

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Průmyslové inženýrství a management

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Aplikace rozhodovací analýzy v praxi

Autor: **Vladimír CINGROŠ**  
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Milan EDL, Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vladimír CINGROŠ**  
Osobní číslo: **S13B0360P**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**  
Název tématu: **Aplikace rozhodovací analýzy v praxi**  
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

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

1. Úvod
2. Představení podniku
3. Popis problému a požadavky na jeho řešení
4. Specifikace možných variant řešení
5. Rozhodovací analýza
6. Vyhodnocení analýzy
7. Závěr


Rozsah grafických prací: 0 výkresů  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

1. FOTR, J., DĚDINA, J., HRŮZOVÁ, H. *Manažerské rozhodování*. Praha: Ekopress, 2006. ISBN 80-86929-15-9.
2. KOŠTÁL, M., SPURNÝ, M. *Autolakýrník*. Plzeň: Vydavatelství František Spurný, 2004. ISBN 80-903038-6-2.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**  
Katedra průmyslového inženýrství a managementu  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jiří Kudrna**  
Katedra průmyslového inženýrství a managementu  
Datum zadání bakalářské práce: **23. září 2013**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. června 2014**

  
Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.  
děkan



  
Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 23. září 2013

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych rád poděkoval Doc. Ing. Milanovi Edlovi, Ph.D., konzultantovi Ing. Jiřímu Kudrnovi za jejich odbornou pomoc a dále zástupcům firem SMS CZ s.r.o. a ColorWest s.r.o. za poskytnutí cenných informací.

Rovněž bych chtěl poděkovat všem, kteří se podíleli na mém vzdělávání během studia.

## **PROHLÁŠENÍ O AUTORSTVÍ**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou/diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské/diplomové práce.

**V Plzni dne:** .....

.....  
**podpis autora**

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Cingroš	Jméno Vladimír	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	Průmyslové inženýrství a management		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Jméno Milan	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Aplikace rozhodovací analýzy v praxi		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2014
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	44	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	44	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS</b>	Tématem této práce je využití rozhodovací analýzy při řešení problému v reálném podniku. V tomto případě při výběru nejvhodnější lakovací technologie pro nově budovanou lakovnu s ohledem na charakteristiku výrobků a možnosti firmy. Jednotlivé přípustné technologie jsou nejprve popsány. Poté následuje rozhodovací analýza, kde jsou technologie porovnány dle zvolených kritérií. V závěru práce je určen výsledek analýzy.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Analýza, rozhodování, vícekritériální, lakování, užitnost, rizikovost.

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Cingroš	Name Vladimír	
<b>FIELD OF STUDY</b>	Industrial Engineering and Management		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Name Milan	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<del>DIPLOMA</del>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Application of decision analysis in practice		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KPV	<b>SUBMITTED IN</b>	2014
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	44	<b>TEXT PART</b>	44	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>	The theme of this work is the use of decision analysis in solving problems in the real company. In this case, the selection of the best painting technology for the newly built plants with regard to the characteristics of the products and the ability of the company. Each permissible technology are described first. Followed by a decision analysis, where the technologies are compared according to selected criteria. The conclusion is determined by the analysis results.
<b>KEY WORDS</b>	Analysis, decision making, multicriterial, painting, utility, risk

## OBSAH

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Představení podniku .....</b>	<b>14</b>
2.1	Údaje o firmě v obchodním rejstříku.....	14
2.2	Historie .....	14
2.3	Výsledky hospodaření firmy .....	14
2.4	Výrobní program .....	15
2.4.1	Program zemědělské stroje.....	16
2.4.2	Program spalovny odpadů.....	18
2.5	Konkurence podniku.....	19
<b>3</b>	<b>Popis problému a požadavky na jeho řešení.....</b>	<b>20</b>
3.1	Popis stávající lakovny .....	20
3.2	Limity firmy .....	21
3.3	Záměry firmy .....	22
3.4	Požadavky na řešení .....	22
<b>4</b>	<b>Specifikace možných variant řešení.....</b>	<b>23</b>
4.1	Lakování práškovými barvami (suché lakování).....	23
4.1.1	Příprava povrchu .....	23
4.1.2	Kataforézní lakování .....	24
4.1.3	Práškovací materiál (barva).....	25
4.1.4	Nanesení prášku .....	25
4.1.5	Vypálení barvy .....	27
4.1.6	Souhrn výhod a nevýhod technologie .....	27
4.2	Lakování tekutými barvami (mokré lakování) .....	28
4.2.1	Příprava povrchu .....	28
4.2.2	Způsoby nanášení barvy .....	29
4.2.3	Dokončení .....	29
4.2.4	Lakovací materiál .....	30
4.2.5	Souhrn výhod a nevýhod technologie .....	30
	Vodou ředitelné akrylátové barvy .....	30
<b>5</b>	<b>Rozhodovací analýza.....</b>	<b>31</b>
5.1	Postup a metody rozhodovací analýzy .....	31
5.2	Metody stanovení vah kritérií.....	35
5.3	Bližší specifikace porovnávaných variant .....	36



5.4	Stanovení základních hodnotících kritérií a jejich popis.....	37
5.4.1	Kritéria užitnosti.....	37
5.4.2	Kritéria rizikovosti .....	39
5.5	Určení váhy kritérií.....	39
5.6	Určení užitnosti variant .....	40
5.7	Určení rizikovosti zvolených variant.....	42
5.8	Volba nejvhodnější varianty .....	42
5.9	Vyhodnocení analýzy .....	43
<b>6</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>44</b>
	<b>Seznam použité literatury a informačních zdrojů .....</b>	<b>45</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Logo firmy SMS= zkratka Strojírnoství-Montáž-Servis [8] .....	14
Obr. 2 Výnosy výrobních programů v letech 2004-13 (v mil. Kč) .....	15
Obr. 3 Diskové mulčovací brány [7] .....	16
Obr. 4 Válce Cambridge [7] .....	16
Obr. 5 Secí stroj Master 400 [7] .....	17
Obr. 6 Samosběrací vůz [7] .....	18
Obr. 7 Kotel spalovny odpadů[7] .....	18
Obr. 8 Půdorys současné lakovny .....	20
Obr. 9 Stávající lakovna .....	21
Obr. 10 Areál podniku z ptačí perspektivy (upraveno z[7]).....	21
Obr. 11 Suchá prášková barva [12] .....	23
Obr. 12 Schéma elektrostatického nabíjení [9] .....	26
Obr. 13 Schéma elektrokinetického nabíjení [9].....	26
Obr. 14 Nanášení prášku [13] .....	27
Obr. 15 Mokrý barvy [11] .....	28
Obr. 16 Kompresor [14] a stříkací pistole pro mokré barvy [15] .....	29
Obr. 17 Metody vícekritériálního hodnocení [1].....	33
Obr. 18 Přehled jednoduchých metod stanovení hodnoty varianta jejich využití [1] .....	33
Obr. 19 Přehled metod pro stanovení vah kritérií [1].....	35
Obr. 20 Tabulka preferencí [1].....	35

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Výnosy výrobních programů v letech 2004-13 (v mil. Kč) .....	15
Tab. 2 Saatyho doporučená bodová stupnice s deskriptory (převzato z [1]) .....	40
Tab. 3 Saatyho matice a dopočtené váhy kritérií .....	40
Tab. 4 Hodnocení variant dle kritérií .....	41
Tab. 5 Celkové ohodnocení variant.....	41
Tab. 6 Hodnocení variant s přiřazenou váhou.....	42
Tab. 7 Celkové hodnocení a volba varianty .....	43

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

<b>a.s.</b>	akciová společnost
<b>apod.</b>	a podobně
<b>atd.</b>	a tak dále
<b>ČR</b>	Česká republika
<b>ČIŽP</b>	Česká inspekce životního prostředí
<b>hod.</b>	hodina
<b>IČ</b>	identifikační číslo
<b>m</b>	metr
<b>mm</b>	milimetr
<b>s.r.o.</b>	společnost s ručením omezeným
<b>tj.</b>	to je
<b>tzv.</b>	takzvaně
<b>UV</b>	ultra violet- ultrafialové záření
<b>VOC</b>	volatile organic compounds- volné těkavé látky
<b>ŽP</b>	životní prostředí

## 1 Úvod

Tématem této bakalářské práce je využití rozhodovací analýzy při řešení problému v reálném podniku. Pro tento úkol byla zvolena rokycanská firma SMS CZ s.r.o., která v blízké době plánuje modernizaci své výroby výstavbou nové montážní haly s lakovnou. Technologie, která bude v této lakovně instalována, však ještě není zvolena.

Firma SMS CZ s.r.o. je český strojírenský podnik vyrábějící především zemědělské stroje a spalovny odpadů. V první polovině 90. let byl odbytištěm výrobků pouze tuzemský trh. Rostoucí konkurence dalších českých i zahraničních firem, vedla ke hledání dalších trhů v okolních zemích. Dnes jsou výrobky firmy prodávány v celé Evropě, ale i v zámoří. Pokrytí rostoucí poptávky bylo v uplynulých letech zabezpečováno do značné míry kooperacemi s jinými firmami a některé dokonce vyráběly výrobky do finálního stavu. Z důvodu zvýšení pohotovosti dodávek, a tím posílení konkurenceschopnosti roste potřeba navyšovat svou výrobní kapacitu a modernizovat svoji výrobu. Zvláštní pozornost si v této souvislosti zaslouží lakování, neboť úroveň povrchové úpravy je ze strany zákazníků vnímána jako velmi důležitý parametr ovlivňující konkurenceschopnost.

Povrchová úprava lakování je nejrozšířenější technologií ochrany materiálu. Lak chrání materiál před stárnutím, a neméně důležitá je i funkce estetická. Převážná většina strojírenských výrobků je dokončována právě lakováním a míra důrazu na ochrannou či estetickou funkci je dána určením výrobku. Nároky na tyto vlastnosti však stále rostou, stejně tak jako rostou nároky i na další kvalitativní parametry. Vysoká trvanlivost a odolnost povrchové úpravy jsou dnes samozřejmostí. Velká pozornost se soustřeďuje na kvalitu provedení laku a jeho barevnou stálost, jako významné prvky hodnocení kvality zemědělských strojů. Tento parametr spoluvytváří i celkovou image firmy.

Zadáním této práce je proto navrhnout vhodné technologie povrchové úpravy pro výrobky firmy SMS CZ s.r.o. s ohledem na jejich charakter a efektivnost vlastního procesu dokončovacích prací a následně vybrat pomocí rozhodovací analýzy tu nejvhodnější. Výběr nejvhodnější technologie povrchové úpravy není jednoduchý úkol, neboť se jedná o dlouhodobou a náročnou investici. Při rozhodování je třeba přihlížet k předpokládaným požadavkům trhu, ale i k efektivnosti vlastní operace povrchové úpravy.

## 2 Představení podniku

Společnost SMS CZ, s.r.o. je inženýrská, výrobní a dodavatelská firma v oboru strojírenství a strojně-technologických zařízení pro ekologii a zemědělství. [7] Byla založena v roce 1993 čtyřmi společníky. Jméno SMS je složené z prvních písmen slov Strojírenství, Montáž, Servis.

### 2.1 Údaje o firmě v obchodním rejstříku

#### SMS CZ, s.r.o.

Registrace	aktivní subjekt
Soud	Krajský soud v Plzni
Spisová značka:	C3576
IC	48360830
Obchodní firma	SMS CZ, s.r.o.
Právní forma	Společnost s ručením omezeným
Sídlo	náměstí U Saská brány 12, 337 01 Rokycany
Stav subjektu	aktivní subjekt
Datum zápisu	19. 3. 1993 [10]



Obr. 1 Logo firmy SMS= zkratka Strojírenství-  
Montáž-Servis [8]

### 2.2 Historie

Prapočátek firmy je datován už v roce 1897. Byla založena Juliem Guthem a jednalo se o malou továrnu, která se nacházela v objektu starého mlýna. Zpočátku se zabývala zámečnickou výrobou. Firmě se dařilo a v roce 1906 zde pracovalo už 115 zaměstnanců. Do druhé světové války pak byla výroba přeorientována hlavně na slévárenství. Po válce byl podnik odkoupen Škodovými závody v Plzni, ale již roku 1948 došlo k jeho oddělení a zestátnění. Od roku 1951 firma fungovala jako Strojní a traktorová stanice a její výroba tak byla zaměřena především na drobnou zemědělskou techniku a její servis. Hlavní výroba byla občasně doplňována různými vedlejšími činnostmi. Jednou z nich byl i úkol vyvinout spalovnu odpadů, a to hlavně odpadů ropného původu. První spalovna firmy tak byla vyrobena už v roce 1983. Dalším milníkem byl až rok 1989. Po revoluci se poptávka po opravárenských službách prudce propadla. Firma tak byla nucena upravit svůj program, což vedlo k rozšíření výroby zemědělských strojů, především pro zpracování půdy a k většímu zaměření na spalovny odpadů. Po revoluci byl podnik privatizován a z STS přejmenován na SMS. V 90. letech se mimo zemědělských strojů a spaloven věnovala i řadě dalších činností (stavebnictví, doprava, opravy vozidel,...). Od těchto programů už však bylo upuštěno.

