

# Software pro vizualizaci

## Dokumentace

<b>Projekt:</b>	Pokročilý systém pro vnitřní 2D a 3D lokalizaci v reálném čase pro automatizaci, vizualizaci a řízení výrobních procesů v Průmyslu 4.0 – řešení na bázi MEMS a PDoA/AoA hybridních metod
<b>Číslo:</b>	FV40371
<b>Koordinátor:</b>	Sewio Networks s.r.o.
<b>Další uchazeč:</b>	Vysoké učení technické v Brně

## 1 Úvod

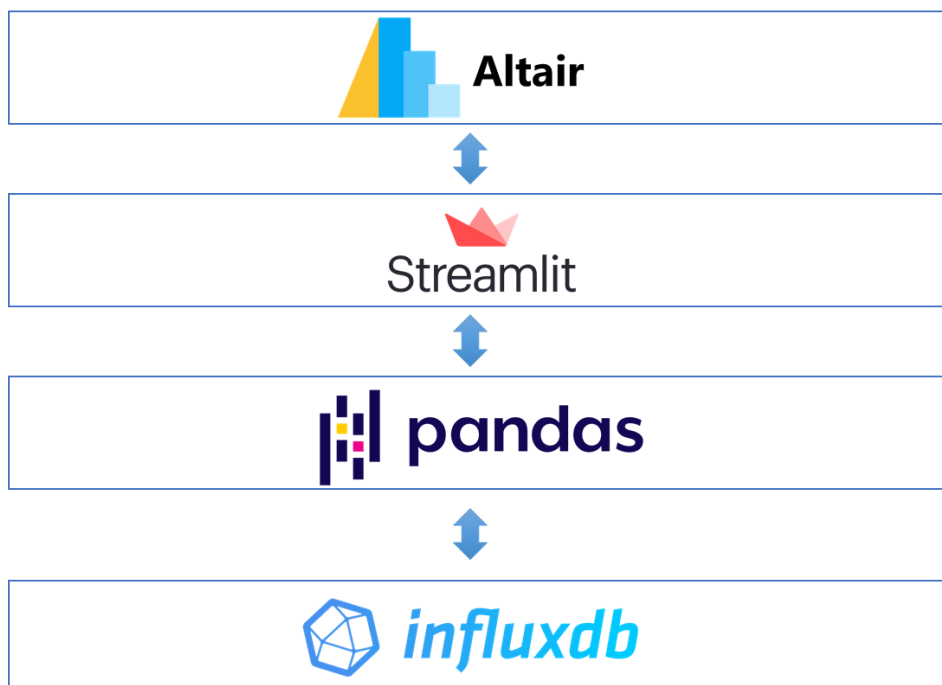
Uložená data o pohybu vozíků po skladě nemají moc velký význam, pokud se s nimi dále nepracuje. Níže popsaný systém umožňuje dále s daty pracovat a vizualizovat, tím poskytne lepší přehled nad děním ve skladu a umožní lépe optimalizovat plánování úloh a tras.

Novost:

- Analytické nástroje behaviorální modelu pro plánování a řízení ve skladu.
- Analytické nástroje pro hledání úzkých míst a předcházení nehod.
- Přenositelnost – jednoduše aplikaci spustit na jakékoliv databázi (myšleno na jakémkoliv skladu).

## 2 Architektura systému

Při návrhu systému se vycházelo ze standardní tří vrstvé architektury, která obsahuje databázovou vrstvu pro ukládání a načítání dat, zde reprezentováno databází Influxdb, dále aplikační vrstva, někdy též nazývána byznys vrstva založená na knihovně Pandas, která pro komunikaci s databázovou vrstvou používá knihovnu poskytovanou přímo vývojáři databáze. V aplikační vrstvě se pro generování webového rozhraní využívá framework Streamlit a pro zobrazování jednotlivých interaktivních grafů knihovna Altair.



