

# Aplikácia GIS pre monitoring separovaného odpadu v meste Rajec s využitím Smart technológií



Autor: Peter Rendek

Vedúci práce: doc. Ing. Peter Márton, PhD., KMMOA, UNIZA

Žilinská univerzita v Žiline

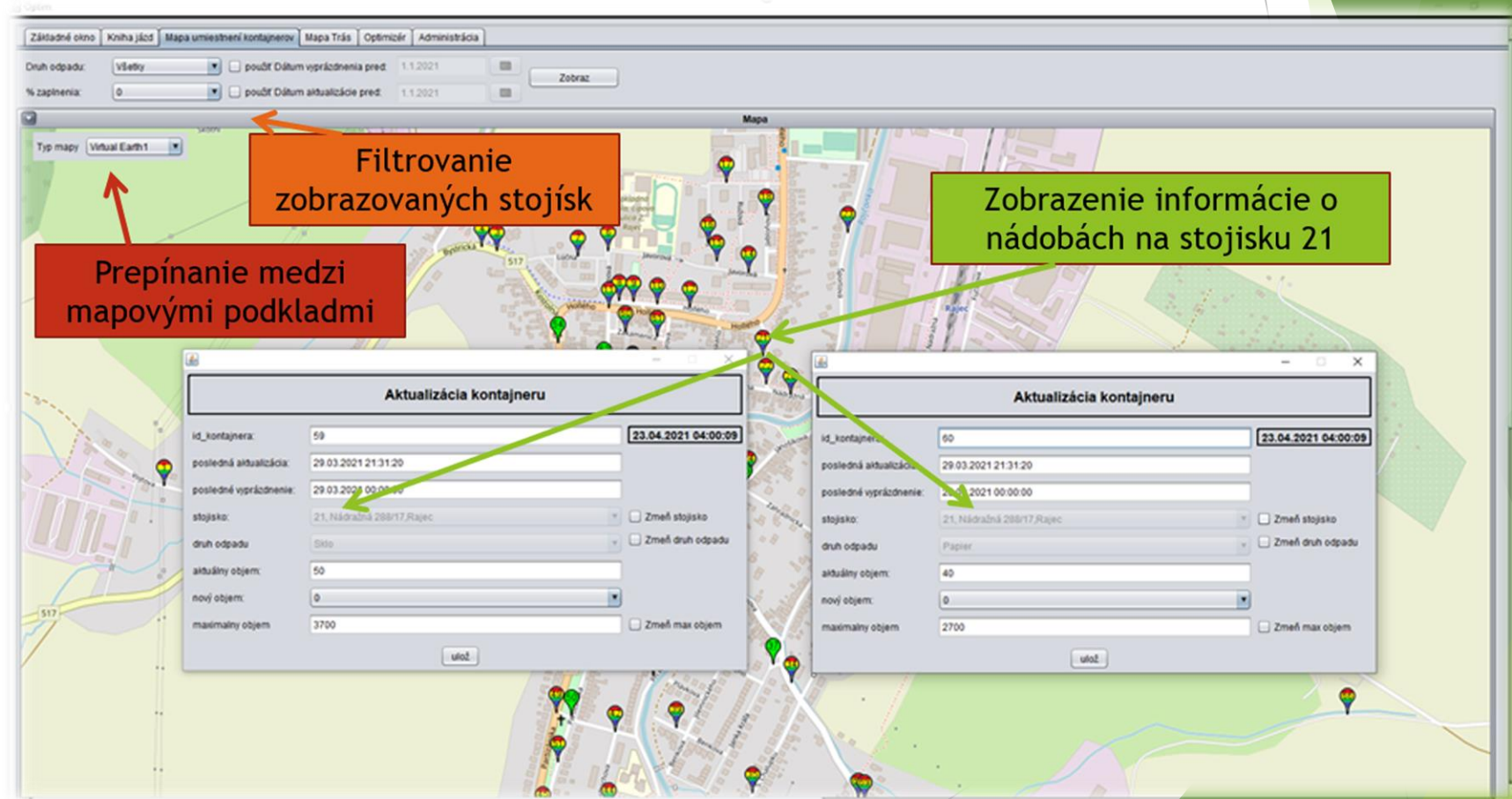
Fakulta riadenia a informatiky, Katedra matematických metód a operačnej analýzy

14.06.2021



# Analýza aktuálnej situácie v Rajci

- Počet obyvateľov: 5777, Rozloha: 31,46km<sup>2</sup>
- Komunálny odpad, sklo, plast, papier, kovové obaly, textil, olej
- 65 stojísk:
  - Sklo: 68
  - Plast: 36
  - Papier: 46
  - Kov. obaly: 17
  - Textil: 11
  - Olej: 2



