



Hodnocení efektivity činnosti laserových strojů ve strojírenské výrobě

Bakalářská práce

Studijní program: B6208 – Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R085 – Podniková ekonomika

Autor práce: **Andrea Kinská**

Vedoucí práce: Mgr. Jiří Rozkovec





Evaluation of the efficiency of laser units in engineering production

Bachelor thesis

Study programme: B6208 – Economics and Management

Study branch: 6208R085 – Business Administration

Author: **Andrea Kinská**

Supervisor: Mgr. Jiří Rozkovec



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Andrea Kinská**
Osobní číslo: **E14000701**
Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**
Studijní obor: **Podniková ekonomika**
Název tématu: **Hodnocení efektivity činnosti laserových strojů ve
strojírenské výrobě**
Zadávající katedra: **Katedra ekonomické statistiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Charakteristika efektivity výroby
2. Charakteristika společnosti
3. Charakteristika metod hodnocení efektivity výrobních jednotek
4. Analýza efektivity výroby ve společnosti
5. Formulace doporučení pro zefektivnění výroby

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **30 normostran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

DRUCKER, Peter a Joseph MACIARIELLO. Management.

Pymble: HarperCollins e-books, 2008. ISBN 978-0-06-168687-0.

IMAI, Masaaki. Kaizen: metoda, jak zavést úspěšnější a flexibilnější výrobu v podniku. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1621-0.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. Moderní přístupy k řízení výroby. 3. vyd. Praha: C. H. Beck, 2012. ISBN 978-80-7179-319-9.

SYNEK, Miloslav. Manažerská ekonomika. 5. vyd. Praha: GRADA Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3494-1.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. Řízení výroby a nákupu. Praha: GRADA Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1479-0.

Elektronická databáze článků ProQuest [online].

Dostupné z: <http://knihovna.tul.cz>.

Elektronická databáze článků ScienceDirect [online].

Dostupné z: <http://sciencedirect.com>.

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Jiří Rozkovec

Katedra ekonomické statistiky

Konzultant bakalářské práce:

Miroslav Fiala

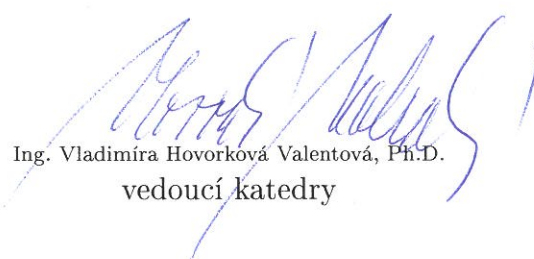
Plexiplast s.r.o., jednatel firmy

Datum zadání bakalářské práce: **31. října 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2018**



prof. Ing. Miroslav Žížka, Ph.D.
děkan



Ing. Vladimíra Hovorková Valentová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 31. října 2016

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Anotace

Bakalářská práce se zaměřuje na možnosti hodnocení efektivity a hledání způsobu, jak tohoto procesu docílit. V práci jsou popsány teoretické principy zvyšování efektivity. Dále typy laserových strojů, jejich charakteristiky a také čím se rozlišují. Práce se zaměřuje na definování charakteristik a výhod či nevýhod jednotlivých skupin. V závěru práce vyústí teoretické znalosti a použité výpočty ke zhodnocení jednotlivých strojů a navržení vhodného řešení.

Klíčová slova

zvyšování efektivity, výroba, hodnocení efektivity na základě jednoho kritéria, hodnocení efektivity na základě více kritérií, komparativní metoda hodnocení

Annotation

Title: Efficiency Evaluation of Activity of Laser Machines in Mechanical Engineering

The Bachelor thesis is focusing on possibilities of efficiency evaluation and finding a solution to aim this process. There are described theoretical principles of increasing efficiency. Further there are types of laser machines, their characteristics and how they distinguish. The thesis focuses also on defining characteristics and advantages or disadvantages of the units. At the end of the thesis the theoretical knowledge and mentioned calculations result in evaluation of the machines and suggestion of suitable solution.

Key Words

increasing efficiency, production, efficiency evaluation based on one criterion, efficiency evaluation based on multiple criteria, comparative evaluation method

Obsah

Seznam ilustrací (obrázků)	1
Seznam tabulek	2
Seznam použitých zkratk, značek a symbolů	3
Úvod	4
Kapitola 1. Řízení podniku	5
1.1 Management výroby	5
1.2 Hierarchie managementu výroby	6
1.3 Výrobní management	7
Kapitola 2. Výrobní činnost	9
2.1 Efektivita výrobní činnosti	10
Kapitola 3. Metody hodnocení efektivnosti	12
3.1 Metody hodnocení efektivnosti na základě jednoho kritéria	12
3.2 Metody hodnocení efektivnosti na základě více kritérií	13
3.2.1 Metoda TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)	15
3.3 Vybrané komparativní a manažerské metody hodnocení efektivity	16
Kapitola 4. Metodologie	18
4.1 Metodika	19
4.2 Matematicko-statistické metody	22
4.3 Analytická část	22
4.4 Hodnocení přístrojů ve skupině značkovacích laserů	23
4.5 Hodnocení přístrojů ve skupině CO2 laserů	25
4.6 Hodnocení přístrojů ve skupině CNC laserů	28
4.7 Hodnocení přístrojů ve skupině vláknových laserů	30
Závěr	33
Seznam použité literatury	36
Seznam příloh	38

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Řídící veličiny řízení výroby	7
Obrázek 3.1: Princip Fullerovy metody	14
Obrázek 4.1: Webová stránka analyzovaného subjektu	18
Obrázek 4.2: Porovnání výsledků metody TOPSIS - značkovací lasery (c_i)	24
Obrázek 4.3: Struktura výsledků metody TOPSIS - značkovací lasery (%)	25
Obrázek 4.4: Porovnání výsledků metody TOPSIS - CO2 lasery (c_i)	27
Obrázek 4.5: Struktura výsledků metody TOPSIS - CO2 lasery (%)	27
Obrázek 4.6: Porovnání výsledků metody TOPSIS - CNC lasery (c_i)	29
Obrázek 4.7: Struktura výsledků metody TOPSIS - CNC lasery (%)	29
Obrázek 4.8: Porovnání výsledků metody TOPSIS - vláknové lasery (c_i)	31
Obrázek 4.9: Struktura výsledků metody TOPSIS - vláknové lasery (%)	32

Seznam tabulek

Tabulka 4.1 : Identifikační údaje analyzovaného subjektu	19
Tabulka 4.2 : Struktura ukazatelů pro potřeby metody TOPSIS	20
Tabulka 4.3 : Váha rovnocenných skupin pro 1 ukazatele	21
Tabulka 4.4 : Váhy rovnocenných ukazatelů	21
Tabulka 4.5 : Struktura jednotlivých skupin laserů	22
Tabulka 4.6 : Vybrané momentové charakteristiky – značkovací lasery	23
Tabulka 4.7 : Výsledky metody TOPSIS, vybrané přístroje - značkovací lasery .	24
Tabulka 4.8 : Vybrané momentové charakteristiky - CO2 lasery	26
Tabulka 4.9 : Výsledky metody TOPSIS, vybrané přístroje - CO2 lasery	26
Tabulka 4.10 : Vybrané momentové charakteristiky - CNC lasery	28
Tabulka 4.11 : Výsledky metody TOPSIS, vybrané přístroje - CNC lasery	28
Tabulka 4.12 : Vybrané momentové charakteristiky - vláknové lasery první část .	30
Tabulka 4.13 : Vybrané momentové charakteristiky - vláknové lasery druhá část .	30
Tabulka 4.14 : Výsledky metody TOPSIS, vybrané přístroje - vláknové lasery . .	31
Tabulka 5.1 : Korelace výsledků a jednotlivých ukazatelů	34

Seznam použitých zkratek, značek a symbolů

Pro snazší orientaci v textu zde čtenáři předkládáme přehled základního značení, které se v celé práci vyskytuje.

A_i	i-tá alternativa
c_i	relativní blízkost od PIS
J	výnosová kritéria
J'	nákladová kritéria
n	počet pozorování dvou proměnných
n_c	počet souhlasných párů dvojic
n_d	počet nesouhlasných párů dvojic
r_{ij}	normalizovaná hodnota j-tého kritéria, které dosáhla i-tá varianta
R	variační rozpětí
S_x	směrodatná odchylka
v_{ij}	vážená normalizovaná hodnota
V_x (%)	variační koeficient
w_{ij}	váha kritéria
x_{ij}	hodnota j-tého kritéria, které dosáhla i-tá varianta
\bar{x}	průměr
\tilde{x}	medián

Úvod

V kontextu otevřeného trhu a v důsledku silně konkurenčního prostředí ve střední Evropě je pro každou obchodní společnost, která se snaží zaujmout či si udržet na trhu prosperující pozici, důležité maximalizovat efektivitu obchodní strategie. Vhodný způsob optimalizace této strategie je pro každou obchodní společnost individuální. Mezi klíčové aspekty však zpravidla můžeme zařadit kvalitní produkt, jeho nacenění, vhodnou formu marketingové propagace a distribučních kanálů. Dále sem patří efektivní motivace zaměstnanců a nastavení vnitropodnikových procesů, ale také budování vztahů s dodavateli a odběrateli. Dynamická reakce na měnící se požadavky trhu je také klíčová, stejně jako cílení i na zahraniční trhy. V neposlední řadě i schopnost ve správný čas ukončit rizikový projekt a vyhnout se dalším neefektivně alokovaným nákladům.

Samotná výroba produktu je přitom jednou z nejpodstatnějších oblastí podniků, jež produkuje hmotné statky, protože efektivní výroba přináší výchozí konkurenční výhodu, zejména v prostředí menších a středních obchodních společností.

Tato bakalářská práce se zabývá hodnocením efektivnosti laserových strojů, které jsou dostupné na trhu, pro konkrétní obchodní společnost. Po výsledcích zkoumání jsou společnosti navržena doporučení vycházející z teoretických východisek a průzkumu laserových strojů, vhodných k použití při výrobě v daném podniku. Jedná se tedy o zhodnocení několika výrobních jednotek se snahou o nalezení nejschůdnějšího řešení pro případnou budoucí koupi podnikem. V případě, že se podnik rozhodne, že stroj nebo stroje koupí, bude se lépe orientovat mezi nabídkou výrobních jednotek na trhu a pomůže mu tato práce i při samotném konečném výběru. Tyto stroje by poté měly přispět k optimalizaci výrobního procesu, a tedy zvýšení efektivnosti, stejně jako poskytnutí lepší konkurenční výhody na relevantním trhu.

Téma jsem si zvolila z důvodu, že zakázková výroba pomocí laserových přístrojů je technologicky atraktivní oblastí a efektivita výroby je podmínkou úspěchu u podniků všech velikostí, ať jsou již na trhu zavedeny či působit teprve začínají. Neefektivní výroba naopak vede k nadměrným nákladům a absence výrobní optimalizace může vyústit i v úpadek podniku. Jde tedy o aktuální téma využitelné v ekonomickém řízení širokého spektra podniků.

