

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Aplikace rozhodovacích modelů pro výběr stroje ve společnosti Elkamet

Elena Kallupová

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Elena Kallupová

Veřejná správa a regionální rozvoj

Název práce

Aplikace rozhodovacích modelů pro výběr stroje ve společnosti Elkamet

Název anglicky

Application of decision-making models for the selection of machine in company Elkamet

Cíle práce

Cílem práce je vyřešit rozhodovací problém v prostředí společnosti Elkamet – konkrétně zhodnotit nabídky rotačních strojů a pomocí rozhodovacích modelů doporučit společnosti nejvhodnější nabídku.

Metodika

Nastudování odborné literatury

Shromáždění dat a informací

Výběr metod vícekriteriálního rozhodování

Řešení problému pomocí vybraných metod

Interpretace výsledku

Doporučení nejvhodnějšího řešení

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

Analytický hierarchický proces, rozhodování, Saaty, průmysl, stroj

Doporučené zdroje informací

- BAY, J. H. Úspěšný cílový management. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-350-X
- Brožová, H., Houška, M., Šubrt, T.: Modely pro vícekritériální rozhodování, ČZU Praha, 2003
- Bruce L. Golden, Edward A. Wasil, Patrick T. Harker, The Analytic Hierarchy Process: Applications and Studies. Berlin 1989. ISBN 978-3-642-50244-6
- FOTR, J.; DĚDINA, J.; HRUZOVÁ, H.: Manažerské rozhodování. Praha: Ekopress, 2000. 231 s. ISBN 80-86119-20-3.
- FOTR, J., ŠVECOVÁ, L. A KOLEKTIV. Manažerské rozhodování, Postupy, metody a nástroje. 2. vydání. Praha: Ekopress, 2010. ISBN 978-80-86929-59-0
- Gereon Sommerhäuser, Unterstützung bankbetrieblicher Entscheidungen mit dem Analytic-Hierarchy-Process, Berlin, 2000, ISBN 3-428-10294-0
- G. Zhang et al., Multi-Level Decision Making. Berlin 2015. ISBN 978-3-662-46059-7
- RAMÍK J. Vícekritériální rozhodování – analytický hierarchický proces (AHP). Karviná Slezská univerzita v Opavě, 1999. ISBN 8072480472, 9788072480470.
- Thomas L. Saaty, Luis G. Vargas, Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process, 2012, ISBN 978-4614-3596-9

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – PEF

Vedoucí práce

doc. Ing. Milan Houška, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2017

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2017

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 09. 03. 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Aplikace rozhodovacích modelů pro výběr stroje ve společnosti Elkamet" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.3.2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala docentu Ing. Milanu Houškovi, Ph.D. za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce a především za trpělivost a vstřícnost. Dále děkuji panu Franku Wagnerovi, mému kolegovi a vedoucímu nákupu v Elkametu GmbH za poskytnutí informací, rad a cenných zkušeností. Velký dík patří mému partnerovi a mým synům za jejich podporu a trpělivost během celého mého studia.

Aplikace rozhodovacích modelů pro výběr stroje ve společnosti Elkamet

Souhrn

Předmětem bakalářské práce „Aplikace rozhodovacích modelů pro výběr stroje ve společnosti Elkamet“ je výběr nového rotačního stroje pro firmu Elkamet, zpracovávající plasty metodou rotačního tváření, aplikací rozhodovacích modelů.

Na základě analýzy potřeb firmy a zhodnocení zkušeností se stávajícími stroji, provedené na základě dat z oddělení údržby a na základě diskuze s vedoucími pracovníky relevantních oddělení, budou vybrány parametry, důležité pro rozhodovací proces. Jednotlivým parametrům (kritériím) budou přiřazeny váhy, dle důležitosti (preferencí) těchto parametrů. Bude provedeno poptávkové řízení a obdržené nabídky budou následně vyhodnoceny na základě preferencí jednotlivých parametrů pomocí matematických metod. Srovnání bude provedeno dvěma vybranými metodami pro kontrolu výsledku.

Na základě výsledků rozhodovacího procesu bude formulováno doporučení vhodnosti výběru jednotlivých nabídek.

Klíčová slova: Analytický hierarchický proces (AHP), rozhodování, varianta, kritérium, Saaty, průmysl, stroj, multi-kriteriální.

Application of decision-making models for machine choice in Company Elkamet

Summary

The object of bachelor's work "Application of decision-making models for machine choice in Company Elkamet" is the choice of rotomolding machine, processing the plastic with method of rotomolding, with application of decision-making models in the Company Elkamet.

The selection of parameters necessary for the decision making proces will be based on the analysis of needs of the organization (made on the basis of discussion with leaders of relevant departments: purchase department, production manager and manager of the maintainance departmen) and on the evaluation of experiences with present machines (made on the basis of data from the maintainance department). Each parameter (criteria) will be weighted according to the importance (preference) of these parameters. After a demand procedure the obtained offers will be evaluated on the base of preferences of individual parameters with the help of mathematical methods. The comparison will be made with two choosen methods for the control of the result.

The recommendation of suitability each offers will be create based on the results of the decision-making process.

Key words: analytical hierarchical process (AHP), decision, alternative, criteria, Saaty, industry, machine, multi-criterial

Obsah

1.Úvod	9
2.Cíl práce a metodika.....	10
2.1 Cíl práce	10
2.2 Metodika	10
3.Teoretická východiska	12
3.1 Rozhodovací proces	12
3.1.1 Vysvětlení pojmů.....	14
3.1.2 Kategorizace podmínek a typů rozhodování	16
3.1.3 Vícekriteriální rozhodování za jistoty	19
3.1.1 Metody stanovení vah kritérií.....	20
3.1.2 Metody stanovení pořadí variant	23
4.Případová studie	33
4.1 Představení firmy Elkamet.....	33
4.2 Identifikace problému	34
4.3 Kritéria	35
4.3.1 Cena.....	35
4.3.2 Průměr ramene.....	35
4.3.3 Výkon	36
4.3.4 Poruchovost	36
4.3.5 Spotřeba plynu a elektřiny.....	39
4.3.6 Shrnutí jednotlivých variant podle kritérií	40
4.4 Výběr stroje	41
4.4.1 Přidělení preferencí	41
4.4.2 Určení povahy kritérií.....	42
4.4.3 Určení ideální a bazální varianty	43
5.Výsledky.....	44
5.1. Výpočet metodou váženého součtu.....	44
5.2 Výpočet metodou bazické varianty	45
6.Závěr	48
Seznam použitých zdrojů	49
Seznam obrázků	52
Seznam tabulek	52
Přílohy.....	53

1. Úvod

Předmětem této bakalářské práce je navrhnout firmě Elkamet pomocí rozhodovacího modelu nejvhodnější nabídku stroje pro rotační tváření plastů. Firma Elkamet je dynamickou, rozrůstající se společností. Aby bylo možné dostat stávajícím a novým požadavkům zákazníků, je třeba výrobní kapacitu rozšířit nákupem nového rotačního stroje. Nový stroj nejen zvýší kapacitu a učiní tím firmu flexibilnější a stabilnější v dodávkách zákazníkům, ale umožní i ekonomičtější výrobu. Výrobky firmy Elkamet jsou rozmanité co se rozměrů a váhy týče. Nejlepší variantou je vyrábět na jednom stroji takové výrobky, které jsou si v těchto hlediscích co nejvíce podobné. Mají totiž podobné požadavky na výrobní časy v jednotlivých fázích výroby: doba v peci, čas nutný ke chlazení, tlakování a osazení výrobku dalšími potřebnými komponentami. Nový stroj tedy umožní lepší plánování výroby.

Výběr stroje je pro firmu velkou investicí. Je tedy třeba pečlivě zvážit nejen jeho cenu, ale vyhodnotit veškeré parametry důležité pro výrobní proces. Stanovit pořadí důležitosti těchto parametrů a jejich váhu při rozhodovacím procesu. Je nutné zhodnotit případná rizika a pokusit se je minimalizovat výběrem vhodného řešení a dohodou (smlouvou) o servisu a řešení případných problémů s vybraným dodavatelem. Nejlepším zdrojem informací jsou samozřejmě zkušenosti s jednotlivými modely strojů a s přístupem jednotlivých dodavatelů při jejich poruchách. Také je třeba zhodnotit ekonomická a environmentální hlediska, hlavně spotřebu energií a vliv chodu stroje na životní prostředí. Ve firmě Elkamet s.r.o. je v současné době v provozu 7 rotačních strojů od tří výrobců, u kterých bude také provedeno poptávkové řízení. Na základě zkušeností s jejich provozem bude vyhodnocena poruchovost a problémovost jednotlivých strojů.

2. Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je navrhnout firmě Elkamet nejvhodnější nabídku na nový výrobní stroj. Nabídky budou porovnány na základě vybraných kritérií, stanovených dle potřeb a preferencí firmy Elkamet. Kritéria budou zvolena na základě diskuze s vedoucími pracovníky relevantních oddělení, především oddělení nákupu, výroby a údržby. Nabídky obdržené v rámci výběrového řízení budou dle vybraných kritérií porovnány pomocí zvolených matematických metod. Na základě vypočtených výsledků budou nabídky vyhodnoceny a nabídka, která nejlépe vyhovuje zvoleným kritériím, bude doporučena firmě Elkamet jako nejvhodnější.

2.2 Metodika

K dosažení cíle bude pomocí diskuze, proveden interní výběr parametrů, důležitých při výběru stroje. V první řadě budou osloveni vedoucí pracovníci oddělení výroby. S jejich pomocí budou stanoveny parametry, které musí stroj splňovat z výrobního hlediska, např. velikost otočného ramene, důležitá pro počet a kombinaci forem, které lze na jednotlivá ramena nasadit. Dalším krokem bude diskuze s oddělením údržby, ze kterého vzejdou požadavky, které stroj musí splňovat z hlediska tohoto oddělení a budou také získána data k porovnání stávajících strojů, především poruchovost a spotřeba energií. Ze shromážděných informací budou vybrána kritéria, dle kterých budou jednotlivé nabídky následně vyhodnoceny. Data budou předána do oddělení nákupu, které provede poptávkové řízení.

Pro výběr matematické metody k porovnání obdržených nabídek bude ke znalostem, získaným v předmětu „Matematické metody v ekonomii a managementu“ nastudována odborná literatura. Pro dosažení cíle byla pro přiřazení vah jednotlivým kritériím zvolena Saatyho metoda, pro výpočet nejvhodnější varianty byla zvolena metoda bazické varianty a

pro ověření výsledku metoda váženého součtu. Obě metody jsou založené na výpočtu hodnot funkce užítku.

Bakalářská práce je rozdělena do tří částí: teoretické, empirické a závěrečné. První teoretická část je věnována vysvětlení pojmů, kategorizaci podmínek a typů rozhodování a seznámení s jednotlivými metodami vícekritériálního rozhodování za jistoty. Druhá, empirická část se zabývá případovou studií. Je v ní proveden výběr kritérií a zdůvodnění jejich výběru, dále shromážděna a vyhodnocena data z oddělení údržby. Na základě preferencí jednotlivých oddělení jsou přiřazeny váhy jednotlivým kritériím. Ze shromážděných dat je pak proveden výpočet zvolenými metodami. Třetí, závěrečná část je věnována výsledkům a závěru. Výsledky jsou vyhodnoceny a porovnány a na jejich základě je doporučeno nejvhodnější řešení.

3. Teoretická východiska

3.1 Rozhodovací proces

„Humans are not often logical creatures. Most of the time we base our judgments on hazy impressions of reality and then use logic to defend our conclusions“ Thomas Saaty

Věda o managementu je dle Goldeny (GOLDEN a kolektiv, 1989, str. 1, přeloženo autorem) disciplínou věnovanou vývoji technik, které umožňují rozhodovateli spolupracovat se vzrůstající komplikovaností našeho světa. Prvotní výbuch nadšení způsobený vývojem a úspěšnou aplikací lineárního programování je problémem, ve kterém jak veřejnost, tak privátní sektor vybízí vědce k vývoji ještě více sofistikovaných metod zabývajících se komplexní podstatou rozhodovacího procesu. Profesor Thomas L. Saaty pracoval pro ministerstvo obrany a pro ministerstvo zahraničí Spojených států amerických koncem šedesátých a počátkem sedmdesátých let minulého století. Na těchto pozicích byl profesor Saaty vystaven některým z nejkomplicovanějších rozhodování světa: kontrola zbrojení, problém na Středním Východě, a vývoj transportního systému pro země Třetího světa. Byl důležitým přispěvatelem v početných oblastech matematiky a v teorii o operativním výzkumu a brzy zjistil, že není potřeba složité matematiky k pochopení těchto rozhodovacích problémů, stačí správná matematika! Profesor Saaty začal tedy vyvíjet techniku na matematické bázi pro analyzování komplexních situací, kterou propracoval k jednoduchosti. Tato technika stala známou jako Analytický hierarchický proces (AHP) a stala se úspěšnou v pomoci rozhodovatelům se strukturováním a analýzou široké škály problémů.

Analytický hierarchický proces je dle Sommerhäusera (SOMMERHÄUSER, 2000, str. 13, přeloženo autorem) v postavení integrovat do procesu rozhodování jak data kvantitativní, tak také často podceňované „jemné faktory“ rozhodování, mínění a pocitů. Díky digitálnímu zpracování je možné vyšetřit vliv různých hodnocení, skupinová hodnocení podpořit systémem a sdělení výsledků probíhá transparentně a je dohledatelné pro všechny, kteří se rozhodovacího procesu účastní.

Přestože je každé rozhodování dle Baye (BAY, 1997) jedinečné, existují určité prvky, které by měl obsahovat proces řešení každého problému. Těmito prvky jsou:

- Identifikace problému
- Stanovení kritérií rozhodování
- Stanovení vah kritérií
- Vypracování návrhů alternativ rozhodnutí
- Analýza a zhodnocení alternativ
- Výběr nejvhodnější alternativy
- Zhodnocení rozhodnutí.