# Požadované funkcionality aplikácie

- ▶ Monitorovanie naplnenosti zberných nádob (SMS brána, senzor Sensoneo)
- ▶ Optimalizácia zberných trás
- ▶ Optimalizácia rozmiestnenia stojísk
- ▶ Plánovanie a správa zberných jazd
- ▶ Štatistiky odpadové hospodárstva
  - ▶ Historický vývoji stavu naplnenosti zberných nádob
  - ▶ Uskutočnené zberné jazdy (nazbierané množstvo odpadu na jednotlivých stojiskách, celkové nazbierané množstvo)
  - ▶ Najazdené km jednotlivých vozidiel vozového parku

# Použité nástroje a technologie

- QGIS, Open Street Map



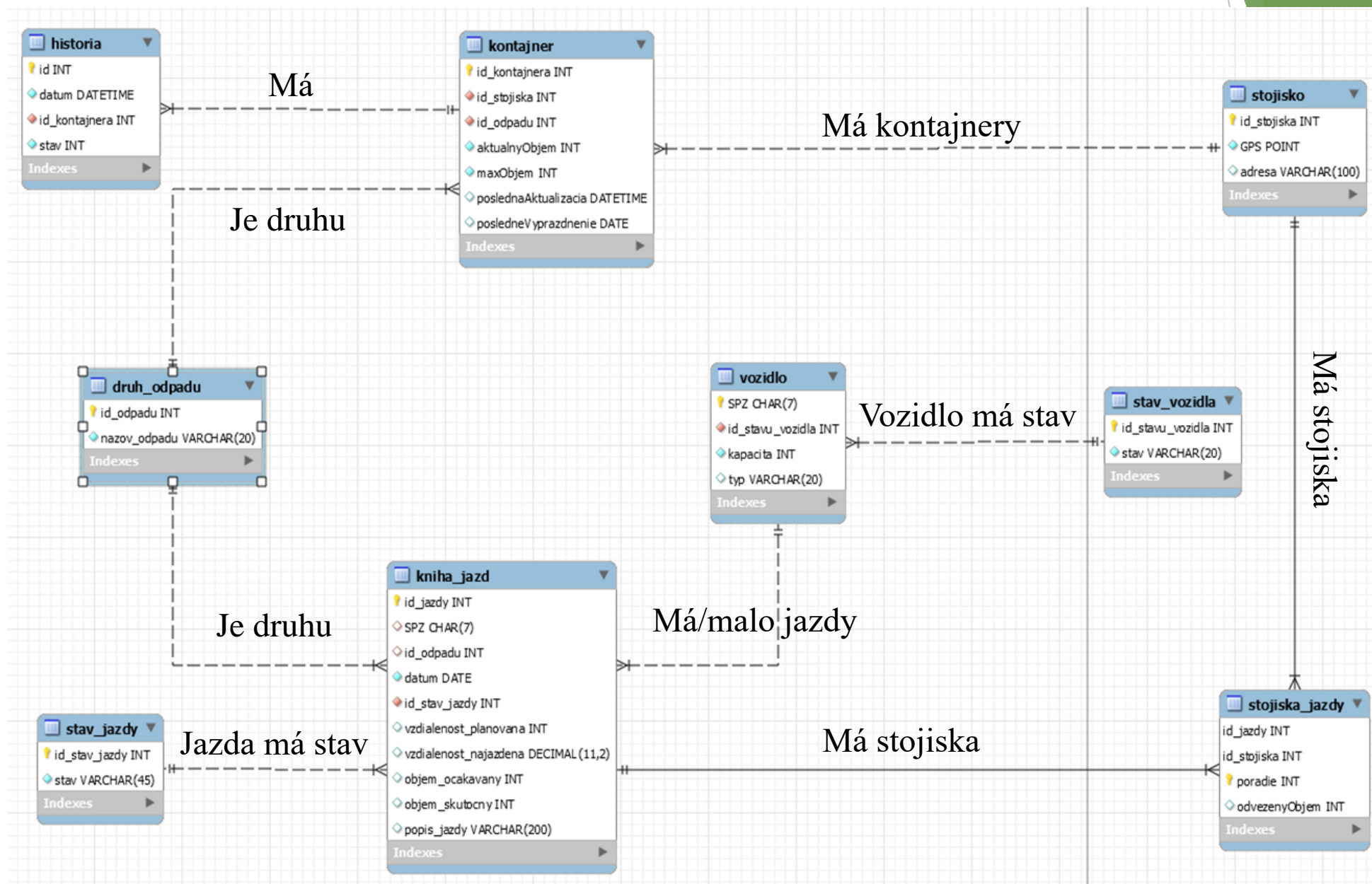
- MySQL, MySQL Workbench, Toad Data Modeler