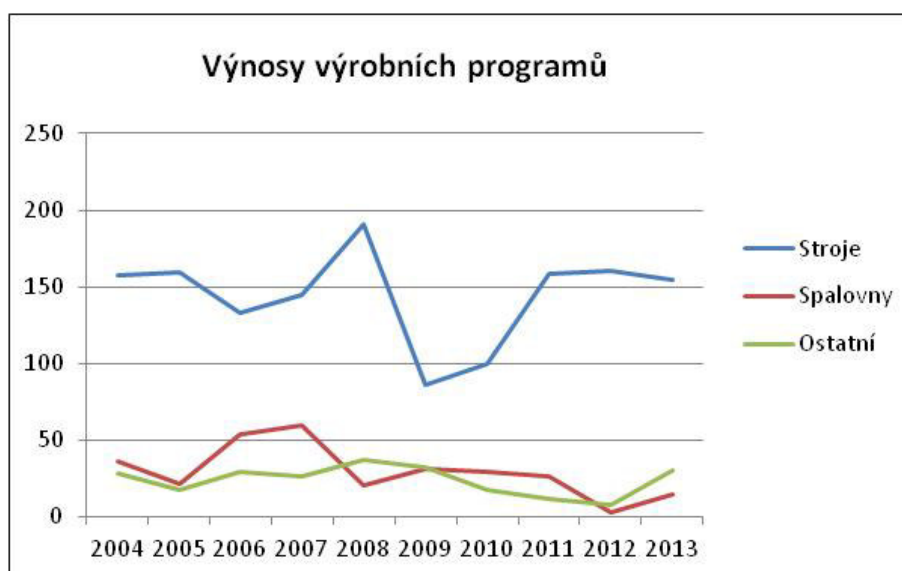
### 2.3 Výsledky hospodaření firmy

Od založení firmy po privatizaci v roce 1993 dosahovala SMS CZ s.r.o. prakticky trvalého meziročního růstu hospodářských výsledků v ukazatelích obratu a zisku s výjimkou krizových

let 2009-2011. Toto období se podařilo překonat i díky rezervám, které byly tvořeny v předchozích letech, a jejich určení bylo plánováno právě na modernizaci výrobních prostředků. Současné investice do obnovy staveb, strojů a zařízení jsou proto naléhavé.

Rok	Zem. Stroje	Spalovny	Ostatní	Σ
2004	157	36	28	221
2005	159	22	18	199
2006	133	54	29	216
2007	145	60	26	231
2008	191	21	37	249
2009	86	31	32	149
2010	100	29	18	147
2011	158	26	12	196
2012	160	3	8	171
2013	155	15	30	200

Tab. 1 Výnosy výrobních programů v letech 2004-13 (v mil. Kč)



Obr. 2 Výnosy výrobních programů v letech 2004-13 (v mil. Kč)

Firma SMS vždy preferovala krytí potřeb z vlastních zdrojů a dlouhodobě hospodaří bez úvěrů. Při poměrně dobrých hospodářských výsledcích má proto trvale dobrou likviditu. SMS CZ zaměstnává dlouhodobě cca 130 pracovníků, kteří jsou motivováni uměřenou mzdovou politikou, dobrými pracovními podmínkami a vysokou mírou garancí zaměstnanosti. Dokladem toho může být i fakt, že ani během krize se podnik v rámci úsporných opatření nemusel uchýlit k propouštění zaměstnanců.

## 2.4 Výrobní program

Výrobní program firmy je již přes 60 let zaměřen především na zemědělství. Do roku 1990 však převažovalo opravárenství a servisní činnosti a strojírenská výroba zaujímala jen malý podíl. Volné výrobní kapacity firmy byly využívány v množství menších vedlejších strojírenských činností. V 90. letech se s růstem firmy začala krystalizovat podoba dnešního

programu, ve kterém se firma zaměřila už jen na stroje pro zemědělskou velkovýrobu a spalovny odpadů.

#### 2.4.1 Program zemědělské stroje

Podíl zemědělských strojů na obratu firmy je cca 60%. Firma vyrábí široký sortiment zemědělských strojů, které lze rozdělit do čtyř základních skupin.

##### **Brány/kypřiče**

Největší podíl na celkové výrobě mají stroje na základní zpracování půdy, kam se řadí diskové brány, radličkové kypřiče a hloubkové kypřiče. Jedná se konstrukčně o poměrně jednoduché výrobky, u nichž je kladen důraz na kvalitu pracovních orgánů. Z uživatelského hlediska je rovněž velmi důležité, aby každý stroj odpovídal individuálním potřebám zákazníka především z hlediska agrotechniky a půdních podmínek. Proto lze volit uložení či model pracovních orgánů, typ opěrných a drobicích válců, které jsou součástí každého stroje, a řadu dalších doplňkových prvků zvyšujících účinek na půdu, uživatelský komfort, životnost atd.



Obr. 3 Diskové mulčovací brány [7]



Obr. 4 Válce Cambridge [7]



## Vály

Druhou největší skupinou z hlediska prodeje jsou vály. Jedná se opět o široký sortiment strojů používaných převážně na orné půdě, ale stále větší podíl zaujímají vály určené pro pícnináře, tedy pro agrotechniku na travních porostech. Základním představitelem první skupiny jsou vály Cambridge, které jsou typické sestavením válu pomocí litinových kroužkových segmentů a používají se především na orné půdě. Jde o jednoduché a spolehlivé nářadí, které lze vybavit řadou různých doplňků (smyková lišta, secí adapter, brány, atd.) pro použití na poli i travních porostech. Speciálně pro údržbu luk jsou vyráběny těžké luční vály, jejichž základem je ocelová roura o průměru 1070mm a síly stěny 10mm. Takovýto vál je naplněn vodou.

## Secí stroje

Moderní secí stroje jsou velmi sofistikovaným nářadím, které kombinuje předset'ovou přípravu půdy s vlastním setím a následným utužením povrchu. Hydraulický systém ovládající stroj je konstruován pro maximální efektivnost provozu, neboť využívá celý hydraulický výkon tahače, a to často v podmínkách vysokých teplot. K zajištění správné funkce jsou secí stroje vybaveny elektronickým monitorovacím a řídicím systémem, který plní řadu funkcí a je ovládán z kabiny traktoru pomocí dotykové obrazovky. Tento elektronický systém je vyvíjen specializovanou firmou samostatně pro každý typ secího stroje. Rovněž se na vývoji hydraulického systému podílí specializovaná firma. Díky spolehlivosti hydraulického i elektronického systému se daří prodávat tyto stroje po celé Evropě.



Obr. 5 Secí stroj Master 400 [7]

## Sběrací vozy

Samosběrací vozy lisovaných stébelnatých plodin jsou spolu s lučními vály produkty, které pomáhají zmírnit sezonnost hlavního programu, kde je 50-60 procent produkce odbytováno v období 7-10. měsíce. Naopak sezona pro agrotechniku pícnin je v 3-5. měsíci. Sklizeň pomocí samosběracích vozů není převažující technologií. V ČR je však SMS jedinou firmou vyrábějící tento typ strojů a jedná se o perspektivní produkt. Originální nakládací systém má propracovanou kinematiku a ovládání celého vozu se provádí pomocí elektrohydraulického systému, jehož spolehlivost je výsledkem dlouhého vývoje.



Obr. 6 Samosběrací vůz [7]

## 2.4.2 Program spalovny odpadů

Firma se zabývá problematikou spalování odpadů již téměř 20 let. Jako první tuzemská firma řešila vlastní spalování v rotační peci, která skýtá nejlepší předpoklady pro optimalizaci tepelného režimu a dosahuje maximálního stupně vyhoření spalitelné části odpadů. Z tohoto důvodu se jedná o zařízení vysoce universální, avšak současně s vyšší investiční náročností.

Proto byly následně vývojově zpracovány technologie na bázi komorových, či muflových pecí, které vyhovují vysokým požadavkům současných norem na spalování určitých vymezených skupin odpadů při nižší investiční náročnosti. Vlastní spalovací jednotka je zařízení vysoké technické úrovně, které prezentuje široký soubor moderních poznatků z oblasti materiálů, spalovacího procesu a jeho řízení.

Zcela samostatnou a ucelenou problematikou spalování odpadů je dále odběr tepla a jeho využití a zejména pak čištění spalin z procesu spalování. Tato část technologie se projektuje zcela individuálně, při čemž se volí převážně mezi tzv. "suchým či mokrým" čištěním, nebo i kombinací obou systémů. Samostatnou a aktuální problematikou je dioxinový filtr.

Všechny rozhodující aparáty standardně projektovaných spalovacích linek jsou tuzemské výroby, systém měření, regulace a řízení je naopak sestaven převážně ze zahraničních komponentů. Touto kombinací je při nízkých investičních nákladech dosaženo vysoké úrovně instalace a spolehlivosti systému.[7]



Obr. 7 Kotel spalovny odpadů[7]

## 2.5 Konkurence podniku

### Tuzemská

Specielně v oboru výroby zemědělských strojů se v České republice vyprofilovalo po revoluci množství výrobců, kteří si vybudovali velmi dobrou pozici i v evropském měřítku a jsou předními evropskými výrobci vnímáni s respektem. K předním patří Farnet a.s. a STROM Export s.r.o. Je třeba doplnit, že potenciál každé z nich by pokryl větší část tuzemské poptávky.

- Farnet a.s.
  - česká firma z České Skalice
  - používá práškové lakování, což je umožněno značnou sériovostí výrobků
  - podobný sortiment jako SMS CZ
  - kromě zemědělského sortimentu firma vyrábí i techniku pro lisování olejin
- STROM Export s.r.o.
  - česká firma z Prahy
  - dovozce traktorů John Deere
  - orientace na těžší techniku
  - výroba v zahraničí- v ČR jen sídlo vedení a vývoj

### Zahraníční

Zahraníční firmy si v ČR udržují převahu především v sofistikovanějších výrobcích uplatňujících elektronické systémy, jako jsou secí kombinace, postřikovače, či sklízecí technika.

- Kverneland- Norsko
- Vaderstad- Švédsko
- Lemken- Německo
- Kuhn- Francie
- Pöttinger- Rakousko

Většina konkurentů používá pro své výrobky povrchovou úpravu práškovým lakováním nebo kombinaci práškového a mokrého lakování.

### 3 Popis problému a požadavky na jeho řešení

Jak již bylo v úvodu práce napsáno, úkolem práce bude vybrat lakovací technologii, která bude nejlépe vyhovovat potřebám firmy. V této kapitole je proto popsán výchozí stav, tedy současná, dosud vyhovující, lakovna. Následně zde budou zmíněny požadavky na lakovnu novou a dále charakteristiky, dle kterých bude technologie vybírána.

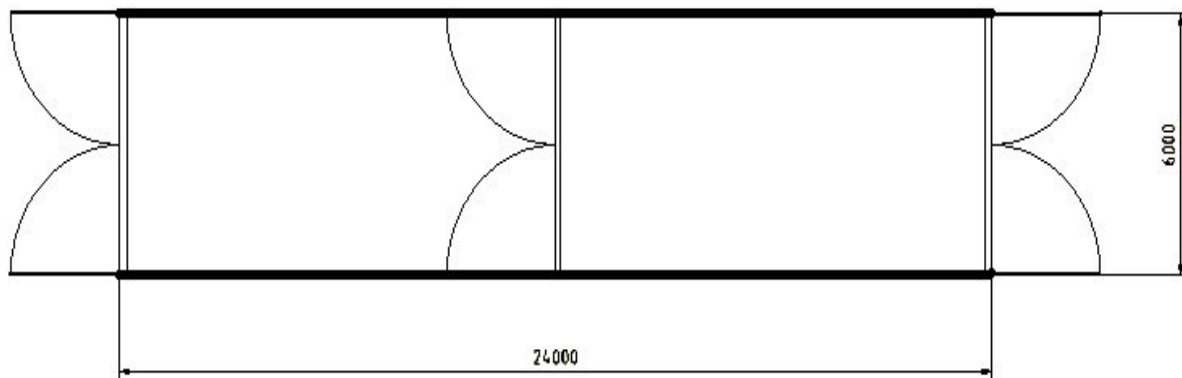
#### 3.1 Popis stávající lakovny

V současnosti je lakování prováděno v areálu firmy. Lakovací box je součástí hlavní strojírenské haly, jeho půdorys je 24x6m, výška 5m. Box je v polovině předělen vraty, a při jejich uzavření lze každou polovinu provozovat samostatně. Smyslem tohoto opatření je minimalizovat manipulaci s čerstvě nalakovanými díly. Proto je lakovací box provozován tak, že střídavě v jedné polovině probíhá lakování a v druhé sušení.

