firma vykonáva obchod. Aby sa dosiahol tento bod, podporný systém a leaderi musia byť zameraný na pomáhanie zamestnancom. Ľudia, na rozdiel od strojov, dokážu oceniť cezčasy, pokiaľ im je poskytnuté správne zaobchádzanie a prostredie, v ktorom môžu osobnostne rásť.
- Kaizen: Vylepšenia sa niekedy vyskytnú s veľkým dopadom, avšak častejšie sa jedná o malé, postupné zmeny, ktoré prispievajú malé, ale stále zlepšenia.
- Go and see: Vysvetlenie je rovnaké ako v odseku pre management, no samozrejme tento princíp aplikujeme aj z pohľadu ľudí a samotného myslenia.

- Efficiency thinking: Skutočný stav oproti zdanlivému. Skutočná efektivita znamená vyrobiť počet súčiastok, ktoré môžu byť predané, zatiaľ čo minimalizujeme využitie operátorov a vybavenia ako sa len dá. Skutočná efektivita je výsledkom „genryo managementu“ a vedie k skutočnému zníženiu nákladov.
 - Genryo znamená obmedzené zdroje a odkazuje sa na čas po druhej svetovej vojne, kedy bola firma Toyota takmer v bankrote a musela sa naučiť, ako pracovať s takmer žiadnymi zdrojmi, či už materiálom, vybavením alebo peniazmi. (KERBER, a iní, 2011)

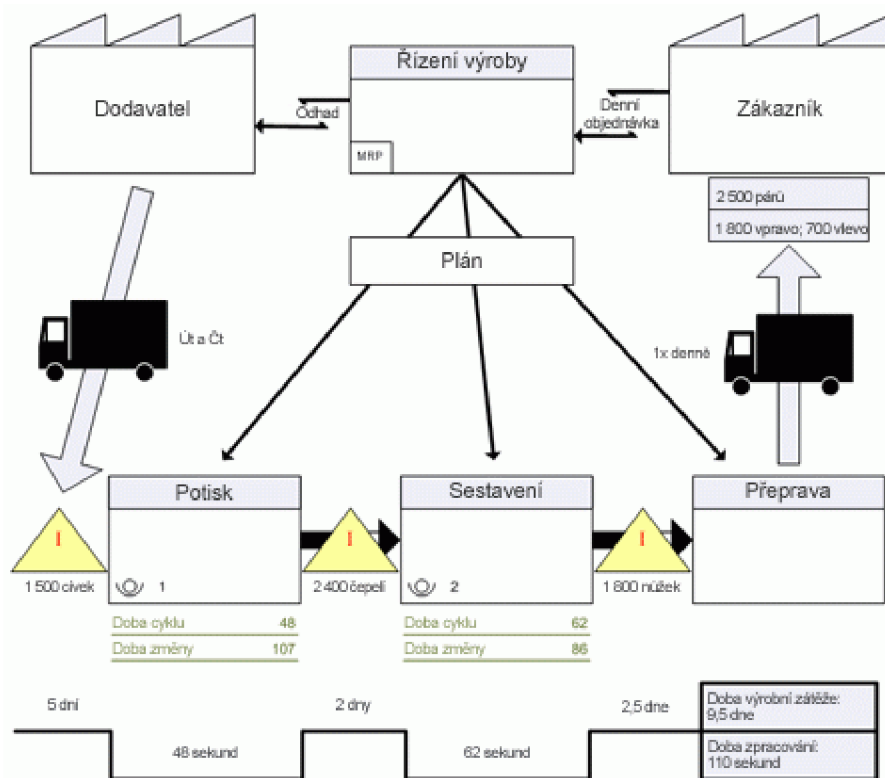
2.4. Metódy štíhlej produkcie

V tejto kapitole budú konkrétne predstavené metódy a postupy, ktoré sú efektívnymi nástrojmi pre spracovanie analytickej časti. Bude z nich vybratých niekoľko, ktoré sa hodia na danú situáciu. Value Stream Map (VSM) a Flow Process chart (FPC) sú nástroje na identifikáciu plytvania, ktoré sa používajú na už zavedených procesoch. Použitie týchto dvoch metód je najefektívnejšou metódou, ako nájsť úzke miesta vo výrobe. Ostatné metódy sú zamerané na odstraňovanie plytvania, teda využívajú informácie, ktoré sme získali pomocou prvých dvoch metód, analýzou dát získaných z výroby, alebo inými prostriedkami, označujúcimi úzke miesta vo výrobe.

2.4.1. Value Stream Map

Mapovanie hodnotových tokov je metóda, ktorá bola vyvinutá spoločnosťou Toyota ako súčasť filozofie štíhleho riadenia výroby. K popisu hodnotových tokov sa používa celá rada metód a symbolov.

Táto metóda slúži na zvýšenie efektivity v riadení materiálových tokov a hlavne na elimináciu plytvania. Mapovanie hodnotových tokov poskytuje informácie o optimálnej hodnote pre zákazníka prostredníctvom procesov vytvárania hodnoty pre zákazníka s cieľom minimalizácie plytvania. Metóda mapovania hodnotového toku je jedna zo základných metód štíhlej logistiky, ale aj celého štíhleho výrobného procesu, ktorá sa využíva pre synchronizáciu tokov. Slúži na opis procesov, ktoré pridávajú a nepridávajú hodnotu vo výrobných, servisných a administratívnych oblastiach podniku. Zámerom mapovania hodnotového toku je sledovať celkový priebeh materiálu od zákazníka cez výrobcu až k dodávateľovi a prostredníctvom využitia grafických symbolov zakresliť priebeh materiálového a informačného toku s cieľom vytvorenia komplexného obrazu výrobného procesu. Na nižšie uvedenom obrázku je znázornený príklad VSM. (JUROVÁ, 2016)



Obrázok 3: Value Stream Map Zdroj: (Microsoft podpora, 2021)

2.4.2. Flow Process Chart

Flow Process Chart (FPC), vývojový diagram, je mimoriadne kvalitná pomôcka pri mapovaní jednoduchých procesov. Funguje na podobnom princípe ako VSM, avšak prevedenie je jednoduchšie a výsledky sú menej komplexné. Princípom tejto metódy je vytvorenie tabuľky procesov pomocou programu, aký si sami zvolíme. Každý proces vieme zaradiť do jednej z troch kategórií podľa toho, či pridáva hodnotu (value-adding), hodnotu nepridáva, avšak je nutný (essential non-value adding), alebo hodnotu nepridáva vôbec a je tým pádom nadbytočný (non-value adding). Cieľom FPC diagramu je hlavne nájsť procesy, ktoré nepridávajú hodnotu a pracovať na ich odstránení.

2.4.3. Single Minute Exchange of Die

Single Minute Exchange of Die (SMED) sa vo voľnom preklade označuje ako výmena nástrojov počas jednej minúty. Táto metóda je zameraná na redukcii času, ktorý je potrebný na nastavenie stroju. Hlavným cieľom je odstrániť plytvanie času. Konkrétne sa jedná o zníženie času dávkového, teda času, ktorý určuje, koľko trvá výroba jednej dávky. Do tohto času sa práve započítava aj nastavovanie strojov, čo pri niektorých výrobných spôsoboch spôsobuje veľmi veľké prestoje. SMED smeruje k tomu, aby bola technológia čo najefektívnejšia a aby sa jej nastavením strávilo čo najmenej času. (BARTOŠEK, a iní, 2014)

2.4.4. Just In Time

Jedná sa o metódu, ktorá eliminuje straty spôsobené zásobami a čakaním, vďaka synchronizácii s hlavným výrobcom. Princíp tejto metódy spočíva v nevytváraní zásob, ale naopak v komunikácii s dodávateľom tak, aby sme polotovary, ktoré využívame v našej výrobe, nemuseli objednávať vo veľkých množstvách a skladovať ich, ale aby sme dostávali práve také množstvo, aké potrebujeme, keď ho potrebujeme a kam ho potrebujeme. Hlavnými nevýhodami tejto metódy je veľmi vysoká závislosť na dodávateľoch. Zároveň nie je vhodná na všetky diely, jej aplikovateľnosť sa obmedzuje skôr na diely s vyššou hodnotou a materiály s pravidelnou spotrebou.