Bakalářská práce je systematicky členěna do kapitol a podkapitol. Po úvodu je blíže rozebrán teoretický rámec řízení podniku a optimalizace efektivnosti. Následuje představení obchodní společnosti, provedení průzkumu laserových strojů na trhu, komparace jednotlivých výrobních strojů a v závěru návrh vhodné strategie pro jejich nákup.

Kapitola 1

Řízení podniku

Řízení podniku spočívá ve spolupráci tří základních manažerských oblastí. Jsou to finance, marketing a výroba. Dále zde nalezneme řadu dalších oddělení, jejichž celková spolupráce je nezbytná pro dosažení prosperity podniku např. účetnictví, technická příprava výroby, personalistika. Jedině účelné propojení všech oblastí vede k dosažení společného záměru a naplňování stanovených cílů.

1.1 Management výroby

Řízení výroby představuje aplikaci obecných zásad a nástrojů managementu na oblast výroby. Z tohoto důvodu má management výroby vztah k řadě dalších ekonomicko-manažerských i humanitních disciplín.

Management výroby představuje dva komplexy úkolů:

- odborné funkce,
- personální funkce.

Odborné funkce zajišťují plnění věcných úkolů, k čemuž je zapotřebí správných rozhodnutí k plnění úkolů řešících daný problém a zajištění implementace provedených rozhodnutí. Konkrétně se jedná o analýzu problému, stanovení a prosazování cílů, volbu a plánování příslušných opatření, zajištění realizace opatření, kontrolu a následně analýzu zjištěných problémů, revize cílů atd.

Personální funkce zajišťující plnění podstaty managementu, to je získávání pracovníků pro plnění daných cílů, jejich rozvoj a zvyšování jejich odpovědnosti. Jde o přípravu a další vzdělávání pracovníků, motivaci pracovníků, vlastní rozmístění pracovníků v rámci procesu.
[10]

Výrobní manažer má odpovědnost za produkci výrobků a služeb určených k prodeji. Jeho cílem již není splnění výrobního plánu, nýbrž zvyšování produktivity a to především identi-

fikací a eliminací ztráty ve výrobním procesu, což je hlavním znakem dnešních moderních výrobních systémů.

1.2 Hierarchie managementu výroby

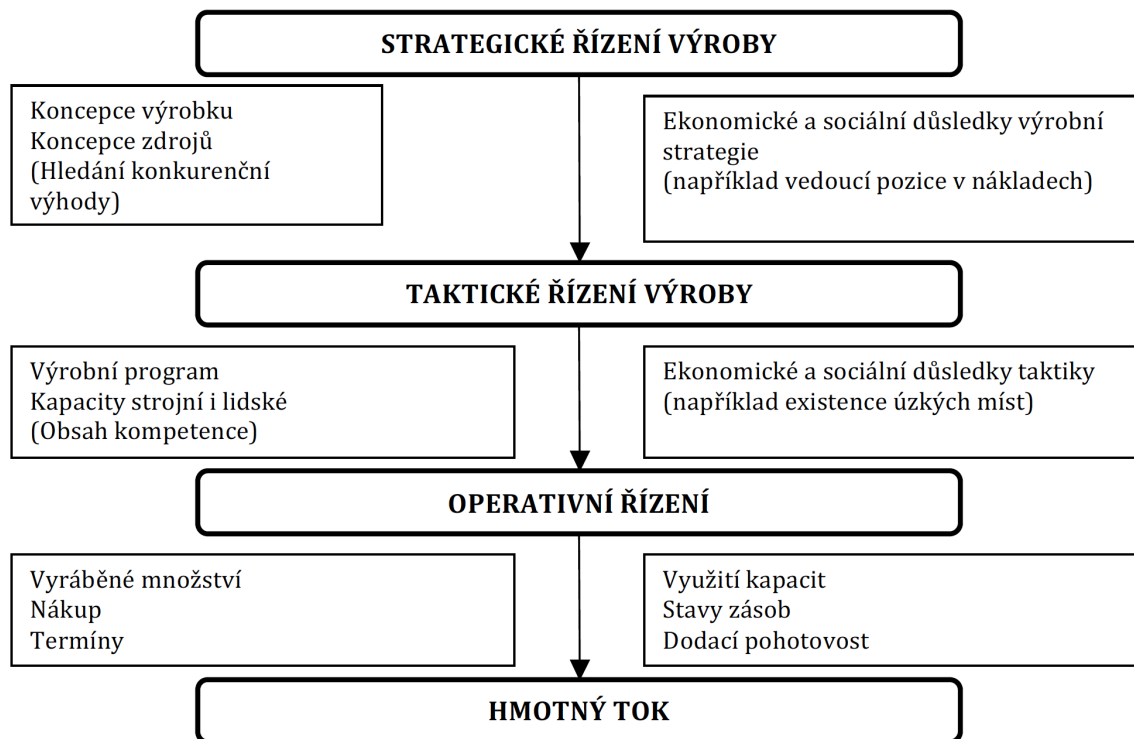
Úkoly managementu výroby jsou velmi komplexní a rozsáhlé a musí být proto řešeny řadou funkčních zaměření. Hierarchické řešení se projevuje v:

- členění plánovacího systému do dílčích subsystémů v rámci vertikální struktury řízení, která předpokládá nepřetržitou vzájemnou komunikaci mezi nadřízenými a podřízenými stupni,
- právu nadřízených stupňů poskytovat v rámci svých rozhodnutí základní ukazatele mantinelů rozhodovacího prostoru podřízeným stupňům,
- závislosti úspěchu vyšších stupňů na splnění úkolů na nižším stupni.

Uvedený proces je zajišťován následujícími principy:

- princip dekompozice – představující rozdělení rozhodovacích úloh,
- princip koordinace – umožňující integraci dílčích řešení na jednotlivých stupních do celkového řešení,
- princip agregace – smysluplné shrnutí dat a jednotlivých proměnných závažných pro rozhodování,
- princip stupňovité redukce nejistoty.

Ukazatele jednotlivých řídicích a plánovacích úrovní jsou znázorněny na následujícím obrázku.



Obrázek 1.1: Řídící veličiny řízení výroby

Zdroj: Vlastní zpracování dle (Tomek, Vávrová, 2009, s. 57)

1.3 Výrobní management

Výrobní systém vytváří a dále výrobní systém zajišťuje potřebnými činiteli a řídí s použitím všech nástrojů managementu. Základní úkoly výrobního managementu, tedy i fáze manažerského procesu jsou:

- stanovování cílů,
- prosazování cílů.

Stanovování cílů se realizuje především plánovací činností, a to fáze analýzy, hodnocení a rozhodnutí. Prosazování cílů se realizuje vlastními metodami řízení, a to jako fáze realizace, kontroly a zajištění dalšího vývoje. [10]

V podstatě se jedná o plnění obecných zásad managementu plynoucích z jeho podstaty. Kdy management chápeme jako cílově orientované řízení, tzn. koordinaci všech účastníků řízeného procesu ke splnění daného cíle. Tento cíl musí být formulován tak, aby odpovídal: [10]

- hierarchickému stupni hladiny (vrcholový management, střední management a nejnižší management),
- profesnímu zaměření daného okruhu podnikové činnosti,
- časovému horizontu plnění úkolů podle příslušnosti k dané hierarchii řízení a k charakteru činností od dispozičních po vykonávací.

Úkolem managementu výroby je cílově orientované plánování a řízení výroby. Proces, který je objektem managementu výroby, je jako každý jiný řízený proces založen na soustředění ke společnému cíli. Prostředkem k vytváření a dosažení těchto cílů je plánování, které je hlavním nástrojem managementu výroby. Management musí neustále výrobní systém přizpůsobovat reálným požadavkům a situaci. Řízení nelze chápat jen jako prosazování vůle, ale i řešení všech problémů, které se v průběhu přípravy a realizace procesu vyskytnou. [10]

Co je tedy strategické plánování? Drucker jej vymezuje negativně, dle něj jej nemůžeme vymezit jako: [2]

- skupinu technik či triků, ačkoli se určité techniky v jeho procesu užívají (má blíže analytickému myšlení),
- aplikace vědeckých metod ve sféře obchodu (jde spíše o myšlenku a představu, která se promyšleně aplikuje s ohledem na výsledky předchozí analýzy),
- předpovídání či dokonce věštění (v rámci něj nejde o odhadování budoucnosti, takový pokus pouze strategický plán diskredituje).

Drucker dále uvádí, že jde o proces výběru vhodných rizik (nikoli eliminaci rizik obecně), jehož úspěšný výsledek je vylepšení obchodní výkonnosti či podnikatelského modelu. Pozitivně definuje strategické plánování jako souvislý proces rozhodnutí, jež systematicky organizuje řízení rizik na základě maximálních možných znalostí, obsahující také měření výsledků v porovnání s očekáváním na základě ucelené zpětné vazby.

Kapitola 2

Výrobní činnost

Výrobní činností podniku označujeme přeměnu výrobních faktorů (vstupů) ve výrobky a služby (výstupy). Podle tradičních ekonomických teorií se výroba uskutečňuje spojením třech výrobních faktorů: práce, půda a kapitál. Původními výrobními faktory jsou práce a půda, faktorem odvozeným je kapitál. Pojmem kapitál se rozumí fyzický (stroje, nástroje, budovy, materiál apod.), nikoli peněžní kapitál. Z hlediska podnikové ekonomiky je toto členění výrobních faktorů modifikováno a více konkretizováno. Členění podnikových výrobních faktorů dle Vochozky: [12]

- dispozitivní práce (řídící),
- výkonná práce,
- dlouhodobý majetek,
- materiál.

Dispozitivní faktor, to je řídicí práce hraje klíčovou roli výrobního procesu. Jeho úkolem je zajistit optimální kombinaci všech ostatních výrobních faktorů, jeho absencí by nebylo možné ostatní faktory úspěšně a hospodárně využívat. K tomu musí stanovit jednotné podnikové řízení cíle podniku a způsoby jejich dosažení. Management zastává řadu činností od plánování, vytváření organizace, rozdělování úkolů, běžného rozhodování, koordinace až po kontrolu plnění cílů a dílčích úkolů.

Druhým významným podnikovým faktorem je výkonná práce, jedná se o účelné vynakládání energie a duševních schopností pracovní silou při výrobě statků. Cenou práce jsou mzdy a další personální náklady.

Hmotným investičním majetkem chápeme soubor věcných prostředků, které nejsou spotřebovány v jednom výrobním cyklu. Rozlišujeme u nich technickou a ekonomickou životnost. Technická životnost je dána jejich způsobilostí plnit výrobní účel, produkovat technicky nezávadné statky, ekonomická životnost je dána jejich schopností zajistit potřebnou hospodárnost, vyrábět statky s náklady, které jsou schopny konkurence. Vyjadřováním postupného snižování jejich hodnoty jsou odpisy.

