Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství

Diplomová práce

Rozhodování o trolejbusech na linkách MHD

Marek Hampl

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Marek Hampl

Systémové inženýrství

Název práce

Rozhodování o trolejbusech na linkách MHD

Název anglicky

Decision-making on trolleybuses on public transport lines

Cíle práce

Cílem diplomové práce je prostřednictvím metod vícekriteriálního rozhodování vybrat vhodný trolejbus na základě veřejné zakázky pro nákup na zvolenou linku provozovatele veřejné dopravy v Praze – Dopravního podniku hlavního města Prahy, a.s.

Metodika

Literární rešerše je založena na komparaci teoretických poznatků jednotlivých autorů, kteří se zabývají problematikou rozhodování a veřejných zakázek.

Praktická část bude složena ze dvou hlavních částí. První část bude zaměřena na představení DP, budou analyzovány směrnice o veřejných zakázkách a o investicích v DP. Ve druhé části bude provedena na základě reálných dat analýza variant trolejbusů pomocí modelů vícekriteriálního rozhodování. Na základě výsledků bude vybrána kompromisní varianta a pomocí syntézy bude proveden ucelený přehled včetně doporučení k realizaci pro DP.

Doporučený rozsah práce

80

Klíčová slova

rozhodování, vícekriteriální analýza variant, parciální trolejbus, veřejná zakázka, investice

---

Doporučené zdroje informací

BROŽOVÁ, H. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA OPERAČNÍ A SYSTÉMOVÉ ANALÝZY. *Rozhodovací modely.* V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2005. ISBN 80-213-1390-0.

BROŽOVÁ, H. – HOUŠKA, M. – ŠUBRT, T. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA, – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA OPERAČNÍ A SYSTÉMOVÉ ANALÝZY. *Modely pro vícekriteriální rozhodování.* Praha: Credit, 2009. ISBN 978-80-213-1019-3.

FIALA, P. – VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE. FAKULTA INFORMATIKY A STATISTIKY. *Modely a metody rozhodování.* V Praze: Oeconomica, 2003. ISBN 80-245-0622-.

KRUTÁK, T. – KRUTÁKOVÁ, L. – GERYCH, J. – ČESKO. ZÁKON O ZADÁVÁNÍ VEŘEJNÝCH ZAKÁZEK (2016, NOVELA 2019). *Zákon o zadávání veřejných zakázek s komentářem k 1.9.2020.* Olomouc: ANAG, 2020. ISBN 978-80-7554-280-9.

ŠUBRT, T. *Ekonomicko-matematické metody.* Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-7380-563-0.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – PEF

Vedoucí práce

prof. RNDr. Helena Brožová, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 16. 11. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Rozhodování o trolejbusech na linkách MHD" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31. 3. 2023 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval prof. RNDr. Heleně Brožové, CSc. za odborné vedení a užitečné rady při zpracování diplomové práce a své rodině za velkou morální podporu. Rád bych také poděkoval Ing. Marcelu Heverlovi za poskytnutí potřebných informací pro zpracování praktické části.

Rozhodování o trolejbusech na linkách MHD

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá řešením rozhodovacího problému týkající se sektorové nadlimitní veřejné zakázky, jejímž předmětem je nákup 20 kusů parciálních trolejbusů na vybrané linky MHD pro provozovatele veřejné dopravy v Praze – Dopravního podniku hlavního města Prahy, a.s.

Teoretická východiska vysvětlují základy problematiky rozhodování, odlišné názory a přístupy autorů k této problematice. Jsou zde popsány termíny, které se týkají rozhodování: základní prvky rozhodování, rozhodovací modely, metody stanovení vah kritérií, metody výběru kompromisní varianty a zásady a druhy veřejných zakázek, které se řídí zákonem o veřejných zakázkách č. 134/2016 Sb.

Praktická část je navržena podle Simonova rozhodovacího procesu. V první fázi Intelligence dochází k představení podniku a jeho činností, ekonomickému zhodnocení podniku, analýze a syntéze Interních dokumentů podniku zabývajícími se veřejnými zakázkami. V následující fázi Design je představeno spektrum variant parciálních trolejbusů včetně jejich parametrů, specifikace kritérií a jejich následovné stanovení vah pomocí vhodné metody. V závěrečné fázi Choice dochází k výběru kompromisní varianty pomocí vhodných metod, ekonomické analýze, interpretaci výsledků směrem k rozhodování Dopravního podniku.

Klíčová slova: rozhodování, vícekriteriální analýza variant, kritérium, varianta, váha, parciální trolejbus, veřejná zakázka, investice, AHP, TOPSIS

Decision-making on trolleybuses on public transport lines

Abstract

This thesis deals with the solution of a decision-making problem related to a sectoral over-limit public contract, the subject of which is the purchase of 20 units of partial trolleybuses for selected public transport lines for the operator of public transport in Prague – Dopravní podnik hlavního města Prahy, a.s.

The theoretical part explains the basics of decision-making, different opinions and approaches of the authors to this issue. The terms related to decision-making are described: basic elements of decision-making, decision-making models, methods of determining criteria weights, methods of selecting compromise options and principles and types of public procurement governed by the Public Procurement Act No. 134/2016 Coll.

The practical part is designed according to Simon's decision-making process. In the first phase of Intelligence there is an introduction of the company and its activities, an economic evaluation of the company, analysis and synthesis of the company's internal documents dealing with public procurement. In the following Design phase, a spectrum of partial trolleybus variants is presented, including their parameters, the specification of criteria and their subsequent weighting using an appropriate method. In the final Choice phase, a compromise variant is selected using appropriate methods, economic analysis, interpretation of the results towards the decision making of the Transport Undertaking.

Keywords: decision-making, multi-criteria analysis of variants, criterion, variant, weight, partial trolleybus, public procurement, investment, AHP, TOPSIS

Obsah

1 Úvod ... 10

2 Cíl práce a metodika ... 12

2.1 Cíl práce ... 12

2.2 Metodika ... 12

3 Teoretická východiska ... 15

3.1 Rozhodování ... 15

3.1.1 Rozhodovací proces ... 16

3.2 Základní prvky rozhodování ... 18

3.2.1 Varianta ... 18

3.2.1.1 Grafické znázornění ... 19

3.2.2 Kritérium ... 20

3.3 Rozhodovací modely ... 23

3.3.1 Klasické modely ... 24

3.3.2 Vícekriteriální modely ... 24

3.4 Metody stanovení vah kritérií ... 25

3.4.1 Stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferenci kritériích ... 26

3.4.1.1 Metoda pořadí ... 26

3.4.1.2 Metoda Fullerova trojúhelníku ... 27

3.4.2 Stanovení vah kritérií z kardinální informace o preferenci kritériích ... 28

3.4.2.1 Bodovací metoda ... 29

3.4.2.2 Saatyho metoda ... 29

3.5 Metoda výběru kompromisních variant ... 31

3.5.1 Metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií ... 33

3.5.2 Metody vyžadující aspirační úroveň kritérií ... 33

3.5.3 Metody vyžadující ordinální informaci ... 34

3.5.4 Metody vyžadující kardinální informaci ... 34

3.5.4.1 Metoda váženého součtu ... 35

3.5.4.2 Metoda AHP ... 36

3.5.4.3 Metoda TOPSIS ... 38

3.6 Veřejné zakázky ... 39

3.6.1 Zásady zadávání veřejných zakázek ... 41

3.6.2 Druhy veřejných zakázek ... 41
3.6.3 Zadávací řízení ... 43

4 Vlastní práce ... 45
4.1 The Intelligence ... 45
4.1.1 Úvod do problematiky ... 45
4.1.2 Charakteristika podniku a jeho historie ... 46
4.1.3 Základní identifikační údaje o DP ... 50
4.1.4 Ekonomika společnosti ... 50
4.1.4.1 Výsledek hospodaření ... 50
4.1.4.2 Investice v roce 2021 ... 51
4.1.5 Struktura podniku ... 51
4.1.5.1 Orgány DP ... 52
4.1.6 Trolejbusová síť ... 52
4.1.7 Zadávání veřejných zakázek v DP ... 55
4.2 The Design ... 60
4.2.1 Navrhované varianty ... 60
4.2.2 Aspirační úrovně kritérií ... 73
4.2.3 Výběr a stanovení vah kritérií ... 75
4.2.4 Zhodnocení jednotlivých variant dle kritérií ... 79
4.3 The Choice ... 80
4.3.1 Výběr kompromisní varianty ... 80
4.3.1.1 Metoda TOPSIS ... 81
4.3.1.2 Metoda AHP ... 82

5 Výsledky a diskuze ... 84

6 Závěr ... 88

7 Seznam použitých zdrojů ... 91

8 Seznam obrázků, tabulek, matic, grafů a zkratek ... 95
8.1 Seznam obrázků ... 95
8.2 Seznam tabulek ... 95
8.3 Seznam matic ... 97
8.4 Seznam grafů ... 97
8.5 Seznam použitých zkratek ... 97

Přílohy ... 98

1 Úvod

Rozhodovat se, umět se rozhodovat v sofistikovaných situacích racionálně, dělat správná a kvalitní rozhodnutí odpovědně, to vše je pouze stručný výčet aktivit, se kterými společnost přichází každý den do kontaktu.

Většina rozhodovacích problémů, které se týkají jednotlivce např. manažera, studenta, řidiče nebo skupiny, např. rodina, školní třída, bývá řešena na základě vlastní intuice. Tento přístup k rozhodování je vhodný zejména u problémů, kde výběr jiného, než nejlepšího řešení nezpůsobí zásadní škodu. Co dělat v případě, kdy se jedná o problém složitějšího charakteru a rozhodnutí podle vlastní intuice není snadné a má důsledek do budoucnosti? V případě dobře strukturovaných problémů se při řešení nabízí využití jedné metod operačního výzkumu – vícekriteriálního rozhodování. Modely vícekriteriálního rozhodování je ale komplikované využít v případě, kdy se jedná o částečně strukturované, špatně strukturované nebo nestrukturované problémy, zde se pro vyřešení problémů využívají systémy pro podporu rozhodování.

Ve své bakalářské práci na téma Řízení podnikatelských rizik v Dopravním podniku hlavního města Prahy, a.s.[1] jsem identifikoval 37 rizik, přičemž jako riziko s největší pravděpodobností výskytu a intenzitou dopadu bylo vyhodnoceno riziko – Veřejné zakázky a procesy s nimi spojené. Z důvodu aktuálnosti tématu jsem se rozhodl navázat na spolupráci s DP i pro diplomovou práci, která se bude zabývá vícekriteriální analýzou variant na praktickém příkladu rozhodovacího problému provozovatele veřejné dopravy v Praze.

DP v současné době řeší obnovu svého vozového parku na základě tzv. Koncepce využití alternativních paliv pro autobusy, která byla schválena Radou hlavního města v roce 2020. Koncepce obsahuje povinnost využívání vozidel s alternativními palivy na vybraných linkách městské hromadné dopravy[2] na úkor vozidel s konvenčním pohonem a její hlavním účel je zlepšování kvality ovzduší a snižování veškerých typů emisí. Existuje mnoho

[1] Dále také DP, DPP.

[2] Dále také MHD.

strategických dokumentů na lokální, národní i nadnárodní úrovni, díky kterým se státy, města a podniky zavázaly činit kroky proti změně klimatu. Mezi tyto dokumenty se řadí:

- Pařížská dohoda (2016);
- European Green Deal (2019);
- Klimatický závazek hlavního města Prahy (2019);
- Národní program snižování emisí České republiky;
- Národní plán akční čistě mobility;
- Smart Prague;
- Plán udržitelné mobility Prahy a okolí;
- Evropská směrnice o podpoře energeticky účinných silničních vozidlech;
- Státní energetická koncepce ČR.

Rozhodování o parciálních trolejbusech bude z důvodu vysoké finanční náročnosti projektů patřit do kategorie nadlimitních veřejných zakázek, a proto bude podléhat velké společenské kontrole. Při výběru variant bude muset rozhodovatel postupovat maximálně objektivně a transparentně vůči všem subjektům.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem této diplomové práce s názvem „Rozhodování o trolejbusech na linkách MHD“ je řešení konkrétního rozhodovacího problému provozovatele veřejné dopravy v Praze – Dopravního podniku hlavního města Prahy, a.s. Jedná se o problém plánované veřejné zakázky na dodání vhodných parciálních trolejbusů typu KB – kloubový vůz délky 17,1-19 metrů. Naplnění tohoto cíle bude provedeno prostřednictvím metod vícekriteriálního rozhodování (konkrétně vícekriteriální analýzy variant). Pomocí této metody dojde k nalezení kompromisní varianty trolejbusu, který nejlépe splňuje požadavky Dopravního podniku pro přepravu cestujících.

Tohoto cíle je možné dosáhnout při stanovení některých z následujících dílčích cílů:

1. Zpracování teoretických východisek problematiky rozhodování.
2. Provedení ekonomického zhodnocení jednotlivých variant.

Na základě aplikace metod dojde vytvoření přehledu výsledků a doporučení varianty, která by měla být realizovaná.

2.2 Metodika

Teoretická část je zaměřena na poznatky získané studiem odborné literatury a internetových zdrojů. Zároveň obsahuje definice a vztahy, které mají souvislost s problematikou rozhodování. Je vysvětlen a popsán základní pojem této práce „rozhodování“, základní prvky rozhodování, rozhodovací modely, metody stanovení vah kritérií, metody výběru kompromisní varianty. Nutný předpokladem pro pochopení problematiky veřejných zakázek je studium zákona č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek.

Vlastní práce využívá poznatky teoretické části a aplikuje je přímo na Dopravní podnik hlavního města Prahy, a.s. Metodika diplomové práce je navržena podle modelu rozhodování, kterou definoval Herbert A. Simon (1960). Tento model je složen ze tří základních etap – The Intelligence (analýza okolí), The Design (návrh řešení), The Choice (volba řešení).

Ve fázi **Intelligence** je vymezen problém, který podnik řeší a který je také hlavním cílem této práce – výběr parciálního trolejbusu. V úvodu je také představen podnik, včetně základní charakteristiky, jeho poslání a historie. Dopravní podnik je akciovou společností. Hospodaření podniku proto podléhá přísným kontrolám, a proto je nutné zhodnotit ekonomické ukazatele podniku. Na základě studia vnitřních norem Dopravního podniku, konkrétně směrnic – Proces řízení investic, Proces zajišťování investičních dodávek materiálů nebo služeb, Zadávání veřejných zakázek, je provedena jejich podrobná analýza.

V rámci zpracování vlastní práce byli požádáni o spolupráci tři kompetentní vedoucí pracovníky (odbor Technické podpory provozu, oddělení Veřejných zakázek, úsek Ekonomický) Dopravního podniku hlavního města Prahy, se kterými byly vedeny nestrukturované rozhovory.

V následující fázi **Design** jsou za pomoci deskripce představeny všechny varianty parciálních trolejbusů. Tento seznam, který obsahuje šest variant vzešel ze vzájemné dohody a shody s vedoucími pracovníky. Vybraný počet splňuje zákon o zadávání veřejných zakázek o minimálním počtu oslovených společností v daném rozsahu veřejné zakázky. Na základě součinnosti s výrobci, kteří jsou zároveň dodavateli parciálních trolejbusů typu KB, došlo k sestavením parametrů vozidel.

Další částí je stanovení a definování kritérií. Aspirační úrovně kritérií bývají vždy přiloženy k zadávací dokumentaci veřejné zakázky, umožňují tak podniku stanovit technické specifikace a podmínky pro zabezpečení provozuschopnosti trolejbusů. Předpokladem pro správné rozhodnutí o výběru parciálního trolejbusu byla analýza a syntéza informací z předchozích veřejných zakázek DP a ostatních dopravních podniků v České republice. Výběr a stanovení vah kritérií, které byly stěžejní částí pro následující část Choice při aplikaci vybraných metod výběru kompromisní varianty, proběhlo s vedoucím odboru Technické podpory provozu. U čtyř kritérií byly stanoveny vztahy, jejichž účelem je každé variantě stanovit hodnotu, která reflektuje i ostatní vlivy. Ekonomické zhodnocení dílčích variant, jednoho z dílčích cílů této práce, bylo splněno výpočtem průměrných ročních nákladů na předepsanou údržbu. Stanovení vah proběhlo pomocí Saatyho metody párového porovnání.

Závěrečná fáze **Choice** vyhodnocuje varianty dle kritérií a jejich vah metodami, které vyžadují kardinální informaci o kritériích – AHP (Analytic Hierarchy Process)

a TOPSIS (Technique for Order Preference by Similirity to Ideal Solution). Na základě výsledků byla stanovena kompromisní varianta. V rámci interpretace výsledků došlo k porovnání výsledků obou metod a tvorbě přehledu výsledků včetně doporučení varianty, která by měla být realizovaná. V závěru jsou výsledky shrnuty a představeny vedoucím pracovníkům Dopravního podniku hlavního města Prahy.

3 Teoretická východiska

3.1 Rozhodování

Rozhodovat se a vytvářet rozhodnutí je nutné každou chvíli. Rozhodování je činnost, která je neodmyslitelná v životě každého z nás. Intenzita a frekvence činnosti je určena rolí, kterou právě ve společnosti vykonáváme. S rozhodováním je možné se setkávat v soukromém i pracovním životě. V těchto prostředích můžeme zastupovat rozdílné role, proto každé rozhodnutí je specifické. (Nöllke, 2006)

Jednotná definice pojmu „rozhodování“ není ustanovena. Odborná literatura jich přináší velké množství, ale význam bývá téměř totožný.

Podle Fialy (2008) se rozhodování definuje jako proces, ve kterém se snažíme dosáhnout předem stanoveného cíle. Cíl je dosažen výběrem jedné nebo více variant z množiny všech variant.

Blažek (2014) uvádí dva způsoby rozdělení rozhodování podle působení. Osobní rozhodování platí pouze pro osoby, které rozhodovací činnost provádí. Druhým způsobem jsou rozhodování, která jsou spjata s vykonávanou pozicí, mezi které řadíme manažerské, velitelské nebo politické rozhodování.

Z manažerského pohledu je rozhodování jedna z nejvýznamnějších aktivit a bývá označovaná jako brána do jádra samotného manažerského řízení. Hlavní význam rozhodování se zakládá na kvalitě a výsledcích procesů, které ovlivňují zásadně formu fungování, efektivnost a prosperitu organizací. S rozhodováním se musí zacházet odborně, jelikož chybné rozhodnutí může vést ke hmotné nebo finanční ztrátě. (Fotr a kolektiv, 2003)

Na přístup rozhodování v organizaci navazuje Dostál a kolektiv (2005), který rozšiřuje Fotrův pohled na danou problematiku. Dostál uvádí, že rozhodování v podniku má na starost manažer, ten ovšem neprovádí tuto činnost sám. Samotné provedení je úkolem podřízených pracovníků, přesto vždy za rozhodnutí zodpovídá manažer.

3.1.1 Rozhodovací proces

Realizace rozhodování probíhá pomocí konstruktu nazývaného rozhodovací proces. Podle Brožové a kolektivu (2003) můžeme rozhodovací procesy vnímat jako proces řešení rozhodovacího problému, tedy problému s minimálně dvěma variantami řešení. Mezi základní prvky rozhodování se řadí proces volby – posouzení dílčích variant a rozhodnutí o výběru. Problémy, které připouštějí pouze jediné možné řešení se neřadí do rozhodovacích problémů.

Rozhodovací proces je možné členit dle jednotlivých složek, které nazýváme fáze. Způsobů, jak můžeme rozhodovací proces rozřadit do jednotlivých fází je několik. Pokud budeme členit větší počet jednotlivých složek je výhodné etapy strukturovat podrobněji. Pokud bychom požadovali rozhodovací proces dekomponovat do nízkého počtu fází je vhodnou metodou agregace. Mezi agregovanou metodu řadíme teorii Herberta Simona (1960), která bývá označována jako konzervativnější teorie rozhodovacího procesu.

1. **The Intelligence**; někdy se označuje také jako analýza okolí. Primární činností této fáze je zkoumání prostředí stavu nebo situace, která nastala a žádá si řešení.
2. **The Design**; někdy se označuje také jako návrh řešení. Zde dochází ke generování, vývoji a následné analýze možností jednání.
3. **The Choice**; někdy se označuje jako volba řešení. V této fázi by mělo dojít k výběru jedné možnosti jednání.

Celkem osm fází cyklického charakteru rozhodovacího procesu popisuje Fotr a Švecová (2010). Jejich členění bychom mohli označit za desagregační přístup. Jeho přístup je analyzován níže včetně komparace ostatními autory, například s Robinnsem a Coulterem (2004). Autoři se shodují, že fáze na sebe musí navazovat, přičemž kdykoliv je možné se vrátit k fázi předešlé – především, pokud se objeví nová specifika řešeného problému.

Baker a kolektiv (2001) upozorňuje, že před zahájením rozhodovacího procesu je nutné určit, jaká osoba bude rozhodovat, tj. určit rozhodovatele a další osoby účastnící se procesu. Pro spuštění procesu rozhodování je nutné určitého podnětu.

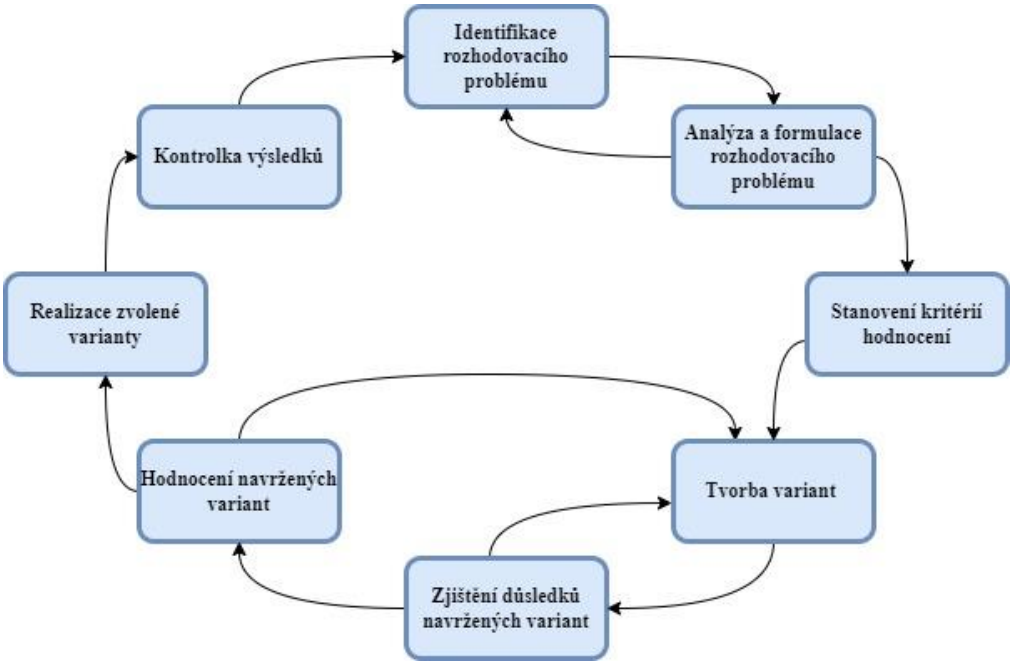
Fotr a Švecová (2010) člení rozhodovací procesy podle charakteru:

1. **Identifikace rozhodovacích problému**; fáze identifikuje situace, které jsou si žádají řešení a iniciují zahájení rozhodovacího procesu. V této fázi jde především o tři kroky: zisk informací, jejich analýza a závěrečné vyhodnocení o společnosti a jeho okolí. (Fotr a Švecová, 2010).

   Ve své knize o managementu pak Blažek (2014) doplňuje identifikaci rozhodovacích problémů. Člověk může identifikovat problém, pokud si uvědomuje aktuální stav a stanovený cíl. V případě, že se tyto dva stavy rozlišují je problém identifikován (Robbins a Coulter, 2004).
2. **Analýza a formulace rozhodovacích problémů**; zde dochází k deskripci rozhodovacího problému na základě jeho hlubšího poznání, identifikaci prvků, nalezení příčin a možných řešení problému (Fotr a Švecová, 2010).
3. **Stanovení kritérií hodnocení variant**; náplní této fáze je stanovení kritérií, která se budou v průběhu analyzovat (Fotr a Švecová, 2010). Kritéria jsou takové podmínky, jenž musí bezvýhradně splnit každé přijatelné řešení problému (Baker a kolektiv, 2001). Je nutné identifikovat pouze ta kritéria, která jsou k danému rozhodovacímu problému důležitá a vhodná (Robbins a Coulter, 2004).
4. **Tvorba variant řešení rozhodovacích problémů**; zde dochází k nalezení a definování směrů činnosti, které vedou k cíli řešení identifikovaného problému.
5. **Stanovení důsledků variant rozhodování**; pátá fáze rozhodovacího procesu se zakládá na zjištění dopadů dílčích variant vůči stanoveným kritériím hodnocení.
6. **Hodnocení důsledků variant rozhodování a výběr varianty určené k realizaci**; cílem této fáze je určení optimální varianty nebo uspořádání seznamu variant dle celkové výhodnosti. (Fotr a Švecová, 2010)
7. **Realizace zvolené varianty rozhodování**; v rámci této etapy dochází k implementaci vybraného rozhodnutí (Fotr a Švecová, 2010). Výsledné řešení, které jsme se rozhodli realizovat se musí, pokud možno co nejvíce blížit stanovenému cíli a splňovat veškerá kritéria (Baker a kolektiv, 2001).
8. **Kontrola výsledků realizované varianty**; jestliže se vyskytují odchylky je nezbytné provézt a implementovat nápravná opatření. Závěrečná fáze by měla zahrnovat také monitorování okolí, jak z hlediska dopadů jeho změn na realizovanou variantu, tak co se týče signálů svědčících o vzniku nových problémů (Fotr a Švecová, 2010).

