

Metody optimalizace nákladů výrobního podniku aplikací principů štlé výroby

Cost Optimization of Production Processes by Means of Application of Lean Tools Management

Ing. Adam Drastich MBA¹; Ing. Tomáš Malčic, Ph.D.²; Ing. Martina Závrbská¹

¹ VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta materiálově-technologická, 17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba, Česká republika

² ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s., Na Karmeli 1457, 293 01 Mladá Boleslav, Česká republika

Cílem článku je představit metodiku pro zavádění a řízení nástrojů štlé výroby ve výrobním podniku a navrhnout možnosti optimalizace nákladů v procesu plánování výroby. V první části jsou uvedena teoretická východiska z oblasti managementu štlé výroby a jednotlivých nástrojů, zejména prakticky použitého nástroje mapování toku hodnot. V další části je uvedena použitá metodologie a konkrétní metody, které byly využity při zpracování návrhu optimalizace procesu plánování. Hlavní pozornost je věnována mapování hodnotového toku, definici úzkých míst ve výrobních procesech a následně návrhu optimalizace. Závěrem jsou shrnuty očekávané přínosy navrhovaného řešení.

Klíčová slova: mapování hodnotového toku; optimalizace; plýtvání; automatizace; workflow; proces; přidaná hodnota

The article aims is to present the current state of knowledge in the field of lean manufacturing tools and regarding methodology. Based on the presented methodologies possibilities for cost optimization in the process of production planning, logistics and information flows are proposed. The introduction of the article describes the theoretical background and knowledge in the field of implementation of lean manufacturing tools and related applications. The main attention is paid to the analysis of production processes and especially to the method of value stream mapping and its practical use. The article mentions the methodology of creating a value map and at the same time specifies possible risks that may occur in the creation of a value map, including specific recommendations for creating a value stream map. Furthermore, the article deals with the issue of “Muda” in production processes, as well as with their causes, consequences and impacts on the company's cost items. The chapter itself is devoted to the optimization of the planning process. It deals with concepts from the field of digital transformation and industry 4.0. These are the areas, in which it is possible to define and optimize sources of time wastes using appropriate software. The article defines the methodological approaches that were used in the creation of the value map, from the creation of the mind map, through the definition of research areas to the final evaluation of the overall concept of the value stream map. Within the definition of individual resolution levels for the needs of the value stream map, four levels of resolution are defined. From mapping a single process or production line, through mapping processes, plant operations to mapping the flow of values between individual companies. Emphasis is also placed on the personal composition of the team involved in the creation of the value stream map, especially regarding their knowledge and management competencies. The chapter devoted to optimization based on the method of value stream mapping deals with information and material flows, including necessary inputs and outputs from/to the value map. It introduces the principles leading to the acquisition of a suitable database and defines the conditions leading to the creation of a map of the future (expected) state. Finally, the benefits obtained by the correct implementation of the value stream map, the elimination of bottlenecks and deployment in the planning and logistics process are presented. Additional procedures in the field of automation of the planning process based on industry 4.0 technologies are proposed.

Key words: Value Stream Mapping; optimization; waste; automatization; workflow; process; added value

Tento článek se zabývá metodami štlé výroby a optimalizací podnikových nákladů. Současný trend automatizace výrobních procesů, zaznamenává v posledních letech kontinuální až dramatický nárůst. S tímto trendem souvisí i stále se zvyšující požadavky na zvyšování přidané hodnoty finálního produktu. Podniky musí být schopny ve velmi krátkém čase reagovat na požadavky trhu. Musí tedy začít přistupovat k řízení podnikových procesů systémově. Podniky řeší stále aktivněji možnosti, jak a

kde minimalizovat výrobní náklady a zvýšit přidanou hodnotu výrobku nebo poskytované služby. Dnes je pro každou firmu jedním ze základních cílů zcela uspokojit potřeby zákazníka. K tomu je nezbytné vedle kvality, termínu dodání a ceny výrobku dosahovat excelentních výsledků v oblasti podpory a celkového servisu zákazníka. To je v dnešní době jeden ze základních rozdílů, který jednotlivé konkurenty vzájemně odlišuje. A právě tohoto konkurenčního rozdílu jsou podniky schopny

dosáhnout systémovou a neustále se rozvíjející aplikací nástrojů štlhlé výroby za neustálého vyhodnocování trendu souvisejících nákladů.

Článek je zaměřen na výrobní procesy firmy a s nimi spojené metody řízení těchto projektů, jako je plánování a logistika. Konkrétně je zde řešena problematika plánování jednotlivých výrobních aktivit s důrazem na návrh takových opatření, které minimalizují vznikající náklady. Z plánovacího hlediska je řízení výrobního plánu organizováno s ohledem na minimalizaci ztrátových časů, efektivní a hospodárné využívání dostupných zdrojů a výrobních zařízení. Řadíme sem kromě materiálového toku také informační tok, který je nezbytnou součástí řízení výroby a efektivní aplikaci metod štlhlé výroby. Procesem plánování se rozumí konkrétní rozdělení a využití výrobních kapacit na definované zdroje tak, aby byly hospodárně a efektivně využity v rámci zabezpečení požadovaných termínů dohovění a dodávky produktu.