- Java, Netbeans, JxMapView2



# Databázový model





# Monitorovanie naplnenosti zberných nádob (SMS brána, senzor Sensoneo)

Optim

Základné okno Kniha jzd Mapa umiestnení kontajnerov Mapa Trás Administrácia

Druh odpadu: Všetky % zaplnenia: 0

**Aktualizácia objemov nádob z SMS**

Zobraz Aktualizuj z SMS 4 Planuj zber Pridaj kontajner

id_stojiska	id_kontajnera	adresa	posledne vyprazdnenie	posledna aktualizácia	Vybra			
1	1	Skló	60	1700	Vojtová83/1,Rajec	29.03.2021	29.03.2021 21:31:20	
1	190	Komunálny odpad	10	1000	Vojtová83/1,Rajec	23.02.2021	29.03.2021 21:31:20	
2	2	Skló	100	900	Bystrická89/11,Rajec	29.03.2021	29.03.2021 21:31:20	
2	3	Papier	10	3000	Bystrická89/11,Rajec	28.03.2021	29.03.2021 21:31:20	
2	4	Textil	80			29.03.2021 21:31:20	29.03.2021 21:31:20	
3	5	Skló	0			29.03.2021 15:28:43	29.03.2021 21:31:20	
3	6	Papier	20			29.03.2021 21:31:20	29.03.2021 21:31:20	
4	7	Skló	80			29.03.2021 21:31:20	29.03.2021 21:31:20	
4	8	Plast	10			29.03.2021 21:31:20	29.03.2021 21:31:20	
6	9	Skló	0			30.03.2021 15:28:43	30.03.2021 15:28:43	
6	10	Plast	20			29.03.2021 21:31:20	29.03.2021 21:31:20	
6	11	Papier	0	2200	Lúčna1130,Rajec	28.03.2021	29.03.2021 21:31:20	
7	12	Skló	50	2200	Lúčna1130,Rajec			
7	13	Plast	30	300	Lúčna1130,Rajec			
7	14	Papier	20	3000	Lúčna1130,Rajec			
8	15	Skló	0		Holíého159/7,Rajec			

**Zobrazenie SMS s neplatným formátom**

**Virtuálne tel. číslo SMS brány**

**Možnosť použiť QR kód**

ID:8#  
+421940682220

**Možnosť aktualizovať stav nádoby pomocou poslania SMS (bez použitia Smart senzorov) v tvare: „ID:8#50%“**

**Vaše číslo nádoby**

**% naplnenia nádoby**

**Nespracované správy**

Dátum prijatia	Odosielateľ	Správa
20.02.2001 20:00:00	0944339622	rfwehweruiyui
20.02.2001 21:00:00	0944339622	rfgggghhhhhlll
20.02.2001 22:00:00	0944339622	rfwevdfgdfgrweuiyui
20.02.2001 23:00:00	0944339622	dfsfdfsfdui

Dátum: Odosielateľ:

Vymaž správu Odpovedať

Mesačný poplatok za Zostávajúci kredit Približný počet zostáva

Zobraz rozmestenie kontajnerov Zobraz odporúčané Trasy



# Optimalizácia zberných trás - návrh jazd

Optim

Základné okno   Kniha jazd   Mapa umiestnení kontajnerov   Mapa Trás   Optimalizér   Administrácia

Druh odpadu: Sklo   ☐ použiť   Dátum vyprázdnenia pred: 1.1.2021   ID Kontajneru:   Zobraz   Aktualizuj z SMS   4

% zaplnenia: 40   ☐ použiť   Dátum aktualizácie pred: 1.1.2021   Planuj zber   Pridaj kontajner

**Filtrovanie zberných nádob**

ID_stojis...	ID_kontajnera	odpad	%-naplnenia	maxObjem [L]	adresa	Posledné Vyprázdnenie	Posledná aktualizcia	Vybrať	Vývoj	Vývoj
1	1	Sklo	60	1700	Vojtová83/1,Rajec	29.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	7	Sklo	80	3600	Bystrická89/11,Raj...	29.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	12	Sklo	50	2200	Lúčna1130,Rajec	29.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	26	Sklo				29.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>		
15	39	Sklo	80	2600	Smreková187/1,Ra...	29.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>		

**Tabuľka zberných nádob**

**Plánuj zber**

Kapacity vozidiel			
kapacita	Všetky	Pripravene	
15000	3	0	+
25000	1	0	+
88888	1	0	+

**Vybrané kapacity**

	vozidlo1	vozidlo2	vozidlo3
Kapacita:	10000	20000	25000
Priorita:	5	1	5
Vyhod'	×	×	×

