



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV INFORMATIKY

INSTITUTE OF INFORMATICS

NÁVRH PROJEKTU A APLIKACE METODIKY PROJEKTOVÉHO MANAGEMENTU VE VEŘEJNÉ SPRÁVĚ

PROJECT DESIGN AND APPLICATION OF PROJECT MANAGEMENT METHODOLOGY IN PUBLIC SECTOR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tatiana Bendíková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Lenka Širáňová, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav informatiky
Studentka:	Bc. Tatiana Bendíková
Vedoucí práce:	Ing. Lenka Širáňová, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	Informační management

Garant studijního programu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává diplomovou práci s názvem:

Návrh projektu a aplikace metodiky projektového managementu ve veřejné správě

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Cíle práce, metody a postupy zpracování
Teoretická východiska práce
Analýza současného stavu
Návrh řešení a přínos návrhů řešení
Závěr
Seznam použité literatury

Cíle, kterých má být dosaženo:

Cílem diplomové práce je zavedení smart řešení odpadového hospodářství ve veřejné správě s využitím metodiky a nástrojů projektového managementu.

Základní literární prameny:

DOLEŽAL, Jan. Projektový management: komplexně, prakticky a podle světových standardů. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-802-4756-202.

DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO. Projektový management podle IPMA. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Expert (Grada). ISBN 978-802-4742-755.

SCHWALBE, Kathy. Information technology project management. Rev. 6th ed. Boston, MA: Course Technology, 2011. ISBN 978-111-1221-751.

SVOZILOVÁ, Alena. Projektový management. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3611-2.

SVOZILOVÁ, Alena. Projektový management: systémový přístup k řízení projektů. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN: 978-80-271-0075-0.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně dne 5.2.2023

L. S.

doc. Ing. Miloš Koch, CSc.
garant

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Diplomová práca sa zaoberá využitím metód projektového managementu v praxi, konkrétne návrhom zavedenia smart riešenia odpadového hospodárstva vo verejnej správe. Úvodná časť je venovaná teoretickým východiskám, na ktorých základoch je vykonaná analýza prostredia mesta, návrh a následná implementácia systému.

Kľúčové slová

projektový management, projekt, časová analýza, analýza rizík, inteligentné odpadové hospodárstvo, verejná správa

Abstract

The diploma thesis deals with the use of project management methods in practice, specifically the proposal to introduce a smart waste management solution in public administration. The introductory part is devoted to the theoretical starting points, on which basis analysis of the city environment is made and the design and subsequent implementation of the system is carried out.

Key words.

project management, project, time analysis, risk analysis, smart waste management, public sector

Bibliografická citácia

BENDÍKOVÁ, Tatiana. *Návrh projektu a aplikace metodiky projektového managementu ve veřejné správě*. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/152544>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav informatiky. Vedoucí práce Lenka Širáňová.

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že predložená bakalárska práca je pôvodná a spracovala som ju samostatne. Prehlasuje, že citácie použitých prameňov sú úplné a že som vo svojej práci neporušila autorské práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorskom a o právach souvisejících s právem autorským).

V Brne dňa 15. mája 2023

.....

podpis autora

Pod'akovanie

Chcela by som sa poďakovať pani Ing. Lenke Širaňovej , Ph.D. za cenné rady pri napísaní práce. Takisto patrí vďaka aj mestu a dodávateľskej firme za odborné konzultácie a ich venovaný čas práci.

OBSAH

ÚVOD	11
CIELE PRÁCE, METÓDY A POSTUPY SPRACOVANIA	13
1 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRÁCE	15
1.1 Projektový management	15
1.2 Výhody projektového managementu	16
1.3 Projekt.....	16
1.3.1 Trojimeratív	17
1.3.2 Cieľ projektu.....	17
1.3.3 Logický rámec projektu.....	18
1.3.4 Úspešnosť riadenia projektu	20
1.3.5 Identifikačná listina projektu	20
1.3.6 WBS	21
1.3.7 Matica zodpovednosti (RACI matica).....	21
1.4 Životný cyklus a fázy projektu	22
1.4.1 Predprojektová fáza.....	22
1.4.2 Projektová fáza.....	23
1.4.3 Poprojektová fáza.....	24
1.5 Časový plán projektu.....	24
1.5.1 Ganttové diagramy a grafy	25
1.6 Riadenie zdrojov	26
1.7 Plán nákladov a stanovenia rozpočtu projektu.....	26
1.8 Riadenie rizík projektu	28
1.8.1 Skórovacia metóda.....	29
1.9 IoT	29
1.9.1 Charakteristika IoT.....	29

1.9.2	IoT architektúra.....	30
1.9.3	Technológie a pripojenia	34
1.10	Smart odpadové hospodárstvo	35
2	ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU	37
2.1	Mesto Nitra	37
2.1.1	Organizačná štruktúra	37
2.2	Všeobecný popis fungovania zberu odpadu v Nitre	38
2.3	Náklady na spracovanie odpadu	40
2.4	Malé koše v centre mesta.....	42
2.5	Spoločnosť Sensoneo	43
2.5.1	Senzory	44
2.5.2	Smart Waste Management System	45
2.6	Využitie produktov Sensoneo v Nitre	48
2.7	Environmentálny fond	49
2.8	Zhodnotenie analytickej časti	50
3	NÁVRHY RIEŠENÍ A PRÍNOS NÁVRHU RIEŠENIA	52
3.1	Nádoby so senzormi	52
3.2	Optimalizácia zvozových trás	53
3.2.1	Problém obchodného cestujúceho.....	53
3.2.2	Smart Route Planning systém.....	54
3.3	Identifikačná listina projektu	55
3.4	Logický rámec	56
3.5	WBS	59
3.6	Projektový tím a zainteresované strany.....	61
3.6.1	RACI matica	61
3.7	Analýza rizík.....	62

3.7.1	Identifikácia rizík	62
3.7.2	Ohodnotenie rizík	63
3.7.3	Návrhy opatrení	65
3.8	Popis činností a ich časová náročnosť	67
3.8.1	Ganttov diagram.....	70
3.9	Analýza zdrojov a nákladov	72
3.9.1	Priradenie zdrojov	72
3.9.2	Tímový plánovač.....	72
3.9.3	Stanovenie nákladov na projekt	73
3.10	Prínosy navrhovaného riešenia	75
ZÁVER		77
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY		78
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV.....		82
ZOZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKOV.....		83
ZOZNAM POUŽITÝCH TABULIEK.....		84

ÚVOD

Projektový management patrí k silným nástrojom, ktorý dokáže pomôcť pri naplánovaní, realizovaní a dotiahnutí projektu do konca. Jeho metódy sa dajú využiť nielen v technických oboroch, ako je napríklad stavebníctvo a oblasti informačných technológií, ale aj pri riadeniach projektov z fondov Európskej únie a v neposlednom rade aj pri realizácii menších súkromných projektov v každodennom živote. Uplatní sa všade tam, kde je potrebné spracovať určité množstvo úloh, dosiahnúť stanovených cieľov v čase s daným rozpočtom.

Podobne ako projektový management patrí k novším oborom, pojem smart city sa začal objavovať len na konci minulého storočia. Do slovenčiny by sa dal preložiť ako inteligentné mesto, ktoré zahŕňa rôzne oblasti od smart dopravy, energetickej siete, správy vecí, zdravotnej starostlivosti ale aj smart verejnej bezpečnosti a politiky šetrnej k životnému prostrediu.

Od roku 1950 sa počet ľudí žijúcich v mestách takmer šesťnásobne zvýšil na viac ako 4 miliardy. Predpokladá sa, že toto číslo sa do roku 2050 zvýši o ďalších 2,5 miliardy. Inteligentné mesto v spojení s Internetom vecí (IoT) je jednou z najslubnejších technológií na riešenie vážneho napätia, ktoré tento rýchly rast populácie predstavuje pre verejné služby a infraštruktúru miest.

Technológia IoT má potenciál zlepšiť mnohé oblasti nášho života, vrátane odpadového hospodárstva. Odpadové hospodárstvo patrí medzi najdôležitejšie oblasti v riadení mesta, avšak neexistuje dostatok literatúry k tejto téme a je v porovnaní s ostatnými témami zanedbávaná. Množstvo vyprodukovaného odpadu rastie spoločne so zvyšujúcim sa obyvateľstvom a dnešný štýl života tomu prospieva tiež. Síce sa začalo odpady recyklovať, ale odpad je stále produkovaný a musí sa nejakým spôsobom pozbierať a následne spracovať. Pri tempe tohto neustáleho rastu sú súčasné riešenia mnohých miest neudržateľné a ak mestá nechcú, aby sa z nich stali skládky, je potrebné konať. Tu prichádzajú na rad rôzne technologické riešenia, pomocou ktorých sa odpadové hospodárstvo môže stať smart, a teda udržateľné. Aj samotné odpadové hospodárstvo má mnoho procesov, ako napríklad zber odpadu, transport odpadu, spracovanie odpadu, recyklovanie, skladovanie odpadu a monitorovanie. Prevencia pred vyprodukovaným

odpadom sa môže tiež rátať ako predproces. Táto práca sa zameriava na prvé dva procesy. V tomto procese je priestor na zlepšenie v intervaloch zvozo, technickej vybavenosti zvozových vozidiel, prípadne rôznych sledovacích zariadení v odpadových nádobách. Pomocou sledovania stavu odpadu a analýzy súčasných zvozov je možné vďaka dátovej analýze nájsť efektívnejšie riešenia, ktoré mestá tak potrebujú.

CIELE PRÁCE, METÓDY A POSTUPY SPRACOVANIA

Táto časť práce je zameraná na popis hlavných cieľov a metodiky práce spoločne s postupmi pre dosiahnutie stanovených cieľov.

Cieľ práce

Cieľom diplomovej práce je návrh projektu zavedenia smart riešenia odpadového hospodárstva vo verejnej správe s využitím metodiky a nástrojov projektového managementu. Na základe predošlej skúsenosti a realizácii projektu pre mesto Nitra, je zvolené riešenie realizované spoločnosťou Sensoneo. Návrhová časť bude slúžiť ako podklad pre realizáciu projektu.

Metódy a postupy spracovania

Samotná práca sa bude skladať z troch hlavných častí, a to teoretickej, analytickej a návrhovej.

Prvá časť je venovaná teoretickým východiskám, kde bude využitá odborná literatúra a články. Takisto budú vysvetlené pojmy týkajúce sa nástrojov projektového managementu a jeho metód, problematika životného cyklu projektu, čo je nevhnutné pre potreby tejto práce. Táto časť načrtne aj úvod do internetu vecí, tzv IoT a smart odpadového hospodárstva.

Naväzovať bude analytická časť, kde bude predstavené mesto a súčasný stav zberu a zvozu odpadu a ponúkaných možností bratislavskej firmy Sensoneo, ktorá sa zaoberá touto problematikou. Zároveň sa analyzujú pouličné koše s menším objemom, ktoré sa v takýchto aplikáciách internetu vecí nezohľadňujú tak široko ako ich náprotivky s vyšším objemom. Táto časť predstavuje kľúčový faktor pre spracovanie návrhovej časti.

Posledná časť práce je postavená na získaných informáciách z predošlej časti. Na ich základe je navrhnutý projektový plán implementácie smart odpadového hospodárstva do mesta s ohľadom na možné riziká. Z metód projektového managementu bude využitá identifikačná listina, logický rámec pre definovanie zámeru, cieľu projektu, ďalej aktivít a výstupov. Následne bude zostavaný prehľad činností, ktorým budú priradené zodpovedné osoby. Analýza rizík prebehne pomocou skórovacej metódy, ktorá definuje hrozby, scenár a návrhy opatrení za účelom znížiť hodnoty jednotlivých rizík. Pre

zostavenie časového plánu bude zostavený Ganttov diagram za pomoci softwarového nástroja Microsoft Project. Ten bude využitý aj na anlyzu zdrojov. Posledná časť práce bude venovaná rozpočtu a prínosom projektu pre magistrát mesta Nitra.

1 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRÁCE

V tejto časti sú spomenuté základné teoretické pojmy a definície, z ktorých sa bude vychádzať v praktickej časti. Táto časť slúži na to, aby uviedla čitateľa do danej problematiky.

1.1 Projektový management

Projektový management patrí k mladším oborom, ktoré sa začali rozvíjať po druhej svetovej vojne. Jedným z faktorov, ktoré zapríčinili rozvoj bola nepriaznivá ekonomická situácia, ktorá prinútila ľudí uvažovať nad tým, ako zabezpečiť rozvoj podnikov na meniace sa podmienky a dynamicky sa rozvíjajúce prostredie.

Aj dávnej minulosti priebehala rada akcií, ktoré mali projektový charakter. Príkladom sú staroveké monumenty, pri ktorých sa začali vytvárať rôzne metódy, postupy a techniky k zvládnutiu ich náročnosti z pohľadu organizácie. Avšak, dnešná doba je iná, rýchla, dynamická, vzájomne naviazaná a projekty sú silne obmedzené v zdrojoch a časoch. To je hlavný rozdiel oproti minulosti. Napríklad v staroveku bolo pre ambiciózne projekty dostatok zdrojov a ak nie, usporiadalo sa vojenské ťaženie, kde sa zdroje v podobe otrokov alebo zlata získali. Čas taktiež nepatrí k obmedzeniam. Samotné pyramídy sa často stavili po celý život faraóna. V súčasnosti však často platí to, že na veľa vecí už bolo včera neskoro.

Dôležitou súčasťou projektového managementu sú štandarty, ktoré sú pre manažérov a zamestnancov podnikov akýmsi vodítkom v práci. Napriek tomu, že ide o teóriu projektového riadenia, vychádza z praktických skúseností. Štandardov existuje obrovské množstvo s obdobnými metódami, ktorá však dokážu pokryť len čiastočne matematicko-technický zmysel a sociálny zmysel, keďže v projektovom managemente ide o súbor mnohých rôznorodých úloh a interkcií. Mezi hlavné svetové štandarty patria PMI, IPMA, PRINCE2. Líšia sa miestom vzniku, podkladom, z ktorého boli vytvorené i spôsobom spracovania. Základná filozofia je ale v podstate totožná, ide väčšinou len o iný pohľad na tú istú vec. Neodeliteľnou súčasťou v dnešnej dobe sú informačné technológie, ktoré hrajú veľkú úlohu pri uľahčovaní a urýchľovaní práce v projektovom managemente (1).

1.2 Výhody projektového managementu

Projektový management sa vyznačuje na rozdiel od bežného operatívneho riadenia v líniovo riadenej spoločnosti, dočasným pridelením zdrojov pre realizáciu. To znamená, ak sú ciele splnené, projekt končí.

Medzi výhody patrí:

- ku každej aktivite v projekte sú priradené role a zodpovednosti bez ohľadu na zmeny realizačného tímu,
- jasne identifikovaný časový a nákladový rámec realizácie,
- realizačné zdroje sú pridelené na dobu trvania projektu a potom sú uvoľnené pre iné projekty,
- sledovanie skutočného priebehu oproti plánu, kde je počas realizácie možné definovať odchýlky od plánu,
- rozdelená zodpovednosť za riadenie projektu a pravidlá eskalácie problémov umožňujú plynulé riadenie bez nutnosti nadmerného dohľadu zo strany zákazníka,
- princípy riadenia prispievajú k získaniu súhlasu o naplnenie alebo prekročenie plánovaného cieľu,
- systémový prístup generuje celú radu informácií použiteľných pre realizáciu ďalších projektov (2).

1.3 Projekt

Definícií pojmu projekt je možné v literatúre nájsť mnoho. Svozilová ho charakterizuje ako riadený proces, ktorý má svoj začiatok, koniec a presné pravidlá riadenia a regulácie, a tým sa odlišuje od obyčajného sledu úloh (3).

Iní autori uvádzajú, že projektom sa všeobecne rozumie jedinenčná sústava činností smerujúcich k vopred stanovenému a jasne definovanému cieľu, ktorá má určený začiatok a koniec, vyžaduje spoluprácu rôznych profesií, viaže ich kapacity a ich úsilie pre vytvorenie cieľových výstupov (4).

Ďalšia definícia vníma projekt ako akýkoľvek jedinečný sled aktivít a úloh, ktorý má konkrétny cieľ, definovaný dátum začiatku a konca a stanovený rámec pre čerpanie

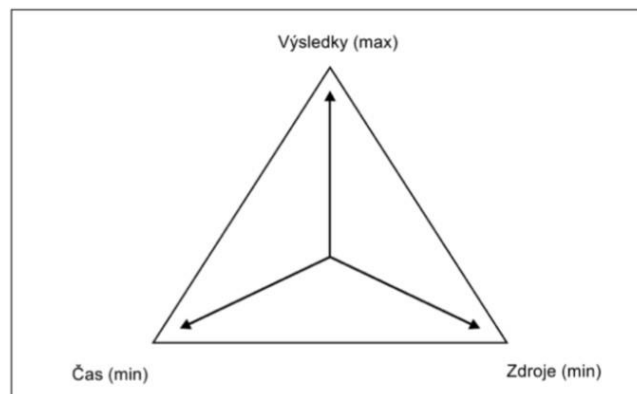
zdrojov potrebných pre jeho realizáciu (5).

Napriek tomu, že definície sa mierne líšia, ich podstata je obdobná.

1.3.1 Trojimeratív

Každý projekt je viazaný rôznymi spôsobmi použitia troch komponentov, a to času, nákladov a špecifického cieľa. V projektovom managemente sú tieto obmedzenia často označované ako trojimeratív. Pre vytvorenie úspešného projektu pre projektového manažéra je nutné brať tieto tri komponenty do úvahy (6).

Pri trojimeratívne je dôležitá vzájomná previazanosť času, nákladov a cieľa. V prípade, že sa zmení jedna z veličín a druhá má zostať v nemennom tvare, musí potom dôjsť odpovedajúcim spôsobom ku zmene troch veličín. Trojimeratív sa pre lepšie chápenia zobrazuje v tvare trojuholníka (1).



Obrázok č. 1 Trojimeratív projektu (Zdroj: (1))

1.3.2 Cieľ projektu

Svozíková predstavuje cieľ projektu ako popis účelu, prostredníctvom ktorého má byť realizácia projektu dosiahnutá. Najčastejšie sa jedná o hierarchickú štruktúru definovaných stavov, podmienok a vlastností popisujúcich budúce výsledky projektu (3). Definuje mimo iné aj výstupy, ktoré sú od projektu očakávané (1).

Jedna z pomôcok pre dobré definovanie cieľa je technika SMART, podľa ktorej by mal cieľ byť:

- **S** (specific) – je potrebné vedieť, „čo“ chce projekt dosiahnuť,
- **M** (measurable) – umožňuje merať naplnenie daného cieľa,

- **A** (agreed) – či zainteresované strany súhlasia s definíciou daného cieľa,
- **R** (realistic) – realizovaný v rámci možností (čas, náklady a zdroje),
- **T** (timed) – časovo definovaný, s termínom dokončenia (3).

Každý z uvažovaných projektových cieľov, vrátane míľníkov a iných priebežných cieľov by mal byť SMART (3).

1.3.3 Logický rámec projektu

Logický rámec (LR, logical framework) je nástroj pre stanovovanie cieľov projektu a pôsobí ako podpora k ich dosiahnutiu. S jeho pomocou je možné identifikovať a analyzovať problémy a súčasne stanovovať ciele a konkrétne aktivity k jeho dosiahnutiu. Zároveň slúži aj ako základný návrh pre prezentovanie a komunikáciu projektu. Pre zhotovenie logického rámca je výsledkom tabuľka, ktorá obsahuje kľúčové aktivity projektu, ich vzájomné väzby, konkrétne výstupy a zdroje ich overenia. Výhodou logického rámca je hlavne jeho jednoduchosť, stručnosť, jednoznačnosť, jasné vymedzenie činností a ich väzieb spolu s finančnými zdrojmi. V rámci sú obsahované aj predpoklady a riziká, ktoré ovplyvňujú výsledky a ciele projektu (7).