1. Vymezení nástrojů štlhlé výroby a související problematiky výrobního podniku

1.1 Proces

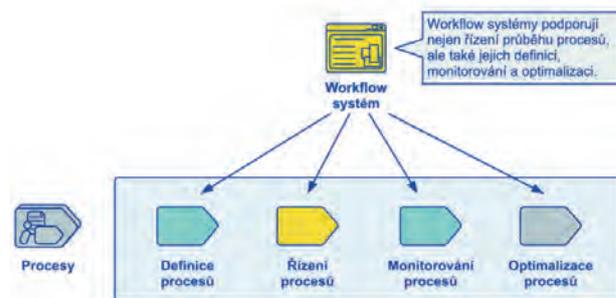
Proces je popsán sled aktivit tvořících požadované hodnoty. Zpětnou vazbu na konečné hodnoty procesu poskytuje zákazník. Za kvalitu procesu je vždy odpovědný vlastník procesu. Každý proces má definovaný cíl. Plnění těchto cílů přispívá k realizování strategických cílů organizace. Každý proces má přesně definovaný začátek a konec a také vazbu na navazující procesy. Každý proces má své vstupy a výstupy. Vstupy jsou dodávány jak externími, tak i interními dodavateli. K správné funkci procesu jsou nezbytné zdroje. Tyto zdroje jsou tvořeny surovinami a dalšími materiály, stroji, pracovníky nebo informacemi. Činností procesu jsou aktivity, resp. pracovní úkony vykonávané dle určených postupů vedoucí k plnění stanovených cílů. Tyto cíle jsou měřitelným výstupem procesu. Procesy mají definované minimální a maximální hodnoty. Tyto hodnoty nazýváme parametry. Parametry jsou cílové hodnoty, kterých má proces dosahovat. Parametry, které typicky sledujeme, je průběžná doba výroby, náklady na vady, včasnost dodávek.

1.2 Automatizace řízení procesů

Firemní procesy, aby byly dlouhodobě funkční, se musí průběžně vyhodnocovat a optimalizovat. Musí být umožněna flexibilní změna jejich průběhů, vstupů i výstupů. Automatizaci řízení procesů je možné realizovat prostřednictvím workflow systémů (workflow – pracovní tok). Právě workflow systémy (viz model na obr. 1) umožňují průběžně měnit a upravovat procesy prostřednictvím jejich sledování a vyhodnocování. Procesy zde nejsou pevně definovány, ale jsou modelovány pomocí specifických nástrojů [1].

Procesy ve workflow systémech jsou dány řídicími a věcnými informacemi. Řídicí informace popisují, jakými stavy proces prošel a do jakých stavů se může dostat při dodržení definovaných podmínek. Věcná informace je

informace, nad kterou je proces definován. Strukturované informace je možné snadno automatizovaně zpracovávat. Řídicí i věcná informace je určena metamodelem. Meta-model je základní prvek definice procesu, který je definován vzorem pro věcnou informaci, vzorem životního cyklu a vzory pro přístupová práva.



Obr. 1 Model workflow systému

Fig. 1 Workflow system model



Obr. 2 Metriky a procesy workflow systému

Fig. 2 Workflow system metrics and process

Tam, kde řízení procesu není prostřednictvím modelování informací dostatečné, je nutné začít procesy popisovat skriptovacím jazykem. Takto lze zpracovat strukturované řídicí informace věcného obsahu.

Za pracovní tok (workflow) považujeme strukturovanou a měřitelnou sadu činností tak, aby vytvářela specifikovaný výstup. Základním principem workflow systémů je oddělení logiky procesu do samostatné úrovně nad výkonné jádro informační podpory systému. Toto nastavení umožňuje značnou flexibilitu prvků procesu. Workflow systémy tuto logiku integrují s věcnými informacemi procesu. Činností workflow procesu jsou řízeně delegovány kompetentním rolím, a to v různé formě. Nejčastější formou je úkol nebo rozhodnutí. Úkol definuje činnost, kterou je nutné vykonat, a rozhodnutí určuje další průběh procesu. Samotnou automatizaci řízení procesů definujeme na několika úrovních, které souvisí se způsobem definice procesů ve workflow systémech. Na nejnižší úrovni řízení činností se specifikují elementární činnosti k jejich provedení. Na vyšší úrovni lze pak specifikovat nevázanosti mezi jednotlivými procesy. Důležitou funkcí workflow systému je sledování a monitorování probíhajících procesů. Monitoring lze provádět různými způsoby dle potřebné