Vytvorenie Zvozu   Aktuálne jazdy

Objem spolu: 58870.0   Počet stojísk: 32   Počet stojísk vybraných: 32

Objem vybraných: 58870.0   Kapacita vybraných áut: 55000   Počet vybraných áut: 3

Výpis   Tabuľka - editácia zvozu

**Realizácia navrhovaných trás**

**Zobrazenie na mape navrhovaných trás**

**Použitá optimalizácia: ClarkWright**

Trasa[1] s vozidlom s nosnosťou: 20000.0 vyzbiera:

Pôvodná suboptimálna trasa: 0>42>43>46>51>52>45>47>11>9>10>1

Alternatívna optimalna trasa: 0>42>43>46>52>45>51>47>11>9>10>1

\*\*\*\*\*

Trasa[2] s vozidlom s nosnosťou: 25000.0 vyzbiera:

Pôvodná suboptimálna trasa: 0>27>31>33>68>69>66>34>38>39>56>55>53>40>58

Alternatívna subOptimalna trasa: 0>31>33>34>69>68>66>27>38>39>56>55>53>40>5

\*\*\*\*\*

Trasa[3] s vozidlom s nosnosťou: 10000.0 vyzbiera:

Pôvodná suboptimálna trasa: 0>30>29>28>32>0 Náklady: 1,35Km

Alternatívna optimalna trasa: 0>30>29>32>28>0 Náklady: 1,35Km

\*\*\*\*\*

Celkovo sa vyzbiera: 53280.0L

Celkové pôvodné náklady: 18,40Km Celkové optimalizované náklady: 17,96Km

**Doplňujúce informácie k vybraným nádobám a vozidlám**

**Tabuľky pre výber vozidiel pre zber**

**Navrhované zberné jazdy**

Zobraz rozmiestnenie kontajnerov   Zobraz odporúčané Trasy

# Optimalizácia zberných trás - editácia jazdy

Optim

Základné okno Kniha jazd Mapa umiestnení kontajnerov Mapa Trás Administrácia

Druh odpadu: Plast ☐ použiť Dátum vyprázdenia pred: 1.1.2021 ID Kontajneru: Zobraz Aktualizuj z SMS 4

% zaplnenia: 0 ☐ použiť Dátum aktualizácie pred: 1.1.2021 Planuj zber Pridaj kontajner

id_stojiska	id_kontajnera	nazov_odpadu	aktualnyObjem	maxObjem	adresa	posledneVyprazdnenie	poslednaAktualizacia	Vybrať
4	8	Plast	10	2500	Bystrická135,Rajec	28.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>
6	10	Plast	20	900	Lipová1132/25,Rajec	28.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>
7	13	Plast	30	300	Lúčna1130,Rajec	28.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>
8	16	Plast	60	3600	Hollého159/7,Rajec	29.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>
9	20	Plast	60	1300	Hollého159/9,Rajec	29.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>
10	23	Plast	20	2500	Hollého160/12,Rajec	29.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>
11	27	Plast	60	2400	Hollého161/13,Rajec	28.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>
12	30	Plast	50	800	Hollého162/16,Rajec	29.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>
13	33	Plast	40	700	Javorová186/3,Rajec	29.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>
14	36	Plast	90	5000	Smreková187/1,Rajec	29.03.2021	29.03.2021 21:31:20	<input checked="" type="checkbox"/>

**Kapacity vozidiel**

kapacita	Vsetky	Pripravene	
15000	3	2	+
25000	1	1	+
8000	1	1	+

**Vybrané kapacity**

Kapacita:	Priorita:	Výhod:

**Zapnutie editačného módu**

**Prepínanie medzi zobrazovanými trasami**

**Informácie ku jazde**

Objem spolu: 33820.0 Počet stojísk: 32 Počet stojísk vybraných: 27

Objem vybraných: 27760.0 Kapacita vybraných áut: 8000 Počet vybraných áut: 3

Výpis Tabuľka - editácia zvozu

Navrhované zvozy: Trasa: 1 Dĺžka trasy: 13734 Potrebne zvozit': 22470 Vozidlo: Nevybrane

Id_stojiska	0	29	28	67	66	36	35	34
Adresy	Zberný dvor	1.Mája429/19,Rajec	1.Mája401/52,Rajec	krivín1194,Rajec	Krivín1200/13,Rajec	Sama Chalupku1089/34,Rajec	Sama Chalupku1087/32,Rajec	Obrancov mieru389/40,Rajec
Kapacita	-	1200	480	390	1860	630	630	480
Navrh. poradie	0	1	2	3	4	5	6	7