Tabuľka č. 1 Logický rámec (Zdroj: Vlastné spracovanie podľa (1))

ZÁMER	Objektívne overiteľné ukazovatele	Zdroje informácií k overeniu (spôsob overenia)	nevyplňuje sa
CIEĽ	Objektívne overiteľné ukazovatele	Zdroje informácií k overeniu (spôsob overenia)	Predpoklady, za ktorých cieľ bude v súlade so zámerom
VÝSTUPY	Objektívne overiteľné ukazovatele	Zdroje informácií k overeniu (spôsob overenia)	Predpoklady, za ktorých výstupy povedú k cieľu
KLÚČOVÉ ČINNOSTI	Zdroje	Časový rámec aktivít	Predpoklady, za ktorých činnosti povedú k výstupom
Čo nebude súčasťou projektu			Predbežné podmienky

Význam jednotlivých polí rámca

Zámer deklaruje príčinu projektu a zodpovedá otázku, prečo chceme dosiahnuť uvedené

zmeny uvedené nižšie. Jedná sa väčšinou o nepriamo dosiahnuteľnú vec, napr. navýšenie tržieb predaja tovaru.

Cieľ popisuje detailnejšie zameranie projektu a odpovedá na otázku, čo chceme dosiahnúť a aký je požadovaný cieľový stav. Projekt má vždy len jeden cieľ.

Konkrétne výstupy projektu špecifikujú, akým spôsobom chceme zmeny dosiahnúť a čo bude fyzicky realizované, resp. čo je potrebné urobiť, aby mohla nastať plánovaná zmena.

Kľúčové činnosti rozhodujúcim spôsobom ovplyvňujú realizáciu konkrétnych výstupov. Ku každému výstupu sa obvykle stanovia 2-4 činnosti ktoré vedú k jeho dosiahnutiu.

Objektívno overiteľné ukazovatele preukazujú, že zámer, cieľ a konkrétne výstupy boli dosiahnuté. V ideálnom prípade by mali pripadať na každý bod v prvom stĺpci logického rámca aspoň dva merateľné ukazovatele.

Spôsob overenia udáva, kto zodpovedá za overenie, aké je požadovaný čas a náklady, kedy bude ukazovateľ overený a definuje spôsob dokumentačného overenia.

Stĺpec **predpoklady a riziká** zachytáva predpoklady, ktoré podmieňujú realizáciu projektu. Uvádza sa tu, aké významné skutočnosti môžu ohroziť projekt a ktoré je nutné mať na zreteli pri návrhu (8).

Logické väzby

Vertikálne väzby prebiehajú zdola hore a majú nasledujúci význam:

Kľúčové činnosti – Konkrétne výstupy – Cieľ – Zámer

Horizontálne väzby majú rovnaký význam pre všetky riadky logického rámca:

Popis (zámer, cieľ, výstupy) – OOU - Spôsob overenia – Predpoklady a riziká

Nasledujúci obrázok vysvetľuje spôsob čítania a teda porozumenia logického rámca.

ZÁMER	OOU	SO	nevyplňuje sa
CIEĽ	OOU	SO	Predpoklady
VÝSTUPY	OOU	SO	Predpoklady
KLÚČOVÉ ČINNOSTI	Zdroje	Časový rámec aktivít	Predpoklady
			Predbežné podmienky

Obrázok č. 2 Väzby logického rámca (Zdroj: Vlastné spracovanie podľa (8))

1.3.4 Úspešnosť riadenia projektu

Cieľom projektového riadenia je úspešný projekt, za ktorý sa dá obvykle považovať taký, ktorý plní aspoň nasledujúce metriky:

- projekt spĺňa svoj rozsah, ciele a náklady,
- projekt efektívne využíval požadované zdroje,
- projekt nevyvoval žiadne negatívne dopady,
- zainteresované strany (hlavne zákazník) sú s projektom spokojní,
- výstup projektu naplnil hlavný účel projektu.

Konečné celkové hodnotenie úspešnosti projektu však závisí na nastevní týchto hodnotiacich kritérií organizácie, ktorá samotný projekt vytvára a realizuje (9, 10).

1.3.5 Identifikačná listina projektu

Identifikačná listina, resp. Zakladajúca listina projektu je jeden z najdôležitejších dokumentov projektu. Nie je striktno definovaná a môže sa variabilne meniť pre potreby daného projektu. Je to z toho dôvodu, že listina je súčasťou počiatočnej zmluvy projektu (11).

V dokumente je obsiahnutý cieľ projektu, základné hranice projektu v požadovaných výsledkoch vo financiach, čase a predpokladaných zdrojoch. Menuje takisto manažéra projektu a môže obsahovať i základný návrh míľníkov. Spolu s manažérom môže byť menovaný i prípravný tím projektu. V listine je vytvorené zadanie a hlavné mantinely pre úvodnú prácu manažéra a prípravného tímu a zároveň sa predpokladá ďalšie

rozpracovanie a upresnenie informácií, prípadné zmeny (1).

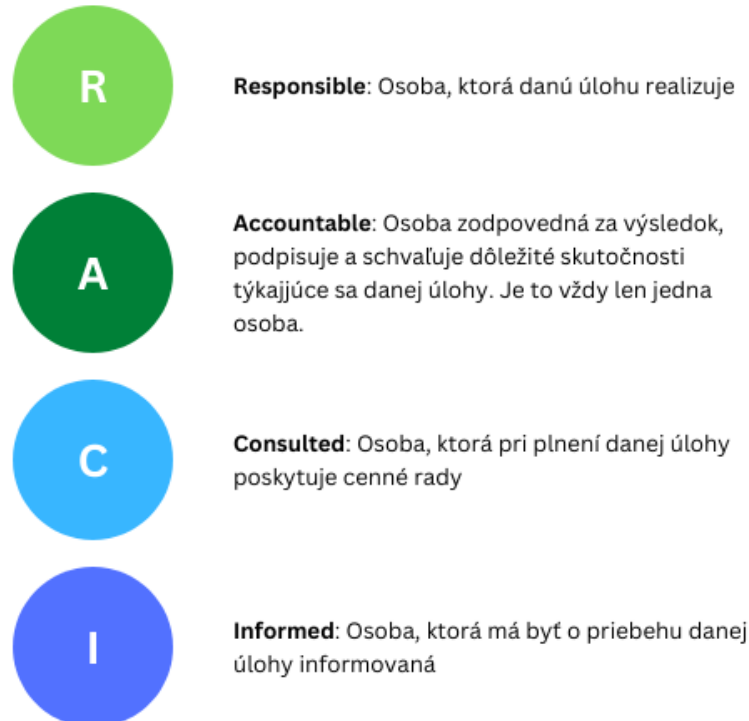
1.3.6 WBS

WBS (Work Break Structure) je jedným z krokov plánovania projektu. Jeho podstatou je hierarchické rozplánovanie štruktúry práce, kde sa cieľ projektu postupne rozkladá na jednotlivé produkty a podprodukty. Takto sa pokračuje až po úroveň pracovných balíkov. U tejto štruktúry je aplikovaná filozofia zhora-dole (1, 6).

Zobrazenie výsledku WBS sa vytvára pomocou stromu. Cieľ je jeho korením, tým pádom najvyšším stupňom stromu. Je zároveň povinnou súčasťou WBS štruktúry. Jednotlivé prvky (úrovne) musia byť očíslované (10).

1.3.7 Matica zodpovednosti (RACI matica)

Matica zodpovednosti vymedzuje jasne a konkrétne kompetencie osôb v tíme za konkrétne projektové činnosti. Riadky matice obsahujú názvy činností podľa WBS. V stĺpcoch je uvedená organizačná štruktúra projektu. Matica sa postupne doplňuje a spresňuje behom práce na projekte (1).



Obrázok č. 3 RACI matica (Zdroje: Vlastné spracovanie podľa (10))

1.4 Životný cyklus a fázy projektu

Projekt má znaky procesu a počas svojej existencie sa vyvíja a nachádza v rôznych fázach, ktoré sa nazývajú životný cyklus projektu (3).

PMBOK uvádza, že životným cyklom projektu môžeme všeobecne chápať ako po sebe idúce fázy, ktorých názvy a počet sú určené potrebami kontroly organizácie, ktorá je v projekte angažovaná (12).

Životný cyklus sa dá rozdeliť na niekoľko fáz. Medzi najvšeobecnejšie patrí:

- predprojektová fáza,
- projektová fáza,
- poprojektová fáza (13).

1.4.1 Predprojektová fáza

Predprojektová fáza je v mnohých prípadoch podceňovaná a z rôznych dôvodov sa na ňu zabúda a preskakuje sa. Je však dôležitou súčasťou životného cyklu projektu. Všeobecne zahŕňa prípravu samotného projektu a začína sa obvykle definíciou námetu na projekt, pokračuje cez spracovanie logického rámca a prieskumu uskutočniteľnosti až k záverečnému návrhu optimálneho spôsobu realizácie. Vďaka tejto fáze je možné odhaliť ďalšie súvislosti, na základe ktorých je možné vysloviť odporúčenie či vôbec daný projekt realizovať. Ak výsledkom tejto fáze bude odporúčenie realizácie projektu, je možné prejsť na ďalšiu fázu. Toto však nie je nutné hneď, môže sa jednať o dlhší časový úsek medzi fázami, kedy sa počká na vhodný okamih k spusteniu projektu (13).

Obsiahlosť projektu je závislá hlavne od samotného projektu. Ak sa jedná o menší a jednoduchší projekt, je možné zhrnúť celú predprojektovú fázu do jedného dokumentu, resp. do predprojektovej úvahy. S rastom zložitosti rozsah projektu narastá a zpravidla sa jedná o definíciu týchto parametrov:

- **Identifikácia a riadenie zainteresovaných strán** – kde sa zainteresovanou stranou rozumie taká osoba alebo skupina ľudí, ktorá je do projektu buď aktívne zapojená alebo je projektom či jeho priebehom ovplyvnená. Riadením sa potom rozumieme analýza identifikovaných zainteresovaných strán, na základe ktorej vzniká stratégia jednania s každou z nich.

- **Zber požiadavok** – súvisí nielen s parametrami a vlastnosťami výstupu, ale takisto s parametrami a vlastnosťami cieľového projektu. Požiadavky obvykle úzko súvisia so zainteresovanými stranami.
- **Stratégia projektu** – je chápaná ako cesta, ktorú musíme absolvovať, aby sme dosiahli vytýčených cieľov. Je definovaná slovami, akonáhle poznáme odpovede na otázky prečo (prečo projekt realizujeme a aké budú jeho prínosy?), kam (aký je cieľový stav projektu?), odkiaľ (aký je súčasný stav?) a akým spôsobom (ako budeme projekt realizovať?).
- **Cieľ projektu** – definovaný v kapitole 1.3.2.
- **Trojimperatív projektu** – definovaný v kapitole 1.3.1.
- **Logický rámec** – definovaný v kapitole 1.3.3.
- **Predprojektová analýza a štúdie** – tu sa najčastejšie jedná o štúdiu príležitostí a štúdiu uskutočniteľnosti. **Štúdia príležitostí** sa najčastejšie zaoberá tým, či je vhodný čas v súčasnosti na plánovanie a realizáciu mysleného projektu (napríklad z hľadiska finančných trhov, príležitostí na danom trhu alebo možných hrozieb z hľadiska konkurencie alebo legislatívy). **Štúdie uskutočniteľnosti** naväzujú na predchádzajúce štúdie a podáva spresnenú stratégiu, upresnenie obsahu projektu, plánované termíny zahájenie a ukončenie projektu, odhadované celkové náklady a významné zdroje projektu. Je vhodné vypracovať niekoľko možných variant riešenia, aby ich bolo následne možné posúdiť a vybrať najvhodnejšiu možnosť.
- **Ekonomická analýza projektu** – predstavuje dôležitú časť predprojektových dokumentov, kedy skúmame aký bude mať zámer vplyv na finančnú stránku. Medzi najčastejšie používané metódy patri návratnosť investíc (ROI), čistá súčasná hodnota (NPV) alebo vnútorná výnosová miera (IRR) (13).

1.4.2 Projektová fáza

Projektová fáza nastáva po schválení predprojektových dokumentov a je realizovaná zahájením projektu, čo je označované ako prvá časť projektovej fázy, resp. prvá z fáz riadenia projektu. Bezprostredne po nej naväzujú ďalšie fázy – plánovanie, realizácia a následné ukončenie projektu (13).

- **Zahájenie projektu (Start-up)**

Táto fáza nesie značnú mieru neistoty, pretože vychádza z predprojektovej fázy

a jej údajov, ktoré sú prevažne založené na odhadoch a špekuláciach. Upresňuje sa tu cieľ projektu, definujú sa požadované výstupy, personálne obsadenie a kompetencie, ktoré sú uvedené identifikačnej listine projektu.

- **Plánovanie**

Plánovanie je najdôležitejšou etapou, pretože sa tu zostavuje projektový tím, ktorý na základe zadania vytvára smerný plán projektu, doplnený o prípadne schválené aktualizácie a zmeny.

- **Realizácia**

Na začiatku realizácie je vhodné usporiadať stretnutie zainteresovaných strán, kde je zrekapitulovaný plán riadenia a harmonogram projektu. Tu sa zároveň predstavia zástupcovia zúčastnených strán a je tu oznámené, že začína fyzická realizácia projektu. Behom realizácie je nutné sledovať projekt a porovnávať ho s plánom a prípade odchýliek je potrebné vykonať opatrenia, prepracovať plán či vytvoriť plán úplne nový.

- **Ukončenie**

V tejto fáze projektu dochádza k fyzickému a protokolárnemu predaniu výstupov, fakturácie, podpisu akceptačných protokolov a pod. (1).

1.4.3 Poprojektová fáza

Po ukončení všetkých fáz projektu dochádza k fáze vyhodnotenia. V tejto fáze sa prevedie dôkladné spätné vyhodnotenie prípravy a celého projektu. Toto sa môže previesť hneď po ukončení projektu, ale v niektorých prípadoch sa musí previesť až po určitom čase, aby bol viedieť výsledok daného projektu.

Hlavný dôvodom je získanie nových poznatkov a skúseností, ktoré je možné využiť v ďalších projektoch. Nie je dôležité pripradiť chyby ku konkrétnym zodpovedajúcim osobám, ale indentifikovať samotne chyby za účelom budúceho vyvarovania sa. Vyhodnotenie je väčšinou realizované inou skupinou ľudí, než ktorá riadila projekt. Je to hlavne preto, aby došlo k nezávislej perspektíve a priebeh projektu a postup pri jeho riešení bol objektívne posúdený (1).

1.5 Časový plán projektu

Časový plán je kľúčovou súčasťou každého projektu a má vymedzený svoj začiatok

a koniec. Pri jeho zostavovaní musíme určiť a definovať všetky činnosti, ktoré sú potrebné k realizácii projektu, určiť logické návaznosti, zoradiť ich a odhadnúť doby trvania a na základe toho stanoviť časový harmonogram. Plán je podkladom pre riadenie činností, ktoré prispievajú k realizácii samotného projektu (1).

„Časový plán, ktorý neuvádí vazby medzi úkolmi alebo činnosťmi, nemá vlastne pro plánování význam.“ (14)

Časový plán môžeme znázorniť pomocou rôznych diagramov, sieťovým grafom, harmonogramom. Ich prostredníctvom je možné prehľadne znázorniť údaje nutné pre riadenie projektov (1).

Medzi najdôležitejšie informácie, ktoré sa v pláne zobrazujú, patrí:

- milníky a dôležité termíny projektu,
- logické a hierarchické štruktúry práce prevedené do časových sledov úloh,
- údaje o predpokladanej dĺžke trvania jednotlivých úsekov práce,
- väzby a súslednosti úsekov práce, ktoré napomáhajú zachovaniu logiky výkonu práce i pri časových zmenách v harmonogramoch (3).

1.5.1 Ganttové diagramy a grafy

Ganttov diagram je významný v histórii moderného projektového manažmentu, pretože rozpoznáva výhody rozdelenia veľkých projektov na menšie zvládnuteľné celky. Zohľadňujú tiež skutočnosť, že niektoré úlohy môžu na sebe závisieť (15).

Sada úloh je znázornená zhora dole, naopak časová os je v rovine horizontálnej. Dôvodom veľkej obľuby tejto techniky je predovšetkým jeho jednoduchá konštrukcia, ktorú je možné zostaviť i bez špecializovanej softwarovej podpory a pre jej pochopenie nie je potrebná zvláštna kvalifikácia (3).

Ganttov diagram predstavuje účinný nástroj, ktorý slúži nie len ku kalendárnemu plánovaniu, ale takisto aj k evidencii plnenia jednotlivých prácí. K tomuto účelu v ňom môže mať každá činnosť dva a viac riadkov: plán a skutočnosť (bežná a komulovaná) v časových úsečkách, v počte jednotiek, a pod.. Pri kontrole plnenia úloh sa z harmonogramu zisťujú odchýlky a u odchýliek, ktoré majú zápornú hodnotu, sa rozhoduje o opatreniach k jej odstráneniu (16).

1.6 Riadenie zdrojov

Na časový harmonogram naväzuje riadenie zdrojov. Zdroje v projekte predstavujú ľudské zdroje, vybavenie a infraštruktúra, ktoré sú potrebné k prevedeniu všetkých činností projektu. Materiál nebýva obvykle zahŕňaný medzi zdroje, je spotrebovaný v priebehu činnosti. Zdroje nemajú spotrebný charakter, v priebehu projektu sa nespotrebovávajú, ale majú obmedzenie v množstve. Obmedzená disponibilita zdrojov jedným z hlavných dôvodov ich riadenia v priebehu projektu. Základom riadenia zdrojov je ich plánovanie, identifikácia, pridelovanie s prihliadnutím k náročnosti činnosti potrebným kompetenciám (1).

Samotné **kapacitné plánovanie zdrojov** má za cieľ určiť koľko pracovnej sily, materiálu, energie, strojov a zariadení je potreba k vykonaniu činnosti. Prebieha v dvoch krokoch, kde sa v prvom určujú a definujú zdroje, ktoré sú následne v druhom kroku zanalyzované a priradené k jednotlivým činnostiam podľa stanoveného rozvrhu (10).

Plánovanie zdrojov je dôležitou činnosťou a to z niekoľkých dôvodov:

1. umožňuje naplánovanie potrebných zdrojov z hľadiska počtu a odbornosti,
2. poukazuje na nezrovnalosti rozdelenia zdrojov,
3. umožňuje preradenie úloh medzi zdrojmi,
4. umožňuje naplánovanie nadčasovej práce alebo práce extrených zdrojov a tým včasne zaistiť finančné prostriedky,
5. pomáha k predvídaní rizík (16).

1.7 Plán nákladov a stanovenia rozpočtu projektu

Plánovanie nákladov a zostavenie je významným krokom projektu, ktorý naväzuje na časový plán i plán zdrojov potrebných na projekt. „*Náklady projektu je možné definovať ako peňažne ocenenú spotrebu výrobných faktorov a vychádzajúc z tejto definície: oceňujeme vo svojej podstate čas strávený na projekte a využitie ľudských, materiálnych aj finančných zdrojov.*“ (17)

Náklady členíme na:

- **priame náklady** – súvisia s realizáciou projektu priamo (materiál, prenájom, nákup technológií, nákup služieb, atď.),

- **nepriame náklady** – nie sú priamo spojené s konkrétnym projektom, pretože sa väčšinou jedná o celofiremné náklady (prevádzka budov, marketing, dane a poplatky atď.).