Dalším elementárním výrobním faktorem je materiál. Řadíme k němu suroviny, základní, provozní a pomocné materiály, obaly apod. Do této skupiny počítáme i energii.

V závislosti na kombinaci výrobních faktorů můžeme rozlišit podniky: [5]

- *Investičně (kapitálově) náročné* – odpisy představují v jejich nákladech významný podíl, např. elektrárenství a těžební průmysl
- *Pracovně náročné* – mzdové náklady představují významný podíl na celkových nákladech, např. polygrafický či optický průmysl
- *Materiálově náročné* - v nákladech dominují náklady na spotřebu materiálu, např. potravinářský či chemický průmysl, výroby s vysokým podílem nákladů na energii nazýváme energeticky náročné, např. sklářský průmysl

Výsledkem výroby jsou hmotné výrobky nebo služby, které prošly procesem transformace ve výrobě. V užším pojetí se výrobou rozumí zpracování surovin a materiálů do finálních výrobků. V jejím nejširším pojetí je do výroby zahrnováno vše, co tvoří hodnotu, jako např. financování, správu nebo audit. Přidaná hodnota je termín popisující rozdíl mezi náklady pořízených vstupů a hodnotou transformovaných výstupů.

Samotnou výrobu ve výrobním procesu členíme na: [5]

- *Hlavní výroba* – její výrobky tvoří hlavní náplň podniku,
- *Vedlejší výroba* – výroba polotovarů, náhradních dílů a podobně,
- *Doplňková výroba* – využití a zpracování odpadu hlavní a vedlejší výroby.

2.1 Efektivita výrobní činnosti

Dle Urbana rozlišujeme dva druhy efektivity a to alokační a technickou: [13]

Alokační efektivita - spočívá v tom, jakou produkci a v jakém rozsahu podnik vyrábí a jakou kombinaci zdrojů k této výrobě používá. Alokační efektivita je vztažena k tržním cenám, včetně nákladů na jednotlivé výrobní faktory.

Technická efektivita – závisí především na technické úrovni výroby a způsobu jejího řízení. Její nízká úroveň zpravidla souvisí s užíváním zastaralých technologií nebo nedostatečným využitím lidského kapitálu. Je častá tam, kde se podnik nenachází pod tlakem soutěžních mechanismů.

Kapitola 3

Metody hodnocení efektivity

V odborné literatuře se pojmu efektivity a metodám hodnocení efektivity věnuje např. Gaster, Squires (2003) [3], Halásek, Pilný, Tománek (2002) [4], Tetřevová a kol.(2009) [9], Voldánová, Honus (2005) [13] a další. Jednotliví autoři se níže uvedeným tématům věnují samostatně či ve skupinách. Pro potřeby předložené závěrečné práce jsme si tyto metody rozdělili do třech základních skupin:

- metody hodnocení efektivity na základě jednoho kritéria,
- metody hodnocení efektivity na základě více kritérií,
- vybrané komparativní a manažerské metody hodnocení efektivity.

V rámci jednotlivých skupin jsme identifikovali jednotlivé metody, které jsou v krátkosti i popsány. Největší pozornost je věnována metodě TOPSIS, která patří ke druhé z výše uvedených skupin a kterou jsme si vybrali jako hlavní metodu analytické části závěrečné práce.

3.1 Metody hodnocení efektivity na základě jednoho kritéria

Jak už samotný název napovídá, metody v ní uvedené jsou postavené na hodnocení jednoho vybraného ukazatele, podle kterého je objekt analýzy hodnocený. Právě toto je důvod, proč tyto metody jsou považované za metody lehké realizovatelné. Zároveň je však hodnocení postavené na jednom ukazateli i nejvíce zkrácené. Mezi metody hodnocení efektivity na základě jednoho kritéria zařazujeme:

- finanční ukazatele (index návratnosti, metoda rentability, metoda Pay Back a jiné),

- metody „input-output“:
 - analýza minimalizace nákladů (Cost Minimizing Analysis - CMA),
 - analýza nákladů a přínosů (Cost-Benefit Analysis - CBA),
 - analýza efektivnosti nákladů (Cost-Effectiveness Analysis - CEA),
 - analýza nákladů a užitku (Cost-Utility Analysis - CUA).

První skupinu, finanční ukazatele, je možné dále rozdělit na ukazatele dynamické a statické podle zohlednění časového hlediska při samotném výpočtu.

Druhá skupina představující metody „input-output“ je charakteristická měřením nákladů v peněžních jednotkách. Rozdíl v jednotlivých metodách představuje měření výstupu, které je při jednotlivých metodách následující:

3.2 Metody hodnocení efektivnosti na základě více kritérií

Zatímco v praxi je hodnocení na základě jednoho kritéria často nedostatečné, druhá skupina metod, které věnujeme pozornost, jsou metody, které berou v úvahu současně více ukazatelů. Zapracováním více ukazatelů se výpočet těchto metod stává komplikovanějším, zároveň však výsledky mají vyšší vypovídací schopnost a lépe projevují efektivitu v praxi. Mezi tyto metody patří:

- stupnice a škály,
- metody stanovení vah (metoda pořadí, Fullerova metoda a jiné),
 - Základem metody pořadí jsou informace ordinálního charakteru. Jednotlivým ukazatelem je přiřazená bodová hodnota na základě jejich preferencí subjektu hodnocení. Fullerova metoda je založena na bodovém hodnocení každé dvojice ukazatelů, přičemž získaný počet bodů představuje váhu daného ukazatele.

1	1	1	1	1
2	3	4	5	...	k-1	k
2	2	2	2	...	2	
3	4	5	6	...	k	
...						
...						
k-3	k-3	k-3				
k-2	k-1	k				
k-2	k-2					
k-1	k					
k-1						
k						

Obrázek 3.1: Princip Fullerovy metody

Zdroj: Vlastní zpracování

- metody založené na parciálním hodnocení variant (WSA., metoda bazické varianty),
 - Metoda váženého součtu (WSA) se používá především v případech, když jsou k dispozici kvantitativní ukazatele. Tato metoda zároveň pracuje s předpokladem, že mezi výsledkem a ukazateli je lineární závislost, to je s růstem ukazatele roste i výsledek dané varianty a naopak s jeho poklesem klesá i výsledek. Metoda bazické varianty je založená na stanovení nejlepších, respektive požadovaných hodnot, které slouží pro další výpočet uživatelské funkce každé varianty.
- metody založené na párovém porovnávání variant (Lexikografická metoda, AHP, TOPSIS)
 - Lexikografická metoda předpokládá největší vliv nejdůležitějšího ukazatele. Pokud jsou si dvě varianty v daném ukazateli rovnocenné, zohledňuje se druhá, respektive další ukazatel podle stanoveného pořadí. Metoda AHP pracuje se všemi prvky, přičemž sleduje i vazby mezi jednotlivými ukazateli. Metoda TOPSIS je vybraná jako hlavní metoda analytické části a je popsána samostatně.

3.2.1 Metoda TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

Podle Milani, Shanian, El-Lahham (2008) [6] je základním východiskem metody TOPSIS předpoklad, že nejlepší varianta by měla mít nejkratší vzdálenost od ideálního řešení a zároveň má být co nejdále od toho nejhoršího řešení. Shih, Shyur, Lee (2007) [8] poukazují na výhody této metody, která umožňuje subjektu rozhodování řešit a analyzovat problém, porovnávat varianty a na základě zvolených ukazatelů stanovit jejich výsledné pořadí. Pro stanovení nejlépe hodnocené varianty je potřebné identifikovat takzvaný PIS (Positive Ideal Solution) a NIS (Negative Ideal Solution). Opricovic, Tzeng (2004) [7] PIS charakterizuje jako variantu, která maximalizuje výnosové ukazatele a zároveň minimalizuje nákladové ukazatele. NIS je možné charakterizovat přesně naopak, to je NIS maximalizuje nákladové ukazatele a minimalizuje ukazatele výnosové.

Pro výpočet metody TOPSIS v analytické části je použit Bhutia, Phipon (2012) [1], kteří postupují následovně:

- Konstrukce rozhodovací matice

$$D = \begin{pmatrix} & X_1 & X_2 \dots & X_j \dots & X_n \\ A_1 & x_{11} & x_{12} \dots & x_{1j} \dots & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} \dots & x_{2j} \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_i & x_{i1} & x_{i2} \dots & x_{ij} \dots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} \dots & x_{mj} \dots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

- Konstrukce normalizované rozhodovací matice

$$r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{j=1}^j x_{ij}^2}$$

- Konstrukce vážené rozhodovací matice

$$V_{ij} = W_{ij} \cdot R_{ij}$$

- Identifikace PIS a NIS varianty

$$A^* = \max(v_{ij} | j \in J), \min v_{ij} | j \in J'$$

$$A^- = \min(v_{ij} | j \in J), \max v_{ij} | j \in J'$$

- Výpočet vzdálenosti od PIS varianty

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^k (v_{ij} - v_j^*)^2}$$

- Výpočet vzdálenosti od NIS varianty

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

- Výpočet relativní vzdálenosti od PIS varianty

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}$$

Na základě výše uvedeného postupu je za nejlépe hodnocenou variantu vybráný přístroj s nejvyšší hodnotou relativní vzdálenosti k PIS variantě, to je, že tato varianta zároveň představuje volbu s nejvyšší mírou efektivnosti na základě stanovených parametrů.

3.3 Vybrané komparativní a manažerské metody hodnocení efektivity

Komparativní metody představují základ manažerských metod. Tato skupina metod je založena na územním nebo institucionálním porovnání. K těmto metodám patří:

- komparace v čase (na úrovni státu, regionu nebo kraje),

- komparace v prostoru (na úrovni státu, regionu nebo kraje).

Manažerské metody jsou v praxi využívány již déle a slouží ke zvyšování kvality řízení a zvýšení efektivity využití finančních prostředků. Mezi tyto metody patří například:

- Benchmarking,
- Benchlearnig,
- Balanced scorecard (metoda BSC),
- SWOT analýza.

Přínosem benchmarkingu je možnost porovnání nejlepších variant mezi sebou. Jako alternativu k benchmarkingu je možné použít benchlearning, jehož základem je učení se od ostatních. Výhodou metody BSC je především jasná strategie či rovnováha mezi finančními a nefinančními ukazateli. SWOT analýza slouží pro kritické zhodnocení současného stavu.

Kapitola 4

Metodologie

V následující kapitole je definovaný hlavní cíl závěrečné práce. Identifikovaný podnik, pro jehož potřeby je zpracovaná analytická část a identifikovaný soubor ukazatelů, které jsou použity ve výpočtech a vybrané matematicko-statistické metody.