Rozhodovací proces v organizaci usiluje o nalezení optimálního nebo nejvíce vyhovujícího řešení v rozhodovacím problému jako je výběr nejlepšího produktu z prototypové řady, navržení optimálního plánu zdrojů, výběr nejvhodnějšího dodavatele a určení ceny produktu.

Organizační rozhodovací problémy jsou dle Zhanga (ZHANG, 2015, str. 3, přeloženo autorem) různých typů, od denních operativních rozhodnutí po dlouhodobé strategické nebo multi-organizační rozhodnutí. Rozhodovatelé mohou být na různých úrovních v závislosti na jejich rozhodovacím problému např.: distributor produktu, manažer supermarketu nebo manažer oddělení. Rozličné rozhodovací úkoly mohou mít různou podobu, jsou proto modelovány v různých formách nebo prezentovány pomocí různých metod, a řešeny různými technikami pro podporu rozhodnutí.

Nemalé množství rozhodovacích problémů dle Ekela (EKEL a kolektiv, 2013, str. 19, přeloženo autorem) nebo pravděpodobně většina z nich, je multikriteriální přirozeně, je nezbytné v nich počítat s mnoha faktory. V těchto problémech musí rozhodovací proces zhodnotit množinu vlivů, zájmů a následků, které charakterizují alternativy rozhodnutí. Například při rozhodování o založení podniku je nutné nejen zvážit očekávané výnosy a nezbytné investice, ale také dynamiku trhu, aktivity konkurentů, ekologické, politické a sociální aspekty.

K obtížně formalizovatelným a vysoce náročným na tvůrčí přístup patří především stanovení cílů rozhodovacího procesu, specifikace souboru kritérií na základě těchto cílů a obvykle i tvorba variant. Možnost formalizace a využití modelových přístupů je největší při stanovení důsledků variant a při závěrečném hodnocení a výběru varianty určené k realizaci. Modelování důsledků variant rozhodování patří k oblastem, kde je využití formalizovaných

přístupů relativně nejrozšířenější, přičemž však zpravidla nevystačíme s obecnými modely, nýbrž je třeba konstruovat obvykle modely specifické. (FOTR a kolektiv, 2000, str. 55.)

3.1.1 Vysvětlení pojmů

Rozhodovací problém je otázka v nějakém formálním systému s odpovědí ANO-NE v závislosti na hodnotě vstupu. Typicky se rozhodovací problémy objevují v otázkách rozhodnutelnosti, kdy se ptáme, zda existuje efektivní metoda pro určení existence nějakých matematických objektů nebo jejich příslušnost do nějaké množiny. Některé problémy v matematice jsou nerozhodnutelné. Dle Dostála (DOSTÁL a kolektiv, 2005, str. 16, 17) dělíme rozhodovací problémy následovně:

- dobře strukturované problémy jsou obvykle problémy jednoduché, řeší se opakovaně na operativní úrovni, rutinní postupy jsou známé a lze je algoritmizovat;
- špatně strukturované problémy jsou naproti tomu problémy obvykle složité, nové, neopakovatelné, problémy se řeší na vyšších úrovních řízení a jsou jedinečné. Je pro ně charakteristická existence vyššího počtu faktorů ovlivňujících řešení, náhodnost změn některých prvků okolí firmy, kde řešení problémů probíhá (např. změny v technologii), dále existence většího počtu kritérií hodnocení variant řešení a obtížná interpretace informací potřebných pro rozhodnutí. Ve špatně strukturovaných problémech je člověk většinou aktivním prvkem systému a pro řešení je nutno použít intuitivní, heuristické, expertní metody a postupy.

Ekel (EKEL a kolektiv, 2013, str. 21, přeloženo autorem) rozdělení problémů na strukturované a nestrukturované dělí také dle toho, zda jsou problémy formulovány kvantitativně (strukturované) nebo vyjádřené kvalitativně (nestrukturované) a přidává k rozdělení ještě problémy semi-strukturované, zahrnující jak kvalitativní tak kvantitativní elementy. Při jejich zkoumání zjistíme, že kvalitativní, málo známé, nedostatečně prozkoumané a nejisté parametry mají tendenci převládat.

Rozhodovatel je osoba nebo skupina osob, která má za úkol učinit rozhodnutí. (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003, str. 4)

Varianty jsou dle Hwanga (HWANG, 1981, str. 16, přeloženo autorem) synonymy pro parametry výkonu/provedení, komponenty, faktory, charakteristiky a vlastnosti.

Dle Brožové (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003, str. 4) jsou varianty konkrétní rozhodovací možnosti, předmět vlastního rozhodování. Přípustná varianta je varianta, která je realizovatelná a která není logickým nesmyslem. Varianty mohou mít různé vlastnosti a rozlišují se varianty:

- dominovaná varianta je varianta, která je alespoň v jednom kritériu horší a v žádném kritériu není lepší než varianta dominantní, dominantní varianta je taková varianta, která je alespoň v jednom kritériu lepší a v žádném kritériu není horší než varianta dominovaná;
- paretovská varianta není dominovaná žádnou jinou variantou;
- ideální varianta je varianta, která ve všech kritériích nabývá nejlepších hodnot;
- bazální varianta je opak varianty ideální, všechna její kritéria nabývají hodnot nejhorších;
- kompromisní varianta je nedominovaná varianta, která je na základě matematického postupu doporučena jako řešení. Její hodnoty mají od ideální varianty nejmenší vzdálenost.

Bazální a ideální varianty bývají často pouze hypotetické. Kdyby existovala ideální varianta, byla by jedinou nedominovanou variantou a tudíž jedinou optimální variantou.

Kritérium

Hwang (HWANG, 1981, str. 2, přeloženo autorem) říká, že kritérium je měřítko efektivnosti. Je základem pro vyhodnocení. Objevují se ve formě vlastností nebo cílů v aktuálním nastavení problémů. A dále (HWANG, 1981, str. 16, přeloženo autorem), že mnoho kritérií je mezi sebou obvykle v rozporu. Například při konstruování auta: cíl dosažení ujetí co největšího počtu kilometrů na nádrž redukuje komfort omezením místa pro pasažéry.

Kritérium dle Brožové (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003) znamená hledisko hodnocení variant. Můžeme je rozdělovat podle povahy:

- minimalizační kritéria - nejlepší varianty hodnocené podle těchto kritérií nabývají nejnižších hodnot (náklady, ztráta);

- maximalizační kritéria - nejlepší varianty podle takových kritérií mají nejvyšší hodnoty. (zisk, výnos)

Dále je dle Brožové (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003, str. 6) možno kritéria dělit dle kvantifikovatelnosti:

- kritéria kvalitativní - hodnoty těchto kritérií bývají subjektivně vyjádřeny pomocí různých slovních nebo bodových stupnic;
- kritéria kvantitativní - jejich hodnoty bývají vyjádřeny objektivně měřitelnými údaji, nejčastěji čísly.

Dle Rogerse (ROGERS a kolektiv, 2011, str. 8, přeloženo autorem) je možné kritéria všeobecně zařadit do tří širokých kategorií:

- ekonomická kritéria, ekonomické faktory spojené s projektem, zřizovací a konstrukční náklady, následné výrobní a servisní náklady;
- technická kritéria, kritéria vyjadřující technické/inženýrské faktory;
- environmentální/ sociální kritéria, charakteristiky, které jsou měřítkem sociální a ekologické vhodnosti nebo nevhodnosti navrhovaného projektu.

3.1.2 Kategorizace podmínek a typů rozhodování

Dostál (DOSTÁL a kolektiv, 2005, str. 16) uvádí rozdělení klasifikace rozhodovacích problémů (ovlivňujících mj. postup a nástroje řešení vlastní manažerské funkce rozhodování) následujícími možnými způsoby:

- podle času dělíme procesy na rozhodovací statické a dynamické;
- podle počtu kritérií dělíme rozhodování na jedno- a vícekritériální;
- podle řídicí úrovně, na níž probíhají rozhodovací procesy, dělíme rozhodování na strategické, taktické a operativní;
- podle toho, zda důsledky variant závisí nebo nezávisí na strategii, kterou vědomě volí protivník, rozlišujeme rozhodovací procesy na konfliktní a nekonfliktní;
- podle subjektu rozhodování dělíme rozhodování na individuální a skupinové

Podle počtu subjektů rozhodování dle Zhanga (ZHANG a kolektiv, 2015, str. 3,4, přeloženo autorem) dělíme následovně:

- individuální rozhodování, často uskutečňované na nižších úrovních managementu, v menších organizacích a v krátkodobých otázkách;
- skupinové (group decision-making), na úrovni vyššího managementu, ve větších organizacích a v dlouhodobých otázkách;

Rozhodování je možné dle Ramíka (RAMÍK, 1999) rozčlenit ještě podle dalších hledisek, která následně pomohou s kategorizací typu rozhodovacího procesu:

Podle rozhodovacích podmínek:

- deterministické modely, parametry lze stanovit jednoznačně jako reálná (ostrá) čísla;
- za nejistoty, vstupní data lze stanovit pouze pomocí mezních hodnot nebo intervalů, jednou z možností jak modelovat nejistotu je využít aparátu fuzzy (mlhavých) množin;
- stochastické nebo také rozhodování za rizika, vstupní data lze stanovit jako rozdělení pravděpodobnosti;
- kombinace předchozích přístupů (fuzzy-stochastické modely).

Podle účelu (cíle) rozhodování:

- nalezení nejlepší (optimální) varianty;
- uspořádání variant od nejlepší po nejhorší;
- uspořádání variant do hierarchických shluků;
- rozdělení variant na dvě skupiny, na akceptovatelné a neakceptovatelné, stanovení množiny efektivních (nedominovaných, paretovských) variant nebo
- vyloučení neefektivní varianty (týká se vícekritériálního rozhodování).

Podle typu informací vyjadřujících preference kritérií nebo variant:

- žádná informace, informace o preferencích neexistuje. Lze použít pouze při neexistenci informace pro preferenci kritérií, v případě, že bychom neměli k dispozici informace o preferenci mezi variantami, byla by úloha neřešitelná;

- vyžadující aspirační úroveň kritérií – nominální informace, je taktéž přípustná pouze pro preference mezi kritérii, je vyjádřena pomocí aspiračních úrovní, to znamená nejhorší možné hodnoty, při kterých je možné variantu ještě akceptovat. Rozděluje tedy varianty na akceptovatelné a neakceptovatelné.
- vyžadující ordinální informace o kritériích, kritéria jsou uspořádána podle důležitosti a jednotlivé varianty pak dle hodnocení kritériem;
- vyžadující kardinální informace o kritériích, informace kvantitativního charakteru, v případě preference kritérií jsou to váhy, v hodnocení variant podle kritérií se jedná o konkrétní číselné vyjádření, které není závislé na množině porovnávaných variant.

Podle počtu variant rozhodování:

- konečný počet variant, reálný počet diskrétních variant;
- nekonečný počet, nekonečný počet diskrétních variant nebo spojitý prostor přípustných variant.

Podle typu kritéria rozhodování:

- kvantitativní, peněžní (zisk, cash flow, hodnota) nebo ekonomická (počet pracovníků, tunokilometry, plocha, člověkoročky);
- kvalitativní (kredibilita, renomé, velikost, vlastnický typ podniku, tradice).

Podle možností rozhodování v budoucnu:

- pasivní, rozhodování pouze na začátku období;
- aktivní (dynamické), rozhodování v průběhu budoucího období. (RAMÍK, 1999)

Zhang (ZHANG a kolektiv, 2015, str. 5, přeloženo autorem) také dále upřesňuje rozdělení dle úrovní, na kterých je rozhodování prováděno:

- strategic planning – na úrovni vysokého managementu, většinou nestrukturované problémy s velkým stupněm nejistoty;

- Management control – vztahují se k získání a efektivnímu užívání zdrojů k uskutečnění organizačních cílů a k rozhodování na úrovni středního managementu;
- Operational control – rozhodnutí o účinných a efektivních řešeních speciálních úkolů, normálně strukturovaných a relativně jednoduchých pro formulování matematických modelů.

3.1.3 Vícekriteriální rozhodování za jistoty

Zřejmě nejvíce kreativní částí v rozhodovacím procesu je dle profesora Saatyho (SAATY, 2012, str. 2. přeloženo autorem) rozhodnutí, které faktory do hierarchické struktury zařadit. Konstruování hierarchie musí zahrnovat dostatek relevantních detailů, reprezentujících problém tak důkladně, jak je to možné, ale zároveň ne tak důkladně, aby byla ztracena senzitivita ke změnám v jednotlivých prvcích. Vzhledem k okolí obklopujícímu problém, je identifikace výstupů nebo vlastností důležitou komponentou pro konstrukci hierarchie, které přispívají k řešení a určení účastníků, jichž se problém týká. Stanovení cílů, vlastností, výstupů a účastníků má dva účely: přináší všeobecný přehled na komplexní podstatu situace a na posouzení procesu a také dovoluje rozhodovateli posoudit, zda on či ona porovnává výstupy ve správné důležitosti.

Tak jako se v praxi dle Fotra (FOTR a kolektiv, 2003) málokdy setkáme s rozhodovacím problémem, který by bylo možné vyřešit monokriteriálním rozhodováním, je i v případě tak velké investice, která představuje pro firmu velice důležité rozhodnutí, třeba posoudit varianty řešení pomocí většího množství kritérií hodnocení, metodami vícekriteriálního rozhodování za jistoty. Vícekriteriální analýza variant je problém volby nejvýhodnější z konečného počtu variant, přičemž jednotlivé varianty jsou hodnoceny dle několika kritérií. Rozhodovatel by se měl snažit být maximálně objektivní a problém podrobit pečlivé analýze. Pro aplikaci metod vícekriteriálního hodnocení variant při výběru optimálního produktu je nutné stanovení variant a kritérií rozhodování. Cílem je najít variantu, která bude podle všech kritérií hodnocena co nejlépe, případně seřazení variant od nejlepší po nejhorší. Stanovení kritérií je proces vyžadující určité znalosti dané oblasti. Významnost kritérií není dána objektivně, je závislá na hodnotové soustavě rozhodovatele.