Obrázek 2-1 Architektura systému

### 2.1 Influxdb

InfluxDB<sup>1</sup> je databáze s otevřeným zdrojovým kódem, která je zaměřená na ukládání časových řad. To znamená, že se jedná o sloupcovou databázi, kdy jsou jednotlivé záznamy ukládány po sloupcích a ne po řádcích, jak je u klasických SQL databází běžné. To je výhodné zejména v situacích, kdy není potřeba načítat všechny informace z jednoho záznamu, ale spíše jeden typ hodnoty v časové rozpětí. Tato výhoda plyne z fyzického uspořádání dat na disku. Pokud má jeden záznam například deset hodnot, u klasické databáze se na disk zapíše záznamy za sebou, u sloupcové databáze se nejdříve zapíše jedna hodnota ze všech měření, pak další hodnota všech měření atd. Při čtení pouze jedné hodnoty všech měření stačí u sloupcové databáze projet pouze jeden kontinuální záznam, u řádkové databáze se musí načítat každá hodnota zvlášť z jiného místa na disku a tím pádem je čtení pomalejší. Naopak řádková databáze bude rychlejší při načítání všech hodnot a jejich vrácení v řádkovém formátu (u sloupcové databáze se musí tyto hodnoty odpovídajícím způsobem přeskládat).

Databáze je napsána v programovacím jazyce Go a je optimalizována pro rychlost a vysokou dostupnost. V praxi se často používá pro uchování hodnot z internetu věcí (IoT), monitorovacích nástrojů a dalších časových řad. Pokud není

<sup>1</sup> <https://www.influxdata.com>

potřeba pokročilá analýza, používá se v praxi s nástroji pro získávání hodnot jako je Kapacitor nebo Telegraf. Pro vizualizaci dat se používá Grafana nebo Chronograf. InfluxDB má pro všechny běžné programovací jazyky konektor, takže není problém data libovolně z databáze číst a zpracovávat.

## 2.2 Pandas

Pro zpracování dat byla vybrána knihovna Pandas<sup>2</sup>. Ta umožňuje prakticky jakékoliv operace s tabulkovými daty. Jedna tabulka je tvořena indexem a jednou či více sériemi (sloupci), následně je pak možné provádět operace s jednotlivými hodnotami, řádky nebo sloupci. Dále jsou podporovány agregace, transformace, podvozování a mnoho dalších operací.

## 2.3 Streamlit

Streamlit<sup>3</sup> je Python knihovna pro vizualizaci dat ve webovém prohlížeči. Hlavní výhodou knihovny je podpora velkého množství již existujících knihoven pro vizualizaci výsledků (například Pyplot, Altair nebo Bokeh) a pro analýzu dat (Pandas) a podpora multimediálních souborů jako je obraz, audio a video. Díky předpřipraveným komponentám ovládacích a zobrazovacích prvků jde rychle a poměrně jednoduše vyvíjet webové aplikace pro zobrazování výstupů z analytických algoritmů.

Nevýhodou knihovny je pak její relativní novost (vznik v roce 2018) a tím pádem nejsou některé věci zcela odladěné, ale toto se bude časem zlepšovat

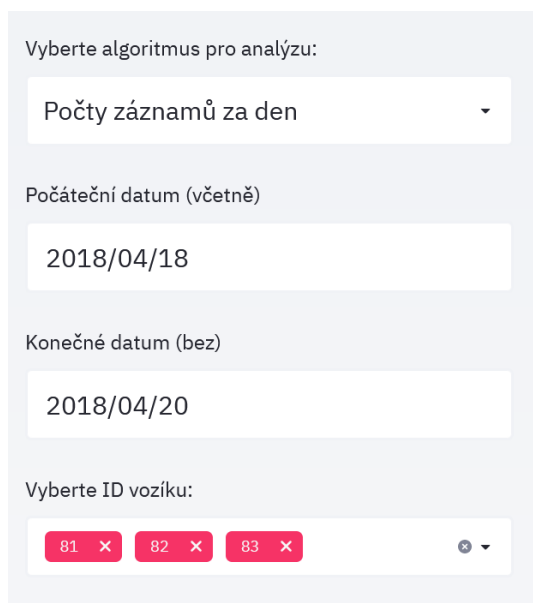
## 2.4 Altair

Pro zobrazení grafů byla použita knihovna Altair<sup>4</sup>. Mezi výhody patří jednoduchost použití, podpora ze strany Streamlit, možnost zapnutí interaktivity a flexibilita, která umožňuje datové řady mapovat nejen do os x a y, ale taky do velikosti, barvy a tvaru bodu.