Hlavním cílem předložené závěrečné práce je pomocí vybrané metody hodnocení efektivity vybrat vhodný laser pro potřeby analyzovaného subjektu.

Pro zabezpečení hlavního cíle byl realizovaný teoretický přehled metod hodnocení, v rámci kterého byla za hlavní metodu vybraná metoda TOPSIS (popsaná v předcházející kapitole).

PLEXIPLAST s.r.o.

Společnost PLEXIPLAST s.r.o. (dále jen "Plexiplast") se zabývá výrobou produktů z plexiskla, polykarbonátu a dalších plastických hmot pro průmysl, strojírenství, stavebnictví, ale také pro menší trhy, to je domácnosti a reklamní předměty.

Společnost vznikla v roce 2014 a mimo český trh působí také v Německu a na Slovensku. Za klíčovou výhodu se považuje cenová konkurenceschopnost výrobků Plexiplastu. Jsou výsledkem mimo jiné i technologických inovací a moderního přístupu k jednotlivým zakázkám.



Obrázek 4.1: Webová stránka analyzovaného subjektu

Zdroj: Webové stránky podniku Plexiplast www.plexiplast.cz

Mezi základní údaje o společnosti zařazujeme mimo jiné i identifikační údaje, předmět podnikání či základní kapitál (tabulka 4.1).

Tabulka 4.1: Identifikační údaje analyzovaného subjektu

PLEXIPLAST s.r.o.	
IČO	025 22 934
Spisová značka	C 220460 vedená u Městského soudu v Praze
Den vzniku a zápisu	9. ledna 2014
Sídlo	K Horoměřicům 1183/45, Suchdol, 165 00 Praha 6
Základní kapitál	200 000 Kč

Zdroj: <http://rejstrik.penize.cz/02522934-plexiplast-s-r-o>

4.1 Metodika

V rámci hodnocení efektivnosti jsou pomocí metody TOPSIS hodnocené 4 skupiny laserů, které se aktuálně ve společnosti využívají a na základě výsledků je doporučený laser (hodnocený jako nejlepší) pro případné zakoupení. Analyzované skupiny laserů jsou následovné:

- značkovací lasery,
- CO2 lasery,
- CNC lasery,
- vláknové lasery.

V rámci jednotlivých výše uvedených skupin byly brány v potaz několikere ukazatele, které jsou pro každou skupinu laserů jedinečné (vzhledem k technickým parametrům i jejich dostupnosti). Z celkového počtu 66 zvažovaných ukazatelů byly vyřazeny ty, které nebyly dostupné ke všem zvažovaným přístrojům v jednotlivých skupinách. Například maximální šířka materiálu, ohnisková vzdálenost či rozměry pracovního stolu a také ukazatele dichotomického charakteru (např. funkce Autofocus, elektronický stůl anebo zpracování barevných kovů). Soubor sledovaných ukazatelů pro jednotlivé analyzované skupiny je po této redukci následovný, přičemž obsahuje výlučně číselné ukazatele:

Tabulka 4.2: Struktura ukazatelů pro potřeby metody TOPSIS

Značkovací lasery	CO2 lasery	CNC lasery	Vláknové lasery
Cenový ukazatel			
cena bez DPH (v tis. Kč)	cena bez DPH (v tis. Kč)	cena bez DPH (Kč)	cena bez DPH (v tis. Kč)
Rozměrové ukazatele			
hmotnost (kg)	hmotnost (t)		hmotnost (t)
rozměr A (cm)	rozměr A (cm)		rozměr A (cm)
rozměr B (cm)	rozměr B (cm)		rozměr B (cm)
rozměr C (cm)	pracovní plocha A (cm)		rozměr C (cm)
pracovní plocha A (cm)	pracovní plocha B (cm)		pracovní plocha A (cm)
pracovní plocha B (cm)	rozměr C (cm)		pracovní plocha B (cm)
Výkonnostní ukazatele			
výkon (W)	výkon (W)	zdvih osy Z (mm)	opakovaná přesnost X/Y (mm)
opakovaná přesnost X/Y (mm)	přesnost X/Y (mm)	výkon (W)	max. rychlost pohybu (cm/min)
	rychlost řezu MIN (cm/s)	max. otáčky (rpm)	max. akcelerace (G)
	zdvih PS MAX (cm)		poziční přesnost X/Y (mm)
			výkon (kW)

Zdroj: Vlastní zpracování

Jak bylo výše uvedeno, jednotlivé skupiny laserů disponují vlastním souborem ukazatelů, na základě kterých jsou všechny lasery v dané skupině hodnoceny (tabulka 4.2). Ukazatele jsou zároveň rozděleny do třech skupin (cenový ukazatel, rozměrové ukazatele, výkonnostní ukazatele).

Pomocí těchto ukazatelů a metody TOPSIS je analýza realizovaná:

- varianta A - za předpokladu rovnocennosti jednotlivých ukazatelů, to je váhy ukazatelů v jednotlivých skupinách jsou následovné:

Tabulka 4.3: Váha rovnocenných skupin pro 1 ukazatele

skupina	váha 1 ukazatele
Značkovací lasery	0,1111111111
CO2 lasery	0,0909090909
CNC lasery	0,25
Vláknové lasery	0,0833333333

Zdroj: Vlastní zpracování

- varianta B - za předpokladu ceny (cenový ukazatelé), v praxi používaného nejdůležitějšího ukazatele, to je váhy ukazatelů v jednotlivých skupinách jsou následovné.

Tabulka 4.4: Váhy rovnocenných ukazatelů

skupina	cenového ukazatele	váha ostatních ukazatelů
Značkovací lasery	0,5	0,0625
CO2 lasery	0,5	0,05
CNC lasery	0,5	0,1666666666
Vláknové lasery	0,5	0,0454545454

Zdroj: Vlastní zpracování

Cílem rozdílných vah pro potřeby výpočtu metody TOPSIS je identifikovat případné rozdíly vyplývající z přílišné důležitosti ceny jako ukazatele, kterému se v praxi přikládá nejvyšší váha.

Výše uvedená analýza je realizovaná na celkovém počtu 94 laserů, jejichž rozdělení do 4 zpracovaných skupin zachytává následující tabulka.

Efektivnost výběru je daná výsledkem metody TOPSIS, to je za nejlépe hodnocený přístroj je v každé skupině považovaný ten, který dosáhl maximální hodnotu relativní vzdálenosti k PIS variantě (c_i).

Tabulka 4.5: Struktura jednotlivých skupin laserů

skupina	počet laserů
Značkovací lasery	33
CO2 lasery	20
CNC lasery	13
Vláknové lasery	28
SPOLU	94

Zdroj: Vlastní zpracování

4.2 Matematicko-statistické metody

Mezi vybrané matematicko-statistické metody použité v závěrečné práci patří:

- vybrané momentové charakteristiky (průměr, medián, modus, variační rozpětí, směrodatná odchylka, ...),
- Kendallův pořadový korelační koeficient - pro identifikaci lineární souvislosti mezi výsledkem metody TOPSIS a jednotlivými vstupními ukazateli,

$$r_k = \frac{n_c - n_d}{n * (n - 1) / 2}$$

- Wilcoxonův test - pro identifikaci rozdílů ve výsledcích metody TOPSIS použitím dvou různých vah sledovaných ukazatelů (tabulka 4.3 a 4.4).

$$U_1 = m * n + \frac{m * (m + 1)}{2} - T_1, U_2 = m * n + \frac{n * (n + 1)}{2} - T_2$$

Jednotlivé analýzy a statistické výpočty jsou zpracovány v MS Excel a Statgraphics.

4.3 Analytická část

Analytická část předložené závěrečné práce se skládá z individuálního hodnocení 4 skupin laserů, které jsou hodnocené pomocí metody TOPSIS ve dvou variantách. Získané výsledky

jsou popsané pomocí vybraných momentových charakteristik, graficky znázorněné a statisticky porovnané (bližší specifikace v metodologii).

Vstupní údaje, které byly pro potřeby níže zrealizovaných analýz, jsou obsahem příloh E, F, G, H.

4.4 Hodnocení přístrojů ve skupině značkových laserů

Ve skupině značkových laserů je hodnoceno celkem 33 přístrojů, které jsou hodnocené na základě 9 ukazatelů, z nichž je 1 cenový, 6 rozměrových a 2 výkonnostní (tabulka 4.2). Základní charakteristiky jednotlivých ukazatelů zobrazuje tabulka 4.6.

Tabulka 4.6: Vybrané momentové charakteristiky – značkové lasery

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9
\bar{x}	463,78	70,91	343,39	150,91	147,27	17,24	17,242	35,76	0,05
\tilde{x}	425,9	80	134	95	145	11	11	30	0,05
S_x	156,80	21,99	364,82	108,72	39,20	8,25	8,25	25,86	0,01
V_x (%)	33,81	31,01	106,24	72,05	26,62	47,85	47,85	72,33	20,37
min	202,9	0	65	30	60	10	10	10	0,01
max	839,9	85	850	300	190	30	30	100	0,05
R	637	85	785	270	130	20	20	90	0,04

Zdroj: Vlastní zpracování

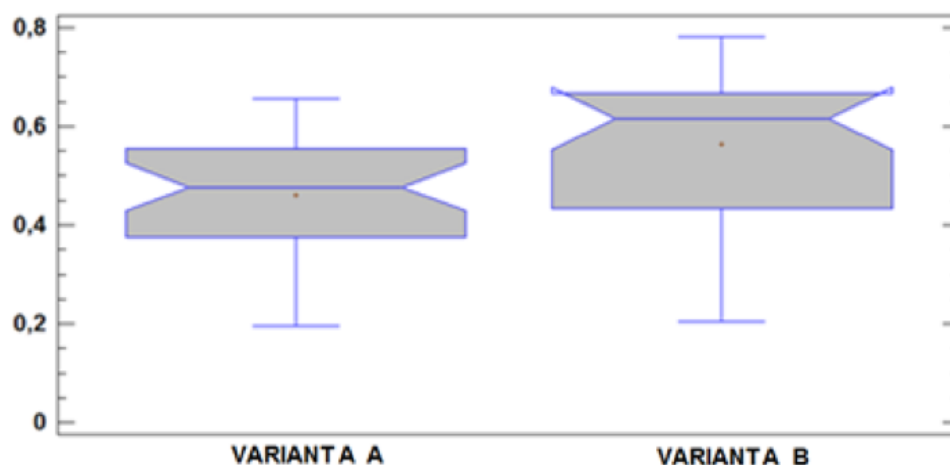
Na základě použití výše uvedených ukazatelů je ve variantě A nejlépe hodnoceným přístrojem RC-ML10RC-100RA ($c_i = 0,656477$), jehož výhodou jsou malé rozměry, příznivá cena a vysoký výkon. Ve druhé variantě je nejlepší volbou přístroj RC-MP20S-100 ($c_i = 0,781660$), v jehož prospěch hovoří především jeho cena, která je o téměř 50 % nižší než je cena nejlépe hodnoceného přístroje ve variantě A.