Varianta nejlepší je zpravidla variantou nejméně vzdálenou od varianty ideální a nejvíce vzdálenou od varianty bazální, je tedy variantou kompromisní. Ideální variantou rozumíme tu variantu, která má ve všech kritériích nejlepší možné hodnoty. Pokud by ideální varianta existovala, bylo by nalezeno optimální řešení. Bazální variantou rozumíme naopak variantu s nejhorsími hodnotami kritérií.

Život každého člověka je plný alternativ. Od první vědomé myšlenky až do stáří, od ranního probuzení do nočního usnutí, je člověk nucen dělat nějaká rozhodnutí. Tato nutnost je spojena s faktem, že každá situace může mít dva nebo více navzájem se vylučujících alternativ a je nutné si jednu vybrat. Rozhodovací proces se ve většině případů skládá z hodnocení alternativ a výběru té nejvíce preferované. Ekel (EKEL a kolektiv, 2013, str. 17, přeloženo autorem)

3.1.1 Metody stanovení vah kritérií

Výchozím bodem analýzy vícekriteriálního modelu bývá stanovení vah kritérií. Téměř vždy je informace získaná některým z dále uvedených postupů použita ke stanovení preferenčních vztahů mezi variantami v závislosti na cílech celé analýzy.

Stanovení vah kritérií hodnocení vyžaduje většina metod vícekriteriálního hodnocení variant. Váhy číselně vyjadřují význam těchto kritérií. Čím je kritérium pro rozhodovatele významnější, tím je jeho váha vyšší. Pro dosažení srovnatelnosti vah souboru kritérií stanovených různými metodami se tyto váhy zpravidla normují tak, aby jejich součet byl roven jedné. U některých metod stanovení vah jsou výsledkem již normované váhy, např. u Saatyho metody. (BOROVCOVÁ, 2010)

Následující výčet obsahuje nejpoužívanější metody stanovení vah mezi kritérii.

Entropická metoda

Entropie je důležitý pojem ve společenských i přírodních vědách. Navíc má význam v teorii informace, kde je mírou očekávaného informačního obsahu zprávy. Entropie v teorii informace je kritériem pro množství neurčitosti představované diskretním rozdělením pravděpodobnosti. (HWANG, 1981)

Metoda se používá při neexistenci informace o preferencích mezi kritérii, to znamená při neznalosti problému. Pro určení vah kritérií se použije entropie, respektive její míra. Pokud jsou v této metodě hodnoty všech alternativ podobné, není toto kritérium pro nás důležité a může být zcela vynecháno. Hodnota tohoto kritéria bude rovna nule. Entropickou metodu je však možné použít pouze pro kritériální matici s kladnými hodnotami. (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003, str. 13)

Metoda pořadí

Používá se především v případech, kdy je důležitost kritérií hodnocena několika experty. Každý expert provede seřazení kritérií od nejvýznamnějšího po nejméně významné. Jednotlivá kritéria jsou pak obodována. Kritérium nejvýznamnější je ohodnoceno n body, přičemž n je počet kritérií. Druhé nejvýznamnější je ohodnoceno $n-1$ body a takto pokračujeme, až nejméně k nejméně významnému kritériu, které bude mít hodnotu 1 bod. Součtem experty přidělaných bodů a jejich vydělením celkovým počtem bodů získáme váhu jednotlivých kritérií. Zároveň tím zaručíme, že bude součet vah roven jedné. (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003, str. 14)

Bodovací metoda

Metoda bodovací je obdobná jako metoda pořadí, ale na rozdíl od metody pořadí vyžaduje (a tedy ve výsledku i udává) kardinální informaci o preferencích jednotlivých kritérií. Tato metoda požaduje, aby byl každému kritériu přiřazen nějaký počet bodů, podle toho, jak moc je kritérium preferováno (čím více bodů, tím silnější preference). Potom se opět sečte počet přidělených bodů a váhy se získá podělením přidělených bodů jejich součtem. Při této metodě se někdy udává horní hranice udělených bodů (např. 10 či 100), jindy se to nechává na zadavateli. Alternativou, která se ale jeví jako dosti těžko použitelná, je alokace 100 bodů mezi všechna kritéria. (KLICNAROVÁ, 2010)

Metoda párového srovnávání

Při použití metody párového porovnání jsou zjišťovány preferenční vztahy dvojic kritérií. Cílem je zjistit pro každé kritérium počet jeho preferencí vzhledem ke všem ostatním kritériím souboru. Toto určování preferencí probíhá pomocí tabulky, kde v horní trojúhelníkové matici hodnotitel u každé dvojice kritérií zjišťuje, zda preferuje kritérium uvedené v řádku před kritériem uvedeným ve sloupci. Jestliže ano, zapíše do příslušného políčka číslo kritéria uvedeného v řádku, v opačném případě číslo kritéria uvedeného ve sloupci. Při vyhodnocení této tabulky se pro každé kritérium stanoví počet jeho preferencí, který je roven součtu jeho preferencí v řádku a sloupci tohoto kritéria. V případě stejného počtu preferencí u dvou (nebo více) kritérií je třeba brát v úvahu směr preference těchto dvojic kritérií. Podle počtu preferencí kritéria se určí jeho pořadí v souboru kritérií. (OLIVKOVÁ, 2011)

Saatyho metoda

Metoda se používá k určení vah kritérií, hodnocených pouze jedním expertem. V případě hodnocení vícero experty je vhodné použít metodu AHP, popsanou dále v kapitole 3.1.2. Saatyho metoda je metodou kvantitativního párového porovnání kritérií. K hodnocení je využíváno bodové stupnice o 9 bodech, přičemž 1 je pro kritéria rovnocenná a 9 pro absolutně preferované kritérium, tabulka 1. Pro výpočet vah se nejčastěji používá normalizovaný geometrický průměr řádků Saatyho matice.

Stupnice musí být pochopena, jinak může docházet ke zkreslení. Při rozhodování s více kritérií, je metoda časově náročná. (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003)

Tabulka 1 hodnotící škála preferencí

hodnotící škála preferencí	
1	rovné preference
3	slabá preference
5	středně silná preference
7	silná preference
9	absolutní preference

Zdroj: FOTR a kolektiv, 2010

Metoda postupného rozvrhu vah

Pokud existuje velký počet kritérií, je výhodné tato seskupit do dílčích skupin podle příbuznosti jejich věcné náplně. Váhy jednotlivých kritérií se pak určí stanovením normované váhy jednotlivých skupin kritérií (pomocí některé z dříve uvedených metod). Stanoví se normované váhy každého kritéria v příslušné skupině, následně jsou vynásobeny váhy jednotlivých kritérií s váhami skupin kritérií v každé skupině a tím je získána výsledná normované váhy kritérií. (FOTR a kolektiv, 2003)

3.1.2 Metody stanovení pořadí variant

Metody vícekritériálního rozhodování poskytují rozhodovateli poměrně jednoduchý nástroj, kterým může posuzovat varianty podle velkého množství kritérií. Nutí jej důkladně zvažovat klady a zápory různých variant řešení a posuzovat jejich významnost. Potlačuje intuitivní rozhodování, které je sice rychlejší, avšak méně objektivní. Každá metoda poskytuje postup, podle kterého se lze rozhodovat opakovaně a transparentně i pro cizí osoby. Představeny budou vybrané metody.

Metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií:

Pokud nejsou k dispozici informace o preferenci kritérií a model je zadán pouze pomocí preferencí variant jednotlivých kritérií, je možné použít pro výběr kompromisní varianty metodu bodovací nebo metodu pořadí. Postup obou metod je velmi jednoduchý.

Metoda pořadí

Podstatou této metody je převedení kritériální matice na matici pořadí. Jednotlivým variantám jsou postupně přiřazena pořadí podle všech kritérií, pokud preference kritérií nejsou známy, pak pro každou variantu pouze sečteme všechna pořadí. Nejlepší variantou je pak ta s nejnižším součtem. Pokud jsou preference kritérií známy, je možné vypočítat vážené pořadí variant, nejlepší variantou je opět ta s nejnižším součtem. (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003, str. 14)

Metoda bodovací

Při této metodě je každému prvku rozhodovací matice přiřazen určitý počet bodů podle zvolené stupnice. Lepší hodnotě kritéria je přiřazen větší počet bodů. Maximálně (minimálně) možný počet bodů přiřazený nejlepší (nejhorší) hodnotě kritéria musí být pro všechna kritéria stejný, přičemž může jít o hypotetická čísla nevyskytující se v žádné variantě. Vhodné je k bodové stupnici přidat pro každé kritérium slovní popis. (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003, str. 15, 16)

Metoda Fullerova trojúhelníku

Jestliže ordinální informace je pouze vyjádřením vztahu mezi jednotlivými dvojicemi hodnocených kritérií, použijeme metodu párového porovnávání. Toto porovnání provádíme pomocí tzv. Fullerova trojúhelníku. U každé dvojice prvků zakroužkujeme ten prvek, který považujeme za důležitější. Nevýhodou tohoto postupu je, že při plně konzistentní informaci od uživatele bude vždy hodnota nejméně důležitého kritéria rovna nule a zároveň s tím bude hodnota váhy tohoto kritéria rovna nule. (ŠUBRT, 2015)

Pokud je metoda využita pro hodnocení kvantitativních kritérií, pak dle Fotra (FOTR a kolektiv, 2010) poskytuje stejné výsledky jako metoda váženého pořadí. Při řešení rozsáhlých úloh je však tato metoda časově náročná, protože je třeba pro každé kritérium sestavit novou tabulku. Jelikož je využíváno pouze dvou hodnot, významnější a méně významné, není možno zdůraznit velký rozdíl mezi hodnotami. Toho je možné se vyvarovat vhodným stanovením vah.

Metody vyžadující aspirační úrovně kritérií:

Pokud jsou k dispozici nominální informace o kritériích, tedy aspirační hodnoty kritérií, a kardinální ohodnocení variant podle jednotlivých kritérií, je možné použít následující metody vyžadující aspirační úrovně kritérií. Informace o důležitosti jednotlivých kritérií je vyjádřena aspirační úrovní kritérií. Metody jsou založeny na porovnávání kritériálních hodnot všech variant s aspiračními úrovněmi všech kritérií. Obvykle je množina variant rozdělena na dvě skupiny podle nastavených mezí: skupinu s horšími kritériálními

hodnotami než hodnoty nastavených mezí – tedy varianty „špatné“, neefektivní a skupinu s lepšími kritériálními hodnotami – tedy varianty „dobré“, efektivní.

Pokud jsou meze nastavené dostatečně přísně, může v množině „dobré“ zůstat jediná varianta, která pak bude označena jako varianta kompromisní. Může ale také nastat situace, kdy budou meze nastaveny příliš přísně a do „dobré“ skupiny se nevejde žádná z variant. Pak je třeba aspirační úroveň některých kritérií uvolnit.

Konjunktivní a disjunktivní metoda

Obě tyto metody vyžadují znalost aspirační úrovně všech kritérií, podle nichž se varianty rozdělí na akceptovatelné a neakceptovatelné a dále je nutné znát kardinální ohodnocení variant podle jednotlivých kritérií. V případě konjunktivní metody jsou přípustné pouze varianty splňující všechny aspirační úrovně. Metody konjunktivní a disjunktivní jsou doporučovány hlavně k předvýběru varianty, která je pak dále hodnocena jinými metodami. Aspirační úroveň volíme tedy méně přísně, abychom získali větší počet přípustných řešení.

Konjunktivní metoda spočívá v tom, že si zvolíme jen ty varianty, které splňují všechny nastavené podmínky (aspirační úrovně), tj. ve všech (popř. ve všech vybraných) kritériích jsou tyto varianty lepší nebo stejné než je zvolená aspirační úroveň. Ostatní varianty vyřadíme.

Disjunktivní metoda uvažuje akceptovatelné všechny varianty, které alespoň v jednom (popř. alespoň v jednom z vybraných) kritériu je lepší nebo stejná než aspirační úroveň. (KLICNAROVÁ, 2010)

Metoda PRIAM (Programme utilisant l'Intelligence Artificielle en Multicritere)

Tato metoda spočívá v postupném určování (zpřísnování) aspirační úrovně, čímž jsou postupně vyřazovány jednotlivé varianty. Nultou aspirační úroveň obvykle splňují všechny varianty. Poté zpřísníme některé kritérium (většinou to nejdůležitější), tím dojde k vyloučení některé z variant. Podobně postupujeme i nadále. Pokud je počet variant, které splňují daná kritéria větší než jedna, zpřísníme aspirační úroveň. Pokud nalezneme právě

jednu variantu, která splňuje danou aspirační úroveň, označujeme tuto variantu jako dominantní.