V případě, že rozhodovací problém nebyl vyřešen, musíme provést komplexní analýzu procesu a posoudit věci, které byly provedeny špatně. Rozhoduje se, zda je nutné začít s rozhodovacím procesem od začátku nebo stačí znovu definovat konkrétní krok (Robbins a Coulter, 2004).

Obrázek 1 - Rozhodovací proces



Zdroj: vlastní zpracování podle Fotra a Švecové (2010)

3.2 Základní prvky rozhodování

3.2.1 Varianta

Varianta je konkrétní možnost rozhodování. Jelikož se jedná o předmět samotného rozhodování musí být uskutečnitelné, vybrány zodpovědně a nesmí být logickým nesmyslem. Varianty jsou hodnoceny dle dílčích kritérií. (Šubrt a kolektiv, 2019)

Zejména ve složitých rozhodovacích problémech, kdy rozhodovatel nemá dostupné informace o variantách, je jejich tvorba výsledkem časově náročného procesu sběru a analýzy informací (Fotr a Švecová, 2010).

Varianty můžeme dělit dle různých hledisek, zejména podle vlastností:

- **Ideální varianta**

Je ta varianta, která dosahuje ve všech stanovených kritérií nejlepší možné hodnoty. Ideální varianta představuje hypotetické nebo reálné existující varianty. Množinu těchto variant značíme $H = (H_1, H_2, \dots, H_k)$. (Fiala, 2008; Šubrt a kolektiv, 2019)

- **Bazální varianta**

Bazální varianta je opakem ideální varianty. Je to varianta, která dosahuje ve všech stanovených kritérií nejhorší možné hodnoty. Bazální varianta představuje taktéž hypotetické nebo reálné varianty. Množinu těchto variant značíme $D = (D_1, D_2, \dots, D_k)$.. Přičemž v ideální světě je obtížné najít bazální i ideální variantu. Pokud by existovala ideální varianta, stala by jedinou nedominovanou variantou řešení, byla by podle všech kritérií ohodnocena nejlépe, tudíž by byla i variantou optimální. (Fiala, 2008; Šubrt a kolektiv, 2019)

- **Dominovaná varianta**

Varianta se stává dominovanou, pokud je její hodnocení v kritériích stejné nebo horší a zároveň existuje alespoň jedno kritérium, které je ohodnoceno hůře než varianta dominující. (Brožová a kolektiv, 2003)

- **Nedominovaná (Paretovská) varianta**

„Varianta, která není dominovaná žádnou jinou variantou, je nedominovaná varianta, často se též nazývá efektivní nebo paretovská“. (Šubrt a kolektiv, 2019)

- **Kompromisní varianta**

Jedná se o variantu, která je doporučena rozhodovatelem k řešení rozhodovacího problému a zároveň je nedominovaná vůči ostatní variantám. Šubrt a kolektiv (2019) uvádí ve své publikaci několik způsobů, jak stanovit kompromisní variantu. Jeden způsob je založen na výběru varianty, která má nejmenší vzdálenost od ideální varianty.

3.2.1.1 Grafické znázornění

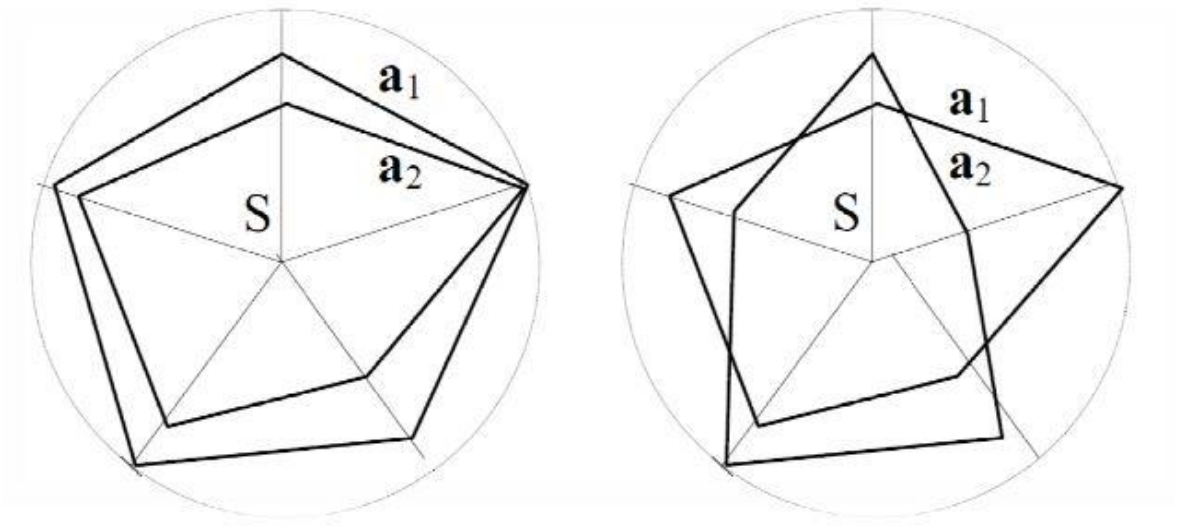
Hlavním úkolem grafického znázornění je jasnější a srozumitelnější pochopení složitého rozhodovacího problému. Jedním z nejvyužívanějších zobrazení je tzv. hvězdicové zobrazení, popř. schéma. V grafické znázornění začínají poloosy ve středu kružnice S,

přičemž v případě výskytu n kritérií svírají poloosy mezi sebou úhel $\frac{2\pi}{n}$. Každá poloosa reprezentuje určité kritérium. V případě konstrukce stupnice na poloosu je nutné brát ohled na povahu kritérií. (Brožová a kolektiv, 2009)

Na Obrázku č. 2 můžeme vidět na levé straně variantu dominovanou a na pravé straně nedominovanou. Obě grafická znázornění jsou sestaveny ze dvou variant a pěti kritérií. Hvězdice na levé straně, jak již bylo zmíněno znázorňuje variantu dominovanou, konkrétněji, varianta a_1 dominuje variantu a_2, polygonální oblasti se neprotínají. V daném případě můžeme konstatovat, že se jedná o splnění definice, která byla vysvětlena v předchozí kapitole, pro dominovanou variantu.

Hvězdice na pravé straně, jak již bylo zmíněno znázorňuje variantu nedominovanou. Varianty a_1 a a_2 se v polygonálním zobrazení prolínají, tudíž můžeme říct, že varianty jsou nedominované.

Obrázek 2 - Grafické znázornění variant



Zdroj: Brožová a kolektiv (2009)

3.2.2 Kritérium

Šubrt a kolektiv (2019) definují kritérium jako hledisko hodnocení variant. Volba vhodných kritérií je důležitou součástí rozhodovacího procesu. Kritéria musí především splňovat podmínku nezávislosti a pokrytí všech hledisek výběru. Jejich optimální počet není přesně stanoven, ale z důvodu přehlednosti jich nesmí být velký počet. Kritéria mohou obsahovat

kvalitativní nebo kvantitativní informace. Jestliže je hodnocení variant dle kritérií kvantifikováno, můžeme jednotlivé údaje uspořádat do kriteriální matice. V kriteriální matici Y odpovídají sloupce jednotlivým kritériím $(f_1, f_2, \dots, f_n)$ a řádky hodnoceným variantám $(a_1, a_2, \dots, a_m)$.

Každá varianta $a_i, i = 1, \dots, m$ je podle kritérií popsaná tzv. vektorem kriteriálních hodnot. Pokud nemáme k dispozici pouze kritéria kvantitativní, ale i kvalitativní, mluvíme spíše o kriteriální tabulce.

Matice 1 - Kriteriální matice

$$\mathbf{Y}= \begin{array}{c} \\ a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} f_1 & f_2 & \dots & f_n \end{array} \\ \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{pmatrix} \end{array}$$

Zdroj: Šubrt (2019)

Kritéria rozlišujeme dle různých hledisek, zejména se jedná o dva způsoby – podle povahy, kam řadíme kvantitativní a kvalitativní kritéria nebo podle kvantifikovatelnosti, kam řadíme maximalizační a minimalizační kritéria.

- **Kvantitativní kritéria**

Hodnoty variant podle kvantitativních kritérií jsou tvořeny objektivně měřitelnými údaji. Tento typ kritérií tedy můžeme nazývat jako objektivní.

- **Kvalitativní kritéria**

Hodnoty variant podle kvalitativních kritérií není možné objektivně změřit. Tento typ kritérií tedy můžeme nazývat jako subjektivní, jelikož se obvykle jedná o odhad hodnoty. V těchto případech použijeme různých bodovacích stupnic nebo použijeme relativní hodnocení variant. (Brožová a kolektiv, 2003)

- **Maximalizační kritéria**

Kritéria, která mají maximalizační povahu berou při rozhodování v potaz, že nejlepší varianta nabývá nejvyšší kriteriální hodnoty. Příkladem kritéria této povahy je hrubý domácí produkt (HDP) na osobu.

- **Minimalizační kritéria**

Kritéria, která mají minimalizační povahu jsou opakem kritérií maximalizačních, tudíž nejlepší varianta nabývá podle nejnižší kriteriální hodnoty. Příkladem kritéria této povahy míra nezaměstnanosti. (Jablonský, 2002)

V kriteriální matici je doporučené ale ne nezbytné pracovat s jednotným kritériem povahy, obvykle se jedná o maximalizačním kritériem. Na začátku řešení úloh se často můžeme setkat s různorodými povahami, proto je nutné pomocí některého z vhodných způsobů převést všechna kritéria buď na maximalizační, nebo na minimalizační.

Prvním způsobem převodu povahy kritéria je kompletní sloupce kriteriální matice vynásobit hodnotou -1, transformací získáme opačnou povahu původního kritéria.

$$y'_{ij} = -\,y_{ij} \tag{3.1}$$

Druhá z možností vypočteme nové hodnoty, kdy pro všechny prvky daného kritéria hledáme zlepšení hodnot oproti nejhorší kriteriální hodnotě sloupce. (Šubrt a kolektiv, 2019)

$$y'_{ij} = y_{ij} - \max_i(y_{ij}) \tag{3.2}$$

Důležitým aspektem řešení problému je preference kritéria. Preference kritérií udává důležitost kritéria ve srovnání s ostatními kritérii rozhodovacího modelu. Jedná se o jeden z nejobtížnějších úkolů, jelikož jde často o subjektivní názor rozhodovatele. Při rozumně stanovených preferencí mezi kritérii si zajistíme, že model dovede zvládnout kvalitní rozhodnutí. Je nutné zdůraznit, že neřešíme pouze úlohy o preferencích kritérií, ale také na ně navazující úlohy o stanovení preferencí variant. Obě úlohy na sebe navazují, ale je nutné řešit samostatně. (Šubrt a kolektiv, 2019)

Vyjádření preference kritérií může být stanoveno několika způsoby. Mezi tři základní způsoby řadí Fiala a Maňas (1994) aspirační úrovně, pořadí kritérií a váhy kritérií.

Aspirační úroveň je expertně stanovená hodnota, které by dílčí kritérium mělo nezbytně dosáhnout. Aspirační úroveň kritérií je rozdílně definovaná pro maximalizační a minimalizační kritéria. Pro minimalizační kritérium se jedná o nejvyšší přípustnou hodnotu kritéria. Pro maximalizační kritérium se jedná o nejnižší možnou hodnotu kritéria. (Šubrt a kolektiv, 2019)

Fiala s Maňasem (1994) podotýkají, že by alespoň jedna varianta z množiny měla daným úrovním vyhovovat. Rozhodovatel nebo expert může aspirační úrovně snižovat, popř. zvyšovat, tím specifikuje své preference.

Šubrt a kolektiv (2019) dodávají další možnosti pro vyjádření preference kritérií:

- Vyjádření preference kritérií nemusí být vůbec známa.
- Prostřednictvím kompenzace kriteriálních hodnot.

Důležitým aspektem při klasifikaci metod je druh (typ) informace, kterou známe o preferencích mezi kritérii a variantami Informace v modelech můžeme rozdělit:

- **Ordinální informace**; tato informace umožňuje uspořádat kritéria podle důležitosti, popřípadě jejich hodnocení. Je přípustné, aby několik kritérií bylo stejně hodnoceno (Brožová a kolektiv, 2003)
- **Nominální informace**; informace tohoto typu je vyjádřena pomocí aspiračních úrovní. Do množiny neakceptovatelných variant řadíme, varianty, které nedosahují hodnoty aspirační úrovně. (Fiala, 2008; Šubrt a kolektiv, 2019)
- **Kardinální informace**; *„Tento typ informace má kvantitativní i kvalitativní charakter a vyjadřuje, o kolik či jak moc je jedno hodnocení lepší než druhé, tedy v případě preference kritérií se jedná o váhy.“* (Šubrt a kolektiv, 2019)
- **Žádná informace**; v případě, kdy neexistuje informace o preferencích nebo jí nedisponujeme, tuto situaci můžeme připustit pouze pro preference kritérií. Pokud bychom neměli žádnou informaci o preferenci mezi variantami, daná úloha bychom nebyli schopni řešit. (Šubrt a kolektiv, 2019)

3.3 Rozhodovací modely

Rozhodovací modely usnadňují proces rozhodování (Fiala, 2008). S rozhodováním na denní bázi nebo drobnými problémy si obvykle poradíme snadno a řešíme je intuitivně. Pro takovéto situace není nutné aplikovat rozhodovací model, protože výsledky rozhodnutí musí být okamžité. Stojíme-li však před opravdu důležitým rozhodnutím, se kterým si nejsme jisti je nutné využít právě rozhodovací modely. (Blažek, 2014)

Problematiku rozhodovacích modelů lze klasifikovat z mnoha hledisek. Jedním z možných klasifikací je podle počtu stanovených kritérií. Modely pak můžeme třídit do skupiny klasických modelů nebo vícekriteriálních rozhodovacích modelů. (Fiala, 2008)

3.3.1 Klasické modely

Předpokladem klasických modelů je rozhodnutí, které je závislé pouze na jednom kritériu, označují se také jako jednokriteriální rozhodovací modely. Pro úlohy tohoto charakteru hledáme optimální řešení, které je ohodnoceno lépe než všechny ostatní řešení. (Fiala, 2008; Fotr a kolektiv, 2003)

Klasické modely mohou být dále rozděleny na diskrétní nebo spojité modely. Spojité modely, také označované jako úlohy matematického programování, mají množinu variant s nekonečně mnoho prvky, kvůli tomu musí být vyjadřovány soustavou omezujících podmínek. Pokud vektor *n* proměnných splňuje omezující podmínky, může být zařazen do rozhodovacích variant. Diskrétní modely, také označovány jako úlohy hodnocení variant mají konečný seznam variant. (Fiala, 2008)

3.3.2 Vícekriteriální modely

„Modely vícekriteriálního rozhodování zobrazují rozhodovací problémy, v nichž se důsledky rozhodnutí posuzují podle více kritérií. Vícekriteriálnost charakterizuje téměř každou rozhodovací situaci. Zohlednění více kritérií při hodnocení vnáší do řešení problémů obtíže, konflikty, které vyplývají z obecné kontroverznosti kritérií. Kdyby totiž všechna kritéria ukazovala na stejné řešení, stačilo by pro volbu nejvhodnějšího řešení jediné z nich. Účelem modelů v těchto situacích je buď nalezení „nejlepší“ varianty podle všech uvažovaných hledisek, vyloučení neefektivních variant, nebo uspořádání množiny variant.“ (Šubrt a kolektiv, 2019)

Přístupy se rozlišují podle povahy množiny variant nebo přístupných řešení. Modely vícekriteriálního rozhodování je možné dělit na dvě skupiny, stejně jako tomu bylo u klasických rozhodovacích modelů na diskrétní a spojité.

Diskrétní vícekriteriální modely, označovány také jako úlohy vícekriteriálního hodnocení (analýzy) variant jsou zadány pomocí konečného seznamu variant spolu s ohodnocením

podle dílčích kritérií. Cílem diskrétních modelů je najít ze seznamu všech variant tu, která je „nejlépe“ ohodnocena z pohledu všech stanovených kritérií. (Šubrt a kolektiv, 2019; Fiala, 2008)

Spojité vícekriteriální modely, také označované jako úlohy vícekriteriálního programování mají množinu variant s nekonečně mnoho prvky zadanou soustavou omezujících podmínek. Ohodnocení jednotlivých variant je stanoveno kriteriálními funkcemi. (Šubrt a kolektiv, 2019)

3.4 Metody stanovení vah kritérií

Výchozím bodem analýzy modelu vícekriteriální analýzy variant je stanovení vah kritérií. Získání vah od rozhodovatele bývá problematické, pro usnadnění jejich určení využíváme speciální metody. Metody mají jednoduché postupy, které jsou založeny na principu zisku subjektivních informací od rozhodovatele. Jednotlivé metody se mohou řešit paralelně, přičemž musí být vše v souladu s dosažením cíle analýzy a kritériu účelnosti. (Šubrt a kolektiv, 2019; Jablonský, 2002)

Metody odhadu vah kritérií je nejdřív nutné rozdělit podle typu informace, kterou známe o preferencích mezi samotnými kritérii. Tato problematika byla vysvětlena v předchozí kapitole. Níže uvedená Tabulka 1 představuje metody kvantifikace dílčích typů informací o preferencích mezi kritérii.

Tabulka 1 - Metody kvantifikace preferencí mezi kritérii

Informace o preferencích mezi kritérii		
Informace	**Metoda**	**Výstup**
Žádná	Entropická metoda	Vektor vah kritérií
Nominální	Metoda aspiračních úrovní	Aspirační úrovně kritérií
Ordinální	Metoda pořadí	Vektor vah kritérií
	Fullerova metoda	
Kardinální	Bodovací metoda	
	Saatyho metoda	

Zdroj: Šubrt a kolektiv (2019)

3.4.1 Stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferenci kritériích

Informací, že je kritérium ordinální rozumíme, že rozhodovatel je schopen uspořádat kritéria podle důležitosti, popřípadě může porovnat kritéria mezi sebou. V rámci rozhodovacího problému může rozhodovatel určit, které z každé dvojice kritérií je pro něj důležitější. (Brožová a kolektiv, 2007)

Mezi nejčastěji používané metody, které vyžadují ordinální informaci řadíme:

- metodu pořadí;
- metodu Fullerova trojúhelníku.

Konkrétní postupy, jak jednotlivé metody přistupují k transformaci ordinální informace do váhového vektoru budou popsány v následujících kapitolách. (Šubrt a kolektiv, 2019)

3.4.1.1 Metoda pořadí

Metoda pořadí je podle Šikýře (2014) velmi oblíbený a rozšířený nástroj, především z důvodů jeho organizační a časové nenáročnosti, jednoduchosti výpočtů a srozumitelnosti. Při hodnocení kritérií několika experty (hodnotiteli) je vhodné využít ke stanovení vah metodu pořadí. Každý z expertů seřadí kritéria podle důležitosti – od nejdůležitějších po méně důležitá. Kritérium, které expert identifikuje jako nejdůležitější přiřadí hodnotu k, kde k označuje počet kritérií. Druhému nejdůležitějšímu kritériu je přiřazena hodnota $k-1$. Tento iterační postup se aplikuje až ke nejméně důležité kritériu, které je ohodnoceno 1. Jestliže nastane situace, kdy expert identifikuje dvě stejně důležitá kritéria, jsou tato kritéria ohodnocena průměrným pořadím.

Pro výpočet vah dle vzorce pro metodu pořadí je nutné označit hodnotu přiřazenou i-tému kritériu symbolem p_i – tato hodnota může být jedinou nebo při hodnocení několika experty jako součtem hodnot. (Šubrt a kolektiv, 2019; Jablonský, 2002)

$$v_i = \frac{p_i}{\sum_{i=0}^{n} p_i}\text{, kde i} = 1, 2, \dots, \text{n} \qquad 3.3$$

3.4.1.2 Metoda Fullerova trojúhelníku

Druhá metoda, která pracuje s ordinální informaci o preferencích kritérií je metoda Fullerova trojúhelníku. Základem této metody je porovnání dvojice kritérií, proto bývá taky někdy označovaná jako metoda párového srovnávání, viz Tabulka 2. Porovnání sledovaných kritérií se předkládá rozhodovateli ve formě tzv. trojúhelníkového schématu. Schéma vyznačuje všechny porovnávané dvojice kritérií, za podmínky že každá dvojice se zde vyskytuje pouze jednou. Rozhodovatel následně formou označení (např. zakroužkování, podtržení) zvolí kritérium, které je pro něj z porovnávané dvojice důležitější. Za předpokladu, že pro rozhodovatele mají kritéria stejnou důležitost, je nutné označit obě možnosti. (Jablonský, 2002)

Tabulka 2 - Schéma metody párového srovnávání

Kritérium	K_1	K_2	K_3	…	K_n	Počet preferencí
K_1		1	0	…	1	
K_2			0	…	0	
K_3					0	
…					…	
K_{n-1}					1	
K_n						

Zdroj: Fotr a Švecová (2010)

Schéma, uvedené výše, umožňuje rozhodovateli u každé dvojice kritérií určit, zda preferuje kritérium, které je umístěné v řádku před kritériem umístěným ve sloupci. V případě, že tomu tak je, zapíše rozhodovatel číslo jedna do příslušné srovnávací buňky. Počet preferencí je stanoven řádkovým součtem. (Fotr a Švecová, 2010)

Počet porovnání, které musí rozhodovatel v rozhodovací modelu provést ke stanovení vah vyjadřuje vztah:

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \qquad 3.4$$

Pro výpočet váhy kritérií je nutné znát označení každého kritéria. Počet označení j-tého je označeno n_j a váhu v_j vypočteme podle vztahu:

$$v_j = \frac{n_j}{N} \text{ , kde j} = 1, 2, \dots, \text{n} \qquad 3.5$$

V případě získání od rozhodovatele plně konzistentní informace, tak je vždy hodnota n_j pro nejméně důležité kritérium rovna nule, tudíž také hodnota jeho váhy v_j se bude rovnat nule. Pokud bychom se rozhodli vyloučit toto kritérium z množiny kritérií a postup bychom iteračním postupem provedli k-krát, tak by za předpokladu stále konzistentní informace zůstalo pouze nejdůležitější kritérium. Pokud bychom se rozhodli nevylučovat žádné kritérium z množiny kritérií můžeme tuto situaci vyřešit přičtením hodnoty 1 ke každé hodnotě n_j (Šubrt a kolektiv, 2019). Fiala (2008) dodává, že z důvodu zvýšení hodnoty každého označeného kritéria o 1, je nutné stejným postupem zvýšit hodnotu o 1 u jmenovatele ve vzorci 3.4.

Metoda Fullerova trojúhelníku má podle Fialy (2008) výhodu především v jednoduchosti získání potřebné informace od rozhodovatele. Při této metodě navíc není požadována tranzitivnost preferencí rozhodovatele.

3.4.2 Stanovení vah kritérií z kardinální informace o preferenci kritériích

Informací, že je kritérium kardinální rozumíme, že rozhodovatel je schopen určit pořadí důležitosti kritérií a poměr mezi všemi dvojicemi kritérií (Šubrt a kolektiv, 2019). Brožová a kolektiv (2007) doplňují, že kardinální informace nám oproti informaci ordinální přináší hodnotu, která stanovuje o kolik je jedna varianta preferovaná než varianta druhá.

Mezi nejčastěji používané metody, které vyžadují kardinální informací řadí Šubrt a kolektiv (2019):

- bodovací metodu;
- Saatyho metodu.

Konkrétní postupy, jak jednotlivé metody přistupují k transformaci kardinální informace do váhového vektoru budou popsány v následujících kapitolách.

3.4.2.1 Bodovací metoda

Bodovací metoda má velice podobný princip užití jako metoda, která pracovala s ordinální informací – metoda pořadí. Kritéria jsou u bodovací metody porovnána podle důležitosti na stanovené bodovací, popř. známkovací stupnice. Pokud máme představu o tom, jak jsou pro nás kritéria v rozhodovacím modelu důležitá, je vhodné stupnici předem definovat na začátku hodnocení. (Šubrt a kolektiv, 2019)

Friebelová a Klicnarová (2007) doporučují, aby rozsah bodovací stupnice byl založen na logickém úsudku v kontextu rozsahu rozhodovacího modelu.

Tato metoda je též vhodná, pokud hodnotí kritéria několik expertů, není to ale bezpodmínečně nutné. Na předem určené stupnici např. od 0 do 10 stanoví každý expert hodnotu každému kritérium. Čím vyšší hodnotu na stupnici expert uvede, tím je pro něj kritérium preferovanější než kritéria, která mají nižší hodnoty. Je povoleno u několika kritérii stanovit stejnou bodovou hodnotu, včetně použití desetinných čísel. Stanovení výsledné váhy se provádí podle totožného vzorce 3.3 jako tomu bylo u metody pořadí. Proces výpočtu spočívá v sečtení bodů určitého kritéria od všech expertů a vydělení celkovým součtem všech bodů přidělených experty množině kritérií. (Šubrt a kolektiv, 2019)

3.4.2.2 Saatyho metoda

Autoři zabývající se problematikou rozhodovacích modelů se shodují na tom, že se jedná o jednu z nejpoužívanějších metod ke stanovení vah kritérií. Jablonský a Dlouhý (2004) označují tuto metodu jako sofistikovanější postup stanovení vah oproti ostatním metodám. Podoba přichází v úvahu s metodou Fullerova trojúhelníku, ve které expert musel porovnat všechny dvojice kritérií rozhodovacího modelu. Šubrt a kolektiv (2019) dodávají, že použití této metody lze pouze za předpokladu, hodnotí-li kritéria pouze jeden expert.

Saaty (1987) pro hodnocení párového porovnání kritérií ustanovil 9 bodovou škálu:

Tabulka 3 - Saatyho bodová škála

Počet bodů	Deskriptor a význam
1	**rovnocenná kritéria i a j;** obě kritéria přispívají stejnou mírou k objektivitě.
3	**slabě preferované kritérium i před j;** mírná důležitost jednoho kritéria před kritériem druhým.
5	**silně preferované kritérium i před j;** zásadní nebo silná důležitost.
7	**velmi silně preferované kritérium i před j;** jedno kritérium je silně upřednostňováno a jeho dominance je prokázaná v praxi.
9	**absolutně preferované kritérium i před j;** extrémní důležitost upřednostnit jedno kritérium před kritériem druhým.