Nevýhoda, ktorá je momentálne najodradzujúcejšou, je zaťaženie životného prostredia, pretože táto metóda dodávok spôsobuje časté dodávky s malým nákladom. Zároveň pokiaľ dodávateľ nezvolí vhodný transport, spôsobuje nepríjemné situácie v doprave. Dodávateľ je však z dôvodu požiadavky na flexibilitu a rýchlosť nútený väčšinou voliť cestný transport.

2.4.5. 5S

Táto metóda bola podrobne opísaná už v inej časti, preto len stručná rekapitulácia. Metóda 5S sa zameriava na organizáciu samotného pracoviska. Snaží sa o dosiahnutie najefektívnejšieho rozloženia a poriadku.

3. Analytická časť

Úlohou analytickej časti tejto bakalárskej práce bude analýza dát, ktoré vyjadrujú priebežný čas výroby (časový interval, ktorý uplynie od zadania výrobku na prvú operáciu až po vykonanie poslednej operácie na tomto výrobku) . Všetky dáta boli vygenerované informačným systémom Infor v časovom rozmedzí výroby približne jedného mesiaca (január 2021, s malými odchýlkami) pričom ich spoľahlivosť a výpovedná hodnota je schválená firmou.

Proces analýzy dát bude prebiehať na analýze jednotlivých priebežných časov výroby, následnom vyjadrení efektivity jednotlivých procesov, zhodnotenie a výsledok. Výsledok bude vo forme troch zákazok s najnižšou efektivitou, na ktorých bude analyzovaný čas samotných prestojov medzi jednotlivými operáciami. Vďaka tomuto spôsobu analýzy operácií sa nájdu operácie s najdlhšími prestojmi, na ktoré bude kladený dôraz pri návrhoch na zlepšenia.

Dáta boli dodané firmou z dôvodu celosvetovej pandémie COVID-19 a opatrení, ktoré boli zavedené kvôli bezpečnosti. Informačný systém, ktorý firma používa, je používaný priamo na spracovanie dát, teda údaje z neho získané sú priamo z výroby, bez ľudskej úpravy.

3.1. Predstavenie spoločnosti

Názov spoločnosti: Baumüller Brno, s.r.o.

Dátum zápisu: 13. 9. 1993

Sídlo: Skalice nad Svitavou 72, 679 01 Skalice nad Svitavou

Identifikačné číslo: 49711121

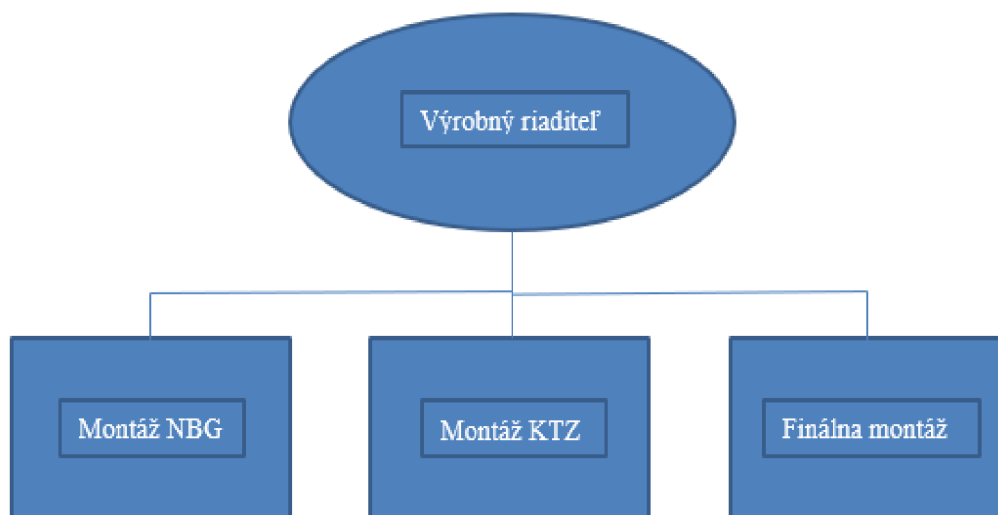
Právna forma: spoločnosť s.r.o.

Základný kapitál: 1 000 000,-Kč

Firma Baumüller má sídlo v Nurembergu (Nemecko) a je predným výrobcom elektrických pohonov a automatizačných systémov. V šiestich výrobných závodoch v Nemecku, Českej Republike, Slovinsku a Číne a viac než 40 pobočkách po celom svete, pracuje na inteligentných systémových riešeniach pre strojárstvo a elektronickú mobilitu okolo 1900 zamestnancov. Firma bola založená v roku 1930, pričom expanzia do Českej republiky prišla v roku 1993. Rozsah služieb, ktoré ponúka firma Baumüller, zahŕňa inžinierske, montážne a priemyslové sťahovanie, ako aj služby, a tak pokrýva celú správu životného cyklu výrobku.

Spoločnosť Baumüller prevádzkuje výrobu vo svojom sídle v Nurembergu v Nemecku a v mestách Bad Gandersheim, Kitzingen, Slovenske Konjice (Slovinsko), Wujiang (Čína) a Brno. Práve v brnenskej pobočke bude prebiehať spracovanie tejto bakalárskej práce. (Baumüller)

Brnenská pobočka je z organizačného hľadiska, ktoré je relevantné z pohľadu tejto práce, rozdelená nasledovne:



Obrázok 4: Organigram výrobnjej časti firmy Baumüller Zdroj: (vlastné spracovanie)

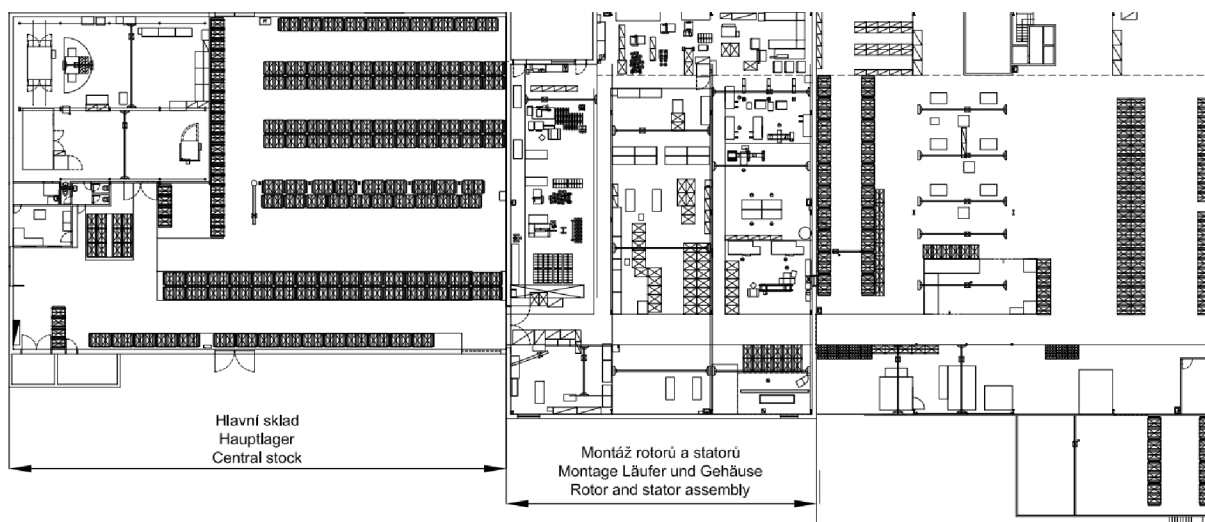
Dáta pochádzajú z časti Montáž NBG, teda celá analýza prebieha iba v tejto časti firmy. Montáž NBG je časť montáže, v ktorej prebieha výroba rotorov a statorov, ktorých osová výška je viac ako 153 cm . Jedná sa primárne o výrobu zákazok z materskej firmy v Nemecku, v meste Nuremberg. Montáž KTZ je zameraná na zákazky do osovej výšky 132 cm. Tieto zákazky sú pre pobočku v meste Kitzingen. Finálna montáž je spojenie vyrobených statorov a rotorov do konečného produktu, motora. Montáž KTZ a finálna montáž nie je obsiahnutá v tejto práci, pre ne teda nehľadáme riešenia.