**Pomocou „t'ahaj a pusti“ za hlavičku stĺpca je možné meniť poradie stojísk pri jazde.**

**Zobrazenie predĺženia / úspory oproti navrhovanej trase**

**Pridanie trasy do naplánovaných jazd**

Uprav trasu Vytvor jazdu Zobraz trasu

Navrhované zvozy: Trasa: 0 Dĺžka trasy [Km]: 14.14

Id_stojiska	29	28	27	34
Adresy	1.Mája429/19,Rajec	1.Mája401/52,Rajec	1.Mája430/22,21,Rajec	Obrancov mieru389/40,Rajec
Kapacita	0	0	150	0
Navrh. poradie	1	2	3	4
Odober	×	×	×	×

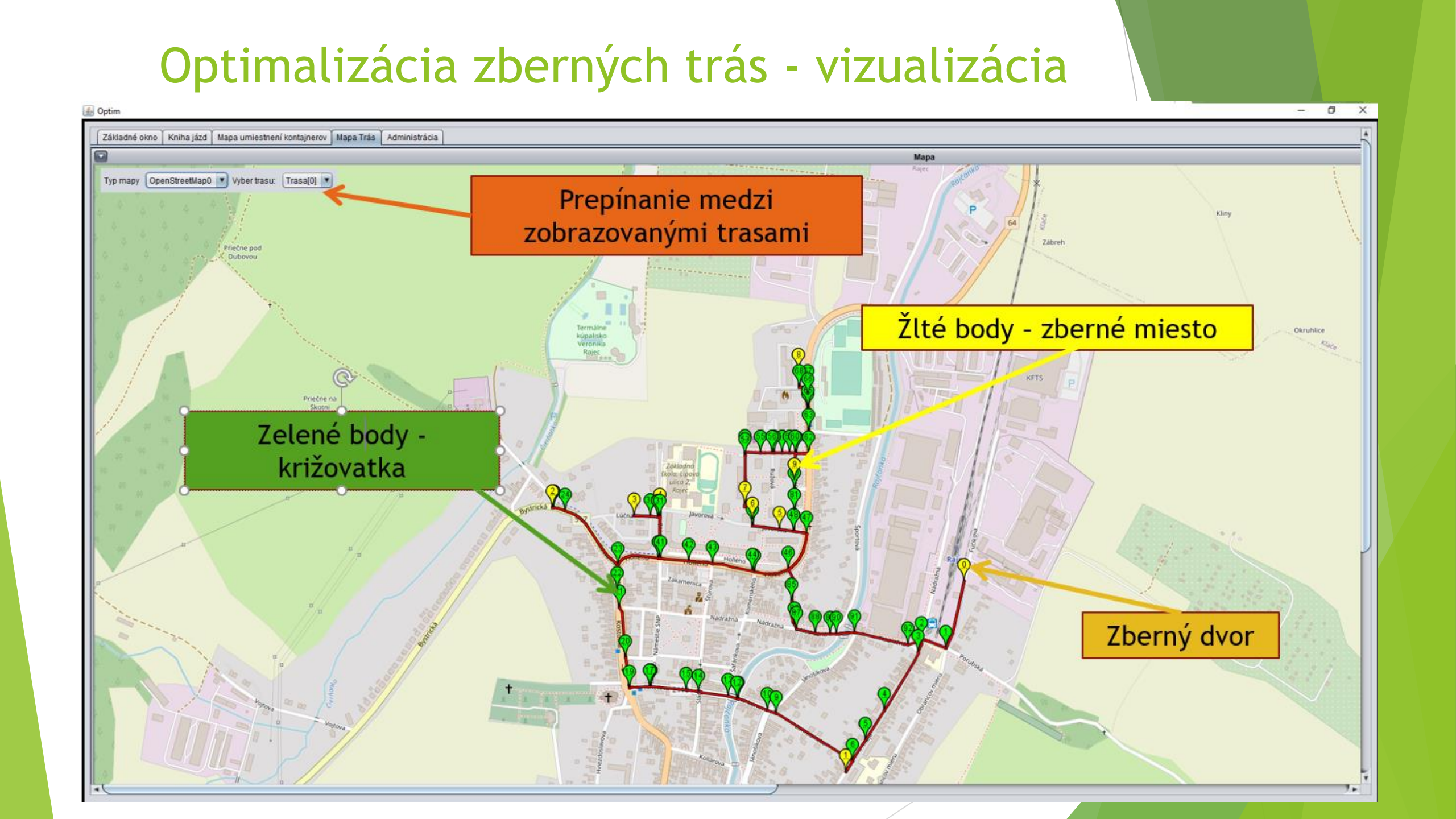
Ulož trasu Úspora [Km]: 0 Nová dĺžka [Km]: 0 Vráť do pôvodného stavu