Kapacita boxu je dána jeho velikostí, personálním obsazením a časovou náročností technologických postupů. Při normálním postupu zvládají dva pracovníci v prodloužené směně (tj. 2x12 hod.) dva cykly, tj. každou polovinu lakovny dvakrát zavézt díly k nalakování, očistit, odmastit, nalakovat, nechat zaschnout a vyvézt. Přitom povrch lakovaných dílů v každé polovině boxu se pohybuje mezi 7-10m<sup>2</sup>. Velikost lakovaných dílů je do 5m délky a 3m šířky. Způsob zavážení je kombinovaně pomocí vysokozdvizného vozíku a drážky. Lakovna je v provozu 12 hodin od pondělí do soboty a 8 hodin v neděli. Čištění se provádí jednou za dva měsíce.

Součástí zavážení materiálu při lakování je i příprava před lakováním. Ta je v tomto případě nenáročná, protože díly jdou na lakování už z výroby čisté, bez koroze a okují. Jako základní materiál je používána antikorozní syntetická barva NOVUM KG 05/SWL, s níž jsou dlouhodobě dobré zkušenosti. Velmi dobře se osvědčila pro dobrou přilnavost, rychlé schnutí (přibližně 1 hodina) a velmi dobrou chemickou a antikorozní odolnost. V tomto směru jsou stávající postupy uspokojivé. Rovněž vrchní barva polyakrylátová AC03-23HS, která se začala používat v roce 2012 a nahradila syntetickou barvu, se jeví jako odpovídající z hlediska nároku na proces lakování a dosahuje zřetelně lepších mechanických a estetických vlastností než syntetická. Má rovněž výbornou světlostálost a povětrnostní odolnost. Doba schnutí vrchní barvy je přibližně 2 hodiny. Závisí však na teplotě okolí. Dodavatelem nátěrových hmot je firma ColorWest s.r.o.

Je třeba doplnit, že drobné díly jsou lakovány máčením. K tomu je odpovídajícím způsobem vybaven speciální prostor s máčecí vanou o velikosti 3x1x1,5m. Vybavením prostoru lakovny je ventilace a drážka pro manipulaci.



Obr. 8 Půdorys současně lakovny





Obr. 9 Stávající lakovna

Přehled přibližné spotřeby nátěrových hmot a jejich cen za rok 2012

• Barva základní	3 635 kg	51,-	Kč/kg
• Barva máčecí	4 735 kg	52,-	Kč/kg
• Barva vrchní dvousložková	1 310 kg	135,-	Kč/kg
• Barva vrchní syntetická	3 610 kg	93,-	Kč/kg
• Ředidla	14 590 kg	41,-	Kč/kg
• Tvrdidlo	205 kg	260,-	Kč/kg

Z přehledu lze vypočítat náklady na nátěrové hmoty, které jsou 1 595 675,-Kč.

### 3.2 Limity firmy

Podstatným omezením dalšího rozvoje firmy je umístění uvnitř města v jasně ohraničeném a omezeném prostoru mezi komunikacemi a řekou, tedy bez možnosti další investiční výstavby. Dalším limitem pro zvýšení kapacity lakovacího boxu je mimo jiné i blízkost bytové zástavby.



Obr. 10 Areál podniku z ptačí perspektivy  
(upraveno z[18])

### 3.3 Záměry firmy

Z důvodu nemožnosti rozšíření současného areálu firma koupila v minulých letech areál v příměstské oblasti s perspektivou adaptace jednoho objektu v tomto areálu na montážní linku. Přitom se plánuje dostavba skladové haly a lakovny.

Nynějším cílem firmy je proto vybudovat lakovnu jako součást nového provozu firmy s minimální kapacitou na úrovni stávajícího boxu při využití perspektivních technologií. Při volbě technologie půjde zejména o posouzení vhodnosti využití práškové technologie jako jednoho ze znaků využívání vyspělých technologií. Využití této technologie by rovněž bylo výrazným marketingovým prvkem.

S využitím dvojnásobku nynější kapacity lakovny by v budoucnosti neměl být problém, jelikož firma v současnosti část lakování zadává jiným firmám.

Definování kapacity lakovacího boxu vychází z následujících předpokladů:

- Dlouhodobě je 30% výrobků vyráběno do finální podoby v kooperaci. Předpokládá se rozšíření kooperace při výrobě ocelových konstrukcí a naopak omezení dokončovacích prací, tj. lakování a montáže.
- Navzdory výsledku posledních 3 roků se reálně očekává významný růst prodeje. Toto očekávání vychází z vědomí trvalého upevňování pozic v celé Evropě a současně plánovaného vyššího tempa inovací.

### 3.4 Požadavky na řešení

Výběr technologie je proveden dle množství hledisek. Důležitým hlediskem je ekonomická efektivnost technologie lakování, tj. minimalizace nákladů na dosažení žádoucích výsledků. Spotřeba moderních laků je nižší než spotřeba starých. Je to dáno vyšší kvalitou samotných barev, ale i novými technologiemi nanášení laku. Významný je také počet nanášených vrstev, požadovaná minimální teplota pracovního prostředí, doba schnutí vrstvy a doba úplného vytvrzení laku.

Dále by mělo být přihlíženo na zvyšující se nároky na technologii lakovny, a to z hlediska ochrany životního prostředí. Neustále se zpřísňují normy na ochranu ovzduší a rovněž rostou nároky na hygienu pracovního prostředí. Toto se pak odráží v rostoucích nákladech na technologii z hlediska jejího pořízení i provozu (uhlíkové filtry, častější výměna vzduchu a z toho plynoucí nárůst spotřeby energie).

Dalším hlediskem je zvyšování nároků na kvalitu povrchové úpravy výrobku. Podstatnou funkcí laku je ochrana výrobku před vnějšími vlivy. Lak zemědělských strojů je namáhán povětrnostními podmínkami a dále je narušován při samotné práci stroje (nárazy kamenů, otěr půdy apod.). Stroje na zpracování půdy mají převážně dlouhodobou životnost (5-15 let, ale i více) a přirozený požadavek každého vlastníka je, aby si stroj udržel povrchovou úpravu v co nejlepší kvalitě po celou dobu životnosti. V tomto směru je rozhodujícím parametrem laku jeho přilnavost. Tato vlastnost se významně podílí na povědomí o image firmy a ovlivňuje zájem o její výrobky.

S předchozím souvisí i čtvrté hledisko - estetické. Dobře vypadající a kvalitně provedená povrchová úprava dokáže v počátku zaujmout zákazníka a při jeho pozdějším rozhodování přesvědčit o kvalitě celého produktu.

Při výběru technologie by měl být brán ohled i na vlastnosti jako:

- úroveň pracovního prostředí,
- možnost retušování poškozeného laku,
- schopnost naplnění kapacity technologie.
- nároky na zručnost a kvalifikovanost pracovníka
- spolehlivost zařízení

## 4 Specifikace možných variant řešení

Existuje velké množství druhů barev a technologií jejich nanášení. Z předběžného průzkumu, kdy se přihlíželo k charakteristice výrobku, požadované kvalitě a výši nákladů, jsou však pro účely firmy SMS CZ s.r.o. nejvhodnější následující 3 varianty:

### 4.1 Lakování práškovými barvami (suché lakování)

Práškové lakování, v Česku také často označované jako komaxitování, je relativně novou, avšak velmi rozšířenou metodou povrchové úpravy. Původem této technologie je Austrálie. Z počátku byly práškové barvy využívány výhradně v interiérech. Postupným zdokonalováním však bylo možné tuto povrchovou úpravu využít i ve venkovním prostředí. Metoda práškového lakování spočívá v nanesení lakovacího prášku na povrch dílce a následném vytvrzení v peci. Před samotným lakováním je však velmi důležitá poměrně náročná příprava materiálu.



Obr. 11 Suchá prášková barva [12]

#### 4.1.1 Příprava povrchu

Stav lakovaného povrchu před nanesením prášku je rozhodující pro konečnou kvalitu laku. Je potřeba, aby povrch lakovaného dílce byl absolutně čistý a suchý. Přípravou povrchu se zlepšuje přilnavost laku, ale i korozivzdornost materiálu. Mezi přípravné operace patří:

**Mechanické předpřípravy** - slouží k odstranění nečistot jako je třeba rez, olej, okuje, staré nátěrové vrstvy, atd. Nejčastěji používané metody jsou tryskání a broušení.

- **Tryskání** - Princip tryskání spočívá ve foukání vhodného abraziva vysokou rychlostí na opracováváný povrch. Jako abrazivo bývá obvykle používán karbid křemíku, sklo, ocelové broky a mnoho dalších materiálů. Tryskání je vhodné pro odstranění hrubých nečistot, rzi, starých laků apod. Výhodou tryskání je rovněž zdrsnění povrchu, které způsobuje lepší přilnavost barvy. Tato metoda čištění je velmi účinná a zároveň ekologická, a to z důvodu recyklace tryskacího materiálu.
- **Broušení** - Odstraňuje nečistoty úběrem tenké vrstvy upravovaného materiálu. K tomu jsou užívány brusné nástroje různých drsností. Částečně nahrazuje i odmašťovací operace jelikož odstraňuje i slabé vrstvy oxidů. Výhodou je i odstranění nerovností broušeného povrchu.
- **Kartáčování** - Čistí povrch za pomoci především rotačních kartáčů o různých tvrdostech a z různých materiálů. Tato technika často následuje po broušení, jelikož zjemňuje a sjednocuje povrch výrobku.

- **Leštění** - Podobně jako broušení odstraňuje nečistoty úběrem materiálu. Hloubka úběru je však podstatně menší. Provádí se pomocí rotačních leštících kotoučů, většinou z textilních materiálů a pomocí leštících past, které zde slouží jako brusivo. Leštěním se dosahuje velmi hladkého a lesklého povrchu.
- **Omílání** - Při omílání dochází k čištění za pomoci vzájemného otírání většího množství čištěných výrobků a částic abraziva. Jako abrazivo může sloužit písek, kamínky, kovové broky, sklo a mnoho dalších materiálů. Při omílání dojde také k zjemnění povrchu a odstranění ostrých hran. Technika je vhodná pro členité povrchy.

**Chemické/elektrochemické předpřípravy** - slouží k odstranění mastnot, oxidů a dalších chemických nečistot z upravovaného povrchu a ke zlepšení korozivzdornosti.

- **Odmašťování:**
  - **Alkalické odmaštění** - pomocí lázně hydroxidu sodného nebo uhličitanu sodného, křemičitanů a fosforečnanů ve spojení se smáčedly. Uvolněná mastnota se vyplavuje na hladinu lázně, odkud musí být odstraňována. Po odmaštění musí být dílec důkladně omytý horkou demineralizovanou vodou.
  - **Moření** - při moření je povrch dílce namáčen v čistící lázni. Používá se pro odstraňování rzi a oxidů kovů. Nevýhodou moření bývá narušování povrchu v důsledku vztlínání lázně do pórů kovu. Povrch se proto musí po moření důkladně oplachovat.
  - **Odmaštění organickými rozpouštědly** - velmi rozšířený a poměrně jednoduchý způsob odmaštění. Provádí se nejčastěji pomocí technického benzínu nebo halogenovaných uhlovodíků. Čištění těchto odmašťovadel se provádí destilací.
  - **Elektrolytické odmaštění** - Jedná se o elektrolyzu, kdy je dílec zapojen jako katoda. Čištění zajišťuje vodík, který se uvolňuje z elektrolytu. Tento způsob je velice účinný.
  - **Další metody:** ultrazvukové odmašťování, emulzní odmašťování, odmašťování pomocí páry, opalování
- **Fosfátování, chromátování:**

Metoda fosfátování spočívá v máčení materiálů v lázni z roztoku kyseliny fosforečné a jejích solí. Takto lze upravovat ocel, zinek, hliník a jeho slitiny. V případě chromátování se takto elektrochemicky upravují neželezné kovy v lázni dichromanu draselného. Výsledkem první procedury je vrstva nerozpustných nebo obtížně rozpustných fosforečnanů. Výsledkem druhé je pak anorganická amorfnní vrstva složená především z dichromanu draselného. Obě tyto metody jsou využívány hlavně pro zvýšení korozivzdornosti.

#### 4.1.2 Kataforézní lakování

Kataforézní lakování je jedna z nejmodernějších povrchových úprav. Lak se na povrch nanáší v lakovací lázni, do které je výrobek ponořen a je zde zapojen jako katoda. Mezi výrobkem a anodou je stejnosměrné napětí, díky kterému vznikne elektrické pole. To zapříčiní pohyb polykationtů směrem k výrobku, na jehož povrchu vzniká velmi rovnoměrná vrstva hydroxylových iontů. Růst této vrstvy se při určité tloušťce sám zastaví. Tato tloušťka je určena velikostí napětí mezi výrobkem a anodou. Její hodnota bývá 15-45μm. Po vyjmutí



výrobku z lázně je přebytečný lak opláchnut vodou a stéká zpět do lakovací lázně, zatím co výrobek putuje do pece na vypálení, kde lak polymeruje a tvrdne.