3.2. Opis súčasného stavu

Výrobné a operačné pracoviská sa pridávali postupne, teda nie všetky boli zahrnuté v pôvodnom plánovaní na efektívne rozloženie výroby. Preto pracoviská, ktoré pribúdali až časom (nové technologické postupy, zlepšenia a dodatočné operácie), nie vždy pasujú do zavedeného rozloženia.

Montáž funguje na 90% v jednozmennom režime, pričom pracovná doba je od 6:00 do 14:00. Táto informácia je nutná pre pochopenie priebežného času výroby, pretože sa doň započítava len pracovný čas (teda víkendy a čas mimo pracovnú dobu nie).

Nižšie uvedený obrázok zobrazuje rozloženie výroby, na ktorom vidíme časť montáž rotorov a statorov a časť hlavný sklad, v ktorom je operácia impregnácia. Táto operácia je často súčasťou technologického postupu zákazok, je teda vidieť prvý neefektívny transport.



Obrázok 5: Rozloženie montáže NBG Zdroj: (Baumüller Brno, 2021)

Tieto transporty a jednotlivé operácie budú vysvetlené v návrhovej časti s detailnejším náčrtom rozloženia. Pre predstavu stačí vedieť, ako bolo vyššie uvedené, že vľavo sa nachádza operácia impregnácia a vpravo sa nachádza sklad, do ktorého sú všetky zákazky po ukončení prenesené.

3.3. Analýza súčasného stavu

Na nutnú analýzu potrebujeme zistiť dve premenné, celkový čas operácií a priebežný čas výroby. Celkový čas operácií je jednoduché zistiť vďaka informačnému systému, ktorý firma používa, pretože každá operácia je v systéme zaznamenaná, jej zápis aj odpis. IS tieto údaje aj rovno počíta a vyjadruje v minútach.

$$=(NETWORKDAYS(I2;L7-1)*("14:00";"6:00"))+IF(NETWORKDAYS(L7;L7);MEDIAN(MOD(L7;1;"14:00";"6:00");"14:00");)-MEDIAN(NETWORKDAYS(I2;I2)*MOD(12;1;"14:00";"6:00"))$$

D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	AFO	Pfad	Anmeldung	2	22	Abmeldung	3	32	AS	APLZ	Kurzbt	Presteje [hodi GS	Soll-Zeit	Ist	Strecke	
0	10		18.1.2021	8:19:20	18/01/21 08:19:20	18.1.2021	11:23:47	18/01/21 11:23:47	20	322303	VSYP. NBG	80,62	50	25,31	92,22	92,22
0	20		21.1.2021	20:30:31	21/01/21 20:30:31	21.1.2021	22:02:48	21/01/21 22:02:48	20	322506	ZAPOJ. NBG	7,83	50	34,17	214,33	92,28
0	20		22.1.2021	5:53:28	22/01/21 05:53:28	22.1.2021	7:55:31	22/01/21 07:55:31	20	322506	ZAPOJ. NBG	3,00	50	34,17	214,33	122,05
0	40		22.1.2021	11:03:10	22/01/21 11:03:10	22.1.2021	11:30:45	22/01/21 11:30:45	20	333105	CISTENI STAT	1,57	50	43,75	27,5	27,5
0	50		22.1.2021	13:04:09	22/01/21 13:04:09	22.1.2021	13:39:24	22/01/21 13:39:24	20	322914	IMPREG. UV	6,33	50	1,67	8,85	8,85
0	70		24.1.2021	19:59:50	24/01/21 19:59:50	24.1.2021	22:53:55	24/01/21 22:53:55	20	322504	SVORKOV. NBG		50	53,75	87,11	87,11
					Celkový čas výroby			1:13:40:40								
					Celkový čas výroby [min]			2260,67								
					Celkový čas operácií [min]			430,01								
					Celkový čas čakania [min]			1830,66								
					% vyjadrenie efektivity			19,02%								

Obrázok 6: Ukážka funkcie na spracovaní dát Zdroj: (tabuľka podľa dát z firmy, zostavil autor)

Priebežný čas výroby je premenná, ktorá bola cieľom dát. Priebežný čas výroby, ako bolo vyššie povedané, je čas od prvej po poslednú operáciu. No počíta sa vždy v pracovných dňoch a hodinách, preto sa vynechávajú víkendy a nepracovné hodiny. Dáta boli sprostredkované cez aplikáciu Excel, celkový čas výroby bol vypočítaný pomocou tejto funkcie:

```
=(NETWORKDAYS(I2;L10)-1)*("14:00"
"6:00")+IF(NETWORKDAYS(L10;L10);MEDIAN(MOD(L10;1);"14:00";"6:00");"14:
00")-MEDIAN(NETWORKDAYS(I2;I2)*MOD(I2;1);"14:00";"6:00")
```

Funkcia slúži na vyjadrenie počtu dní, hodín, minút a sekúnd medzi dvoma dátumami, ktoré sa považujú za pracovné. Výrobná zmena trvá od 6:00 do 14:00.

Pomocou uvedenej funkcie bol vypočítaný priebežný čas výroby, celkový čas operácií je uvedený v zdrojových dátach (vypočítal informačný systém) a zostáva len dosadiť do rovnice:

$$Efektivita = \frac{Celkový\ čas\ operácií}{Priebežný\ čas\ výroby}$$

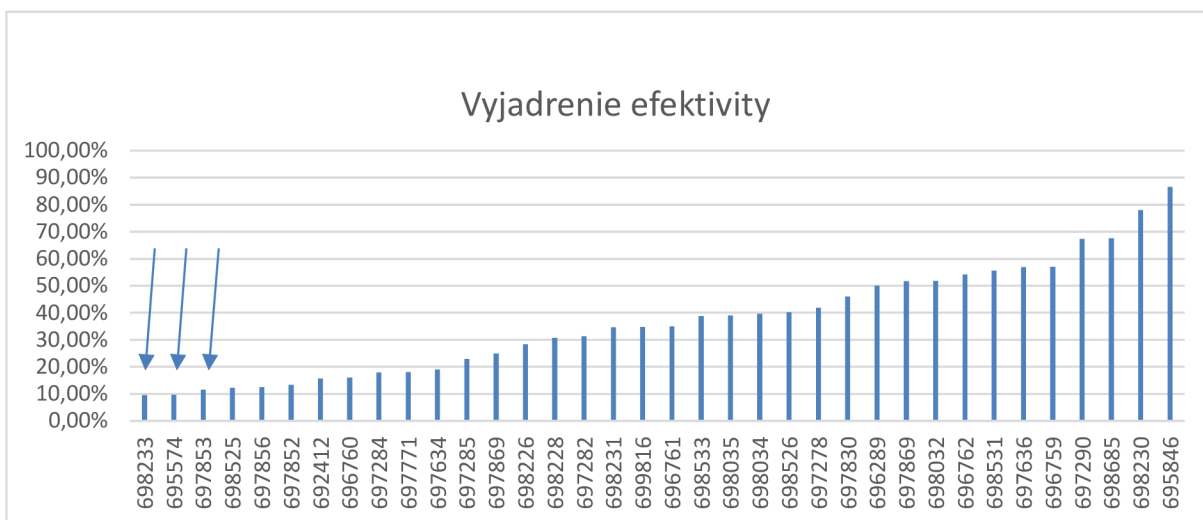
(1)

Pomocou týchto krokov vznikla nasledujúca tabuľka opisujúca efektivitu jednotlivých operácií.