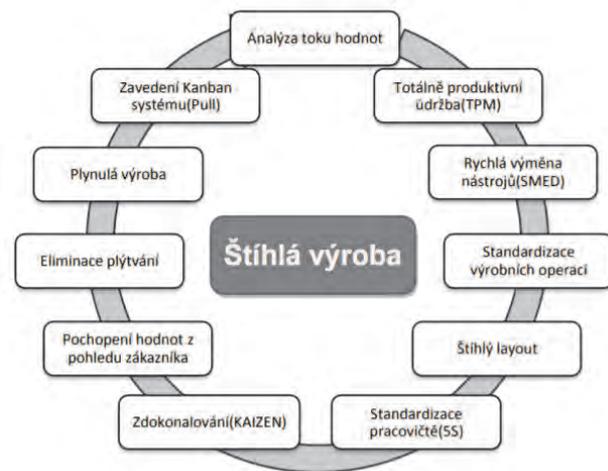
úrovně rozlišení. Některé systémy umožňují definovat metriky pro sledování výkonnosti přímo v systému (obr. 2). Metriky volíme dle charakteru procesu. Dále můžeme sledovat stav procesů, úkoly nebo zpětnou vazbu od odpovědných manažerů. Na základě takto získaných dat lze identifikovat úzká místa nebo neefektivní a složité vazby v systému, které lze poměrně snadno a bez velkých nákladů upravit. Samotná úprava spočívá v úpravě metamodelu, kdy dochází zpravidla ke změně činností, jejich podmínek a pravidel, výkonných rolí nebo vzoru věcných informací.

1.3 Štíhlá výroba, metody, principy

Pojem štíhlá výroba je chápán jako výrobní systém, který je založený na plynulém výrobním toku s minimálními zásobami a soustavným tlakem na zvyšování kvality, produktivity, včasnosti dodávky a snižování výrobních nákladů [2]. S metodami štíhlé výroby se dnes setkáváme v mnoha firmách, a to zejména tam, kde je stanoven firemními cíli další rozvoj společnosti směrem ke zvyšování efektivity podniku jako celku. Oblastí implementace štíhlé výroby se dnes zabývá mnoho manažerů s cílem dosahovat ve svých firmách maximálně možných ekonomických výsledků a produktivity práce. Hlavním cílem implementace metod štíhlé výroby je tedy zjednodušeně vyjádřeno dosahovat maximální přidané hodnoty finálního produktu s minimálně vynaloženými náklady. Jakákoli činnost, která je zbytečná ve výrobním procesu, je ztráta produktivního času. Principy používané v metodologii štíhlé výroby můžeme rozdělit na **princip stálého zlepšování**, kdy cílíme na každodenní drobné zlepšení a usilujeme o zapojení každého pracovníka do systému návrhů ke zlepšování. Dalším principem je **princip hodnoty pro zákazníka**, tzn. že každá činnost, která je v podniku vykonávána, by měla mít přímo nebo nepřímo pozitivní vliv na přidanou hodnotu finálního produktu, a tedy i koncového zákazníka. Metody štíhlé výroby jsou založeny z velké části na vizualizaci dané problematiky. Proto je velmi důležité dodržovat **princip vizualizace**. Klademe důraz na vizualizaci dat, výsledků, průběžně plněných cílů atp. V rámci tohoto principu vznikají informační tabule a obrazovky, které mají za cíl všechny zaměstnance informovat o plnění stanovených metrik. Jako další principy pak autoři zabývající se metodologií štíhlé výroby uvádějí **princip flexibility**, **princip respektu** a **princip sjednocení**. Z pohledu všech výše uvedených principů je nezbytné provádět pravidelné měření a vyhodnocování stanovených cílů, případně definovaných odchylek.

V současnosti je k dispozici obrovské kvantum odborných publikací a vědeckých či odborných článků na téma štíhlé výroby, které se snaží analyzovat historické dopady a přístupy vedoucí k celkové optimalizaci výrobních procesů a minimalizaci ztrát. Mezi významné autory lze v této oblasti uvést Dr. J. P. Womacka [3], který je považován za „otce“ principů štíhlé výroby. I přes značný rozvoj bádání v dané oblasti lze stále v implementaci principů štíhlé výroby (obr. 3) do podnikové praxe nalézt mezery, které je zapotřebí doplnit vhodnými nástroji. Autoři odborných článků a praktici přímo z výrobních

podniků se mnohdy shodují, že aplikace různých principů nebo i souboru přístupů je úzce spojena s celkovým zaměřením podniku, specifickými požadavky na výrobu, jakožto i celkovou firemní kulturou. Mnohdy tedy není možné přistupovat k implementaci nástrojů štíhlé výroby slepě dle stanovených pravidel a příruček, ale je nezbytné hledat vhodné metody a aplikace, které budou v daném podniku použitelné a zejména povedou k očekávané optimalizaci.



Obr. 3 Základní principy štíhlé výroby
Fig. 3 Basic principles of Lean methodology

V mnoha firmách se vytrácí vize dlouhodobé strategie vedoucí k poskytování přidané hodnoty zákazníkovi právě jeho podporou i v jiných oblastech, než jen dodání požadovaného zboží či služby. K tomu, aby se firmy mohly začít více soustřeďovat právě na vytváření excelentních podmínek v oblastech servisu pro zákazníka, které dnes stále ve větším měřítku napomáhá zavádění principů štíhlé výroby. Automatizací těchto procesů se firma postupně oprošťuje od řízení pouhého nejnižšího článku v architektuře řídicího systému, tj. operativní úrovně, a získává větší prostor k vytváření dlouhodobé strategie rozvoje firmy v interakci s trhem a směrem ke konečnému odběrateli. Jedním z těchto nástrojů, který je dnes rozšířen, je analýza toku hodnot (VSM – Value Stream Mapping).