Zdroj: vlastní zpracování dle Saatyho (1987)

Šubrt s kolektivem (2019) doplňují, že pokud by expertovi daná výše interpretovaná škála nestačila je možné využít tzv. mezistupňových hodnot (2, 4, 6, 8). V opačném případě, kdy hodnotitel stanoví, že preferuje j-té kritérium pře i-tým kritériem se daná preference kritérií stanoví převrácenou hodnotou celého čísla z výše uvedené bodové škály ($s_{ij} = \frac{1}{3}$ v případě slabé preference, $s_{ij} = \frac{1}{5}$ v případě silné preference$s_{ij} = \frac{1}{7}$ v případě velmi silné preference, $s_{ij} = \frac{1}{9}$ v případě absolutní preference). Saatyho matice $S = (s_{ij})$ uchovává hodnoty velikosti preference i-tého kritéria vzhledem k j-tému kritériu pro každou dvojice kritérií (Brožová a kolektiv, 2003).

Matice 2 - Saatyho matice

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{12} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Zdroj: Šubrt (2019)

Z uvedené obecné Saatyho matice je možné vyčíst základní pravidla pro její tvorbu. Matice je vždy čtvercová o rozměrech $n\ x\ n$, zároveň je zde uplatněn princip reciprocity, tj. platí,

že $s_{ij} = 1/s_{ij}$. Na hlavní diagonále se nacházejí hodnoty 1, jelikož je každé kritérium samo sobě rovnocenné. (Šubrt a kolektiv, 2019)

Pro odhad vah kritérií v_i stanovil Saaty několik početních metod. Jedna z nejčastěji využívaných metod je použití normalizovaného geometrického průměru řádků matice S (vzorec 3.6**)**. Tento způsob bývá také označován jako metoda logaritmicky nejmenších čtverců.

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{n} s_{ij}} \tag{3.6}$$

Závěrečný krok je výpočet váhy kritérií v_i, který se stanoví dle vztahu 3.7 normalizací hodnot b_i.

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^{n} b_i} \tag{3.7}$$

Jablonský (2002) a Šubrt s kolektivem (2019) se shodují, že pro experta (hodnotitele) je složité při počtu kritérií $k > 3$ zadat své preference do matice S, tak aby byla dokonale konzistentní. Pro posouzení, zda je matice konzistentní byl zaveden tzv. index konzistence (viz vzorec 3.8), kde l_{max} je největší vlastní číslo matice S a n je počet kritérií. Saatyho matice se považuje za dostatečně konzistentní, pokud platí, že $I_s < 0{,}1$. V případě, kdy $I_s > 0{,}1$ je nutné provést novou kvantifikaci Saatyho matice, tak aby již splňovala požadavek konzistence a mohla dospět ke kvalitním výsledkům.

$$I_s = \frac{l_{max} - n}{n - 1} \tag{3.8}$$

3.5 Metoda výběru kompromisních variant

Pro řešení úloh vícekriteriální hodnocení (analýzy) variant existuje velké množství specifických metod. Metody, které jsou uvedeny níže, členíme na nejvyšší úrovni z hlediska typu informace, která je nám poskytnuta. Není přípustné řešit úlohu vícekriteriálního hodnocení variant jakoukoliv metodou (Jablonský, 2002).

Jedním z jejich hlavních cílů je stanovení pořadí dílčích variant rozhodovacího problému. Metody vícekriteriální analýzy variant se usilují o určitou aditivizaci kritérií, které se za pomocí transformace hodnot kritérií převádějí na bezrozměrnou aditivní veličinu. Tato veličina bývá nejčastěji označovaná jako utilitu, užitek, popř. ohodnocení variant. (Fotr a Švecová, 2010)

Tabulka 4 - Metody kvantifikace preferencí mezi variantami

<table>
<tr><td rowspan="4">Metoda</td><td colspan="6">Informace o preferencích mezi variantami</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Aspirační úrovně</td><td rowspan="2">Ordinální informace</td><td colspan="4">Kardinální informace</td></tr>
<tr><td>Funkce užitku</td><td>Vzdálenost variant od ideální a bazální varianty</td><td>Preferenční relace</td><td>Mezní míra substituce</td></tr>
<tr><td>Metoda PRIAM</td><td>Lexikografická metoda</td><td>Metoda váženého součtu</td><td>Metoda TOPSIS</td><td>Metoda AHP</td><td>Metoda postupné substituce</td></tr>
<tr><td></td><td>Metoda ORESTE</td><td></td><td></td><td>Metoda PROMETHEE</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>Permutační metoda</td><td></td><td></td><td>Metoda ELECTRE</td><td></td></tr>
</table>

Zdroj: Šubrt a kolektiv (2019)

Fotr a Švecová (2010) poukazují na fakt, že některé z výše uvedených metod nabízejí pro rozhodovatele vysokou míru srozumitelnosti a zároveň nízkou náročnost, proto se řadí v praxi mezi nejvyužívanější.

Metody výběru kompromisní varianty rozdělujeme, jak již bylo výše zmíněno, podle toho, jaký typ informace o preferencích mezi kritérií známe:

- metody, které vyžadují kardinální informaci;
- metody, které vyžadují ordinální informaci;
- metody, které vyžadují aspirační úrovně kritérií;
- metody, které nevyžadují informaci o preferenci kritérií. (Brožová a kolektiv, 2003; Šubrt a kolektiv, 2019)

V rámci následujících kapitol budou z důvodu rozsáhlého množství metod pro výběr kompromisní varianty vysvětleny pouze vybrané metody.

3.5.1 Metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií

Existují dva předpoklady, které umožňují použít tyto metody:

1. Model je vyjádřen pouze prostřednictvím preferencí variant podle dílčích kritérií.
2. Neznáme preference kritérií.

V případě splnění těchto předpokladů lze použít dvě metody k výběru kompromisní varianty – bodovací metoda a metoda pořadí. Tyto metody byly vysvětleny v kapitole – Metody stanovení vah kritérií. (Šubrt a kolektiv, 2019)

3.5.2 Metody vyžadující aspirační úroveň kritérií

Existují dva předpoklady, které umožňují použít tyto metody:

1. Nominální informace o kritériích je známa, zde se jedná o tzv. aspirační hodnoty kritérií.
2. Varianty jsou kardinálně ohodnoceny podle dílčích kritérií.

Základem metod vyžadující aspirační úroveň kritérií je porovnání aspiračních úrovní kritérií s kriteriálními hodnotami všech variant v modelu. Tento postup rozdělí množinu variant na varianty, jejichž kriteriální hodnoty jsou pod hranicí nastavené meze a jsou tedy horší, popř. bývají také označovány jako neakceptované varianty. Druhou skupinou jsou varianty, jejichž kriteriální hodnoty jsou nad hranicí nastavené meze a jsou tedy lepší, popř. bývají také označovány jako akceptované varianty. Hranici aspirační úrovně je možné zpřísňovat i uvolňovat.

Mezi metody, které vyžadují aspirační úroveň kritérií řadíme: konjunktivní a disjunktivní metoda, metoda PRIAM a metoda bazické varianty. (Fiala, 2008)

3.5.3 Metody vyžadující ordinální informaci

Existují dva předpoklady, které umožňují použít tyto metody:

1. je nám známo pořadí důležitosti kritérií;
2. je nám známo pořadí variant podle jednotlivých kritérií. (Šubrt a kolektiv, 2019)

Mezi metody, které vyžadují ordinální informaci řadíme: lexikografická metoda, permutační metoda a metoda ORESTE (Brožová a kolektiv, 2003).

Tyto metody se liší zejména svou složitostí výpočtu. „Některé *metody jsou velmi jednoduché a jejich výsledky jsou spíše orientační, jiné jsou poměrně komplikované a poskytují komplexní pohled na problém.“* (Šubrt a kolektiv, 2019)

3.5.4 Metody vyžadující kardinální informaci

Základním pilířem použití některé z níže uvedených metod je:

1. znalost kardinální informace o kritériích, a to ve formě vektoru vah;
2. informace o variantách jsou zaneseny v kriteriální matici, která obsahuje kardinální informace. (Brožová a kolektiv, 2007)

Friebelová a Klicnarová (2007) vymezují oblast využívaných metod vyžadujících kardinální informaci do tří základních přístupů, na kterých jsou dané metody založeny:

- přístup maximalizace užitku;
- přístup minimalizace vzdálenosti od ideální varianty;
- preferenční relace. (Brožová a kolektiv, 2007; Šubrt a kolektiv, 2019)

Každý z výše uvedených přístupů bude demonstrován na některé z nejčastěji používané metodě v následujících kapitolách.

3.5.4.1 Metoda váženého součtu

První představenou metodou bude metoda váženého součtu, která bývá také označovaná anglickým názvem Weight Sum Approach [3](Jablonský, 2002).

Šubrt s kolektivem (2019) specifikují podmínky užití metody váženého součtu. Pro správné uplatnění této metody jsou nezbytné kardinální informace, vektor vah kritérií a kriteriální matice.

WSA je založena na jednom ze tří zmiňovaných přístupů, konkrétně se jedná o lineární funkci užitku, která je stanovena stupnicí od 0 do 1. (Jablonský, 2002). Šubrt a kolektiv (2019) definují: „*Lineární funkce užitku předpokládá proporcionální zvyšování užitku se zlepšováním kriteriálních hodnot.“*

Varianta, která bude označena jako nejhorší bude mít užitek 0. Varianta, která bude označena jako nejlepší bude mít užitek 1. Ostatní varianty z množiny dostupných budou mít užitek mezi krajními hodnotami – 0 a 1 (Jablonský, 2002).

Algoritmus pro řešení WSA, zde bude obecně popsán v několika krocích:

1. První krok je převod minimalizačních kritérií na maximalizační – tento krok je nepovinný (Brožová a kolektiv, 2009).
2. Určení bazální a ideální varianty. Ideální varianta dosahuje ve všech stanovených kritérií nejlepší možné hodnoty, množinu těchto variant označíme $H = (H_1, H_2, \dots, H_k)$. Bazální varianta dosahuje ve všech stanovených kritérií nejhorší možné hodnoty, množinu těchto variant značíme $D = (D_1, D_2, \dots, D_k)$. (Šubrt a kolektiv, 2019)
3. Následující krok vede k vytvoření standardizované kriteriální matice R, prvky této matice získáme také za pomocí vstupní kriteriální matice Y dle následujícího vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \qquad 3.9$$

   Matice R bude po uplatnění vzorce představovat hodnoty užitku z i-té dle j-tého kritéria. Bazální variantě bude v nově vytvořené matici R odpovídat hodnota 0,

[3] Dále také WSA.

ideální variantě naopak hodnota 1. (Fiala, 2008; Jablonský, 2002; Šubrt a kolektiv, 2019)

4. Pro každou dílčí variantu je následně vypočtena agregovaná funkce užitku podle níže uvedeného vzorce:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^{n} v_j r_{ij} \qquad 3.10$$

5. V závěrečném kroku WSA varianty seřadíme sestupně podle hodnoty $u(a_i)$. Výsledné řešení problému spočívá podle Fialy (2008) ve vybrání varianty s nejvyšší hodnotou užitku.

3.5.4.2 Metoda AHP

Jablonský (2002) konstatuje, že tzv. Analytický hierarchický proces[4], který bývá také označovaná anglickým názvem Analytic Hierarchy Process, je jedna z nejpoužívanějších metod prezentovaná profesorem Saaty v USA. Její snahou je zjednodušit a urychlit proces rozhodování v komplikovaných rozhodovacích situacích. AHP je založena na principu hierarchické struktury, přičemž na každé úrovni struktury je provedeno párové porovnání prvků za pomocí Saatyho metody uvedené v kapitole (Šubrt a kolektiv, 2019).

„*Pomocí subjektivních hodnocení párového porovnání pak tato metoda přiřazuje jednotlivým komponentám kvantitativní charakteristiky vyjadřující jejich důležitost. Syntézou těchto hodnocení se pak stanoví komponenta s nejvyšší prioritou, na níž se rozhodovatel zaměří s cílem získat řešení rozhodovacího problému.“* upřesňuje Šubrt a kolektiv (2019).

Za hierarchickou strukturou považuje Ramík (1999) lineární strukturu, která zahrnuje specifický počet úrovní. Jednotlivé úrovně pak reprezentuje specifický počet prvků. Dílčí úrovně struktury jsou systematicky uspořádány směrem od obecného ke konkrétnímu. Prvky na každé úrovni struktury mají mezi sebou určité vztahy nebo vazby. Jablonský (2002) doplňuje, že důležitý faktorem, který ovlivňuje způsob strukturalizace hierarchie, je druh

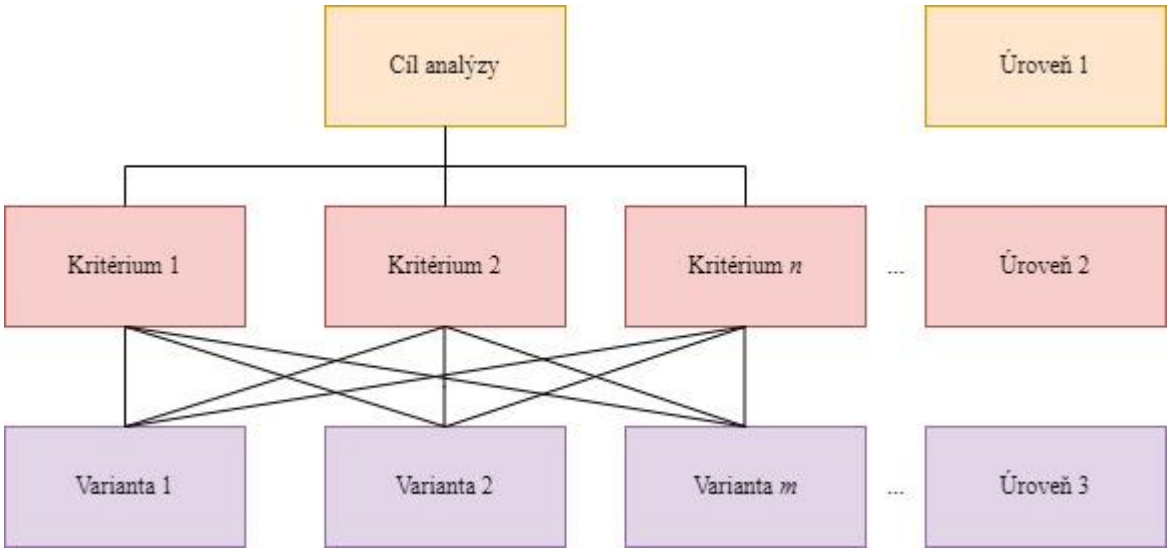
[4] Dále také AHP.

rozhodovacího problému. Úroveň, která je v hierarchii nejvýše, je reprezentována pouze jedním prvkem, který definuje cíl analýzy (Šubrt a kolektiv, 2019).

Grafické znázornění níže zobrazené hirerické struktury úlohy vícekriteriální analýzy variant je členěno na úrovně dle Šubrta a kolektivu (2019) následujícím způsobem:

- **úroveň 1**; cíl vyhodnocování, může být vyjádřeno sestupným uspořádáním variant;
- **úroveň 2**; dílčí kritéria sloužící k vyhodnocování;
- **úroveň 3**; dílčí posuzované varianty.

Obrázek 3 - Hierarchická struktura úlohy vícekriteriální analýzy variant



Zdroj: vlastní zpracování podle Šubrta a kolektivu (2019)

Pro stanovení kompromisní varianty je nejprve nutné provést párové porovnání prvků v jednotlivých hierarchických úrovní. Pro dílčí úrovně stanovíme prostřednictvím Saatyho metody párového porovnávání jednotlivé váhy pro kritéria a další prvky. Za předpokladu tzv. třístupňové hierarchie (má jeden cíl, n kritérií, m variant a_i) budou úrovně charakterizovány:

- **úroveň 2**; matice párového porovnání, která má rozměr $n\ x\ n;$
- **úroveň 3**; párové porovnání variant dle dílčích kritérií, získáme *n* matic, každá z nich má rozměr $m\ x\ m$.

Závěrečným krokem je syntéza získaných preferencí (stanovení celkového užitku variant). Výpočet spočívá, že pro jednotlivé varianty vypočteme u všech kritérií součet součinů

preferencí, které na sebe navazují v hierarchickém uspořádání. Tímto postupem bude varianta ohodnocena z hlediska všech kritérií modelu. (Šubrt a kolektiv, 2019)

Jablonský (2002) dodává: „Vzhledem *k postupu rozdělování počátečních intenzit bude i pro užitek variant platit, že je jejich součet pro všechny varianty roven jedné.“*

3.5.4.3 Metoda TOPSIS

Poslední metoda, která bude představena v rámci skupinu metod vyžadujících kardinální informaci je TOPSIS. Tato metoda se obvykle označuje anglickým názvem Technique for Order Preference by Similirity to Ideal Solution a uvedli ji v praxi Hwang a Yoon v roce 1981 (Friebelová a Klicnarová, 2007).

Základní myšlenka této metody spočívá ve výběru varianty, která minimalizuje svou vzdálenost k ideální variantě a zároveň maximalizuje vzdálenost variantě bazální. Vstupní podmínkou tohoto modelu jsou:

- kardinální hodnocení variant podle dílčích kritérií;
- váhy kritérií.

Závěrem metody TOPSIS je uspořádání množiny variant na základě relativní vzdálenosti jednotlivých variant od bazální varianty. Variantu s nejvyšší hodnotou považujeme za nejvhodnější. (Sadeghzadeh a Salehi, 2011; Šubrt a kolektiv, 2019)

Algoritmus pro řešení metody TOPSIS, zde bude obecně popsán v několika krocích:

1. Prvním krokem je z původních hodnot kriteriální matice $Y = (y_{ij})$ zkonstruovat kriteriální matici $R = (r_{ij})$ podle vzorce níže (Šubrt a kolektiv, 2019).

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{p} {y_{ij}}^2}} \tag{3.11}$$

2. Výpočet prvků vážené kriteriální matice $W = (w_{ij})$ dle vztahu

$$w_{ij} = v_j * r_{ij} \tag{3.12}$$

kde v_j je váha j-tého kritéria (Jablonský, 2002).

3. Určení ideální varianty, kdy množinu těchto variant označíme $H = (H_1, H_2, \dots, H_k)$ a bazální varianty, kdy množinu těchto variant označíme $D = (D_1, D_2, \dots, D_k)$.
4. Stanovení vzdálenosti dílčích variant od ideální varianty.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{k} (w_{ij} - H_j)^2} \qquad 3.13$$

Stanovení vzdálenosti dílčích variant od bazální varianty. (Šubrt a kolektiv, 2019)

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{k} (w_{ij} - D_j)^2} \qquad 3.14$$

5. Výpočet ukazatele c_i, který je definován dle Šubrta a kolektivu (2019) jako relativní vzdálenost jednotlivých variant od varianty bazální:

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \qquad 3.15$$

Pro hodnoty ukazatele c_i platí $0 \leq c_i \leq 1$. Hodnoty 0 nabývají pro bazální variantu a hodnoty 1 nabývají pro ideální variantu. Varianty jsou následně setříděny sestupně podle hodnoty c_i. Můžeme tedy konstatovat, že nejvyšší hodnota c_i má nejkratší vzdálenost od ideální varianty a tuto variantu můžeme pokládat za výsledek. (Fiala, 2008; Šubrt a kolektiv, 2019)

3.6 Veřejné zakázky

Už od počátku lidské civilizace při rozvoji státu a společnosti měly významné postavení veřejné zakázky, které byly zadávány na základě veřejných řízení nebo obchodních soutěží. Právní zakotvení pravidel pro zadávání veřejných zakázek se objevuje už ve středověku.

Co se týče blízké minulosti, konkrétně změna politického systému v roce 1989 přinesla změnu ekonomiky centrálně řízené na ekonomiku tržní. Tato změna znamenala i úpravu zadávání veřejných zakázek a to tak, aby představovala účinný nástroj pro úsporu veřejných prostředků, ale i k efektivnímu fungování hospodářské soutěže. Došlo tak ke schválení zákona č. 199/1994 Sb., o zadávání veřejných zakázek. Tento zákon nabyl účinnosti

dne 1. ledna 1995 a stal se první zákonnou právní úpravou v České republice. Tento zákon byl celkem 6x novelizován a byl účinný celých 10 let.

Další významnou kapitolou pro veřejné zakázky bylo přijetí Evropské dohody. Přijetím této dohody se stát zavázal zadávat veřejné zakázky na základě vzájemnosti a nediskriminaci. Se vstupem České republiky do Evropské unie bylo nutné uvést národní legislativu do souladu s evropskými právními předpisy. Došlo tak k druhé zákonné úpravě v podobě zákona č. 40/2004 Sb., o veřejných zakázkách ze dne 17. prosince 2023. Zákon byl celkem 8x novelizován, ovšem s účinností pouze 2 roky a 2 měsíce.

Nutnost k rozsáhlé změně platného zákona nastala s vývojem v legislativě Evropské unie, a to přijetím nových zadávacích směrnic Evropské unie v průběhu roku 2004. Bylo je tak nutné implementovat do národní úpravy. Vzniká tak třetí zákon – zákon č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách.

Od 1.10.2016 se veřejné zakázky řídí novým zákonem, který je platný dodnes, a to zákonem č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek. Byl přijat za účelem implementace důležitých směrnic EU. Tento zákon umožňuje ve větší míře posuzovat ekonomickou výhodnost zakázky, a nejen cenu.

Veřejnou zakázkou se rozumí nákup zboží, objednání díla nebo služby, či zadání práce. Jedná se o nákup veřejným subjektem, kterým je stát, tj. Česká republika, Česká národní banka, státní příspěvková organizace, územní samosprávný celek nebo jeho příspěvková organizace či jiná právnická osoba.

Dle § 2, odst. 1 zákona č. 134/2016 Sb. je zadání veřejné zakázky definováno následovně: *„Zadáním veřejné zakázky se pro účely tohoto zákona rozumí uzavření úplatné smlouvy mezi zadavatelem a dodavatelem, z níž vyplývá povinnost dodavatele poskytnout dodávky, služby nebo stavební práce. Za zadání veřejné zakázky se nepovažuje uzavření smlouvy, kterou se zakládá pracovněprávní nebo jiný obdobný vztah, nebo smlouvy upravující spolupráci zadavatele při zadávání veřejné zakázky.“* Veřejná zakázka je tedy zadána mezi zadavatelem a jedním či více dodavateli, na základě písemné smlouvy, jejímž předmětem je poskytnutí dodávky, služby nebo stavební práce.

V zákoně č. 134/2016 Sb. je mj. dále řešeno zadávání veřejných zakázek, druhy zadávacího řízení, zásady zadávání veřejných zakázek.

3.6.1 Zásady zadávání veřejných zakázek

Dle § 6 odst. 1 a 2 zákona č. 134/2016 Sb. musí zadavatel dodržovat zásady transparentnosti a přiměřenosti, a ve vztahu k dodavatelům musí dodržovat zásadu rovného zacházení a zákazu diskriminace.

Zásada **transparentnosti** spočívá v zajištění co nejvyšší míry průhlednosti řízení. Průhlednost má přispívat k možnosti kontroly celého řízení a přezkoumatelnosti. Zadavatel je povinen pořizovat a po stanovenou dobu uchovávat písemnou dokumentaci, která umožní dané úkony zadavatele související s výběrem dodavatele nezávisle přezkoumat. Dále je povinností zadavatele vymezit kritéria pro hodnocení nabídek účastníků zadávacího řízení a všechna rozhodnutí zadavatele opatřit řádným odůvodněním.

Zásada **přiměřenosti** se uplatňuje při nastavení zadávacích podmínek, a to proto aby byly přiměřené charakteru a předmětu veřejné zakázky.

Zásada **rovného zacházení** představuje povinnost zadavatele přistupovat stejným způsobem ke všem dodavatelů, kteří mohou podat nabídky.

Zásada **zákazu diskriminace** znamená nastavení podmínek pro zadávání zakázek tak, aby byl umožněn výběr dodavatele, ale zároveň nebyl uzavřen přístup jinému dodavateli do řízení, a to z důvodu, které přímo nesouvisejí s předmětem zakázky.

Dalšími zásady jsou sociálně odpovědného zadávání, environmentálně odpovědné zadávání a inovace.

3.6.2 Druhy veřejných zakázek

Veřejné zakázky[5] zadávané podle zákona č. 134/2016 Sb. lze dělit podle předpokládané hodnoty, předmětu veřejných zakázek nebo podle druhu zadavatele.

Druhy veřejných zakázek dle předmětu jsou definovány v § 14 zákon 134/2016 Sb.

V odst. 1, § 14 zákona 134/2016 Sb. jsou definovány veřejné zakázky na dodávky *„Veřejnou zakázkou na dodávky je veřejná zakázka, jejímž předmětem je pořízení věcí, zvířat nebo*

[5] Dále také VZ.

ovladatelných přírodních sil, pokud nejsou součástí veřejné zakázky na stavební práce podle odstavce 3. Pořízením se rozumí zejména koupě, nájem nebo pacht.“

Dle odst. 2, §14 zákona 134/2016 Sb. jsou definovány veřejné zakázky na služby *„Veřejnou zakázkou na služby je veřejná zakázka, jejímž předmětem je poskytování jiných činností, než uvedených v odstavci 3.“*

Dle odst. 3, § 14 zákona 134/2016 Sb. jsou definovány veřejné zakázky na stavební práce *„Veřejnou zakázkou na stavební práce je veřejná zakázka, jejímž předmětem je:*

a) poskytnutí činnosti uvedené v oddílu 45 hlavního slovníku jednotného klasifikačního systému pro účely veřejných zakázek podle přímo použitelného předpisu Evropské unie (dále jen „hlavní slovník jednotného klasifikačního systému“),

b) zhotovení stavby, nebo

c) poskytnutí souvisejících projektových činností, pokud jsou zadávány společně se stavebními pracemi podle písmene a) nebo b).“

Stavbou je pro účely zákona o veřejných zakázkách považován výsledek stavebních nebo montážních prací, který vytváří jednotný celek a je sám o sobě dostatečný k plnění hospodářské či technické funkce.