Výhodou této úpravy je velmi dobrá ochrana proti korozi a ekologičnost. Lak je vodou rozpustný a neobsahuje téměř žádná organická rozpouštědla. Také platí, že ztráty laku při nanášení jsou minimální.

Nevýhodou je pak malá odstínová variabilita laku, a proto se tato metoda používá především pro základní nátěry v kombinaci s následným práškovým nebo mokřým lakováním. Stále však platí, že povrch musí být před lakováním upraven předpřípravami výše zmíněnými.

#### 4.1.3 Práškovací materiál (barva)

Základ prášku je složen z pigmentu, pryskyřice a tvrdidla. Dále se zde nachází aditiva, která určují vlastnosti daného prášku. Prášek sám o sobě je suchý a sypký, viz Obr. 8. Dle druhu materiálu jednotlivých složek se prášky rozdělují na:

- **Epoxidové (EP)**- interiérové, dobře odolávají korozi a některým chemickým látkám
- **Epoxipolyesterové (PEP)**- interiérové, nejrozšířenější
- **Polyesterové (PES)**- exteriérové, odolné UV záření a povětrnostním vlivům
- **Polyuretanové (PUR)**- exteriérové, odolné povětrnostním vlivům
- **Akrylátové (AC)**- do interiéru i exteriéru, vysoce chemicky odolné

Zajímavostí je rozdíl v používání jednotlivých prášků v různých částech světa. Prášky užívané v Evropě jsou nejčastěji polyesterového typu. V Americe je nejpoužívanější prášek polyuretanový. Dále je třeba poukázat na absenci těkavých látek a těžkých kovů. I tento fakt svědčí o ekologičnosti práškových barev.

K dosažení vhodné konzistence pro stříkání musí být dále prášek smíchán se stlačeným vzduchem.

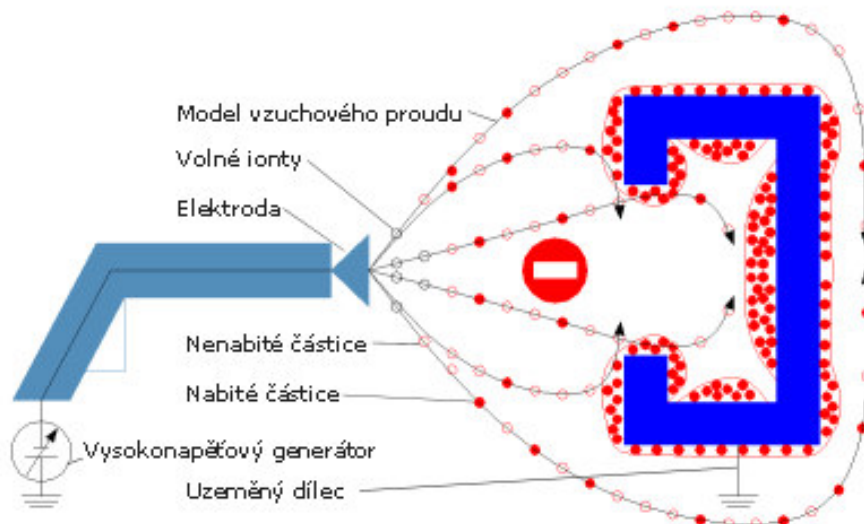
#### 4.1.4 Nanesení prášku

Suchý prášek bez pojiva by se na lakované ploše jen těžko udržel. Proto pro nanesení prášku a jeho následné udržení na povrchu předtím, než je prášek vypálen v peci, je nutné užití speciálního aplikačního zařízení. Toto zařízení prášek nabije, neboli mu dodá elektrostatickou energii. Ve výsledku to znamená, že částice povrchu a prášku jsou opačně nabitě, a proto se navzájem přitahují.

Aplikační zařízení existuje ve dvou základních typech, z nichž každý funguje odlišným způsobem. Jedním je elektrostatické, druhým kinetostatické nabíjení.

- **Elektrostatické nabíjení, tzv. STATIKA (KORONA)**

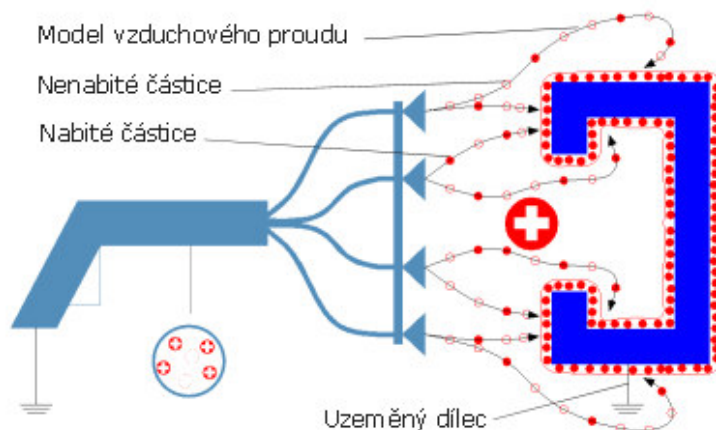
Práškové částice jsou "nabity" pomocí elektrody vysokého napětí, umístěné u ústí aplikační pistole. Tento způsob nabíjení je velmi rychlý a účinný, avšak není vhodný pro dílce s hlubokými záhlubněmi. [9]



Obr. 12 Schéma elektrostatického nabíjení [9]

- **Elektrokinetické nabíjení, tzv. TRIBO**

Práškové částice jsou "nabity" třením v aplikační pistoli a hadicích, vyrobených např. z teflonu. Tento způsob nabíjení není tak efektivní jako "KORONA", ale je vhodnější pro dílce se záhlubněmi. [9]



Obr. 13 Schéma elektrokinetického nabíjení [9]

Dle způsobu obsluhy aplikačního zařízení se nanášení prášku provádí:

- **Automaticky**- dílec projíždí lakovací kabinou, ve které jsou umístěny trysky nanášející barvu. Pohyb dílce je zajištěn pomocí pohyblivého roštu, závěsného dopravníku nebo dalších speciálních přípravků.
- **Ručně**- lak je nanášen klasicky stříkácí pistolí. Tento způsob je vhodnější pro lakování členitých výrobků a malosériovou výrobu.



Obr. 14 Nanášení prášku [13]

#### 4.1.5 Vypálení barvy

Podstatou vytvrzování práškových barev je polymerace pryskyřic, která probíhá v určitém rozmezí teplot po dobu, kterou je třeba k průběhu polymerace v celém objemu vrstvy (tzn. veškerý prášek na předmětu je dokonale polymerizován). Zjednodušeně lze říci, že polymerace se rozbíhá při teplotě cca 150 °C a její průběh se zrychluje se stoupající teplotou. Maximální teplota vytvrzování by neměla přesáhnout hodnotu 200 °C, nad kterou již může docházet ke změnám barevného odstínu, při vyšší teplotě i k rozpadu vrstvy. [19] Rozhodující je i doba vypalování. Ta bývá obvykle 10 minut.

Po vypálení resp. vytvrzení dostane lak svojí finální podobu, to znamená, že je tím proces lakování dokončen.

Vypalování prášků je prováděno v pecích, které můžeme **dle stavby** rozdělit na:

- **Komorové**- mají jeden otvor sloužící pro vstup i výstup výrobku, případně dva pro lepší manipulaci. Za provozu jsou otvory uzavřené, a proto jsou energeticky méně náročné než pece průběžné.
- **Průběžné**- dílec projíždí pecí na nekonečném dopravníku. Tyto pece mají vstupní a výstupní otvor, a tím větší spotřebu energie. Jsou vhodné pro délkově rozměrné výrobky a pásovou výrobu.

Nebo podle způsobu ohřevu na:

- **Horkovzdušné**- zdrojem tepla je horký vzduch, který je ohříván spalováním plynu nebo elektrickým topným tělesem
- **S infračerveným zářením**- energeticky méně náročný způsob, při kterém dochází pouze k ohřevu prášku na lakovaném povrchu. Proto je tato metoda vhodná i na materiály, které méně odolávají vysokým teplotám.
- **S UV zářením**- tyto pece využívají zároveň infračervené záření, kterým se prášek staví. UV záření dále pomůže k vytvrzení prášku během velmi krátké doby. Výhodou je úspora času a možnost nanášet barvu i na teple málo odolné materiály. Nevýhodou je nutnost použití speciálních prášků.

#### 4.1.6 Souhrn výhod a nevýhod technologie

**Výhody:** Nižší náklady na barvu proti mokřým barvám (nižší cena a spotřeba)  
Vysoká estetická úroveň  
Dobré mechanické vlastnosti- za předpokladu použití základní barvy  
Dobrá ochrana proti korozi- za předpokladu použití základní barvy

Malé množství odpadu  
Krátký cyklus lakování  
Není potřeba prostoru pro schnutí barvy  
Skladovatelnost bez omezení  
Relativně ekologické- nízké VOC

**Nevýhody:** Přiměřená návratnost jen při minimálně dvousměnném provozu  
Vysoké vstupní investice  
Vysoké nároky na přípravu – otryskaný a odmaštěný povrch, sražené hrany  
Bez základního práškování špatná ochrana před korozi  
Nevhodné pro silné materiály- 5mm a více (energeticky náročné)  
Vysoké nároky na čistotu při změně odstínu barvy  
Problematické pro členité díly

Další nevýhodou práškového lakování je nemožnost dodatečné opravy při poškození laku stejnou technologií. Vzhledem k charakteristice výroby firmy SMS CZ s.r.o. (malá sériovost, variabilita výrobků) vyvstává potřeba zasahovat do již nalakovaných částí výrobku a toto poškození dodatečně retušovat. Tyto opravy by proto musely být opravovány barvami mokřými.

## 4.2 Lakování tekutými barvami (mokré lakování)

Mokré lakování je starou metodou povrchového upravování, ale i přes silný rozvoj práškových barev stále hojně využívanou. Tato metoda si klade vysoké nároky na kvalitu lakovaného povrchu. Při dobře odvedené práci a vhodně zvolených postupech a podmínkách však lze touto metodou dosáhnout laků nejvyšších jakostí. Důkazem může být využívanost mokrého lakování v automobilovém průmyslu.



Obr. 15 Mokré barvy [11]

### 4.2.1 Příprava povrchu

Předpříprava při lakování tekutými barvami je důležitou součástí lakovacího procesu podobně jako u barev práškových a kvalita přípravy povrchu má zásadní vliv na veškeré důležité vlastnosti konečného laku. Pro přípravu povrchu používáme stejných metod čištění a odmašťování jako při komaxitování, zmíněných již dříve. Důkladnost předpřípravy je dána požadovanou kvalitou laku. Obecně však platí, že při použití kvalitních základových barev nemusí být předpříprava tak precizní, jako u práškového lakování. V případě firmy SMS CZ je dostačující povrch odmaštěný, bez koroze a okují.

#### 4.2.2 Způsoby nanášení barvy

Po vyčištění a odmaštění povrchu následuje proces samotného lakování, tedy nanášení barvy. Mezi nejpoužívanější a kvalitativně nejspokojivější metody nánosu patří:

- **Nanášení vzduchové**

Aplikace barvy na dílec je prováděna rozstříkem pomocí stříkací pistole a proudícího vzduchu. K tomu je obvykle používán kompresor. Obecně platí, že čím vyšší je rychlost proudícího vzduchu, tím je nástřík kvalitnější. S rostoucím objemem vzduchu se ovšem zvyšuje i rozstřík barvy, která se rozšiřuje do okolí a způsobuje tím ztráty. Proto je důležité nalézt optimální objem proháněného vzduchu pro minimalizaci poměru ztráty a kvality. Rovněž jsou vyvinuty moderní technologie nástříku, které se snaží o maximální využití barvy.

- **LP nízkotlaké stříkání** - spočívá v rozstříku barvy pomocí velkého množství vzduchu o malém tlaku (cca 0,7bar). Výhodou je nízký přestřík a s tím související až třetinová úspora barvy a snížení emisí. Nižší tlak však znamená i nižší rychlost vzduchu a tím pádem i nižší kvalita laku.
- **MP středotlaké stříkání** - probíhá za tlaku 0,7-1,5 baru, což umožňuje menší spotřebu materiálu při vyšší rychlosti nanášení. Lak je kvalitnější než při LP stříkání.
- **HP vysokotlaké stříkání** - Nejčastěji využívaný systém. Pracovní tlak je 3,5-4 bary. Není úsporný jako první dva systémy, zaručuje však nejjakostnější povrch díky maximálnímu rozprašení barvy.



Obr. 16 Kompresor [14] a stříkací pistole pro mokré barvy [15]

- **Nanášení bezvzduchové**

Při této metodě je kapalina rozstříkována průchodem úzkou tryskou za vysoké rychlosti a tlaku. Metoda je levná a vyznačuje se svou jednoduchostí. Zjednodušeně se dá tato metoda přirovnat ke klasickému spreji.