Tabuľka 1: Určenie efektivity jednotlivých zákazok

Č. zákazky	Efektivita	Č. zákazky	Efektivita	Č. zákazky	Efektivita	Č. zákazky	Efektivita
698233	9,52	697771	18,08%	696761	34,99%	698032	51,81%
698574	9,64	697634	19,02%	698533	38,74%	696762	54,12%
697853	11,58	697285	22,90%	698035	38,98%	698531	55,62%
698525	12,18	697869	24,84%	698034	39,59%	697636	56,92%
697856	12,52	698226	28,30%	698526	40,20%	696759	56,92%
697852	13,24	698228	30,69%	697278	41,81%	697290	67,29%
692412	15,61	697282	31,29%	697830	46,02%	698685	67,55%
696760	16,03	698231	34,66%	696289	50,05%	698230	77,93%
697284	17,97	699816	34,72%	697869	51,68%	695846	86,63%

Pre dosiahnutie prehľadnosti bol z tejto tabuľky vytvorený graf, na ktorom jasne vidíme, ktoré zákazky sú najmenej efektívne a ktoré naopak dosahujú požadovanú efektívnosť.



Obrázok 7: Graf efektivity operácií Zdroj: (vlastné spracovanie)

V nasledujúcej časti budú tieto tri zákazky (698233, 695574 a 697853) predstavené a vysvetlené operácie a ich postupnosti.

3.3.1. Výrobok č. 698233

V nižšie uvedenej tabuľke sú všetky potrebné údaje, ktoré potrebujeme pre výpočet našich hľadaných hodnôt. Kópia originálu týchto dát sa nachádza v prílohe č. 1.

- AFO** – číslo operácie určené pre jednotlivé kusy
- Anmeldung** – čas a dátum zápisu začatia operácie
- Abmeldung** – čas a dátum ukončenia operácie
- Kurztxt** – názov operácie

Tabuľka 2: Prestoje v hodinách, č. 698233

AFO	Anmeldung	Abmeldung	Kurztxt	Prestoj [hodiny]
20	19/01/21 05:31:40	19/01/21 11:21:55	VSYP. NBG	
10	19/01/21 06:01:36	19/01/21 11:22:27	VSYP. NBG	0,47
20	19/01/21 11:50:44	19/01/21 15:01:44	VSYP. NBG	
10	19/01/21 11:50:49	19/01/21 15:32:49	VSYP. NBG	28,23
30	23/01/21 10:13:40	23/01/21 12:33:51	ZAPOJ. NBG	1,44
30	25/01/21 05:36:29	25/01/21 12:50:28	ZAPOJ. NBG	1,16
30	25/01/21 06:00:43	25/01/21 10:24:07	ZAPOJ. NBG	
60	26/01/21 04:58:37	26/01/21 06:01:11	CISTENI STAT	
60	26/01/21 06:03:01	26/01/21 07:12:33	CISTENI STAT	4,67
70	26/01/21 11:52:42	26/01/21 12:21:39	IMPREG. UV	1,94
80	26/01/21 14:17:54	26/01/21 14:54:35	CISTENI STAT	
80	26/01/21 14:28:09	26/01/21 15:29:12	CISTENI STAT	11,59
100	27/01/21 03:04:39	27/01/21 06:03:20	SVORKOV. NBG	1,91
90	27/01/21 07:58:12	27/01/21 08:31:38	TLAKOV. NBG	

Pre tento výrobok vyšiel pomocou funkcie celkový čas výroby na 1 deň, 2 hodiny, 31 minút a 38 sekúnd. Po premene jednotiek na minúty pre tento výrobok vychádza celkový čas výroby na 1591,63 min. Celkový čas operácií vychádza 151,50 min. Po dosadení do rovnice č. 1:

$$Efektivita = \frac{\text{Celkový čas operácií}}{\text{Celkový čas výroby}} = \frac{151,30}{1591,63} = 0,095185 \approx 9,52\%$$

Nadväznou úlohou na túto analýzu bude podrobná analýza jednotlivých operácií, vysvetlenie ich postupností a záver. V tejto zákazke, podľa operácií, ktoré boli vykonané, autor práce odhaduje, že sa v nej nachádzajú aspoň dva samostatné kusy. Tým sa vysvetľuje, prečo operácia 20 končí neskôr ako operácia 10, pretože prebiehali dve rovnaké operácie na dvoch kusoch výrobku simultánne.

Predpoklad je teda taký, že počas operácia *VSYP. NBG* je zákazka v dvoch kusoch, následne operácie 30, 60 a 70 prechádza ako jeden kus a pri *ČISTENÍ STAT. (č. 80)* dôjde opäť ku rozdeleniu. Operácie 100 a 90 sú opäť v jednom kuse.

Tabuľka č. 3 je ukázkou výpočtu prestojov v Exceli. Prestoje sú vyjadrené v minútach. Interpretácia týchto výsledkov závisí nie len na samotných číslach, ale aj vysvetlení, čo znamenajú. Každá hodnota udáva čas, ktorý prebehne od ukončenia danej operácie po začiatok nasledujúcej operácie. Teda čas, počas ktorého je výrobok buď transportovaný alebo ponechaný čakaniu.

Je absolútne jasné, že pri tejto zákazke najväčším problémovým bodom je presun výrobkov medzi operáciami č. 10 a 30, teda vsypávaním a zapojením. Tento rozdiel je ohromný, tri celé pracovné dni a časť soboty (23.1. je sobota). Tento prestoj nie je technologicky nutný (technologický postup tejto operácie nezahŕňa žiadne špeciálne požiadavky na manipuláciu po dokončení operácie), nie je teda ospravedlniteľný. Jedná sa o čistý prestoj, ktorého odstránenie je cieľom tejto bakalárskej práce. Konkrétny návrh je uvedený v návrhovej časti.

Tabuľka 3: Opis operácií, č. 698233

Názov operácie	Popis operácie	Prestoj po operácií
VSYP. NBG (vsypávanie)	Cievka sa vkladá do statoru. Vkladá sa drážková izolácia a navinutá cievka.	1693,67 min, najdlhší pre tento výrobok. Analýza pod tabuľkou č 3.
ZAPOJ. NBG (zapojenie)	Odizolovanie drôtov, príprava bužírok a zapojenie drôtov k sebe podľa schématu.	Prestoje vznikli z dôvodu trvania nasledujúcej operácie, keďže by sa nestihli dokončiť v rámci pracovnej zmeny.
CISTENI STAT (pred) (čistenie statoru)	Očistiť a skontrolovať vinutie statoru. (po zaliati sa už nedá opraviť)	Po tejto operácií nasleduje prestoj 280 min, čo podľa povahy nasledujúcej operácie (impregnácia) môže plynúť z nedostatočnej kapacity pracoviska.
IMPREG. UV (impregnácia pomocou UV žiarenia)	Zaliate do impregnačného laku. Pri impregnácia UV žiarením je použitá špeciálna impregnačná hmota a následne ide výrobok do kabíny, kde UV žiarenie vytvrdzuje lak.	Po impregnácií je prestoj 116 min, z čoho určitý čas musí byť výrobok ponechaný bez manipulácie. Tento prestoj sa teda považuje za technologicky nutný.
CISTENI STAT (po) (čistenie statoru)	Je nutné nechať stator schladnúť a následne ho očistiť od zvyškov impregnačného laku.	695 min po čistení statoru je zdanlivo dlhý prestoj, no operácia sa skončila po pracovnej zmene a začala sa ešte pred ňou, teda tento prestoj zanedbávame. (na základe informácií z firmy, akékoľvek operácie mimo pracovného času sa považujú za nad rámcové)
SVORKOV. NBG (svorkovanie)	Zapojenie svorkovnice a zapojenie na stator.	Prestoj 114 min autor považuje za nutnosť presunu a výmenu pracovníkov medzi nočnou zmenou (aj keď nočná zmena oficiálne neexistuje) a dennou zmenou.
TLAKOV. NBG (tlakovanie)	Meranie tlaku v chladiacom okruhu, či niekde neuniká.	

3.3.2. Výrobok č. 698574

V nižšie uvedenej tabuľke sú všetky potrebné údaje, ktoré potrebujeme pre výpočet našich hľadaných hodnôt. Kópia originálu týchto dát sa nachádza v prílohe č. 1.