Metoda PRIAM spadá do kategorie metod, které obvykle nevyžadují váhy, ale tzv. aspirační úrovně, tj. požadavky na jednotlivá kritéria. Cílem bývá nalézt ty varianty či tu variantu, která splňuje všechny požadavky. Pokud taková není, metoda počítá vzdálenost od aspiračních úrovní a uspořádá varianty do pořadí od nejmenší po největší vzdálenost. (FIALA, 2013)

Metody vyžadující ordinální informace:

Práce s těmito metodami vyžaduje určení pořadí důležitosti kritérií a pořadí variant podle jednotlivých kritérií. Některé metody jsou jednoduché a jejich výsledky slouží spíše jako orientační, řešení jiných je složitější, ale poskytují nám komplexní pohled na problém. (ŠUBRT, 2015, str. 184)

Metoda lexikografická

Tato metoda vychází z předpokladu, že nejvíce je výběr kompromisní varianty ovlivňován nejvýznamnějším kritériem. V případě existence vícero variant se stejným hodnocením podle nejvýznamnějšího kritéria, hodnotíme dále podle druhého nejvýznamnějšího kritéria. Výběr končí výběrem jediné varianty nebo vyčerpáním všech uvažovaných kritérií. Kompromisní varianty jsou potom všechny ty, které zůstaly stejně hodnoceny po zařazení posledního kritéria. Tato metoda by se dala přirovnat k vyhledávání ve slovníku. (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003, str. 23)

Metoda ORESTE

Metoda vyžadující pouze ordinální informaci o kritériích a variantách. Metoda má dvě části. V první části je určena vzdálenost každé varianty podle každého kritéria od fiktivního počátku. Fiktivní varianta a fiktivní kritérium mají pořadové číslo 0. Potom jsou varianty podle určitých pravidel uspořádány. Druhou částí metody ORESTE je preferenční analýza. Pro každou dvojici je prováděn test preference, indiference a nesrovnatelnosti na

základě preferenční intenzity. K tomuto účelu jsou zvoleny tři prahové hodnoty. (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003, str. 23)

Permutační metoda

Při použití permutační metody jsou zkoumány všechny permutace pořadí variant. Metoda není vhodná pro rozsáhlé úlohy s velkými počty variant. Za optimální je považována taková permutace, pro kterou je měřítko vhodnosti hypotézy vypočtené dle vzorce maximální.

Tato metoda je poměrně náročná na výpočet, neboť zkoumá všechny permutace pořadí variant, kterých je (při m počtu variant) $m!$. (FOTR a kolektiv, 2003)

Metody vyžadující kardinální informaci

Metod, vyžadujících zadání kardinální informace o kritériích v podobě vah a také o variantách v podobě kriteriální matice s kardinálními hodnotami, existuje celá řada. Existují tři základní přístupy k vyhodnocování variant, podle maximalizace užítku, podle minimalizace vzdálenosti od ideální varianty a podle preferenční relace. Z každé skupiny budou uvedeni vybraní zástupci.

Metody založené na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty:

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

Metoda byla originálně vyvinuta Hwangem a Yoonem (1981). Metoda TOPSIS je použitelnou technikou pro řešení multi-variantních a multi-kriteriálních rozhodovacích problémů v reálném světě (HWANG, 1981). Pomáhá rozhodovateli organizovat problémy, které mají být řešeny a provádí analýzu, srovnání a rozmístění alternativ. V souladu s tím je proveden výběr vhodných alternativ. (SHIN a kolektiv, 2007, přeloženo autorem). Hwang a Yoon (1981) dále uvádějí, že umístění alternativ je založeno na nejkratší vzdálenosti od ideální varianty a na nejdelší vzdálenosti od bazální varianty. TOPSIS dle Shina (SHIN a kolektiv, 2007, přeloženo autorem) bere současně ohled na vzdálenosti k oběma variantám

(bazální i ideální) a preferované pořadí je řazeno podle jejich relativní blízkosti a podle kombinace těchto dvou vzdáleností.

Metody založené na vyhodnocování preferenční relace:

Metody ELECTRE

Významnou skupinou jsou metody založené na vyhodnocování preferenční relace, které vycházejí ze vztahů mezi dvojicemi variant (preference, indiference, nesrovnalost). Výhodou těchto metod je, že nevyžadují žádnou normalizaci kritériální matice, která může ovlivnit výběr výsledné varianty. Mezi tyto metody patří nejen metody ELECTRE, ale také např. metody AGREPREF, GAIA, MAPPAC, PRAGMA či dále zmíněná metoda PROMETHEE, kterými se podrobně zabývá Fiala, Jablonský, Maňas. (FIALA a kolektiv, 1994). Koncept preference a metoda ELECTRE byly formulovány Bernardem Royem (1968).

Metoda ELECTRE I. rozděluje jednotlivé varianty na dvě indifferenční třídy, na efektivní a neefektivní varianty. Metoda se dá využít, pokud je známá kritériální matice, vektor normalizovaných vah a stanovení dvou prahových hodnot, práh preference a práh dispreference. (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003, str. 38).

Metody PROMETHEE

Základem metody PROMETHEE je párové porovnání variant, postupně z hlediska všech kritérií. Výsledkem tohoto srovnání je vyjádření intenzity preference mezi dvojicemi variant. Metoda nabízí k využití 6 základních typů preferenčních funkcí, z nichž některé vyžadují zadání několika parametrů. Mezi tyto parametry patří směrodatná odchylka, preferenční a indifferenční práh. (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003, str. 40).

Metody PROMETHEE I (částečná klasifikace) a PROMETHEE II (kompletní klasifikace) byly vyvinuty J. P. Bransem a poprvé prezentovány v roce 1982 na konferenci na univerzitě Université Laval, Québec, Canada (L'Ingénierie de la Décision. Elaboration d'instruments d'Aide à la Décision). O pár let později J. P. Brans a B. Mareschal vyvinuli metody PROMETHEE III (klasifikace založená na intervalech) a PROMETHEE IV

(pokračující). V roce 1992 a 1994 navrhli Brans a Mareschal ještě dvě rozšíření: PROMETHEE V (multi- kriteriální rozhodovací proces zahrnující členěné omezení) a PROMETHEE VI (znázornění lidského mozku). Značný počet aplikací byl metodami PROMETHEE úspěšně řešen v odvětvích jako bankovníctví, plánování lidských zdrojů, investicích, medicíně, turistice a mnohých dalších. Úspěch této metodologie je v podstatě v matematických vlastnostech a ve specifické vlivnosti použití. (FIGUERA a kolektiv, 2005, str. 164)

Metody založené na výpočtu hodnot funkce užitku

Celkový užitek je představován hodnotou agregovaného kritéria, podle kterého budou varianty seřazeny. Maximalizace užitku předpokládá možnost vyčíslení užitku, který by jednotlivé varianty při realizaci přinesly.

Metoda AHP (Analytic Hierarchy Process)

AHP je v podstatě teorie o měření a rozhodování vyvinutá Thomasem L. Saatyem za jeho studií na Wharton School of the University of Pennsylvania. Opravdová hodnota AHP leží v její schopnosti kombinovat nebo sloučit kvantitativní stejně jako kvalitativní posouzení v celkovém hodnocení alternativ. (JAYASWAL a kolektiv, 2007, přeloženo autorem)

Při řešení složitých rozhodovacích problémů je třeba brát v úvahu všechny prvky, které ovlivňují výsledek analýzy, vazby mezi nimi a intenzitu vzájemného působení. Metoda AHP pomáhá zjednodušit a zrychlit proces rozhodování, metodou rozkladu složité nestrukturované situace na jednodušší prvky, vytvořením hierarchického systému problému. Subjektivním hodnocením párového porovnání jsou jednotlivým komponentám přiřazovány kvantitativní charakteristiky vyjadřující jejich důležitost. Je to lineární struktura obsahující s-úrovni, přičemž každá z těchto úrovní zahrnuje několik prvků. Uspořádání jednotlivých úrovní je vždy od obecného ke konkrétnímu. Pro obecnou úlohu vícekriteriálního hodnocení variant může být hierarchie následující: 1. úroveň – cíl vyjednávání; 2. úroveň – experti, kteří se na hodnocení podílí; 3. úroveň – kritéria vyhodnocování; 4. úroveň – posuzované varianty. (BROŽOVÁ a kolektiv 2003, str. 32)

Poslední dvě metody založené na výpočtu hodnot funkce užitku budou užity v praktické části k řešení rozhodovacího problému, budou tedy představeny podrobněji:

Metoda bazické varianty

Bazickou variantu představuje varianta, která dosahuje nejlepších či předem stanovených hodnot z hlediska všech kritérií. Je nazývána také metodou nejlepších nebo požadovaných hodnot ve všech kritériích (ideál, standard, etalon), je variantou hypotetickou.

Dílčí hodnocení pro výnosová kritéria je lineární:

$$h_i = x_i / x_b$$

Dílčí hodnocení pro nákladová kritéria je nelineární (nepřímá úměrnost):

$$h_i = x_b / x_i$$

Dílčí užitky rostou s růstem hodnot kritérií výnosového typu lineárně, zatímco s růstem hodnot kritérií nákladového typu klesají degresivně (hyperbolická závislost). Vytvoření užitkové funkce s využitím bazické varianty spočívá v porovnávání hodnot důsledků jednotlivých variant s odpovídajícími hodnotami v bazické variantě. Pro jednotlivé varianty jsou vypočteny agregované funkce užitku a dle těchto vypočtených hodnot jsou pak jednotlivé varianty seřazeny. Bazickou variantu nelze použít v případě, že má nulové kritériální hodnoty. (FOTR, 2010)

Metoda váženého součtu

Při vícekritériálním hodnocení variant je každé hodnotě kritéria přiřazen její užitek, tím je možné vytvořit dílčí užitkovou funkci. Definičním oborem této funkce je interval mezi nejlepší a nejhorší hodnotou příslušného kritéria. Celkový užitek varianty je vyjádřen váženým součtem hodnot dílčích funkcí užitku. Metoda je založena na výpočtu tzv. funkce užitku pro každou variantu. Její funkční hodnoty leží v intervalu od 0 do 1, čím je hodnota vyšší, tím je varianta výhodnější. Minimalizační kritéria jsou převedena na maximalizační tak, že se jednotlivé prvky ve sloupcích minimalizačních kritérií odečtou od maximálního prvku ve sloupci. Tím je pro každou variantu ohodnocení zjištěno, o kolik je podle příslušného kritéria lepší než nejhorší varianta. Dalším krokem je určení ideální a bazální

varianty. Je vytvořena normalizovaná kritériální matice. Pro jednotlivé varianty vypočteme funkci užitku. Varianty jsou pak seřazeny podle klesající hodnoty funkce užitku. Postup metody je rozdělen do následujících kroků:

1) Převedeme minimalizační kritéria na maximalizační. To lze provést tak, že se jednotlivé prvky ve sloupcích minimalizačních kritérií odečtou od maximálního prvku ve sloupci. Dostáváme tak pro každou variantu ohodnocení, které vyjadřuje, o kolik je podle příslušného kritéria lepší než nejhorší varianta. Takto transformovanou kritériální matici budeme pro jednoduchost označovat stále Y (s prvky y_{ij}).

2) Určíme ideální variantu H a bazální variantu D .

3) Vytvoříme normalizovanou kritériální matici R , jejíž prvky získáme pomocí vzorce:

$$r_{ij} = (y_{ij} - D_j) / (H_j - D_j).$$

4) Pro jednotlivé varianty (označme i -tou variantu a_i) vypočteme funkci užitku:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^k v_j r_{ij}, \quad \text{kde } v_j \text{ jsou váhy jednotlivých kritérií.}$$

5) Varianty seřadíme podle klesající hodnoty funkce užitku (BROŽOVÁ a kolektiv, 2003, str. 30, 31)

Dále jsou to metody pro práci s informací o mezní míře substituce kritériálních hodnot:

Tyto metody pracují se speciálním typem informace o preferencích mezi kritérii. Tou je informace o mezní míře substituce mezi kritériálními hodnotami variant. Vychází z ekonomických teorií, kde se pojem substituce používá v teorii chování spotřebitele pro vyjádření vztahu mezi dvěma statky, kterými spotřebitel uspokojuje své potřeby.

Metody pro práci s informací o mezní míře substituce kritériálních hodnot pracují s indifferenční křivkou. Tato křivka je množinou všech bodů, které vyjadřují takové

kombinace kritériálních hodnot, které považuje řešitel z hlediska preference za rovnocenné.
(BROŽOVÁ a kolektiv, 2003. str. 44)

Metoda postupné substituce

Metoda je založena na opakování čtyř posloupných kroků. Při každém cyklu kroků se počet kritérií vždy o jedno sníží. Opakuje se tak dlouho, až zbyde pouze kritérium jediné. V každém cyklu je vždy porovnána dvojice kritérií.

4. Případová studie

4.1 Představení firmy Elkamet

Firma Elkamet s.r.o. je dceřinou společností firmy Elkamet Kunststofftechnik GmbH. Firma Elkamet Kunststofftechnik GmbH je rodinná společnost založená roku 1955 panem Eberhardem Flammerem. Firma má 4 pobočky: Elkamet s.r.o. v České republice, Elkamet Kunststofftechnik GmbH v Německu v obcích Biedenkopfu a v Dautphetal-Wülhelmshütte a Elkamet Inc. V East Flat Rock v Severní Karolíně. Firma má celkem 950 zaměstnanců, z toho 85 učňů a studentů duálního studijního programu „ Studium Plus“, je to program, ve kterém se firmy podílejí na finančních nákladech na vzdělávání studentů. Studenti pak vykonávají ve firmě praxi a po ukončení studia v ní najdou pracovní uplatnění. V dceřiné společnosti Elkamet s.r.o. je v současné době zaměstnáno 250 osob.

Firma Elkamet disponuje vlastním výzkumným a vývojovým zázemím a skládá ze 4 divizí: A, B, C, D. Divize A se zabývá výrobou vysoce funkčních těsnících systémů pro autoskla, jsou to inovativní výrobky, vyráběné přesně dle požadavků zákazníků. Divize B vyvíjí a vyrábí světelné profily pro ozdobné využití v nábytkářském průmyslu a profily pro zasazování písmen světelné reklamy. Divize C je producentem designových částí venkovního osvětlení odolného proti úderu. Toto osvětlení je za použití speciální technologie napařováno kovem a posléze barveno, díky čemuž je odolné proti zažloutnutí. Divize D je nejrozsáhlejší. Vyrábí palivové a hydraulické nádrže z materiálů PA/PE/XPE do užitkových vozů a motocyklů, metodami rotačního tváření a vyfukování. Pro divizi D bude také proveden výběr rotačního stroje.