Nevýhodou oproti jiným knihovnám může být nižší míra přizpůsobitelnosti grafů a chybějící podpora pro 3D grafy.

# 3 Webové rozhraní

Uživatel si může zobrazit výsledky analýz ve webovém prohlížeči. Rozhraní se skládá z postranního panelu vlevo, kde je možné volit algoritmus pro generování výstupu, počáteční a konečné datum vstupních dat a ID vozíků, pro které se má výstup zpracovat (viz Obrázek 3-1). V hlavní části se pak zobrazí výsledný graf, který reflektuje vybrané parametry z bočního panelu. Dále možné zobrazit surová data použitá pro vykreslení grafu.



The image shows a sidebar panel with the following elements:

- A label "Vyberte algoritmus pro analýzu:" followed by a dropdown menu with the selected option "Počty záznamů za den".
- A label "Počáteční datum (včetně)" followed by a text input field containing "2018/04/18".
- A label "Konečné datum (bez)" followed by a text input field containing "2018/04/20".
- A label "Vyberte ID vozíku:" followed by a multi-select input field containing three items: "81", "82", and "83", each with a red 'x' icon to remove it. There is also a plus icon and a dropdown arrow.

Obrázek 3-1: Postranní panel

<sup>2</sup> <https://pandas.pydata.org>

<sup>3</sup> <https://www.streamlit.io>

<sup>4</sup> <https://altair-viz.github.io>

## 4 Funkce pro behaviorální model

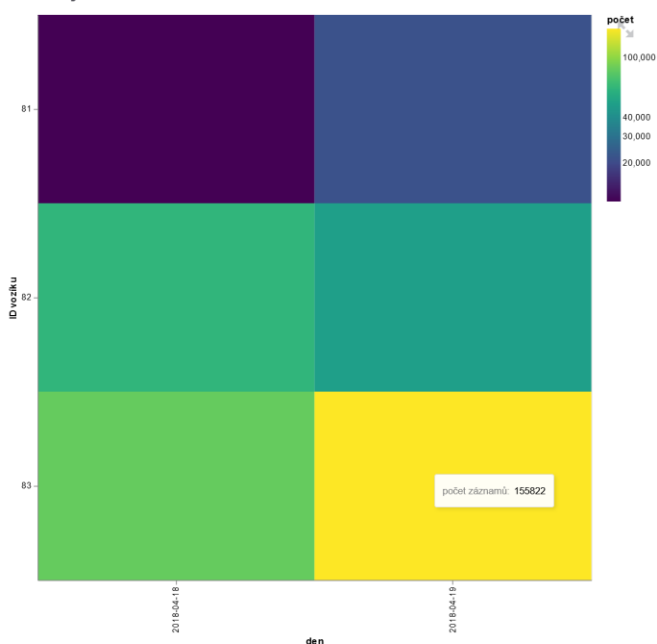
Funkce pro behaviorální model jsou následující:

- Počty záznamů za den
- Histogram počtu hodinových záznamů
- Najetá vzdálenost
- Hledání úzkých míst
- Vizualizace průjezdů
- Vytížení vozíků
- Vizualizace pohybu

### 4.1 Počty záznamů za den

Záznam je jeden řádek v databázi, to znamená jeden údaj o poloze, času a ID vozíku. Tento model umožní analýzu vytížení jednotlivých vozíků za daný časový úsek, porovnání vytížení vozíků za daný časový úsek či mezi sebou. Tyto údaje mohou být použity pro plánování údržby vozíků nebo hledání neefektivního využití vozíků.