Náklady sa môžu stanoviť niekoľkými spôsobmi:

- **Analogické odhadovanie (zhora-dole)** – je to najjednoduchšia, najmenej nákladná, ale najmenej presná technika odhadovania vychádzajúca z historických záznamov organizácie z ú podobných projektov.
- **Expertné odhady** – sú odhady členov tímu na základe ich skúseností, znalostí z danej problematiky.
- **Parametrické odhadovanie** – používa matematický model založený na predom známych parametroch (cena za rozmez, počet riadkov programu, hodinu vykonanej práce). Rozlišuje dva typy odhadov a to regresnú analýzu a krivku osvojovania znalostí.
- **Odhadovanie zdola-nahor** – vychádza z nulových počiatočných nákladov, ku ktorým sa podľa štruktúry WBS pripočítavajú náklady jednotlivých položiek. Táto metóda je časovo aj nákladovo veľmi náročná, ale na druhú stranu, jej výsledkom je veľmi presný odhad.
- **Odhady analýzou ponúk dodávateľov** – vychádzajú z porovnávania cien potencionálnych dodávateľov.
- **Odhady s využitím softwaru** – pre odhad nákladov sa využíva špecializovaný softwarový nástroj, ktorý spresňuje odhady pri minimalizácii nákladov (3, 17).

Hrubý odhad nákladov sa vykonáva už v predprojektovej fáze a to najčastejšie pomocou analogického alebo parametrického odhadovania. V projektovej fáze sa vytvára **podrobný rozpočet** a pomocou techniky zdola-nahor. **Rozpočet** vychádza z dokumentu WBS a je dokumentom, ktorý zaujíma všetky zainteresované strany. Na jeho základe priraduje vedenie organizácie peňažnú čiastku určenú na projekt (3, 1).

Pri vytváraní rozpočtu je potrebné počítať aj s rizikami projektu a v prípade zvýšenia nákladov alebo nepredvídateľných výdavkov mať pripravené **rezervy**. Výška rezerv môže byť stanovená ako percento celkových výdavkov projektu, alebo len pri niektorých položkách rozpočtu (3).

1.8 Riadenie rizík projektu

PMBOK definuje riziko ako neistú udalosť alebo stav, ktorý vzhľadom na projektové ciele, má pozitívny alebo negatívny vplyv. Zatiaľ čo PRINCE2, ho definuje ako neistotu výsledku. V oboch prípadoch sa riziká týkajú 2 kľúčových prvkov: budúce udalosti a možných príčin a dôsledkov udalosti (18).

Za proces riadenia rizík projektu je považovaná postupnosť aktivít, v ktorých sú prostredníctvom preventívnych alebo kolektívnych zásahov odvrátené udalosti a odstraňované vplyvy, ktoré by mohli viesť k nechceným výsledkom. Riadenie rizík je proces, ktorý trvá po celú dobu existencie projektu.

Proces sa skladá z troch častí:

1. príprava a plánovanie pre riadenie rizík projektu,
2. identifikácia a analýza rizík, zhodnotenie potencionálnych hrozieb a stanovenie priorít,
3. monitorovanie identifikovaných rizík v priebehu projektu vrátane implementácie prípadných ochranných stratégií.

Riziká projekt je možné rozdeliť na:

- odchýlky,
- predvídateľné riziká,
- nepredvídateľné riziká,
- neistota a chaotické vplyvy (2).

Podľa normy ISO 10 006 je doporučené rozdeľovať metódy pre analýzu rizík do dvoch skupín:

- **Metódy zaoberajúce sa analýzou rizík produktu projektu** – vyplývajú z technickej podstaty realizovaného produktu ako výstup projektu (napr. ak je produkt informačný systém môže ísť o metódu CRAMM, v prípade strojárenského výrobku je to metóda FMEA atď.)
- **Metódy zaoberajúce sa analýzou rizík manažmentu projektu** – metódy venujúce pozornosť rizikám, ktoré vyplývajú z podstaty riadenia projektu. Zvažujú taktiež aj technické riziká vyplývajúce z podstaty realizácie produktu

projektu (1).

1.8.1 Skórovacia metóda

Pre diplomovú prácu bola vybratá skórovacia metóda a to hlavne z osobnej skúsenosti s rôznymi typmi metód.

Metóda obsahuje 3 fáze:

- Identifikácia rizika
- Ohodnotenie rizika
- Návrh na opatrenia k zníženiu rizika

Identifikácia rizika sa vykonáva prostredníctvom rizikových faktorov. Pre každý rizikový faktor sa v skórovacej metóde ohodnotí ako možnosť výskytu rizikového faktora, tak jej dopad prostredníctvom desaťbodovej stupnice. Za rizikový faktor sa považuje porovnateľný alebo merateľný ukazovateľ pre určenie stupňa významnosti rizika.

Metóda väčšinou využíva metódy Team Delphi pre stanovenie expertného odhadu. Je odporúčane zapojenie každého člena projektového tímu a tým stanovenie odhadovej hodnoty nezávisle na ostatných členoch. Výsledné skóre je potom aritmetický priemer odhadov jednotlivých členov. Ocenenie rizika je predstavované súčinom skóre pravdepodobností a skóre dopadu.

Skórovacia metóda využíva tabuľky ako prehľadný spôsob zápisu identifikácie rizík, ohodnotenia rizík, návrhov na opatrenia k zníženiu rizika a znázornenie mapy pre porovnanie rizík (1).

1.9 IoT

Táto časť je venovaná úvodu do Internetu vecí.

1.9.1 Charakteristika IoT

Neexistuje žiadna univerzálna definícia tohto pojmu, ale všeobecne sa však vzťahuje na scenáre, v ktorých sa sieťové pripojenie a výpočtová schopnosť rozširujú na objekty, senzory a predmety každodennej potreby, ktoré sa bežne za počítače nepovažujú. To umožňuje týmto zariadeniam generovať, vymieňať si a spotrebúvať dáta s minimálnym

zásahom človeka (20). Preto charakterizujeme inteligentné zariadenia a inteligentné technológie ich schopnosťou detekovať, merať, zaznamenávať a analyzovať veľké množstvo údajov, čo umožňuje riešenie problémov a optimalizáciu procesov.

Tento termín bol prvýkrát použitý v roku 1999 britským technologickým priekopníkom, aby ilustroval silu pripojenia rádiových frekvenčných identifikačných štítkov k internetu. Bolo možné počítať a sledovať tovar bez potreby ľudského zásahu. Avšak prvé zariadenie s podporou IoT bol toaster, ktorá bol možný zapnúť a vypnúť využitím internetu. Toto bolo demonštrované už v roku 1990 (21).

V súčasnosti má IoT vplyv na takmer všetky oblasti nášho života vďaka svojmu technickému, sociálnemu, ekonomickému a environmentálnemu významu. Z pripojených zariadení ťažíme bez toho, aby sme si to uvedomovali. Exponenciálne viac a viac zariadení sa stáva „smart“ tým, že sa každý deň kombinuje s internetovým pripojením a výkonnými schopnosťami analýzy údajov. Niektoré projekcie predpokladajú až 100 miliárd pripojených zariadení internetu vecí a globálny a ekonomický dopad vo výške viac ako 11 biliónov dolárov (20). Tento trend samozrejme je umožnený a umocnený mnohými čiastkovými trendami, ktoré sa v posledných desaťročiach dostali do popredia vo svete IT.

IoT nie je názov len pre jednu technológiu, ale zastrešuje mnoho konceptov, protokolov a technológií. V nasledujúcich podkapitolách je popísaná všeobecná architektúra Internetu vecí s konkrétnymi príkladmi a niektorými špecifickými typmi sietí používaných pre zariadenia IoT.

1.9.2 IoT architektúra

Podstatou IoT architektúry je to, ako sa údaje prenášajú, zhromažďujú, analyzujú a ako sa na konci s nimi zaobchádza. V nasledujúcej časti je popísaná zjednodušený model architektúry.

Architektúry IoT zvyčajne opisujú IoT z vrstvenej perspektívy. Je však potrebné spomenúť, že architektúra IoT sa môže líšiť v závislosti od nastavenia alebo technológie, v rámci ktorej sa používa, preto nasledujúca architektúra slúži len ako hrubé zjednodušenie.

Vo všeobecnosti vo väčšine IoT architektúr existuje prepojenie medzi niektorými koncovými zariadeniami („vecami“), sieťou, ktorá prenáša dáta a aplikáciou, kde sa dáta ďalej spracovávajú, analyzujú a odovzdávajú na ďalšie použitie.

Hanes definuje zjednodušenú IoT architektúru dvoma paralelnými a zarovnanými zásobníkmi – Core IoT Functional Stack a IoT Data Management a Compute Stack. Prvý popisuje hlavné stavebné bloky väčšiny sietí internetu vecí, druhý popisuje vrstvy správy údajov, kde sa údaje spracovávajú v každej fáze. Prvá „základná“ vrstva, kde začína tok údajov, je vrstva „vecí“, fyzických zariadení, senzorov a akčných členov. V rámci samotných fyzických zariadení sa správa dát vykonáva cez okrajovú vrstvu. Druhým „jadrom“ je vrstva konektivity, vrstva komunikácie alebo tranzitnej siete. Správa údajov v týchto bránach sa vykonáva pomocou vrstvy hmly. A tretou vrstvou, „konečným“ cieľom v Core IoT Functional Stack, je vrstva aplikácií a analýz, ktoré bežia na cloudovej vrstve správy údajov (22).

Senzory a akčné členy

Senzory a akčné členy sa používajú ako akési „prekladače“ medzi inteligentnými objektmi a ich fyzickým prostredím. Rozdiel medzi nimi je v tom, že senzory merajú iba stav prostredia, zatiaľ čo akčné členy prostredie aktívne menia alebo ovplyvňujú.

Na meranie prostredia prijímajú senzory mechanický, optický, magnetický alebo tepelný signál a premieňajú ho na napätie a prúd, ktoré môžu byť následne spracované ako dáta. Väčšina IoT senzorov je zvyčajne malá a lacná, pretože má tiež limitovaný výkon, CPU, pamäť a prenáša sa len vtedy, keď je to potrebné (22). Typ senzorov sa vyberá na základe ich presnosti, rozlíšenia a ďalších charakteristík potrebných pre konkrétnu prácu a požadovaný výsledok. Napríklad sú to zariadenia na meranie polohy (meranie uhlovej alebo lineárnej polohy zariadenia), inerciálne zariadenia (detekujú a reagujú na fyzický pohyb), optické zariadenia (detekujú prítomnosť alebo zmenu množstva svetla), mediálne zariadenia (detekujú a reagujú na prítomnosť alebo množstvo látky na senzore), teplotné alebo špecializované zariadenia určené na detekciu, meranie alebo odozvu v špecializovaných situáciách (23). Rôzne typy senzorov zase riadia používanie rôznych protokolov a architektúr IoT.

Akčné členy sú prirodzenými doplnkami senzorov, pretože nám umožňujú automaticky

reagovať na analyzované údaje nimi zhromaždené. Riadiaci signál, založený na vstupe dát, v nich spúšťa fyzický efekt (22). Zariadenia obsahujúce senzory aj akčné členy sa zvyčajne nazývajú „roboty“.

Existuje niekoľko spôsobov klasifikácie. Napríklad Hanes navrhuje tieto kategórie:

1. Napájané z batérie alebo pripojené na napájanie

Klasifikácia podľa toho, či má zariadenie vlastnú dodávku energie alebo či prijíma energiu z externého zdroja energie. Zariadenia napájané batériou sa dajú ľahko premiestňovať, ale batérie obmedzujú ich životnosť, dosah prenosu a frekvenciu merania.

2. Mobilné alebo statické

Klasifikácia podľa toho, či je zariadenie pohyblivé alebo vždy na rovnakom mieste. Ak je pohyblivý, rozsah mobility často poháňa možný zdroj energie.

3. Nízka alebo vysoká frekvencia opakovania

Klasifikáciu podľa toho, ako často má zariadenie merať a hlásiť sledovaný parameter. Silne závisí od charakteru sledovaného objektu. Frekvencia riadi spotrebu energie.

4. Jednoduché ale obohatené dáta

Klasifikácia podľa množstva údajov zhromaždených a vymenených v každom cykle správy. To silne závisí od počtu meraných parametrov. Vyšší počet parametrov, a teda aj zhromaždených údajov, ovplyvňuje aj spotrebu energie.

5. Rozsah prehľadu

Klasifikácia podľa vzdialenosti, v ktorej sa nachádza brána pre dáta.

6. Hustota objektu na bunku

Klasifikácia podľa počtu zariadení pripojených k rovnakej bráne v danej oblasti (22).

Prvá inštancia správy údajov sa vykonáva prostredníctvom edge computingu, ako už názov napovedá, čo najbližšie k okraju siete – hneď po zbere údajov senzormi. Väčšinou pozostáva z analýzy a filtrovania nízkej úrovne. Je to preto, že je dosť neefektívne prenášať a ukladať veľké množstvo nespracovaných dát, nehovoriac o tom, že kvôli obmedzeným schopnostiam mnohých edge zariadení je to často nemožné. Správa dát tak

musí byť distribuovaná v celom systéme.

Konektivita, sieťová komunikácia a „hmla“

Existuje veľké množstvo rôznych technológií, ktoré spadajú do vrstvy konektivity a sieťovej komunikácie, pretože zahŕňajú všetky možné spôsoby, ako môžu byť rôzne zariadenia pripojené k sieti (22). Pre lepšie pochopenie zložitosti je možné vrstvu ďalej rozdeliť na podvrstvy, ktoré sú popísané v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka č. 2 Podvrstvy vrstvy komunikačnej siete (Zdroj: Vlastné spracovanie podľa (22))

Podvrstva	Hlavná funkcia
Podvrstva prístupovej siete	výber prístupovej technológie na základe typu pripojenia
Brány a podvrstva	riadenie intermediálnej komunikácie
Sieťová transportná podvrstva	implementácia sieťového protokolu pre komplexnú multimediálnu a viacvrstvovú komunikáciu
Podvrstva správy siete IoT	výber protokolu vyššej vrstvy na prenos údajov medzi inteligentnými objektmi a inými systémami

Druhá inštancia správy dát v sieti IoT prebieha vo výpočtovej vrstve fog („hmla“). Jeho názov pochádza z porovnania s cloud computingom - hmla spočíva pri zemi v porovnaní s oblakmi. Preto názov naznačuje, že výpočet hmly stále prebieha veľmi blízko k pôvodu údajov. Avšak zatiaľ čo edge computing prebieha v rámci zariadení, hneď na okraji siete, fog computing prebieha o niečo ďalej v reťazci – zvyčajne v bránach, ktoré už majú prístup k údajom z rôznych zdrojov. Môžu tak poskytnúť kontextovú analýzu jednotlivých údajových bodov a filtrovať iba relevantné informácie, ktoré sa majú odoslať do cloudu (22).

Aplikácie, analýzy a cloud

Jednou z najvýraznejších špecifikácií IoT je nasadenie správy dát a analýzy v celej jej architektúre. Vždy však existuje centrálné dátové centrum alebo cloud, kde sa finálne dáta ukladajú, analyzujú, ďalej spracovávajú a používajú sa na ovládanie IoT zariadení. Často

zahŕňa silný komponent analýzy Big data, ktorý sa používa na stiahnutie užitočných poznatkov z obrovského množstva údajov generovaných zariadeniami IoT, ako aj niektorých špecifických komponentov riadiaceho systému, ktoré ovládajú zariadenia (22). Tieto funkcie nie je možné vykonávať skôr v sieti, pretože zariadenie a brány nemajú dostatok údajov a výpočtového výkonu na vykonávanie takýchto zložitých analytických a riadiacich funkcií.

1.9.3 Technológie a pripojenia

IoT sa spolieha na konektivitu medzi mnohými rôznymi zariadeniami a systémami. Medzi najbežnejšie možnosti pripojenia patria proximity (RFID), mobilné štandardy (2G, 3G, 4G/LTE), WPAN (Bluetooth), WLAN (Wi-Fi) a LPWAN (LoRa, SIGFOX) (24).

Proximity

RFID je mobilná technológia, ktorá využíva elektromagnetické polia, a preto sa spolieha na blízkosť na detekciu, dekodovanie a lokalizáciu signálov zo štítkov. Používa sa najmä na automatickú identifikáciu a zber dát, podobne ako čiarové kódy, len bez potreby čítačky, aby bol čiarový kód v zornom poli.

Mobilné štandardy

Predstavuje WAN s možnosťou globálneho pripojenia na veľké vzdialenosti pomocou rádiových vĺn cez mobilné veže. Ide o celosvetovo vedúcu platformu pre bezdrôtovú komunikáciu. Pôvodná bunková technológia však nie je dobre prispôsobená zariadeniam napájaným z batérie a malým objektom špeciálne vyvinutým pre IoT kvôli jej obmedzenej škálovateľnosti, zložitosti a vysokej spotrebe energie. NB-IoT (Narrowband IoT) je celulárna technologická platforma navrhnutá špeciálne na pripojenie zariadení IoT k mobilným sieťam. Zaoberá sa požiadavkami veľkého počtu zariadení s nízkou priepustnosťou, nízkou citlivosťou na oneskorenie, mimoriadne nízkymi nákladmi na zariadenia, nízkou spotrebou energie zariadenia, lepším pokrytím v interiéri a optimalizuje sieťovú architektúru (24).

WPAN

Bluetooth je riešenie pripojenia na krátku vzdialenosť. Tiež nie je vhodný na prenos veľkého množstva dát, preto je najvhodnejší pre prepojenie senzorov s inými malými

elektronickými zariadeniami na krátke vzdialenosti (25).

Low-Power Wide-Area (LPWAN) Networks

LPWAN je typ nelicencovanej siete, ktorá je dobre prispôsobená na komunikáciu na veľké vzdialenosti pri nízkej bitovej rýchlosti – vhodná pre koncové body napájané z batérie. LoRa a Sigfox sú dve hlavné špecifikácie LPWAN (24).

- LoRa WAN (Long Range Radio Wide-Area Network)
Sieť LoRa bola vytvorená špeciálne pre IoT. Je určený pre obojsmernú komunikáciu na veľké vzdialenosti, v drsnom prostredí a izolovaných oblastiach. Spája koncové body cez bránu, ktorá je nasadená ako centrálny uzol sieťovej architektúry hviezda a slúži ako „transparentný most prenášajúci dáta medzi koncovými bodmi“ (22). Brány sa pripájajú k backendovej sieti pomocou štandardných IP pripojení, čo znamená, že podniky stále vyžadujú Wi-Fi alebo mobilné pripojenie na umožnenie komunikácie z brány do serverovej siete (25).
- SigFox
Podobne ako LoRa, SigFox poskytuje sieť pre nízkoenergetické objekty, ktorá je vďaka použitiu technológie Ultra Narrow Band (UNB) schopná prepojiť aj vzdialené zariadenia pod zemou alebo v nerovnom teréne. Obmedzuje sa na prenos malého množstva dát a nižšiu frekvenciu komunikácie, čo na druhej strane vedie k extrémne zníženej spotrebe energie (22).

1.10 Smart odpadové hospodárstvo

Technológia IoT začala šíriť víziu „inteligentných domov“, „inteligentných miest“ a v konečnom dôsledku „inteligentného sveta“. Prídavné meno „inteligentný“, resp. „smart“ bolo zavedené ako druh ochrannej známky pre zariadenia, technológie a miesta s podporou IoT, kde je touto technológiou ovplyvnená určitá významná časť prostredia.