- **Elektrostatické**

Funguje na podobném principu jako elektrostatické nabíjení práškových barev. V tomto případě však slouží pouze k zefektivnění lakování, jelikož barva je schopná na povrch ulpět i bez náboje. Metoda vede ke snížení spotřeby barvy a odpadů, dále k úspoře času a lepší kvalitě laku. Barva se dostává i do špatně přístupných míst.

#### 4.2.3 Dokončení

Po nanesení se barva nechá v drtivé většině případů jednoduše zaschnout, což proces lakování prodlužuje. V současné době již ale existují mokré barvy, které lze nechat zaschnout a vytvrdit v peci, podobně jako u práškového lakování. Toto urychlení ale zároveň znamená výrazné prodražení celého lakovacího procesu z důvodu vyšší spotřeby energie.

Dle počtu nanášených vrstev dělíme systémy lakování na:

- **Jednovrstvé** - povrch je lakován pouze jednou vrstvou barvy
- **Dvouvrstvé** - povrch je lakován základním a vrchním nátěrem
- **Třívrstvé** - povrch je lakován základním, podkladovým a vrchním nátěrem

#### 4.2.4 Lakovací materiál

Mokré barvy se skládají z:

- **Pigmentu** - určuje samotnou barvu a schopnost krytí nátěru
- **Pojiva** - pojí pigment, tvoří film nátěru a udává jeho mechanické vlastnosti
- **Rozpouštědla** - tvoří 40 až 60% barvy. Při zasychání se rozpouštědla vypařují do ovzduší. Jejich významem je utvoření vhodné konzistence, se kterou je možné barvu nanášet. Ve většině případů jsou jako rozpouštědlo používány látky syntetického charakteru. V současnosti je však kladen důraz na užívání vodou ředitelných barev, tedy barev kde je rozpouštědlem voda. Důvodem je důraz na ekologičnost barev.
- **Aditiva** - slouží ke zlepšení vlastností laku (tvrdost, otěruvzdornost, lesk, atd.)

#### 4.2.5 Souhrn výhod a nevýhod technologie

##### Syntetické akrylátové barvy

**Výhody:** Dobré mechanické vlastnosti  
Odolnost proti UV záření (barevně stálé) a povětrnostem  
Nízké vstupní investice  
Dobré estetické vlastnosti- kryvost, lesk  
Nižší provozní náklady  
Neomezená velikost lakovaného výrobku

**Nevýhody:** Dlouhá doba schnutí  
Potřeba prostoru pro schnutí  
Nutná dobrá ventilace lakovny a filtrace vzduchu  
Administrativa  
Vyšší spotřeba než u práškových barev  
Vyšší cena barvy  
Méně ekologické

##### Vodou ředitelné akrylátové barvy

**Výhody:** Nízké vstupní investice  
Ředitelnost vodou  
Relativně ekologické  
Méně problematické z hlediska současné legislativy pro ochranu ŽP  
Neomezená velikost lakovaného výrobku

**Nevýhody:** Dlouhá doba schnutí  
Pro dobré zaschnutí je nutná minimální teplota a nízká vlhkost vzduchu  
Potřeba prostoru pro schnutí  
Nutná dobrá ventilace lakovny a filtrace vzduchu  
Množství odpadu  
Vyšší spotřeba než u práškových barev  
Vyšší cena barvy  
Tvorba pěny a zadržování vzduchových bublin v povrchovém filmu



## 5 Rozhodovací analýza

V následující kapitole bude nejprve nastíněn obecný postup rozhodovací analýzy a metody, které pomáhají rozhodovateli k úspěšnému rozhodnutí. Poté budou blíže specifikované varianty vhodných technologií a bude proveden proces volby té nevhodnější.

### 5.1 Postup a metody rozhodovací analýzy

Rozhodovací analýza je obecný model rozhodování, který bývá rozdělen do 8 kroků:

#### 1. Identifikace a vymezení problému

Cílem prvního kroku je rozpoznání nastalé problémové situace. Tedy stavu, kdy je nutné vyřešit nějaký problém, zjistit možné riziko, učinit volbu. K objevení problému dochází nejčastěji při hledání možných zlepšení, hledání odchylek od žádoucího stavu, vnímání hrozeb z okolí nebo při určování nových cílů. Tento problém je dále nutné jasně formulovat a rozložit do dílčích částí, tedy do dílčích problémů nebo úloh. Po dekompozici problému je stanoven postup řešení dílčích částí dle jejich priorit. Při určování priority problému je třeba brát ohledy především na jeho závažnost, naléhavost a jeho možný budoucí dopad.

#### 2. Analýza faktorů rozhodování

Po úvodním určení problému je třeba odhalit jeho příčiny, protože pouze jejich odstraněním je možné problém zcela vyřešit. K tomu bývá obvykle užíváno metod kauzální analýzy, GAP analýzy, Paretovy analýzy, atd. Pro složité rozhodovací problémy jsou užívány metody analýzy struktury rozhodovacích problémů. Mezi ně patří např. kognitivní mapy a influenční diagramy.

Dalším krokem je určení kritérií, podle nichž jsou jednotlivé varianty hodnoceny. Požadované vlastnosti při stanovení kritérií jako celku jsou úplnost, operacionalita, neredundance, minimální rozsah a nezávislost. To znamená, že musí zahrnovat veškerý možný vliv variant, pozitivní i negativní. Musí být jednoznačná a zcela srozumitelná, nesmí se vzájemně překrývat a nahrazovat. Jejich počet by měl být co nejmenší a navzájem nezávislý.

#### 3. Soustředění potřebných údajů

Ke správné volbě optimální varianty je třeba mít dostatek informací o rozhodovaném problému. Údaje mohou být:

formální	<input checked="" type="checkbox"/> neformální
měřitelné	<input checked="" type="checkbox"/> neměřitelné
úplné	<input checked="" type="checkbox"/> neúplné
deterministické	<input checked="" type="checkbox"/> stochastické
objektivní	<input checked="" type="checkbox"/> subjektivní
absolutní	<input checked="" type="checkbox"/> relativní

#### 4. Tvorba variant řešení

Pokud varianty řešení nejsou předem dané, známé a pozměnitelné, je třeba vymyslet varianty nové. Toho lze docílit buď intuitivními, nebo systematicko-analytickými metodami.

Při **intuitivní** tvorbě je využíváno vzájemných myšlenkových asociací tvůrců, vytváření analogií a porovnávání. Zástupcem jsou metody brainstormingu, brainwritingu, Gordonovy metody, metody „635“, atd. Výběr metody záleží obvykle na počtu rozhodovatelů, jejich znalostech, množství času, apod.

**Systematicko-analytické** metody jsou metody, u kterých převažují systematické shromažďování, třídění a členění všech prvků relevantních pro daný problém a jejich následné systematické kombinace a variace. [1]

Mezi tyto metody patří rozhodovací stromy, morfologická analýza, metoda PVN, atd.

### 5. Zjištění důsledků navržených variant

Důsledky variant mohou být známé už při jejich vytváření. Pokud ne, je pro jejich určení využíváno systémů na podporu rozhodování nebo metod expertních výpovědí, jako je třeba anketa, Delfská metoda, diskuze, atd. Znalost důsledků je nezbytnou podmínkou pro správné hodnocení variant.

### 6. Hodnocení navržených variant

Při samotném rozhodování je vhodné v počátku vyloučit varianty, které jsou nepřijatelné a ze zbylých přípustných variant poté vybrat ty nejnadhodnější.

Při hodnocení variant dle vybraných kritérií se ovšem málokdy stane, aby jedna varianta byla nejlepší ve všech směrech, každá vyniká v něčem jiném. Pro usnadnění výběru existují různé metody vícekritériálního hodnocení:

#### • Redukce počtu kritérií

Pro usnadnění rozhodování jsou ze souboru kritérií vyloučena ta nepodstatná a při výběru se hledí pouze na ta nejdůležitější. Pokud je redukce prováděna do takové míry, že zůstane pouze 1-2 kritéria, bývá pro volbu používáno heuristických postupů. Tyto postupy jsou jednoduché a rychlé. Hodnotitel při ní vybírá variantu, která je mu známa (strategie známosti), případně vybírá variantu dle jednoho náhodně vybraného kritéria (minimalistická strategie) nebo dle kritéria, které již dříve úspěšně použil (strategie založená na důvěře v minulá rozhodnutí). Pokud nejdůležitější kritérium neurčí jedinou variantu, může být použito druhé nejdůležitější (lexikografická strategie)

#### • Převod na stejnou měrnou jednotku

V tomto postupu jsou kritéria převedena na jednu společnou měrnou jednotku, čímž je možné je sloučit do jediného kritéria (obvykle peněžního). K tomuto převodu je nutné stanovit převodní můstky, tedy způsoby převodu na společnou jednotku, což může být někdy obtížné.

#### • Převod na bezrozměrné vyjádření

Podobně, jako byla míra důležitosti kritérií hodnocena jeho váhou, mohou být hodnocené varianty porovnávány dle užitnosti. Tohoto způsobu využívají **jednoduché metody stanovení hodnoty variant**, mezi které patří metoda váženého pořadí, metoda založená na přímém stanovení dílčích hodnot, metoda dílčích funkcí užitku nebo metoda bazické varianty, viz Obr. 17. Vhodnost užití té, které varianty je znázorněna na Obr. 18.

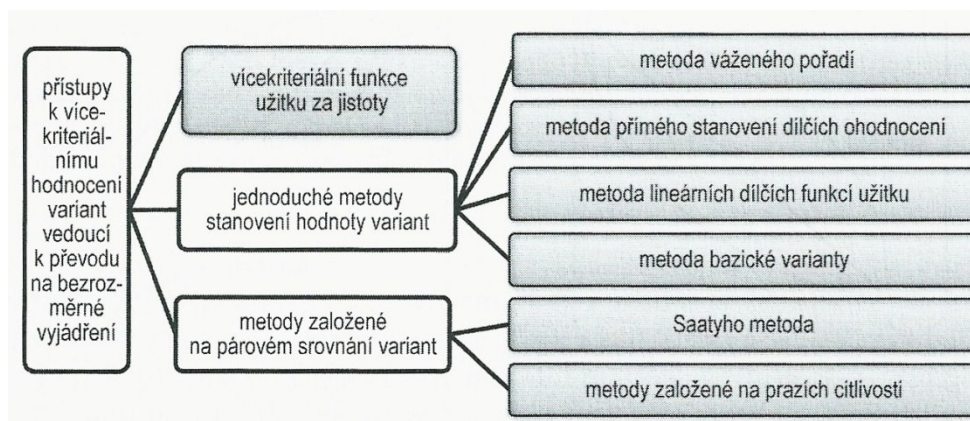
Tato skupina metod stanovuje celkové ohodnocení variant jako vážený součet dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím, tj. ve tvaru:

$$H^j = \sum_{i=1}^n v_i \cdot h_i^j \text{ pro } j=1, 2, \dots, m,$$

Kde:  $H^j$  - celkové ohodnocení (hodnota) j-té varianty,  $v_i$  - váha i-tého kritéria,  $h_i^j$  - dílčí ohodnocení j-té varianty vzhledem k i-tému kritériu, n - počet kritérií hodnocení, m - počet variant.[1]

Druhou možností jsou metody **párového srovnání variant**, tedy Saatyho metoda nebo metoda založená na prázích citlivosti.





Obr. 17 Metody vícekriteriálního hodnocení [1]

Metoda	Vhodnost	Omezení (nevýhoda)
váženého pořadí	pro kvalitativní kritéria	neodráží rozdíly mezi hodnotami u kvantitativních kritérií
přímého stanovení dílčích ohodnocení	pro kvantitativní i kvalitativní kritéria	vyšší subjektivita a náročnost na hodnotitele
lineárních dílčích funkcí užítka	pro kvantitativní i kvalitativní kritéria	předpokládá linearitu dílčích funkcí užítka
bazické varianty	pro kvantitativní kritéria	předpokládá linearitu pro výnosová kritéria a nelineární průběh pro nákladová kritéria

Obr. 18 Přehled jednoduchých metod stanovení hodnoty variantu jejich využití [1]

○ **Metoda váženého pořadí**

Při hodnocení variant metodou váženého pořadí je nutné vždy určit pořadí variant vzhledem k danému kritériu. Hodnocení se totiž řídí vzorcem:

$$h_i^j = m + 1 - p_i^j,$$

kde m= počet variant, a p= pořadí j-té varianty vůči i-tému kritériu.

Takové hodnocení není příliš přesné, protože nevystihuje míru rozdílu jednotlivých variant vůči kritériu.

○ **Metoda založená na přímém stanovení dílčích hodnot**

Jak už je z názvu zřejmé, dílčí hodnocení variant vykonává přímo hodnotitel přiřazením bodů (nejčastěji 1-10, 10= nejlepší) na základě zjištěných údajů, zkušenostem, intuice, apod. Výhodou metody je její jednoduchost a citlivost, nevýhodou jsou pak vysoké nároky na hodnotitele.