Vytvor jazdu Zobraz kompletnú trasu



é miesto

Zberný dvor

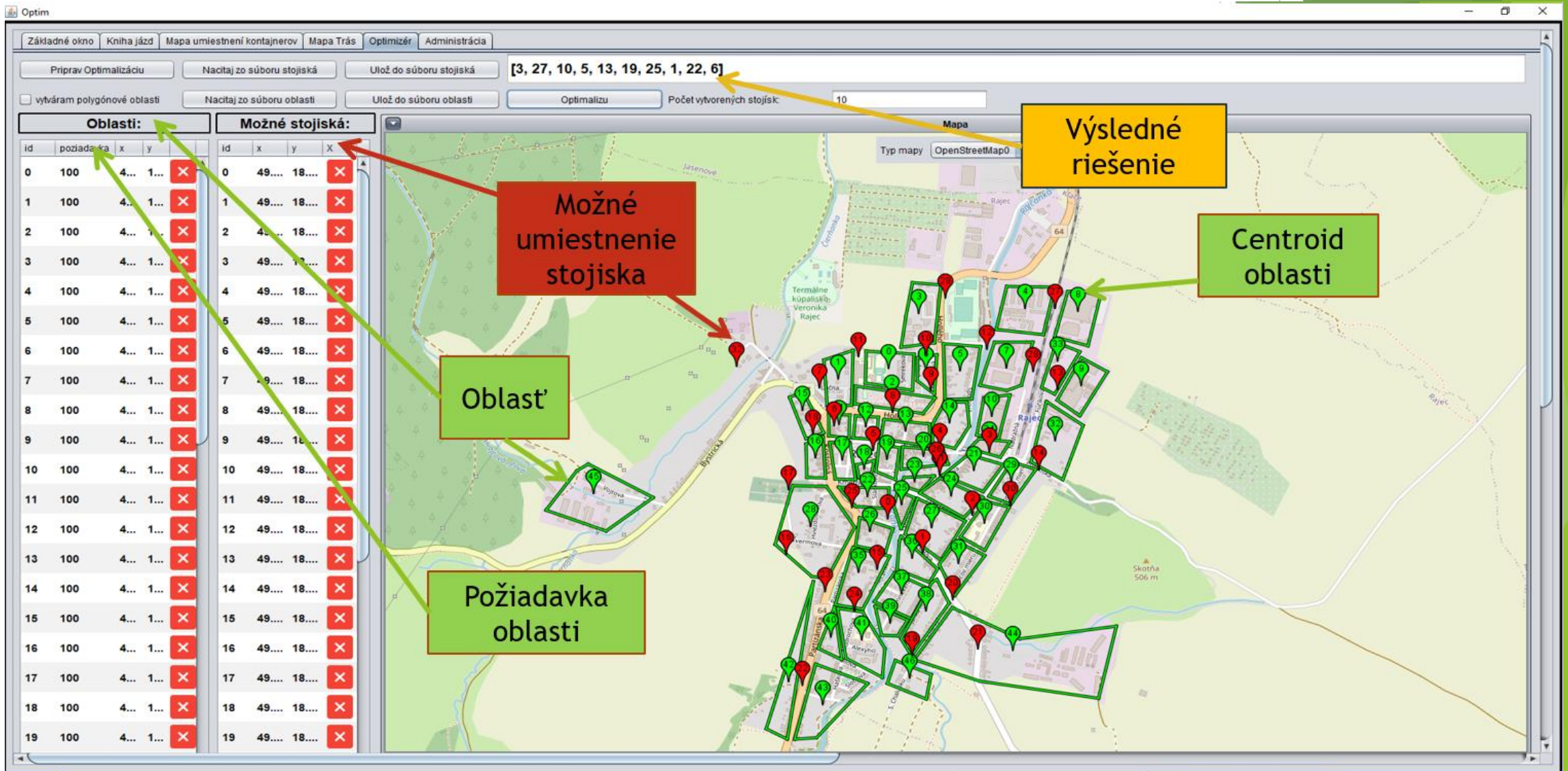


# Optimalizácia zberných trás - výber algoritmu

```
if (pocetStojisk+1 <= 15 && sumPoziadaviek < vozidla.get(0).kapacita) {  
    //optimalizacia s Metodou vetiev a hranic  
} else if (stojiska.size() > 15 && sumPoziadaviek < vozidla.get(0).kapacita) {  
    //optimalizacia s Koloniou mravcov  
} else {  
    //optimalizacia sekvenčnym ClarkWright  
    for (Trasa trasa : cw.getTrasy()) {  
        if (trasa.getZakazniciTrasy().size() > 15) {  
            //doptimalizacia s Koloniou mravcov  
        } else {  
            //doptimalizaciou Metodou vetiev a hranic  
        }  
    }  
}
```