Dameri definovala inteligentné mesto, resp. smart city, ako presne ohraničenú geografickú oblasť, v ktorej technológie ako sú IKT, logistika, výroba energie atď., spolupracujú s cieľom vytvárať výhody pre občanov, pokiaľ ide o blahobyt, začlenenie, účasť a kvalitu životného prostredia. Zároveň je riadený presne definovaný súbor subjektov schopných určovať pravidlá a politiku pre samosprávu a rozvoj mesta (26). Niektoré zo systémov IoT smart city zahŕňajú napríklad sieťové vozidlá, inteligentné

dopravné systémy, senzory zabudované do ciest a mostov, ako aj senzory inštalované v nádobách alebo čističky odpadov či odpadových vôd.

V inteligentných mestách je efektívne nakladanie s odpadom zásadnou výzvou pre životné prostredie, ktoré má IoT tendenciu riešiť. Inteligentné zariadenia a systémy na správu odpadu s podporou IoT sa väčšinou používajú na nastavenie dynamického, nie intervalového zberu odpadu. Intervalové zbery odpadu sú typické, staromódne zbery odpadu, ktoré sa plánujú s konkrétnou frekvenciou alebo na konkrétny čas. Frekvencie a časy sa nastavujú podľa aproximácie potreby, zvyčajne na princípe pokus-omyl. Na rozdiel od toho sa harmonogram dynamického zberu odpadu môže meniť podľa potreby v reálnom čase na základe údajov z IoT zariadení. Inteligentné nakladanie s odpadom tak pomáha udržiavať mestá čisté, minimalizovať znečistenie ovzdušia a hluk z vozidiel na odvoz odpadu, ako aj šetriť finančné prostriedky (27).

2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

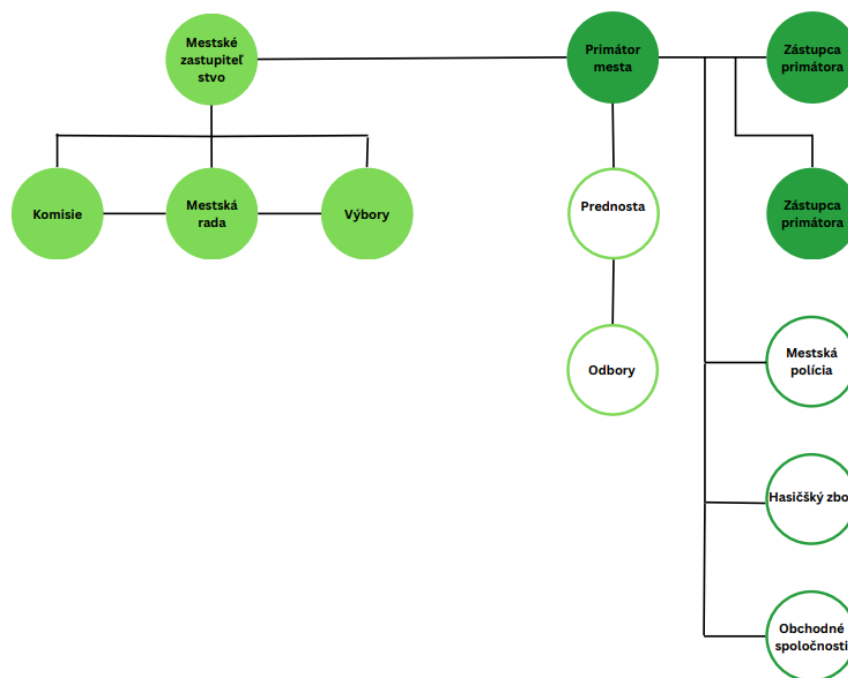
Táto časť diplomovej práce je zameraná na analýzu súčasného stavu v meste Nitra a fungovania zberu odpadu. Druhá časť je venovaná analýze firmy Sensoneo, ktorá je dodávateľom senzorov a ich využitie. Na záver je vykonané zhrnutie celkovej analýzy.

2.1 Mesto Nitra

Nitra je mesto ležiace v Nitrianskom kraji vzdialené približne 90 km východne od hlavného mesta Bratislavy. Počtom obyvateľov 78 203 je piatym najväčším mestom na Slovensku. Nadmorská výška sa pohybuje od 138 do 587 metrov nad morom. Mesto je jedným z najstarších miest na Slovensku a dá sa povedať, že predstavuje raj pre archeológov. Okrem bohatej histórie je Nitra známa aj ako centrum poľnohospodárstva, či mesto mladých, keďže tu sídlia dve vysoké školy.

Uskutočňujú sa tu rôzne kultúrne, športové a spoločenské podujatia ako Nitrianske kultúrne leto, Divadelná Nitra, Nitrianska hudobná jeseň, Vianočná Nitra a mnoho ďalších, ktoré dotvárajú celkový ruch centru mesta (35).

2.1.1 Organizačná štruktúra



Obrázok č. 4 Organizačná štruktúra mesta Nitra (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na obrázku č. 4 je možné vidieť zjednodušenú organizačnú štruktúru mesta Nitra. Primátor je volený každé štyri roky. V roku 2022 sa konali voľby do orgánov samosprávy obcí na Slovensku, pričom zvíťazil súčasný primátor druhýkrát po sebe. Ten je známy tým, že podporuje inovácie a modernizáciu mesta. Svedčí o tom aj to, že je zaradený do zoznamu inovátorov ako jeden z najvýznamnejších sociálnych inovátorov na Slovensku v kategórii aktívne občianstvo, podpora demokracie a komunitný rozvoj (37).

Odbory

V rámci štruktúry mesta vystupuje 11 odborov, ktoré sa venujú rôznym oblastiam. Jednou z oblastí je životné prostredie, v rámci ktorého vystupuje 12 referentov.

Odbor životného prostredia vykonáva a zabezpečuje komplexné činnosti súvisiace s tvorbou a ochranou životného prostredia. Zabezpečuje pravidelnú údržbu zelených plôch, prevádzkovú bezpečnosť drevín, ochranu ovzdušia a vôd a zároveň je súčinné pri zabezpečovaní agendy nakladanie s odpadmi. Jeden z referentov tohto odboru je aj referent pre odpadové hospodárstvo, ktorého úlohou je príprava podkladov, koordinácia, kontrola a vykonávanie odborného dozoru pri zabezpečovaní služieb na úseku odpadového hospodárstva. Zabezpečuje správne nakladanie s odpadom, kontroluje prevádzku Zberných dovorov, rieši priestupky a takisto zabezpečuje hlásenia a štatistické informácie za komunálne odpady (36).

2.2 Všeobecný popis fungovania zberu odpadu v Nitre

Na úvod analýzy je potrebné pochopiť, ako funguje celá štruktúra zberu a zvozu odpadu, aby sa mohlo porozumieť dátam a následne vyhodnotiť situáciu. Mesto zabezpečuje zber, prepravu, zhodnocovanie a zneškodňovanie komunálnych odpadov a drobných stavebných odpadov.

Zber a zvoz odpadu nie je homogénny, teda neuskutočňuje ho jedna spoločnosť, ale 4 rôzne, z ktorých každá má odlišné stratégie firmy. Spoločnosť ENVI-GEOS, s.r.o. sa venuje zberu nebezpečného odpadu, BH METAL s.r.o. železným a neželezným kovom takisto ako Zberné suroviny, a.s., Žilina.

Najväčšiu oblasť zastrešujú **Nitrianske komunálne služby, s.r.o.** Spoločnosť pôsobí na trhu od roku 1993 a od roku 2013 je samospráva Nitra 100-percentným vlastníkom.

Spoločnosť zamestnáva 82 pracovníkov a medzi náplne je činnosti patria hlavne:

- niekoľko systémov triedeného zberu domového odpadu, vrátane triedenia nebezpečných odpadov,
- systémy zberu, prepravy, vrátane triedenia a zneškodňovania nebezpečných odpadov,
- prevádzkovanie prekládkovej stanice pre komunálny odpad,
- repracovaný počítačový systém evidencie a sledovania všetkých systémov nakladania s odpadmi.

V meste sa zároveň prevádzkuje 6 zberných miest, do ktorých môžu obyvatelia Nítry znášať rôzny odpad a zároveň sú niektoré určené len na zvoz a dovoz spoločnosti. Zároveň mesto disponuje aj webovou platformou, kde si občan môže pozrieť, kde sú konkrétne sklády, čo tam môžu odviezť a otváracie hodiny.

Komunálny odpad

Za komunálny odpad sa považuje odpad z domácností vznikajúci na území obce pri činnosti fyzických osôb alebo právnických osôb, prípadne odpady vznikajúce pri činnosti obce pri čistení verejných komunikácií a priestranstiev.

Ten, kto nejakým spôsobom nakladá s odpadom je povinný do určených zberných nádob zbierať oddelene odpad a triediť ho na jednotlivé zložky. Na zber vytriedeného KO sú určené farebne označené zberné nádoby, ktoré sú vo vlastníctve mesta a rovnako označené veľkokapacitné kontajnery na Zberovom dvore, prípadne farebne odlišené vrecia pre zber vrecovým systémom pre rodinné domy.

Počet zberných nádob je určený podľa miestnych podmienok, prepočtu potreby, podľa členenia zástavby nasledovne:

- pre rodinný dom jednu 120 l nádobu na jednu bytovú jednotku, interval vývozu 1-krát za 7 dní alebo 1-krát za 14 dní,
- pri bytových domoch na každých 8 až 20 bytov jednu 1100 l nádobu, interval vývozu dva alebo 3-krát za 7 dní,
- na základe písomného povolenia mesta je možné odpad ukladať do zberných vriec poskytnutých mestom.

Mesto Nitra patrí druhé mesto v rámci najlepšieho triedenia odpadu kde si polepšila o 4%. Za rok 2021 bol podiel vytriedeného odpadu na úrovni 43,8% a za rok 2022 47,7%. Údaj o úrovni triedenia hovorí o tom, koľko percent z celkového množstva komunálneho odpadu sa v danom roku podarilo vytriediť. Od úrovne vytriedenia odvíja aj nárok na ročný príspevok z Environmentálneho fondu. Magistrátu sa podarilo získať príspevok 137 597,73€ za rok 2022. Peniaze budú použité na účely odpadového hospodárstva, teda rekonštrukciu a budovanie stojísk pre smetné nádoby, zber a zhodnotenie kuchynského odpadu a odstraňovanie čiernych skládok a takisto modernizáciu (34).

Výška poplatkov za komunálny odpad pre občanov v roku 2023

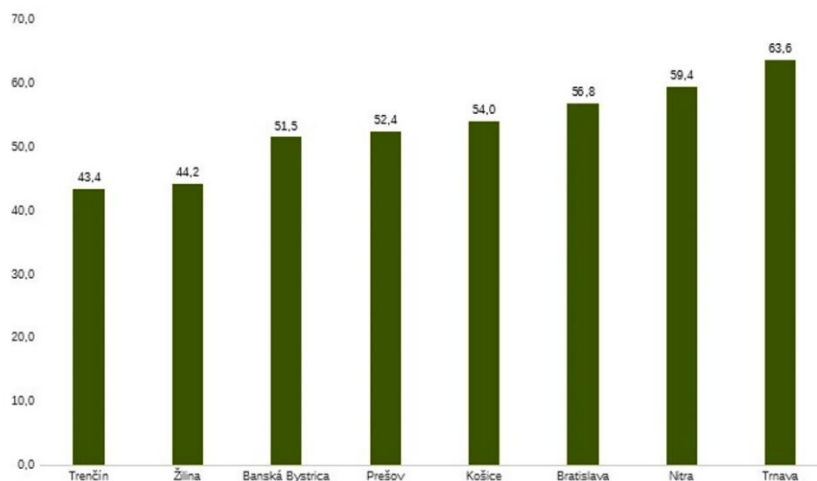
Produkcia komunálneho odpadu na Slovensku z roka na rok rastie. Mestá a obce tak vynakladajú nemalé finančné prostriedky na zabezpečenie zberu, zvozu a likvidácie. Na tento účel slúžia poplatky za komunálny odpad od občanov, bežnou praxou je, že samosprávy musia odpadové hospodárstvo dotovať aj zo svojich rozpočtov.

Z dôvodu nárastu cien energií, pohonných hmôt a iných režijných nákladov v oblasti nakladania s komunálnym odpadom, Nitra zvyšovala poplatok zo sumy 37 € na 42 € za osobu ročne, teda 0,11507 € za osobu na kalendárny deň.

2.3 Náklady na spracovanie odpadu

Náklady miest na odpadové hospodárstvo závisia od množstva vyprodukovaného odpadu, od miery triedenia, ale aj od toho, či sa nerecyklovateľný odpad zneškodní na skládkach alebo energeticky zhodnotí v zariadeniach na energetické využitie odpadu.

Priemerná hodnota výdavkov na odpadové hospodárstvo v krajských mestách SR predstavovala v roku 2020 úroveň 53,2 € v prepočte na obyvateľa (34).



Obrázok č. 5 Výdavky na odpadové hospodárstvo v krajských mestách za rok 2020 v € /obyv.
(Zdroj: (34))

Graf ukazuje, že mesto Nitra má druhé najvyššie výdavky v rámci krajských miest za rok 2020, a to 59,4 €. Údaje o výdavkoch krajských miest na odpadové hospodárstvo pritom zahŕňajú všetky prepočítané na hlavu. Čísla, ktoré vstupovali do analýzy, pochádzajú zo záverečných účtov miest zverejnených na ich webových stránkach za rok 2020.

V posledných rokoch bolo zvyšovanie nákladov na odpadové hospodárstvo ovplyvňované najmä vyššími poplatkami pre Environmentálny fond (v závislosti od miery triedenia) a taktiež zavádzaním triedeného zberu kuchynského biologického odpadu. Poriadie sa v najbližších rokoch môže meniť z dôvodu ukládania komunálneho odpadu na skládky, ktoré opäť zdražia. Náklady v mestách, v ktorých dominuje skládkovanie, sa stanú v prepočte na obyvateľa najvyššími. Naopak mestá, ktoré svoj odpad energeticky zhodnocujú v ZEVO, budú patriť k najlacnejším. ZEVO predstavuje zariadenie na energetické využitie odpadu a je schopné energeticky zhodnotiť 100 000 ton odpadu ročne a vyrobiť ročne elektrickú energiu pre 23 000 domácností a teplo pre 2 500 domácností. Rozdiel medzi klasickou spalovňou je taký, že zatiaľ čo klasické spaľovne fungujú ako koncové zariadenia len pre tepelné spracovanie odpadu, v prípade ZEVO je výstupom teplo a elektrická energia. Inými slovami – ZEVO svojou podstatou napĺňa princípy cirkulárnej ekonomiky, keďže vracia do obehu maximum energie opätovne využiteľnej pre udržateľnosť systému. To na Slovensku však prevádzkujú len dve najväčšie mestá Bratislava a Košice.

Od tohto roku má dôjsť k zosúladieniu slovenského zákona o odpadoch a príslušných

vyhlášok s európskou smernicou a skladovaní odpadov. Pre rozpor medzi slovenskou legislatívou a pravidlami EÚ v oblasti skládkovania už Európska komisia voči Slovensku spustila infringement, pretože neuzavrelo 21 skládok. Európska komisia sa dokonca tento rok rozhodla postúpiť Súdny dvor Európskej únie tento prípad. Podľa uvedenej smernice by totiž mali členské štáty uzavrieť staré skládky do 16. júla 2009.

Skládkovanie bude zdražovať aj ďalšími nákladmi, ktoré dnes nie je možné špecifikovať, ale bude to spojené s nárastom cien v dôsledku postupného znižovania kapacít skládok. Ciele Európskej únie totiž jednotlivým krajinám prikazujú znížiť skládkovanie do roku 2025 maximálne na 10% (minulý rok to bolo na Slovensku 41%) z celkového množstva komunálneho odpadu. Tento plánovaný pokles počtu skládok spôsobí okrem iného, že mestám a obciam narastú náklady s prepravou odpadu. Zberové vozidlá budú musieť pri odvoze na skládku prekonávať dlhšie vzdialenosti (34). Výsledkom čoho bude aj ďalšie zvyšovanie poplatkov za komunálny odpad pre občanov mesta.

2.4 Malé koše v centre mesta

Na pešiu premávku v centre mesta vplýva mnoho faktorov, ako je počasie, ročné obdobie, dostupné turistické atrakcie, podujatia, ako sú koncerty či protesty. Efektívna frekvencia zberu odpadu by mala byť nastavená podľa potreby – udržiavať ulice čisté, ale aj vyhnúť sa zbytočným finančným a environmentálnym nákladom, ktoré vznikajú zbytočným používaním vozidiel a personálu na odvoz odpadu. Frekvencia by preto mala byť nastavená na základe úrovne naplnenia v reálnom čase, ktorá prirodzene závisí od pešej premávky v centre mesta. Vo všeobecnosti je však toto veľmi ťažké predvídať.

Zber odpadu v týchto miestach prebieha dva alebo 3-krát za 7 dní, pričom frekvencia je vyššia hlavne počas rôznych kultúrnych, spoločenských alebo športových udalostí.

Celkovo možno povedať, že centrá miest sú vo všeobecnosti najnepredvídateľnejšími oblasťami v mestách, pokiaľ ide o pešiu dopravu, a teda potrebu odvozu odpadu, či už s pandémiou alebo bez nej. Vďaka tomu je centrum Nítry ideálnym kandidátom na inteligentné riešenie odpadového hospodárstva, ktoré by vyriešilo problém nepredvídateľnosti, čím by ušetrilo zdroje, ale aj spríjemnilo centrum mesta pre obyvateľov a turistov na bývanie a návštevu.

2.5 Spoločnosť Sensoneo

Sensoneo je globálny poskytovateľ riešení inteligentného odpadového hospodárstva na podnikovej úrovni, ktorý umožňuje mestám a firmám hospodárne nakladať s odpadom, byť zodpovednejší k životnému prostrediu a zlepšovať blahobyť ľudí (29).

Jeho cieľom je poskytnúť mestám a firmám digitálnu transformáciu, automatizáciu kritických každodenných operácií a rozhodovanie založené na údajoch. Výsledkom sú transparentné toky odpadu, optimalizácia trás zberu odpadu, frekvencie a zaťaženia vozidiel.

Sensoneo má tím skúsených hardvérových a firmvérových inžinierov so skúsenosťami s vývojom IoT zariadení, bezdrôtovými technológiami, implementáciou senzorov a správou napájania. Ich softvérový tím sa zameriava na vývoj prostredia cloudových platforiem, pokročilé strojové učenie, spracovanie dát a štruktúrovanie, optimalizáciu používateľského rozhrania a vývoj aplikácií. Hardvérové riešenia vyvinuté vo vlastnej réžii Sensoneo sú kompatibilné s hlavnými sieťami IoT na celom svete prevádzkovanými na GRPS (systém dátového prenosu), NB-IoT, CAT-M (kategória zariadení v rodine mobilných technológií LTE) , SigFox alebo LoRa.

Jeho služby možno rozdeliť do štyroch hlavných kategórií: Asset Management Solution (riešenie riadenia aktív), Waste Monitoring Solution (riešenie monitorovaniu odpadu), Route Planning Solution (riešenie plánovania trasy) a Industry Specific Solutions (priemyselné riešenia).

Správa aktív zahŕňa inteligentné štítky na odpadky, inteligentný systém nakladania s odpadom pre operátorov a „WatchDog“ (ako čítačka RFID). Všetky tieto slúžia na identifikáciu a evidenciu všetkých aktív zásobníkov, zjednodušujú sledovanie, komunikáciu a fakturáciu. Smart Waste Management System obsahuje podrobný inventár zásobníkov a digitálnu interaktívnu mapu.

Riešenie **Sensoneo Waste Monitoring** kombinuje interne vyrábané inteligentné senzory, inteligentný systém riadenia odpadu pre operátorov a aplikáciu Citizen pre verejnosť. Zhromažďovaním údajov o úrovni naplnenia pomocou senzorov systém nastaví správnu frekvenciu zberu odpadu, aby sa dosiahli čisté ulice a zároveň sa minimalizovalo používanie zberných áut (čím sa zabránilo znečisteniu ovzdušia a hluku). Snímače

umožňujú aj overenie servisu a majú integrovaný požiarny a náklonový alarm, čím chránia pred vandalizmom a nebezpečenstvom pre svoje okolie v prípade požiaru. Občania majú prístup k dátam prostredníctvom aplikácie Citizen, nájsť najbližší dostupný prázdny zásobník a poskytnúť spätnú väzbu v reálnom čase.