Tabulka 4.7: Výsledky metody TOPSIS, vybrané přístroje - značkové lasery

HODNOCENÍ	VARIANTA A		VARIANTA B	
	laser	c_i	laser	c_i
nejlépe	RC-ML10RC-100RA	0,656477	RC-MP20S-100	0,781660
	SZG-MCO2-100	0,613459	RC-HFP-M20	0,775647
	RC-HFP-M20	0,595584	RC-HFP-M10	0,773346
nejhůře	SZG-MFP20WL-200	0,267430	SZG-MCO2-100	0,235617
	SZG-MFP30WL-300	0,211374	SZG-MCO2-100-200	0,215647
	SZG-MFP20WL-300	0,196559	SZG-MCO2-100-300	0,205774

Zdroj: Vlastní zpracování

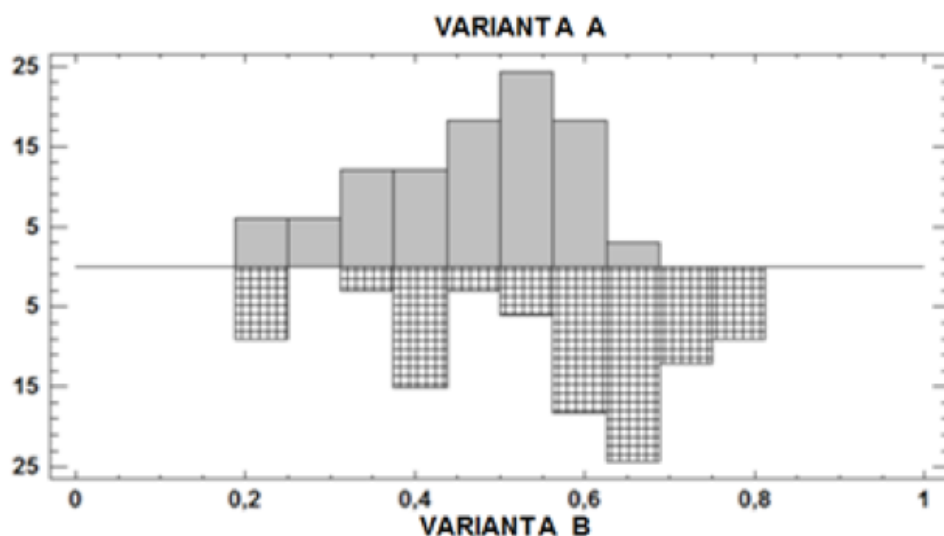
V tabulce 4.7 a v obrázku 4.2 můžeme vidět, že změnou vah jednotlivých ukazatelů dochází ke změně celkové struktury výsledků metody TOPSIS. Zvyšují se střední hodnoty (medián, průměr), zároveň se zvyšují i rozdíly v hodnocení jednotlivých přístrojů vyjádřené vyšší směrodatnou odchylkou, variačním koeficientem a také samotným variačním rozpětím.



Obrázek 4.2: Porovnání výsledků metody TOPSIS - značkové lasery (c_i)

Zdroj: Vlastní zpracování

Párové porovnání struktury dosažených výsledků zachycuje obrázek 4.3, kterým se potvrdily rozdíly ve výsledcích. Tyto jsou způsobené změnou vah, to je důraz je kladen na cenovou hladinu přístrojů. V průměru se relativní vzdálenost zvýšila o 0,103 a výrazné změny můžeme sledovat i v pořadí, kdy např. přístroj RC-MP20S-100 si díky své nízké ceně 202,9 tis. Kč polepšil o 21 míst v celkovém hodnocení.



Obrázek 4.3: Struktura výsledků metody TOPSIS - značkovací lasery (%)

Zdroj: Vlastní zpracování

Wilcoxonův test potvrdil statisticky významné rozdíly mezi výsledky metody TOPSIS ve variantě A a variantě B ($W = 797$, $p = 0,01$), to je důraz na cenu přístroje statisticky významně ovlivnil celkové výsledky hodnocení.

4.5 Hodnocení přístrojů ve skupině CO2 laserů

Ve druhé skupině CO2 laserů je hodnoceno celkem 20 přístrojů. Tyto lasery jsou hodnoceny na základě 11 ukazatelů, z nichž je 1 cenový, 6 rozměrových a 4 výkonnostní (tabulka 4.2). Vybrané momentové charakteristiky těchto ukazatelů jsou obsahem tabulky 4.8.

Tabulka 4.8: Vybrané momentové charakteristiky - CO2 lasery

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11
\bar{x}	321,78	0,52	176,22	173,97	135,80	84,20	99,57	96,25	0,09	87,00	16,35
\tilde{x}	295,484	0,35	189	142	130	90	108	100	0,1	100	23
S_x	164,37	0,482	42,71	115,86	77,63	39,67	25,88	38,35	0,02	31,14	11,15
V_x (%)	51,08	92,13	24,24	66,60	57,17	47,12	25,99	39,84	26,94	35,79	68,20
min	38,9	0,03	81	50	30	20	26	25	0,01	40	0
max	638,638	1,6	225	426	300	150	121,5	150	0,1	150	28
R	599,738	1,57	144	376	270	130	95,5	125	0,09	110	28

Zdroj: Vlastní zpracování

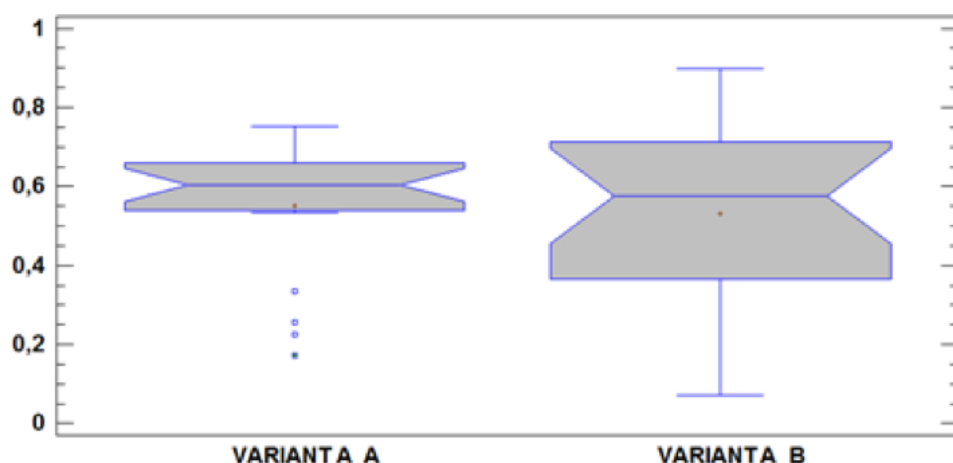
Laser MT3050DIII ($c_i = 0,752016$) byl ve variantě A hodnocený jako nejlepší z důvodu nízké ceny (2. nejnižší), možnosti velmi pomalého řezu a nejvyššího zdvihu PS ze všech laserů, které byly předmětem hodnocení. Ve druhé variantě se před něj dostal pouze laser MT-H2030-40 ($c_i = 0,897840$), který byl nejlevnějším z laserů v této skupině.

Tabulka 4.9: Výsledky metody TOPSIS, vybrané přístroje - CO2 lasery

HODNOCENÍ	VARIANTA A		VARIANTA B	
	laser	c_i	laser	c_i
nejlépe	MT3050DIII	0,752016	MT-H2030-40	0,897840
	MT-H2030-40	0,690525	MT3050DIII	0,839245
	BRM-4060-80	0,675217	HS-Z4030-40	0,802553
nejhůře	BRM-130250-100	0,256204	HS-B1390M	0,188487
	BRM-150300-150	0,226482	BRM-150300-100	0,109371
	BRM-150300-100	0,170634	BRM-150300-150	0,071783

Zdroj: Vlastní zpracování

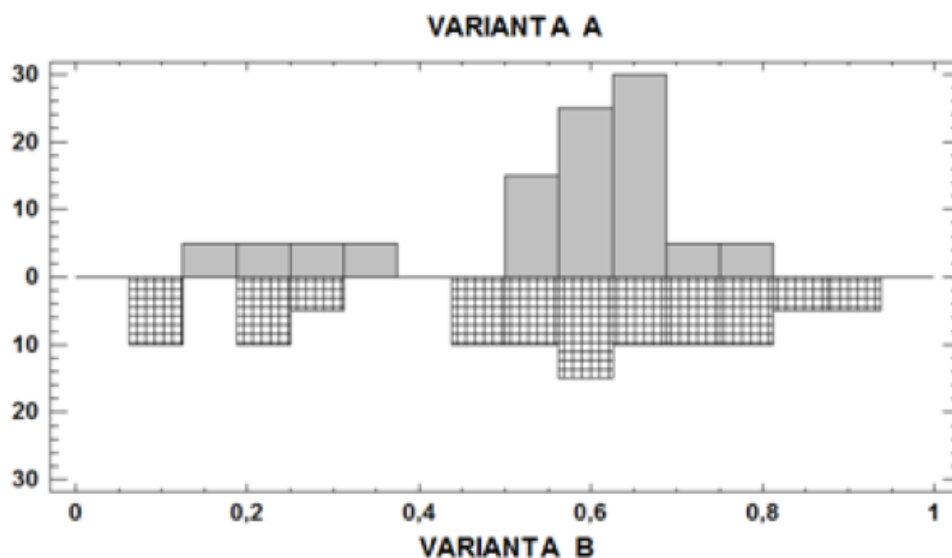
Na základě tabulky 4.9 a obrázku 4.4 konstatujeme, že změna vah jednotlivých ukazatelů představovala zvýšení absolutních rozdílů mezi hodnocenými lasery ve skupině CO2 laserů. Střední hodnoty (medián, průměr) zaznamenaly malý pokles (o 4,7 %), dochází ke zvýšení mezikvartilového rozpětí, které vyvolalo především snížení dolního kvartilu ($Q1_A = 0,539$, $Q1_B = 0,364$).



Obrázek 4.4: Porovnání výsledků metody TOPSIS - CO2 lasery (c_i)

Zdroj: Vlastní zpracování

Pomocí obrázku 4.5 poukazujeme na párové porovnání struktury dosáhnutých výsledků metody TOPSIS. Na grafu je možné sledovat rozdíly, které se neprojevily ve změně středních hodnot, to je rozdíly v početnosti jednotlivých hodnocení či variačním rozpětí.



Obrázek 4.5: Struktura výsledků metody TOPSIS - CO2 lasery (%)

Zdroj: Vlastní zpracování

Použitím Wilcoxonového testu se nepotvrdil statisticky významný rozdíl mezi výsledky metody TOPSIS ve variantě A a variantě B ($W = 194$, $p = 0,88$), to je větší důraz kladený na cenu laseru nezpůsobil změnu preferencí při koupi a statisticky významnou změnu výsledků. Tento výsledek potvrzují i minimální změny v pořadí v obou variantách (max. změna +/- 3 pozice ve výsledném pořadí).