#### Počty záznamů za den



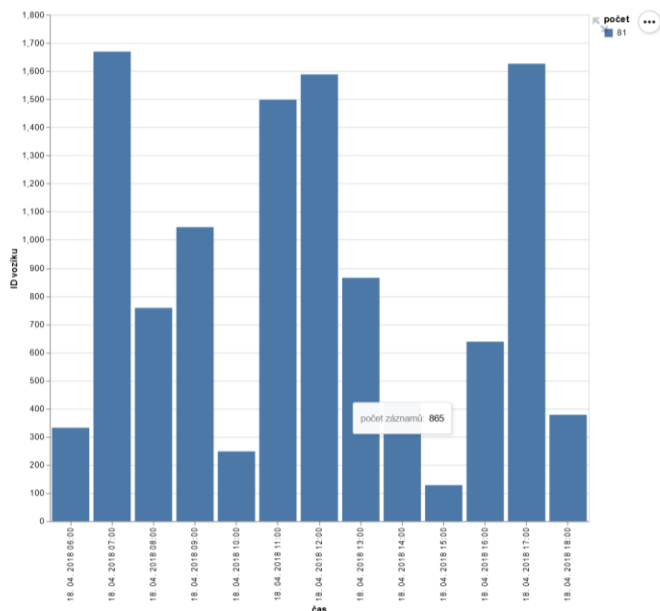
Ukaž data

	co...	time	fe...
2018-04...	1558...	2018-04...	83
2018-04...	83748	2018-04...	83
2018-04...	62901	2018-04...	82
2018-04...	49013	2018-04...	82
2018-04...	21646	2018-04...	81
2018-04...	11195	2018-04...	81

Obrázek 4-1: Počty záznamů za den

### 4.2 Histogram počtu hodinových záznamů

Cílem tohoto behaviorálního modelu je najít nejvíce vytížené časy pro následnou analýzu vzhledem k úzkým místům, rozproštění v čase či plánování.

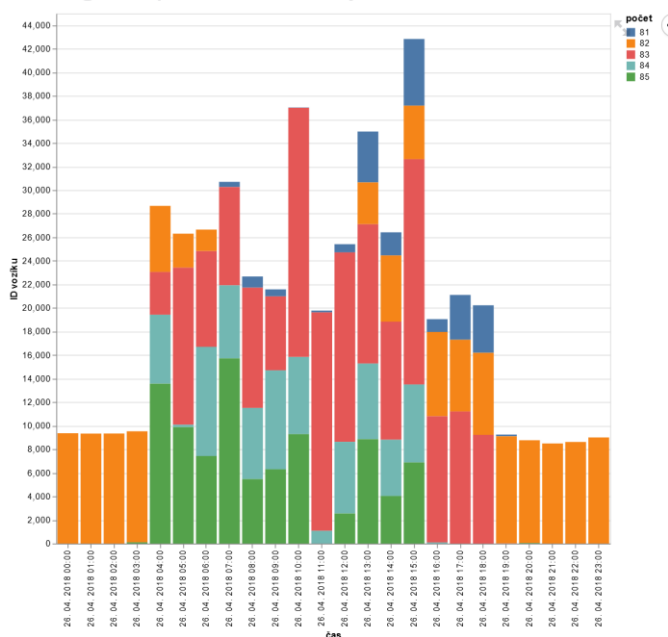


Ukaž data

cou...	time	fe...
12	378	18. 04. 2018 1...
11	1626	18. 04. 2018 1...
10	638	18. 04. 2018 1...
9	128	18. 04. 2018 1...
8	422	18. 04. 2018 1...
7	865	18. 04. 2018 1...
6	1588	18. 04. 2018 1...
5	1498	18. 04. 2018 1...

Obrázek 4-2: Histogram počtu hodinových záznamů – jeden vozík

### Histogram počtu hodinových záznamů



Obrázek 4-3: Histogram počtu hodinových záznamů - datum 26-27.4, vozíky 81-85

### 4.3 Najetá vzdálenost

Ten typ modelu zobrazuje najetou vzdálenost jednotlivých vozíků za den. V rámci možností modelu lze filtrovat najetou vzdálenost (sloupec move) pro jednotlivé vozíky a dny.