Riešenie **Route Planning** sa zameriava na efektívnejší zber odpadu automatizáciou riadenia trás zberu odpadu na základe presných preddefinovaných údajov týkajúcich sa vozidiel na zber odpadu, skladov a strán skládok/spaľovní. Každá cesta zberu odpadu by mala byť naplánovaná tak, aby sa maximalizovalo využitie zdrojov a aby sa minimalizovali náklady potrebné na vykonanie práce.

Riešenia špecifické pre tento **priemysel** zahŕňajú špeciálne riešenia, ako napríklad odpadové hospodárstvo v továrni na minimalizáciu prerušenia výroby zberom odpadu alebo systém včasného varovania pre meranie hladiny vody v šachtách (30).

2.5.1 Senzory

Sensoneo ponúka tri typy senzorov – Single senzor 3.0, Single senzor 5.0 a Quatro senzor. Smart senzory dokážu merať malý smetný kôš v centre mesta ale aj veľký polopodzemný kontajner. Single senzor je vhodnejší do menších a Quatro do väčších – meria až do vzdialenosti 4 m. Pre potreby práce je nižšie popísaný Single senzor, ktorý je vhodnejší do nízkoobjemných kotajnerov.

Single Sensor 3.0

Single Sensor 3.0 znázornený na obrázku č. 6, je zariadenie podnikovej triedy, ktorý monitoruje úroveň naplnenia košov a menších nádob. Využíva na to ultrazvukovú technológiu, konkrétne jeden ultrazvukový lúč, ktorý dokáže merať hladinu naplnenia v zásobníku až do hĺbky 255 cm s minimálnou vzdialenosťou 3 cm.

Ultrazvukový snímač meria vzdialenosť medzi snímačom a meraným objektom vyžarovaním ultrazvukových zvukových vln (ktoré sa šíria rýchlejšie ako rýchlosť zvuku počuteľného pre človeka) zo svojho vysielača a potom tieto zvukové vlny zaznamená jeho prijímač (32). Vypočítava vzdialenosť meraním času, ktorý uplynie medzi emisiou zvuku a kontaktom s prijímačom. V tomto prípade snímač pozostáva z vysielača aj prijímača. Akonáhle zmeria vzdialenosť, priblíži úroveň naplnenia alebo objem nádoby

naplnenej odpadom a potom odošle údaje do cloudu - Smart Waste Management System - prostredníctvom jednej z dostupných sietí internetu vecí (31).

Existujú tri rôzne verzie senzora podľa dostupných sietí:

1. Single senzor LoRaWAN
2. Single senzor LoRAWAN a NB-IoT (obsahuje oba moduly, zákazník si môže vybrať)
3. Single senzor LoRaWAN a SigFox (obsahuje oba moduly, zákazník si môže vybrať)



Obrázok č. 6 Single Sensor 3.0 (Zdroj: (31))

Sensoneo Single Sensor 3.0 je napájaný dvomi vymeniteľnými batériami LS 14500. Batéria je 3,6 V primárna lítium-tionylchloridová batéria s vysokou hustotou energie a cievkovým článkom veľkosti AA. Vďaka svojim vlastnostiam je veľmi vhodný pre použitie v senzorochoch. Má zvýšenú kapacitu a stabilnú odozvu pri vysokom napätí počas väčšiny svojej životnosti. Má široký rozsah prevádzkových teplôt od -60°C do $+85^{\circ}\text{C}$ a vynikajúcu odolnosť proti atmosférickej korózii. Batérie približne vydržia 7 rokov v Single Sensor 3.0, ale ich výdrž veľmi závisí od miestnej teploty, typu a polohy zásobníka, frekvencie merania (31).

Snímače sa montujú do zásobníkov pomocou držiaka

2.5.2 Smart Waste Management System

Smart Waste Management System je cloudová platforma fungujúca na MS Azure. Jeho hlavná stránka ponúka detailný pohľad na inventár košov, digitálnu interaktívnu mapu, konfiguráciu senzorov, zobrazenie aktuálnych údajov z inteligentných senzorov, budúce predpovede o úrovniach naplnenia, upozornenia z požiarnych a naklonených alarmov,

spätnú väzbu od občanov a plánovanie zberu odpadu.

Surové dáta z meraní senzorov sa v systéme spracúvajú pomocou zložitého a dôverného algoritmu. Algoritmus sa v podstate „vyrovná“ hrubými meraniami, aby sa dosiahol komplexnejší a zmysluplnejší pohľad na úroveň naplnenia každého koša v priebehu času. Toto je potrebné urobiť, pretože surové dáta majú tendenciu byť nestále z rôznych dôvodov v rôznych nádobách s rôznym obsahom. Algoritmus môžu preto vývojári softvéru Sensoneo priebežne upravovať podľa potreby.



Obrázok č. 7 Smart Waste Management System (Zdroj: (30))

Predpoveď úrovne naplnenia

Smart Waste Management System využíva upravené (rozšírené) Kalmanovo filtrovanie pre budúce predpovede úrovne naplnenia.

Kalmanovo filtrovanie je vo všeobecnosti optimálny odhadovací algoritmus – poskytuje odhady neznámych premenných daných meraním pozorovaným v priebehu času. Je obzvlášť užitočný v mnohých aplikáciách, pretože je relatívne jednoduchý, a preto vyžaduje malý výpočtový výkon.

Rozdiel medzi Kalmanovým filtrom a rozšíreným Kalmanovým filtrom je v tom, že prvý poskytuje optimálne odhady s lineárnymi, zatiaľ čo druhý sa používa pre nelineárne problémy. Kalmanov filter odhaduje stavy na základe lineárnych dynamických systémov. Algoritmus pozostáva z dvoch etáp - predikcie a aktualizácie alebo inak známych ako šírenie a korekcia. Každý nový odhad predpovedaného stavu sa aktualizuje z

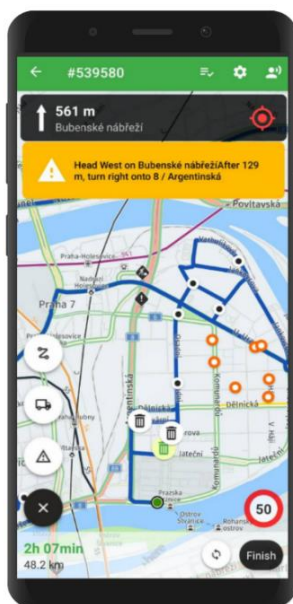
predchádzajúceho odhadu stavu. Ak však neplatia predpoklady, musíme sa obrátiť na rozšírený Kalmanov filter. Algoritmus filtra je stále veľmi podobný, aj keď predpokladaný odhad stavu a predpovedané meranie sa získavajú nelineárnymi funkciami (32).

Plánovanie trasy

Riešenie Sensoneo Route Planning optimalizuje a automatizuje plánovanie trás zberu odpadu. Umožňuje operátorovi plánovať najefektívnejšie trasy v systéme Smart Waste Management System a vodičovi umožňuje používať aplikáciu Driver Navigation App, aby mohol sledovať plánovanú trasu. Navigačná aplikácia pre vodičov poskytuje podrobnú hlasovú navigáciu po najkratšej, úplne bezpečnej a najdostupnejšej trase. Bol navrhnutý pre špecifické potreby vozidiel na zvoz odpadu a bez problémov si poradí aj s náročným prostredím úzkych uličiek v historických centrách miest (30).

Myšlienkou každého efektívneho plánovania trás je menej najjazdených kilometrov na kilogram vyzbieraného odpadu pri plnom využití kapacity vozidla a doby, počas ktorej sú vozidlá v prevádzke. Výsledkom je menší hluk a znečistenie ovzdušia a menšia doprava v meste, ako aj finančné úspory.

Sensoneo vo svojom riešení pre plánovanie trasy kombinuje rôzne služby. Okrem toho vývojári v spoločnosti Sensoneo vytvorili svoju vlastnú službu Sensoneo OR pomocou nástrojov Google OR-Tools (Google optimalizačné nástroje). Tie predstavujú open source software vyvinutý pre riešenie lineárneho programovania, zmiešané celočíselné programovanie, programovanie obmedzení, smerovanie vozidiel a súvisiace problémy s optimalizáciou podporujúce rôzne programovacie jazyky ako C++, Java, .NET, Python.



Obrázok č. 8 Aplikácia Driver Navigation App (Zdroj: (30))

Smart Analytics

Smart Analytics je analytický a vykazovací nástroj, ktorý umožní „porozumieť“ odpadu, ktorý sa spravujete, a robiť strategické rozhodnutia založené na dátach. V nástroji Smart Analytics existuje niekoľko rôznych pohľadov, pomocou ktorých sa dá vidieť a porozumieť štatistikám, správam a ukazovateľom súvisiacim s odpadovou infraštruktúrou (nádoby), jej monitorovaním a zvozom.

Firma dokáže poskytnúť presný obraz o tom, nakoľko efektívne sa v súčasnosti zväzá odpad a spraviť štartovací bod pre nastavení očakávaní od smart odpadových riešení.

2.6 Využitie produktov Sensoneo v Nitre

V roku 2015 NKS nainštalovalo prvých 130 ultrazvukových IoT senzorov spoločnosti Sensoneo na monitorovanie odpadu v polopodzemných kontajneroch. Po tom, čo si spoločnosť overila prínos senzorov, pôvodný projekt sa rozšíril v roku 2015 a 2017 o umiestnenie senzorov aj do kontajnerov na sklenený odpad. Momentálne 180 single senzorov monitoruje kontajnery na sklo a 302 double senzory monitoruje polopodzemné kontajnery pričom sa všetky dáta zo senzorov spracovávajú a uchovávajú v Smart Waste Management systéme.

System umožňuje aj polo-automatizované plánovanie optimálnych zvozových trás,

sprístupňuje štatistiku a reporting vrátane predikcií. V časti analytiky môže klient detailne vidieť ako konkrétne mestské časti produkujú odpad – v akej periodicite, aký je pomer medzi separovným a komunálnym odpadom, do akej miery sú kontajnery zaplnené pri vývoze, nakoľko je využívaná ich kapacita a ako efektívne sú zvozové trasy (33).

Ako je možné vidieť na obrázku č. 9, náklady súvisiace zo zvozom odpadu sa znížili po nainštalovaní senzorov. Mesto, resp. NKS dokázalo ušetriť až 30% nákladov za obdobie od zavedenia do roku 2017, kde sa rozhodli o ďalšie rozšírenie.



Obrázok č. 9 Vývoj nákladov po nasadení senzorov (Zdroj: (33))

V dlhodobom pláne je počítané s inštaláciou ďalšej skupiny senzorov, ktoré by monitorovali malé kontajnery umiestnené v centre mesta. Taktiež by mesto rado rozšírilo využívané Sensoneo služby o Smart Route Planning, plánovanie trás, ktorá by im umožnila riadiť odpad so zameraním na najvyššiu možnú efektivitu, druh odpadu a/alebo typ zvozového vozidla. Plánovanie trás zahŕňa manažment vozového parku, vozového depa a skládok odpadu.

2.7 Environmentálny fond

Ako už bolo spomenuté, mesto získalo značnú sumu za rok 2022 od Environmentálneho fondu. Tento fond je samostatnou právnickou osobou pričom správu fondu vykonáva

Ministerstvo životného prostredia. Je primárne zriadený za účelom uskutočnenia štátnej podpory starostlivosti o životné prostredie a tvorbu životného prostredia na princípoch trvalo udržateľného rozvoja. Hlavným poslaním fondu je poskytovanie finančných prostriedkov žiadateľom vo forme dotácií alebo úverov na podporu projektov v rámci činností zameraných na dosiahnutie cieľov štátnej environmentálnej politiky na celoštátnej, regionálnej alebo miestnej úrovni.

Postavenie fondu a jeho základné poslanie vymedzuje zákon o fonde a vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 157/2005 Z. z. zo dňa 31. 03. 2005, ktorou sa vykonáva zákon o fonde .

Keďže projekt je dlhodobý, môže sa predpokladať, že ďalšia investícia do tejto oblasti bude žiaduca a získanie fondov môže byť kľúčové. V tomto prípade by fond poskytuje aj úvery na rôzne zaujímavé projekty, o ktoré môžu obce žiadať. Jednou z oblastí financovania je rozvoj odpadového a obehového hospodárstva s podmienkami poskytnutia podpory formou úvery úrokovou sadzbou vo výške 0,1% ročne a splatnosťou od 3 do 20 rokov. Výzva pre túto oblasť je aktuálna a prepočítaný termín zverejnenia je jún 2023 pre budúci rok (38).

2.8 Zhodnotenie analytickej časti

Smart management odpadového hospodárstva umožňuje bojovať mestám proti neustálemu rastúcemu objemu odpadu. Tento trend je zapríčinený prevažne dvomi faktormi: zvyšujúcou sa urbanizáciou a priemyselným rastom. Moderný životný štýl vedie k zvyšovaniu priemerného objemu odpadu na človeka v oveľa väčšej miere ako tomu bolo napríklad pred desiatimi rokmi.

Z analýzy vyplýva:

- predošlé skúsenosti s dodávateľskou firmou ukazujú priaznivé výsledky s používaním senzorov a Smart Management systému a vôľu rozšíriť riešenie dodávateľskou firmou,
- každoročne zvyšujúce sa náklady na zber, zvoz a likvidáciu odpadu,
- snaha doceliť menšiu environmentálnu záťaž v nakladaní s odpadom Európskou úniou smernicami a nariadeniami,
- možnosť rozšírenia senzorov na menšie kontajneri v meste, kde je naplnenosť

košov sčasti nepredvídateľná,

- široká ponuka produktov rozšírenia dodávacej spoločnosti Sensoneo,
- dostatok financií magistrátu vďaka získaniu ročného príspevu z Environmentálneho fondu
- v prípade rozšírenia investície možnosť žiadosti o ďalšie finančné prostriedky formou úveru od Environmentálneho fondu.

Nitra sa rozhodla pre pokračovanie a v spolupráci s NKS zaviesť senzory do malých kotajnerov umiestnených v centre mesta a zároveň rozšíriť služby ponúkané dodávateľskou firmou o Smart Route Planning, teda o inteligentné plánovanie trás. Keďže riešenie je jedinečné a špecifické pre mesto, implementácia je uskutočnená pomocou projektu a nástrojmi projektového managementu.

3 NÁVRHY RIEŠENÍ A PRÍNOS NÁVRHU RIEŠENIA

V tejto časti sú uvedené navrhové riešenia pre mesto Nitra, ktoré by dokázali zefektívniť proces zberu a zvozu odpadu a v dlhodobom merítku aj ušetriť náklady. Kapitola vychádza z nadobudnutých poznatkov a výsledkov v analytickej časti. Navrhnuté riešenie pozostáva z namontovania senzorov na 82 malých odpadových nádob v centre mesta a rozšírenie služieb firmy Sensoneo o Smart Route Planning.

V priebehu kapitoly budú praktizované metódy projektového riadenia na konkrétnom projekte.

3.1 Nádoby so senzormi

Ako sa ukázalo z analýzy, mesto Nitra disponuje senzormi spoločnosti Sensoneo a je s nimi spokojná, odporúčanie v tomto ohľade pozostáva z inštalácie senzorov do nádob s menším obsahom na odpady v centre mesta, ktoré by boli schopné generovať veľké dáta. Pri stúpajúcom počte senzorov vzniká príležitosť na sledovanie zaplnenosti odpadových nádob, možnosť sledovať situáciu v reálnom čase a taktiež na základe matematických výpočtov predpovedať so solídnu presnosťou budúcu intenzitu naplňovania. Zefektívnenie práce pre zvozovú firmu by prinieslo zavedenie nástroja, ktorý by pri zaznamenaní klesajúceho, respektíve stúpajúceho trendu rýchlosti naplňovania nádob na určitých stanovištiach automaticky vyhodnotil situáciu a zmenil frekvenciu zvozov odpadu. Toto riešenie je možná vyhliadka na ďalší výskum v oblasti zefektívnenia zberu odpadu.

Prevádzka

Nainštalované senzory budú informácie o zaplnení jednotlivých košov zasielať každé dve hodiny. Pracovníkom mesta budú dáta prístupné prostredníctvom mobilnej aplikácie a desktopovej platformy, pričom ich možno jednoducho integrovať aj do ďalších mestských dátových nástrojov. Znamená to, že pracovníci budú vedieť zasiahnuť hneď, ako to bude potrebné a vzniknutý neporiadok pri monitorovaných smetných košoch promptne odstrániť. Mesto sa tak dokáže vyhnúť prevráteným smetným košom či rozfúkanému odpadu z preplnených nádob, ktoré by dlhodobo znečisťovali okolie.

Senzory zaznamenávajú naplnenie nádob využitím ultrazvukovej technológie. Okrem

hladiny zaplnenia monitorujú aj teplotu, nebezpečenstvo požiaru, zaznamenajú prevrátenie a identifikujú vyprázdenie. Na prenos informácií využívajú energeticky nenáročnú sieť internetu vecí, v tomto prípade LoRaWAN. Senzor sa v prednastavenom čase „zobudí“, informáciu zašle a následne opäť „zaspí“. Sensory budú umiestnené navrchu košov a zároveň budú vedieť medzi sebou komunikovať. Iba jednému košu sa v tomto prípade nastaví rola mastera a ten zozbiera údaje a odošle späť.

Jeden z najambicioznejších argumentov na zavedenie senzorov na odpadové nádoby je optimalizácia zvozových trás na základe zaplnenosti odpadových nádob. Pri monitorovaní všetkých stanovišť jedného druhu odpadu na základe informácie o zaplnenosti v reálnom čase je možné zaviesť dynamický zvoz odpadov.

3.2 Optimalizácia zvozových trás

Pre potrebu pracovania so zvozovými plánmi a prípadného menenia, respektíve ohýbania zvozových trás sú dáta zo senzorov esenciálne. Vyžadovaná frekvencia vyprázdňovania odpadových nádob výrazne ovplyvňuje trasy zvozov. V tejto situácii vzniká priestor na zariadenie čo najkratšej celkovej trasy najjazdenej všetkými zvozovými vozmi na jeden cyklus zvozu. Tento algoritmický problém je jeden z najznámejších optimalizačných úloh a nazýva sa Problém obchodného cestujúceho, v angličtine Travelling salesman problem (skratka TSP).

3.2.1 Problém obchodného cestujúceho

Problém obchodného cestujúceho je známy algoritmický problém, kde je cieľom nájsť najkratšiu možnú cestu medzi všetkými bodmi, ktoré je potrebné navštíviť.

V kontexte zvozu odpadu sa tento algoritmus dá využiť pre optimalizáciu zvozových trás a ušetrenie nákladov na zvoz odpadu. Očakávaný výsledok po implementácii tohto problému do zvozových plánov Nitry je ušetrenie najjazdených kilometrov a času strávený na ceste, čo v konečnom dôsledku dokáže znížiť počet potrebných zvozových áut, prípadne pri zachovaní rovnakého počtu vozidiel bude možné previesť zvoz odpadu rýchlejšie a vytvoril by sa priestor na lepšie prispôbenie prípadnému zvýšenému objemu vyprodukovaného odpadu.