4.6 Hodnocení přístrojů ve skupině CNC laserů

Třetí skupina, skupina CNC laserů, se skládala z nejmenšího počtu 13 přístrojů. Tato skupina je hodnocena na základě 4 ukazatelů. Mimo jednoho cenového ukazatele jsou mezi nimi jen výkonostní ukazatelé (tabulka 4.2). Jejich vybrané momentové charakteristiky zaznamenává tabulka 4.10.

Tabulka 4.10: Vybrané momentové charakteristiky - CNC lasery

	U1	U2	U3	U4
\bar{x}	202,13	40,38	1592,31	16892,30
\tilde{x}	141,9	0	1500	24000
S_x	197,19	46,03	963,90	9800,55
V_x (%)	97,55	113,97	60,53	58,02
min	35,9	0	300	800
max	759,9	100	3500	24000
R	724	100	3200	23200

Zdroj: Vlastní zpracování

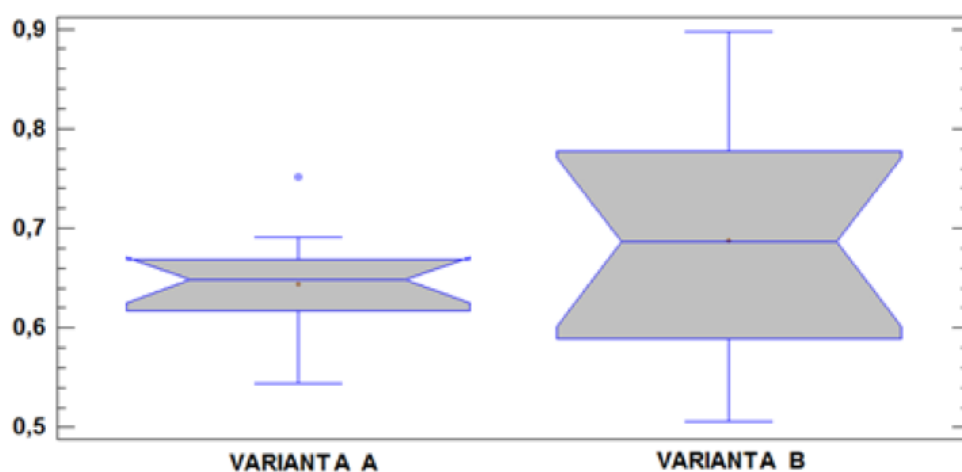
V obou variantách, to je při rovnocenných ukazatelích, tak i při dominantním cenovém ukazateli, je nejlépe hodnocený laser CNCH-6040-Z100 ($c_iA = 0,737743$, $c_iB = 0,838438$), který dominuje díky nízké ceně, nejvyššímu zdvihu osy Z a nejvyšším otáčkám.

Tabulka 4.11: Výsledky metody TOPSIS, vybrané přístroje - CNC lasery

HODNOCENÍ	VARIANTA A		VARIANTA B	
	laser	c_i	laser	c_i
nejlépe	CNCH-6040-Z100	0,737743	CNCH-6040-Z100	0,838438
	RCT-F4030-1500	0,683207	CNCB-2030	0,783231
	RCT-FS4030-2200-4A	0,681106	CNCH-6040-1500W-4A	0,775843
nejhůře	CNCX-4030V2	0,511868	RCT-FS4030-2200-4A	0,621408
	CNCX-40304A	0,508037	RCT-FS6030-2200	0,550088
	RCT-FS6040-3500ACT	0,446707	RCT-FS6040-3500ACT	0,224913

Zdroj: Vlastní zpracování

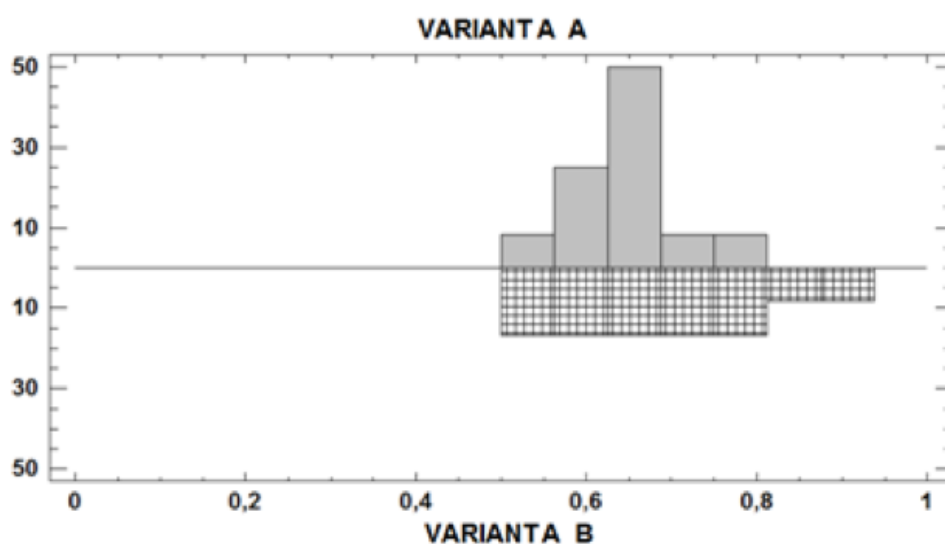
Změna vah jednotlivých ukazatelů představovala především zvýšení variačního rozpětí, stejně jako mezikvartilového rozpětí získaných výsledků v této skupině laserů. Medián a průměr vzrostly minimálně, mezikvartilové rozpětí vzrostlo 3,62-násobně, variační rozpětí se zvýšilo o 88,50 %. Na základě změny vah tedy konstatujeme zvýšení absolutních rozdílů ve výsledcích metody TOPSIS (relativní vzdálenost k PIS variantě).



Obrázek 4.6: Porovnání výsledků metody TOPSIS - CNC lasery (c_i)

Zdroj: Vlastní zpracování

Graf na obrázku 4.7 znázorňuje párové porovnání struktury dosáhnutých výsledků. Můžeme sledovat rovnoměrnější rozložení výsledků ve variantě B.



Obrázek 4.7: Struktura výsledků metody TOPSIS - CNC lasery (%)

Zdroj: Vlastní zpracování

Pomocí Wilcoxonového testu se nepotvrdil statisticky významný rozdíl mezi výsledky metody TOPSIS ($W = 86$, $p = 0,44$). Také na základě tohoto výsledku konstatujeme, že v případě třetí skupiny CNC laserů nemá cena statisticky významný vliv na celkové výsledky hodnocení pomocí metody TOPSIS.

4.7 Hodnocení přístrojů ve skupině vláknových laserů

Poslední hodnocenou skupinou je skupina vláknových laserů, která se skládá z 28 přístrojů. Tato skupina je hodnocena pomocí nejvyššího počtu ukazatelů (tabulka 4.2), které se skládaly z 1 cenového ukazatele, 6 rozměrových a 5 výkonnostních.

Tabulka 4.12: Vybrané momentové charakteristiky - vláknové lasery první část

	U1	U2	U3	U4	U5	U6
\bar{x}	4109,83	6,62	751,71	305	195,36	362,86
\tilde{x}	3540,9	7,5	850	300	190	300
S_x	2082,34	2,80	213,64	46,06	12,39	122,02
V_x (%)	50,67	42,30	28,42	15,10	6,34	33,63
min	1450,9	0,8	70	119	170	60
max	9610,9	10	1050	380	220	600
R	8160	9,2	980	261	50	540

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 4.13: Vybrané momentové charakteristiky - vláknové lasery druhá část

	U7	U8	U9	U10	U11	U12
\bar{x}	165,96	0,05	9,21	1,28	0,05	2,93
\tilde{x}	150	0,05	9,5	1,5	0,05	3
S_x	49,60	0,02	5,06	0,75	0,02	1,73
V_x (%)	29,89	39,10	54,98	58,31	32,19	59,16
min	37	0,01	2	0,2	0,02	0,3
max	300	0,1	19,6	2,8	0,1	8
R	263	0,09	17,6	2,6	0,08	7,7

Zdroj: Vlastní zpracování

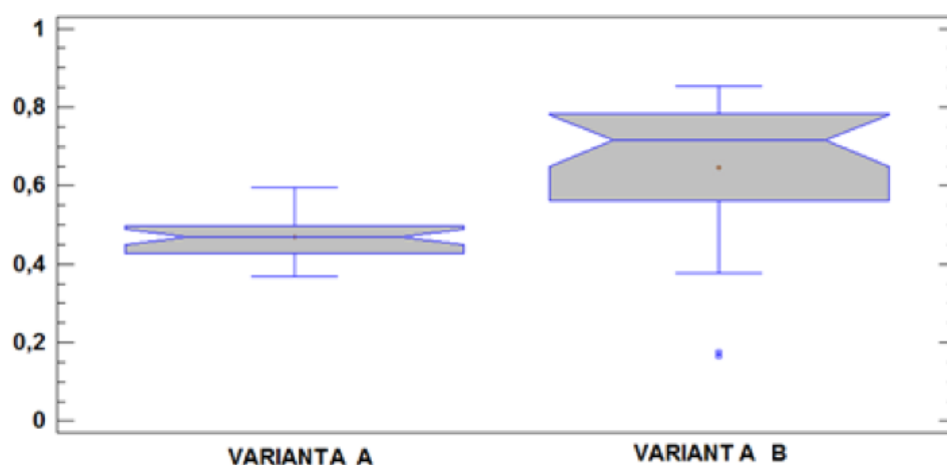
V případě rovnocenných ukazatelů je jako nejlépe hodnocený laser HS-G4015S ($c_i = 0,595056$), který disponuje nejvyšším výkonem, dobrou poziční přesností, vysokou akcelerací a rychlostí pohybu. Z důvodu vysoké ceny však po změně kritérií sledujeme jeho propad na 27. místo. Podle kritérií je nejlépe hodnocený laser HS-M3015C ($c_i = 0,852449$), jehož hlavní výhodou je především jeho cena (3. nejnižší).