Tento model umožní analyzovat:

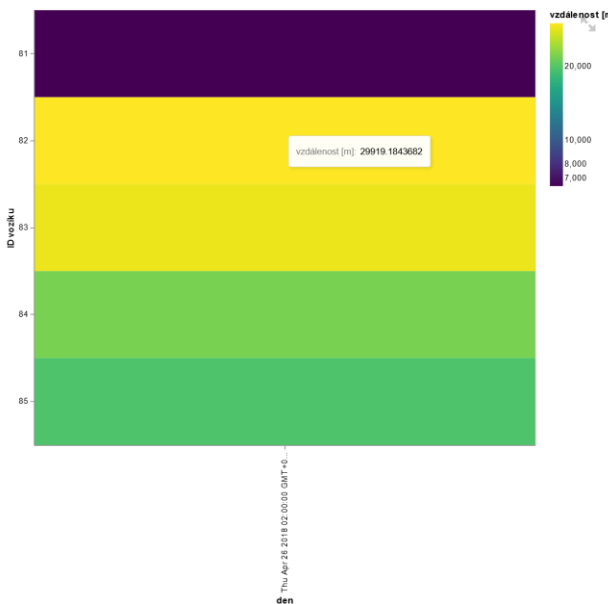
- Najít maximální vzdálenost, minimální vzdálenost.

- Porovnávat ujetou vzdálenost vozíků vykonávající stejnou práci.
- Analyzovat chování vozíků v čase.
- Analyzovat chování vozíku vzhledem k ostatním vozíkům.

Jeden den pro více vozíků – porovnání ujeté vzdálenosti vozíků.

Více dnů pro více vozíků.

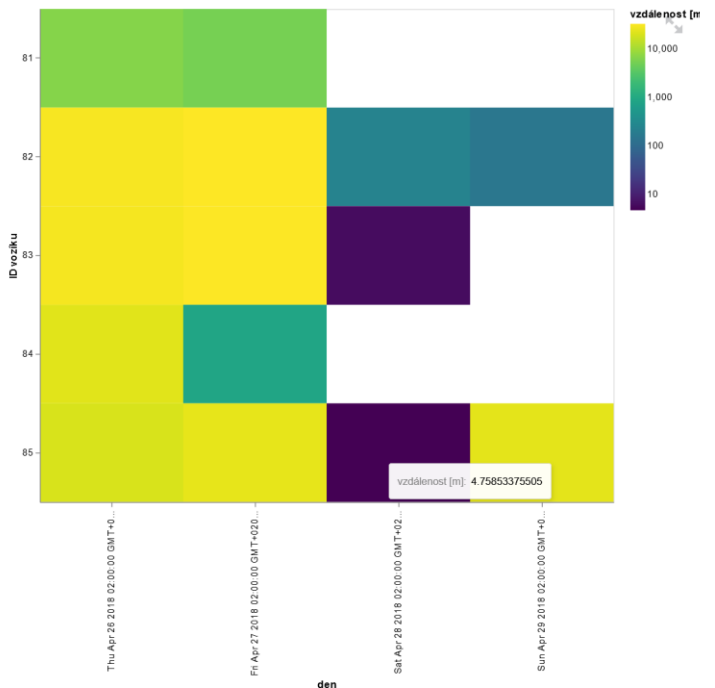
### Najeté vzdálenost



Ukaž data

time	fe...	move	delta...	lta_x
Apr 26, 2018 2:0...	82	29,919.1...	-4.30...	.3100
Apr 26, 2018 2:0...	83	28,737.1...	2.3200	.9100
Apr 26, 2018 2:0...	84	21,999.1...	-0.43...	.3300
Apr 26, 2018 2:0...	85	19,583.9...	51.54...	1.51...

### Najeté vzdálenost



Ukaž data

time	fe...	move	delta_y	lta_x
Apr 28, 2018 2:0...	85	4,7585	0	.33600
Apr 28, 2018 2:0...	83	6,0420	0.5800	.7300
Apr 29, 2018 2:0...	82	154.6584	-85.49...	7.88...
Apr 28, 2018 2:0...	82	233.8541	85.4900	1.1900
Apr 27, 2018 2:0...	84	852.4313	0.9100	.92.1...
Apr 27, 2018 2:0...	81	5,256.55...	0.1900	1.4000
Apr 26, 2018 2:0...	81	6,496.35...	0.0700	1.3200
Apr 26, 2018 2:0...	85	19,583.9...	51.5400	1.51...
Apr 26, 2018 2:0...	84	21,999.1...	-0.4300	7.3300
Apr 29, 2018 2:0...	85	22,613.9...	-12.17...	1.6500