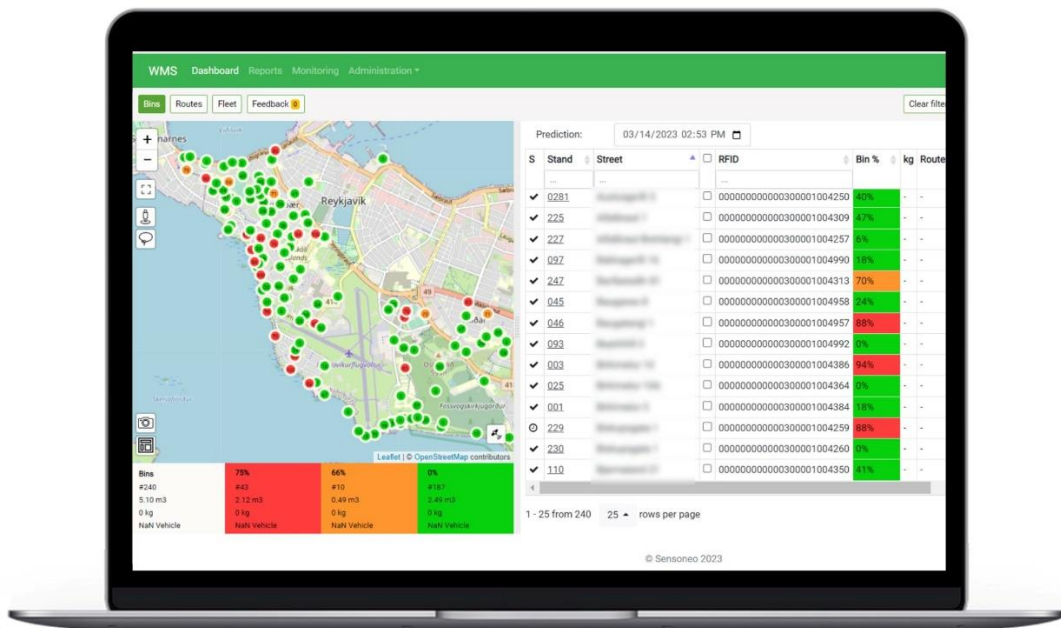
Zavedenie TSP na optimalizáciu zvozových trás je navrhované mestu implementovať vo

forme softvérového nástroja. Na trhu existujú už hotové nástroje, pričom jeden z nich ponúka aj firma Sensoneo. Tento nástroj v nadväznosti na predošlú kapitolu by obsahuje funkcionality na zavedenie dynamického zvozu odpadu.

Podobný problém riešia navigačné systémy, hlavne v prípade viacerých zastávok.

3.2.2 Smart Route Planning systém

Riešenie spočíva v tom, že v prípade používania inteligentných senzorov, operátori môžu naživo sledovať prebiehajúce trasy v porovnaní s plánom. Platforma bude vypočítavať štatistiky pre každú trasu – celkové náklady, náklady na meter kubický, náklady na kilogram, trvanie trasy, prejdenú vzdialenosť, celkový nazbieraný objem, celkovú vyzbieranú hmotnosť. Všetky údaje sa vracajú späť do analýzy účinnosti zberu, aby sa vykonávala nepretržitá analýza účinnosti.



Obrázok č. 10 Platforma pre operátorov (Zdroj: (30))

Ako už bolo spomenuté v analýze, smart plánovanie trás je výsledkom vlastného výskumu dodávateľskej firmy. V tomto prípade, sa dokáže prispôbiť pravidlám a počítať v rôznych premenných (kapacita vozidla, kapacita koša, typ odpadu, typ koša, pracovný plán), aby ste získali trasy, ktoré potrebujú. Takisto je tu možnosť naplánovať si plánované vyzdvihnutie alebo vyzdvihnutie na požiadanie v zvláštnych situáciách.

3.3 Identifikačná listina projektu

Identifikačná listina predstavuje prvý krok k zhotoveniu projektu. Sú v nej vymedzené kľúčové parametre daného projektu. Definuje základné informácie o projekte vrátane názvu projektu, cieľu projektu, predpokladaný termín zahájenie a ukončenie, plánované náklady plus členov projektového tímu. a kto projekt financuje. Zároveň sú uvedené milníky projektu, ktoré definujú významnú udalosť v priebehu projektu. V harmonograme má nulovú dĺžku trvania a slúžia na kontrolu projektu. Identifikačná listina bude slúžiť ako prehľadné poskytnutie prvotných informácií pre zainteresované strany, ktoré budú oslovené pre spoluprácu na projekte.

Týmto mesto Nitra súhlasí s realizáciou projektu implementácie smart odpadového hospodárstva v podobe nainštalovania senzorov a zavedenie smar plánovania trás.

Tabuľka č. 3 Identifikačná listina projektu (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Identifikačná listina projektu	
Názov projektu	Implementácia smar waste management systému
Cieľ	Implementácia smart odpadového hospodárstva v meste Nitra spoločnosťou Sensoneo do 15.3.2023, kedy náklady na projekt nepresiahnu 31 500 €
Plánovaný termín zahájanja	3.7.2023
Plánovaný termín ukončenia	14.3.2024
Plánované celkové náklady	31 500 €
Sponzor projektu	mesto Nitra
Projektový tím	
Vedúci projektu	Projektový manažér
Technik 1	
Technik 2	
Milníky	
Názov	Termín
Dohoda medzi stranami	11.7.2023
Senzory nainštalované	25.7.2023
Dodatok nainštalovaný	25.7.2023
Spustenie skúšobnej prevádzky	8.8.2023
Kontrola	7.11.2023
Vyhodnotenie	14.3.2024

3.4 Logický rámec

V tejto časti je uvedený logický rámec projektu zadaného magistrátom mesta Nitra. Je tu rozpísaný zámer, cieľ, výstupy a kľúčové aktivity a zároveň predpoklady na ich dosiahnutie.

Tabuľka č. 4 Logický rámec (Zdroj: Vlastné spracovanie)

	Popis	Objektívne overiteľné ukazovatele (OOU)	Spôsob Overenia	Predpoklady
Zámer	1. Inštalácia Single senzor do košov v centre mesta 2. Implementácia systému Smart Route Planning do všetkých kontajnerov so senzormi	1. Zníženie zväžania prázdnych alebo poloprázdnych kontajnerov o 90 % 2.1 Zvozové vozidlá sa budú vracat' minimálne 95 % plné 2.2 Menej najazdených kilometrov a tým menšie náklady na pohonné látky o 15 % 2.3 využitie aplikácie Drive Navigation 35 vodičmi	1. Smart Analytics (Sensoneo) 2.1 Výročná správa NKS 2.2 výkaz a používateľnosť zvozového auta 2.3 využiteľnosť viditeľná v Smart Waste Management systéme	
Cieľ	Implementácia smart odpadového hospodárstva v meste Nitra spoločnosťou Sensoneo do 15.3 2024, kedy náklady na projekt nepresiahnu 31 500 €	zníženie nákladov na zvoz a zber odpadu o 30 %	Výročná správa NKS	- dôjde k realizácii projektu v požadovanej kvalite - implementácia systémov (inštalácia senzorov a optimalizácia trás) - úspešnosť v podobe ušetrzenia nákladov - ochota investovať
Výstupy	1. Uzavretie spolupráce/dohody medzi mestom, NKS a dodávateľskou firmou 2. Podpis zmluvy medzi mesto a dodávateľskou firmou a zahájenie projektu 3. Implementácia senzorov 4. Implementácia Smart Route Planning 5. Nová podoba zvozu a zberu odpadu	1. odsúhlasený dokument všetkými stranami 2.1 Výber 3 členov tímu a rozdelenie rolí a podpísanie zmluvy zainteresovaných strán 2.2 Nastavenie rozpočtu 31 500 € 2.3 Nastavenie dátumu ukončenie projektu 14.3.2023 3. Nainštalovaných 82 senzorov na koše 4.1 Funkčné a dynamické plánovanie zvozu odpadov 4.2 Nainštalovaná aplikácia Driver Navigation App všetkými šoférmi zvozových áut 5.1 Skúšobná doba 2 mesiace 5.3 Spätná väzba užívateľov	1. zmluva 2.1 Projektová dokumentácia, identifikačná listina, zmluva 2.2 Projektová dokumentácia, faktúry, účtovníctvo 2.3 Projektová dokumentácia, identifikačná listina 3. Faktúra, účtovníctvo 4.1 Úspešná skúšobná fáza 4.2 Overenie v Smart Waste Management systéme 5.1 Interná dokumentácia, zápis práce 5.2 Dotazník	-uzavretie zmluvy s dodávateľskou firmou a dodržatie zmluvných podmienok - zostavenie projektového tímu - bezproblémová inštalácia senzorov a ich funkčnosť - bezproblémové nastavenie Routing planningu systému - bezproblémová stiahnutie a školenie aplikácie Driver Navigation App

	Popis	Zdroje	Hrubý časový rámeč	
Aktivity	1.1 Dohoda na požiadavkách strán	1.1 2 MD	1.1 4 dni	- dodávateľ systému bude poskytovať kvalitnú technickú podporu počas prevádzky (určenie v zmluve) - operátori a vodiči budú riadne zaškolení s porozumením dôvodu využívania systému - poskytnutie správnych podkladov miest malých košov na rozmiestnenie a nainštalovanie senzorov - skúšobná prevádzka bude úspešná na pokračovanie ostrej do vyhodnotenia
	1.2 Dohoda na podmienkach	1.2 2 MD	1.2 2 dni	
	2.1 Výber členov projektového tímu a ich rolí	2.1 1 MD	2.1 3 dni	
	2.2 Definovanie cieľu projektu	2.2 0,25 MD	2.2 1 deň	
	2.3 Definovanie rozpočtu	2.3 2 MD	2.3 1,5 dňa	
	3.1 Výber vhodných senzorov do košov v centre mesta	3.1 1 MD	3.1 2 dni	
	3.2 Inštalácia senzorov na koše	3.2 2 MD	3.2 2 dni	
	3.3 Pridanie senzorov už do používaného Smart Waste Management systému	3.3 0,5 MD	3.3 0,5 dňa	
	3.4 Uvedenie do prevádzky	3.4 0,5 MD	3.4 0,5 dňa	
	3.5 Prvotná analýza stavu zberu a naplnenosti košov v centre mesta	3.5 0 MD	3.5 7 dní	
	3.6 Vyhodnotenie analýzy a prípadný návrh firmy o ďalšie zlepšenie a rozšírenie produktov pre efektívnejší zber	3.6 1 MD	3.6 2 dni	
	4.1 Inštalácia dodatku Route Planning do Smart Waste Management systému	4.1 2 MD	4.1 1 deň	
	4.2 Inštalácia aplikácie Driver Navigation App užívateľmi	4.2 1 MD	4.2 2 dni	
	4.3 Školenie užívateľov a testovanie	4.3 1 MD	4.3 1 deň	
	5.1 Skúšobná prevádzka systémov	5.1 0 MD	5.1 60 dní	
	5.2 Priebežné vyhodnotenie	5.2 2 MD	5.2 3 dni	
	5.3 Spätná väzba od užívateľov	5.3 1,5 MD	5.3 2 dni	
	5.4 Ostrá prevádzka	5.4 0 MD	5.4 126 dní	
	5.5 Dodržanie nákladov 34 000€	5.5 1 MD	5.5 7 dní	

3.5 WBS

Projekt implementácie smart odpadového hospodárstva v meste Nitra bol rozdelený do 5 základných úrovní, ktorými sú Uzavretie spolupráce medzi mesto a dodávateľskou firmou, Zahájenie projektu, Implementácia senzorov, Implementácia Smart Route Planning a Prevádzka. Každá z týchto úrovní potom obsahu konkrétne jednotlivé činnosti projektu.

Tabuľka č. 5 WBS vo forme zoznamu činností (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Činnosť	Popis
1	Uzavretie spolupráce medzi mestom, NKS a dodávateľskou firmou
1.2	Komunikácia mesta s dodávateľom o podmienkach a požiadavkách
2	Zahájenie projektu
2.1	Projektový tím
2.1.1	Výber členov projektového tímu
2.1.2	Pridelenie rolí
2.2	Definovanie projektu
2.2.1	Definovanie cieľa projektu
2.2.2	Definovanie rozpočtu
3	Implementácia senzorov
3.1	Senzory v košoch v centre mesta
3.1.1	Výber vhodných senzorov
3.1.2	Inštalácia senzorov
3.1.3	Pridanie senzorov do systému Smart Waste Management
3.1.4	Uvedenie do prevádzky
3.2	Analýza zberu
3.2.1	Vykonanie prvotnej analýzy zberu a naplnenosti košov
3.2.2	Vyhodnotenie analýzy
4	Implementácia Smart Route Planning
4.1	Inštalácia dodatku do Smart Waste Management systému
4.2	Uvedenie do prevádzky aplikáciu Driver Navigation App
4.2.1	Inštalácia na užívateľských zariadeniach
4.2.2	Školenie
4.2.3	Testovanie
5	Prevádzka
5.1	Skúšobná doba
5.2	Priebežné vyhodnotenie
5.2.1	Spätná väzba od užívateľov
5.3	Ostrá prevádzka
5.3.1	Vyhodnotenie nákladov na projekt s jeho prínosmi

Pre lepšiu prehľadnosť, je táto štruktúra zobrazená graficky na nasledujúcom obrázku.



Obrázok č. 11 Grafické zobrazenie WBS (Zdroj: Vlastné spracovanie)

3.6 Projektový tím a zainteresované strany

Ďalším nutným krokom je určenie projektového tímu pre tento projekt. Členom je projektový manažér a dvaja technici, hlavne kvôli svojim schopnostiam a skúsenostiam.

Projektový manažér je skúsený z iných projektov implementácie senzorov. Zvolený je majiteľom firmy z dôvodu skúseností. Je zodpovedný za chod projektu ako celku a dosiahnutie cieľa. Dvaja technici dotvárajú celý projektový tím. Majú za úlohu technickú časť projektu, a to inštaláciu senzorov a rozšírenia Smart Waste Management systému, zároveň sú zodpovední za hladký priebeh a bezchybovosť už pri používaní systému.

Tím ma iba 3 členov, keďže spoločnosť usúdila, že projekt je svojou obťažnosťou a náročnosťou na čas stredne zložitý. Zároveň má pomerne malý počet zamestnancov a preto si nemôže dovoliť vynaložiť väčšie ľudské zdroje. V nasledujúcom odstavci sú zainteresované strany zároveň aj ohodnotenú na škále od 1 do 10, na základe ich sily. Pričom jedna 1 predstavuje najnižšiu a 10 na vyššiu váhu, respektíve silu strany.

Zainteresované strany, ktoré vstupujú do procesu implementácie:

- Zástupca magistrátu mesta Nitra – referent odpadového hospodárstva – sponzor projektu, zaujíma ho finančná stránka, ale hlavne environmentálne prínosy pre mesto a jeho obyvateľov. Hodnotenie sily: 10.
- Riaditeľ NKS – ovplyvnení tým, či výsledok zníži náklady na zvoz odpadu. Hodnotenie sily: 8.
- Užívatelia systému – najviac ovplyvnený výsledkami riešenia v zmysle či je aplikácia a optimalizácia trás efektívnejšia pri zbere. Hodnotenie sily: 8.
- Zástupca dodávateľskej firmy - projektový manažér–dohliada na úspešnosť projektu, zároveň ho zaujíma aj ziskovosť predaja, Hodnotenie sily: 7.
- Technici dodávateľskej firmy – znalí procesov implementácie, technickej stránky projektu. Hodnotenie sily: 6.

3.6.1 RACI matica

RACI matica slúži k zobrazenie zodpovednosti všetkých zainteresovaných strán k jednotlivým činnostiam projektu.

Tabuľka č. 6 RACI matica zodpovedností (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Činnosť	Referent odpad. hospodárstva	Riaditeľ NKS	Užívatelia systému	Zástupca dodávateľskej firmy	Technici
Komunikácia o požiadavkách a podmienkach zmeny	A	R		R	I, C
Výber členov projektového tímu	I	I		A, R	I
Pridelenie rolí	I	I		A, R	I
Definovanie cieľa projektu	R	R		A	I
Definovanie rozpočtu	A	R		C, I	
Výber vhodných senzorov do košov v centre mesta	A, R	R		I, C	I, C
Inštalácia senzorov	I	I	I, C	A	R
Pridanie senzorov do systému Smart Waste Management		I	I	A	R
Uvedenie do prevádzky	I	I	I	A	R
Vykonanie prvotnej analýzy zberu a naplnenosti košov			C	A	R
Vyhodnotenie analýzy	I	I, C	I, C	A	R
Inštalácia dodatku Smart Rout Planning	I	I	I, C	A	R
Inštalácia Driver Navigation App do užívateľských zariadení			R	A	R
Školenie užívateľov		I, C	R	A	
Testovanie aplikácie			R	A	
Skúšobná doba prevádzky	R	R	R	A	C, I
Predbežné vyhodnotenie	A	R	I, C	I, C	I, C
Spätná väzba od užívateľov	A	R	R	C, I	
Ostrá prevádzka	R	R	R	A	I, C
Vyhodnotenie nákladov na projekt s jeho prínosmi	A	R	I	I, C	

3.7 Analýza rizík

V tejto kapitole bude vykonaná analýza rizík pri implementácii projektu. Analýza bude realizovaná pomocou skórovacej metódy.

3.7.1 Identifikácia rizík

V tabuľke sú uvedené riziká s príslušnými scenármi, ktoré by mohli ovplyvniť zavádzanie zmeny v meste.

Tabuľka č. 7 Identifikácia rizík (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Číslo rizika	Hrozba	Scenár
R1	Nedostatočné finančné prostriedky	Neuskutočnenie projektu
R2	Neskúsení technici	Zle nainštalované senzory, dodatok
R3	Pri inštalácii senzorov, koše nie sú tam, kde ukazujú plány	Senzor je navyše, vyššie výdavky
R4	Neochota používať implementovaný systém	Neefektívne využívanie, zbytočná investícia
R5	Vandalizmus	Poškodenie senzoru
R6	Dlhodobá realizácia, zmeny nebudú hneď	Mesto bude nespokojné s výsledkom a bude vidieť len vysoké náklady
R7	Problém s funkčnosťou senzorov napr. kvôli poruche, mechanickému poškodeniu alebo nevhodnému zaobchádzaniu	Dáta, ktoré putujú do systému budú skreslené, nepravdivé alebo neprídu žiadne
R8	Ponechanie vrecúšok na niektorých košoch	Údaje, ktoré sa zbierajú pomocou senzorov môžu byť problematické (ak sa hodí do koša ťažší predmet a vrece vytvorí priestor, môže sa stať, že senzor hlási plný kôš)
R9	Smetiar nedodrží optimalizovanú trasu navrhnutú softvérom (pôjde si takú, ktorú chodí zvyčajne)	Neefektívne využívanie, zbytočná investícia
R10	Skrachovanie dodavateľskej firmy keďže sa stále jedná o startup	Po čase nefunkčnosť systému

3.7.2 Ohodnotenie rizík

V nasledujúcej dvoj tabuľkách je uvedené ohodnotenie dopadu rizika a ohodnotenie miery výskytu.