1.3.1 VSM (Value Stream Mapping)

Analýza toku hodnot je součástí TPS. TPS (Toyota Production System) je původem výrobní filozofie s cílem eliminovat všechny ztráty v procesch a dosahovat maximální přidané hodnoty a efektivity. Metoda TPS je založena na konceptu jidoka a just-in-time. Jidoka je metoda umožňující rychlou identifikaci a nápravu chyb, které mohou vést ke zmetkové výrobě. Just-in-time zabezpečuje koordinaci sledu výrobních operací tak, aby nedocházelo k prostojům mezi jednotlivými operacemi. Metodu VSM využíváme k analýze podnikových procesů. Dříve byla využívána zejména k analýze ryze výrobních

procesů. S postupem času a rozvojem principů štlhlé výroby se však rozšířila na podnik jako celek, tj. prakticky do všech procesů v podniku. Jedná se o grafickou techniku, která pomocí standardizovaných ikon a symbolů popisuje souvislosti ve všech potřebných tocích daného výrobku, souboru výrobků nebo podniku. Cílem mapování hodnotového toku je tedy získat takové informace, které pomohou popsat děje probíhající ve sledovaných procesech, a zároveň poukázat na možná řešení vedoucí k optimalizaci. [4] Cílem mapování hodnotového toku je minimalizace, resp. úplná eliminace všech činností, které nepřidávají hodnotu finálnímu výrobku a mohou způsobovat v procesech ztrátové časy. V některých studiích je přistupováno k mapování hodnotového toku jako samostatné metodě řízení procesů podniku. Většina autorů se shoduje, že je vhodné aplikovat na podnik soubor metod štlhlé výroby, přičemž mapování hodnotového toku je určitou nadstavbou ve fázi kdy, již má podnik plně implementovány a zvládnuty některé z principů štlhlé výroby. Rother a Shook [5] pohlížejí na mapování hodnotového toku jako na nástroj, který je úzce zaměřen na materiálový tok. Upozorňují na situace, kdy dochází v některých místech výrobního procesu k úzkým místům a doporučují se v rámci celkové koncepce zaměřit zejména na tok materiálu výrobním procesem. V praxi přistupujeme k mapování hodnotového toku tak, že nahlížíme na všechny procesy firmy. Nahlížíme na ně jednotlivě tak, aby byly zřejmé souvislosti, které mezi danými procesy vznikají. Tím je umožněno získat ucelený přehled a možnost identifikovat plýtvání v podniku a dále také definovat možné příčiny plýtvání a následky. Tím, že na podnik budeme v rámci této metody pohlížet komplexně, jako na systém se svými vstupy a výstupy, získáme celkový přehled o informačním toku.

Petr L. King [6] definuje ztráty jako všechno, co spotřebovává zdroje (suroviny, materiál, lidi, stroje), ale nepřináší žádnou přidanou hodnotu zákazníkovi. Jako nejhorší ztráty definuje nadvýrobu, zbytečné zásoby, neshodnou výrobu a manipulaci, při které nevzniká přidaná hodnota. Uvádí, že právě tyto čtyři druhy plýtvání jsou pro firmy nejvíce nákladné, ale zároveň prostřednictvím správně realizovaného VSM snadno rozpoznatelné a následně odstranitelné. Zároveň autor uvádí, že mnoho interakcí, v jejichž důsledku dochází ke ztrátám, se může odehrávat „hluboko“ v konkrétním procesu, a mohou tak být poměrně složitě identifikovatelné. Mohou to být aktivity, které jsou úzce spojeny s konkrétním strojem, zásobníkem či kontrolním mechanismem, který nelze snadno rozpoznat v rámci grafického rozložení mapy hodnot. Mezi výhody mapování uvádíme zejména sedm základních událostí.

Mapa toku hodnot:

- Určuje ty operace, které přidávají hodnotu výrobku, což se může zobrazit i zákazníkovi.
- Poskytuje čistý pohled na materiálový tok od surového materiálu k finálnímu produktu a definuje jednotlivé bariéry v materiálovém toku, které je nutné odstranit.

- Nabízí celkový pohled na procesy jako celek a zlepšuje identifikaci interakcí mezi jednotlivými kroky.
- V případě, že VSM je vytvořen jako celkový pohled na firemní procesy a funkce, vytváří mapa toku hodnot silné, vzájemně propojené vazby, které poskytují pohled na fungování procesu jako celek.
- Zvýrazňuje hlavní formy plýtvání v procesech.
- Nabízí varianty řešení hlavních příčin plýtvání.
- Poskytuje vzor pro budoucí kroky ve zlepšování řízení, příp. zcela nového projektování řídicího systému.