○ **Metoda lineárních dílčích funkcí užítka**

Tento způsob je z části podobný předchozímu, neboť z hlediska kvalitativních kritérií jsou varianty hodnocené stejně. Odlišnost pak nastává u kritérií kvantitativních. Metoda zde počítá s faktem, že se stoupající hodnotou kritéria stoupá lineárně i hodnocení. Nejhorší hodnotě kritéria je přiřazena hodnota 0, nejlepší 100 (pokud je zvolena stupnice 0-100). Pokud tato data zakreslíme jako funkci do souřadného systému, získáme dva body, na jejichž spojnici nalezneme i užitek pro další hodnoty kritéria.

○ **Metoda bazické varianty**

Metoda bazické varianty určuje dílčí ohodnocení porovnáním hodnot variant s hodnotami bazické varianty. Bazickou variantou je zde myšlena varianta

s nejlepšími hodnotami kritérií nebo s hodnotami požadovanými. Je možné si ji představit jako etalon. Tato metoda je užívána především pro hodnocení variant vzhledem ke kvantitativním kritériím. Dílčí hodnocení je pak počítáno ke kritériím výnosového typu jako  $h_i^j = x_i^j/x_i^b$  a ke kritériím nákladového typu jako  $h_i^j = x_i^b/x_i^j$ , kde  $x_i^b$  je hodnota důsledku bazické varianty vzhledem k i-tému kritériu a  $x_i^j$  je hodnota důsledku porovnávané varianty vzhledem k i-tému kritériu.

○ **Saatyho metoda**

Tento způsob hodnocení variant je velmi podobný Saatyho metodě určování vah kritérií, s tím rozdílem, že zde jsou porovnávány varianty. Hodnoty dílčích hodnocení se získají tak, že je pro každé kritérium vytvořena matice pro párové porovnání variant a jednotlivé varianty se navzájem porovnají dle bodové stupnice. To vše se provádí totožným způsobem jako při určování vah kritérií. Hodnocení celé varianty se poté zjistí stejným výpočtem jako u jednoduchých metod stanovení hodnocení variant.

○ **Metoda založená na prázích citlivosti**

Tato metoda se provádí stejným způsobem jako Saatyho metoda s tím rozdílem, že při vyjadřování vzájemných preferencí mezi variantami vzhledem ke kritériu se určuje pouze to, jaká varianta má lepší hodnoty. Není zde tedy vyjadřován rozdíl hodnot variant (podobně jako u párového srovnávání kritérií při určování jejich vah)

• **Kompenzační metoda**

Princip metody spočívá v náhradě špatných hodnot jednoho kritéria lepšími hodnotami z kritéria druhého. Při této metodě není potřeba provádět stanovení vah.

Kompenzaci lze provádět principem dominance, a tím eliminovat varianty. Pokud jedna varianta je z hlediska minimálně jednoho kritéria lepší, a zároveň v žádném horší, je považována za variantu dominantní (lepší) a druhou variantu můžeme vyloučit. Pokud je jedna varianta lepší ve výrazně větším množství kritérií a druhá je lepší v menším množství, je první považována za prakticky dominantní a druhou je opět možno vyloučit.

Druhým způsobem je ekvivalentní výměna, čímž jsou eliminována kritéria. Výměna probíhá v rámci hodnocení jedné varianty. Špatné hodnocení jednoho kritéria lze zlepšit na úkor kritéria jiného. Pokud je hodnocení upraveno tak, že je hodnocení variant z hlediska jednoho kritéria stejné, je možné toto kritérium vyloučit.

**7. Volba nejvhodnější varianty**

Po zhodnocení variant a určení jejich užitnosti a rizikovosti je třeba určit efektivitu dle následujících vztahů:

$$E=U-R$$

$$E=U/R$$

$$E=R/U*100$$

$$E=U*(1-R)$$

Kde E= efektivita, U= užitnost, R= rizikovost

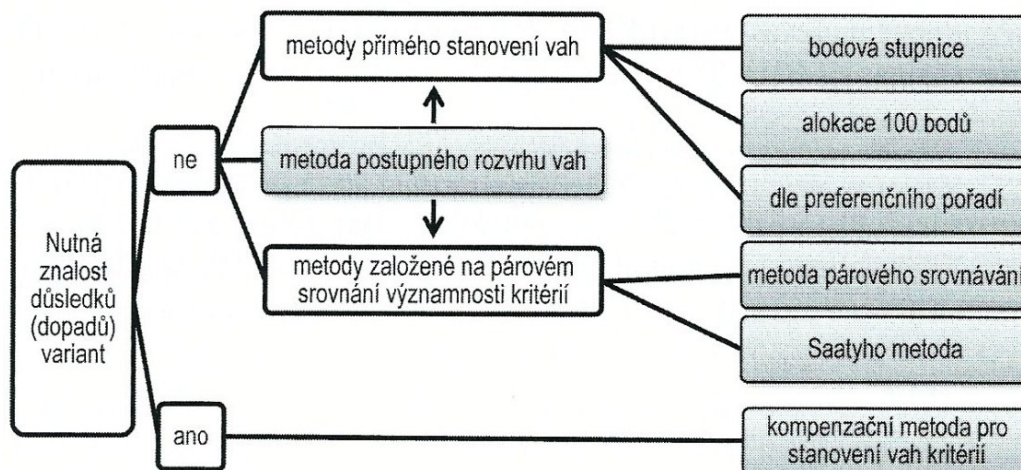
Jako nejvhodnější varianta bývá zvolena ta, která dosahuje v daných vztazích nejlepších výsledků.

**8. Konečná formulace rozhodnutí**

Rozhodnutí musí být vhodně interpretováno tak, aby nedošlo ke znehodnocení celého předešlého procesu. Výsledek analýzy musí být jednoznačný, srozumitelný a realizovatelný.

## 5.2 Metody stanovení vah kritérií

Při většině rozhodovacích metod je nutné znát váhu kritéria. Váhou se rozumí číselné vyjádření jeho důležitosti. Váhy bývají obvykle normovány, to znamená převedeny na takové hodnoty, jejichž celkový součet je roven 1. Existují 4 základní postupy udělování vah: metoda přímého stanovení váhy, metoda postupného rozvrhu vah, metody založené na párovém srovnání významnosti kritérií a kompenzační metoda, viz Obr. 18.



Obr. 19 Přehled metod pro stanovení vah kritérií [1]

- Bodová stupnice**  
 Při této metodě hodnotitel přiřazuje kritériím body dle významnosti. Rozsah stupnice ji hodnotitel volí sám. Počet bodů se poté normuje.
- Alokace 100 bodů**  
 Princip je stejný jako u bodové stupnice s tím rozdílem, že hodnotitel má k dispozici 100 bodů, které poté přiděluje kritériím.
- Dle preferenčního pořadí**  
 Zde se váha přiděluje ve třech krocích. V prvním je třeba, aby hodnotitel uspořádal kritéria do pořadí dle svých preferencí. Poslednímu, nejméně významnému, je poté přiřazena nejnižší váha 1. Dalším kritériím je poté přiřazena hodnota tolikrát větší, kolikrát je kritérium významnější než poslední. V posledním kroku jsou váhy opět znormovány.
- Metoda párového srovnávání**  
 Při tomto způsobu je zjišťován počet preferencí konkrétního kritéria ke všem ostatním. Kritéria je nutné zapsat do tabulky tak, jak je patrné z Obr. 19. Dále jsou vzájemně srovnávána kritéria. Pokud je kritérium v řádku důležitější než v sloupci, píše se 1, pokud naopak, píše se 0. Po vyplnění celé horní poloviny tabulky nad diagonálou jsou preference sečteny a následně znormovány.

	K1	K2	K3	K4	Preference
K1		0	0	1	1
K2			1	1	2
K3				0	0
K4					

Obr. 20 Tabulka preferencí [1]

- **Saatyho metoda**  
Tato metoda je prováděna stejným principem jako metoda párového srovnání. Její výhodou je však možnost vyjádření míry preference mezi kritérii. Podrobněji bude tato metoda popsána v kapitole 5.4.
- **Metoda postupného rozvrhu vah**  
Je určena pro případy většího množství kritérií a skládá se ze tří kroků. V prvním jsou kritéria rozříděna do skupin dle jejich druhu (nákladová, kvalitativní, atd.). Těmto skupinám jsou přiděleny dle již zmíněných metod váhy, které je nutno znormovat. Dále jsou opět jedním ze zmíněných způsobů přiděleny váhy jednotlivým kritériím uvnitř skupin. Tyto váhy musí být rovněž normovány. V posledním kroku se vynásobí váhy kritéria a váha skupiny, do které je kritérium zařazeno.
- **Kompenzační metoda**  
Tato metoda je používána v případech, kdy jsou varianty z hlediska důležitých kritérií hodnocena přibližně stejně. Toto kritérium pak nemá pro hodnotitele žádnou výpovědní hodnotu, ačkoliv je považováno za důležité. Toto vážení se provádí v následujících krocích:  
Hodnotitel si vytvoří dvě „imaginární“ varianty. Jedna z nich bude mít jednotlivých hledisek nejlepší hodnoty ze všech variant reálných. Druhá varianta bude mít naopak hodnoty nejhorší. Poté určí rozdíl těchto hodnot. Kritériu, kterému náleží největší rozdíl, tedy tomu, u kterého je změna nejpodstatnější a největší, je pak přiřazena nejvyšší váha (nejvíce bodů). Podobně se ohodnotí o ostatní rozdíly, resp. kritéria. Výsledné váhy je nutné na konci znormovat.

### 5.3 Bližší specifikace porovnávaných variant

#### Mokrá technologie

Při rozhodování o výběru technologie lakování bylo do značné míry přihlédnuto k doporučením firmy ColorWest s.r.o., která se zabývá výrobou a dodávkou průmyslových barev a je zároveň dodavatelem i firmy SMS CZ s.r.o., ale i řady dalších firem s více, či méně podobným charakterem výroby. S přihlédnutím ke všem dříve uvedeným aspektům byla pro potřeby firmy SMSCZ s.r.o. doporučena technologie mokrého lakování, a to buď akrylátovými syntetickými barvami, které již firma užívá nebo moderními vodou ředitelnými barvami, které jsou zajímavé především z ekologických důvodů. V takovém případě by firmě vyhovoval způsob středotlakého vzduchového nanášení a dvouvrstvého systému laku. Schnutí syntetické akrylátové barvy by běžně probíhalo za klimatických podmínek odpovídajících výrobní hale, kde je i v zimních měsících teplota dostatečná. Pro vodou ředitelné barvy by zde v zimních měsících vyvstala nutnost přitápění pro zajištění kvalitního a dostatečně rychlého proschnutí.

#### Prášková technologie

Pro úplnost informací při rozhodování o výběru takto významné investice byla vypracována i nabídka pro technologii práškových barev. Důvodem jsou známé výhody této technologie, ale i hojně využívání nejen u konkurenčních firem. V případě volby suchého lakování by byl pravděpodobně nejvhodnějším způsobem nanášení metoda Korona, protože lakované konstrukce mají jen výjimečně špatně dostupná místa. Barva by byla nejspíše nanášena ručně z důvodu malé sériovosti výrobků a vypalování by probíhalo v průběžné, horkovzdušné peci z důvodu velkých rozměrů dílů. Nejvhodnější nátěrovou hmotou by byl polyesterový prášek (PES) hojně používaný v exteriéru, dobře odolávající povětrnostem a UV záření. Prášek je vhodný pro vytváření tvrdých, ohebných povlaků s velmi dobrými vlastnostmi povrchu.

Pro dobrou odolnost proti korozi by měl být povrch upraven fosfátem zinečnatým nebo železnatým. Pro lepší korozivzdornost by se nabízelo kataforézní lakování. Ze zkušenosti z konkurenčních podniků je však známo, že dobře provedená předpříprava je dostačující. Zavedení kataforézy do lakovacího postupu by navíc znatelně zvýšilo náklady jak vstupní, tak provozní.

## 5.4 Stanovení základních hodnotících kritérií a jejich popis

Pro zhodnocení jednotlivých variant bylo s přihlédnutím ke všem v předchozím uvedeným skutečnostem zvoleno 6 základních kritérií pro určení užitnosti, především kvalitativních a nákladových. K tomu byla zvolena dvě kritéria pro určení rizikovosti.