Tabulka 4.14: Výsledky metody TOPSIS, vybrané přístroje - vláknové lasery

HODNOCENÍ	VARIANTA A		VARIANTA B	
	laser	c_i	laser	c_i
nejlépe	HS-G4015S	0,595056	HS-M3015C	0,852449
	HS-G4020S	0,581570	HS-G3015C	0,843103
	HS-P0637	0,579307	HS-P0637	0,838917
nejhůře	HS-TH65	0,384041	HS-G4020H	0,376149
	HS-F2513C	0,372987	HS-G4015S	0,174704
	HS-F2513A	0,367119	HS-G4020S	0,166810

Zdroj: Vlastní zpracování

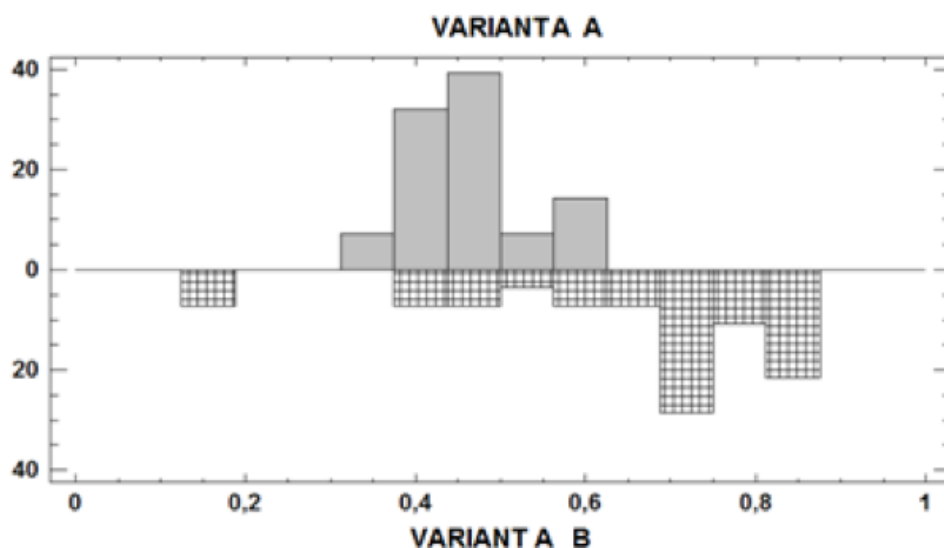
Změna vah sledovaných ukazatelů způsobila posun výsledků směrem nahoru, což dokumentuje nárůst mediánu a průměru. Výrazně se zvýšilo i variační rozpětí a mezikvartilové rozpětí. Stejně jako v předcházející skupině tedy dochází ke zvýšení absolutních rozdílů ve výsledcích metody TOPSIS (relativní vzdálenost k PIS variantě).



Obrázek 4.8: Porovnání výsledků metody TOPSIS - vláknové lasery (c_i)

Zdroj: Vlastní zpracování

Pomocí grafu na obrázku 4.9 sledujeme párové porovnání struktury výsledků metody TOPSIS, to je relativní vzdálenost od PIS varianty. V tomto grafu se projevují už výše zmíněné změny například ve variačním rozpětí.



Obrázek 4.9: Struktura výsledků metody TOPSIS - vláknové lasery (%)

Zdroj: Vlastní zpracování

Wilcoxonův test potvrdil statisticky významný rozdíl mezi výsledky metody TOPSIS s použitím rozdílných kritérií ($W = 631$, $p < 0,001$). Tento statisticky významný rozdíl se prokázal také porovnáním pořadí jednotlivých laserů, při kterých můžeme najít výrazný posun (+23 míst), tak i výrazný pokles (-26 míst) v celkovém pořadí.

Závěr

Použitím metody TOPSIS jako jedné z metod hodnocení efektivnosti na základě více ukazatelů jsme hodnotili 4 skupiny laserů (celkem 94 přístrojů). Cílem bylo identifikovat lasery, které by v případě zvažování koupě nového laseru byly na základě zvolených ukazatelů nejvýhodnější. Zpracované byly analýzy ve dvou variantách - v první měla všechna sledovaná kritéria stejnou váhu, to je byla rovnocenná (tabulka 4.3), ve druhé variantě jsme nejvyšší váhu přidělili ceně laseru, která je často hlavním, pokud ne jediným kritériem, kterým se firmy při nákupu řídí (tabulka 4.4).

Změnu vah sledovaných ukazatelů, respektive cenu jako ukazatel majoritně ovlivňující hodnocení laserů, není možné jednoznačně považovat za faktor ovlivňující celkové výsledky analýzy. Ve skupině značkových laserů jiná kritéria vyvolala statisticky významné změny v celkovém pořadí laserů (+29/-27 míst v pořadí). Ve skupině CO₂ laserů tyto změny byly minimálně (+/- 3 místa) a statisticky nevýznamné. Ve skupině CNC laserů se změny jako statisticky významné nepotvrdily. V poslední skupině vláknových laserů byly tyto změny opět statisticky významné (+23/-26 místa). S výjimkou značkových laserů větší důraz na cenu přístroje představuje zvýšení rozdílů v celkovém hodnocení laserů (v absolutním vyjádření), což je ve většině případů provázené také výraznými posuny v celkovém pořadí.

Tabulka 5.1: Korelace výsledků a jednotlivých ukazatelů

	značkovací lasery		CO2 lasery		CNC laser		vláknové lasery		
	A	B	A	B	A	B	A	B	
	Cenový ukazatel								
U1	x	-0,87	-0,79	1	x	-0,67	x	-0,93	
	Rozměrové ukazatele								
U2	x	x	-0,75	-0,72			x	0,56	
U3	-0,59	x	-0,55	-0,55			x	0,50	
U4	-0,62	x	-0,71	-0,66			x	x	
U5	-0,62	x	-0,74	-0,67			x	x	
U6	-0,35	-0,36	-0,80	-0,74			x	-0,48	
U7	-0,35	-0,36	-0,45	-0,47			x	-0,39	
	Výkonnostní ukazatele								
U8	x	-0,59	-0,60	-0,70	x	x	-0,39	0,44	
U9	x	x	x	x	x	-0,52	0,63	-0,52	
U10			x	x	0,56	x	0,52	-0,59	
U11			0,45	0,45			-0,60	x	
U12							0,40	0,52	

Zdroj: Vlastní zpracování

x - korelace není statisticky významná na $\alpha = 0,05$

V každé ze sledovaných skupin získané výsledky statisticky významně lineárně korelují s vícerými ukazateli (tabulka 5.1). Ve skupině značkových laserů jsou tyto korelace výlučně negativní. S růstem celkového hodnocení klesá hodnota vybraných ukazatelů (což je například u rozměrových ukazatelů žádoucím jevem). Všechny rozměrové ukazatele ve skupině CO2 laserů statisticky významně lineárně korelovali s výsledkem metody TOPSIS v obou variantách. Výsledek hodnocení vláknových laserů ve variantě A statisticky významně lineárně souvisel se všemi výkonnostními ukazateli. Ve druhé variantě i se 4 rozměrovými ukazateli. Ve všech skupinách laserů můžeme sledovat po změně kritérií statisticky významnou a zároveň velkou, respektive velmi velkou, negativní souvislost s cenou přístroje. Cena výrazně ovlivnila celkový výsledek přístrojů.

Na základě výše uvedených výsledků realizovaných analýz můžeme společnosti Plexiplast doporučit:

- nákup zařízení, která se umístila na předních místech v hodnocení jednotlivých skupin laserů,
- využití metody TOPSIS jako vhodné metody hodnocení efektivnosti v soukromém sektoru.

Při výběru konkrétního přístroje je potřebné si už na začátku výběru stanovit důležitost jednotlivých ukazatelů, které, jak jsme měli možnost zjistit z vlastních analýz, mohou výrazně ovlivnit výsledek celého hodnocení. Není to však vždy pravidlem. Nedoporučujeme dát ceně přístroje, která je v praxi často používaná jako hlavní a někdy jediný ukazatel, příliš vysokou váhu. Ta by mohla výrazně ovlivnit získané výsledky (tabulka 5.1) a zároveň způsobit výběr přístroje, který by po technické stránce nemusel splňovat požadavky na přístroj kladené.

Seznam použité literatury

- [1] BHUTIA, Pema Wangchen a Ruben PHIPON. *Application of AHP and TOPSIS Method for Supplier Selection Problem* [online]. ISSN 2278-8719. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/8201/99186faf04f7e33c638b1973c2bd46b521c1.pdf>
- [2] DRUCKER, Peter. *Management*. Boston: Taylor and Francis, 2012. ISBN 9781136006890.
- [3] GASTER, Lucy a Amanda SQUIRES. *Providing Quality in the Public Sector*. Philadelphia: Open University Press, 2003. ISBN 0-335-20955-6.
- [4] HALÁSEK, Dušan, Jaroslav PILNÝ a Petr TOMÁNEK. *Určování bonity obcí*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2002. ISBN 80-248-0159-0.
- [5] JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby*. Brno: PC-DIR, 1994. ISBN 80-214-0583-X.
- [6] MILANI, Abbas, Ali SHANIAN a C. EL-LAHHAM. *Mathematical and Computer Modelling. A decision-based approach for measuring human behavioral resistance to organizational change in strategic planning* [online]. 2008. ISSN 0895-7177. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895717708002550>
- [7] OPRICOVIC, Serafim a Gwo-Hshiong TZENG. *European Journal of Operational Research - Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS* [online]. 2004. ISSN 0377-2217. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221703000201>
- [8] SHIH, Hsu, Huan-Jyh SHYUR a E.Stanley LEE. *Mathematical and Computer Modelling - An extension of TOPSIS for group decision making* [online]. 2007. ISSN 0895-7177. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895717706003025>
- [9] TETŘEVOVÁ, Liběna a kol. *Veřejný a podnikatelský sektor*. Příbram: PBtisk Příbram, 2009. ISBN 978-80-86946-90-0.
- [10] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4486-5.
- [11] URBAN, Jan. *Teorie národního hospodářství*. 4. aktualizované vydání. Praha: Wolters Kluwer, 2005. ISBN 978-80-7478-714-9.

- [12] VOCHOZKA, Marek a Petr MILAČ. *Podniková ekonomika*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4372-1.
- [13] VOLDÁNOVÁ, Jana a Rostislav HONUS. *Sborník příspěvků 2. národní konference kvality ve veřejné správě. - Benchmarking nákladů na výkon v oblasti státní správy v přenesené působnosti obcí s rozšířenou působností*. Praha: Ministerstvo vnitra České republiky, 2005. ISBN 80-239-6156-X.