Předpokládanou hodnotou se dle § 16 zákona č. 134/2016 Sb. se veřejné zakázky se rozumí zadavatelem předpokládaná výše úplaty za plnění veřejné zakázky, která je vyjádřena v penězích. Do této hodnoty se zahne hodnota všech plnění, která mohou vyplývat ze smlouvy na veřejnou zakázku. Veřejnými zakázkami podle předpokládané hodnoty jsou veřejné zakázky malého rozsahu, podlimitní a nadlimitní veřejné zakázky.

Dle § 27 zákona 134/2016 Sb. je definována veřejná zakázka malého rozsahu: *„Veřejnou zakázkou malého rozsahu je veřejná zakázka, jejíž předpokládaná hodnota je rovna nebo nižší v případě veřejné zakázky*

a) na dodávky nebo na služby částce 2 000 000 Kč, nebo

b) na stavební práce částce 6 000 000 Kč.“

Dle § 25 zákona 134/2016 Sb. je definována nadlimitní veřejná zakázka: *„Nadlimitní veřejnou zakázkou je veřejná zakázka, jejíž předpokládaná hodnota je rovna nebo přesahuje finanční limit stanovený nařízením vlády zapracovávajícím příslušné předpisy Evropské*

unie. Nadlimitní veřejnou zakázku zadává zadavatel v nadlimitním režimu podle části čtvrté, pokud není zadávána podle části páté až sedmé, nebo u ní zadavatel neuplatnil výjimku z povinnosti zadat ji v zadávacím řízení.“

Dle § 26 zákona 134/2016 Sb. je definována podlimitní veřejná zakázka:

„(1) Podlimitní veřejnou zakázkou je veřejná zakázka, jejíž předpokládaná hodnota nedosahuje limitu podle § 25 a přesahuje hodnoty stanovené v § 27.

(2) Podlimitní veřejnou zakázku zadává zadavatel v podlimitním režimu podle části třetí, pokud ji nezadává ve zjednodušeném režimu, nebo u ní neuplatnil výjimku z povinnosti zadat ji v zadávacím řízení.“

Tabulka 5 – Finanční limity pro veřejné zakázky

Druh zadavatele	**Druh veřejné zakázky**	**Finanční limity ZVVZ platné od 1.1.2022 v Kč bez DPH**	
		podlimitní VZ	**nadlimitní VZ**
Veřejný zadavatel: Česká republika a státní příspěvkové organizace	Dodávky a služby	od 2 000 000 do 3 653 000	nad 3 653 000
	Stavební práce	od 6 000 000 do 140 448 000	nad 140 448 000
Veřejný zadavatel: Územní samosprávné celky, jejich příspěvkové organizace a jiné právnické osoby	Dodávky a služby	od 2 000 000 do 5 610 000	nad 5 610 000
	Stavební práce	od 6 000 000 do 140 448 000	nad 140 448 000
Sektorové veřejné zakázky	Dodávky a služby	neuplatní se ZZVZ	nad 11 247 000
	Stavební práce	neuplatní se ZZVZ	nad 140 448 000

Zdroj: vlastní zpracování podle Nařízení vlády č.475/2021 Sb.

3.6.3 Zadávací řízení

Zadávací řízení je procesní postup, který nařizuje zadavateli veřejné zakázky dílčí kroky, jenž musí při zadávání veřejné zakázky zohlednit. Zákon rozeznává šest druhů zadávacího řízení. Každý z níže uvedených druhů má své výhody i nevýhody. Zejména se jedná o rozdílně stanovené časové lhůty, podmínky užití daného druhu nebo postupy upravující zadávací proces.

- **Otevřené řízení** (§ 27); je zahájeno odesláním oznámení o zahájení zadávacího řízení, kterým je vyzýváno neomezený počet dodavatelů k podání nabídky. Zadavateli je zakázáno, že s účastníky zadávacího řízení nesmí jednat o podaných nabídkách.
- **Užší řízení** (§ 28); používá zadavatel, a to bez naplnění dalších zákonných podmínek. Zadavatel již ale omezuje počet vyzvaných zájemců k podání nabídky.
- **Jednací řízení s uveřejněním** (§ 29); lze použít, pokud potřeby zadavatele nelze uspokojit bez úpravy na trhu dostupných plnění nebo je součástí veřejné zakázky návrh řešení nebo inovativního řešení.
- **Jednací řízení bez uveřejnění** (§ 34); může zadavatel použít, pokud nezměnil zadávací podmínky oproti otevřenému řízení nebo užšímu. Zadavatel může použít jednací řízení bez uveřejnění také, pokud je to nezbytné v důsledku krajně naléhavé okolnosti, kterou zadavatel nemohl předpovídat.
- **Soutěžní dialog** (§ 35); vede zadavatel s účastníky zadávacího řízení. Během soutěžního dialogu může zadavatel projednat veřejnou zakázku ze všech hledisek.
- **Zjednodušené podlimitní řízení** (§ 38); bývá velmi oblíbené pro svou rychlost a volnější podmínky. Smí je použít pouze veřejný zadavatel, který nejméně pěti zájemcům rozešle přímou výzvu k podání nabídky. (Zákon o veřejných zakázkách, 2016)

4 Vlastní práce

4.1 The Intelligence

4.1.1 Úvod do problematiky

Praktická část se bude věnovat výběru vhodného parciálního trolejbusu typu KB na linky pražské městské hromadné dopravy v rámci sektorové veřejné zakázky. V roce 2020 Rada hlavního města Prahy schválila Koncepci využití alternativních paliv v podmínkách dopravy Dopravního podniku hlavního města Prahy, akciová společnost. V této koncepci je zakotveno nasazení parciálních trolejbusů. Parciální trolejbus je typ městského dopravního prostředku, který kombinuje vlastnosti tradičního trolejbusu a autobusu. Jeho pohonným systémem je trakční akumulátor, avšak je vybaven také sběračem proudu, který umožňuje dobíjení akumulátoru během jízdy přes trolejové vedení nad vozovkou, podobně jako u klasického trolejbusu. Parciální trolejbusy tak mohou jezdit bez omezování všude tam, kde není trolejové vedení, ale zároveň mohou využívat výhod ekologického a hospodárného provozu na úsecích s trolejovým vedením. Tento druh dopravy se často využívá v městských oblastech, kde je z důvodu hustého provozu nutné minimalizovat emise a hluk.

Předmětem plánované sektorové veřejné zakázky vyhlášené zadavatelem DPP je dodání 20 kusů parciálních trolejbusů typu KB včetně příslušenství (sada hardware a software pro diagnostiku závad a nabíječka) pro městské linky dle specifikace v platném znění Standardů kvality pražské integrované dopravy [6] – Autobusy PID, vybavených odbavovacím a informačním systémem[7] a systémem energetického managementu. Dále je předmětem VZ také Podpora a rozvoj funkcí OIS a systému energetického managementu, služby pozáručního a mimozáručního servisu, pravidelné údržby, a případné dodání nových trakčních akumulátorů.

[6] Dále také PID.

[7] Dále také OIS.

Praktická část bude vypracována na základě metodiky specifikované blíže v kapitole 2.2. V rámci zpracování této části jsem zároveň požádal o spolupráci tři vedoucí pracovníky (odbor Technické podpory provozu, oddělení Veřejných zakázek, úsek Ekonomický) Dopravního podniku hlavního města Prahy, se kterými jsem vedl nestrukturované rozhovory. Předpokladem pro správné rozhodnutí o výběru parciálního trolejbusu byla analýza a syntéza informací z předchozích veřejných zakázek DP a ostatních dopravních podniků v České republice.

4.1.2 Charakteristika podniku a jeho historie

Dopravní podnik hlavního města Prahy, akciová společnost (viz Obrázek 4) je nejvýznamnější provozovatel městské hromadné dopravy na území České republiky a jeden z největších podniků v Praze. V roce 2021 v Praze a přilehlých regionech došlo k přepravě 647 331 tisíc cestujících (stav k 31. 12. 2021). Ve srovnání s rokem 2019 se jedná o 45% pokles přepravených osob. DP je provozovatelem 35 tramvajových linek, 143 autobusových linek, 3 linky metra a 1 trolejbusová linka Pražské integrované dopravy. Představenstvo DP na konci roku 2018 zvolilo svým předsedou Ing. Petra Witowského a zároveň ho jmenovalo generálním ředitelem.

Vize společnosti dle generálního ředitele Ing. Petra Witowského pro rok 2024 – „*Jsme vyhledávaným zaměstnavatelem, který v Praze a okolí poskytuje moderní, kvalitní, pohodlné, spolehlivé, bezpečné, efektivní a dostupné služby. Nabízíme komfortní přepravu, která je plnohodnotnou alternativou individuální dopravy.*“

Obrázek 4 – Logo společnosti

Dopravní podnik hlavního města Prahy

Zdroj: DP – logo (2022)

Svou činnost zahájil DP v roce 1897 jako Elektrické podniky hlavního města[8]. Hlavní činností EP bylo provozování tramvajové dráhy, drážní dopravy a výroba elektrické energie. Jeden z cílů EP byla koncentrace městské hromadné dopravy do jednoho podniku spravovaným městem Praha. Prvním segmentem dopravy v Praze se stala tramvajová doprava. V roce 1875 byla zahájena první linka koněspřežné tramvaje. Průkopníkem elektrické tramvaje se stal průmyslník František Křižík, který v roce 1891 vybudoval tramvajovou trať na Letné s délkou 800 metrů. Přepravovat pasažéry zahájily EP v roce 1908 na lince z Malostranského náměstí na Pohořelec. V roce 1936 se novinkou v pražské MHD staly trolejbusy. Provoz trolejbusů byl v roce 1972 ukončen, ale v posledních letech byl provoz znovuobnoven. Provoz metra linky C se zahájil v roce 1974 v úseku Sokolovská – Kačerov. Dále se postupně zprovozňovaly linky A a B, které se rozšířily do dnešní podoby. V současné době se probíhá výstavba linky D.

Od roku 1991 je podnik akciovou společností, kterou původně jedinou akcií vlastnilo hlavní město Praha, a to v hodnotě přibližně 32 miliard Kč. V roce 1995 se akcie rozdělila na 3001 ks akcií, přičemž vlastník se nezměnil (DP – data, 2022).

Firma má kapitálovou účast v několika následujících akciových společnostech:

- Pražská strojírna, a. s., jejíž hlavní činnost se spatřuje ve vývoji a výrobě kolejových konstrukcí a výhybkových systému pro tramvajovou dopravu. DP je jediný akcionář.
- Střední průmyslová škola dopravní, a. s., se zabývá výukou, výchovou a vzdělávání ve třech subjektech školy (Střední průmyslové škole dopravní, Střední odborné učiliště, Učiliště). DP je jediný akcionář.
- RENCAR PRAHA, a. s., společnost se zaměřila na reklamní aktivity, např. provozování reklamních celodekorových tramvají, autobusů a souprav metra, pronájem vitrín na autobusových zastávkách. DP je minoritní akcionář.

DP v současné podobě tvoří tři základní segmenty pro přepravu: metro, tramvaje, autobusy.

[8] Dále také EP.

Metro

Metro tvoří hlavní páteř systému MHD. Cestující mohou využívat 61 stanic na třech linkách A, B, C, jejichž délka činí 65,4 km. V současné době je kladen důraz na zpřístupnění dopravy i osobám s omezenou schopností pohybu a orientace. Stanice se postupně vybavují výtahy nebo bezbariérovými přístupy. Vozový park metra se celkově skládá ze 730 vozidel, rozmístěných ve 3 depech (Kačerov, Zličín, Hostivař). Od roku 2009 jsou na trasy linek A, B nasazovány pouze modernizované soupravy typu 81 - 71M ze Škody Transportation a na trase metra C soupravy M1 ze Siemensu. Do roku 2028 plánuje DP zprovoznit plně automatizovanou linku D v úseku Náměstí Míru – Depo Písnice (DP – profil, 2022).

Tramvaje

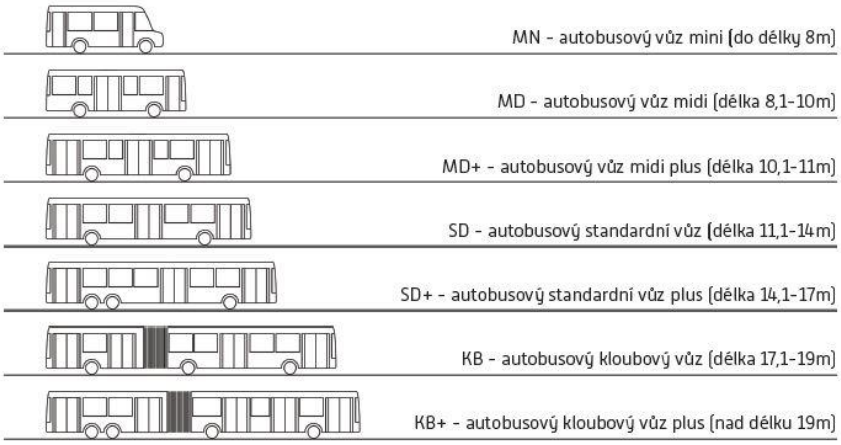
Provoz tramvajových tratí zajišťuje 26denních a 9 nočních linek. Délka tratí činí 143 km (stav k 31. 12. 2021). DP má celkem 783 provozních tramvají, z toho 393 nízkopodlažních, umístěných v 8 vozovnách (Kobylisy, Motol, Pankrác, Strašnice, Střešovice, Vokovice, Žižkov, Hloubětín – nyní ve výstavbě). Vozový park je tvořen klasickými jednosměrnými tramvajovými vozy řady T a vozy článkovými. Jednotka Provoz Tramvaje zajišťuje také provoz dvou lanových drah (Petřín, ZOO Praha). Investiční plán DP počítá s rozšířením tramvajové trati ze Sídliště Barrandov do Slivence a znovuobnovení provozu na Václavském náměstí. Mezi tratě, které jsou již ve výstavbě patří prodloužení trati z Divoké Šárky na Dědinu a Sídliště Modřan do Libuše (DP – profil, 2022).

Autobusy a Trolejbusy

V roce 2021 DP obsluhoval 99denních městských linek, 13 příměstských linek, 16 školních linek, 1 linku pro osoby se sníženou pohyblivostí a 14 nočních městských linek. Celková délka všech linek činí 1819,4 km (stav k 31. 12. 2021). DP má celkem 1203 autobusů (stav k 31. 12. 2021), z nichž 1089 vozidel je nízkopodlažních, dále DP disponuje 1 trolejbusem a v rámci testování má zapůjčený 1 autobus na vodíkový pohon. Průměrné stáří provozních autobusů dosáhlo k 31.12.2021 hodnoty 6,06 roku. Vozový park je umístěn v 5 autobusových garážích (Klíčov, Vršovice, Kačerov, Hostivař, Řepy). Prioritou DP je postupná obměna vozového parku, který by měl přinést více nízkopodlažních vozidel, vozy s nízkoemisními motory či využití alternativních pohonných systémů. (DP – profil, 2022).

V rámci pražské integrované dopravy je stanovené standardizované označení pro autobusová a trolejbusová vozidla (viz Obrázek 5)

Obrázek 5 - Schéma označení vozidel



Zdroj: PID – rozvoj linek PID v Praze 2022–2032, 2023

Tabulka 6 - Současný stav vozidel

Kategorie	Typ	Provozní stav	Průměrné stáří
Midi (MD, MD+)	Solaris Urbino 10,5 nízkopodlažní	40	0,67
	Solaris Urbino BN 8,9LE nízkopodlažní	40	7,74
	SOR BN 8,5 nízkopodlažní	21	10,68
Standardní (SD, SD+)	B 951	2	neuvedeno
	Citybus + Citelis nízkopodlažní	2	neuvedeno
	Crossway nízkopodlažní	10	9,35
	SOR NB12, BN12, NS12, EBN11 nízkopodlažní	584	5,19
Kloubové (KB, KB+)	B 961	2	neuvedeno
	SOR NE18 nízkopodlažní	501	7,09
	City kloubový nízkopodlažní	1	14,46
Celkem Autobusy		1203	6,06
Trolejbusy (SD)	Škoda 24Tr Irisbus, nízkopodlažní	1	16
Celkem Trolejbusy		1	16

Zdroj: DP – statistiky, 2023

4.1.3 Základní identifikační údaje o DP

Sídlo společnosti se nachází v Sokolovské ulici v Praze 9 – Vysočany (viz Tabulka 7). Do této budovy se společnost přestěhovala po mnohaletém působení v dřívější budově Elektrických podniků v pražských Bubnech.

Tabulka 7 - Základní identifikační údaje společnosti

Název společnosti	Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
Sídlo	Praha 9, Sokolovská 42/217, PSČ 190 22
Daňové identifikační číslo (DIČ)	CZ00005886
Zakladatel	Hlavní město Praha
Osoby podílející se na základním kapitálu	Hlavní město Praha 100 %
Základní kapitál	31 239 495 000 Kč
Předmět podnikání	Specifikováno v Obchodním rejstříku

Zdroj: DP – údaje (2022)

4.1.4 Ekonomika společnosti

Základní činností je závazek provozování veřejné služby na linkách Pražské integrované dopravy, jež Praha a další obce sjednávají prostřednictvím společnosti ROPID (Regionální organizátor pražské integrované dopravy). Ve výjimečných případech provozuje DP také linky, které jsou financované soukromými subjekty a také provozuje náhradní autobusovou dopravou pro České dráhy a.s., dopravní obsluhu sportovních, kulturních a hromadných akcí. Podnik provozuje také některé další činnosti, např. servis a opravy vozidla, výuku v autoškole. (DP – výroční zpráva 2021, 2023)

4.1.4.1 Výsledek hospodaření

Bilance hlavní činnosti DP, který se zavazuje poskytovat veřejné služby pro hlavní město Praha za rok 2021 činí 71,9 mil Kč. Celkový výsledek hospodaření DP dosáhl zisku 42,589 mil. Kč. (DP – výroční zpráva 2021, 2023)

4.1.4.2 Investice v roce 2021

V průběhu roku 2021 Dopravní podnik vynaložil na investice následující prostředky (viz Tabulka 8)

Tabulka 8 – Investice

Vlastní zdroje DPP	3 801,689 mil. Kč
Volné finanční prostředky	87, 235 mil. Kč
Běžná dotace z rozpočtu hlavního města Prahy	1 223,529 mil. Kč
Dotace EU	151,118 mil. Kč
Celkem	5 263,661 mil. Kč

Zdroj: DP – výroční zpráva 2021, 2023

Finanční prostředky byly směřovány primárně na obnovu a modernizaci vozového parku, rekonstrukci tramvajových tratí a do I. fáze provozního úseku trasy metra D. Seznam vybraných investičních akcí:

- I. provozní úsek trasy metra D ve výši 753,935 mil. Kč;
- rekonstrukce stanice metra Opatov a Jiřího z Poděbrad ve výši 215,251 mil. Kč;
- rekonstrukce stropní desky stanice metra Florenc, celková revitalizace stanice ve výši 37,523 mil. Kč;
- komplexní bezpečnostní systém v metru za 568,281 mil. Kč;
- výstavba a rekonstrukce tramvajových tratí ve výši 546,919 mil. Kč;
- splátka směnečného programu použitého na platbu tramvaje 15 T ve výši 800 mil. Kč;

4.1.5 Struktura podniku

Základní úrovně řízení v DP, a. s.

Makrostruktura podniku je definovaná víceúrovňovým liniovým řízením dané komplexností a problematikou řízených činností.

Organizační uspořádání DP

Organizační struktura podniku (viz Příloha 1) je určena procesním modelem DP. Tento model je naplněním poslání a záměru DP a je složen ze vzájemných procesů a vazeb mezi

nimi. Jednotlivé procesy zabezpečují organizační útvary, které se uspořádaly do několikastupňové organizační struktury a řídí je vedoucí procesu.

Vlastní organizační struktura DP je tvořena těmito organizačními částmi:

- Orgány DP; valná hromada, představenstvo, dozorčí rada, výbor pro audit.
- Výkonná organizační struktura; vystihuje základní organizační uspořádání DP.
- Specifické organizační složky; zakládány za účelem zajištění pružné struktury řízení.

4.1.5.1 Orgány DP

Nejvyšším orgánem firmy je valná hromada. Působnost valné hromady vykonává hlavní město Praha.

Statutárním orgánem DP, který řídí činnost DP a jedná jejím jménem, je představenstvo, rozhodující o veškerých záležitostech. Předsedou představenstva je v současné době Ing. Petr Witowski (stav k 31. 3. 2023).

Dozorčí rada představuje kontrolní orgán DP, dohlížející na výkon působnosti představenstva a uskutečňování podnikatelské činnosti DP. Současným předsedou dozorčí rady je MUDr. Zdeněk Hřib (stav k 31. 3. 2023).

Výbor pro audit je orgánem společnosti, který vykonává působnost stanovenou zákonem a Stanovami společnosti, jehož současnou předsedkyní je Mgr. Marta Gellová (stav k 31. 3. 2023). (DP – struktura, 2022).

4.1.6 Trolejbusová síť

Poslední dva roky začal DP aktivně investovat do alternativních pohonů. Do vozového parku bylo v rámci veřejné zakázky vysoutěženo 14 elektrobusů kategorie Standard (SD, SD+). Smlouva v celkovém objemu 207 010 000 Kč bez DPH byla uzavřena se společností Škoda Electric, a.s. Jednalo se o první nákup v rámci projektu obnovy flotily autobusů směrem k naplnění strategických cílů DP. Z důvodu jejich poruchovosti doposud nebyly elektrobusy integrovány na trasy MHD. Zároveň DP jako provozovatel veřejné dopravy v hlavním městě Praze je povinen monitorovat rizika, které vyplývají krizových událostí, zásahů vyšší moci, přípravy infrastruktury pro alternativní pohony apod., proto pro zajištění vypravení

autobusů, které jsou nezávislé na napájecí nebo nabíjecí infrastruktuře bylo vysoutěženo naposledy také 253 nových autobusů s naftovými motory, splňující emisní normy EURO VI. Z hlediska dlouhodobého horizontu DP počítá již pouze s hybridními vozidly, elektrobusů a autobusů na vodík.

Mezi jednu z preferovaných variant hybridních vozidel DP opět zařazuje trolejbusy. První trolejbusová linka v Praze zahájila provoz již v roce 1936 na lince Vozovna Střešovice – kostel sv. Matěje v Dejvicích. Největšího růstu trolejbusová doprava poznala ve 40. a 50. letech minulého století. První velkou změnou bylo značení linek trolejbusů Původní značení písmeny bylo nahrazeno číselným značením od čísla 51 a výše. Další změnou v provozu byl nákup nových kapacitních a výkonných trolejbusů Tatra T 400. V této době dosahovala trolejbusová síť svého maxima 56,876 km. Na začátku 60. let se trolejbusová doprava v Praze dostala do problémů, které zapříčinilo několik faktorů se synergickým účinkem, zejména se jednalo:

- Zastavení výroby trolejbusu Tatra T 400, přičemž neexistovala žádná dostupná alternativa.
- Do popředí se začala dostávat autobusová vozidla, zejména díky levné ropě ze Sovětského svazu.
- Rozsáhlé rekonstrukce komunikací na území Prahy.
- Plánovaná výstavba podzemní dráhy (metra).

Tyto faktory, které vedly ke konci trolejbusové dopravy v Praze byly stvrzeny 29. 11. 1965, kdy bylo zahájeno systematické rušení trolejbusové sítě. Poslední trolejbus na lince číslo 51 vyjel na svou cestu 16. 10. 1972, tímto aktem bylo dokončeno rušení trolejbusové sítě v Praze.

Po 45 letech v roce 2017 byla zprovozněna zkušební trolejbusová trať v Prosecké ulici, tímto aktem se vrátila elektrická trakce k silničním vozidlům MHD. Několik let zde probíhaly zkoušky různých typů parciálních trolejbusů a vzhledem k jejich dobrým výsledkům se hlavní město Praha návrat trolejbusů definitivně schválit a podporovat ho v expanzi. První trolejbusová linka číslo 58 byla 15. 10. 2022, tedy přesně 50 let od zrušení provozu trolejbusů, obnovena. Jedná se o linku, která bude plnou konverzí autobusové linky 140 v úseku Palmovka – Miškovice. Do plnohodnotného provozu se bude přecházet postupně

v roce 2023, kdy jsou očekávány dodávky nových kloubových trolejbusů. (Pražská trolejbusová historie, 2022)

Další velké investice v této oblasti jsou zaznamenány v programu nazvaném „Akční plán elektrizace autobusových linek v Praze“. 1. etapa elektrizace zahrnuje současné autobusové linky:

- Linka 191 v úseku Obchodní centrum Ruzyně – Letiště Václava Havla;
- Linka 131 v úseku Bořislavka – Hradčanská;
- Linka 137 v úseku Na Knížecí – Malá Ohrada;
- Linka 176 v úseku Karlovo náměstí – Stadion Strahov;
- Linka 119 v úseku Nádraží Veleslavín – Letiště Václava Havla.

Na zmíněnou linku 119 budou vypravovány nové velkokapacitní tříčlánkové trolejbusy typu KB+. Zadavatel (DP) v roce 2022 uzavřel smlouvu na dodávku 20 kusů trolejbusů v hodnotě 688 216 860 Kč bez DPH s konsorciem firem Škoda Electric, a. s., Solaris Bus & Coach S.A. a SOLARIS CZECH, spol. s.r.o.