### 5.4.1 Kritéria užitnosti

#### K1 Vstupní investice

- Odhadovaná cena vstupní investice pro práškovou lakovnu 12 436 000,-Kč
- Odhadovaná cena vstupní investice pro mokrou lakovnu 5 063 000,- Kč

Tyto ceny byly zjištěny na základě poptávky firmy SMS CZ u dodavatelů zařízení lakoven. Je třeba doplnit, že pro jednotlivé technologie bylo poptáno více potencionálních dodavatelů (i zahraničních technologií-italských a španělských). Základními zadávacími požadavky byla velikost lakovacího boxu s ohledem na maximální velikost lakovaných dílů a lakovací kapacitu. Dále plnění všech souvisejících platných norem. A to zejména v oblasti bezpečnosti práce a ochrany životního prostředí. Jejich cenové nabídky se lišily výrazně, mimo jiné i v závislosti na technické úrovni nabízené technologie (řešení rekuperace tepla, výkonové rezervy výměny vzduchu, řídicí procesy atd.). Zvolená technologie od tuzemského dodavatele prezentuje dobrý technický standart za vyšší, nežli průměrnou cenu.

#### K2 Provozní náklady

Obecně platí, že náklady na provoz mokrých lakoven jsou vyšší než u lakoven práškových. Toto hodnocení platí u technologií pro lakování malých dílů z tenkých materiálů. Současně platí, že převážná většina provozů práškových lakoven nabízí svoji práci jako službu, k tomu jsou provozně připravené a dokážou pracovat v dvousměnném provozu a díky tomu minimalizují režijní náklady.

V případě firmy SMS CZ je však nutno přihlédnout k charakteristice lakovaných dílců, které dosahují značných rozměrů a bývají vyrobeny ze silnostěnných profilů. Tato skutečnost by se rozhodující měrou promítla do provozních nákladů. Především by bylo třeba počítat s velkým množstvím energie pro dostatečné prohřátí lakovaného profilu, a tedy správnému slnutí a přilnutí prášku k povrchu. Zároveň chce firma lakovnu výhradně pro své potřeby. Možnost snížení nákladů poskytováním lakovacích služeb pro jiné subjekty tedy zaniká.

Podklady získané pro kalkulaci provozních nákladů od dodavatelů technologií jsou poměrně odlišné a je obtížné z nich získat věrohodné informace. Pro zhodnocení mokré technologie se proto převážně vycházelo z vlastních podkladů, které byly korigovány o vyčíslení nákladů na výměnu uhlíkových filtrů a rekuperaci tepla. Takto byly vykalkulovány průměrné provozní náklady na nalakování 1m<sup>2</sup> v úrovni 270,- Kč.

Pro představu o reálných provozních nákladech na suché lakování bylo využito průměrné ceny lakování 1m<sup>2</sup> dle nabídek lakoven, které se zabývají lakováním rozměrných dílů. Tato cena byla snížena o předpokládanou míru zisku 10% a činí 380,-Kč/m<sup>2</sup>.

Při posouzení nákladovosti u barev ředitelných vodou se vycházelo z předpokladu, že rozdíl mezi syntetickými nebo vodou ředitelnými barvami není příliš výrazný. Při použití vodou ředitelných barev se nabízí úspora na ředidlech, nicméně nutnost výkonnější ventilace a častější výměny filtrů tuto úsporu umazává.

### **K3 Technologická náročnost**

Úkolem kritéria technologická náročnost je vyjádřit nároky na pracnost a preciznost práce dělníků pro dosažení očekávaných výsledků. Současně je také třeba zvážit míru rizika nekvalitního laku v případě jakéhokoli zanedbání v technologickém postupu-tzv. lidský faktor.

Jak už bylo popsáno, technologie práškového lakování je velmi náročná na přípravu lakovaného povrchu. Dílec musí být lakováním perfektně očištěn (nejlépe tryskáním), odmaštěn a musí mít sražené hrany. Pokud nejsou tyto podmínky dodrženy, může dojít k plošnému uvolnění laku od podkladu a v důsledku toho k jeho odloupení. Oprava takového místa je vždy viditelná. V horším případě může začít kov skrytě korodovat přímo pod lakem. Naopak významnou výhodou je fakt, že po vypálení barvy zde odpadáva proces schnutí, který může mít u mokrych barev výrazný vliv na výsledek.

Mokrý laky, za předpokladu dvouvrstvého systému, kladou podstatně menší nároky na dokonalost přípravy podkladu pro dosažení dostatečného přilnutí laku. Podmínkou je ale použití kvalitní základové barvy na dobře odmaštěný povrch očištěný od rzi a okují. Oproti přípravě pod práškovou barvu není nutné dokonalé otryskání na čistý kov. Problém může nastat ve fázi schnutí. Pokud není dodržena minimální teplota a vlhkost prostředí, dochází ke špatnému zasychání, špatnému průběhu reakcí v laku, a tím ke snižování jakosti povrchové úpravy. Tento problém se týká především lakování vodou ředitelnými barvami. Při prašnosti prostředí mohou rovněž ulpívat nečistoty na povrchu. Oprava laku se provádí dostatečně kvalitně stejným odstínem barvy s použitím spreje. Během schnutí je rovněž velmi omezená možnost manipulace s výrobkem. Kvalita mokrého laku, především drsnost a jednolitost jeho povrchu, je také velkou mírou ovlivněna zručností samotného lakýrníka.

### **K4 Přilnavost**

Přilnavost je důležitým kvalitativním parametrem povrchové úpravy. Vyjadřuje schopnost barvy neoloupat se z povrchu, ať už působením okolí nebo samovolně časem. Při důsledném dodržení správných technologických postupů při lakování mají prášky i mokré barvy velmi dobrou přilnavost. U suché technologie je třeba zvažovat vyšší riziko nedostatečného zvládnutí technologie a z toho plynoucí důsledky. Při dobrém provedení je však přilnavost při suchém lakování znatelně lepší.

Vlastní zkušenost firmy s přilnavostí laku je taková, že u syntetických barev, které se používaly do r. 2009, nedocházelo k výrazným defektům laků v důsledku nedostatečné přilnavosti a přilnavost byla uspokojivá i u strojů starých více než 15 roků.

### **K5 Vzhled laku**

I u zemědělských strojů platí, že jednou z vlastností, které výrobek prodávají, je vzhled. A to nejen při nákupu, kdy je stroj nový, ale i po letech využívání a těžké práce na polích. Je tedy žádoucí, aby nový lak působil esteticky a svůj nový vzhled si udržel co nejdéle. To je však vzhledem k venkovnímu využití strojů dosti problematické, neboť má lak působením deště, ale především slunečního záření, tendenci zmatnět a vyšisovat. Nové laky po nástřiku vypadají víceméně všechny dobře, proto úkolem tohoto kritéria bude posoudit především schopnost laku udržet svůj odstín a lesk. Schopnost nezmatnět a neztrácet odstín vlivem ultrafialového záření je u jednotlivých druhů laků známa z praxe.

Obecně platí, že dobře provedený práškový lak vypadá lépe, vytváří lepší povrch a ve venkovních podmínkách je barevně stálější. Užití práškového laku je i do jisté míry marketingovým prvkem.

### **K6 Mechanická odolnost**

Mechanická odolnost vyjadřuje schopnost nepraskání při ohybu lakové vrstvy, schopnost udržet svoji celistvost při nárazu tvrdým předmětem, dále tvrdost laku a s tím spojenou odolnost proti poškrábání a otírání.



Specifikem strojů pro zpracování pudy je silná expozice některých částí stroje (radliček, disků, válců, atd.) abrazivnímu účinku pudy. V těchto místech se předpokládá rychlé zbroušení laku při pracovním nasazení a trvanlivost laku na těchto součástech se neřeší.

## 5.4.2 Kritéria rizikovosti

### K1 Poruchovost zařízení

Poruchovost zařízení vyjadřuje náchylnost lakovacího vybavení k poruchám a prostojům. Tato vlastnost úzce souvisí se složitostí lakovacího zařízení, které je zejména u práškové technologie výrazně složitější. A to díky samotnému lakovacímu zařízení (pistole), ale i přítomnosti pece. Mimo to je lakovna vybavena ventilačním, případně rekuperačním zařízením, které rovněž zvyšuje riziko poruchy. Toto zařízení se však nachází i u technologie mokrého lakování.

Vytíženost lakovny není během roku stálá a nejvíce lakovacích prací je prováděno v jarních a letních měsících, kdy podnik přijímá nejvíce objednávek. Výpadek lakovny způsobený poruchou zařízení by proto mohl způsobit zpoždění dodávky výrobku.

### K2 Zdražení energií

Ačkoliv to může být překvapivé, lakování je energeticky náročný proces, a to především kvůli nutnosti výměny vzduchu v lakovací kabině. U práškového lakování je nejvýraznějším spotřebitelem energie pec, která je nutná pro vypálení prášku. V druhé řadě je to také spotřeba energie potřebná pro nabití prášku při lakování. Co se mokrého lakování týká, největší energetickou položkou bude pravděpodobně nutnost udržování minimální teploty pro dobré proschnutí laku.

## 5.5 Určení váhy kritérií

Pro určení vah jednotlivých kritérií bude použita Saatyho metoda. Tato metoda je jednou z metod párového srovnávání, jejichž znakem je zjišťování preferenčních vztahů mezi dvojicemi kritérií. Výhodou této metody je schopnost vyjádření preference pomocí bodů, což jednoduchá metoda párového srovnávání neumožňuje. Klasická metoda párového srovnávání poskytuje pouze informaci, které kritérium je důležitější. Díky bodování získáme podrobnější přehled o poměrech jednotlivých vah.

Prvním krokem zvolené metody je tedy právě zjištění preferenčních vztahů dvojic. Pro bodové ohodnocení preferencí bude použita Saatyho doporučená bodová stupnice viz Tab. 2. Kritéria je třeba zapsat do tabulky viz Tab. 3. Pořadí kritérií ve sloupcích i řádcích je stejné. Všechna pole ležící na diagonále tabulky jsou vyplněna hodnotou 1. Kritéria se mezi sebou dále porovnávají pomocí bodů. Pokud je kritérium v řádku důležitější než kritérium ve sloupci, zapíše se celé číslo odpovídající počtu bodů. Pokud je důležité méně, zapíše se převrácená hodnota čísla. Tímto způsobem se vyplní horní polovina tabulky nad diagonálou, spodní část je vyplněna převrácenými hodnotami z poloviny horní. Takto vyplněná tabulka je nazývána jako Saatyho matice nebo matice velikosti preferencí.

Druhým krokem je pak stanovení váhy kritérií, což může být prováděno dvojím způsobem – exaktním nebo aproximativním. Exaktní (náročnější) způsob spočívá ve výpočtu vlastního vektoru vytvořené matice nebo v metodě nejmenších čtverců. Při použití aproximativní (jednodušší) metody jsou váhy počítány jako podíl součtu řádku a součtu prvků celé matice. Tento způsob poskytuje poměrně nepřesné výsledky. Lepší variantou je výpočet, kdy je z hodnot jednotlivých řádků spočítán geometrický průměr, čímž se zjistí váha kritéria. Tato váha se poté znormuje, tzn. že se přepočítá tak, aby součet jejich hodnot byl roven 1. Tento přepočet se provádí vydělením jednotlivých geometrických průměrů součtem všech ostatních průměrů.

Počet bodů	Deskriptor
1	Kritéria jsou stejně významná
3	První kritérium je slabě významnější než druhé
5	První kritérium je dosti významnější než druhé
7	První kritérium je prokazatelně významnější než druhé
9	První kritérium je absolutně významnější než druhé

Tab. 2 Saatyem doporučená bodová stupnice s deskriptory (převzato z [1])

Při poměrování a bodování jednotlivých kritérií hrají velkou roli priority rozhodovatele. Z tohoto důvodu, a dále z faktu, že naše kritéria jsou převážně kvalitativní než kvantitativní, je možné říci, že se jedná o poměrně subjektivní metodu.

Kritérium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Geometrický průměr	Výsledné váhy
K1	1	1/3	1/3	1/5	1/3	1/5	0,3376	0,0390
K2	3	1	1	1/5	1/3	1/3	0,6367	0,0735
K3	3	1	1	1/7	1	1/3	0,7230	0,0835
K4	5	5	7	1	7	5	4,2774	0,4940
K5	3	3	1	1/7	1	1/5	0,7974	0,0921
K6	5	3	3	1/5	5	1	1,8859	0,2178
Σ							<b>8,658</b>	<b>1</b>

Tab. 3 Saatyho matice a dopočtené váhy kritérií

Z výsledných vah v tabulce je vidět, že jednoznačně nejdůležitější roli při výběru technologie bude hrát přilnavost laku. Její váha dvakrát převyšuje druhou v pořadí mechanickou odolnost. Třetí nejdůležitější, také s poměrně velkým odstupem, je vzhled. S menší vahou následuje technologická náročnost s provozními náklady. A až jako poslední, tedy nejméně důležité kritérium, je vstupní investice. Z výsledků hodnocení kritérií je jasně patrné, že podnik dává při výběru technologie přednost kvalitě před cenou.