Tabuľka č. 8 Ohodnotenie dopadu rizika (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Hodnota	Dopad
1-2	minimálny
3-4	menej významný
5-6	významný
7-8	veľmi významný
9-10	kritický

Tabuľka č. 9 Ohodnotenie miery výskytu (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Hodnota	Percentá	Slovné ohodnotenie
1-2	0-19%	takmer žiadna
3-4	20-39%	nízko pravdepodobná
5-6	40-59%	pravdepodobná
7-8	60-79%	viac pravdepodobná
9-10	80-100%	vysoko pravdepodobná

Na základe slovných vyjadrení, boli jednotlivým rizikám priradené hodnoty. Celková hrozba je vypočítaná súčinom hodnoty dopadu a možnosti výskytu. Výsledné hodnoty identifikovaných rizík sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka č. 10 Hodnoty jednotlivých rizík (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Číslo rizika	Hrozba	Možnosť výskytu	Dopad	Hodnota rizika
R1	Nedostatočné finančné prostriedky	4	9	36
R2	Neskúsení technici	4	8	32
R3	Pri inštalácii senzorov, koše nie sú tam, kde ukazujú plány	7	6	42
R4	Neochota používať implementovaný systém	2	8	16
R5	Vandalizmus	4	7	28
R6	Dlhodobá realizácia, zmeny nebudú hneď	3	5	15
R7	Problém s funkčnosťou senzorov napr. kvôli poruche, mechanickému poškodenia alebo nevhodnému zaobchádzaniu	6	6	36

R8	Ponechanie vrecúšok na niektorých košoch	6	8	48
R9	Smetiar nedodrží optimalizovanú trasu navrhnutú softvérom (pôjde si takú, ktorú chodí zvyčajne)	3	8	24
R10	Skrachovanie dodavateľskej firmy keďže sa stále jedná o startup	2	9	18

3.7.3 Návrhy opatrení

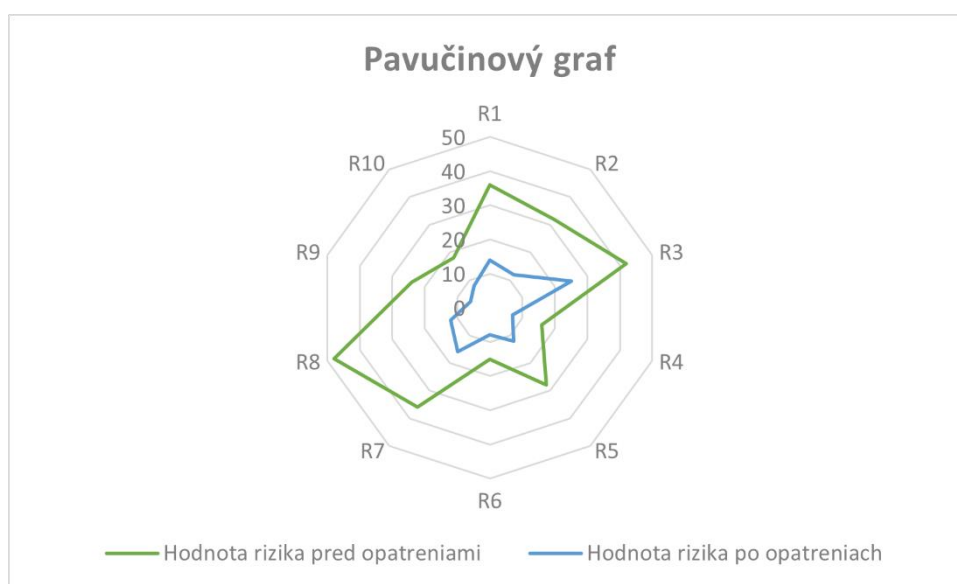
Pre zníženie hodnôt rizík je nutné zaviesť určité opatrenia ku každému riziku zvlášť. Tabuľka nižšie pod týmto odstavcom obsahuje návrhy opatrení k predtým zisteným rizikám. Tieto opatrenia sú doplnené novou hodnotou rizika.

Tabuľka č. 11 Návrhy opatrení (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Číslo rizika	Návrh opatrenia	Nový možný výskyt	Nový dopad	Nová hodnota rizika
R1	Kontrola rozpočtu v priebehu projektu, zaistenie dostatočnej finančnej rezervy pre prípad nečakaného navýšenia nákladov	2	7	14
R2	Usiernenie, že aspoň jeden z technikov je skúsenejší	2	6	12
R3	Dopredu informovať o obdržaní správnych plánov	5	5	25
R4	Dostatočne poukázať na výhody používania, uviesť úspešné projekty	1	7	7
R5	Osveta, poukázanie na výhody, prípade nainštalovať kamery do starého mesta	2	6	12
R6	Poukázať na predchádzajúce projekty, aj aj úspešný v danom meste	2	4	8
R7	Poučenie zvozových áut o manipulácii pri zebre odpadu	4	4	16

R8	Zbavenie sa vrecúšok na všetkých košoch	2	6	12
R9	Poučenie, poukázanie na výhody optimálnych ciest, občasná kontrola	1	6	6
R10	Informovanie sa o iných dostupných a podobných dodávateľoch	1	8	8

Na prehľadnejšie porovnanie pôvodných hodnôt bez opatrení a výsledných hodnôt po zavedení opatrení bol vytvorený pavučinový graf.



Obrázok č. 12 Pavučinový graf (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Z analýzy rizík vyplýva, že najväčšie riziko predstavuje to, že sa v košoch nechajú sáčky a takisto plán umiestnenia košov v centre, ktorý nie je zhodný s realitou. Je to hlavne z toho dôvodu, že tieto situácie sa často opakujú v iných implementačných projektoch. Je potrebné ich eliminovať hneď na začiatku, pretože degradujú celý systém fungovania. V prípade, že by sa neuskutočnilo opatrenie, technici by mohli prísť na miesto pripravený na montáž, ale koše by tam neboli. Sáčky sú umiestnené vo veľkom množstve malých košov v centre a jeho okolí, čo môže spôsobiť zbytočné zachádzanie zvozových áut ku prázdny košom.

Z finančnej stránky môže nastať problém pri nakladaní s príspevkom, ktorý magistrát získalo z Environmentálneho fondu. Tu je však potrebné poznamenať, že v prípade iných

potrebných investícií nevyhnutných pre chod odpadového hospodárstva, by musela Nitra uprednosť toto pred modernizáciou tejto oblasti. Bud' mi mohla znížiť investíciu do počtu senzorov alebo posunúť projekt na rok 2024.

Vo všeobecnosti vyplýva, že väčšina rizík je eliminovateľná, resp. odstrániteľná na základe navrhnutých opatrení.

3.8 Popis činností a ich časová náročnosť

Dátum zahájenia projektu je 3.7.2023. Tento dátum bol určený hlavne z dôvodu, že v lete a na jeseň je centrum mesta preplnené s množstvom rôznych akcií a mesto by chcelo využitie senzorov vyskúšať práve v tom najrušnejšom období.

1. Uzavretie spolupráce/dohody medzi mestom, NKS a dodávateľskou firmou

- Komunikácie mesta s dodávateľom o podmienkach a požiadavkách

Vzhľadom k tomu, že mesto Nitra už spoluprácu s dodávateľskou firmou má, komunikácia prebieha už medzi známymi stranami. Ujasňujú sa podmienky, za akých sa dodaná služba vykoná a aké má mesto a NKS požiadavky a víziu výsledku. Za stranu mesta vstupuje do procesu referent odpadového hospodárstva aj v spolupráci s vedením NKS a za stranu dodávateľskú je to projektový manažér, ktorý už spoluprácu s mestom má. Pri prvom projekte riadil chod inštalácie prvých senzorov, ktoré bola zároveň aj prvé inštalované firmou v meste.

Odhad doby trvania: 6 dní

2. Zahájenie projektu

- Výber členov projektového tímu
- Pridelenie rolí
- Definovanie cieľa projektu
- Definovanie rozpočtu

Po schválení požiadavok je väčšina zodpovednosti prenesená na dodávateľa systému. Pre efektívny priebeh projektu je potrebné vybrať správnych členov projektového tímu. Projekt je menšieho typu, takže na základne skúseností a vedomostí sú vybratí projektovým manažérom dvaja technici aj s pridelenými rolami. V malom tíme sa definujú cieľe a takisto rozpočet, ktorý sa nesmie pri implementácii prekročiť.

Odhad doby trvania: 5 dní

3. Implementácia senzorov

- Výber vhodných senzorov
- Inštalácia senzorov
- Pridanie senzorov do systému Smart Waste Management
- Uvedenie do prevádzky
- Vykonanie prvotnej analýzy zberu a naplnenosti košov
- Vyhodnotenie analýzy

Mesto na základe doporučenia dodávateľa vybralo single senzor, má však na výber z troch možností, ktoré má na zváženie. Po analýze možností mesta a projektového manažéra dodávateľskej firmy prebehne inštalácia konkrétnych senzorov. Technici obdržia plány umiestnenia košov od NKS a vykonajú ich umiestnenie. Zároveň sa napoja už do existujúceho funkčného Smart management systému a uvedú sa do prevádzky. Pre predbežnú analýzu sa vykoná prvá analýza z dôvodu funkčnosti ale takisto aj pre budúcu analýzu prínosov, ktoré má riešenie priniesť.

Odhad doby trvania: 14 dní

4. Implementácia Smart Route Planning

- Inštalácia dodatku do Smart Waste Management systému
- Uvedenie do prevádzky aplikáciu Driver Navigation App
- Školenie
- Testovanie

Dodatok Smart plánovania inštalujú technici do už používaného Smart Waste Management systému. Nástroj umožní operátorom, teda užívateľom systému, plánovať optimálne zvozové trasy, využívať vozidlá a ľudí efektívne z pohľadu času a nákladov. Operátor bude vedieť kontrolovať reálnu trasu vs. naplánovanú. Pri inštalácii a spustení je nutné zadať nevyhnutné dáta o zvozových vozidlách, o depách, o skládkach – údaje o nákladoch, spotrebe, dostupnosti a komoditách (vrátane kapacity). Pre komodity s pravidelným a postupným naplňaním kontajneru, sa na základe historických dát dá identifikovať správny deň v týždni pre ich zvoz a naplánovať opakovaný pravidelný zber. Pre komodity, ktoré sa plnia nárazovo a nepredvídateľne, sa riadi systém dátami o

naplnenosti kontajnerov zo senzorov.

Zároveň prebehne aj inštalácia aplikácie Driver Navigation App vodičmi zvozových áut do mobilných zariadení, kde sa prevedie aj školenie jej používania. Operátor potom v testovej fáze bude vidieť, kde sa vozidlo nachádza a môže aktualizovať zvozovú trasu v reálnom čase – pridať/odobrať zastávky.

Odhad doby trvania: 4 dni

5. Prevádzka

- Skúšobná doba
- Priebežné vyhodnotenie
- Spätná väzba od užívateľov
- Ostrá prevádzka
- Vyhodnotenie nákladov na projekt s jeho prínosmi

Po implementácii senzorov a dodatku prichádza fáza skúšobná, kde sú dané systémy spustené po dobu tri mesiace. Operátori využívajú rozšírenie o Smart Route Planning a vodiči aplikáciu Driver Navigation App. Po tejto dobe, dodávateľská firma vykoná prieskum formou dotazník o spokojnosti s používaním. V prípade spokojnosti, pokračuje ostrá prevádzka s technickou podporou firmy Sensoneo. Každý rok NKS vypracováva výročnú správu, kde hodnotí náklady aj výnosy, kde samozrejme zarátava aj tieto náklady. Vyhodnotenie nákladov a prínosov implementácie bude dostupné vo výročnej správe za rok 2023 a zároveň dodávateľská firma ponúka s jej nástrojom Smart analytika rôzne reporty používania. Správu vypracováva NKS na začiatku februára za minulý uplynulý rok. Po vyhodnotení prínosov a spokojnosti sa ďalej pokračuje v prevádzke.

Odhad doby trvania: 150 dní

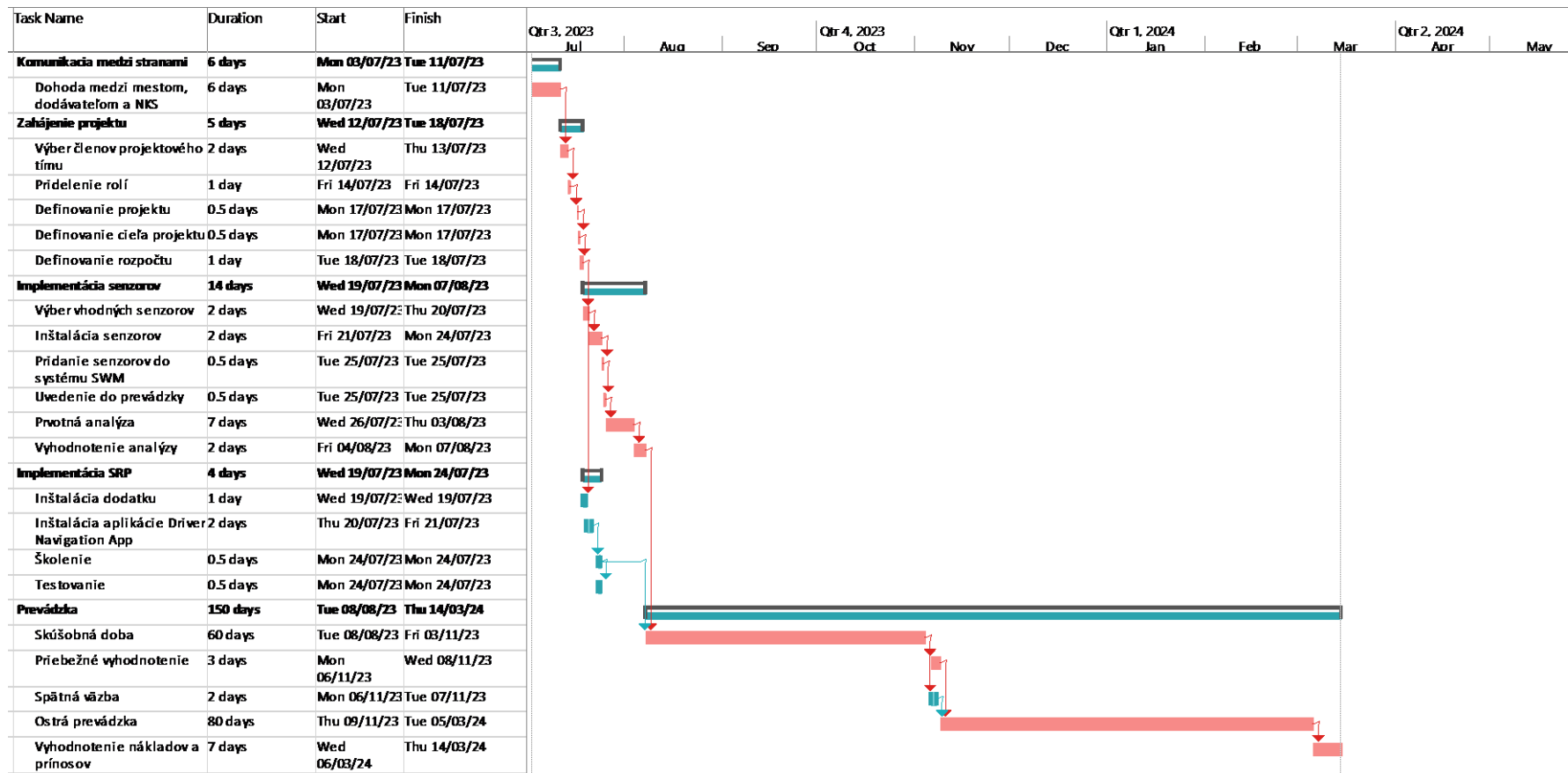
V nasledujúcej tabuľke je uvedená časová analýza vo formáte zoznamu, kde je uvedená doba trvania, dátum zahájenia a ukončenia a zároveň časová následnosť.

Tabuľka č. 12 Časová analýza v tabuľke (Zdroj: Vlastné spracovanie)

ID	Názov činnosti	Doba trvania	Zahájenie	Dokončenie	Predchodca
A	Dohoda medzi mestom, dodávateľom a NKS	6 dní	3.7.2023	11.7.2023	-
B	Výber členov projektového tímu	2 dni	12.7.2023	13.7.2023	A
C	Pridelenie rolí	1 deň	14.7.2023	14.7.2023	B
D	Definovanie cieľa projektu	1 deň	17.7.2023	17.7.2023	C
E	Definovanie rozpočtu	1 deň	18.7.2023	18.7.2023	D
F	Výber vhodných senzorov	2 dni	19.7.2023	20.7.2023	E
G	Inštalácia senzorov	2 dni	21.7.2023	24.7.2023	F
H	Pridanie senzorov do systému Smart Waste Management	0,5 dňa	25.7.2023	25.7.2023	G
I	Uvedenie do prevádzky	0,5 dňa	25.7.2023	25.7.2023	H
J	Prvotná analýza zberu a naplnenosti košov	7 dní	26.7.2023	3.8.2023	I
K	Vyhodnotenie analýzy	2 dni	4.8.2023	7.8.2023	J
L	Inštalácia dodatku Smart Route Planning	1 deň	19.7.2023	19.7.2023	E
M	Uvedenie do prevádzky aplikáciu Driver Navigation App (inštalácia)	2 dni	20.7.2023	21.7.2023	L
N	Školenie	0,5 dňa	24.7.2023	24.7.2023	M
O	Testovanie	0,5 dňa	24.7.2023	24.7.2023	N
P	Skúšobná doba	60 dní	8.8.2023	3.11.2023	K,O
Q	Priebežné vyhodnotenie	3 dni	6.11.2023	8.11.2023	P
R	Spätná väzba od užívateľov	2 dni	6.11.2023	7.11.2023	P
S	Ostrá prevádzka	126 dní	9.11.2023	5.3.2024	Q,R
T	Vyhodnotenie nákladov na projekt s jeho prínosmi	7 dní	6.3.2023	14.3.2024	S

3.8.1 Ganttov diagram

Pre vypracovanie Ganttovho diagramu je využitý nástroj MS Project. Na zaistenie čo najpresnejšieho naplnovania projektu je potrebné zaviesť základné nastavenia do softvéru, ako nastavenia dní štátneho voľna, alebo dĺžky pracovnej doby. Na nasledujúcom obrázku je možné vidieť časovú následnosť jednotlivých činností. Činnosti ležiace na kritickej ceste sú vyznačené červenou farbou. Je možné vidieť, že väčšina činností aj leží na tejto ceste. To znamená, že ak sa oneskorí ktorákoľvek z týchto činností, oneskorí sa celkovo projekt implementácie. Z logického hľadiska by bolo možné, aby sa niektoré činnosti kryli, ale pre projekt bolo vymedzených len určitý počet pracovníkov, keďže sa nejedná o veľmi rozsiahly projekt.



Obrázok č. 13 MS Project Ganttov diagram (Zdroj: Vlastné spracovanie)

3.9 Analýza zdrojov a nákladov

Rovnako ako časový analýza i analýza zdrojov a nákladov potrebuje dobre vyplnené vstupy.

3.9.1 Priradenie zdrojov

Jednotlivým činnostiam v časovom harmonograme bolo priradené na základe matici zodpovednosti, názvy zdrojov, aby bola zaistená ich prípadná vyťaženosť. Zdrojmi sú chápaní všetci členovia projektového tímu, zástupca mesta a NKS. Do zdrojov sa v tomto prípade nebudú počítať užívatelia (operátori a vodiči zvozových vozidiel) z dôvodu, že sa podieľajú na implementácii ako testujúci, ktorí nijak nevyťažujú zdroje.

Resource Name	Type	Max.
Referent odpad. hospodárstva	Work	100%
Riaditeľ NKS	Work	100%
Projektový manažér dod. Firmy	Work	100%
Technik	Work	200%

Obrázok č. 14 Zdroje projektu (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Ako už bolo spomenuté v predchádzajúcich kapitolách, na projekte budú spolu pracovať dvaja technici a projektový manažér (zástupca dodávateľskej firmy) a takisto referent odpadového hospodárstva mesta Nitra a riaditeľ Nitrianskych komunálnych služieb. Týmto počtom členov teda odpovedá i hodnota v treťom stĺpci – Maximálny počet jednotiek na obrázku č. 15.

U jednotlivých činností je táto skutočnosť samozrejme zohľadnená a ak ju zvládne vykonať jeden technik, tak je počet jednotiek v programe MS Project upravený na 100%.