# Optimalizácia zberných stojísk



# Správa naplánovaných a aktuálnych jazd

Optim

Základné okno | Kniha jazd | Mapa umiestnení kontajnerov | Mapa Trás | Administrácia

Druh odpadu: Všetky ☐ použiť Dátum vyprázdnenia pred: 1.1.2021 ☐ ID Kontajneru: Zobraziť Aktualizuj z SMS **4**

% zaplnenia: 0 ☐ použiť Dátum aktualizácie pred: 1.1.2021 ☐ Pridaj kontajner

**Zobrazenie aktuálnych jazd**

id_stojiska	id_kontajnera	nazov_odpadu	aktualnyObjem
			60
			10
			100
			10
			80
			0
			20
			80
			10
			0
6	10	Plast	20
6	11	Papier	0
7	12	Sklo	50
7	13	Plast	30
7	14	Papier	20
8	15	Sklo	0

**Tabuľka aktuálnych jazd:**  
Po kliknutí, na vybranú jazdu sa sprístupní úprava jazdy

id_jazdy	stav	SPZ	ucel	datum	objem_odkavany	objem_skutocny	vzdialenost_najazde...	vzdialenost_planova...
43	nový	SPZ0004	Plast	05.04.2021	7810		5825	
45	nový	Nezadaná	Papier	05.04.2021	24890		16124	
44	prebiehajúci	SPZ0007	Papier	05.04.2021	6940		1894	
46	prebiehajúci	SPZ0003	Papier	05.04.2021	2350		6122	
42	ukončený	SPZ0016	Plast	05.04.2021	22470		13734	

**Tabuľka vozidiel vozového parku:**

- Aktualizácia vozidiel
- Pridanie nových vozidiel

**Vozidlá odpadového hospodárstva**

SPZ	stav	kapacita	najazdeneKm
SPZ0002	Pripravené	15000	0,00
SPZ0004	Pripravené	8000	0,00
SPZ0005	Pripravené	5000	10,00
SPZ0006	Pripravené	10000	0,00
SPZ0008	Pripravené	20000	0,00
SPZ0016	Pripravené	88888	15,00
SPZ0001	Na jazde	999999	0,00
SPZ0003	Na jazde	25000	35,00
SPZ0007	Na jazde	15000	0,00
SPZ0009	Mimo prevádzky	5000	0,00
SPZ0010	Mimo prevádzky	10000	0,00
SPZ0011	Mimo prevádzky	15000	0,00
SPZ0012	Mimo prevádzky	20000	0,00
SPZ0014	Mimo prevádzky	20000	0,00
SPZ0013	Vyradené	1000	0,00
SPZ0015	Vyradené	4	0,00
SPZ1245	Vyradené	10000	0,00

**Vytvorenie jazdy, ktorá nesúvisí so zberom odpadu**

Vymaž jazdu | Pridaj servisovú jazdu

**Úprava jazdy**

Vozidlo:  Očakávaná vzdialenosť:  Očakávaný objem:

Nový stav:  Najazdené km:  Zozbieraný objem:

Stojiska jazdy

Vyberte vozidlo, ktoré jazdu vykoná

## Správa jász - stav jazdy „nový“

Úprava Jazdy Messenger

**Úprava jazdy: 45**

Vozidlo:	Nezadaná	Očakávaná vzdialenosť:	16.124Km	Očakávaný objem:	24890
Nový stav:	nový	Najazdené km:		Zozbieraný objem:	
Stav tachometra [km]:	nový	Predmet jazdy:	Papier		
		<input checked="" type="checkbox"/> poslať Jazdu ako SMS	Ulož zmenu	Zavri zmenu	

Zobraz trasu

Nastavením stavu, „prebiehajúci“ a uložením, začína vykonávanie zberu a vybranému vozidlu sa nastaví stav „Na jazde“

Uloženie zmeny, ak ste nastavili stav na „prebiehajúci“ aplikácia sa Vás opýta či chcete poslať SMS príkaz pracovníkovi, ktorý jazdu vykoná

## Správa jász - stav jazdy „prebiehajúci“

**Úprava jazdy: 44**

Vozidlo:	SPZ0007	Očakávaná vzdialenosť:	1.894Km	Očakávaný objem:	6940
Nový stav:	prebiehajúci	Najazdené km:	0	Zozbieraný objem:	
Stav tachometra [km]:	prebiehajúci	Predmet jazdy:	Papier		
		<input checked="" type="checkbox"/> poslať Jazdu ako SMS	Ulož zmenu	Zavri zmenu	

Zobraz trasu

Nastavením stavu, „ukončený“ a uložením, skončilo vykonávanie zberu a vybranému vozidlu sa nastaví stav „Pripravené“.