Firma Elkamet je přímým dodavatelem do automobilového průmyslu. Kvalita je zajištěna certifikátem ISO TS 16949:2009. Dále je pro firmu Elkamet absolutní prioritou ochrana životního prostředí, zajištěná certifikátem ISO 14001:2004 a odpovědný přístup k energetickému managementu, zajištěný certifikátem ISO 50 001.

Rotační tváření je technologie zpracování plastů, umožňující oproti metodám vstřikování nebo vyfukování, výrobu i velkých plastových výrobků. Některé výrobky firmy Elkamet dosahují i dvou metrů. Rotační stroj je tvořen středovým sloupem, na kterém jsou připevněna ramena, množství ramen záleží na zvoleném typu stroje. Tato ramena jsou otočná a procházejí jednotlivými stanovišti kolem středu stroje. Pecí, zchlazovací komorou a

stanovištěm pro manipulaci. Na jednotlivá ramena se nasadí formy, v nichž jsou výrobky formovány. Do forem se nasype potřebné množství plastového materiálu ve formě prachu. Ve firmě Elkamet je zpracováván především vysokohustotní polyethylen. Rameno s formami je otočeno nejprve do pece, v které je zahříváno na potřebnou teplotu a formy na něm se točí dvěma směry – horizontálně a zároveň diagonálně. Vysokou teplotou se prach ve formě roztaví a pohybem forem se rovnoměrně rozlije po jejich vnitřní straně. Teplota potřebná k roztavení a doba nutná k rovnoměrnému rozlití materiálu je u každého výrobku jiná a závisí především na hmotnosti použitého materiálu. U nového výrobku se vždy vychází ze zkušenosti s výrobky stávajícími a úlohou pracovníků technologie je tyto časy co nejlépe optimalizovat, aby nedocházelo k výrobě nekvalitních výrobků. U výrobků je následně kontrolována těsnost natlakováním vodou a měřena tloušťka stěny, která je stanovena zákazníkem a musí být rovnoměrná. Dalším krokem výroby je chlazení forem, které se provádí vodou nebo vzduchem, dle konstrukce stroje. Následně je pracovníky forma otevřena a výrobek vyjmut.

Ve firmě Elkamet jsou v současnosti v provozu tři rotační stroje, jejichž výrobcem je firma SAT – označení (první číslice znamená číslo haly, ve které je stroj umístěn a druhá číslice znamená, v jakém pořadí byl stroj na halu pořízen) 1.1, 1.2, 1.3. Dále jeden stroj od výrobce Polivinil – 1.4 a tři nejnovější stroje od firmy Caccia – 1.6, 2.2, 2.3.

4.2 Identifikace problému

Firma Elkamet je perspektivní firmou nabízející kvalitu a velkou variabilitu výrobků navržených a zhotovených dle specifikace zákazníka. Je to firma s dlouholetou tradicí a know-how. Poptávka po výrobcích je stále vysoká a stávající výrobní kapacita je nedostačující. Nový stroj musí rozšířit stávající výrobní kapacitu a poskytovat možnost výroby co nejširšího portfolia výrobků. V ideálním případě samozřejmě portfolia kompletního. Nový stroj musí být vybrán tak, aby splňoval vícero kritérií. Výrobci rotačních strojů zpracovávajících plasty jsou na Evropském trhu pouze tři. Všem byla rozeslána identická poptávka. Jedná se o italské výrobce firmy Caccia a Polivinil a francouzského výrobce firmu SAT.

4.3 Kritéria

4.3.1 Cena

Nejvíce preferovaným, i když ne směrodatným kritériem je cena. Nákup nového rotačního stroje je velkou finanční investicí. Cenové nabídky byly různorodé. Nejlevnější variantu nabídla firma Caccia – 317.500 EUR, ke kterým je ale nutno připočítat vedlejší náklady: 10.000 EUR za postavení stroje ve firmě Elkamet a technickou podporu a 2.350 EUR za dopravu. Celkem je tedy cena za stroj Caccia 329.850 EUR. Firma Polivinil nabídla stroj ve dvou variantách, lišících se průměrem ramen. Varianta Polivinil 3000 4C je varianta s menším průměrem ramene. Tato varianta byla nabídnuta za 580.000 EUR. Varianta Polivinil 3200 4C s větším průměrem ramene, jak název napovídá 3200 mm, byla nabídnuta za 630.000 EUR. Obě ceny jsou konečné, tedy včetně dopravy a montáže. Poslední nabízený stroj od firmy SAT. Nabídka obsahuje také dvě varianty, lišící se počtem ramen. Jelikož varianta C3003 je varianta pouze se třemi rameny, nebyla do výběru zahrnuta. Tři ramena neumožňují osadit stroj tak velkým počtem forem, jako všechny ostatní varianty, čítající ramena čtyři. Do výběru byla tedy zahrnuta varianta SAT C3004 se 4 rameny. Byla nabídnuta za cenu 574.800 EUR, ke kterým je ale třeba také připočítat vedlejší náklady za dopravu z Francie do České republiky – 11.400 EUR. Nabízená celková cena za stroj SAT C3004 je tedy 586.200 EUR.

4.3.2 Průměr ramene

Druhým nejdůležitějším kritériem je průměr ramene. Toho kritériem je důležité, protože na délce ramene závisí velikost forem, které budou moci být na rameno zavěšeny. Mezi významné odběratele společnosti Elkamet patří také firmy vyrábějící stavební a zemědělské stroje, např. AGCO, Catterpillar. Výrobky pro tyto zákazníky jsou značně rozměrné a je tedy třeba, aby rameno skýtalo dostatečný prostor také pro výrobu těchto výrobků. Jednotlivé nabízené stroje se v průměrech ramen poměrně lišily. Nejmenší průměr, pouze 2.000 mm, tedy dva metry, nabídla firma Caccia. Firma Polivinil nabídla dvě různé rozměrové varianty průměru ramene. Stroj 3000 4C s průměrem tři metry a Polivinil 3200

4C s průměrem dokonce 3,2 metru. Francouzská firma SAT nabídla stroj s průměrem tři metry.

4.3.3 Výkon

Třetím důležitým kritériem v pořadí je pak samozřejmě výkon stroje. Toto kritérium úzce souvisí s odůvodněním kritéria předešlého. Pokud jsou ramena osazena velkými formami nebo větším množstvím forem menších, musí tomu odpovídat výkonost stroje. Nabízené varianty byly taktéž různorodé. Nejnižší výkon nabízí stroj od firmy Caccia – 350 kilowattů, dále varianta stroje 3000 4C od firmy Polivinil – 580 kW, stroj SAT s 600 kW a nejvyšší výkon nabízí stroj od firmy Polivinil 3200 4C – 626 kW.

4.3.4 Poruchovost

Pro potřeby výpočtu nejvhodnější varianty je třeba znát také poruchovost strojů, to znamená, kolik hodin stroj stál v důsledku neplánované odstávky stroje způsobené poruchou. Byla vyhodnocena data strojů, které jsou ve firmě Elkamet v provozu, za roky 2014 a 2015. V oddělení údržby jsou data zaznamenávána. Jejich vyhodnocením byly získány následující výsledky:

Rotační stroje SAT

Porovnání poruchovosti jednotlivých strojů v letech 2014 a 2015. Plánovaná údržba zahrnuje pravidelné kontroly strojů, optimalizace nastavení, doplnění a výměnu maziv apod. Neplánovaná zahrnuje výpadky stroje způsobené opotřebením nebo poruchou stroje.

Stroj SAT 1.1

2014 – 3,58 hodin neplánované údržby, 133,57 hodin údržby bylo plánováno. Stroj byl v provozu celkem 7768 hodin a výpadek způsobený poruchou (3,58 hodiny) činil 0,05 % z tohoto času. 2015 – 16,56 hodin neplánované údržby, 182,43 hodin údržby bylo

plánováno. Stroj byl v provozu celkem 5330,94 hodin a výpadek způsobený poruchou (16,56 hodin) činil 0,31 % z tohoto času. Výpadek stroje 1.1 celkově za oba roky činí 0,18 %.

Stroj SAT 1.2.

2014 – 26,48 hodin neplánované údržby, 147,07 hodin údržby plánované. Stroj byl v provozu celkem 4794 hodin a výpadek způsobený poruchou (26,48 hodin) činil 0,55 % z tohoto času. 2015 – 2,14 hodin neplánované údržby, plánovaných hodin bylo 129,93. Stroj byl v provozu celkem 2554,86 hodin a výpadek způsobený poruchou (2,14 hodin) činil 0,08 % z tohoto času. Výpadek stroje 1.2 celkově za oba roky činí 0,315 %.

Stroj SAT 1.3

2014 – 19,92 hodin neplánované údržby, 104,07 hodin údržby plánované. Stroj byl v provozu celkem 5824 hodin a výpadek způsobený poruchou (19,92 hodin) činil 0,34 % z tohoto času. 2015 – 15,90 hodin neplánované údržby, 96,43 hodin údržby bylo plánováno. Stroj byl v provozu celkem 4652,60 hodin a výpadek způsobený poruchou (15,90 hodin) činil 0,34 % z tohoto času. Výpadek stroje 1.3 celkově za oba roky činí 0,34 %.

Výpadky u strojů SAT celkem jsou tedy průměrně 0,278 %.

Rotační stroj Polivinil

2014 – 27 hodin neplánované údržby, 185,07 hodin údržby bylo plánováno. Stroj byl v provozu celkem 5954,50 hodin a výpadek způsobený poruchou (27 hodin) činil 0,49 % z tohoto času. 2015 – 0,75 hodin neplánované údržby, 60,56 hodin údržby bylo plánováno. Stroj byl v provozu celkem 765,25 hodin a výpadek způsobený poruchou (0,75) činil 0,10 % z tohoto času. Výpadek stroje 1.4 celkově za oba roky činí 0,295 %.

Rotační stroje Caccia

Stroj Caccia 1.6

2014 – 21,64 hodin neplánované údržby, 251,07 hodin údržby plánované. Stroj byl v provozu celkem 6912,12 hodin a výpadek způsobený poruchou (21,64 hodin) činil 0,31 % z tohoto času. 2015 – 28,71 hodin neplánované údržby, 110,43 hodin údržby bylo

plánováno. Stroj byl v provozu celkem 5316,69 hodin a výpadek způsobený poruchou (28,71 hodin) činil 0,53 % z tohoto času. Výpadek stroje 1.6 celkově za oba roky činí 0,42 %.

Stroj Caccia 2.2

2014 – 21,49 hodin neplánované údržby, 167,57 hodin údržby plánované. Stroj byl v provozu celkem 5946 hodin a výpadek způsobený poruchou (21,49 hodin) činil 0,36 % z tohoto času. 2015 – 23,99 hodin neplánované údržby, 278,50 hodin údržby bylo plánováno. Stroj byl v provozu celkem 5969,01 hodin a výpadek způsobený poruchou (23,99 hodin) činil 0,40 % z tohoto času. Výpadek stroje 2.2 celkově za oba roky činí 0,38 %.

Stroj Caccia 2.3

Stroj zakoupen 2014 – tedy 2014 pouze plánovaná údržba v rozsahu 37,20 hodin. Stroj byl v provozu celkem 496 hodin. 2015 – 1,88 hodin neplánované údržby, 275,5 hodin údržby bylo plánováno. Stroj byl v provozu celkem 4477,12 hodin a výpadek způsobený poruchou (1,88 hodin) činil 0,04 % z tohoto času. Výpadek stroje 2.3 celkově za oba roky činí 0,04 %.

Výpadky u strojů Caccia celkem jsou tedy průměrně 0,4 %. (stroj 2.3 nebyl brán v potaz, protože je nový a tím pádem relativně bezporuchový).

Výsledky byly shrnuty v tabulce 2 a vyplývá z nich, že nejméně výpadků mají stroje SAT – 0,278 %, následuje stroj Polivinil 0,295 % a nejhorší výsledek 0,4% byl naměřen u strojů Caccia.

Tabulka 2 výpadky strojů shrnutí - hodiny

stroj	2014		2015	
	provoz	výpadek	provoz	výpadek
1.1	7768	3,58	5330,94	16,56
1.2	4794	26,48	2554,86	2,14
1.3	5824	19,92	4652,60	15,90
SAT celkem	18386	49,98	12538,40	34,60
Polivinil	5954,50	27,00	765,25	0,75
1.6	6912,12	21,64	5316,69	28,71
2.2	5946,00	21,49	5969,01	23,99
2.3	496,00	0,00	4477,12	1,88
Caccia celkem	13354,12	43,13	15762,82	54,58

Zdroj:Elkamet s.r.o., zpracování vlastní

4.3.5 Spotřeba plynu a elektřiny

Dalším důležitým kritériem je energetická náročnost. Firma Elkamet si zakládá na zodpovědnosti k životnímu prostředí a proto jsou tato kritéria také zohledněna při výběru. Data jsou zaznamenávána v oddělení údržby a jejich agregované vyhodnocení je zobrazeno v tabulce 2. Zatímco ve spotřebě elektrické energie nebyl zjištěn zásadní rozdíl, naměřené hodnoty spotřeby plynu byly velmi rozdílné. Velmi nevhodný je stroj Polivinil, jehož spotřeba je přibližně trojnásobkem spotřeby strojů SAT. Spotřeba strojů Caccia je průměrná.