Tabuľka 3: Prestoje v hodinách, č. 698574

AFO	Anmeldung	Abmeldung	Kurztxt	Prestoje [hodiny]
10	21/12/20 05:02:12	21/12/20 06:31:49	VSYP.M. KTZ	1,59
10	21/12/20 08:07:27	21/12/20 09:38:32	VSYP.M. KTZ	40,05
20	06/01/21 06:02:33	06/01/21 09:38:47	ZAPOJ.M. KTZ	
20	06/01/21 08:01:23	06/01/21 11:49:53	ZAPOJ.M. KTZ	5,18
40	06/01/21 11:55:04	06/01/21 12:49:02	IMPREG.ZAKAP	14,30
50	06/01/21 13:03:20	06/01/21 13:08:08	BROUSENI PR.	41,35
60	13/01/21 14:29:01	13/01/21 15:37:09	SVORKOV. KTZ	

AFO – číslo operácie určené pre jednotlivé kusy

Anmeldung – čas a dátum zápisu začatia operácie

Abmeldung – čas a dátum ukončenia operácie

Kurztxt – názov operácie

$$Efektivita = \frac{Celkový\ čas\ operácií}{Celkový\ čas\ výroby} = \frac{509,25}{5280,00} = 0,096449 \approx 9,65\%$$

Nasledovať bude opäť podrobný rozbor operácií. Výroba tejto zákazky prebiehala výnimočne počas obdobia sviatkov Vianoc a Nového roku, no aj po odpočítaní všetkých voľných dní je druhou najneefektívnejšou v poradí. Firemné dni voľna boli od 23.12. do 3.1., teda prvá operácia (č. 10) skončila dva dni pred začiatkom voľna. Druhá operácia (č. 20) sa vykonala až tretí deň po nástupe do práce, posledná (č. 60) týždeň po. Tieto veľké prestoje ale nebudeme považovať za výpovedné, pretože sú umelo predĺžené práve sviatkami a dovolenkami spojenými s nimi.

Tabuľka 4: Opis operácií, č. 698574

Názov operácie	Popis operácie	Prestoj po operácií
VSYP. M. KTZ (vsypávanie)	Cievka sa vkladá do statoru. Vkladá sa drážková izolácia a navinutá cievka.	Tretí najväčší prestoj je po prvej operácií, vsypávaní, a to 95,63 min. Keďže číslo operácie je rovnaké, bola tá istá operácia vykonaná na tom istom výrobku.
ZAPOJ. M. KTZ (zapojovanie)	Odizolovanie drôtov, príprava bužírok a zapojenie drôtov k sebe podľa schému.	Prestoj medzi týmito operáciami sa môže vysvetliť buď nutnosťou prerušenia operácie kvôli technologickému postupu
IMPREG. ZAKAP (impregnácia)	Rovnaký postup ako pri prvom výrobku.	(napríklad nanášanie dvoch vrstiev), alebo po prvej operácií pracovník zistil, že sa jedná o chybu a musel stráviť čas jej odstraňovaním.
BROUSENI PR. (brúsenie)	Obrusovanie impregnačného laku.	
SVORKOV. KTZ (svorkovanie)	Zapojenie svorkovnice a zapojenie na stator.	

3.3.3. Výrobok č. 697853

V nižšie uvedenej tabuľke sú všetky potrebné údaje, ktoré potrebujeme pre výpočet našich hľadaných hodnôt. Kópia originálu týchto dát sa nachádza v prílohe č. 1.

Tabuľka 5: Prestoje v hodinách, č. 697853

AFO	Anmeldung	Abmeldung	Kurztxt	Prestoje [hodiny]
10	26/01/21 06:32:57	26/01/21 06:59:52	LEPENI MAG.	7,00
20	27/01/21 06:03:17	27/01/21 06:59:20	BANDAZOVANI	3,30
30	27/01/21 10:17:24	27/01/21 11:17:07	PEC ZLUTA	
40	28/01/21 10:48:31	28/01/21 11:12:16	MAGNETIZACE	
60	28/01/21 10:48:38	28/01/21 11:12:21	MAGNETIZACE	
70	28/01/21 10:49:02	28/01/21 11:12:27	VYVAZOVANI	1,05
80	28/01/21 12:15:29	28/01/21 13:33:33	VYVAZOVANI	
90	28/01/21 13:33:40	28/01/21 13:33:56	KONTROL.VYST	

AFO – číslo operácie určené pre jednotlivé kusy

Anmeldung – čas a dátum zápisu začatia operácie

Abmeldung – čas a dátum ukončenia operácie

Kurztxt – názov operácie

Priebežný čas tohto výrobku je dvadsaťtri hodín, päťdesiatdeväť sekúnd. Po premene na minúty dostaneme 1380,98 min, celkový čas operácií premeníme takisto na 159,88 min a dosadíme do rovnice č. 1

$$Efektivita = \frac{Celkový\ čas\ operácií}{Celkový\ čas\ výroby} = \frac{159,88}{1380,98} = 0,11578 \approx 11,58\%$$

Nasleduje rozbor operácií.

Tabuľka 7: Opis operácií pre výrobok 3

Názov operácie	Popis operácie	Prestoj po operácií
LEPENI MAG. (lepenie magnetov)	Delí sa na lepenie magnetických a nemagnetických magnetov. Lepenie magnetických trvá dlhšie, ale šetrí sa čas na magnetizáciu, pričom nemagnetizované sa lepia oveľa rýchlejšie, no je nutná magnetizácia. V tomto prípade ide o lepenie nemagnetizovaných.	Po nalepení magnetov musí prebiehať chvíľa schnutia, jedná sa teda viac o technologický prestoj. 420,13 min je však dlhšie, ako by sa očakávala doba schnutia. Následná operácia zaberá iba hodinu, preto by sa možno dala spraviť ešte pred koncom zmeny po prvej operácií.
BANDAZOVANI (bandážovanie)	Magnety sa musia zabaliť do ochranej bandáže, aby pri rotácií v statore neodlietavali.	Po zabandážovaní nasleduje prestoj 198,23 min, podľa povahy nasledujúcej operácie sa jedná o čakanie na pec, čo naznačuje prestoj z dôvodu nedostatočnej kapacity výrobného pracoviska. Možným zlepšením je nákup ďalšej pece.
PEC ZLUTA	Vypekanie bandáže.	Po vypekaní v peci nasleduje prestoj 330 min, čiastočne spôsobený nutnosťou čakania na vychladnutie. Jedná sa teda o technologický prestoj.
MAGNETIZACE (magnetizácia)	Rotory sa nasadia na prípravok do magnetovačky a zmagnetizujú sa.	Magnetizácia a vyvažovanie sa diali simultánne, pri tejto operácií teda nevzniká prestoj.
VYVAZOVANI (vyvažovanie)	Rotor sa upne do koníka a roztočí sa, meria sa hádzavosť. V momente keď hádzavosť prekračuje určité medze, je nutné rotor ešte vyvážiť pomocou špeciálneho tmelu alebo iného materiálu.	Po vyvažovaní nasleduje prestoj 63,03 min. Obedná prestávka. Po nej sa dokončí vyvažovanie a nasleduje kontrola celkového výstupu.
KONTROLA	Celková kontrola výstupu.	

3.4. Zhrnutie

Zistili sme, že nastávajú tri druhy prestojov:

1. Technologické prestoje, s ktorými bez zmeny technológie nemôžeme nič spraviť. Môže sa jednať napríklad o vylepšenie terajších strojov, napríklad nákup druhej pece, vďaka čomu sa uvoľní úzke miesto a zvýši sa efektívnosť výroby.

2. Prestoje spôsobené nedostatočným časom v zmene. Tieto prestoje by sa dali vyriešiť zavedením dvojzmennej prevádzky.

3. Čisté prestoje, ktoré sú čistý čas nepridávajúci hodnotu. Môže sa jednať o transport, prestávky, výmeny pracovníkov, nadbytočné kontroly, nedostatočne efektívne pracoviská. Možností je mnoho, preto v návrhovej časti opíšeme najlepšie princípy štíhlej výroby, ktoré sú aplikovateľné všeobecne v akýchkoľvek podmienkach a mali by viesť ku zlepšeniu. Zároveň budú na tieto prestoje kladený najväčší dôraz pri návrhu riešenia.