Metoda mapování hodnotového toku je také citlivá na určité nástrahy, které se mohou během práce objevit. Jedná se zejména o situace, kdy se implementátor snaží do mapy toku hodnot dostat příliš mnoho informací. Doporučeno je používat maximálně 15 databoxů procesů. Vždy je cílem zaměřit se pouze na relevantní procesy. Dále, pokud jde o navrhování procesů, je vždy vhodné soustředit se na takový proces, do kterého vede jen jeden informační tok. Více informačních toků vedoucích do jednoho procesu je matoucích. Doporučuje se uplatňovat metodu FIFO. Tím se rozumí maximálně jednoduchý způsob organizování a manipulace, stanovení důležitosti v rámci pohybu materiálu a dat a to vše ve správném pořadí. Prakticky musí být dodrženo pořadí, ve kterém data do systému vstoupila. Také je nutné si uvědomit, že informační toky musí být dále zpracovávány, tedy nesmí končit v pasivním prvku, jako například v zásobách. Informační tok musí vždy končit v prvku, který může danou informaci dále zpracovat a vyslat ji ve zpracovaném stavu k dalšímu prvku. Nutné je také dodržovat při návrhu hodnotového toku stanovený projekt, který nemusí odrážet rozmístění výrobních prostředků, ale musí respektovat předem stanovená pravidla. Dle dohodnutých konvencí ve většině případů materiálový tok směřuje zleva doprava a informační tok logicky v obráceném směru. Mapování hodnotového toku je tedy analytická činnost, která je úzce spjata s metodami Lean managementu, resp. je jeho nezbytnou součástí v pokročilých stádiích implementace metod štlhlé výroby. Slouží pro mapování toku hodnot jak v procesech výrobních, tak i procesech obslužných, personálních, administrativních a dalších podobných, které jsou řízeny ve vyšších úrpních architektury řídicího systému. K tomu se využívá vizualizace hodnoty daného toku formou grafického zobrazení, který může být jak informační, tak i finanční, materiálový nebo i jiný, a to dle konkrétní potřeby poznání dané úrovně řízení. Tato metoda pomáhá k hlubšímu poznání jednotlivých výrobních i nevýrobních procesů podniku napříč celou organizací v návaznosti na řízení organizace a procesy, které firmu ovlivňují z vnějšího prostředí a definují slabá místa v jednotlivých procesech.

1.4 Plýtvání ve výrobních procesech, související náklady

Za klíčové mnohé firmy považují minimalizaci nákladů související s neshodnou výrobou. Tento okruh se týká jak externích, tak i interních reklamací. Za externí reklamace

považujeme všechny reklamace od zákazníků. Interní reklamace vyvolávají veškeré firemní náklady spojené s neshodnou výrobou a vícepracemi v rámci firmy. Náklady na externí reklamace jsou mnohdy vyvolány nejen požadavkem zákazníka na opětovné dodání bezvadného výrobku, ale také jsou spojeny s případným procesem třídění dodané dávky výrobků. Toto se týká zejména dodávek v automobilovém průmyslu, kdy každá dodávka, ve které je nalezen byt' jediný neshodný kus, je zpravidla překontrolována třetí stranou z pohledu kvality. Náklady na toto třídění se dle velikosti potenciálně vadné dodávky mohou pohybovat až ve statisících korunách za jedno třídění.

Náklady na interní neshodnou výrobu spotřebovávají firemní zdroje nad rámec kalkulovaných cen výrobku, zvyšují materiálovou náročnost výrobku a postupně snižují kalkulovaný krycí příspěvek vyráběného produktu. Mezi náklady na neshodnou výrobu některé firmy počítají také náklady, které je nutno vynaložit na materiál, který může být spotřebován např. na rozjezd výroby. Za rozjezd výroby považujeme proces, který předchází schválení referenčního vzorku výrobku, tedy výrobku, který je v souladu se zákaznickou specifikací. Např. lisovny tyto náklady často kalkulují zákazníkovi v ceně vylisku jako nutný technologický odpad. Avšak s ohledem na dnešní tendenci na trhu, který navazuje na principy štíhlé výroby, mají firmy možnost zvýšit přidanou hodnotu vylisku, resp. navýšit kalkulovaný krycí příspěvek na daný produkt uplatněním tzv. roční slevy (year of the year savings). Vhodnou optimalizací procesu kvality ve firmě přímo ovlivníme hospodářský ukazatel EBITDA. To je zisk před odečtením úroků, daní a odpisů., neboť veškeré vícenáklady spojené s neshodnou výrobou ovlivňují tento ukazatel negativně. [7].

Dalším druhem plýtvání, které se ve firmách často vyskytuje, jsou zásoby. Zásoby sebou nesou možné plýtvání prostorem, disponibilními kapacitami výrobních zdrojů a zejména zpomalují cash-flow firmy. Tento druh plýtvání mnohdy úzce souvisí s nadvýrobou. Za nadvýrobu považujeme stav, kdy výstup z výrobního procesu výrazně převyšuje vstup, tedy požadavky zákazníků. Tento stav způsobuje neefektivní využití disponibilních kapacit výrobních zdrojů, zvyšuje skladové zásoby, zvyšuje potřebu na obalové jednotky a zejména zatěžuje cash-flow společnosti [8]. To vše vzhledem ke zpomalení obrátky peněz a nutnosti nákupu vstupních surovin na zboží, které bude ve společnosti uskladněno déle, než je zapotřebí, negativně ovlivňuje finanční toky ve firmě. Pokud v podniku dochází k nadvýrobě, často to poukazuje na špatně zvládnutý proces plánování výroby. Mnoho firem dnes plánuje ad hoc; plánovací proces je závislý na jednom člověku a jeho tacitních znalostech. Je málo využíváno dostupného software, který usnadní proces plánování a dokáže výrobní kapacity optimalizovat s ohledem na požadované materiálové vstupy i konkrétní odvolávky. Předpokladem pro implementaci plánovacího software a jeho smysluplného využití je nutnost mít odpovídající datovou základnu.