Náklady na realizaci nové trolejbusové trati 119 činí předběžně 354 500 000 Kč bez DPH Jednou z výhod systému dynamického nabíjení z trolejí je vhodný pro linky, které mají náročný, členitý terénní profil. Trať linky 119 je dlouhá necelých 9 km, přičemž trakční trolejové vedení bude pokrývat úsek mezi Nádražím Veleslavín a Terminálem 3 letiště Václava Havla, ve zbylé části trasy pojede parciální trolejbus v režimu baterie. Trolejbusy budou vypravovány z garáží Řepy, která musí projít rozsáhlou rekonstrukcí pro vytvoření potřebné infrastruktury. Konkrétně se jedná o stavbu nové měnírny, vybudování 71 míst pro noční nabíjení trolejbusů, které budou obsluhovat levý břeh Vltavy a rekonstrukce haly pro odstavení trolejbusů.

Několik desetiletí hlavní město Praha plánuje modernizaci a částečně nové vybudování trati moderní rychlodráhy v úseku Masarykovo nádraží – Letiště Václava Havla – Kladno. V okamžiku, kdy bude projekt dokončen, DP využije tříčlánkové parciální trolejbusy typu KB+ z důvodu nízkého vytížení na jiných linkách pražské MHD. Tyto trolejbusy nahradí kapacitně menší typy KB, které budou mj. využívané na linkách, které budou elektrifikovány v následující 2. etapě elektrizace autobusových linek. Do této etapy je zahrnuto 13 autobusových linek, jedná se například o tyto:

- Linka 184 v úseku Velká Ohrada – Vypich (po dokončení plánované tramvajové trati v úseku Motol – Vypich je plánované prodloužení trolejbusové linky ve směru Dejvická – Nádraží Podbaba);
- Linka 123 a 167 v úseku Na Knížecí – Jinonice – Nemocnice Motol – Nemocnice Na Homolce.

4.1.7 Zadávání veřejných zakázek v DP

DP v souvislosti s veřejnými zakázkami a investicemi používá směrnice jako písemný dokument, který stanovuje určitá pravidla, postupy, zásady nebo pokyny pro zaměstnance, popř. pro organizaci jako celek. V rámci organizační struktury podniku, která je uvedena v Příloze, existují jednotlivé organizační útvary, které jsou správci směrnic, které spadají do jejich kompetence. Jelikož velikost DP je rozmanitá je vhodné si pro přehlednou orientaci představit jednotlivé prvky, které jsou nedílnou součástí VZ.

- Agregace – sčítání předpokládaných hodnot jednotlivých VZ útvarem 900400 (odbor Centrální nákup) a Interního zákazníka tak, aby nedošlo k porušení ZZVZ nebo mimořádnému ujednání v příslušné směrnici.
- Dodavatel – osoba, která nabízí poskytnutí dodávek, služeb či stavebních prací nebo i více těchto osob společně.
- POBJ – elektronický formulář v systému SAP pro požadování dodávek, služeb nebo stavebních prací.
- Interní zákazník[9] – určený zaměstnanec daného útvaru, který žádá prostřednictvím POBJ o zajištění dodávek, služeb nebo stavebních prací pro vlastní potřeby nebo pro potřeby jiného útvaru DP, podílí se na realizaci zadávacího nebo poptávkového řízení a následně nese odpovědnost za kontrolu realizace předmětu zadávacího nebo poptávkového řízení a za životní cyklus (řádné a včasné plnění, potřeba změn, kontrola platnosti a účinnosti apod.) smlouvy. Pokud IZ žádá o zajištění dodávek, služeb nebo stavebních prací alespoň částečně i pro jiný útvar DP, postavení IZ mají všechny tyto útvary. IZ je povinen definovat podmínky zadávacího nebo

[9] Dále také IZ.

poptávkového řízení, zejména smluvních parametrů (specifikace předmětu, specifické požadavky na další smluvní podmínky) a za tyto parametry je plně odpovědný.

- Registr smluv – registr smluv jako informační systém veřejné správy, který slouží k uveřejňování smluv podle zákona č. 340/2015 Sb., o zvláštních podmínkách účinnosti některých smluv, uveřejňování těchto smluv a o registru smluv (zákon o registru smluv), ve znění pozdějších předpisů. Správcem registru smluv je Ministerstvo vnitra. Registr smluv je přístupný způsobem umožňujícím bezplatný dálkový přístup.
- Technický garant – konkrétní zaměstnanec, který je odpovědný výhradně za technické podklady zadávacího nebo poptávkového řízení (specifikace předmětu z technického a věcného hlediska, specifické technické požadavky, např. výkon požadovaných zařízení apod.). Pokud se zadávací nebo poptávkové řízení týká více IZ, dotčení IZ určí společného Technického garanta nebo Technického garanta za každého IZ s jednoznačným vymezením jejich odpovědnosti.
- Zadávací podmínky – veškeré písemné dokumenty obsahující zadávací podmínky, ve vztahu k zadávacím řízením označovány též jako zadávací dokumentace, ve vztahu k poptávkovým řízením jako výzva k podání nabídek, součástí je vždy návrh smlouvy, minimální smluvní podmínky nebo objednávka.
- Rámcová dohoda – písemná smlouva uzavřená mezi DP a vybraným dodavatelem (vybranými dodavateli) na dobu určitou, zpravidla na delší časové období, která upravuje smluvní podmínky týkající se jednotlivých VZ na pořízení opakujících se dodávek, služeb či stavebních prací s obdobným předmětem plnění zadávaných po dobu platnosti rámcové dohody, rámcová dohoda závazně vymezuje zejména jednotkové ceny a množství dodávek, služeb nebo stavebních prací.

Veřejné zakázky jsou zadávány zejména v souladu platným zákonem č. 134/2016 Sb., právními předpisy a interními směrnicemi DP. Tyto dokumenty stanovují postup pro nákup materiálu (zboží), služeb a stavebních prací. DP stanovuje dle legislativy čtyři kategorie veřejných zakázek (viz Tabulka 9).

Tabulka 9 - Finanční limity pro VZ v DP

Typ výběru dodavatele	**Kategorie IV. VZ**	**Kategorie III. VZ**	**Kategorie II. VZ**	**Kategorie I. VZ**
Finanční limit v Kč bez DPH	do 200 000	od 200 000 do 2 000 000	od 2 000 000 do limitu pro VZ dle ZZVZ	limit pro VZ dle ZZVZ a více
Lhůta pro předložení požadavků na dodávku materiálů nebo služeb	-	1 měsíc	3 měsíce	6 měsíců
Minimální počet oslovených firem	1	3	3	dle ZZVZ
Zajištění procesu výběru dodavatele	-	korespondenčně / elektronické prostředí	korespondenčně / elektronické prostředí	v souladu se ZZVZ
Typ smluvního vztahu	schválená objednávka	schválená objednávka	platná smlouva	platná smlouva

Zdroj: Vlastní zpracování podle Interní dokumentace DP

Jak je již zmíněno v teoretické části týkající se finančních limitů veřejných zakázek, je nutné i v tomto případě vymezit VZ podle postavení zadavatele. Útvar 900400 (Centrální nákup) posoudí dle níže uvedených hledisek, zda VZ souvisí s relevantní činností DP či nikoli. Veřejné zakázky mohou být nesektorové VZ veřejného zadavatele nebo VZ sektorové veřejného zadavatele.

- **Nesektorové veřejné zakázky** – DP je veřejným zadavatelem podle § 4 odst. 1 písm. e) ZZVZ. Podle uvedeného ustanovení je veřejným zadavatelem jiná právnická osoba, která byla založena nebo zřízena za účelem uspokojování potřeb veřejného zájmu, které nemají průmyslovou nebo obchodní povahu, a jiný veřejný zadavatel ji převážně financuje, může v ní uplatňovat rozhodující vliv nebo jmenuje nebo volí více než polovinu členů v jejím statutárním nebo kontrolním orgánu. VZ, které DP

nezadává při výkonu relevantní činnosti (viz níže), se zadají jako VZ veřejného zadavatele (nesektorové).

- **Sektorové veřejné zakázky** – DP jako veřejný zadavatel současně vykonává relevantní činnosti podle § 153 ZZVZ. Relevantní činnost, kterou vykonává DP podle § 153 odst. 1 písm. f) ZZVZ: činnost související s poskytováním nebo provozováním sítí určených k poskytování služeb veřejnosti v oblasti železniční, tramvajové, trolejbusové nebo lanové dopravy a provozování veřejné autobusové dopravy. VZ, které DP zadává při výkonu této relevantní činnosti, DP zadává jako sektorové VZ. Finanční limity pro sektorové VZ jsou stanoveny v Tabulce 10.

Tabulka 10 - Finanční limity pro sektorové VZ

Režim zadání dle předpokládané hodnoty	Dodávky	Služby	Stavební práce
Podlimitní VZ (v Kč bez DPH)	méně než 11 247 000	méně než 11 247 000	méně než 140 448 000
Nadlimitní VZ (v Kč bez DPH)	více než 11 247 000	více než 11 247 000	více než 140 448 000

Zdroj: Vlastní zpracování podle Interní dokumentace DP

V rámci praktické části, kde bude provedeno rozhodování o parciálních trolejbusech pro DP je předpokládáno, že se bude jednat o I. Kategorii v oblasti nadlimitních dodávek zboží VZ. Proces zadávání v tomto případě stanoven pěti po sobě následujícími kroky: Zahájení přípravy VZ, Schválení záměru VZ, Zadávací podmínky, Průběh a ukončení zadávacího řízení, Realizace výsledků procesu zadávání VZ. Každý z uvedených bodů obsahuje několik činností, pro lepší přehlednost je stanovena tzv. matice odpovědnosti (Tabulka 11).

Tabulka 11 - Matice odpovědnosti pro výběr dodavatelů VZ v režimu ZZVZ

Činnost	IZ	Technický garant	VÚ 400600	VÚ 900400	VÚ 900410	VÚ 900230	VÚ 400200	VÚ 400500	VÚ 400220	Představenstvo
Zadání požadavku na VZ – POBJ	X									
Příjem a kontrola POBJ, Agregace požadavků napříč DP	X			X						
Posouzení charakteru plnění dle ZZVZ				X	X	X				
Vystavení Záměru VZ					X					
Předložení Záměru VZ představenstvu					X					
Informace o schválení Záměru VZ					X					
Zajištění poskytnutí právní služby k zadávacímu řízení						X				
Poskytnutí technických podmínek VZ a požadavků na smlouvu	X	X	X							
Žádost o prodloužení lhůty k předložení technických podmínek	X	X	X							
Připomínkové řízení k zadávacím podmínkám	X	X	X			X	X	X		
Žádost o prodloužení lhůty k připomínkám	X		X		X	X	X	X		
Schválení zadávacích podmínek	X	X	X			X				
Nominace členů do komise	X				X	X	X			
Jmenování komise				X						
Žádost o nominaci člena dozorčí rady				X						
Uzavření smlouvy					X					X
Vložení skenu smlouvy do aplikace Sysel									X	
Zrušení zadávacího řízení				X		X				X
Odpovědnost za cyklus smlouvy	X									
Kontrola plnění objednávky	X									
Vystavení a schválení listu ukončení					X					
Průběh plnění ze smluv uzavřených na základě odpovědného veřejného zadávání	X									
Digitalizace a archivace kompletní dokumentace					X					
Zveřejnění zadání dle ZZVZ, zjištění a zveřejnění informace o skutečném plnění z rámcové dohody na profilu zadavatele a archivace					X					

Zdroj: Vlastní zpracování

4.2 The Design

4.2.1 Navrhované varianty

Za účelem průzkumu trhu, informování dodavatelů a nastavení zadávacích podmínek musí DP u sektorových nadlimitních veřejných zakázek vést tzv. předběžné tržní konzultace. Do těchto konzultací se může zapojit neomezený okruh dodavatelů, přičemž DP je může jako zadavatel VZ oslovit přímo.

Na základě dohody a vzájemné shody se třemi vedoucími pracovníky došlo k rozhodnutí, že dojde k oslovení šesti společností, které vyrábí a zároveň dodávají trolejbusy typu KB, a to včetně komplexních služeb spojených s jejich užíváním. Vybraný počet splňuje ZVVZ o minimálním počtu oslovených společností v daném rozsahu VZ.

Expertní skupiny vybrala těchto šest společností spolu s jejich konkrétní modely:

1. SOLARIS CZECH, s.r.o. – model Solaris Trollino 18
2. SOR Libchavy, s. r. o. – model SOR TNS 18
3. Škoda Electric, a. s. – model Škoda 27Tr
4. Carrosserie HESS AG – model Hess O3350 lightTram 19 DC
5. Van Hool NV – model Van Hool Exquicity 18 Trolley
6. Bozankaya A.Ş. – model Bozankaya Trambus 18 MT

Tři společnosti z České republiky a tři zahraniční společnosti jsem oslovil s prosbou o poskytnutí informací ohledně jejich výrobků, které budou dále využity pro splnění hlavního cíl této práce.

4.2.1.1.1 Solaris Trollino 18

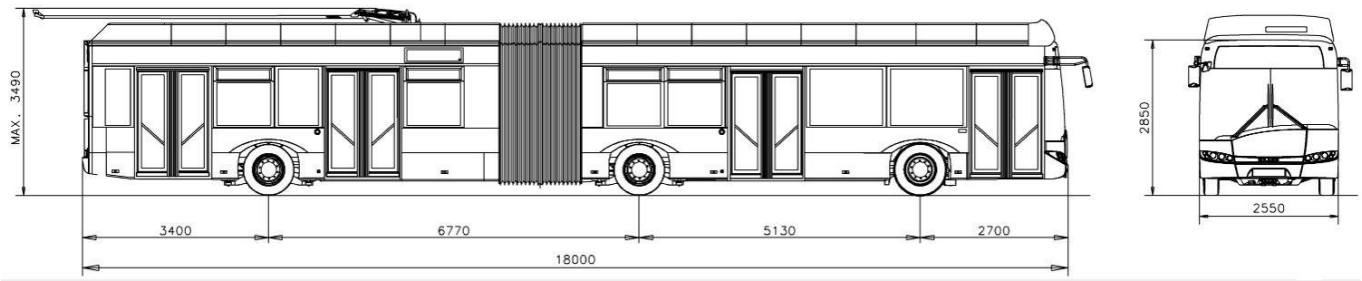
Trolejbus s označením Solaris Trolino 18 je produktem polské společnosti Solaris Bus & Coach S.A. Solaris se řadí mezi největší evropské výrobce autobusů s konvenčními pohony, autobusů s elektrickým pohonem, tramvaje a trolejbusy. V poslední době se společnost rozhodla vyrábět také autobusy poháněné vodíkovými palivovými články.

Solaris Czech, s.r.o. je pobočka společnosti Solaris Bus & Coach S.A. v České republice, která se zaměřuje na prodej a servis autobusů a trolejbusů značky Solaris. Společnost nabízí široký sortiment autobusů a trolejbusů, včetně městských, meziměstských a turistických autobusů, stejně jako trolejbusů pro městskou hromadnou dopravu.

Solaris Czech se specializuje na poskytování kompletního servisu pro své zákazníky, včetně technické podpory, servisních služeb a dodávek náhradních dílů. Společnost má rozsáhlou síť autorizovaných servisních středisek po celé České republice, což jí umožňuje poskytovat rychlou a efektivní pomoc svým zákazníkům.

Solaris je spolehlivý a profesionální dodavatel autobusů a trolejbusů, který se snaží poskytovat svým zákazníkům vysokou kvalitu a efektivní servis.

Obrázek 6 - Návrh provedení Solaris Trollino 18



Zdroj: https://www.solarisbus.com/cs/vozidla/nulove-emise/trollino-1

Tabulka 12 - Parametry trolejbusu Solaris Trollino 18

Solaris Trollino 18		
Dodavatel	Název: SOLARIS CZECH, s. r. o.	
	Sídlo: Radvanická 802/13, 715 00 Ostrava – Michálkovice, Česká republika	
	IČO: 25914723	
Základní údaje o trolejbusu	Obsaditelnost při hustotě max. 5 osob/m^2	115
	Počet sedadel [ks]	41
	Počet dveří [ks]	4
	Konstrukční rychlost [km/h]	75
	Šířka [mm]	2550
	Výška [mm]	3490
	Délka [mm]	18000
	Výška podlahy [mm]	320
	Nájezdový úhel vpředu [°]	7
	Nájezdový úhel vzadu [°]	7
	Záruka [měsíce]	84
	Deklarovaná životnost [měsíce]	144
Trakční akumulátor	Cena trakčního akumulátoru včetně výměny bez DPH [Kč/ks]	1 680 000
	Garantovaný dojezd	splňuje
	Kapacita trakční baterie [kWh]	42
	Záruka akumulátoru [měsíce]	60
Nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství	Náklady na pořízení trolejbusu [Kč/ks]	20 200 000
	Sada hardware a software pro diagnostiku závad [Kč/ks]	157 000
	Nabíječka [Kč/ks]	300 000
	Celková cena bez DPH [Kč]	**20 657 000**
Analýza nákladů	Servisní práce (v rámci předepsané údržby) po dobu životnosti [Kč]	1 200 000
	Materiál (v rámci předepsané údržby) po dobu životnosti [Kč]	2 600 000
	Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla bez DPH [Kč]	**316 667**
	Mimozáruční a pozáruční servisní práce bez DPH [Kč/hod.]	700
	Podpora a rozvoj funkcí OIS a systému energetického managementu bez DPH [Kč/hod.]	700
Ostatní	Legislativní požadavky	splňuje
	Dostupnost servisních prací a náhradních dílů	ANO
	Dodání 1. vozidla od účinnosti kupní smlouvy [měsíce]	6
	Dodání 2. až 20. vozidla od účinností kupní smlouvy [měsíce]	16

Zdroj: vlastní zpracování dle informací SOLARIS CZECH, spol. s.r.o.

4.2.1.1.2 SOR TNS 18

Trolejbus s označením SOR TNS 18 je produktem české společnosti SOR Libchavy, s. r. o. Společnost se zaměřuje na výrobu autobusů s konvenčními pohony, autobusů s elektrickým pohonem a trolejbusů.

Firma byla založena v roce 1991 v Libchavách. Od svého založení se SOR postupně rozvíjí a rozšiřuje svou nabídku vozidel. SOR má dnes zákazníky po celém světě, včetně zemí Evropy, Asie a Afriky. Firma se zaměřuje na kvalitu a inovaci svých výrobků a využívá moderní technologie výroby.

„*V roce 2009 vyhrála společnost prozatím největší veřejnou soutěž na dodávku standardních a článkových autobusů pro největšího českého městského dopravce. Dopravní podnik hlavního města Prahy odebral takřka 600 vozidel typu SOR NB 12 a NB 18. O rok později zvítězila společnost SOR i ve výběrovém řízení na autobusy pro Dopravný podnik Bratislava (DPB). Do slovenského hlavního města dodal SOR 100 článkových autobusů typu SOR NB 18. Do listopadu 2017 vyrobila firma SOR Libchavy od svého vzniku již takřka 7 700 vozidel, z toho přes polovinu bylo určeno pro Českou republiku.*“ (SOR – O nás, 2023)

Obrázek 7 - Návrh provedení SOR TNS 18

Zdroj: Interní dokumentace DP

Tabulka 13 - Parametry trolejbusu SOR TNS 18

SOR TNS 18		
Dodavatel	Název: SOR Libchavy, s. r. o.	
	Sídlo: Dolní Libchavy 48, 561 16 Libchavy, Česká republika	
	IČO: 15030865	
Základní údaje o trolejbusu	Obsaditelnost při hustotě max. 5 osob/m^2	134
	Počet sedadel [ks]	41
	Počet dveří [ks]	4
	Konstrukční rychlost [km/h]	65
	Šířka [mm]	2550
	Výška [mm]	3465
	Délka [mm]	18750
	Výška podlahy [mm]	330
	Nájezdový úhel vpředu [°]	7
	Nájezdový úhel vzadu [°]	7
	Záruka [měsíce]	96
	Deklarovaná životnost [měsíce]	180
Trakční akumulátor	Cena trakčního akumulátoru včetně výměny bez DPH [Kč/ks]	1 440 000
	Garantovaný dojezd	splňuje
	Kapacita trakční baterie [kWh]	106
	Záruka akumulátoru [měsíce]	72
Nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství	Náklady na pořízení trolejbusu [Kč/ks]	18 549 000
	Sada hardware a software pro diagnostiku závad [Kč/ks]	141 070
	Nabíječka [Kč/ks]	285 000
	Celková cena bez DPH [Kč]	**18 975 070**
Analýza nákladů	Servisní práce (v rámci předepsané údržby) po dobu životnosti [Kč]	2 110 000
	Materiál (v rámci předepsané údržby) po dobu životnosti [Kč]	3 586 385
	Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla bez DPH [Kč]	**379 759**
	Mimozáruční a pozáruční servisní práce bez DPH [Kč/hod.]	800
	Podpora a rozvoj funkcí OIS a systému energetického managementu bez DPH [Kč/hod.]	950
Ostatní	Legislativní požadavky	splňuje
	Dostupnost servisních prací a náhradních dílů	ANO
	Dodání 1. vozidla od účinnosti kupní smlouvy [měsíce]	6
	Dodání 2. až 20. vozidla od účinností kupní smlouvy [měsíce]	18

Zdroj: vlastní zpracování dle informací SOR Libchavy, s. r. o.

4.2.1.1.3 Škoda 27Tr

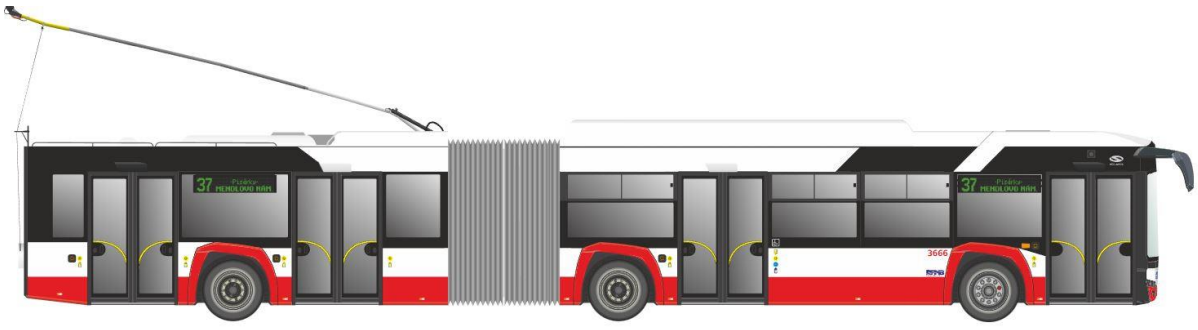
Trolejbus s označením Škoda 27Tr je společným produktem společnosti Solaris Bus & Coach S.A., která dodává karoserii a české společnosti Škoda Electric, a. s., která dodává elektrickou výzbroj. Škoda Electric, a. s. je mateřskou společností Škody Transportation, a. s., která se specializuje na výrobu a vývoj elektrotechnických produktů a služeb. Společnost navazuje na dlouholetou tradici Škodových závodů v Plzni, které byly založeny v roce 1901.

Škoda Electric se zaměřuje na výrobu a vývoj komponentů pro trakční systémy, výkonných elektromotorů, generátorů, elektroměrů a měničů napětí. Mezi rozsáhlou škálu produktů v oblasti dopravy se řadí zejména tramvaje, trolejbusy, autobusy s konvenčním nebo elektrickým pohonem, vlakové jednotky a moderní soupravy metra.

Společnost má vlastní výzkumné a vývojové středisko, které se zaměřuje na inovace a vylepšování produktů, tak aby splňovaly nejnovější standardy a požadavky trhu. Společnost nepůsobí pouze v České republice, ale také v zahraničí, kde má pobočky a zastoupení.

Škoda Electric se snaží být odpovědným a udržitelným podnikem a dbá na ochranu životního prostředí a zdraví svých zaměstnanců. Společnost se také aktivně zapojuje do společenského a charitativního dění v místech, kde působí.

Obrázek 8 - Návrh provedení Škoda 27Tr



Zdroj: Interní dokumentace DP

Tabulka 14 - Parametry trolejbusu Škoda 27Tr

Škoda 27Tr		
Dodavatel	Název: Škoda Electric, a.s.	
	Sídlo: Průmyslová 610/2 a, 301 00 Plzeň – Doudlevce, Česká republika	
	IČO: 15030865	
Základní údaje o trolejbusu	Obsaditelnost při hustotě max. 5 osob/m^2	121
	Počet sedadel [ks]	38
	Počet dveří [ks]	4
	Konstrukční rychlost [km/h]	65/75
	Šířka [mm]	2550
	Výška [mm]	3400
	Délka [mm]	18000
	Výška podlahy [mm]	320
	Nájezdový úhel vpředu [°]	7
	Nájezdový úhel vzadu [°]	7
	Záruka [měsíce]	96
	Deklarovaná životnost [měsíce]	168
Trakční akumulátor	Cena trakčního akumulátoru včetně výměny bez DPH [Kč/ks]	1 040 000
	Garantovaný dojezd	splňuje
	Kapacita trakční baterie [kWh]	42
	Záruka akumulátoru [měsíce]	72
Nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství	Náklady na pořízení trolejbusu [Kč/ks]	20 350 000
	Sada hardware a software pro diagnostiku závad [Kč/ks]	477 100
	Nabíječka [Kč/ks]	20 000
	Celková cena bez DPH [Kč]	**20 847 100**
Analýza nákladů	Servisní práce (v rámci předepsané údržby) po dobu životnosti [Kč]	2 000 000
	Materiál (v rámci předepsané údržby) po dobu životnosti [Kč]	4 000 000
	Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla bez DPH [Kč]	**428 571**
	Mimozáruční a pozáruční servisní práce bez DPH [Kč/hod.]	1000
	Podpora a rozvoj funkcí OIS a systému energetického managementu bez DPH [Kč/hod.]	950
Ostatní	Legislativní požadavky	splňuje
	Dostupnost servisních prací a náhradních dílů	ANO
	Dodání 1. vozidla od účinnosti kupní smlouvy [měsíce]	6
	Dodání 2. až 20. vozidla od účinností kupní smlouvy [měsíce]	14

Zdroj: vlastní zpracování dle informací Škoda Electric, a. s.