4. Návrhová časť

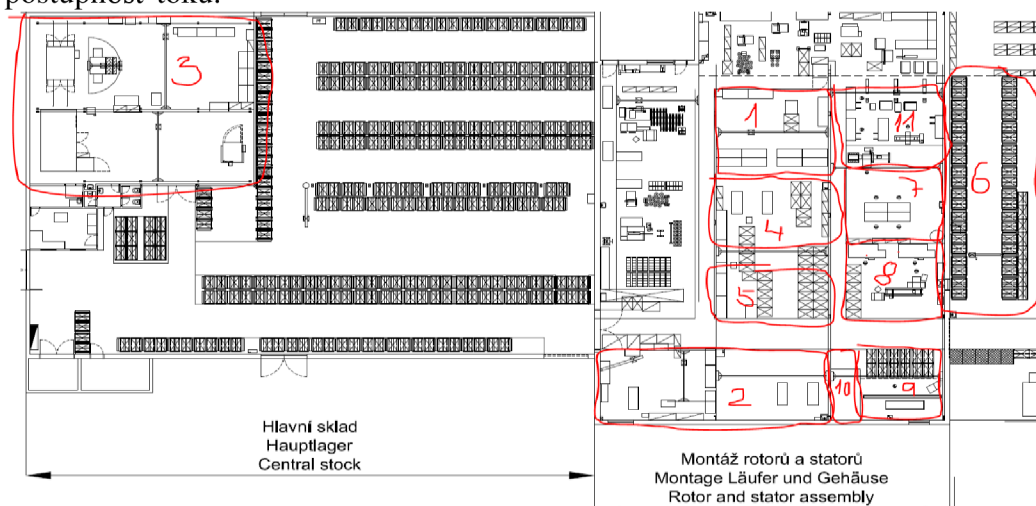
V návrhovej časti tejto bakalárskej práce bude venovaná pozornosť toku materiálu pri jednotlivých zákazkách, sledovanie prestojov súvisiacich s transportom a uskladňovaním a samozrejme návrhom zlepšenia efektivity pre jednotlivé zákazky.

V analytickej časti boli zistené nedostatky, ktorých odstránenie je cieľom návrhov. Výrobné a operačné pracoviská sa pridávali postupne, teda nie všetky boli zahrnuté v pôvodnom plánovaní na efektívne rozloženie výroby. Preto pracoviská, ktoré pribúdali až časom (nové technologické postupy, zlepšenia a dodatočné operácie), nie vždy pasujú do zavedeného rozloženia.

Postupne bude na každej zákazke vysvetlené, aké návrhy môžu pomôcť k zvýšeniu efektivity, pričom cieľom je nájsť také riešenie, ktoré sa dá použiť na obe relevantné zákazky a zároveň by sa jeho prínosy ukázali aj na zákazkách ostatných.

4.1. Návrh riešení pre jednotlivé zákazky

Na jednotlivých zákazkách bude predstavený tok materiálu podľa náčrtu rozloženia od firmy, teda rozmiestnenia jednotlivých pracovísk vo výrobnjej hale. Obrázok č. 8 zobrazí s pomocou legendy tok materiálu pri zákazkách, vďaka čomu budú odhalené úzke miesta týkajúce sa transportu a následne sa odkáže na analytickú časť, vďaka ktorej bude viditeľná postupnosť toku.



1. vsypávanie
2. zapojovanie
3. impregnácia
4. svorkovanie
5. kontrola
6. sklad
7. lepenie magnetov
8. sústruženie a bandážovanie
9. vyvažovanie
10. magnetizácia
11. vinutie

Obrázok 8: Rozloženie montáže NBG s legendou Zdroj: (J. Motyčka, osobná komunikácia, 1. apríl. 2021)

4.1.1. Zákazka č. 698233

Tok materiálu zákazky číslo 698233 je 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6. Od pracoviska č. 1 je výrobná dávka transportovaná na pracovisko č. 2. Odtiaľ po dokončení operácie prejde na pracovisko č. 3. Podľa tabuľky operácií pred treťou operáciou prebieha operácia, ktorá nie je uvedená v tomto obrázku. Čistenie statoru pred aj po impregnácií sa v IS považuje za samostatné operácie, avšak reálne sú súčasťou pracoviska č. 3, teda impregnácie a skladu s ňou spojeným. Následne sa výrobná dávka vracia na pracovisko č. 4, potom č. 5 a následne je presunutá do skladu, pracovisko č. 6. Podľa typu operácií, ktoré prebiehajú na tomto výrobku, sa usudzuje, že sa jedná o stator. Operácie č. 7 a vyššie sú spojené s rotormi.

Pri pohľade na prestoje sa nezdá najväčším problémom rozloženie pracovísk, najväčšie prestoje vznikli medzi pracoviskom č. 1 a č. 2. Avšak pri pohľade na druhé najdlhšie prestoje vidíme, že nastávajú práve medzi operáciami č. 2 a č. 3 a potom č. 3 a č. 4. Je teda jasné, že transport je jednou z problémových metrík, na ktoré sa musíme zamerať.

Jednou z možných návrhov na zlepšenie tejto výroby podľa filozofie Lean je zavedenie jednotného toku materiálu, teda premiestnenie pracovísk tak, aby nasledovali priamo za sebou bez zbytočného transportu a v prípade nutnosti čakania na pracovisko nákup ďalších strojov z tohto pracoviska. Tým by sa zvýšila efektivita, odstránili by sa takmer všetky prestoje a efektivita výroby by stúpala. Na toto riešenie sa podrobnejšie pozrieme v závere, po zhodnotení návrhov na zvyšné dve zákazky.

4.1.2. Zákazka č. 698574

Zákazka číslo 698574 je zákazka, ktorá prebieha v inej časti montáže. Naše dáta a rozloženie pracovísk pochádza z výrobnjej haly NBG, ktorá produkuje výrobky pre pobočku v Nürnbergu v Nemecku. Táto zákazka bola vyrobená v hale KTZ, ktorá produkuje pre pobočku v meste Kitzingen v Nemecku. Montážna hala NBG vyrába rotory a statory od osovej výšky 153, hala KTZ do osovej výšky 132. Táto zákazka teda bola zjavne „požičaná“ do haly NBG, pri pohľade na dátum pravdepodobne kvôli nedostatku kapacity v hale KTZ a nutnosti dokončenia zákazky, alebo naopak nevyužitej výrobnjej kapacity haly NBG.

Pri hodnotení návrhu zlepšenia sa zameriavame na halu NBG, teda táto zákazka je pre nás nepodstatná. V rámci cieľa bakalárskej práce však môžeme navrhnúť riešenie, ktoré by sa dalo všeobecne aplikovať na akúkoľvek výrobu. Pri tomto návrhu sa budeme pohybovať v teoretickej rovine, keďže kvantifikácia výsledkov zavedenia týchto návrhov nie je cieľom bakalárskej práce.

Jedným z možných zlepšení pre zvýšenie efektivity je zavedenie systému 5S na pracoviskách. Jedná sa o systém, ktorý zlepšuje efektívnosť samotných pracovísk. Je to päť krokov, ktoré by mal dodržiavať každý pracovník. (skratka je odvodená z angličtiny)

1. sort – triedenie, teda odstrániť z pracoviska nepotrebné a nedôležité veci
2. set in order – každý nástroj by mal byť umiestnený tak, aby bol správne v poradi
3. shine – vyleštenie, úprava pracoviska, odstránenie špiny, prachu a podobne
4. standardize – zavedenie štandardizovaných súčiastok, nástrojov, postupov
5. sustain – udržiavanie týchto princípov

Toto riešenie vedie k zvýšeniu produktivity samotných pracovísk, je však príliš závislé na zodpovednosti a ochote pracovníkov.

Iným možným riešením, ktoré sa dá všeobecne aplikovať na každú výrobu, je práve jednotný tok materiálu. Konkrétny opis a zhodnotenie bude uvedené v závere, keďže sa zhoduje s návrhom na zlepšenie pri prvej zákazke.