2. Optimalizace plánovacího procesu ve výrobním podniku

Firmy, které chtějí v dnešním silně turbulentním a konkurenčně silném prostředí efektivně fungovat a nabízet vyšší přidanou hodnotu svým zákazníkům, se stále častěji začínají zabývat implementací automatizovaných technologií. Procházejí obdobím digitální transformace. Za digitální transformaci můžeme považovat přechod do stavu, kdy jsou stroje a procesy ve firmách řízeny za pomoci předem definovaných algoritmů [9]. Z pohledu dlouhodobé strategie společnosti a uvažovaného směru přeměny výrobních podniků do úrovně Průmyslu 4.0. je tento stav očekávaný. Jednotlivá data ve výrobních procesech jsou postupně zracovávána podle optimálních algoritmů, čímž se snižuje závislost na lidském faktoru. Cílem algoritmicizace dat je dostávat všechny výrobní procesy do stavu, kdy budou potřebná data poskytována uživateli s takovým předstihem, aby byl schopen reagovat prediktivně, tzn. předcházet vzniku případného problému. Při procesu plánování výrobních operací se prostřednictvím vhodného software nabízí možnost řešit následující činnosti:

- plnění odvolávek zákazníků s optimálním využitím operátorů a strojů;
- maximalizace produktivity jednotlivých pracovišť a OEE (Overall Equipment Effectiveness); toto je metoda pro identifikaci procenta výrobního času, který je skutečně produktivní [10];
- minimalizace poruch a prostojů;
- optimalizace manipulačních činností v procesu výroby;
- minimalizace vstupu lidského faktoru do jednotlivých meziperačních činností;

K postupnému přechodu od ručního plánování k plánování automatizovanému je zapotřebí provést celou řadu kroků. Jedním z prvních kroků, který byl realizován ve strojírenském podniku vyrábějícím plastové díly pro automobily, je mapování hodnotového toku.

2.1 Použité metodické přístupy, praktické kroky uplatněné v praxi

Prvním krokem zpracování mapy toku hodnot je zvážení její potřeby. Ve výše zmíněném výrobním podniku byl proveden **brainstorming**. [11]. Výstupem provedeného brainstormingu je **myšlenková mapa**. Informace získané touto metodou se týkají aktuálního stavu podnikových procesů, upozornily na vnímané nedostatky a budou součástí navrhovaných řešení a očekávaného stavu zlepšení v dotčeném průmyslovém podniku.

Dalším velmi důležitým krokem byla **definice oblastí**, pro kterou bude mapa hodnotového toku zpracována. V tomto případě se jednalo o proces plánování výroby plastových dílů na vstříkovacích lisech. Součástí této definice je i **zhodnocení celkového konceptu** mapy hodnotového toku s cílem vhodně vybrat úroveň rozlišení. Celkový rozsah modelu musí rozlišovat jednotlivé úrovně

zkoumaného procesu tak, aby nebyl zatížen přílišnými a mnohdy zbytečnými detaily. Standardně se mapování toku hodnot zabývá čtyřmi úrovněmi rozlišení dle potřeby řešení dané problematiky:

- mapování jednoho procesu nebo výrobní linky,
- mapování procesů a operací jednoho závodu,
- mapování procesů napříč jednotlivými úseky v rámci jednoho podniku,
- mapování toku mezi různými výrobními a dodavatelskými společnostmi.

Nedílnou součástí tvorby mapy hodnotového toku je vhodně zvolený **tým lidí**, kteří se na tvorbě této mapy budu podílet. Definice členů týmu proběhla na základě definice problematiky, které je v rámci podniku řešena.

Součástí základního konceptu mapy hodnot bude **materiálový a informační tok**. Materiálový tok bude značen v mapě hodnot dle obecných zvyklostí zleva doprava. Z tohoto uspořádání vyplývá, že dodavatelé budou zobrazení na levé straně mapy a zákazníci na straně pravé. Na základě definice problému a stanovené rozlišovací úrovně lze některé materiálové toky sloučit. Ke sloučení materiálových toků dochází zejména v případě výrobků sestávajících z více celků (dílů a podsestav). Informační tok je využíván ke znázornění toku informací podnikem. V zásadě budeme rozlišovat dva toky informací. K tomu, abychom byli schopni zobrazit informaci o tom, co se má vyrábět, budeme potřebovat **informační tok, který vstupuje do procesu**. V každé mapě hodnot musí být alespoň jeden informační tok, který vstupuje do systému. Může se jednat o KANBAN nebo výrobní objednávky apod. Řídicí systém dále potřebuje informace o výrobním systému. Toto je realizováno tokem **informací vystupujícím ze systému**. Mohou také nastat situace, kdy může směřovat informační tok zpětně, tj. z vlastního výrobního procesu k řízení výroby. Tato situace nastává zejména v případech, kdy je nutné agregovat data např. o zásobách.