Tabulka 3 spotřeba plynu a elektřiny

stroj -výkon hořáku	Elektřina kW/h	Plyn kW/h
SATS 1.1	105	260
SATS1.2	105	260
SATS1.3	105	260
POLS1.4	125	976
CacciaS1.6	125	650
CacciaS2.2	160	650
CacciaS2.3	160	650

Zdroj:Elkamet s.r.o., zpracování vlastní

4.3.6 Shrnutí jednotlivých variant podle kritérií

Pokud by výběr stroje nebyl řešen jako vícekritériální úloha, ale vždy jen jako výběr dle jednotlivých kritérií, byl by výběr zcela jasný, ale výsledky velice rozdílné. Pokud by například bylo přihlíženo pouze k ceně, jednoznačně by byla preferována nabídka stroje od firmy Caccia. Je to stroj jednoznačně nejlevnější, nabízí ale nejnižší výkon a nejmenší průměr ramene. Možnost osazení stroje velkými výrobky by byla tedy omezena a plánování výroby by bylo složitější, stroj Caccia by byl preferován také při výběru dle kritéria poruchovosti. Stroj SAT je střední cenové hladiny, střední procentuální poruchovosti a vyniká ve spotřebě. Pokud bychom preferovali spotřebu plynu nebo elektřiny, pak by stroj od firmy SAT byl tou nejlepší volbou. Výkon a průměr ramene jsou také středních hodnot. Nabídky od firmy Polivinil se odvíjí od velikosti (průměru) ramene. Varianta 3200 4C nabízí nejvíce prostoru ze všech nabízených variant a vyniká největším výkonem ze všech strojů, na druhou stranu je nejdražší, má největší poruchovost a největší spotřebu plynu. Nabídka druhé varianty firmy Polivinil, 3000 4C je srovnatelná s nabídkou SAT. Mají stejný průměr ramene, srovnatelný výkon i cenu, Polivinil 3000 4C ale za nabídkou SAT zaostává v poruchovosti a spotřebě. Pokud bychom tedy vybírali pouze mezi těmito dvěma variantami, výsledek by byl jednoznačně ve prospěch nabídky od firmy SAT.

Všechna shromážděná data byla shrnuta v tabulce 4.

Tabulka 4 varianty - shrnutí

Stroj	cena EUR včetně dopravy	poruchovost %	spotřeba plynu kW/h	spotřeba el. energie kW/h	výkon kW	průměr ramene mm
SAT C3004	586 200	0,295	260	105	600	3000
Polivinil 3200 4C	630 000	0,4	976	125	626	3200
Polivinil 3000 4C	580 000	0,4	976	125	580	3000
Caccia 4 arms	329 850	0,278	650	160	350	2000

4.4 Výběr stroje

4.4.1 Přidělení preferencí

Hodnoty preferencí byly stanoveny na základě tabulky 1- Saatyho, protože ale žádné z kritérií není absolutně preferováno, byly pro rozlišení preferencí použity také mezistupně: 2 – minimální preference, 4- slabá až středně silná preference, a 6- středně silná až silná preference. Nejdůležitějším kritériem je cena, je preferována před ostatními kritérii, minimálně vůči průměru ramene, slabě vůči výkonu, slabě až středně silně vůči poruchovosti, středně silně před spotřebou plynu a středně silně až silně vůči spotřebě elektrické energie. Na druhém místě v preferencích je kritérium průměr ramene, je preferováno slabě vůči poruchovosti, minimálně vůči výkonu a středně silně vůči spotřebám plynu a elektrické energie. Třetí důležité kritérium je výkon. Je preferován minimálně vůči poruchovosti, slabě vůči spotřebě elektrické energie a slabě až středně silně vůči spotřebě plynu. Čtvrté kritérium – poruchovost je preferován slabě před spotřebami. Na posledním místě jsou spotřeby, přičemž spotřeba elektrické energie je slabě preferována před spotřebou plynu.

Pro zjednodušení a zpřehlednění byly jednotlivým kritériím přiřazeny zkratky K1 – K6:

Cena – K1

Poruchovost – K2

Spotřeba plynu – K3

Spotřeba el. energie – K4

Výkon – K5

Průměr ramene – K6

Tabulka 5 přidělení preferencí

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	geom.pr	váha
K1	1	4	6	5	3	2	2,994	0,376808
K2	1/4	1	3	3	1/2	1/3	0,8492	0,106875
K3	1/6	1/3	1	1/2	1/4	1/5	0,334	0,042035
K4	1/5	1/3	2	1	1/3	1/5	0,455	0,057264
K5	1/3	2	4	3	1	1/2	1,2599	0,158564
K6	1/2	3	5	5	2	1	2,0536	0,258454
							7,9457	1

4.4.2 Určení povahy kritérií

Dalším krokem je určení povahy kritérií. Povaha může být minimalizační nebo maximalizační, podle toho, jakou hodnotu kritéria požadujeme. Cena je jednoznačně kritériem minimalizačním, požadovaná ideální hodnota je minimální, stejně tak jsou minimalizační kritériem poruchovost, a kritéria spotřeb. Maximální je požadován výkon a průměr ramene.

Tabulka 6 přiřazení minimalizační a maximalizační povahy kritérií

Stroj	cena EUR včetně dopravy	poruchovost %	spotřeba plynu kW/h	spotřeba el. energie kW/h	výkon kW	průměr ramene mm
SAT C3004	586 200	0,295	260	105	600	3000
Polivinil 3200 4C	630 000	0,4	976	125	626	3200
Polivinil 3000 4C	580 000	0,4	976	125	580	3000
Caccia 4 arms	329 850	0,278	650	160	350	2000
Povaha	min	min	min	min	max	max
Váha	0,376808	0,106875	0,042035	0,057264	0,158564	0,258454

4.4.3 Určení ideální a bazální varianty

Pro další výpočty je třeba také určit ideální a bazální variantu pro jednotlivá kritéria. Bazální varianta je variantou nejhorší možnou, je tedy pro každé kritérium vybrána nejhorší nabídnutá možnost. Varianta ideální je variantou nejlepší, pro tu je tedy vybrána nejlepší nabídka pro každé jednotlivé kritérium. Výsledek je tedy kombinací nabídek. Ideálně by stroj stál 329.850 EUR, měl poruchovost 0.278 %, což jsou hodnoty stroje Caccia, měl by spotřebu plynu 260 kW/h a spotřebu elektrické energie 105 kW/h, hodnoty odpovídající stroji SAT, a dále by měla ideální varianta parametry stroje Polivinil 3200 4C- výkon 626 kW a průměr ramene 3200 mm.

Varianta bazální, tedy nejhorší by měla cenu 630.000 EUR, poruchovost 0,4 % a spotřebu plynu 976 kW/h stejně jako stroj Polivinil 3200 4C a spotřebu elektrické energie 160 kW/h, výkon 350 kW a průměr ramene 2000 mm, tedy parametry stroje Caccia.

Tabulka 7 bazální a ideální varianta

	cena EUR včetně dopravy	poruchovost %	spotřeba plynu kW/h	spotřeba el. energie kW/h	výkon kW	průměr ramene mm
bazální varianta	630 000	0,4	976	160	350	2000
ideální varianta	329 850	0,278	260	105	626	3200

5. Výsledky

5.1. Výpočet metodou váženého součtu

První metodou výpočtu byla zvolena metoda váženého součtu. Tato metoda vyžaduje kardinální informace, kriteriální matici a vektor vah kritérií. Pro každou variantu je konstruováno celkové hodnocení, takže lze určit nejvýhodnější variantu a také je možné seřadit jednotlivé varianty do nejvýhodnější po tu výhodnou nejméně. Metoda váženého součtu je speciálním případem metody funkce užitku, jejím principem je maximalizace užitku. Celkový užitek je vyjádřen váženým součtem hodnot dílčích funkcí užitku. Touto metodou bude tedy vybrána varianta s maximálním užitekem.

Vypočteme hodnoty standardizované kriteriální matice:

Tabulka 8 dílčí užitky

Stroj	cena EUR včetně dopravy	poruchovost %	spotřeba plynu kJ	spotřeba el. energie kW/h	výkon kW	průměr ramene mm
SAT C3004	0,1459	0,8607	1,0000	1,0000	0,9058	0,8333
Polivinil 3200 4C	0,0000	0,0000	0,0000	0,6364	1,0000	1,0000
Polivinil 3000 4C	0,1666	0,0000	0,0000	0,6364	0,8333	0,8333
Caccia 4 arms	1,0000	1,0000	0,4553	0,0000	0,0000	0,0000

Pro každou variantu stanovíme hodnotu agregované funkce užitku a získáme pořadí variant:

Tabulka 9 agregace užitků

Stroj	agregované funkce užitku	pořadí
SAT C3004	0,6053	1
Polivinil 3200 4C	0,4535	3
Polivinil 3000 4C	0,4467	4
Caccia 4 arms	0,5028	2

Výsledek metody váženého součtu

Hodnocení variant metodou váženého součtu je velice vyrovnané. Je to způsobeno tím, že ani jedna varianta není dominantní a ani jedno kritérium není výrazně preferováno před ostatními a zároveň každý ze strojů je v některých kritériích lepší než ostatní varianty. Dle metody váženého součtu přinese maximální užitek stroj SAT C3004, na druhém místě stroj Caccia a jako nejméně výhodné se ukázaly obě nabídky od firmy Polivinil.

5.2 Výpočet metodou bazické varianty

Srovnání provedeme metodou bazické varianty. Jako bazickou variantu rozumíme v tomto případě vždy tu nejlepší variantu pro každé jednotlivé kritérium. Metoda byla zvolena z toho důvodu, že je také metodou užitkovou, stejně jako metoda váženého součtu. Výsledkem bude tedy varianta s nejlepším užitekem. Pro zjednodušení byly jednotlivé stroje nahrazeny zkratkami:

V1 – SAT C3004

V2 – Polivinil 3200 4C

V3 – Polivinil 3000 4C

V4 – Caccia 4 arms

Stanovíme dílčí hodnocení variant podle toho, zda se jedná o kritérium výnosového či nákladového typu. Nákladová kritéria jsou cena, poruchovost, spotřeba plynu a elektrické energie, tedy K1 - K4, výnosová jsou pak kritéria výkon K5 a průměr ramene K6. Nejlepší variantou nákladového kritéria je varianta nejnižší a nejlepší variantou kritéria výnosového je varianta nejvyšší.

Tabulka 10 dílčí ohodnocení variant

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Váhy	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Nejlepší varianta	329850	0,278	260	105	626	3200
V1	0,5627	0,9424	1,0000	1,0000	0,9585	0,9375
V2	0,5236	0,6950	0,2664	0,8400	1,0000	1,0000
V3	0,5687	0,6950	0,2664	0,8400	0,9265	0,9275
V4	1,0000	1,0000	0,4000	0,6563	0,5591	0,6250

Dílčí hodnocení variant vynásobíme váhami kritérií z tabulky 5 – přidělení preferencí. Získáme dílčí užítky variant a jejich součtem pak celkový užitek jednotlivých variant.

Tabulka 11 dílčí a celkové užítky variant

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Suma	Pořadí
SAT C3004	0,2120	0,1007	0,0420	0,0573	0,1520	0,2423	0,8063	1.
Polivinil 3200 4C	0,1973	0,0743	0,0112	0,0481	0,1586	0,2585	0,7480	3.
Polivinil 3000 4C	0,2143	0,0743	0,0112	0,0481	0,1469	0,2423	0,7371	4.
Caccia 4 arms	0,3768	0,1069	0,0168	0,0376	0,0887	0,1615	0,7883	2.

Výsledek metody bazické varianty

Srovnání metodou bazické varianty, tedy srovnání jednotlivých variant s nejlepší variantou ukázalo také, že jsou nabídky velice vyrovnané. Každá varianta má svá silná kritéria, v kterých je nejlepší. Znovu tedy vyšla jako nejvýhodnější varianta od francouzské firmy SAT C3004, na druhém místě stroj Caccia a dále varianta od firmy Polivinil C3200

4C, která se ukázala být výhodnější než varianta C3000 4C, i když je výsledek opět velice těsný.

6.Závěr

Cílem práce bylo pomoci firmě Elkamet s výběrem nového stroje. Bylo provedeno nabídkové řízení a následně byly nabídky a parametry získané vyhodnocením dosavadního provozu strojů od stejných výrobců porovnány metodami vícekritériálního hodnocení.

Použití metod váženého součtu a bazické varianty přineslo stejný výsledek. Na prvním místě se umístil stroj SAT C3004, stroj je nejlepší pouze v kritériích spotřeby, která jsou však preferována nejméně. Výsledek může z toho důvodu být tedy překvapením, pokud se ale podíváme na kritéria ostatní, nejsou nejlepší, ale jsou jen lepším průměrem.

Na druhém místě by bylo možné doporučit stroj Caccia, který je absolutně nejlepší v kritériu cena, které je preferováno před ostatními kritérii, ale stroj je podprůměrný ve dvou dalších důležitých kritériích, ve výkonu a v průměru ramene.

Stroj 3200 4C od firmy Polivinil se umístil na třetím místě. Je nejlepší v kritériích výkon a průměr ramene, avšak je zároveň je nejdražší ze všech nabízených variant a také nejhorší v kritériích poruchovosti a spotřebě plynu, což ho posunulo až za nabídky konkurenčních firem.

Na posledním místě je stroj 3000 4C Polivinil, který není ani v jednom kritériu lepší než ostatní nabídky.

Jednoznačně lze doporučit jako nejvýhodnější řešení nabídku francouzské firmy SAT.