Uloženie zmeny



# Správa jazd - stav jazdy „ukončený“

Nastavením stavu „uzavretý“ a uložením, odoberte jazdu zo zoznamu aktuálnych jazd a uložíte ju do histórie

Vloženie objemu odpadu, ktorý sa zozbieral v rámci celej jazdy

Vymaž jazdu Pridaj servisovú jazdu

Úprava Jazdy Messenger

### Úprava jazdy: 42

Vozidlo: SPZ0016 Očakávaná vzdialenosť: 13.734Km Očakávaný objem: 22470

Nový stav: ukončený Najazdené km: 15 Zozbieraný objem:

Stav tachometra [km]: ukončený Predmet jazdy: Plast uzavretý

Zobraz trasu Ulož zmenu Zavri zmenu

### Stojiska jazdy

id_stojika:	0	29	36	28	66	35	67
Adresy:	Fučíková zberný dvor	1.Mája429/19,Rajec	Sama Chalupku1089/34,Rajec	1.Mája401/52,Rajec	Krivín1200/13,Rajec	Sama Chalupku1087/32,Rajec	krivín1194,R
Poradie:	0	1	2	3	4	5	6
Očakávaný obj:	0	1200	630	480	1860	630	390
Zozbieraný obj:	0	13000	630	4500	1860	630	390

Vloženie objemu odpadu, ktorý sa na danom stojisku zozbieral

# Ďakujem za pozornosť !

Separovanie nás stojí len čas, keďže za triedený odpad sa neplatí.

Platí sa len za odpad, ktorý končí na skládke.



14.6.2021

Vypracoval: Bc. Peter Rendek

Vedúci práce: doc. Ing. Peter Márton, PhD., KMMOA, UNIZA

# Otázky od oponenta

- Bola aplikácia nasadená v reálnej praxi? Ak áno, aké sú na aplikáciu ohlasy?
- Na str. 20 diplomant spomína v texte práce ako jednu z metód riešenia úlohy TSP metódu Backtracking. O akú metódu sa jedná?
- V kapitole 3.3.3 sú uvedené parametre pre metódu ACO. Akým spôsobom boli tieto hodnoty nastavené?

**Konštanty:**  $ro = 0.5$ ,  $alfa = 1.0$ ,  $beta = 2.0$

```
/**
 * Vyprchanie fermonov
 */
public void vyprchanie() {
    for (int i = 0; i < dMatrix.length; i++) {
        for (int j = 0; j < dMatrix.length; j++) {
            fMatrix[i][j] = ((1 - ro) * fMatrix[i][j]);
        }
    }
}
```

```
public void preratajRMatrix() {
    for (int i = 0; i < dMatrix.length; i++) {
        for (int j = 0; j < dMatrix.length; j++) {
            rMatrix[i][j] = Math.pow(fMatrix[i][j], alfa) *
                Math.pow(1.0 / (dMatrix[i][j] + 0.1), beta);
        }
    }
}
```

# Otázky od oponenta

- Na str. 50 sa píše, že diplomant ladiť parametre algoritmu ACO. Bolo by vhodné uviesť, akým spôsobom boli parametre ladené.

MATICA veľkosti:		18x18		
ACO:	Replikácií	1000		
	Parametre replikácie			
	Mravcov:	100		
	Replikácie:	100		
				rozdiel oproti optimu [%]
	Najhorší výsledok:	12158	0,47	
	Najlepší výsledok:	12101	0,00	
	Priemerný výsledok:	12131	0,25	
Gurobi:	Optimálny výsledok:	12101		

MATICA veľkosti:		33x33		
ACO:	Replikácií	1000		
	Parametre replikácie			
	Mravcov:	100		
	Replikácie:	100		
				rozdiel oproti optimu [%]
	Najhorší výsledok:	14372	1,79	
	Najlepší výsledok:	14140	0,15	
	Priemerný výsledok:	14187	0,48	
Gurobi:	Optimálny výsledok:	14119		

MATICA veľkosti:		48x48		
ACO:	Replikácií	1000		
	Parametre replikácie			
	Mravcov:	100		
	Replikácie:	100		
				rozdiel oproti optimu [%]
	Najhorší výsledok:	19177	8,39	
	Najlepší výsledok:	17892	1,13	
	Priemerný výsledok:	18527	4,72	
Gurobi:	Optimálny výsledok:	17692		

MATICA veľkosti:		65x65		
ACO:	Replikácií	1000		
	Parametre replikácie			
	Mravcov:	100		
	Replikácie:	100		
				rozdiel oproti optimu [%]
	Najhorší výsledok:	23760	12,29	
	Najlepší výsledok:	22469	6,19	
	Priemerný výsledok:	23207	9,67	
Gurobi:	Optimálny výsledok:	21160		

Obrázok 25. Porovnanie výsledkov ACO s optimálnym riešením