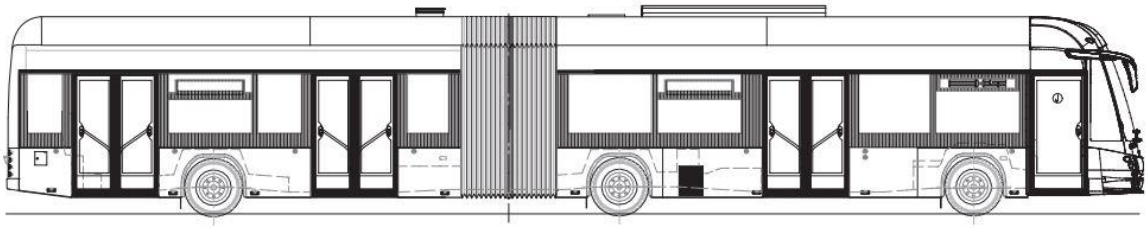
4.2.1.1.4 Hess O3350 lighTram 19 DC

Trolejbus Hess O3350 lighTram 19 DC je produktem švýcarské společnosti Carrosserie HESS AG, která se zaměřuje na výrobu autobusů a trolejbusů. Společnost byla založena v roce 1882 a sídlí v městě Bellach v kantonu Solothurn ve Švýcarsku.

Společnost je známá pro své inovativní a kvalitní výrobky v oblasti hromadné dopravy. Vyrábí autobusy a trolejbusy v různých velikostech a variantách, které jsou vhodné pro městskou, příměstskou i dálkovou dopravu. Společnost nabízí také speciální vozy pro přepravu handicapovaných osob a vozidla pro letištní přepravu.

Carrosserie HESS AG má rozvinutou distribuční síť a prodává své produkty nejen v Švýcarsku, ale také v dalších zemích Evropy a Asie, kde nabízí služby jako údržba, opravy a modernizace vozidel pro své zákazníky. Vyráběné vozy jsou optimalizovány pro nízkou spotřebu paliva a sníženou produkci emisí. Společnost také podporuje výzkum a vývoj v oblasti elektromobility a alternativních paliv.

Obrázek 9 - Návrh provedení Hess O3350 lighTram 19DC



Zdroj: Hess – lightram, 2023

Tabulka 15 - Parametry trolejbusu Hess O3350 lighTram 19DC

Hess O3350 lighTram 19DC		
Dodavatel	Název: Caroserie HESS AG	
	Sídlo: Bielstrasse 7 CH-4512 Bellach, Švýcarská konfederace	
	IČO: CHE-102.197.807	
Základní údaje o trolejbusu	Obsaditelnost při hustotě max. 5 osob/m^2	130
	Počet sedadel [ks]	34
	Počet dveří [ks]	4
	Konstrukční rychlost [km/h]	65
	Šířka [mm]	2550
	Výška [mm]	3500
	Délka [mm]	18750
	Výška podlahy [mm]	320
	Nájezdový úhel vpředu [°]	7
	Nájezdový úhel vzadu [°]	7
	Záruka [měsíce]	120
	Deklarovaná životnost [měsíce]	192
Trakční akumulátor	Cena trakčního akumulátoru včetně výměny bez DPH [Kč/ks]	2 550 000
	Garantovaný dojezd	splňuje
	Kapacita trakční baterie [kWh]	153
	Záruka akumulátoru [měsíce]	84
Nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství	Náklady na pořízení trolejbusu [Kč/ks]	26 070 000
	Sada hardware a software pro diagnostiku závad [Kč/ks]	275 000
	Nabíječka [Kč/ks]	120 800
	Celková cena bez DPH [Kč]	**26 465 800**
Analýza nákladů	Servisní práce (v rámci předepsané údržby) po dobu životnosti [Kč]	1 737 500
	Materiál (v rámci předepsané údržby) po dobu životnosti [Kč]	2 700 000
	Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla bez DPH [Kč]	**277 344**
	Mimozáruční a pozáruční servisní práce bez DPH [Kč/hod.]	1000
	Podpora a rozvoj funkcí OIS a systému energetického managementu bez DPH [Kč/hod.]	800
Ostatní	Legislativní požadavky	splňuje
	Dostupnost servisních prací a náhradních dílů	ANO
	Dodání 1. vozidla od účinnosti kupní smlouvy [měsíce]	6
	Dodání 2. až 20. vozidla od účinností kupní smlouvy [měsíce]	18

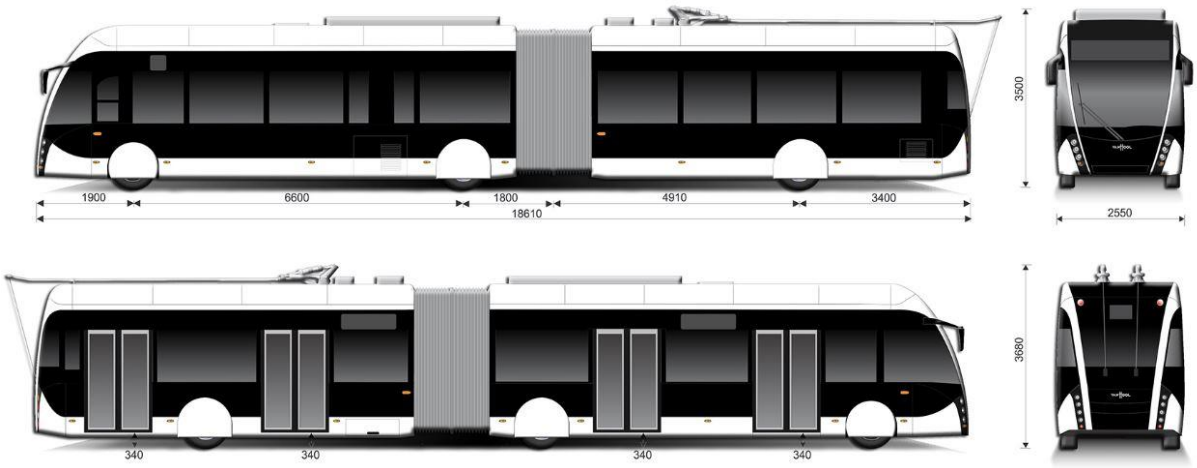
Zdroj: vlastní zpracování dle informací Caroserie HESS AG

4.2.1.1.5 Van Hool Exquicity 18 Trolley

Trolejbus Van Hool Exquicity 18 Trolley je produktem belgické společnosti Van Hool NV, která se zaměřuje na výrobu autobusů, trolejbusů, přívěsů a nástaveb pro nákladní automobily a speciálních vozidel pro přepravu handicapovaných. V roce 1947, kdy byla společnost založena ve městě Koningshooikt v Belgii, se jednalo o menší rodinnou formu na výrobu autobusů.

Vysoká kvalita, spolehlivost a inovativní technologie jsou hlavními přednostmi společnosti. Hlavní továrny Van Hoolu se nachází kromě Belgie také v Makedonii. Jejich roční produkce v roce 2019 čítala přes 1300 autobusů, resp. trolejbusů. Hlavní komponenty, zejména motory a nápravy, dodávají podniku Ceterpillar, Cummins, DAF nebo MAN.

Obrázek 10 - Návrh provedení Van Hool Exquicity 18 Trolley



Zdroj: Van Hool – Exquicity 18 Trolley, 2023

Tabulka 16 - Parametry trolejbusu Van Hool Exquicity 18 Trolley

Van Hool Exquicity 18 Trolley		
Dodavatel	Název: Van Hool NV	
	Sídlo: Bernard Van Hoolstraat 58, BE-2500 Lier, Belgické království	
	IČO: BE 0404.060.032	
Základní údaje o trolejbusu	Obsaditelnost při hustotě max. 5 osob/m^2	125
	Počet sedadel [ks]	46
	Počet dveří [ks]	4
	Konstrukční rychlost [km/h]	70
	Šířka [mm]	2550
	Výška [mm]	3680
	Délka [mm]	18610
	Výška podlahy [mm]	330
	Nájezdový úhel vpředu [°]	7
	Nájezdový úhel vzadu [°]	7
	Záruka [měsíce]	120
	Deklarovaná životnost [měsíce]	204
Trakční akumulátor	Cena trakčního akumulátoru včetně výměny bez DPH [Kč/ks]	1 980 000
	Garantovaný dojezd	splňuje
	Kapacita trakční baterie [kWh]	215
	Záruka akumulátoru [měsíce/km]	84
Nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství	Náklady na pořízení trolejbusu [Kč/ks]	27 642 800
	Sada hardware a software pro diagnostiku závad [Kč/ks]	400 000
	Nabíječka [Kč/ks]	312 000
	Celková cena bez DPH [Kč]	**28 354 800**
Analýza nákladů	Servisní práce (v rámci předepsané údržby) po dobu životnosti [Kč]	2 010 200
	Materiál (v rámci předepsané údržby) po dobu životnosti [Kč]	3 800 000
	Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla bez DPH [Kč]	**341 776**
	Mimozáruční a pozáruční servisní práce bez DPH [Kč/hod.]	1000
	Podpora a rozvoj funkcí OIS a systému energetického managementu bez DPH [Kč/hod.]	1000
Ostatní	Legislativní požadavky	splňuje
	Dostupnost servisních prací a náhradních dílů	ANO
	Dodání 1. vozidla od účinnosti kupní smlouvy [měsíce]	6
	Dodání 2. až 20. vozidla od účinností kupní smlouvy [měsíce]	14

Zdroj: vlastní zpracování dle informací Van Hool NV

4.2.1.1.6 Bozankaya Trambus 18 MT

Trolejbus Bozankaya Trambus 18 MT je produktem turecké společnosti Bozankaya A.Ş., která se specializuje na výrobu elektrických autobusů, trolejbusům, elektrických nákladních vozidel a tramvají pro městskou a příměstskou dopravu. Společnost byla založena v roce 1989 v Ankaře a dnes patří mezi přední výrobce elektrických vozidel v Turecku.

Bozankaya je známá pro své inovativní produkty v oblasti elektromobility a inteligentních dopravních systémů. Významnou výhodou společnosti je spolupráce s univerzitami a výzkumnými institucemi na vývoji nových technologií v oblasti elektromobility. Podnik se snaží o udržitelný rozvoj a zvyšování kvality života obyvatel, a to prostřednictvím inovativních technologií a ekologických řešení.

Bozankaya má v současné době výrobní závody v Turecku, Německu a Thajsku a spolupracuje s řadou zákazníků a partnerů po celém světě. Mezi její klíčové zákazníky patří města, místní i národní vlády, dopravní podniky a soukromé společnosti.

Obrázek 11 - Návrh provedení Bozankaya Trambus

Poznámka: uvedená fotografie zobrazuje 24metrovou variantu Bozankaya Trambus

Zdroj: Bozankaya – Trambus, 2023

Tabulka 17 - Parametry trolejbusu Bozankaya Trambus 18 MT

Bozankaya Trambus 18 MT		
Dodavatel	Název: Bozankaya – OTOMOTİV MAKİNA İTHALAT VE İHRACAT A.Ş.	
	Sídlo: Artuklular Sok. 3/B, 06930 Ankara, Turecká republika	
	IČO: 315616	
Základní údaje o trolejbusu	Obsaditelnost při hustotě max. 5 osob/m^2	116
	Počet sedadel [ks]	34
	Počet dveří [ks]	4
	Konstrukční rychlost [km/h]	70
	Šířka [mm]	2550
	Výška [mm]	3467
	Délka [mm]	18750
	Výška podlahy [mm]	330
	Nájezdový úhel vpředu [°]	7
	Nájezdový úhel vzadu [°]	7
	Záruka [měsíce]	48
	Deklarovaná životnost [měsíce]	144
Trakční akumulátor	Cena trakčního akumulátoru včetně výměny bez DPH [Kč/ks]	800 000
	Garantovaný dojezd	splňuje
	Kapacita trakční baterie [kWh]	40
	Záruka akumulátoru [měsíce]	84
Nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství	Náklady na pořízení trolejbusu [Kč/ks]	21 080 000
	Sada hardware a software pro diagnostiku závad [Kč/ks]	95 000
	Nabíječka [Kč/ks]	50 000
	Celková cena bez DPH [Kč]	**21 225 000**
Analýza nákladů	Servisní práce (v rámci předepsané údržby) po dobu životnosti [Kč]	2 400 000
	Materiál (v rámci předepsané údržby) po dobu životnosti [Kč]	2 100 000
	Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla bez DPH [Kč]	**375 000**
	Mimozáruční a pozáruční servisní práce bez DPH [Kč/hod.]	1500
	Podpora a rozvoj funkcí OIS a systému energetického managementu bez DPH [Kč/hod.]	1000
Ostatní	Legislativní požadavky	splňuje
	Dostupnost servisních prací a náhradních dílů	NE
	Dodání 1. vozidla od účinnosti kupní smlouvy [měsíce]	4
	Dodání 2. až 20. vozidla od účinností kupní smlouvy [měsíce]	14

Zdroj: vlastní zpracování dle informací Bozankaya – OTOMOTİV A.Ş

4.2.2 Aspirační úrovně kritérií

Zadávací dokumentace je ucelený soubor dokumentů, informací, které jsou použity pro zadání veřejné zakázky. Tyto dokumenty a informace obsahují podrobné specifikace, požadavky a podmínky, které musí dodavatelé splnit, aby mohli být vybráni pro realizaci zakázky.

Jedná o klíčový dokument veřejné zakázky, který stanovuje základní pravidla pro soutěž o zakázku. Je důležité, aby byla připravena pečlivě a přesně, aby byla zajištěna transparentnost a rovné zacházení pro všechny zúčastněné dodavatele. DP je povinen odpovídat na dotazy účastníků VZ v rámci tzv. vysvětlení zadávací dokumentace.

Zadávací dokumentace pro výběr vhodného trolejbusu musí obsahovat tyto následující informace:

- popis a rozsah zakázky;
- požadavky stanovenou kvalitu, termíny dodávek, minimální technické specifikace;
- podmínky pro účast ve VZ (oprávnění ke způsobilosti, finanční stabilita, reference);
- požadavky na kvalifikaci a zkušenosti dodavatelů;
- podmínky smluvního vztahu;
- předpokládaná hodnota zakázky.

Celkem 17 aspiračních úrovní kritérií, které zahrnují hodnoty minimální technické specifikace, nabídkové ceny a specifické garance pro parciální trolejbus typu KB byly stanoveny expertem DP následovně:

- **Počet sedadel** (35-45 ks); sedadel pro cestující (bez místa řidiče, lze započítat sklopná sedadla, která ale mohou tvořit max. 15 % všech sedadel). Minimálně 6 sedadel vyhrazených pro osoby se sníženou schopností pohybu nebo orientace, minimálně 2 tato sedadla dostupná z úrovně podlahy.
- **Počet dveří** (4 ks); stanoveno Standardem kvality PID – Autobusy PID pro typ KB.
- **Konstrukční rychlost** (minimálně 65 km/h); stanovená rychlost musí být dosažitelná v režimu čerpání energie z trolejové sítě i režimu jízdy na akumulátor.
- **Výška** (maximálně 3500 mm), **Délka** (18000–19000 mm); maximální výška je určovaná sběračem, který je ve stažené poloze.

- **Výška podlahy** (maximálně 360 mm); měřeno od vozovky v režimu jízdy (standard).
- **Nájezdový úhel vpředu** (7°), **Nájezdový úhel vzadu** (7°);
- **Záruka** (minimálně 60 měsíců); doba, kdy dodavatel zajišťuje, že trolejbus bude odpovídat sjednaným standardům a specifikacím.
- **Deklarovaná životnost** (minimálně 144 měsíců); minimální doba, kdy bude DP moct provozovat trolejbus v městském provozu.
- **Garantovaný dojezd** (minimálně 12 km); dodavatelé specifikují pouze binárně (splňuje/nesplňuje). Otestováno s topením a klimatizací za jakýchkoliv provozních a klimatických podmínek hlavního města Prahy.
- **Záruka akumulátoru** (minimálně 60 měsíců); aplikováno na akumulátory, které již nesplňují garantovaný dojezd. Zadavatel (DP) musí předem definovat roční kilometrový nájezd trolejbusů.
- **Mimozáruční a pozáruční práce** (maximálně 1000 Kč/hod.); součástí VZ je také zaručení mimozáručních prací na trolejbusu.
- **Podpora a rozvoj OIS a systému energetického managementu trolejbusu** (maximálně 1000 Kč/hod.);
- **Legislativní požadavky**; dodavatelé specifikují pouze binárně (splňuje/nesplňuje). Trolejbusy musí být ke dni předání schváleny pro provoz na pozemních komunikacích a v městské hromadné dopravě osob a homologovány dle platných právních předpisů a norem ČSN na území České republiky
- **Dostupnost servisních prací a náhradních dílů** (maximálně 48 hodin);
- **Dodání vozidel** (1. vozidlo maximálně 6 měsíců od účinnosti kupní smlouvy, 2. až 20. vozidlo maximálně 18 měsíců od účinnosti kupní smlouvy).

Předvýběrem variant za pomoci aspiračních úrovní kritérií bylo na základě poskytnutých informací od dodavatelů kladně vyhodnoceno 5 trolejbusů. Trolejbus Trambus 18 MT vyráběn společností Bozankaya nebyl do následujícího hodnocení připuštěn z důvodu tří nesplňujících hodnot stanovených aspiračními úrovni kritérií (viz Tabulka 18).

Tabulka 18 - Aspirační úrovně kritérií

Název kritéria	Aspirační úroveň	Bozankaya Trambus 18 MT
Záruka [měsíce]	60	48
Mimozáruční a pozáruční servisní práce bez DPH [Kč/hod.]	1000	1500
Dostupnost servisních prací a náhradních dílů	ANO	NE

Zdroj: vlastní zpracování

4.2.3 Výběr a stanovení vah kritérií

Výběr a stanovení vah kritérií proběhlo s vedoucím odboru Technické podpory provozu. Tento odbor se staví do role Interního zákazníka v rámci VZ na dodávky, popř. pronájmy autobusů, trolejbusů nebo servisních prací či dodávky náhradních dílů. Jelikož je DP akciová společnost, podléhá velké společenské kontrole a musí tudíž vždy v kritériích reflektovat vždy ekonomické aspekty. U čtyř kritérií byly stanoveny vztahy, jejichž účelem je každé variantě stanovit hodnotu, která reflektuje i ostatní vlivy. Spolu s hodnotami, u kterých nebylo třeba vytvořit expertní vztah, budou zaneseny v kriteriální matici Y

Kritéria, která budou zohledňovaná při rozhodování o parciálních trolejbusech:

- **Záruka** (dále označováno také jako K1); maximalizační kritérium, které bylo již zmíněno v rámci aspiračních úrovní kritérií. Toto kritérium nebere v potaz záruku na trakční akumulátor. Minimální hodnota, kterou musí dodavatel deklarovat je 60 měsíců.
- **Nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství** (dále označováno také jako K2); minimalizační kritérium. V rámci VZ je pro každý trolejbus nutné dodat sadu hardware a software pro diagnostiku a nabíječku určenou pro nabíjení v garážích.
- **Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla** (dále označováno také jako K3,); minimalizační kritérium. Toto kritérium zohledňuje průměrné náklady za materiál a práci v rámci pravidelných povinných prohlídek a předepsané údržby po dobu deklarované životnosti trolejbusu.

Pro dílčí varianty byla provedena ekonomická analýza jejich průměrných ročních nákladů na základě vztahu:

$$PRNnPÚV = \frac{\sum sp\ po\ dd\check{z} + \sum materiál\ po\ dd\check{z}}{dd\check{z}} \quad 4.1$$

kde, $PRNnPÚV$ znamená Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla, $dd\check{z}$ znamená deklarovaná doba životnosti a sp znamená servisní práce.

Servisní práce za 1 rok životnosti jsou stanoveny podle vztahu:

$$sp = počet\ hodin\ sp * hod.sazba \quad 4.2$$

kde, $hod.sazba$ znamená hodinová sazba v Kč bez DPH.

Vypočtená hodnota kritéria je již zanesena v úvodních tabulkách pro parametry trolejbusů. Tabulky, kde jsou zaznamenány podrobněji rozepsané roky v rámci průměrných ročních nákladů na předepsanou údržbu vozidla, jsou umístěny v Příloze 11-15.

- **Mimozáruční a pozáruční servisní práce** (dále označováno také jako K4); minimalizační kritérium. V rámci uzavřené smlouvy na dodávku trolejbusů je dodavatel povinen smluvně poskytovat po dobu životnosti mimozáruční a pozáruční servisní práce. Kritérium bylo již zmíněno v rámci aspiračních úrovní kritérií, kdy jeho úroveň byla stanovena na maximální hodnotu 1000 Kč bez DPH/hodinu práce.

  Expertní tým DP stanovil předpokládaný rozsah těchto prací na 150 hodin za jeden rok na jedno vozidlo. Výpočet proběhne podle vztahu:

$$MaPSP = 150 * hod.sazba * (1 + \frac{dd\check{z} - záruka}{dd\check{z}}) \quad 4.3$$

  kde, $MaPSP$ znamená Mimozáruční a pozáruční servisní práce, $hod.sazba$ znamená hodinová sazba v Kč bez DPH, $dd\check{z}$ znamená deklarovaná doba životnosti.

- **Podpora a rozvoj OIS a systému energetického managementu** (dále označováno také jako K5); minimalizační kritérium. V rámci uzavřené smlouvy na dodávku trolejbusů je dodavatel povinen smluvně poskytovat po dobu životnosti podporu a rozvoj odbavovacího informačního systému a systému energetického managementu, který zaručuje DP, že spotřeba elektrické energie trolejbusu bude optimalizovaná na dané linky. Kritérium bylo již zmíněno v rámci aspiračních

úrovní kritérií, kdy jeho úroveň byla stanovena na maximální hodnotu 1000 Kč bez DPH/hodinu práce.

Expertní tým DP stanovil předpokládaný rozsah těchto prací na 15 hodin za jeden rok na jedno vozidlo. Výpočet proběhne podle vztahu:

$$Podpora\ OIS\ a\ en.mgmt. = 15 * hod.sazba \qquad 4.4$$

kde, $Podpora\ OIS\ a\ en.mgmt.$ znamená Podpora a rozvoj OIS a systému energetického managementu a $hod.sazba$ znamená hodinová sazba v Kč bez DPH.

- **Termín dodání všech vozidel** (dále označováno také jako K6); minimalizační kritérium. Toto kritérium by dodavatele mělo motivovat dodat všechny vozidla, pokud možno co nejrychleji. Kritérium bylo již zmíněno v rámci aspiračních úrovní kritérií, kdy jeho úroveň byla stanovena na maximální hodnotu 18 měsíců od účinnosti kupní smlouvy.
- **Náhradní akumulátor** (dále označováno také jako K7); minimalizační kritérium. Toto kritérium reflektuje náklady na pořízení nového akumulátor, výměnu jednotek a ekologickou likvidaci nevyhovujícího akumulátoru.

  Kvůli tomu, že dodavatelé nabízejí různě stanovené záruky na akumulátor, je nutné z důvodu vyloučení diskriminace stanovit hodnoty do kriteriální matice Y podle vztahu:

$$NA = nabídková\ cena\ akumul. * \frac{dd\check{z} - záruka\ akumul.}{záruka\ akumul.} \qquad 4.5$$

  kde, NA znamená Náhradní akumulátor, $nabídková\ cena\ akumul.$ znamená Cena trakčního akumulátoru včetně výměny bez DPH [Kč/ks], $dd\check{z}$ znamená deklarována doba životnosti.

Po stanovení celkem sedmi kritérií bylo provedeno párové porovnání Saatyho metodou, ve které došlo k párovému porovnání kritérií mezi sebou, hodnoty jsou uchovány v Saatyho matici S.

Tabulka 19 - Saatyho matice

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
K1	1,00	0,14	3,00	3,00	9,00	5,00	5,00
K2	7,00	1,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
K3	0,33	0,11	1,00	1,00	7,00	3,00	3,00
K4	0,33	0,11	1,00	1,00	7,00	2,00	2,00
K5	0,11	0,11	0,14	0,14	1,00	0,33	0,50
K6	0,20	0,11	0,33	0,50	3,00	1,00	1,00
K7	0,20	0,11	0,33	0,50	2,00	1,00	1,00

Zdroj: vlastní zpracování

Odhad vah kritérií byl proveden krokem, kdy došlo k normalizaci geometrického průměru řádků (dle vzorce 3.6) a následnému výpočtu váhy kritérií v_i, který se stanoví (dle vzorce 3.7) normalizací hodnot b_i.

Tabulka 20 - Váhy jednotlivých kritérií

Označení kritéria	v_i
K1 – Záruka	0,188
K2 – Nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství	0,529
K3 – Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla	0,094
K4 – Mimozáruční a pozáruční servisní práce	0,084
K5 – Podpora a rozvoj funkcí OIS / systému energetického managementu	0,020
K6 – Termín dodání všech vozidel	0,044
K7 – Náhradní akumulátor	0,041

Zdroj: vlastní zpracování

Pro potvrzení konzistentnosti dat bylo nutné vyhodnotit index konzistence. Největší vlastní číslo matice l_{max} je rovno 6,40687, kde po dosazení do vzorce 3.8 je index konzistence I_s roven 0,08137. Saatyho matici můžeme považovat za dostatečně konzistentní a není nutné ji upravovat.