Seznam použitých zdrojů

- BROŽOVÁ, Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT. *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Praha: Credit, 2003. ISBN 978-80-213-1019-3.
- THOMAS L. SAATY AND LUIS G. VARGAS. *Models, methods, concepts*. S.l.: Springer, 2013. ISBN 978-146-1356-677
- RAMÍK, Jaroslav. *Vícekriteriální rozhodování - analytický hierarchický proces (AHP)*. Karviná: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta, 1999. ISBN 978-807-2480-470.
- FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010. ISBN 978-808-6929-590.
- BAY, Rolf H. *Úspěšný cílový management: (základy cílového managementu pro vedoucí pracovníky)*. Praha: Grada, 1997. ISBN 978-807-1693-604.
- ZHANG, Guangquan, Jie Lu a YA GAO, *Multi-Level Decision Making*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg 2015. ISBN 978-3-662-46059-7
- EDITED BY BRUCE L. GOLDEN, EDWARD A. WASIL a PATRICK T. HARKER. *The Analytic Hierarchy Process Applications and Studies*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1989. ISBN 978-364-2502-446
- SOMMERHÄUSER, Gereon. *Unterstützung bankbetrieblicher Entscheidungen mit dem Analytic-Hierarchy-Process: unter besonderer Berücksichtigung der Vertriebsformenwahl bei Kreditinstituten*. Berlin: Duncker, c2000. ISBN 34-281-0294-0.
- ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. 2. upravené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2015. ISBN 978-807-3805-630.
- HWANG, Ching-Lai a Kwangsun YOON. *Lecture notes in economics and mathematical systems: multiple attribute decision making : methods and application*. Berlin, Germany: Springer Verlag, 1981. ISBN 978-354-0105-589.
- FOTR, J., DĚDINA, J., HRŮZOVÁ, H. *Manažerské rozhodování*. Praha: EKOPRESS, 2003. 250 s. ISBN 80-86119-69-6.
- FIALA, Petr. *Modely a metody rozhodování*. 3., přeprac. vyd. V Praze: Oeconomica, 2013. ISBN 978-80-245-1981-4.
- FIALA, P., JABLONSKÝ, J., MAŇAS, M. *Vícekriteriální rozhodování*. Praha: VŠE, 1994. 316 s. ISBN 80-7079-748-7.

DOSTÁL, Petr, Karel RAIS a Zdeněk SOJKA. *Pokročilé metody manažerského rozhodování: konkrétní příklady využití metod v praxi*. Praha: Grada, 2005. Expert (Grada). ISBN 80-247-1338-1

EKEL, Petr, ROBERTA PARREIRAS AND WITOLD PEYCZ. *Fuzzy multicriteria decision-making models, methods and applications*. Hoboken, N.J: Wiley, 2013. ISBN 11-199-5738-9

ZHANG, Xiaolu and Zeshui Xu. *Hesitant fuzzy methods for multiple criteria decision analysis*. Springer International Publishing Switzerland, 2017. ISBN 978-331-9420-004

MARTIN GERARD ROGERS a MICHAEL BRUEN AND LUCIEN-YVES

MAYSTRE. *ELECTRE and decision support: methods and applications in engineering and infrastructure investment*. New York: Springer, 2011. ISBN 978-144-1951-083

FIGUEIRA, José., Salvatore. GRECO a Matthias. EHRGOTT. *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*. New York: Springer, c2005. ISBN 03-872-3067-X

JAYASWAL, Bijay, PETER C. PATTON a ERNEST H. FORMAN. *The analytic hierarchy process (AHP) in software development*. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 2007. ISBN 978-013-2351-355.

Internetové zdroje:

Elkamet GmbH [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.elkamet.com/de/>

Caccia Enineering [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z:

<http://www.cacciaengineering.com/>

Sat Equipements thermiquees industriels [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z:

<http://www.sat-thermique.com/>

Rotomachinery group [online]. [cit. 2014-02-13] Dostupné z:

<http://www.rotomachinery.com/>

KLICNAROVÁ, Jana. Vícekriteriální hodnocení variant. In: home.ef.jcu.cz [online] 2010 [cit. 2017-03-04]. Dostupné z: http://home.ef.jcu.cz/~janaklic/oa_zsf/VHV_II.pdf.

OLIVKOVÁ, Ivana. Aplikace metod vícekriteriálního rozhodování při hodnocení kvality veřejné dopravy In: pnerscontacts.upce.cz [online]. Listopad 2011 [cit. 2017-03-04].

Dostupné z:http://pnerscontacts.upce.cz/23_2011/Olivkova.pdf

SHIH, Hsu-Shih, Huan-Jyh SHYUR a E. Stanley LEE. An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and Computer Modelling* [online]. 2007, **45**(7-8), 801-813 [cit. 2017-03-10]. DOI: 10.1016/j.mcm.2006.03.023. ISSN 08957177. Dostupné z:

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0895717706003025>

BOROVCOVÁ, Martina. 5. mezinárodní konference Řízení a modelování finančních rizik Ostrava VŠB-TU Ostrava, Ekonomická fakulta, katedra Financí 2010 [online]. [cit. 2017-03-12]. Dostupné z: https://www.ekf.vsb.cz/export/sites/ekf/rmfr/.content/galerie-dokumentu/2014/plne-zneni-prispevku/Borovcova.Martina_1.pdf

Seznam obrázků

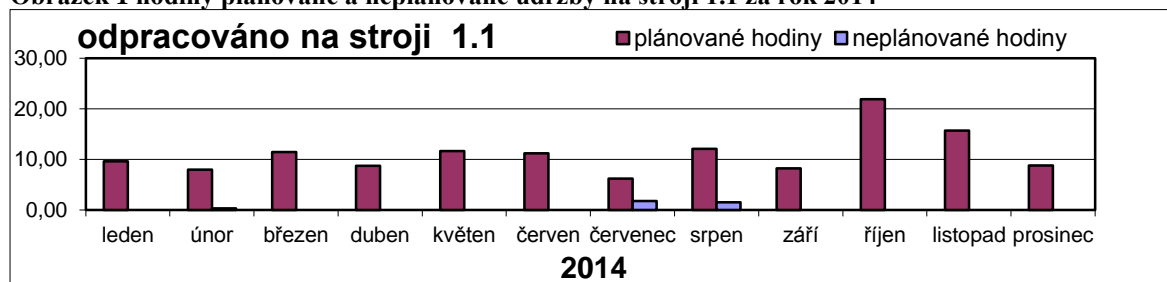
Obrázek 1 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.1 za rok 2014	53
Obrázek 2 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.1 za rok 2015	53
Obrázek 3 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.2 za rok 2014	53
Obrázek 4 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.2 za rok 2015	54
Obrázek 5 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.3 za rok 2014	54
Obrázek 6 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.3 za rok 2015	54
Obrázek 7 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.4 za rok 2014	54
Obrázek 8 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.4 za rok 2015	55
Obrázek 9 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.6 za rok 2014	55
Obrázek 10 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.6 za rok 2015	55
Obrázek 11 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 2.2 za rok 2014	55
Obrázek 12 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 2.2 za rok 2015	56
Obrázek 13 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 2.3 za rok 2014	56
Obrázek 14 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 2.3 za rok 2015	56
Obrázek 15 lay out rotačního stroje SAT, 4 ramena, 7 stanic	57
Obrázek 16 lay out rotačního stroje Caccia – 4 ramena, 6 stanic	58
Obrázek 17 lay out rotačního stroje Polivinil, 4 ramena, 7 stanic	59

Seznam tabulek

Tabulka 1 hodnotící škála preferencí	22
Tabulka 2 výpadky strojů shrnutí - hodiny	39
Tabulka 3 spotřeba plynu a elektřiny	39
Tabulka 4 varianty - shrnutí	40
Tabulka 5 přidělení preferencí	42
Tabulka 6 přiřazení minimalizační a maximalizační povahy kritérií	42
Tabulka 7 bazální a ideální varianta	43
Tabulka 8 dílčí užítky	44
Tabulka 9 agregace užitek	45
Tabulka 10 dílčí ohodnocení variant	46
Tabulka 11 dílčí a celkové užítky variant	46

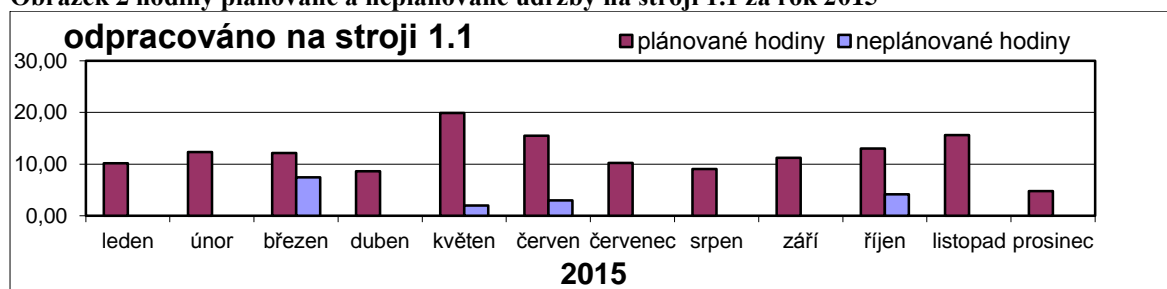
Přílohy

Obrázek 1 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.1 za rok 2014



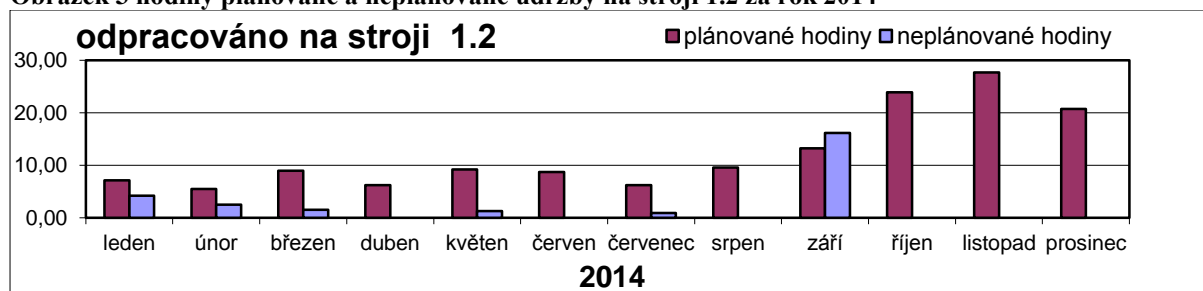
Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování

Obrázek 2 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.1 za rok 2015



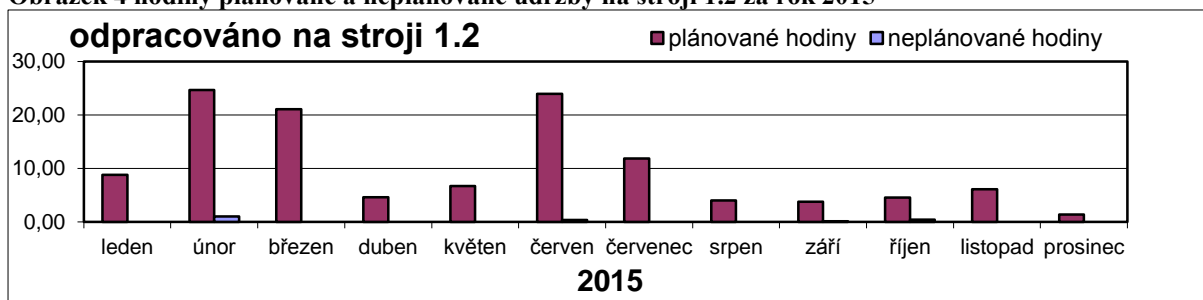
Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování

Obrázek 3 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.2 za rok 2014



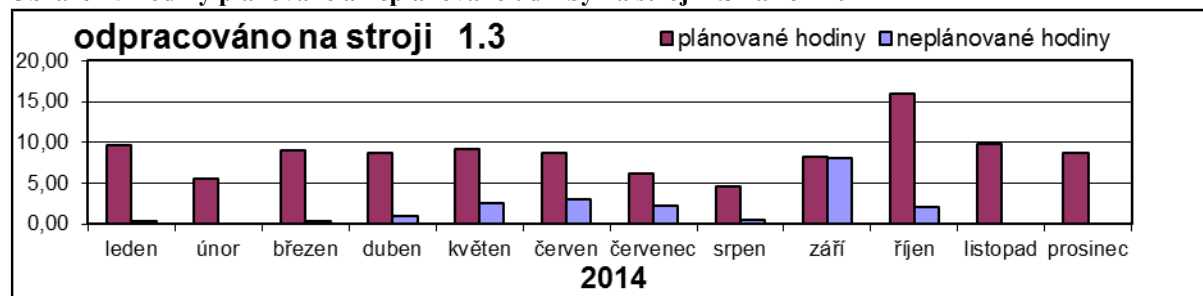
Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování

Obrázek 4 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.2 za rok 2015



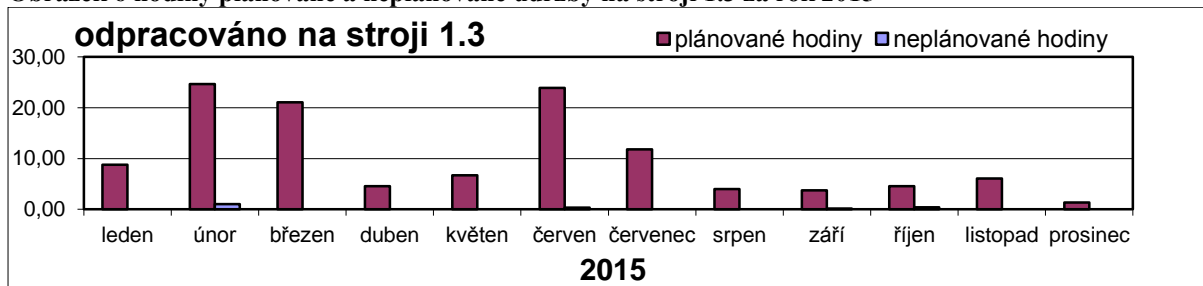
Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování

Obrázek 5 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.3 za rok 2014



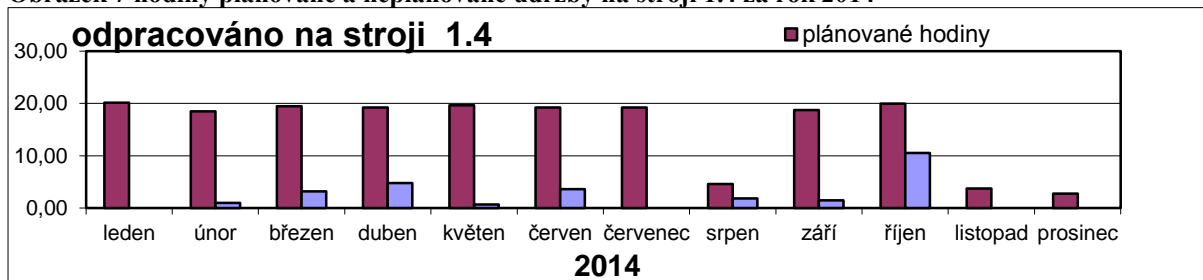
Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování

Obrázek 6 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.3 za rok 2015



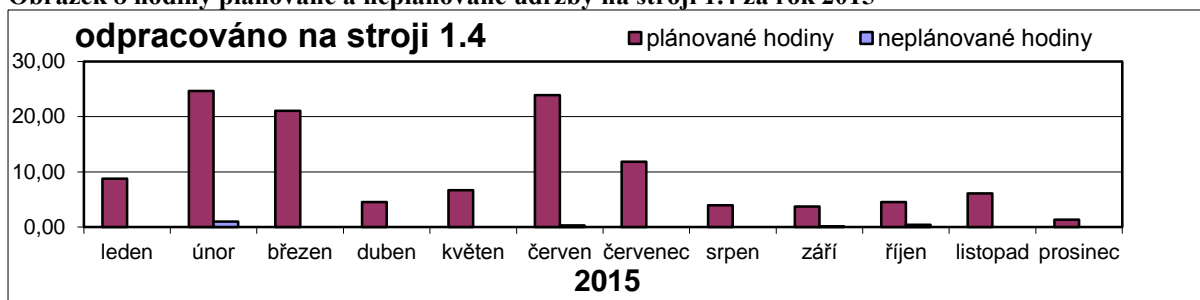
Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování

Obrázek 7 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.4 za rok 2014



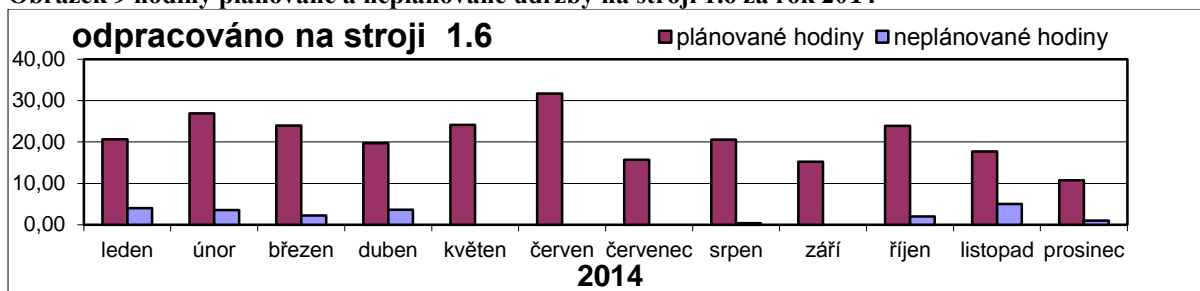
Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování

Obrázek 8 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.4 za rok 2015



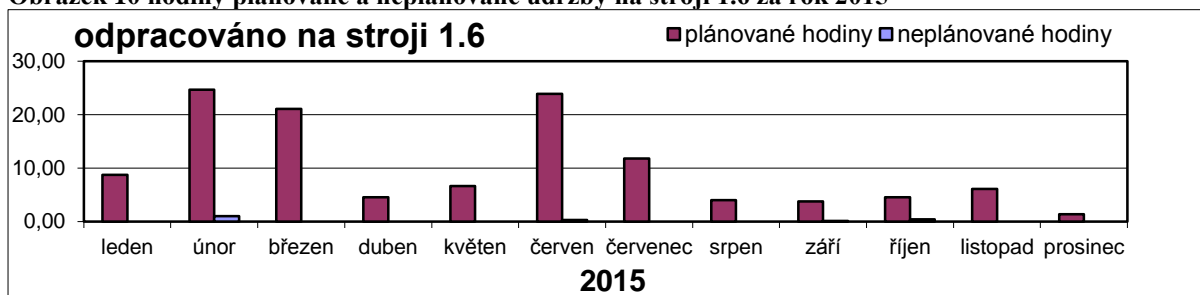
Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování

Obrázek 9 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.6 za rok 2014



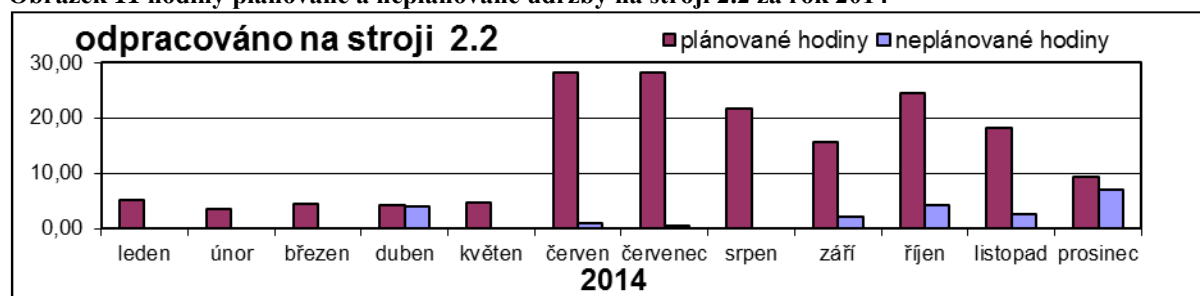
Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování

Obrázek 10 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 1.6 za rok 2015



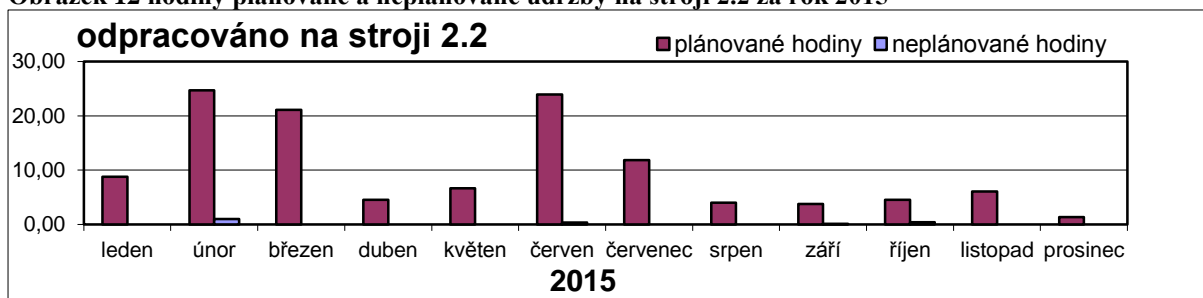
Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování

Obrázek 11 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 2.2 za rok 2014



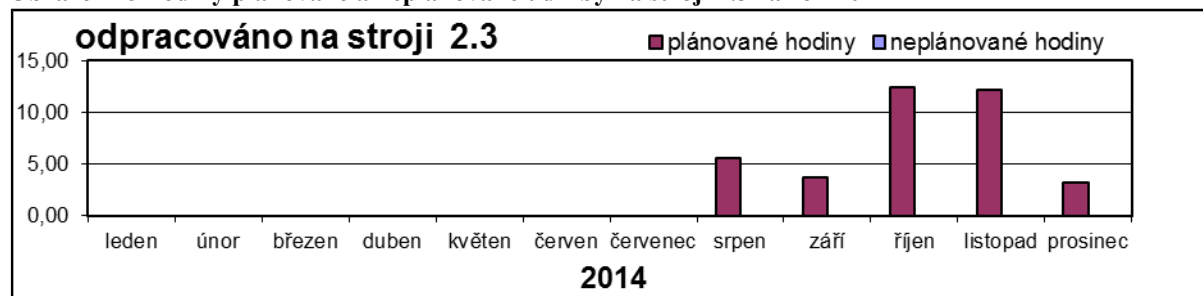
Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování

Obrázek 12 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 2.2 za rok 2015



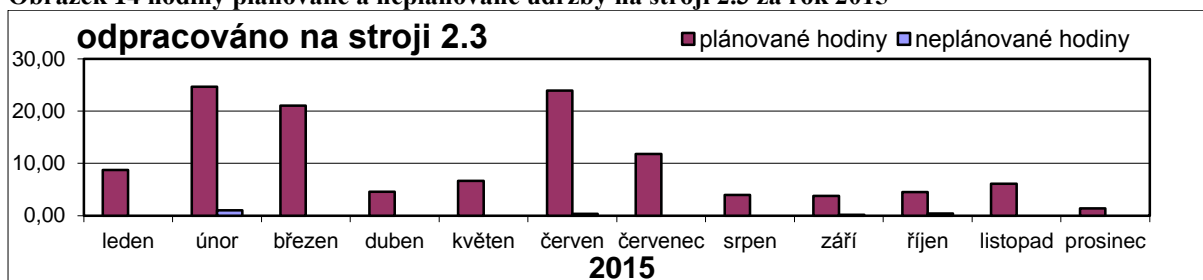
Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování

Obrázek 13 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 2.3 za rok 2014

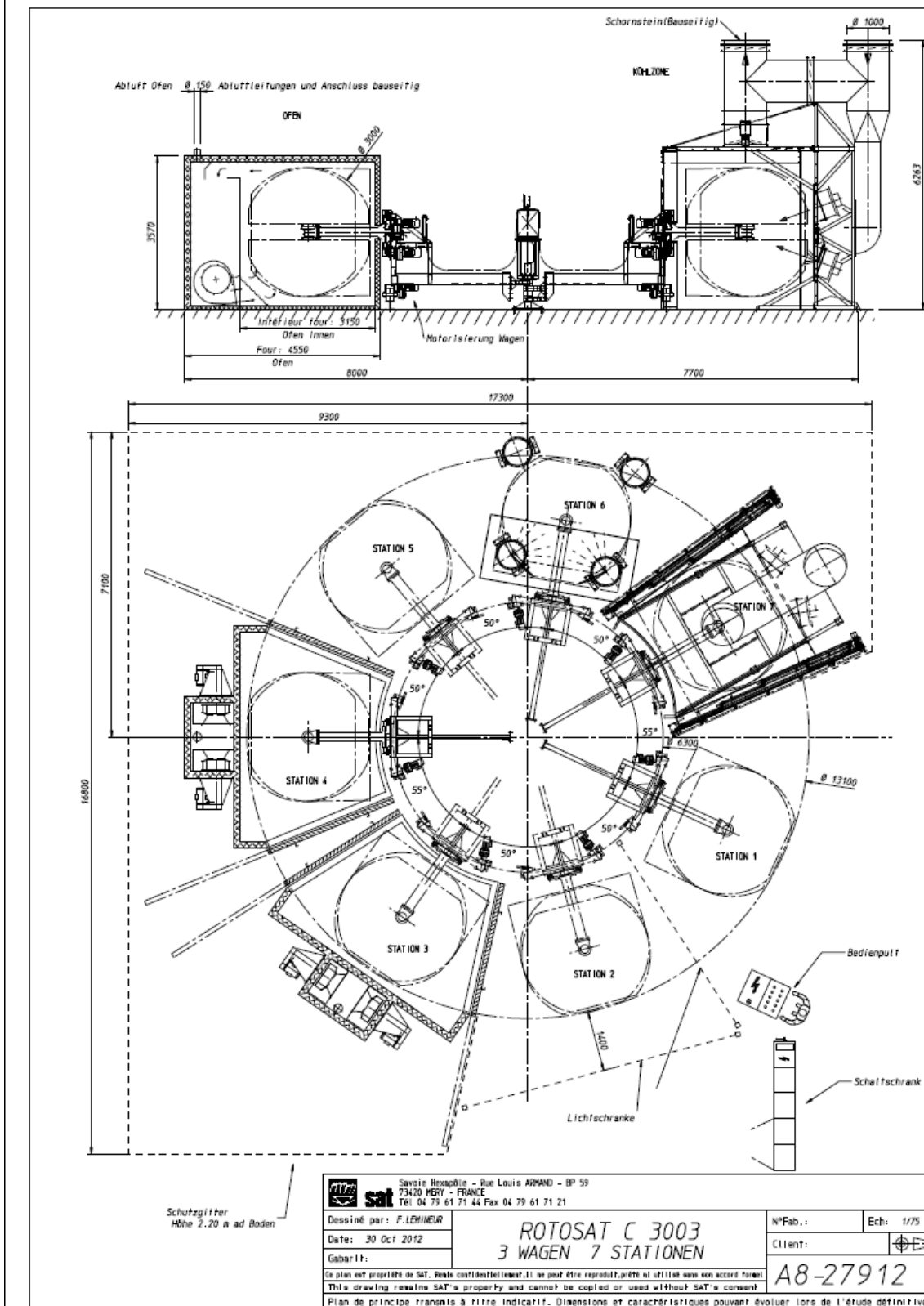


Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování

Obrázek 14 hodiny plánované a neplánované údržby na stroji 2.3 za rok 2015



Zdroj: Elkamet s.r.o., vlastní zpracování



Obrázek 15 lay out rotačního stroje SAT, 4 ramena, 7 stanic
 Zdroj: firma SAT Mery, France