4.1.3. Zákazka č. 697853

Tok materiálu zákazky číslo 697853 je 7 – 8 – 3 – 10 – 9 – 5 – 6. Pri tejto zákazke sa jedná o rotor, preto je tok materiálu po iných pracoviskách. Od pracoviska č. 7 prechádza k č. 8, potom nasleduje operácia, ktorá nie je uvedená v legende. Pec je umiestnená na rovnakom mieste ako pracovisko č. 3, impregnácia. Teda medzi pracoviskom č. 8 a č. 3 a č. 3 a č. 10 vzniká transport, ktorý produkuje priveľa času nepridávajúceho hodnotu. Potom nasleduje operácia č. 9, odkiaľ ide na kontrolu, pracovisko č. 5 a do skladu na finálnu montáž, pracovisko č. 6.

Výroba rotora je rozdielna od výroby statora, prvou operáciou je lepenie magnetov. Na pevnú zložku sa nalepia magnety, buď magnetizované, alebo nemagnetizované. Následne sa prejde k bandážovaniu, čo je pracovisko č. 8, medzi týmito dvomi operáciami je však prestoj niekoľko hodín. Lepenie magnetov znie ako operácia, po ktorej musí kus zaschnúť. Transport medzi týmito dvomi operáciami nie je takmer žiadny. Bandážovanie je proces obalovania magnetov, po čom je kus transportovaný do pece. Podľa prestoja je vidieť, že po bandážovaní nastal prestoj, podľa rozloženia pracovísk výroby je odhad, že prestoj nastal z dôvodu nedostatočnej kapacity výrobného pracoviska, teda musel čakať, kým pec dopracuje na predošlom kuse. Tento druh prestoja sa dá riešiť buď nákupom ďalšieho pracoviska, alebo zlepšením technológie vypalovania (aby zaberala menej času). Po vypálení v peci je kus ponechaný na vychladnutie, nasledujúci prestoj teda vzniká z technologických príčin. Operáciou nasledujúcou po peci je magnetizácia, čo indikuje, že nalepené magnety boli nemagnetizované.

S ohľadom na predošlý paragraf je na mieste poskytnúť návrh na riešenie tejto situácie. Týmto návrhom je použiť leveling, teda urovnávania výroby. Jedná sa o proces zmeny výroby tak, aby sa vyrábali produkty kontinuálne a konzistentne.

Rozdiel medzi magnetizovanými a nemagnetizovanými magnetmi je dôležité vysvetliť z dôvodu rozdielnych technologických postupov pri ich spracovaní. Operácia lepenia magnetov, ktoré sú magnetizované, trvá približne desať krát dlhšie ako lepenie nemagnetizovaných, ktoré však potom musia podstúpiť operáciu magnetizácia. Zostáva teda len na polemizácii, ktorá voľba je efektívnejšia a či ju ovplyvňujú aj iné faktory, ktoré tu nemôžeme posúdiť.

Po zmagnetizovaní nasleduje operácia č. 9, čo je vyvažovanie. Medzi týmito dvoma operáciami opäť takmer nevzniká transport. Po vyvažovaní prechádza kus na pracovisko č. 5, po kontrole je transportovaný do skladu.

Hlavným návrhom na zlepšenie efektivity tohto pracoviska je však tak, ako pri predošlých dvoch zákazkách, zavedenie jednotného toku materiálu. Tým sa odstráni nutnosť transportu medzi pecou a ostatnými pracoviskami. Leveling produkcie je tiež adekvátnym návrhom, ktorý by zvýšil efektívnosť tejto zákazky. Jeho využitie je však z vybraných analyzovaných dát menej efektívne, ako zavedenie jednotného toku výroby.

Najlepším riešením by bolo zavedenie jednotného toku výroby a následné postupné analyzovanie zlepšenia, na základe ktorého by boli navrhnuté ďalšie návrhy, napríklad leveling.

4.2. Záverečný návrh

Hlavným návrhom na celkové zvýšenie efektivity pri dvoch relevantných zákazkách a aj všetkých nasledujúcich zákazkách je zmena rozloženia výrobných pracovísk tak, aby bola čo najviac znížená nutnosť transportu a aby bol dosiahnutý jednotný tok materiálu. Toto riešenie je časovo a ekonomicky náročné, avšak z pohľadu predpokladaného zvýšenia efektivity je skutočne efektívnym. Investícia do technológií, ktoré by mohli tieto operácie zrýchliť a zefektívniť, je možným riešením.

Z pohľadu Lean princípov je jednotný tok materiálu najvhodnejším ponúknutým riešením, vzhľadom na výhody, ktoré poskytuje. Jedná sa o zavedenie takej výrobnéj linky a postupov, že dôjde k eliminácii nutnosti čakania, keďže výrobná dávka bude presúvaná pár metrov medzi každou operáciou.

V tomto konkrétnom návrhu sa ponúkajú dve možnosti, jedným je zavedenie jednotného toku materiálu, zatiaľ čo druhým riešením by bolo zaviesť dve paralelné linky, ktoré sa nachádzajú v jednej časti budovy továrne. Toto riešenie je už od pohľadu mimoriadne nákladným; nákladnejším, ako presun jedného pracoviska na zavedenie jednotného toku. Preto v ekonomickom zhodnotení bude výpočet zameraný práve na toto riešenie, zavedenie jednotného toku materiálu.

5. Ekonomické zhodnotenie

Podľa informácií z firmy bude následne vyjadrená možnosť ušetrenia nákladov pri odstránení časov, ktoré neprodukujú žiadnu hodnotu, teda časy čakania. Toto vyjadrenie uvádza, že nákladová sadzba na logistiku je 12 Kč/minútu.

Jednotný tok materiálu by pri zákazke č. 698233 odstránil nutnosť čakania, ktorý zaberá približne 3054,06 minút. Vzhľadom na to, že návrh jednotného toku materiálu pri zmene rozloženia by odstránil aj najdlhšie nutné transporty, tento čas nie je nutné deliť na čakanie a transport, výsledok bude v medziach dostatočnej presnosti. Zákazka č. 698574 je síce mimo naše dáta, avšak aby bola dokázaná kvalita návrhu, pri zavedení jednotného toku materiálu by pri tejto zákazke bolo odstránených 5000 minút nutného čakania. Pri zákazke č. 697853 by sa zavedením jednotného toku materiálu odstránilo čakanie zaberajúce 700 minút.

V prípade správneho zoradenia a efektívneho množstva pracovísk by sa pri zákazke číslo 698233 odstránili náklady 36 648,72 Kč, pri zákazke číslo 698574 by to bolo 60 000 Kč. Zákazka č. 697853 by vykazovala zníženie nákladov o 8 400 Kč.

5.1. Rentabilita investície

Vhodným nástrojom na kvantifikáciu nákladov a vyjadrenie prínosu pre firmu je vyjadrenie návrhu na zmenu rozloženia vo forme investície. Podľa informácií z firmy je investícia prijatá v prípade, že jej návratnosť nie je viac ako dva roky. V prípade návratnosti troch rokov sa nad ňou uvažuje, no nie je pravdepodobné zavedenie a v prípade vyššej návratnosti sa zamietá. Náklady na presun pracoviska impregnácia je 250 000 Kč, keďže sa jedná o špecifické pracovisko so špeciálnymi technologickými požiadavkami.

V nasledujúcich výpočtoch bude uvedené, aké maximálne náklady by mohli byť vynaložené na presuny jednotlivých operácií tak, aby bola návratnosť investície skutočne do dvoch rokov. Náklady na presun ostatných pracovísk, ktoré nemajú špecifické technologické požiadavky, sú buď zanedbateľné v porovnaní s presunom impregnačného pracoviska, alebo sú nezistiteľné.

Výpočet rentability investície vyzerá nasledovne:

$$RoI = \frac{\text{čistý zisk}}{\text{náklady}} \quad (2)$$

Čistý zisk vyjadruje náklady, ktoré by na jednej zákazke boli ušetrené zavedením jednotného toku. Náklady v rovnici odkazujú na predpokladané náklady tejto investície. Rentabilita sa vyjadruje ako návratnosť v časovom rozmedzí jedného roku, teda cieľom výpočtov je dosiahnuť také náklady, aby index RoI neklesol pod 0,5. (Hodnota 1 predstavuje úplné vrátenie investovaného majetku do jedného roku. Preto hodnota 0,5 určuje túto návratnosť po dvoch rokoch.)