Samotné zobrazení současného stavu hodnot bylo zpracováno na základě Lean principu „go and see“, tedy přímo ve výrobě, případně na jednotlivých podnikových odděleních, a to směrem od zákazníka k dodavateli. K udržení celkového přehledu o materiálovém toku je zvolen postup, kdy v blokovém schématu nejdříve znázorníme dodavatele, pak zákazníka a až poté databoxy s hlavním procesem. Vzhledem k faktu, že obvykle je informační tok méně strukturovaný než tok materiálový, bude mapován přímo „na místě“ nikoliv předem. V případě jakýchkoliv odchylek od uvažovaného stavu jednotlivých toků je mapa průběžně aktualizována.

K doplnění mapy o datovou základnu se použije metoda **snímkování operací** s následnou **tvorbou časové osy** popisující jednotlivé délky trvání procesů a délkou prostojů. Poté bude metodou **PCE (Proces Cycle Efficiency)** stanoven podíl času výkonu a ztrátových časů vyjádřený v %.

K zobrazení budoucího stavu bude využita mapa hodnotového toku popisující aktuální stav procesů. Zobrazení

budoucího stavu se využívá zejména z důvodu, kdy chceme změnit organizaci nebo strukturu materiálového a/nebo informačního toku. Mapa hodnotového toku je totiž pouze vizualizace a vzhledem k povaze a zaměření výrobního podniku lze očekávat, že současný stav (první zobrazený stav) bude chaotický. Může obsahovat nestrukturovaná data nebo více protichůdných signálů. Tato data budou výchozí základnou pro návrh optimalizačních opatření. Samotná kvalita implementace navržených opatření pak bude odrážet očekávaný výsledek optimalizace zahrnuté v mapě hodnotového toku budoucího stavu procesů.

2.2 Použité metody

Použité metody pro tvorbu toku hodnot jsou rozděleny do dvou skupin. První skupinu tvoří obecně teoretické metody a skupinu druhou tvoří praktické metody sběru, analýzy a verifikace dostupných dat. Využité teoretické metody jsou následující:

Abstrakce – konkretizace. Abstrakce je myšlenkový proces, kdy se v rámci zkoumání a popisu objektů uvažují pouze podstatné charakteristiky, čímž se ve vědomí utváří model objektu obsahující jen ty charakteristiky, které jsou podstatné pro získání odpovědi na námi kladené otázky. Naopak při konkretizaci vyhledáváme konkrétní výskyt daného objektu z určité třídy objektů. Na tento objekt se pak snažíme aplikovat charakteristiky platné pro tuto třídu objektů. Metoda abstrakce – konkretizace bude primárně využita při tvorbě myšlenkové mapy.

Analýza – syntéza. Analýza je proces faktického rozčlenění či rozboru složitějšího celku nebo skutečností na jednodušší části. Je to rozbor vlastností, vztahů, faktů postupujících od celku k částem (jednotlivostem). Analýza umožňuje odhalit různé stránky a vlastnosti jevů a procesů. Umožňuje oddělit podstatné od nepodstatného a odlišit trvalé vztahy od nahodilých. U syntézy se postupuje od částí (jednotlivostí) k celku. Syntéza dovoluje poznat objekt jako jediný celek. Metoda analýzy – syntézy bude použita především při návrhu struktury a samotného modelu mapy hodnotového toku.

Vícekritériální rozhodování. Je to vědní disciplína operačního výzkumu, která se zabývá analýzou rozhodovacích situací, ve kterých jsou posuzovány různé varianty. Tyto varianty nejsou posuzovány pouze podle jednoho, ale podle několika, zpravidla navzájem konfliktních kritérií. Vícekritériální rozhodovací procesy jsou popsány množinou variant, množinou hodnotících kritérií a řadou vazeb mezi kritérii a variantami, které umožní definovat hodnotící funkce a metodou výběru. To umožňuje formulovat vícekritériální matematický model. Jeho součástí musí být možnost vstupu dodatečné informace, kterou jsme zatím nedokázali explicitně vyjádřit, a proto není zahrnuta v základním modelu. Touto dodatečnou informací často bývá informace o subjektivních preferencích rozhodovatele na množině kritérií. Vyjadřuje to představy rozhodovatele, čemu dává přednost. Metody vícekritériálního rozhodování budou využity při sestavování modelu, návrhu metodiky a zobecnění modelu.

3. Přínosy optimalizace plánovacího procesu

Plánovací systém, který je postupně optimalizován na základě poznatků definovaných mapou toku hodnot bude postupně zlepšován až do fáze, kdy bude obsahovat prvky umělé inteligence, čímž bude schopen se postupně učit jednotlivé stavy, které mohou nastat a postupně bude reagovat na požadavky zadané v podnikovém systému autonomně a v požadovaném čase.