3.9.2 Tímový plánovač

Po priradení definovaných zdrojov k jednotlivým činnostiam v softwari MS Project neboli zistené žiadne potiaže, Ak by nastal opak, muselo by dôjsť k preplánovaniu činností, prerozdeleniu zodpovedností alebo k rozšíreniu projektového tímu i ďalších členov. Tým by samozrejme došlo i k navýšeniu nákladov na projekt.

Zapojenie zdrojov do jednotlivých činností je možné znázorniť napríklad pomocou

nátroja Tímový plánovač, ktorého výrez je možné vidieť na nasledujúcom obrázku.

Resource Name	02 Jul '23							09 Jul '23							16 Jul	
	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	
Referent odpad. hospodárstva		Dohoda medzi mestom, dodávateľom a NKS														
Riaditeľ NKS		Dohoda medzi mestom, dodávateľom a NKS														
Projektový manažér dod. Firmy		Dohoda medzi mestom, dodávateľom a NKS									Výber členov projektového tímu		Pridelí rolí			
Technik		Dohoda medzi mestom, dodávateľom a NKS														

Obrázok č. 15 Ukážka tímového plánovača (Zdroj: Vlastné spracovanie)

3.9.3 Stanovenie nákladov na projekt

Vďaka pridaným zdrojom k jednotlivým činnostiam projektu je možné teraz určiť náklady na tieto úlohy. Je nutné však podotknúť, že jedná o odhady a skutočné náklady sa môžu líšiť.

Mzdové náklady

Časť strán podieľajúce sa na implementácii smart odpadového hospodárstva pracuje na tomto projekte v rámci svojho mesačného platu. Patrí tu referent odpadového hospodárstva za mesto Nitra a riaditeľ NKS. V prepočte na hodiny, referent odpadového hospodárstva zarába 11€/hod. a riaditeľ NKS 12,5€/hod.. Mzdové náklady teda predstavujú 1007,8€ vynásobením hodín (referent 44,8 hodín, riaditeľ NKS 41,2 hodín) a hodinovej sadzby.

Ďalej je nutné počítať s odmenami pre externistov, ktorý sa implementácie zúčastnia. S firmou Sensoneo sa mesto dohodlo na čiastke 5 500€ za prácu. Keďže Nitra už spoluprácu s touto firmou má, čiastka sa stanovila na paušálnu s tým, že zahŕňa prácu projektového manažéra a technikov.

Kapitálové a prevádzkové náklady

Pre riešenie, resp. projekt umožňujúci meranie a predikciu úrovne naplnenia a plánovanie trasy je navrhnutý investičný plán. Vzhľadom na minimálnu dobu viazanosti 24 mesiacov

pre plán predplatného sa zväžia všetky náklady a prínosy za toto obdobie.

Náklady spojené s riešením od spoločnosti Sensoneo môžu byť rozdelné na dve hlavné výdavkové kategórie: kapitálové náklady (jednorázové náklady v podobe prvotných investícií na implementáciu) a operatívne/prevádzkové náklady (sú spojené s údržbou a rozložené počas celkového času využívania daného riešenia).

Ako už vyplýva z názvu, investičný plán vyžaduje väčšiu počiatočnú investíciu, konkrétne do 82 senzorov (92% z plánovanej investície), montážna súprava pre každý senzor (7%) a jednorázový aktivačný poplatok (1%). Aby bolo možné pristúpiť k využívaniu dát zozbieraných pomocou senzorov, je takisto potrebné zakúpenie odoberania Smart Waste Management Systému, za ktorý sa môže platiť mesačne. Pri tomto riešení sa rozširuje o modul Smart Route Planning, ktorý ponúkne informácie nad bežný balíček. V neposlednom rade je potrebné zahrnúť aj prevádzkové náklady za výmenu batérií. Samozrejme v základnej cene je zahrnutá prvotná sada batérií, no po ich doužívaní si zákazník musí individuálne zaosťarovať nové. Spoločnosť Sensoneo udáva, že batérie nie je potrebné meniť skôr ako po 18 mesiacoch, avšak s najväčšou pravdepodobnosťou je to nutné každých 24 mesiacov. V skutočnosti by sa frekvencia merania snímača nastavila podľa potreby každého miesta, aby sa zaistilo presné meranie, ale aj aby sa čo najviac šetrili batérie - batérie by bolo potrebné vymieňať v rôznych časoch na rôznych miestach.

Celkové náklady

Jednotlivé náklady sú sčítané v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka č. 13 Celkové náklady za projekt (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Položka	Počet	Cena za kus [€]
Single Sensor 3.0	82	228,16
Montážna súprava	82	17,36
Smart Waste Management System preplatné + Smart Route Planning (ročné)	1	1752
Aktivačný poplatok	1	2,48
Batérie	164	7,03
Zdroje		
Náklady na externú firmu	1	5 500
Mzdové náklady	1	1007,8
Celková odhadovaná čiastka		29 547, 84

Celková cena projektu teda činí 29 547,84€. S tým, že faktúrované mestu dodávateľskou spoločnosťou bez mzdových nákladov na riadiateľa NKS a referenta zastupujúceho mesta. A keďže firma už platí ročné predplatné za Smart Waste Management systém, konečná suma iba s rozšírením bude mínus 150€, a to **28 390,04€**.

Zároveň treba však poznamenať, že tento projekt je spojený aj s istou mierou neistoty. Odvíja sa to od nakladania s rozpočtom mesta a môže sa stať, že ich bude nedostatok, keďže projekt vyžaduje vyššia počiatočnú investíciu. V tomto prípade sa úspešnosť môže odvíjať aj od schopnosti vedenia mesta nakladať s príspevkom z Environmentálneho fondu.

3.10 Prínosy navrhovaného riešenia

Táto kapitola je venovaná prínosom, ktoré navrhované riešenie prináša. Navrhnutý projekt je podkladom pre realizáciu zmeny v meste Nitra v rámci implementácie smart odpadového hospodárstva a jeho rozšírenie.

Téma odpadu je veľmi aktuálnou a to najmä kvôli globálnym ekologickým výzvam a neustále rastúcemu objemu odpadu, ktorý ľudstvo produkuje. Vzniká väčší tlak na optimálnejšie nakladanie s odpadom. Sensoneo riešenie umožňuje spravovať odpad spôsobom, ktorý je ohľadupľnejší k životnému prostrediu a súčasne prináša výrazné benefity pre životnú úroveň občanom a efektívnejšie využitie financií a zdrojov. Medzi hlavné prínosy patrí:

- **Lepšia kvalita života**

Mesto a NKS je vďaka monitorovaciemu systému schopné rýchlo konať v prípade náhleho zaplnenia kontajnerov. Občania tak profitujú z čistejšieho mesta bez odpadkov a z prístupu ku kontajnerom, v ktorých majú neustále zabezpečenú dostatočnú voľnú kapacitu.

- **Menšia záťaž na životné prostredie**

Vďaka riešeniu smeruje zvozové vozidlá len k tým kontajnerom, ktoré skutočne vyžadujú vývoz – neblokuje zbytočne ulice a znižuje aj environmentálny dopad svojich služieb. Zároveň autá nejazdia zbytočne prázdne alebo poloprázdne a tým znižujú náklady na prevádzku zvozových áut.

- **Zefektívnenie zvozu kontajnerov**

Vďaka nasadeniu riešenia je možné výrazne eliminovať počet zvozových trás a znížiť tak náklady na pohonné hmoty, opotrebovanie vozidiel a cenu práce. Aplikácia identifikuje kontajnery, ktoré je potrebné vyprázdniť a navrhuje optimálne zvozové trasy a tým znížiť celkové náklady na zvoz odpadu.

ZÁVER

Cieľom tejto diplomovej práce bolo správne využitie nástrojov projektového managementu pre úspešné zavedenie smart odpadového hospodárstva. Konkrétne sa jedná o inštaláciu senzorov na odpadkového koše v centre mesta a zároveň rozšírenie produktu spoločnosti Sensoneo o smart plánovaní trás. Téma IoT je predmetom rôznych štúdií a iných literárnych zdrojov, ale oveľa menej sa diskutuje o jej aplikácii na odpadové hospodárstvo v meste. Prínosy, ktoré však prináša čoraz viac tlačia tému do popredia. Pre mestá a obce sa stávajú prioritou s cieľom dosiahnuť efektívnosť, transparentnosť, udržateľnosť a zároveň optimalizáciu nákladov, zvyšovanie ohľaduplnosti k životnému prostrediu a zlepšovanie kvality života.

Prvá časť práce sa venovala teoretickým východiskám vo vzťahu k projektovému managementu i k návrhu samotného projektu potrebné pre správne navrhnutie jednotlivých metód a postupov.

V analytickej časti bolo predstavené mesto Nitra a je prístup ku zberu, zvozu a likvidácii odpadu. Došlo k opísaniu nákladov, ktoré na to vynakladá v porovnaní s ostatnými okresnými mestami a ich každoročné navyšovanie. Zároveň bola predstavená dodávateľská firma smart waste managementu, kde boli opísané produkty a riešenia, ktoré ponúka. Keďže Nitra už služby firmy využila, analýza sa previedla aj na predchádzajúcom projekte spolu s jeho výsledkami a prínosmi.

V návrhovej časti bola predstavená identifikačná listika projektu a logický rámec s hlavným cieľom projektu. Bola vypracovaná hierarchická štruktúra činností a podrobne popísaný rozpis jednotlivých aktivít potrebných k realizácii projektu. Pre jednoduchší prehľad zodpovedností zainteresovaných strán bola vypracovaná RACI matica. Došlo k analýze rizík pomocou skórovacej metódy a porovnaniu rizík pred a po opatreniach. K vypracovaniu Ganttovho diagramu a vypočítaniu nákladov na projekt bol využitý nástroj MS Project. Nakoniec došlo k ekonomickému zhodnoteniu projektu a jeho prínosom.

ZOZNAM POUŽITÉJ LITERATURY

- (1) DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO. *Projektový management podle IPMA*. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4275-5.
- (2) SVOZILOVÁ, Alena. *Projektový management: systémový přístup k řízení projektů*. 3., aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-271-0075-0.
- (3) SVOZILOVÁ, A. *Projektový management*. 2. aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3611-2.
- (4) MAREK, Daniel a Tomáš KANTOR. *Příprava a řízení projektů strukturálních fondů Evropské unie*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Brno: Společnost pro odbornou literaturu - Barrister & Principal, 2009. ISBN 978-80-87029-56-5.
- (5) KERZNER, Harold. *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. 11th ed. Hoboken: Wiley, 2013. ISBN 978-1-118-02227-6.
- (6) SCHWALBE, Kathy. *Information technology project management*. Rev. 6th ed. Boston, MA: Course Technology, 2011. ISBN 978-111-1221-751.
- (7) BARTOŠOVÁ, Hana a Jan BARTOŠ. *Projektový management*. Praha, 2011. Studijní opory. Vysoká škola regionálního rozvoje Praha.
- (8) SMOLÍKOVÁ, L. *Projektový management*. Brno, 2019. Přednáška. Fakulta podnikatelská, VUT v Brně.
- (9) DOSKOČIL, Radek. *Metody, techniky a nástroje řízení projektů*. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-7204-863-2.
- (10) JEŽKOVÁ, Zuzana, Hana KREJČÍ, Branislav LACKO a Jaroslav ŠVEC. *Projektové řízení: jak zvládnout projekty*. Kuřim: Akademické centrum studentských aktivit, 2013, 381 s. ISBN 978-80-905297-1-7.
- (11) SMOLÍKOVÁ, L. *Řízení projektů ICT*. Brno, 2021. Přednáška. Fakulta podnikatelská, VUT v Brně.

- (12) Project Management Institute. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)*. Sixth Edition. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017. ISBN 978-1-62825-184-5.
- (13) DOLEŽAL, Jan. *Projektový management: komplexně, prakticky a podle světových standardů*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5620-2.
- (14) ROSENAU, Milton D. *Řízení projektů*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. 344 s. Business books. ISBN 80-7226-218-1.
- (15) SEYMOUR, T., HUSSEIN, S. *The History Of Project Management*. *International Journal of Management & Information Systems (IJMIS)* [online]. 2014 [cit. 2022-12-13]. 18(4), 233–240. Dostupné z: <https://doi.org/10.19030/ijmis.v18i4.8820>.
- (16) NĚMEC, V. *Projektový management*. 4. vyd. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-0392-0.
- (17) SMOLÍKOVÁ, Lenka. *Projektové řízení: studijní text pro prezenční a kombinovanou formu studia*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o, 2018, 88 stran : ilustrace. ISBN 978-80-214-5695-2.
- (18) ARNUPHAPTRAIRONG, Tharwon. *Top ten lists of software project risks: Evidence from the literature survey*. In: Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists. 2011.
- (19) GRASSEOVÁ, Monia, Radek DUBEC a David REHÁL. *Analýza v rukou manažera: 33 nejpopulárnějších metod strategického řízení*. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2621-9.
- (20) ROSE, K., ELDRIDGE, S.D., CHAPIN, L. *The Internet of things: An Overview Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World*. The Internet Society. Geneva, Switzerland. 2015.
- (21) ROMKEY, J. *Toast of the IoT: The 1990 Interop Internet Toaster*. IEEE Consumer Electronics Magazine. 2017. Dostupné z :10.1109/MCE.2016.2614740.
- (22) HANES, David. *IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things*. 1st. ed. Cisco Press: Indianapolis. 2017.

- (23) FELL, M. *Roadmap for the Emerging “Internet of Things“*. Carré & Strauss. 2014.
- (24) EL HAKIM, A. *Internet of Things (IoT) System Achitecture and Technologies*. White Paper. 2018. Dostupné z: 10.13140/RG.2.2.17046.19521.
- (25) EMNIFY. *Globalized M2M & IoT Connectivity*. Dostupné z: <https://bit.ly/2Ud9w9k>.
- (26) DAMERI, Renata. *Searching for Smart City definition: a comprehensive proposal*. International Journal of Computers & Technology. 2013. Dostupné z: 10.24297/ijct.v11i5.1142.
- (27) PARDINI, K. *A Smart Waste Management Solution Geared towards Citizens*. Sensors (Basel). 2020. Dostupné z: 10.3390/s20082380.
- (28) TANIL, Gamze. *Environmental sustainability: water and waste management policy in the European Union and the Czech Republic*. Lanham: Lexington Books. 2021. ISBN 978-1- 7936-3387-3.
- (29) SENSONEO. *O spoločnosti*. [online.]. 2021 [cit. 2023-04-07]]. Dostupné z: <https://sensoneo.com/sk/o-spolocnosti-sensoneo/>.
- (30) SENSONEO. *Global provider of Smart Waste Management Solutions*. Sensoneo. 2022.
- (31) SENSONEO. *Single sensor 3.0 – Datasheet 2020*. Sensoneo. 2020c. Dostupné z: https://www.mz-connect.com/shop/media/pdf/d3/f7/75/Single-Sensor-30_datasheet.pdf.
- (32) JOST, D. *What is an Ultrasonic Sensor?*. [online]. 2019 [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-ultrasonic-sensor>.
- (32) KIM, Y.,BANG, H. *Introduction to Kalman Filter and Its Applications*. Introduction and Implementations of the Kalman Filter. IntechOpen. 2019. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.80600>.
- (33) SENSONEO. *Referencia: Nitrianske komunálne služby*. [online]. 2023 [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://sensoneo.com/sk/reference/nitra/>.
- (34) POTOČÁR, R. *Z krajských miest je odpadové hospodárstvo najdrahšie v Trnave, najlacnejšie v Trenčíne*. [online]. 2021 [cit. 2023-04-09]. ODPADY PORTÁL. Dostupné z: <https://www.odpady-portal.sk/>.

- (35) TURISTICKÉ INFORMAČNÉ CENTRUM NITRA. *O Nitre*. [online]. 2023 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.nitra.eu/8538/o-nitre>.
- (36) NITRA. *Odbor životného prostredia*. [online]. 2023 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://nitra.sk/odbor-zivotneho-prostredia/>.
- (37) NITRA. *Primátor*. [online]. 2023 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://nitra.sk/primator/>.
- (38) ENVIRONMENTÁLNY FOND. *Environmentálny fond*. [online]. 2023 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://envirofond.sk/>.

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

PMI - Project Management Institute

IPMA - Internation Project Management Association

PRINCE2 - Project IN Controlled Environments

PMBOK – Project Management Body of Knowledge

IoT – Internet of Things

IP – Internet Protocol

RFID – Radio Frequency Identification

WPAN – Wireless Personal Area Network

WLAN – Wireless Local Area Network

LPWAN – Low-Power Wide-Area Network

LoRa – Long Range

UNB – Ultra Narrow Band

IKT – Informačné a komunikačné technológie

GRPS – General Packet Radio Service

LTE – Long-Term Evolution

FTE - Full Time Equivalent

KO – komunálny odpad

ZOZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKOV

Obrázok č. 1 Trojimeratív projektu (Zdroj: (1))	17
Obrázok č. 2 Väzby logického rámca (Zdroj: Vlastné spracovanie podľa (8))	20
Obrázok č. 3 RACI matica (Zdroje: Vlastné spracovanie podľa (10))	21
Obrázok č. 4 Organizačná štruktúra mesta Nitra (Zdroj: Vlastné spracovanie)	37
Obrázok č. 5 Výdavky na odpadové hospodárstvo v krajských mestách za rok 2020 v € /obyv. (Zdroj: (34))	41
Obrázok č. 6 Single Sensor 3.0 (Zdroj: (31))	45
Obrázok č. 7 Smart Waste Management Sytem (Zdroj: (30))	46
Obrázok č. 8 Aplikácia Driver Navigation App (Zdroj: (30))	48
Obrázok č. 9 Vývoj nákladov po nasadení senzorov (Zdroj: (33))	49
Obrázok č. 10 Platforma pre operátorov (Zdroj: (30))	54
Obrázok č. 11 Grafické zobrazenie WBS (Zdroj: Vlastné spracovanie)	60
Obrázok č. 12 Pavučinová graf (Zdroj: Vlastné spracovanie)	66
Obrázok č. 13 MS Project Ganttov diagram (Zdroj: Vlastné spracovanie)	71
Obrázok č. 13 Zdroje projektu (Zdroj: Vlastné spracovanie)	72
Obrázok č. 14 Ukážka tímového plánovača (Zdroj: Vlastné spracovanie)	73

ZOZNAM POUŽITÝCH TABULIEK

Tabuľka č. 1 Logický rámec (Zdroj: Vlastné spracovanie podľa (1)).....	18
Tabuľka č. 2 Podvrstvy vrstvy komunikačnej siete (Zdroj: Vlastné spracovanie podľa (22)).....	33
Tabuľka č. 3 Identifikačná listina projektu (Zdroj: Vlastné spracovanie)	55
Tabuľka č. 4 Logický rámec (Zdroj: Vlastné spracovanie)	57
Tabuľka č. 5 WBS vo forme zoznamu činností (Zdroj: Vlastné spracovanie).....	59
Tabuľka č. 6 RACI matica zodpovedností (Zdroj: Vlastné spracovanie)	62
Tabuľka č. 7 Identifikácia rizík (Zdroj: Vlastné spracovanie).....	63
Tabuľka č. 8 Ohodnotenie dopadu rizika (Zdroj: Vlastné spracovanie)	64
Tabuľka č. 9 Ohodnotenie miery výskytu (Zdroj: Vlastné spracovanie).....	64
Tabuľka č. 10 Hodnoty jednotlivých rizík (Zdroj: Vlastné spracovanie)	64
Tabuľka č. 11 Návrhy opatrení (Zdroj: Vlastné spracovanie)	65
Tabuľka č. 12 Časová analýza v tabuľke (Zdroj: Vlastné spracovanie)	70
Tabuľka č. 13 Celkové náklady za projekt (Zdroj: Vlastné spracovanie)	74