V rámci tejto práce bude vyjadrená rentabilita pre zákazku č. 698233 a zákazku č. 697853, pretože zákazka č. 695574 sa nachádza v inej časti haly, náklady na investíciu iné.

Poslednou neznámou, ktorá je nutná pre výpočet týchto rentabilit, je množstvo zákazok vyrobených za rok. Zákazka č. 698233 je vyrobená pätnásť krát, zákazka č. 697853 päťdesiattri krát. Vzhľadom na tieto údaje sa vyjadri množstvo minút, ktoré ročne strávia tieto zákazky čakaním, vyjadri sa rentabilita v prípade, že by sa jednalo iba o presun najdrahšieho pracoviska (teda impregnácie) a následne bude vyjadrené množstvo maximálnych nákladov, ktoré by mohli byť spojené s celkovým presunom.

5.1.1. Zákazka č. 698233

Pri výrobe tejto zákazky je čakanie približne 3054,06 minút. Po prepočte na náklady na minútu sa jedná o 36 648,72 Kč. V prípade, že sa zákazka vyrobí ročne pätnásť krát, náklady na čakanie sa nazbierajú na 549 730,8 Kč. Podľa rovnice č. 2 bude vypočítané RoI.

$$RoI = \frac{549\,730,8}{250\,000} \approx 2,2 = 220\%$$

Návrat tejto investície by bol 220%, teda náklady na túto investíciu by sa vrátili oveľa skôr. Maximálne náklady, ktoré stále prinášajú požadovanú rentabilitu, sa vypočítajú jednoduchou úpravou rovnice a dosadením hodnoty 0,5 za RoI.

$$0,5 = \frac{549\,730,8}{\textit{náklady}} \Rightarrow \textit{náklady} = \frac{549\,730,8}{0,5} \cong 1\,099\,462 \text{ Kč}$$

Interpretácia tohto výsledku je jednoduchá, pokiaľ náklady na presun jednotlivých pracovísk nepresiahnu 1 099 462 Kč celkovo, návratnosť investície je do dvoch rokov.

5.1.2. Zákazka č. 697853

Výroba tejto zákazky zahŕňa čakanie približne 700 minút, po prepočte ide o 8 400 Kč. Táto zákazka sa ročne vyrobí päťdesiattri krát, teda ročné náklady sa nazbierajú na 445 200 Kč. Pri tejto zákazke neprebíha operácia impregnácia, namiesto toho ide o vypaľovanie v peci. Nemožno teda rentabilitu tejto zákazky odvodiť na základe nákladov na presun impregnačného stanoviska, náklady na presun pece nie sú také vysoké, preto bude zámerom výpočet maximálnych nákladov, ktoré by boli prípustné.

$$0,5 = \frac{445\,200}{\textit{náklady}} \Rightarrow \textit{náklady} = \frac{445\,200}{0,5} \cong 890\,400 \text{ Kč}$$

Pri zavedení jednotného toku materiálu by náklady nesmeli prekročiť hranicu 890 400 Kč, aby bola dosiahnutá návratnosť investície do dvoch rokov.

6. Záver

Návrhom na zlepšenie efektivity výroby montážnej haly NBG bolo zavedenie jednotného toku materiálu, teda presun operačných pracovísk tak, aby výrobok nemusel podstupovať žiadne nadbytočné presuny, a aby sa odstránili časy, ktoré neprodukujú žiadnu hodnotu. Tento návrh je podporený zanalyzovanými dátami, na ktorých výsledkoch je postavené ekonomické zhodnotenie návrhu.

V rámci ekonomického zhodnotenia bolo dokázané, že pri presune impregnačného stanoviska by pri prvej zákazke došlo ku zvýšeniu efektivity, pri druhej zákazke sú predpokladané náklady na presun pracovísk nižšie, preto na základe maximálnych nákladov možno povedať, že by opäť došlo ku zefektívneniu výroby.

Je nutné brať na zreteľ, že analýza dát prebiehala na špecifickom súbore zákazok, ktorých je však vyššie množstvo. Pri tomto súbore zákazok bola možnosť presunu operačných stanovísk do jednotného toku materiálu zhodnotená ako efektívna. Tento výsledok je všeobecne aplikovateľný na veľké množstvo ostatných zákazok v tejto montážnej hale, avšak od určitého stupňa efektivity by mohlo dochádzať k strate. Podľa poskytnutých údajov a teoretického odhadu by však zmena rozloženia pracovísk celkovo priniesla väčší zisk a zefektívnenie výroby, ako by boli náklady vyvinuté na tento presun.

7. Zoznam použitých zdrojov

BARTOŠEK, Vladimír, ŠUNKA, Josef a VARJAN, Matúš. 2014. *Logistické řízení podniku v 21. století.* Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-824-3.

Baumüller. Baumüller. [Online] [Datum: 13. 3 2021.]

<https://www.baumueller.com/cs/spolecnost/skupina-baum-ller>.

BIGOŠ, Peter. 2005. *Materiálové toky a logistika II. logistika výrobných a technických systémov.* Košice : Technická univerzita v Košiciach, 2005. ISBN 80-8073-263-9.

GEORGE, Michael L. 2010. *Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce témeř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity.* Brno : SC&C Partner, 2010. ISBN 978-80-904099-2-7.

JUROVÁ, Marie. 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání.* Praha : Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.

KERBER, Bill a DRECKSHAGE, Brian. 2011. *Lean supply chain management essentials: A Framework for Materials Managers.* Boca Raton : Taylor & Francis Group, 2011. ISBN 978-1-4398-4082-5.

KOŠTURIÁK, Ján a FROLÍK, Zbyněk. 2006. *Štíhly a inovativní podnik.* Praha : Alfa Publishing, 2006. ISBN 80-86851-38-9.

LIKER, Jeffrey K. 2006. ResearchGate. [Online] 2006. [Datum: 16. Máj 2021.]

https://www.researchgate.net/figure/The-Toyota-Production-System-House_fig1_200552295.

Microsoft podpora. 2021. Microsoft. *Vytvorenie mapy hodnotového toku.* [Online] 2021. [Datum: 16. máj 2021.] <https://support.microsoft.com/cs-cz/office/vytvoření-mapy-hodnotového-toku-35a09801-999e-4beb-ad4a-3235b3f0eaa3>.

OMOTAYO, Alabi Micheal. 2016. ResearchGate. [Online] 2016.

[Datum: 16. máj 2021.] https://www.researchgate.net/figure/A-Toyota-Leaders-View-of-the-TPS-Source-Gary-Convis-designed-figure-219-based-on-his_fig1_304171474.

8. Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: Určenie efektivity jednotlivých zákazok	25
Tabuľka 2: Prestoje v hodinách, č. 698233.....	27
Tabuľka 3: Opis operácií, č. 698233.....	29
Tabuľka 4: Prestoje v hodinách, č. 698574.....	30
Tabuľka 5: Opis operácií, č. 698574.....	31
Tabuľka 6: Prestoje v hodinách, č. 697853.....	32
Tabuľka 7: Opis operácií, č. 697853.....	33

9. Zoznam skratiek

SCM	– Supply Chain management
ERP	– Enterprise Resource Planning
5S	– Sort, Set in Order, Shine, Standardize, Sustain
JIT	– Just in Time
FIFO	– First-In-First-Out
VSM	– Value Stream Map/Mapping
TPS	– Toyota Production System
SMED	- Single Minute Exchange of Die
RoI	- Rentability of Investment

10. Zoznam obrázkov

Obrázok 1: Toyota Production System	16
Obrázok 2: Toyota Leader's View of the Toyota Production.....	21
Obrázok 3: Value Stream Map	25
Obrázok 4: Organigram výrobnéj časti firmy Baumüller	29
Obrázok 5: Rozloženie montáže NBG	31
Obrázok 6: Ukážka funkcie na spracovaní dát	31
Obrázok 7: Graf efektivity operácií.....	33
Obrázok 8: Rozloženie montáže NBG s legendou).....	42