Implementace plánovacího systému s prvky umělé inteligence je rozložena do několika etap. V první etapě je provedena vstupní analýza a jsou definovány jednotlivé přínosy, které firma očekává. Dále se provede analýza již existujících dat na modelu obsahujícím prvky umělé inteligence. V poslední fázi proběhne customizace, tj. uzpůsobení požadavkům zákazníka, implementace, testování a ostré spuštění systému. Vstupní analýza je zaměřena na determinaci klíčových ukazatelů pro řízení daného procesu. Následuje detailní analýza datového toku a způsobu přenosu informací. Na základě provedeného sběru a vyhodnocení dat je sestavován program případných změn, které počítají s potenciálem zlepšení v dalších etapách projektu. V další fázi projektu jsou veškerá data podrobena matematické analýze z pohledu posouzení jejich využití v procesu učení. Výstupem je model porovnávací reálný stav daného procesu s ideálním modelem, který byl realizován za definovaných podmínek stanovených modelem s prvky umělé inteligence. Na základě porovnání uvedených modelů a testování systému v ostrém provozu následuje instalace na jednotlivých pracovištích zahrnutých do plánu projektu.

Jedním z očekávaných cílů implementace plánovacího systému založeného na využití prvků z oblasti strojového učení, je kromě samotné optimalizace procesu plánování a minimalizace ztrátových časů také technologický rozvoj společnosti. Investicí do nových technologií se firma připravuje na strategii průmyslu 4.0. a postupný přechod na digitální transformaci. Další nadstavbou nad uvedeným plánovacím systémem je možnost využít modul pokročilého prediktivního plánování, který je založen na simulaci podnikových aktivit, tzn. tento systém zahrnuje do procesu plánování externí vlivy ovlivňující plánovací proces. Tato data jsou zaznamenávána datově. Datový záznam jednotlivých aktivit předpokládá, že jsou jednotlivé procesy digitalizovány a veškeré objekty vstupující do těchto projektů disponují dostatečnými profily. Tím je umožněno platformě strojového učení konstruovat možné verze podnikové reality, které mohou nastat v určitých a předem specifikovaných časových horizontech. Dostupnost těchto dat s „časovou rezervou“ pak umožňuje pružně reagovat v oblasti strategického rozvoje firmy. Příkladem může být rozhodování o nových investicích do výrobního zařízení.

Závěr

Celkovou optimalizaci procesů je nezbytné postupně realizovat v každé firmě. Jedná se o nekončící zlepšování nejen výrobních procesů, ale i všech ostatních procesů v průmyslovém podniku, které je nutné neustále prověřovat a posouvat dále k pomyslné hranici dokonalosti. Je to jeden ze způsobů, jak získat v dnešním tržním prostředí jistou konkurenční výhodu. Vhodné je začínat s optimalizací od zjevných činností, které generují neefektivitu. Pro rozhodnutí o tom, kterým směrem se vydat, je základním požadavkem získat robustní data, na jejichž základě můžeme rozhodovat o dalším směru rozvoje firmy. Cílem této optimalizace je vedle zvýšení efektivity provozu firmy a postupného snižování nákladové náročnosti také vybudovat si dobré jméno na trhu a začít nabízet zákazníkům vyšší přidanou hodnotu prostřednictvím lepšího servisu, než je jen splnění požadované doby, kvality a ceny výrobku.

Literatura

- [1] CARDA, A. KUNSTOVÁ R. *Workflow – Nástroj manažera pro řízení podnikových procesů*. Praha: Grada, 2003, 155 s. ISBN 80-247-0666-0.
- [2] BESTA, P. *Aplikace principů Kaizen v průmyslových podnicích České republiky*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007.
- [3] JAMES P. WOMACK. *Lean Fab* [online]. ROI Management Consulting AG, 2012 [cit. 2016-10-23]. Dostupné z: <http://www.lean-fabrika.cz/literatura/autori/james-pwomack#.WAY1c1SLTIV>
- [4] HIRNEISEN, J. S. *Lean Manufacturing: Principles, Practices and Application*. Pennsylvania: Bucknell University, 2002.
- [5] ROTHER, Mike a John SHOOK. *Learning to see*. Cambridge, MA USA: The Lean Enterprise Institute, 2003.
- [6] KING, Peter L. a Jennifer S. KING. *Value Stream Mapping for the process industries: creating a roadmap for Lean transformation*. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis Group, [2015]. ISBN 9781482247688.
- [7] BESTA, P., LENORT, R. *Kaizen – Right Management*. *Contemporary Economics*, (2008) 4, 99-106, ISSN 1897-9254.
- [8] IMAI, M. *Gemba Kaizen*. Brno: Computer Press, a.s., 2005, 314 s.
- [9] KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z. *Štíhlý a inovativní podnik 1. vyd.* Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s. ISBN 8086851389.
- [10] WILSON, L. *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw Hill Professional, USA, 2009, ISBN 978-0-07-162508-1.
- [11] MARTIN, Karen and Mike OSTERLING. *Value stream mapping: how to visualize work and align leadership for organizational transformation*. New York: McGraw-Hill, [2014]. ISBN 9780071828918.