Příloha A: Seznam obrázků

Obrázek 1:	RC-CMLR30-100	40
Obrázek 2:	SZG-MCO2-100-200	40
Obrázek 3:	SZG-MFP10WL	40
Obrázek 4:	HS-B1390M	41
Obrázek 5:	RC-B1060-80R	41
Obrázek 6:	MT-3050DIII	41
Obrázek 7:	CNCR-6090-2200W	42
Obrázek 8:	CNCX-40304A	42
Obrázek 9:	RCT-FS6040-3500ACT	42
Obrázek 10:	HS-F2513A	43
Obrázek 11:	HS-G4015C	43
Obrázek 12:	HS-P0637	43

Příloha B: Seznam tabulek

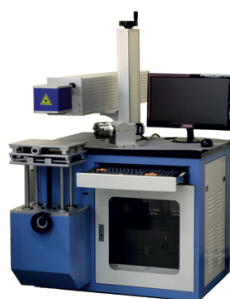
Tabulka 1 :	Značkovací lasery	44
Tabulka 2 :	CO2 lasery	45
Tabulka 3 :	CNC lasery	46
Tabulka 4 :	Vláknové lasery	47

Příloha A - Vybrané přístroje, skupina: Značkovací lasery



Obrázek 1: RC-CMLR30-100

Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 2: SZG-MCO2-100-200

Zdroj: Vlastní zpracování



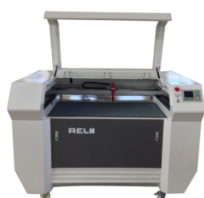
Obrázek 3: SZG-MFP10WL

Zdroj: Vlastní zpracování

Příloha B - Vybrané přístroje, skupina: CO2 lasery



*Obrázek 4: HS-B1390M
Zdroj: Vlastní zpracování*



*Obrázek 5: RC-B1060-80R
Zdroj: Vlastní zpracování*



*Obrázek 6: MT-3050DIII
Zdroj: Vlastní zpracování*

Příloha C - Vybrané přístroje, skupina: CNC lasery



Obrázek 7: CNCR-6090-2200W

Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 8: CNCX-40304A

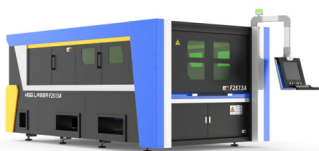
Zdroj: Vlastní zpracování



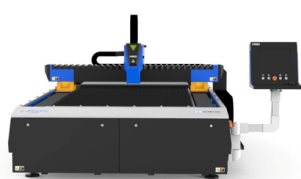
Obrázek 9: RCT-FS6040-3500ACT

Zdroj: Vlastní zpracování

Příloha D - Vybrané přístroje, skupina: Vlákenné lasery



*Obrázek 10: HS-F2513A
Zdroj: Vlastní zpracování*



*Obrázek 11: HS-G4015C
Zdroj: Vlastní zpracování*



*Obrázek 12: HS-P0637
Zdroj: Vlastní zpracování*

Příloha E - Vstupní data, skupina: Značkovací lasery

Tabulka 1: Značkovací lasery

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9
RC-MP20S-100	202,9	20	850	300	190	11	11	20	0,0
SZG-MCO2-100	819,9	80	134	95	145	10	10	100	0,05
SZG-MCO2-100-200	829,9	80	134	95	145	20	20	100	0,05
SZG-MCO2-100-300	839,9	80	134	95	145	30	30	100	0,05
SZG-MCO2-30-200	389,9	80	134	95	145	20	20	30	0,05
SZG-MCO2-30-300	399,9	80	134	95	145	30	30	30	0,05
SZG-MCO2-50	579,9	85	134	95	145	10	10	50	0,05
SZG-MCO2-50-200	589,9	85	134	95	145	20	20	50	0,05
SZG-MCO2-50-300	599,9	85	134	95	145	30	30	50	0,05
RC-CMLR30-100	536,9	0	850	300	190	10	10	30	0,01
RC-HFP-M10	296,9	35	65	30	60	10	10	10	0,05
RC-HFP-I10	424,9	35	65	30	60	10	10	10	0,05
RC-HFP-M20	305,9	35	65	30	60	10	10	20	0,05
RC-HFP-I20	433,9	35	65	30	60	10	10	20	0,05
SZG-MCO2-30	302,9	85	850	300	190	10	10	30	0,05
SZG-MFP10WL	271,9	80	850	300	150	11	11	10	0,05
SZG-MFP10WL-RA	284,9	80	850	300	190	11	11	10	0,05
SZG-MFP20WL	368,9	80	850	300	190	11	11	20	0,05
SZG-MFP20WL-200	379,9	80	850	300	190	20	20	20	0,05
SZG-MFP20WL-300	425,9	80	850	300	190	30	30	20	0,05
SZG-MFP30WL-200	423,9	80	850	300	190	20	20	30	0,05
SZG-MFP30WL	404,9	80	850	300	190	11	11	30	0,05
SZG-MFP30WL-300	441,9	80	850	300	190	30	30	30	0,05
RC-ML10RC-100RA	394,9	80	65	80	141	11	11	80	0,05
RC-ML10RC-100	372,9	80	65	80	141	11	11	10	0,05
RC-ML20RC-100	427,9	80	65	80	141	11	11	20	0,05
RC-ML20RC-200	446,9	80	65	80	141	20	20	20	0,05
RC-ML20RC-300	465,9	80	65	80	141	30	30	20	0,05
RC-ML30RC-100	395,9	80	65	80	141	10	10	30	0,05
RC-ML30RC-300	429,9	80	65	80	141	30	30	30	0,05
RC-ML50RC-100	587,9	80	65	80	141	11	11	50	0,05
RC-ML50RC-200	604,9	80	65	80	141	20	20	50	0,05
RC-ML50RC-300	621,9	80	65	80	141	30	30	50	0,05

Zdroj: Vlastní zpracování

Příloha F - Vstupní data, skupina: CO2 lasery

Tabulka 2: CO2 lasery

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11
MT-H2030-40	38,9	0,03	81	50	30	20	26	40	0,1	40	2
RC-B1060-80R	222,9	0,32	158	120	106	64	110	80	0,1	60	25
RC-B1610-100R	301,9	0,35	225	175	160	100	110	100	0,01	60	28
RC-B1610-130R	339,9	0,35	225	175	160	100	110	120	0,1	60	24
EMK-N1006-80R	180,9	0,38	158	120	100	60	110	80	0,1	60	25
EMK-N1390-80R	190,9	0,25	188	152	130	90	110	80	0,1	60	25
HS-Z4030-40	142,9	0,08	115	66	40	30	49	40	0,1	150	16
HS-Z4030-RF25	274,9	0,08	115	66	40	30	49	25	0,1	150	16
MT3050DIII	127,9	0,08	107	78	50	30	106	50	0,05	60	28
BRM-100160-100	315,96	0,56	218	152	160	100	105	100	0,1	100	23
BRM-4060-80	228,57	0,25	153	92	60	40	105	80	0,1	100	23
BRM-6090-100	262,18	0,33	183	112	130	90	105	100	0,1	100	23
BRM-90130-100	289,07	0,45	190	142	130	90	105	100	0,1	100	23
BRM-90130-150	348,23	0,45	190	142	130	90	105	150	0,1	100	23
BRM-100160-150	375,12	0,56	218	152	160	100	105	150	0,1	100	23
BRM-130250-100	470,58	1,2	189	346	250	130	115	100	0,1	100	0
BRM-130250-150	531,08	1,2	189	346	150	130	115	150	0,1	100	0
BRM-150300-100	578,14	1,6	209	426	300	150	115	100	0,1	100	0
BRM-150300-150	638,64	1,6	209	426	300	150	115	150	0,1	100	0
HS-B1390M	576,9	0,35	205	142	130	90	122	130	0,05	40	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Příloha G - Vstupní data, skupina: CNC lasery

Tabulka 3: CNC lasery

	U1	U2	U3	U4
RCT-FS6040-3500ACT	759,9	90	3500	2400
CNCH-6040-Z100	117,9	100	1500	24000
CNCX-40304A	58,9	0	300	11000
CNCH-6040-1500W-4A	98,9	0	1500	24000
RCT-F4030-1500	226,9	90	1500	24000
RCT-FS6030-2200	364,9	90	2200	2400
RCT-FS4030-2200-4A	321,9	90	2200	24000
CNCX-4030V2	47,9	0	300	11000
CNCR-6090-2200W	141,9	0	2200	24000
CNCR-1290-4A-2200W	210,9	0	2200	24000
CNCR-6090-4A-2200W	181,9	0	2200	24000
CNCH-4030-800W	59,9	0	800	24000
CNCB-2030	35,9	65	300	800

Zdroj: Vlastní zpracování

Příloha H - Vstupní data, skupina: Vlákňové lasery

Tabulka 4: Vlákňové lasery

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12
HS-F2513C	1450,9	1,5	850	300	190	250	130	0,1	2	0,2	0,1	0,3
HS-F2513A	1650,9	2	850	300	190	250	130	0,1	2	0,2	0,1	0,3
HS-M3015A	2280,9	5	510	298	215	300	150	0,05	4	0,3	0,05	1,5
HS-G4015C	3280,9	7	610	335	200	400	150	0,05	10	1,5	0,05	3
HS-G4015S	9360,9	10	850	300	190	400	150	0,03	20	2,8	0,03	8
HS-G4015A	3640,9	10	1050	338	220	400	150	0,05	10	1,5	0,05	3
HS-G4015H	5940,9	10	890	290	220	400	150	0,03	14	1,5	0,05	4
HS-G4020E-F60	5980,9	7,5	850	300	190	400	200	0,05	9	1,5	0,05	3
HS-G3015E-F60	4200,9	8,5	850	300	190	300	150	0,05	10	1,5	0,05	3,3
HS-G3015E-F30	3440,9	7,5	850	300	190	300	150	0,05	10	1,5	0,05	3,3
HS-G3015S	6700,9	7,5	850	300	190	300	150	0,03	20	2,8	0,03	3
HS-G3015A	3200,9	7,5	790	295	190	300	150	0,05	10	1,5	0,05	3
HS-G3015H	5010,9	7,5	790	295	190	300	150	0,05	14	1,5	0,05	3
HS-G3015B-F60	3650,9	5	850	300	190	300	150	0,05	10	1,5	0,05	3
HS-G3015B-F30	3300,9	5	850	300	190	300	150	0,05	10	1,5	0,05	1,5
HS-TH65	4840,9	4	850	300	190	600	300	0,03	4	1	0,05	2
HS-M3015B-F60	2980,9	5	460	366	190	300	150	0,05	4	0,3	0,05	1,5
HS-M3015B-F30	2420,9	5	460	366	190	300	150	0,05	4	0,3	0,05	1,5
HS-B65	3390,9	3	850	300	190	600	300	0,03	4	0,5	0,05	3,3
HS-G4020H	6620,9	10	890	340	220	400	150	0,03	14	1,5	0,05	4
HS-G4020S	9610,9	10	850	300	190	400	200	0,03	20	2,8	0,03	8
HS-G4020C	3440,9	8	610	380	200	400	200	0,05	9	1,5	0,05	3
HS-G6020C	3910,9	8	850	300	190	600	200	0,05	9	1,5	0,05	3
HS-G6020A	4830,9	10	850	300	190	600	200	0,05	9	1,5	0,05	3
HS-G4020A	3720,9	10	1050	338	220	400	200	0,05	9	1,5	0,05	3
HS-P0637	2220,9	0,8	70	119	185	60	37	0,01	4	0,5	0,02	1,2
HS-M3015C	1680,9	4,5	460	245	170	300	150	0,05	4	0,3	0,05	2
HS-G3015C	2310,9	5,5	508	335	200	300	150	0,05	10	1,5	0,05	3,3

Zdroj: Vlastní zpracování