4.2.4 Zhodnocení jednotlivých variant dle kritérií

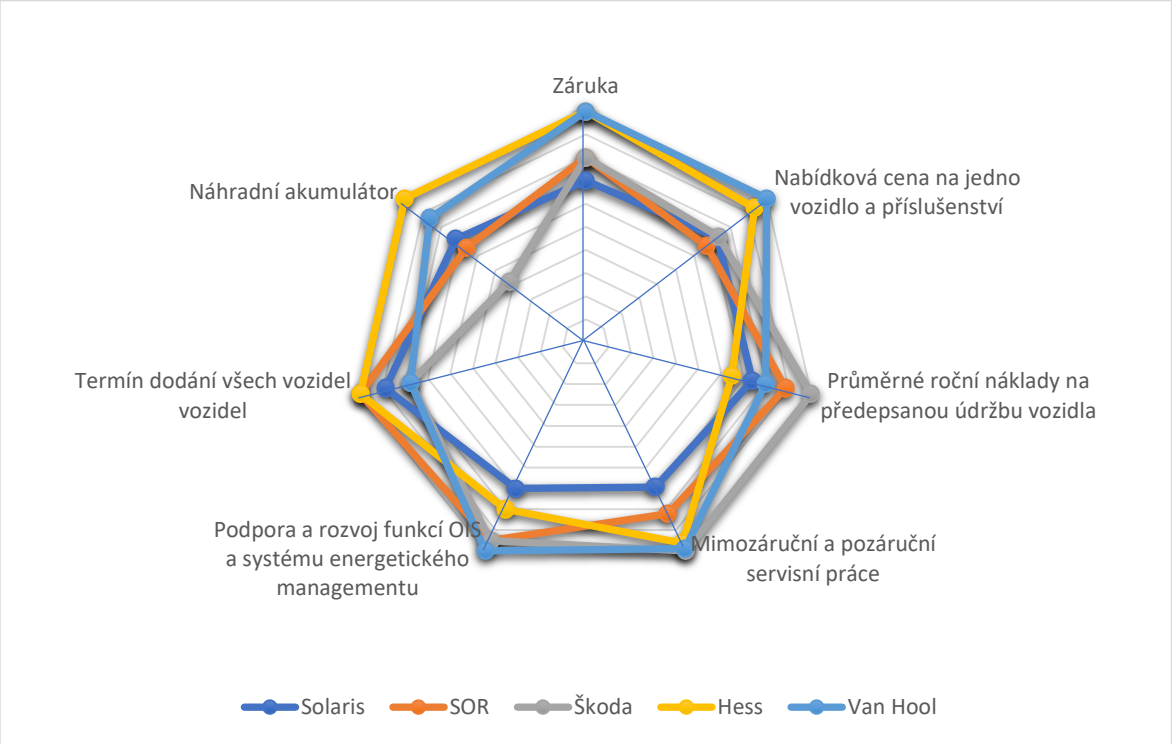
Tabulka 21 - Kriteriální matice Y

	Záruka	Nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství	Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla	Mimozáruční a pozáruční servisní práce	Podpora a rozvoj funkcí OIS a systému energetického managementu	Termín dodání všech vozidel	Náhradní akumulátor
Jednotka kritéria	měsíce	Kč bez DPH	Kč bez DPH	Kč bez DPH	Kč bez DPH	měsíce	Kč bez DPH
Váha kritéria	0,188	0,529	0,094	0,084	0,020	0,044	0,041
Typ kritéria	MAX	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN
Solaris Trollino 18	84	20 657 000	316 667	148 750	10 500	16	2 352 000
SOR TNS 18	96	18 975 070	379 759	176 000	14 250	18	2 160 000
Škoda 27Tr	96	20 847 100	428 571	214 286	14 250	14	1 386 667
Hess O3350	120	26 465 800	277 344	206 250	12 000	18	3 278 571
Van Hool 18 Trolley	120	28 354 800	341 776	211 765	15 000	14	2 828 571

Zdroj: vlastní zpracování

Grafické znázornění (viz Graf 1) zobrazuje pavučinový sedmiúhelník, ve kterém jsou znázorněny varianty. Nejlepší hodnoty minimalizačního kritéria jsou zaneseny neblíže ke středu útvaru. Nejlepší hodnoty maximalizačního kritéria jsou zaneseny nejdále od středu útvaru. Po důkladném prozkoumání grafu je patrné, že žádná varianta není dominovaná a všechny varianty zůstávají v modelu.

Graf 1 - Grafické znázornění variant



Zdroj: vlastní zpracování

4.3 The Choice

4.3.1 Výběr kompromisní varianty

V této kapitole bude proveden výběr kompromisní varianty na základě, které bude následně vytvořeno doporučení pro DP. Výběr kompromisní varianty bude proveden dvěma metodami – TOPSIS a AHP. Výsledky těchto metod budou porovnány v kapitole Zhodnocení výsledků

4.3.1.1 Metoda TOPSIS

První metodou, která bude aplikovaná bude metoda TOPSIS. První krokem bude dle vztahu převedení kritérií minimalizačních na kritéria maximalizační. Tento krok se týká konkrétně těchto kritérií – Nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství, Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla, Mimozáruční a pozáruční servisní práce, Podpora a rozvoj funkcí OIS a systému energetického managementu, Termín dodání všech vozidel a Náhradní akumulátor. Dle teoretického základu je dalším bodem této metody výpočet kriteriální matice R (Tabulka 22). Hodnoty jsou získány dle vzorce 3.11 a jsou nezávislé na jednotkách dílčích kritérií. V následující matici W (Tabulka 23) jsou dle vzorce 3.12 zohledněny váhy dílčích kritérií. V Tabulce 24 jsou stanoveny hodnoty ideální varianty $H = (H_1, H_2, \dots, H_k)$ a bazální varianty $D = (D_1, D_2, \dots, D_k)$. Stanovení vzdálenosti dílčích variant od ideální varianty d_i^+ dle vzorce 3.13 a bazální varianty d_i^- dle vzorce 3.14 je uvedeno v Tabulce 25, celý výpočet je umístěn v Příloze 2-3. Závěrečný krok metody TOSPIS je stanovení relativní vzdálenosti od bazální varianty. Tento výpočet dle vzorce 3.15 je uveden v Tabulce 26 a je doplněn pořadí variant.

Tabulka 22 - Normalizovaná matice R

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Solaris Trollino 18	0,361	-0,396	-0,402	-0,345	-0,353	-0,444	-0,423
SOR TNS 18	0,412	-0,363	-0,482	-0,408	-0,479	-0,500	-0,389
Škoda 27Tr	0,412	-0,399	-0,543	-0,496	-0,479	-0,389	-0,250
Hess O3350	0,515	-0,507	-0,352	-0,478	-0,403	-0,500	-0,590
Van Hool 18 Trolley	0,515	-0,543	-0,433	-0,490	-0,504	-0,389	-0,509

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 23 – Kriteriální matice W

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
váha kritéria	0,188	0,529	0,094	0,084	0,020	0,044	0,041
Solaris Trollino 18	0,068	-0,209	-0,038	-0,029	-0,007	-0,020	-0,018
SOR TNS 18	0,077	-0,192	-0,045	-0,034	-0,009	-0,022	-0,016
Škoda 27Tr	0,077	-0,211	-0,051	-0,042	-0,009	-0,017	-0,010
Hess O3350	0,097	-0,268	-0,033	-0,040	-0,008	-0,022	-0,024
Van Hool 18 Trolley	0,097	-0,287	-0,041	-0,041	-0,010	-0,017	-0,021

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 24 - Ideální a bazální varianta

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
H	0,097	-0,192	-0,033	-0,029	-0,007	-0,017	-0,010
D	0,068	-0,287	-0,051	-0,042	-0,010	-0,022	-0,024

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 25 - Výpočet vzdáleností jednotlivých variant od varianty ideální d_i^+ a varianty bazální d_i^-

	d_i^+	d_i^-
Solaris Trollino 18	0,03478	0,080591
SOR TNS 18	0,02478	0,09642
Škoda 27Tr	0,03504	0,07817
Hess O3350	0,07821	0,039228
Van Hool 18 Trolley	0,09684	0,031339

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 26 - Relativní vzdálenost jednotlivých variant od bazální varianty

	c_i	Pořadí
Solaris Trollino 18	0,69851	2
SOR TNS 18	0,79556	1
Škoda 27Tr	0,69048	3
Hess O3350	0,33404	4
Van Hool 18 Trolley	0,24449	5

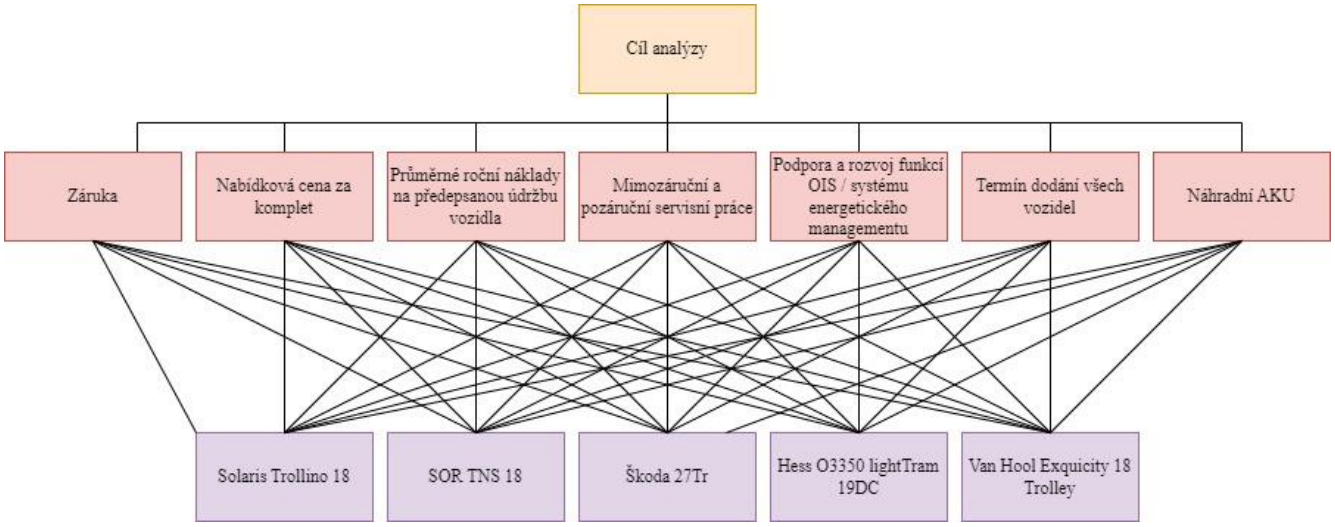
Zdroj: vlastní zpracování

4.3.1.2 Metoda AHP

Druhá metoda AHP je založena na principu hierarchické struktury, přičemž na každé úrovni struktury je provedeno párové porovnání variant (prvků) za pomocí Saatyho metody. Struktura rozhodování pomocí metody AHP je složena ze tří úrovní, viz Obrázek 12. Párové porovnání bylo provedeno u všech 7 kritérií zmíněných v kapitole 4. 5. 3, výsledky jsou umístěné v Příloze 4-10.

Podobně jako u stanovení vah kritérií je nutné ověřit konzistenci pro každou dílčí Saatyho matici. Pro potvrzení konzistentnosti dat bylo nutné vyhodnotit index konzistence. Největší vlastní čísla matic l_{max} a indexů konzistence I_s jsou zaznamenány v Tabulce 27. Konzistence všech Saatyho matic byla ověřena a je v pořádku.

Obrázek 12 - Hierarchická struktura pro výběr parciálního trolejbusu



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 27 - Konzistence Saatyho matic

	l_{max}	I_s	$I_s < 0,1$
K1	5,09542	0,02386	Splňuje
K2	5,27653	0,06913	Splňuje
K3	5,38612	0,09653	Splňuje
K4	5,20524	0,05131	Splňuje
K5	5,1201	0,03003	Splňuje
K6	5,05602	0,01401	Splňuje
K7	5,34487	0,08622	Splňuje

Zdroj: vlastní zpracování

Syntézou dílčích matic je možné zkonstruovat výslednou matici metody AHP, ve které dojde ke stanovení pořadí a výběru kompromisní varianty (viz Tabulka 28)

Tabulka 28 - Pořadí variant podle metody AHP

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	Syntéza preferencí	Pořadí
Solaris	0,04096	0,22988	0,26287	0,56769	0,49565	0,15183	0,14603	0,2243	2
SOR	0,09059	0,46730	0,07022	0,24370	0,10124	0,06402	0,21341	0,3051	1
Škoda	0,09059	0,22988	0,02961	0,06287	0,10124	0,36006	0,54884	0,1873	3
Hess	0,38893	0,04609	0,50818	0,06287	0,23508	0,06402	0,02990	0,1592	4
Van Hool	0,38893	0,02686	0,12910	0,06287	0,06679	0,36006	0,06183	0,1243	5

Zdroj: vlastní zpracování

5 Výsledky a diskuze

V této kapitole budou analyzovány výsledky a bude proveden přehled kompromisní varianty. Nezbytnou součástí výběru kompromisní varianty bylo získání relevantních parametrů dílčích variant (trolejbusů). První fází, kterou by bylo také možné označit jako „fáze předvýběru“ bylo vyhodnocení 17 aspiračních úrovní kritérií. Tyto velmi přísně nastavená kritéria vyřadily společnost Bozankaya s trolejbusem označeným Trambus 18 MT. Tento typ nevyhovoval kritériím – Záruka, Mimozáruční a pozáruční servisní práce a Dostupnost servisních prací a náhradních dílů. Pro samotné rozhodování o výběru parciálního trolejbusu na linku MHD bylo expertně stanoveno 7 kritérií, které z důvodu validace výsledků byly vypočteny dvěma způsoby, metodou TOPSIS a AHP. Obě metody pracují s kardinálními informacemi, ale jsou založené na odlišném algoritmu výpočtu. Kompromisní variantou se stal trolejbus od společnosti SOR s označením TNS 18. Výsledky (pořadí) obou metod jsou totožné od prvního do pátého místa (viz Graf 2**)**. Můžeme konstatovat, že výsledky jsou na základě provedení dvou zmíněných metod validní.

Graf 2 - Porovnání výsledků metod AHP a TOPSIS

Zdroj: vlastní zpracování

Pořadí je možné rozdělit do dvou kategorií – trolejbusy dodávané českými společnostmi (Solaris, SOR, Škoda) a trolejbusy dodávané ze zahraničí (Hess, Van Hool). Dle diskuse s vedoucími pracovníky DP je tento jev velmi běžný a je zapříčiněn odlišnými obchodními modely českých a zahraničních společností. Kritérium, které bylo pro řešení tohoto

problému stěžejní byla nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství, jehož váha dosahuje hodnoty 52,9 %. Toto kritérium odsoudilo zahraniční společnosti na čtvrté, respektive páté místo

(viz Tabulka 26, 28). Konkrétní hodnoty výsledků a rozdíly prvních tří variant jsou uvedeny v následující Tabulce 29.

Tabulka 29 - Porovnání metod TOPSIS a AHP

Metoda TOPSIS	**c_i**	**pořadí**	**rozdíl**
SOR TNS 18	0,79556	1	
Solaris Trollino 18	0,69851	2	0,09705
Škoda 27Tr	0,69048	3	0,10508
Metoda AHP	**syntéza**	**pořadí**	**rozdíl**
SOR TNS 18	0,3051	1	
Solaris Trollino 18	0,2243	2	0,0808
Škoda 27Tr	0,1873	3	0,1178

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 30 vznikla jako ucelený přehled trolejbusu SOR, který je kompromisní variantou a bude doporučen DP k realizaci.

Tabulka 30 - Přehled výsledků trolejbusu SOR TNS 18

SOR TNS 18			
METODA TOPSIS		**výsledek**	**pořadí**
	relativní vzdálenost od bazální varianty - c_i	0,79556	1
METODA AHP		**výsledek**	**pořadí**
	syntéza preferencí	0,3051	1
EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ		**Kč bez DPH**	**pořadí**
	celkové náklady na pořízení 1 ks vozidla včetně sady příslušenství	18 975 070	1
	celkové náklady na pořízení 20 ks vozidel včetně sady příslušenství	379 501 400	-
	celkové náklady na předepsanou údržbu 1 ks vozidla po deklarovanou dobu životnosti (180 měsíců)	5 696 385	3
	průměrné roční náklady na předepsanou údržbu 1 ks vozidla	316 667	2
	celkové náklady na předepsanou údržbu 20 ks vozidel po deklarovanou dobu životnosti (180 měsíců)	113 927 707	-
	průměrné roční náklady na předepsanou údržbu 20 ks vozidel	6 333 340	-
VÝHODY	nejnižší nabídková cena, aktualizovaný model starší úspěšné verze		
NEVÝHODY	nejdelší doba dodání všech vozidel, průměrná kapacita trakční baterie		

Zdroj: vlastní zpracování

Zkušenost DP se společností SOR, jejíž trolejbus TNS 18 se stal kompromisní variantou je velmi pozitivní, a to na základě provozování různých typů autobusů s konvenčními pohony. Rozdíl mezi prvním v pořadí a druhým, respektive třetím je značný. Velký vliv na výsledek, jak již bylo zmíněno mělo kritérium cena na jedno vozidlo a příslušenství, cenový rozdíl činí přibližně 1,7 milionu Kč.

SOR TNS je nejvýhodnější variantou z pohledu celkových nákladů na pořízení vozidla včetně sady hardware a software pro diagnostiku a nabíječku určenou pro nabíjení v garážích. Z českých dodavatelů se také vyjímá nejdelší deklarovanou dobou životnosti (180 měsíců). To znamená, že po tuto dobu by měl trolejbus fungovat bez výrazného poklesu výkonu a kvality. Celková částka na pořízení 20 ks trolejbusu bude činit při základní 21% sazbě DPH 459 196 694 Kč. Oproti variantě s nejvyšší celkovou částkou (Van Hool 18 Trolley) na pořízení 20 ks trolejbusu činí rozdíl 226 989 466 Kč včetně DPH. Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla SOR TNS jsou o 39 323 Kč bez DPH vyšší než u varianty trolejbusu Hess O3350.

Výsledky praktické části na téma rozhodování o trolejbusech na linkách MHD jsem představil vedoucím pracovníkům, se kterými jsem po celou dobu konzultoval jednotlivé kroky.

Jako přínos vnímají, že došlo k rozdílnému způsobu výběru kompromisní varianty, než se využívá v DP. Dopravní podnik pro hodnocení nabídek se používá bodovací stupnici v rozsahu 0 až 100 bodů, přičemž každé jednotlivé nabídce bude dle dílčího kritéria přidělena bodová hodnota, která bude odrážet úspěšnost předmětné nabídky v rámci dílčího kritéria. DP na hodnocení nedisponuje žádným speciálním softwarem.

V rámci rozsahu aspiračních úrovní kritérií, které DP žádá od potencionálních dodavatelů trolejbusu došlo ke zjednodušení technických podmínek. DP jich standartně vyžaduje velké množství. Tyto podmínky musí vedoucí pracovníci nastavovat opatrně, jelikož potencionální dodavatelé hledají body, které je mohou diskriminovat a tyto body mohou skončit až sporem u Úřadu pro ochranu hospodářské soutěže.

Výběr trolejbusu SOR TNS 18 je vedoucími pracovníky kladně hodnocen. Tento typ trolejbusu byl již v minulosti zkušebně testován a prošel přísnými normami a dalšími speciálními požadavky DP. V případě této plánované realizace veřejné zakázky na dodávku 20 ks trolejbusů typů KB by se jednalo navíc již o druhou vyhranou zakázku společnosti

SOR v dodání trolejbusů pro DP. Smlouva na dodávku prvních trolejbusů od společnosti SOR byla podepsaná v prvním kvartálu roku 2022 a termín dodání je na začátku třetího kvartálu roku 2023.

Přehledné výsledky a jejich interpretace bude prezentovaná také vedení firmy, která by mohla využít tuto práci jako nestranný podklad pro budoucí veřejné zakázky v oblasti trolejbusové dopravy.

6 Závěr

Hlavním cílem diplomové práce na téma „Rozhodování o trolejbusech na linkách MHD“ bylo řešení rozhodovací problému včetně nalezení kompromisní varianty pro plánovanou veřejnou zakázku na dodání vhodných trolejbusů typu KB pro provozovatele veřejné dopravy v Praze – Dopravního podniku hlavního města Prahy, a.s. Tohoto cíle bylo možné dosáhnout za předpokladu splnění dílčích cílů, zejména se jednalo o provedení ekonomického zhodnocení průměrných ročních nákladů na předepsanou údržbu jednotlivých variant. Dopravní podnik se na základě dokumentu o tzv. Koncepci využití alternativních paliv pro autobusy zavázal, že bude využívat vozidla s alternativními palivy na vybraných linkách městské hromadné dopravy, na úkor vozidel s konvenčními pohony. Prvním krokem pro naplnění tohoto dokumentu bylo znovuobnovení provozu trolejbusů na konci roku 2022, konkrétně linky 58 na trase Palmovka – Miškovice. Ve stejném roce Praha zahájila práce na elektrifikaci autobusové linky 119 (budoucí trolejbusové linky 59) v úseku Nádraží Veleslavín – Letiště Václava Havla. Na zmíněnou linku 119 budou vypravovány nové velkokapacitní tříčlánkové trolejbusy typu KB+. Dopravní podnik má v současné době v garážích Vršovice odstaveno 14 elektrobusů kategorie standard (SD, SD+), které z důvodu jejich poruchovosti doposud nebyly integrovány na trasy MHD. Budoucnost podnik přikládá vozidlům poháněných vodíkem, které by se měly začít testovat v průběhu první poloviny letošního roku.

Jeden z dílčích cílů práce diplomové práce bylo zpracování teoretických východisek problematiky rozhodování. V úvodní části práce – literární rešerši byl vysvětlen a definován pojem rozhodování. Podrobně byly popsány druhy rozhodovacích modelů, základní prvky rozhodování, metody ke stanovení vah kritérií, metody výběru kompromisních variant a oblast veřejných zakázek

Vlastní část práce byla koncipovaná dle Simonovy (1960) teorie rozhodovacího procesu. Ve fázi Intelligence – došlo k charakterizování podniku a jeho ekonomické stránce, analýze směrnic týkajících se veřejných zakázek v DP a popsání problému, který byl následně řešen pomocí modelu vícekriteriální analýzy variant.

Následující fáze – Design – byla založena na stanovení a specifikaci jednotlivých variant, definici kritérií a stanovení vah kritérií. Varianty trolejbusů vzešly z diskuse, která byla

vedena se třemi vedoucími pracovníky (odbor Technické podpory provozu, oddělení Veřejných zakázek, úsek Ekonomický) Dopravního podniku hlavního města Prahy, a.s. Pro získání parametrů trolejbusů a doplňujících informací byly osloveny tři společnosti z České republiky (SOR Libchavy, s. r. o., SOLARIS CZECH, s. r. o., Škoda Electric, a.s.) a tři subjekty ze zahraničí (Van Hool NV, Caroserie HESS AG, Bozankaya – OTOMOTİV A.Ş). Předvýběr variant byl proveden expertně stanovenými aspiračními kritérii. Tři nesplněná kritéria (záruka, mimozáruční a pozáruční servisní práce a dostupnost servisních prací a náhradních dílů) neumožnila trolejbusu Trambus 18 MT od společnosti Bozankaya být připuštěn do následujícího hodnocení. Výběr a stanovení vah kritérií Saatyho metodou proběhlo pouze s vedoucím odboru Technické podpory provozu. Varianty byly hodnoceny podle sedmi kritérií, přičemž kritérium s nejvyšší váhou (52,9 %) byla nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství. Pro srovnání je zde vhodné uvézt, že veřejná zakázka na dodávku trolejbusů KB+ (kloubový vůz plus s délkou nad 19 metrů) vyhlášená v roce 2021 obsahovala stejné kritérium s váhou 50 %. Jedním z kritérií, které je zahrnuto do modelu na základě diskuse s experty je termín dodání všech vozidel od účinnosti smlouvy. DP toto kritérium standartně neaplikuje do svých veřejných zakázek na vozidla, ale z důvodu zkušenosti expertů s pozdními dodávkami bylo též zahrnuto s váhou 4,4 %. Dalším kritériem, v pořadí třetím nejdůležitějším, které vedlo ke splnění dílčího cíle ekonomického zhodnocení, byly průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla. Nejnižší průměrné roční náklady (277 344 Kč) na předepsanou údržbu vozidla poskytuje společnost Hess a jeho trolejbus O3350.

V závěrečné procesu výběru trolejbusu – Choice – došlo k výběru kompromisní varianty. Z důvodu validace výsledků byly vypočteny dvěma způsoby, metodou TOPSIS a AHP. Kompromisní variantou se stal v obou případech trolejbus od společnosti SOR s označením TNS 18, ostatní varianty velmi ztrácely.

SOR TNS je nejvýhodnější variantou z pohledu celkových nákladů na pořízení vozidla včetně sady hardware a software pro diagnostiku a nabíječku určenou pro nabíjení v garážích. Z českých dodavatelů se také vyjímá nejdelší deklarovanou dobou životnosti (180 měsíců). To znamená, že po tuto dobu by měl trolejbus fungovat bez výrazného poklesu výkonu a kvality. Celková částka na pořízení 20 ks trolejbusu bude činit při základní 21% sazbě DPH 459 196 694 Kč. Varianta SOR TNS 18 při plánovaném pořízení 20 ks parciálních trolejbusů přináší finanční úsporu 226 989 466 Kč včetně DPH oproti variantě

Van Hool 18 Trolley s nejvyšší celkovou částkou (686 186 160 Kč včetně DPH). Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla SOR TNS jsou však o 39 323 Kč bez DPH vyšší než u varianty trolejbusu Hess O3350. Mezi nevýhody trolejbusu SOR TNS patří nejdelší doba dodání všech vozidel a průměrná kapacita baterie.

Z těchto výsledků vzešlo doporučení výběru parciálního trolejbusu pro plánovanou nadlimitní sektorovou veřejnou zakázku. Výběr trolejbusu SOR TNS 18 je vedoucími pracovníky kladně hodnocen. Tento typ trolejbusu byl již v minulosti zkušebně testován a prošel přísnými normami a dalšími speciálními požadavky DP. Jelikož DP nedisponuje žádným speciálním softwarem pro hodnocení jakýchkoliv zakázek, byl jsem na základě představení výsledků diplomové práce požádán o případnou budoucí spolupráci.