## 5.6 Určení užítosti variant

### Hodnocení variant dle kritérií

Jelikož jsou varianty porovnávány z hlediska kvalitativních i kvantitativních, je pro jejich hodnocení použita metoda přímého stanovení dílčích ohodnocení. Variantám jsou v tomto kroku přiřazovány body 1-10 (10- nejlepší, 1- nejhorší). Kvantitativní kritéria jako investice a provozní náklady jsou snadno hodnotitelná na základě známých číselných hodnot. Hodnocení ostatních parametrů je ale opět subjektivní záležitostí hodnotitele, který může v tomto případě pouze přihlížet ke znalostem zjištěným z praxe.



		Práškové lakování	Mokrý lakování	
			Syntetická barva	Vodou ředitelná barva
<b>K1</b>	<b>Investice</b>	3	8	8
<b>K2</b>	<b>Provozní náklady</b>	4	8	7
<b>K3</b>	<b>Technolog. náročnost</b>	5	9	8
<b>K4</b>	<b>Přilnavost</b>	7	8	8
<b>K5</b>	<b>Vzhled</b>	9	7	7
<b>K6</b>	<b>Mech. odolnost</b>	8	6	6

Tab. 4 Hodnocení variant dle kritérií

Známkování odpovídá tomu, co už bylo dříve řečeno. Dobře provedené práškové lakování má lepší kvalitativní vlastnosti než obě varianty mokrého lakování. K dobře provedenému laku je však nutná dobrá předpříprava, která zde musí být provedena precizněji než u laku mokrého. Nákladové položky by v případě firmy SMS byly rovněž vyšší oproti mokrému laku. Díky absenci katarforézy je i přilnavost komaxitu hodnocena o něco hůře než u zbylých technologií. Lakování syntetickou a vodou ředitelnou barvou je velmi podobné, proto jsou rozdíly v jejich bodování nepatrné).

#### Zjištění užítosti

Užitnost je určena z násobku hodnoty váhy kritéria (Tab. 3) a uděleného hodnocení (Tab. 4).

		Práškové lakování	Mokrý lakování	
			Syntetická barva	Vodou ředitelná barva
<b>K1</b>	<b>Investice</b>	0,117	0,312	0,312
<b>K2</b>	<b>Provozní náklady</b>	0,294	0,588	0,515
<b>K3</b>	<b>Technolog. náročnost</b>	0,418	0,752	0,668
<b>K4</b>	<b>Přilnavost</b>	3,458	3,952	3,952
<b>K5</b>	<b>Vzhled</b>	0,829	0,645	0,645
<b>K6</b>	<b>Mech. odolnost</b>	1,742	1,307	1,307
<b>Suma</b>		6,858	7,556	7,399
<b>Normovaná váha</b>		0,3144	0,3464	0,3392
<b>%</b>		<b>31,44</b>	<b>34,64</b>	<b>33,92</b>

Tab. 5 Celkové ohodnocení variant

Z tabulky celkového hodnocení užítosti variant je vidět, že není jednoduché určit jednoznačně nejvhodnější variantu. Nicméně nejlepší hodnocení obdržela technologie mokrého lakování za použití syntetické akrylátové barvy. Druhou vhodnou variantou se jeví

lakování vodou ředitelnou barvou a třetí technologie práškové lakování. Lze si také povšimnout, že i přes fakt, že firma upřednostňovala kvalitu technologie před cenou, práškové lakování zůstalo až jako třetí i přesto, že v hodnocení kvality bylo nejlepší.

## 5.7 Určení rizikovosti zvolených variant

### Stanovení rizikovosti

Technologie budou opět bodovány hodnotami 1-10(1- nejlepší, 10- nejhorší). Při stanovení rizikovosti je přihlíženo pouze ke dvěma kritériím (poruchovost zařízení a zdražení energií). Obě kritéria byla shledána stejně důležitá, proto jejich váha nabývá hodnoty 0,5. Zařízení pro aplikaci práškového laku je sofistikovanější a zároveň energeticky náročnější než pro barvy mokré. Bude tedy hodnoceno hůře.

Rizika	Práškové lakování		Syntetická barva		Vodou ředitelná barva		Váha
	body	body * váha	body	body * váha	body	body * váha	
Poruchovost zařízení	6	3,0	3	1,5	3	1,5	0,5
Zdražení energií	8	4,0	5	2,5	6	3,0	0,5
Součet	-	7,0	-	4,0	-	4,5	1
Normovaná váha	-	0,452	-	0,258	-	0,290	-
%	-	<b>45,2</b>	-	<b>25,8</b>	-	<b>29,0</b>	-

Tab. 6 Hodnocení variant s přiřazenou váhou

Podle očekávání byla nejvyšší rizikovost zjištěna u práškové lakovny. Důvodem je složitost lakovacího zařízení a vysoká energetická náročnost této technologie, která je zapříčiněna nutností prášek vypalovat v peci. Rozdíl v hodnocení syntetické a vodou ředitelné barvy ohledně zdražení energií je způsoben nutností udržení vyšší teploty při schnutí vodou ředitelné barvy.

## 5.8 Volba nejvhodnější varianty

Po určení hodnot užitností a rizikovostí variant lze přejít k volbě nejlepší z nich. To bude provedeno zjištěním efektivity dle vzorců uvedených v kroku 7 popsáno v kapitole 5.1 Postup a metody rozhodovací analýzy.

	Práškové lakování	Syntetická barva	Vodou ředitelná barva
Užitnost	0,3144	0,3464	0,3392
Rizikovost	0,452	0,258	0,290
$E=U-R$	-0,1376	0,0884	0,0492
$E=U/R$	0,6956	1,3426	1,1697
$E=R/U*100$	143,77	74,48	85,50
$E=U*(1-R)$	0,1723	0,2570	0,2408
Pořadí	2	1	3

Tab. 7 Celkové hodnocení a volba varianty

**Počet voleb:**

Práškové lakování.....1  
Lakování syntetickou akrylátovou barvou .....3  
Lakování vodou ředitelnou barvou .....0

### 5.9 Vyhodnocení analýzy

V této kapitole byly blíže popsány vhodné varianty a kritéria, dle kterých byly varianty posuzovány. Celkem bylo zvoleno 6 kritérií užitnosti a 2 kritéria rizikovosti. Následně byla těmto kritériím přiřazena váha pomocí Saatyho metody. Jelikož kritéria byla kvantitativního i kvalitativního charakteru, byla pro hodnocení variant zvolena metoda přímého dílčího ohodnocení. Vynásobením váhy kritéria a dílčím hodnocením varianty daného kritéria byla zjištěna dílčí hodnota užitku a součtem dílčích hodnot byla dopočtena celková užitnost varianty. Nejlepší užitnost byla přiřazena mokrému lakování syntetickou akrylátovou barvou. Stejně bylo postupováno při výpočtu rizikovosti, kde byla jako nejvíce rizikovou hodnotou určena metoda práškového lakování. Ze zjištěných hodnot užitnosti a rizikovosti byla určena efektivita variant. Z celkového hodnocení vyšla vítězně varianta lakování syntetickou akrylátovou barvou.

## 6 Závěr

Tato práce se zabývala základními technologiemi lakování a následným výběrem té nejvhodnější pro daný podnik pomocí rozhodovací analýzy. Úkolem úvodních, teoretických částí práce, byl popis podniku SMS CZ, charakteristiky jeho výrobků a požadavků na jejich povrchovou úpravu. V další části byly na základě firemních požadavků stanoveny nejvhodnější technologie, u kterých pak následoval rozbor z hlediska postupů, vlastností, výhod a nevýhod. Mimo to byla prováděna poptávka jednotlivých technologií u prodejců lakovacích zařízení a zjišťování finančních nároků vybraných variant.

Po určení dostatečného množství informací byl proveden rozhodovací proces, ve kterém bylo využito Saatyho metody stanovení vah kritérií a metody přímého stanovení dílčích ohodnocení variant. Při rozhodování byla snaha předcházet možné přílišné subjektivitě, a proto byly při tvorbě této práce konány časté konzultace s odborníky v oboru povrchových úprav a s vedením podniku. Důvodem častých konzultací byl rovněž nedostatek odborné literatury týkající se tematiky lakování. Většina podkladů pro rozhodování proto byla shromážděna cestou šetření u dodavatelů barev a provozovatelů lakoven.

Výsledkem analýzy, tedy nejvhodnější variantou, byla zvolena technologie mokrého lakování syntetickou akrylátovou barvou. Prvotní domněnka vedení podniku o vhodnosti moderního práškového lakování se tedy nepotvrdila. Tato domněnka pramenila z hojného využívání konkurentů firmy SMS CZ, ale i z nesporných kvalitativních vlastností technologie, které podnik upřednostňuje. Vysvětlením může být předpokládaná využitelnost pouze v jednosměnném provozu, tedy neschopnost vytížit lakovnu takovým způsobem, aby investice do technologie dosáhla přiměřeně rychlé návratnosti. Řešením by mohlo být nabídnutí lakovny jako služby jiným firemním subjektům. O tuto variantu však firma nestojí.

## Seznam použité literatury a informačních zdrojů

- [1] FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010, 474 s. ISBN 978-80-86929-59-0.
- [2] KOŠTÁL, M., SPURNÝ, M. *Autolakýrník*. Plzeň: Vydavatelství František Spurný, 2004
- [3] HRŮZOVÁ, Helena. *Manažerské rozhodování: cvičebnice s řešenými příklady*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola ekonomická, 2001, 186 s. ISBN 80-245-0211-9.
- [4] ČERNÝ, J., GLŮCKAUFOVÁ, D.: *Vícekritériální vyhodnocování v praxi*. Praha: SNTL, 1982
- [5] GROS, Ivan. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2003, 432 s. ISBN 80-247-0421-8.
- [6] HOREJC, J., PINTE, M., EDL, M., *Podklady k předmětu PMA*,
- [7] SMS CZ s.r.o. [online]. [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: [www.smscz.cz](http://www.smscz.cz)
- [8] *Farmet a. s.* [online]. 2006 - 2014 [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: [www.farmet.cz](http://www.farmet.cz)
- [9] *Prášková a mokrá Lakovna Salum - Středočeský kraj, Praha* [online]. 2002 - 2011 [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: [www.salum.cz](http://www.salum.cz)
- [10] SMS CZ, s.r.o. *Obchodní rejstřík firem* [online]. 2000 - 2014 [cit. 2014-06-27]. Dostupné z: <http://obchodnirejstrik.cz/sms-cz-s-r-o-48360830/>
- [11] Vhodné barvy do ložnice | T-nabytek.cz. *NovéSlužby.cz - nejlepší služby, nabídka i poptávka* [online]. 2011 - 2014 [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: <http://www.novesluzby.cz/sluzby-a-remesla.214/praskove-lakovani-a-povrchova-uprava-kovu-blansko.23546.html>
- [12] Práškové lakování a povrchová úprava kovů Blansko - Lakýrnictví VINTR s.r.o. *NovéSlužby.cz – nejlepší služby, nabídka i poptávka* [online]. 2011 - 2014 [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: <http://www.novesluzby.cz/sluzby-a-remesla.214/praskove-lakovani-a-povrchova-uprava-kovu-blansko.23546.html>
- [13] KOMPLETNÍ SLUŽBY VE ZPRACOVÁNÍ PLECHU. *KOMPLETNÍ SLUŽBY VE ZPRACOVÁNÍ PLECHU* [online]. [2014] [cit. 2014-06-25]. Dostupné z: <http://www.hstech.cz/praskove-lakovani>
- [14] Kompresory - info. *Kompresory info . Informácie zo sveta kompresorov. Čo je nové v oblasti výroby stlačeného vzduchu. Čo je nové v oblasti úpravy stlačeného vzduchu /filtrácia, sušenie, separácia kondenzátu/. Čo je nové v pneumatických systémoch. Merania tlakový rosný bod, kompresory - info* [online]. 2014 [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: <http://www.kompresoryinfo.sk/produkty/kompresory/kompresory-schneider/>
- [15] NOVATHERM elektrické ruční nářadí Nářadí Bosch, Narex, Protool, aku šroubováky, aku vrtačky a další akumulátorové nářadí, ruční nářadí. *NOVATHERM elektrické ruční nářadí Nářadí Bosch, Narex, Protool, aku šroubováky, aku vrtačky a další akumulátorové nářadí, ruční nářadí* [online]. 2014 [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: <http://www.elektricke-naradi.cz/p/cs/3544/strikacipistole-fb-2200.aspx>
- [16] DOKOUPILOVÁ, Dita. *Povrchové úpravy v lehkém průmyslu*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [17] VODZECKÁ, Eva. *Návrh povrchové úpravy mokrým lakováním*. Brno, 2008. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [18] *Mapy.cz*. *Mapy.cz* [online]. [cit. 2014-01-12]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/zakladni?x=13.5940563&y=49.7455506&z=16&base=ophoto&q=rokycany>
- [19] *Povrchové úpravy: odborný časopis pro průmysl, stavebnictví a řemeslníky* [online]. Praha: Press agency [cit. 2014-06-20].
- [20] Firemní materiály SMS CZ s.r.o.