7 Seznam použitých zdrojů

Literární zdroje

BLAŽEK, Ladislav. *Management: organizování, rozhodování, ovlivňování*. 2., rozš. vyd. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4429-2.

BROŽOVÁ, Helena, HOUŠKA, Milan a ŠUBRT, Tomáš. *Modely pro řízení znalostí a podporu rozhodování*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1633-1.

BROŽOVÁ, Helena, HOUŠKA, Milan, ŠUBRT, Tomáš. *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2009. ISBN 978-80-213-1019-3.

BROŽOVÁ, Helena, HOUŠKA, Milan a ŠUBRT, Tomáš. *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Praha: Credit, 2003. ISBN 80-213-1019-7.

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

FIALA, Petr. *Modely a metody rozhodování*. 2., přeprac. vyd. V Praze: Oeconomica, 2008. ISBN 978-80-245-1345-4.

FIALA, Petr a MAŇAS, Miroslav. *Vícekriteriální* rozhodování. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-7079-748-7.

FOTR, Jiří, DĚDINA, Jiří a HRŮZOVÁ, Helena. *Manažerské rozhodování*. Vyd. 3. upr. a rozš. Praha: Ekopress, 2003. ISBN 80-86119-69-6.

FOTR, Jiří a ŠVECOVÁ, Lenka. Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010, 474 s. ISBN 978-80-86929-59-0.

FRIEBELOVÁ, Jana a KLICNAROVÁ, Jana. *Rozhodovací modely pro ekonomy*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. ISBN 978-80-7394-035-5.

JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-86419-42-8.

JABLONSKÝ, Josef a DLOUHÝ, Martin. Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek. Praha: Professional Publishing, 2004. ISBN 80-86419-49-5.

NÖLLKE, Matthias. *Rozhodování: jak činit správná a rychlá rozhodnutí*. Praha: Grada, 2003. Poradce pro praxi. ISBN 80-247-0411-0.

PÍŠEK, Milan a FOTR, Jiří. *Exaktní metody ekonomického rozhodování*. Praha: Academia, 1986. Studie ČSAV; 6/86.

RAMÍK, Jaroslav. 1999. *Vícekriteriální rozhodování-analytický hierarchický proces (AHP).* Opava: Slezská univerzita, 1999. str. 211. ISBN 80-7248-047-2.

ROBBINS, Stephen P. a COULTER, Mary K. *Management*. Praha: Grada, 2004. Profesionál. ISBN 80-247-0495-1.

SIMON, Herbert A. 1960. *The New Science of Management Decision*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1960. ISBN 0136161367.

ŠIKÝŘ, Martin. *Nejlepší praxe v řízení lidských zdrojů*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-5212-9.

ŠUBRT, Tomáš a kolektiv. *Ekonomicko-matematické metody*. 3. upravené a rozšířené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2019. ISBN 978-80-7380-762-7.

Internetové zdroje

BAKER, Dennis a kolektiv. Guidebook to Decision-Making Method. *ResearchGate* [online]. 2001 [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/255621095_Guidebook_to_Decision-Making_Methods

SAATY, R. W. Mathematical Modelling: The analytic hierarchy process-what is it and how it is used. *ScienceDirect* [online]. 1987 [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0270025587904738

SADEGHZADEH, Keivan a Mohammad Bagher SALEHI. International Journal of Hydrogen Energy: Mathematical analysis of fuel cell strategic technologies development solutions in the automotive industry by the TOPSIS multi-criteria decision making method. *ScienceDirect* [online]. 2011 [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319910013960

DP – data. *Dopravní podnik hlavního města Prahy: Dopravní podnik hl. m. Prahy v datech* [online]. 2022 [cit. 2022-12-10]. Dostupné z: http://www.dpp.cz/dpp-v-datech/.

DP – logo. *Dopravní podnik hlavního města Prahy: Logo DPP* [online]. 2022 [cit. 2022-12-10]. Dostupné z: http://www.dpp.cz/logo/.

DP – struktura. *Dopravní podnik hlavního města Prahy: Organizační struktura* [online]. 2022 [cit. 2022-12-10]. Dostupné z: http://www.dpp.cz/organizacni-struktura/.

DP – údaje. *Dopravní podnik hlavního města Prahy: Základní identifikační údaje* [online]. 2022 [cit. 2022-12-10]. Dostupné z: http://www.dpp.cz/zakladni-identifikacni-udaje/.

DP – profil. *Dopravní podnik hlavního města Prahy: Profil společnosti* [online]. 2022 [cit. 2022-12-10]. Dostupné z: https://www.dpp.cz/spolecnost/o-spolecnosti/profil-spolecnosti

DP – statistiky. *Dopravní podnik hlavního města Prahy: Statistiky DPP* [online]. 2023 [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: https://www.dpp.cz/spolecnost/o-spolecnosti/profil-spolecnosti/statistiky-dpp

DP – výroční zpráva 2021. *Dopravní podnik hlavního města Prahy: Výroční zprávy* [online]. 2021 [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: https://www.dpp.cz/cs/data/V%C3%BDro%C4%8Dn%C3%AD%20zpr%C3%A1vy/DPP_VYROCNI_ZPRAVA_2021.pdf

SOR – O nás. *SOR Libchavy s. r. o.* [online]. 2023 [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: https://www.sor.cz/spolecnost/o-nas/

PID – Rozvoj linek PID v Praze 2022-2032. *PID* [online]. 2023 [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: https://pid.cz/o-systemu/rozvoj-linek-2022-2032/

Hess – lightram. *Hess AG* [online]. 2023 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: https://www.hess-ag.ch/services/buses/lightram.html?L=2

Van Holl – Exquicity 18 Trolley. *Van Hool* [online]. 2023 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: https://www.vanhool.com/en/vehicles/public-transport/trolley/exquicity18-trolley

Bozankaya – Trambus. *Bozankaya* [online]. 2023 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: https://www.bozankaya.com.tr/en/trambus-bozankaya/

Pražská trolejbusová historie. *Trolejbusy v Praze* [online]. 2022 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: http://www.trolejbusyvpraze.net/tb_historie.htm

Ostatní zdroje

ČR. Zákon č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek, ve znění pozdějších přepisů

Interní dokumentace Dopravního podniku hlavního města Prahy, a. s. (Směrnice – Proces řízení investic, Směrnice – Proces zajišťování investičních dodávek materiálů nebo služeb, Směrnice – Zadávání veřejných zakázek, Zadávací dokumentace ukončených veřejných zakázek včetně Příloh)

8 Seznam obrázků, tabulek, matic, grafů a zkratek

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Rozhodovací proces 18
Obrázek 2 - Grafické znázornění variant 20
Obrázek 3 - Hierarchická struktura úlohy vícekriteriální analýzy variant 37
Obrázek 4 – Logo společnosti 46
Obrázek 5 - Schéma označení vozidel 49
Obrázek 6 - Návrh provedení Solaris Trollino 18 61
Obrázek 7 - Návrh provedení SOR TNS 18 63
Obrázek 8 - Návrh provedení Škoda 27Tr 65
Obrázek 9 - Návrh provedení Hess O3350 ighTram 19DC 67
Obrázek 10 - Návrh provedení Van Hool Exquicity 18 Trolley 69
Obrázek 11 - Návrh provedení Bozankaya Trambus 71
Obrázek 12 - Hierarchická struktura pro výběr parciálního trolejbusu 83

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Metody kvantifikace preferencí mezi kritérii 25
Tabulka 2 - Schéma metody párového srovnávání 27
Tabulka 3 - Saatyho bodová škála 30
Tabulka 4 - Metody kvantifikace preferencí mezi variantami 32
Tabulka 5 – Finanční limity pro veřejné zakázky 43
Tabulka 6 - Současný stav vozidel 49
Tabulka 7 - Základní identifikační údaje společnosti 50
Tabulka 8 – Investice 51

Tabulka 9 - Finanční limity pro VZ v DP 57
Tabulka 10 - Finanční limity pro sektorové VZ 58
Tabulka 11 - Matice odpovědnosti pro výběr dodavatelů VZ v režimu ZZVZ 59
Tabulka 12 - Parametry trolejbusu Solaris Trollino 18 62
Tabulka 13 - Parametry trolejbusu SOR TNS 18 64
Tabulka 14 - Parametry trolejbusu Škoda 27Tr 66
Tabulka 15 - Parametry trolejbusu Hess O3350 lighTram 19DC 68
Tabulka 16 - Parametry trolejbusu Van Hool Exquicity 18 Trolley 70
Tabulka 17 - Parametry trolejbusu Bozankaya Trambus 18 MT 72
Tabulka 18 - Aspirační úrovně kritérií 75
Tabulka 19 - Saatyho matice 78
Tabulka 20 - Váhy jednotlivých kritérií 78
Tabulka 21 - Kriteriální matice Y 79
Tabulka 22 - Normalizovaná matice R 81
Tabulka 23 – Kriteriální matice W 81
Tabulka 24 - Ideální a bazální varianta 82
Tabulka 25 - Výpočet vzdáleností jednotlivých variant od varianty ideální d_i^+ a varianty bazální d_i^- 82
Tabulka 26 - Relativní vzdálenost jednotlivých variant od bazální varianty 82
Tabulka 27 - Konzistence Saatyho matic 83
Tabulka 28 - Pořadí variant podle metody AHP 83
Tabulka 29 - Porovnání metod TOPSIS a AHP 85
Tabulka 30 - Přehled výsledků trolejbusu SOR TNS 18 85

8.3 Seznam matic

Matice 1 - Kriteriální matice.....21

Matice 2 - Saatyho matice 30

8.4 Seznam grafů

Graf 1 - Grafické znázornění variant 80

Graf 2 - Porovnání výsledků metod AHP a TOPSIS.....84

8.5 Seznam použitých zkratek

DP, DPP – Dopravní podnik hlavního města Prahy, a. s.

MHD – Městská hromadná doprava

AHP – Analytický hierarchický proces

VZ – Veřejná zakázka

PID – Pražská integrovaná doprava

OIS – Odbavovací a informační systém

EP – Elektrické podniky hlavního města

IZ – Interní zákazník

ZVVZ – Zákon o zadávání veřejných zakázek

Přílohy

Příloha 1 – Organizační schéma Dopravního podniku hl. m. Prahy, a. s. k 31. 12. 2021 ...99

Příloha 2 – Vzdálenost d_i^+ 100

Příloha 3 - Vzdálenost d_i^- 100

Příloha 4 - Saatyho matice pro kritérium Záruka (K1) 100

Příloha 5 - Saatyho matice pro kritérium Nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství (K2) 100

Příloha 6 - Saatyho matice pro kritérium Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla (K3) 101

Příloha 7 - Saatyho matice pro kritérium Mimozáruční a pozáruční servisní práce (K4) .101

Příloha 8 - Saatyho matice pro kritérium Podpora a rozvoj OIS a systému energetického managementu (K5) 101

Příloha 9 - Saatyho matice pro kritérium Termín dodání všech vozidel (K6)....101

Příloha 10 - Saatyho matice pro kritérium Náhradní akumulátor (K7) 102

Příloha 11 - Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla Van Hool Exquicity 18 Trolley....102

Příloha 12 – Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla Solaris Trollino 18 103

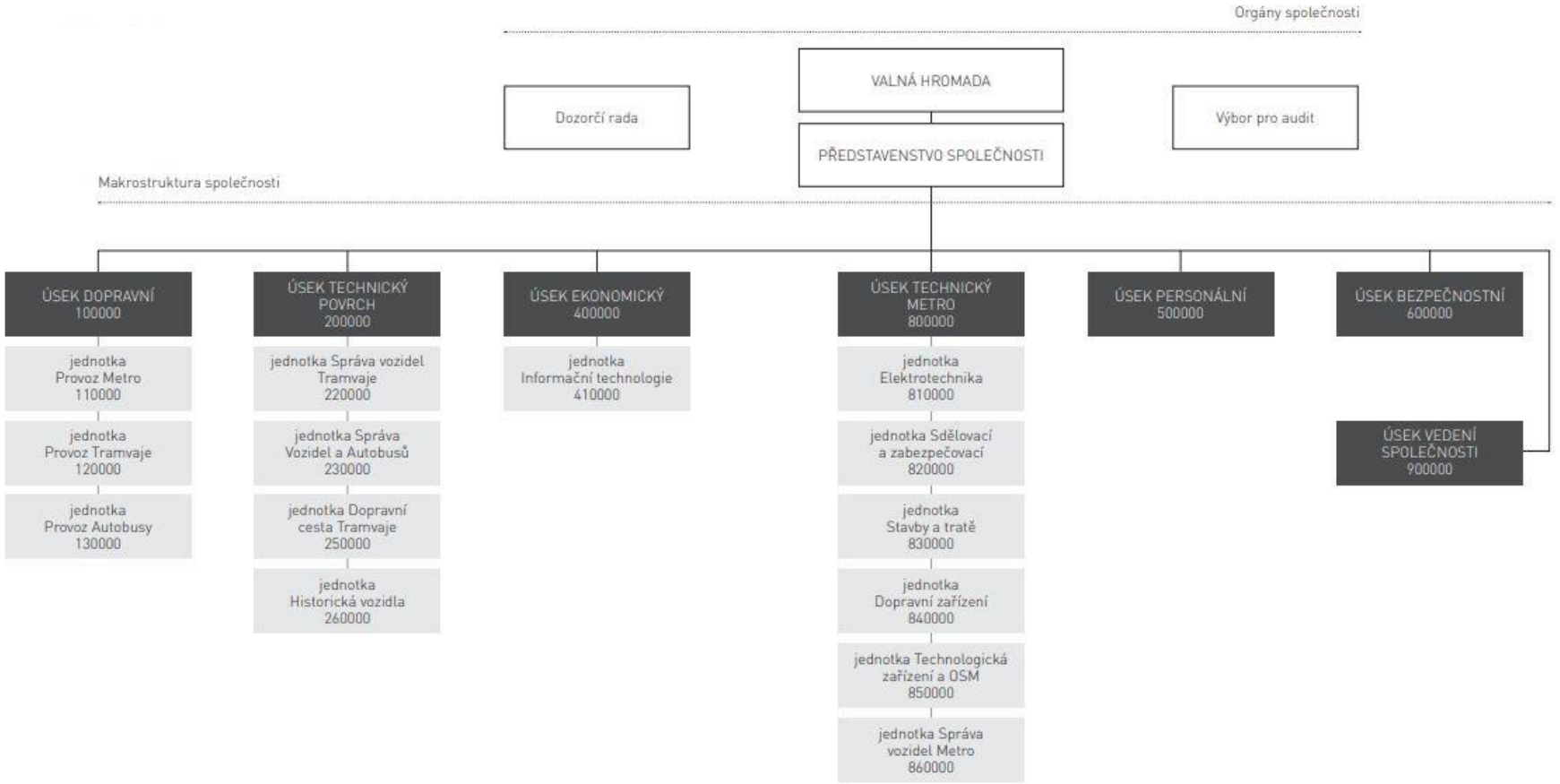
Příloha 13 - Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla SOR TNS 18....103

Příloha 14 - Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla Škoda 27 Tr 104

Příloha 15 - Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla Bozankaya Trambus 18 MT 104

Příloha 16 - Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla Hess O3350 lighTram 19 DC....105

Příloha 1 – Organizační schéma Dopravního podniku hl. m. Prahy, a. s. k 31. 12. 2021



Zdroj: DP – výroční zpráva 2021, 2023

Příloha 2 – Vzdálenost d_i^+

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	d_i^+
Solaris	0,0008394	0,0002908	0,0000221	0,0000000	0,0000000	0,0000059	0,0000518	0,0347847
SOR	0,0003731	0,0000000	0,0001496	0,0000280	0,0000062	0,0000238	0,0000332	0,0247773
Škoda	0,0003731	0,0003603	0,0003262	0,0001621	0,0000062	0,0000000	0,0000000	0,0350413
Hess	0,0000000	0,0057683	0,0000000	0,0001248	0,0000010	0,0000238	0,0001988	0,0782092
Van Hool	0,0000000	0,0090444	0,0000592	0,0001499	0,0000089	0,0000000	0,0001155	0,0968398

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 3 - Vzdálenost d_i^-

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	d_i^-
Solaris	0,0000000	0,0060916	0,0001786	0,0001621	0,0000089	0,0000059	0,0000477	0,0805913
SOR	0,0000933	0,0090444	0,0000340	0,0000553	0,0000002	0,0000000	0,0000695	0,0964196
Škoda	0,0000933	0,0057945	0,0000000	0,0000000	0,0000002	0,0000238	0,0001988	0,0781701
Hess	0,0008394	0,0003668	0,0003262	0,0000024	0,0000040	0,0000000	0,0000000	0,0392284
Van Hool	0,0008394	0,0000000	0,0001075	0,0000002	0,0000000	0,0000238	0,0000112	0,0313388

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 4 - Saatyho matice pro kritérium Záruka (K1)

K1	Solaris	SOR	Škoda	Hess	Van Hool	Geomean	Váhy
Solaris	1	0,333333	0,333333	0,142857	0,142857	0,295878	0,040961
SOR	3	1	1	0,2	0,2	0,654389	0,090593
Škoda	3	1	1	0,2	0,2	0,654389	0,090593
Hess	7	5	5	1	1	2,809361	0,388926
Van Hool	7	5	5	1	1	2,809361	0,388926
					Suma Geo	7,223379	

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 5 - Saatyho matice pro kritérium Nabídková cena na jedno vozidlo a příslušenství (K2)

K2	Solaris	SOR	Škoda	Hess	Van Hool	Geomean	Váhy
Solaris	1	0,333333	1	7	9	1,838416	0,229877
SOR	3	1	3	9	9	3,737193	0,467301
Škoda	1	0,333333	1	7	9	1,838416	0,229877
Hess	0,142857	0,111111	0,142857	1	3	0,368584	0,046088
Van Hool	0,111111	0,111111	0,111111	0,333333	1	0,214798	0,026858
					suma Geo	7,997407	

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 6 - Saatyho matice pro kritérium Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla (K3)

K3	Solaris	SOR	Škoda	Hess	Van Hool	Geomean	Váhy
Solaris	1,00	5,00	7,00	0,33	3,00	2,036168	0,262875
SOR	0,20	1,00	5,00	0,14	0,33	0,543946	0,070225
Škoda	0,14	0,20	1,00	0,11	0,20	0,229374	0,029613
Hess	3,00	7,00	9,00	1,00	5,00	3,936283	0,508185
Van Hool	0,33	3,00	5,00	0,20	1,00	1	0,129103
					suma Geo	7,745772	

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 7 - Saatyho matice pro kritérium Mimozáruční a pozáruční servisní práce (K4)

K4	Solaris	SOR	Škoda	Hess	Van Hool	Geomean	Váhy
Solaris	1,00	5,00	7,00	7,00	7,00	4,434583	0,567693
SOR	0,20	1,00	5,00	5,00	5,00	1,903654	0,243696
Škoda	0,14	0,20	1,00	1,00	1,00	0,491119	0,06287
Hess	0,14	0,20	1,00	1,00	1,00	0,491119	0,06287
Van Hool	0,14	0,20	1,00	1,00	1,00	0,491119	0,06287
					suma Geo	7,811593	

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 8 - Saatyho matice pro kritérium Podpora a rozvoj OIS a systému energetického managementu (K5)

K5	Solaris	SOR	Škoda	Hess	Van Hool	Geomean	Váhy
Solaris	1,00	5,00	5,00	3,00	5,00	3,271947	0,495646
SOR	0,20	1,00	1,00	0,33	2,00	0,668325	0,10124
Škoda	0,20	1,00	1,00	0,33	2,00	0,668325	0,10124
Hess	0,33	3,00	3,00	1,00	3,00	1,551846	0,235079
Van Hool	0,20	0,50	0,50	0,33	1,00	0,44093	0,066794
					suma Geo	6,601373	

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 9 - Saatyho matice pro kritérium Termín dodání všech vozidel (K6)

K6	Solaris	SOR	Škoda	Hess	Van Hool	Geomean	Váhy
Solaris	1,00	3,00	0,33	3,00	0,33	1	0,151831
SOR	0,33	1,00	0,20	1,00	0,20	0,421685	0,064025
Škoda	3,00	5,00	1,00	5,00	1,00	2,371441	0,360059
Hess	0,33	1,00	0,20	1,00	0,20	0,421685	0,064025
Van Hool	3,00	5,00	1,00	5,00	1,00	2,371441	0,360059
					suma Geo	6,58625	

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 10 - Saatyho matice pro kritérium Náhradní akumulátor (K7)

K7	Solaris	SOR	Škoda	Hess	Van Hool	Geomean	Váhy
Solaris	1,00	0,50	0,20	7,00	3,00	1,159962	0,146026
SOR	2,00	1,00	0,20	7,00	5,00	1,695218	0,213409
Škoda	5,00	5,00	1,00	9,00	7,00	4,359695	0,548838
Hess	0,14	0,14	0,11	1,00	0,33	0,237513	0,0299
Van Hool	0,33	0,20	0,14	3,00	1,00	0,491119	0,061826
					suma Geo	7,943507	

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 11 - Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla Van Hool Exquicity 18 Trolley

	Počet hodin servisních prací	Hodinová sazba	Součin	Materiálové náklady
1. rok	24	950	22800	200000
2. rok	72	950	68400	200000
3. rok	72	950	68400	200000
4. rok	72	950	68400	200000
5. rok	72	950	68400	200000
6. rok	72	950	68400	200000
7. rok	200	950	190000	400000
8. rok	148	950	140600	200000
9. rok	148	950	140600	200000
10. rok	148	950	140600	200000
11. rok	148	950	140600	200000
12. rok	148	950	140600	200000
13. rok	148	950	140600	200000
14. rok	200	950	190000	400000
15. rok	148	950	140600	200000
16. rok	148	950	140600	200000
17. rok	148	950	140600	200000
		Suma	**2010200**	**3800000**

Zdroj: vlastní zpracování dle informací Van Hool NV

Příloha 12 – Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla Solaris Trollino 18

	Počet hodin servisních prací	Hodinová sazba	Součin	Materiálové náklady
1. rok	80	1000	80000	200000
2. rok	80	1000	80000	200000
3. rok	100	1000	100000	200000
4. rok	100	1000	100000	200000
5. rok	100	1000	100000	200000
6. rok	100	1000	100000	400000
7. rok	100	1000	100000	200000
8. rok	100	1000	100000	200000
9. rok	100	1000	100000	200000
10. rok	100	1000	100000	200000
11. rok	120	1000	120000	200000
12. rok	120	1000	120000	200000
		Suma	**1200000**	**2600000**

Zdroj: vlastní zpracování dle informací SOLARIS CZECH, spol. s.r.o

Příloha 13 - Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla SOR TNS 18

	Počet hodin servisních prací	Hodinová sazba	Součin	Materiálové náklady
1. rok	100	800	80000	200000
2. rok	100	800	80000	205000
3. rok	150	1000	150000	210125
4. rok	150	1000	150000	215378
5. rok	150	1000	150000	220763
6. rok	150	1000	150000	226282
7. rok	150	1000	150000	231939
8. rok	150	1000	150000	237737
9. rok	150	1000	150000	243681
10. rok	150	1000	150000	249773
11. rok	150	1000	150000	256017
12. rok	150	1000	150000	262417
13. rok	150	1000	150000	268978
14. rok	150	1000	150000	275702
15. rok	150	1000	150000	282595
		Suma	**2110000**	**3586385**

Zdroj: vlastní zpracování dle informací SOR Libchavy, s. r. o.

Příloha 14 - Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla Škoda 27 Tr

	Počet hodin servisních prací	Hodinová sazba	Součin	Materiálové náklady
1. rok	100	1000	100000	250000
2. rok	100	1000	100000	250000
3. rok	100	1000	100000	250000
4. rok	100	1000	100000	250000
5. rok	200	1000	200000	500000
6. rok	150	1000	150000	250000
7. rok	150	1000	150000	250000
8. rok	150	1000	150000	250000
9. rok	150	1000	150000	250000
10. rok	200	1000	200000	500000
11. rok	150	1000	150000	250000
12. rok	150	1000	150000	250000
13. rok	150	1000	150000	250000
14. rok	150	1000	150000	250000
		Suma	**2000000**	**4000000**

Zdroj: vlastní zpracování dle informací Škoda Electric, a. s.

Příloha 15 - Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla Bozankaya Trambus 18 MT

	Počet hodin servisních prací	Hodinová sazba	Součin	Materiálové náklady
1. rok	200	1000	200000	150000
2. rok	200	1000	200000	150000
3. rok	200	1000	200000	150000
4. rok	200	1000	200000	150000
5. rok	200	1000	200000	150000
6. rok	200	1000	200000	150000
7. rok	200	1000	200000	200000
8. rok	200	1000	200000	200000
9. rok	200	1000	200000	200000
10. rok	200	1000	200000	200000
11. rok	200	1000	200000	200000
12. rok	200	1000	200000	200000
		Suma	**2400000**	**2100000**

Zdroj: vlastní zpracování dle informací Bozankaya – OTOMOTİV A.Ş

Příloha 16 - Průměrné roční náklady na předepsanou údržbu vozidla Hess O3350 lighTram 19 DC

	Počet hodin servisních prací	Hodinová sazba	Součin	Materiálové náklady
1. rok	75	900	67500	150000
2. rok	75	900	67500	150000
3. rok	75	900	67500	150000
4. rok	75	900	67500	150000
5. rok	75	900	67500	150000
6. rok	150	1000	150000	300000
7. rok	100	1000	100000	150000
8. rok	100	1000	100000	150000
9. rok	100	1000	100000	150000
10. rok	100	1000	100000	150000
11. rok	100	1000	100000	150000
12. rok	150	1000	150000	300000
13. rok	150	1000	150000	150000
14. rok	150	1000	150000	150000
15. rok	150	1000	150000	150000
16. rok	150	1000	150000	150000
		Suma	**1737500**	**2700000**

Zdroj: vlastní zpracování dle informací Caroserie HESS AG