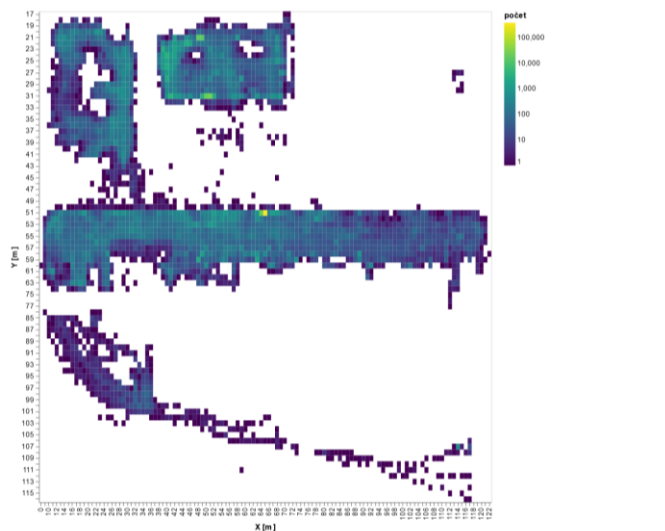
Obrázek 4-4: Najeté vzdálenost

## 4.4 Hledání úzkých míst

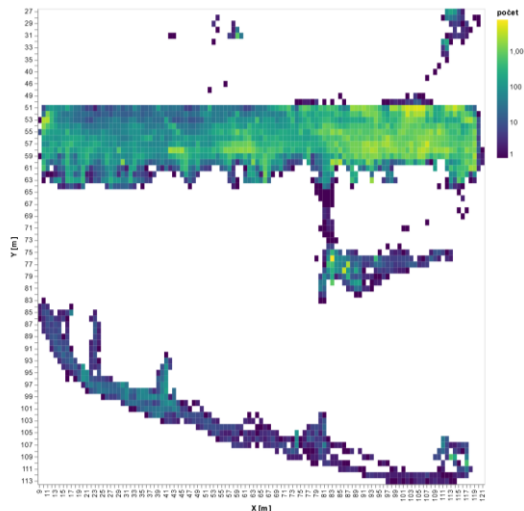
Model zobrazuje průjezdy místem a umožňuje porovnání tras vozíků a hledání úzkých míst s cílem optimalizace tras a předcházení zdržení

Analýza níže zobrazuje vytížená místa pro jednotlivé vozíky 82 a 83 a následně je zobrazena jejich kombinace (průnik), následuje hledání úzkých míst a výsledkem jsou kritická místa (průnik obou vozíků), kde může docházet k zdržení, střetům a možným kolizím. Na základě těchto výsledků lze provést optimalizace tras a plánování.

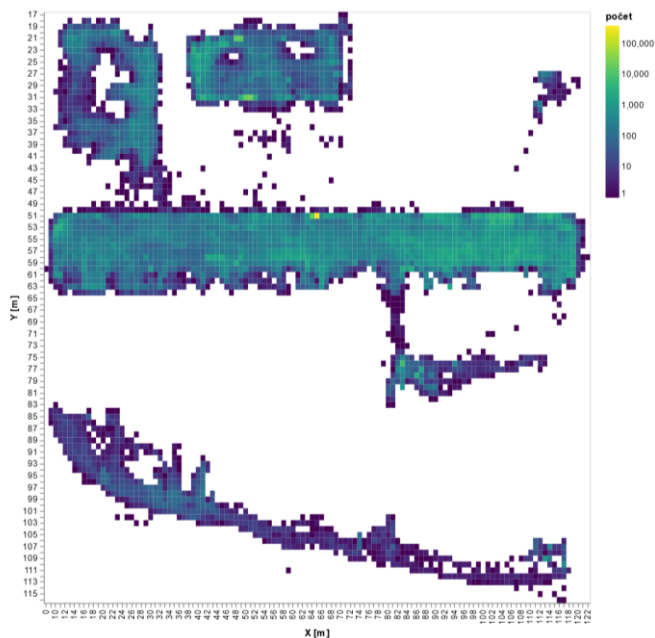
1. Vozík č. 82; dny 18-25.4



2. Vozík č. 83; dny 18-25.4



3. Vozíky č. 82+83; dny 18-25.4



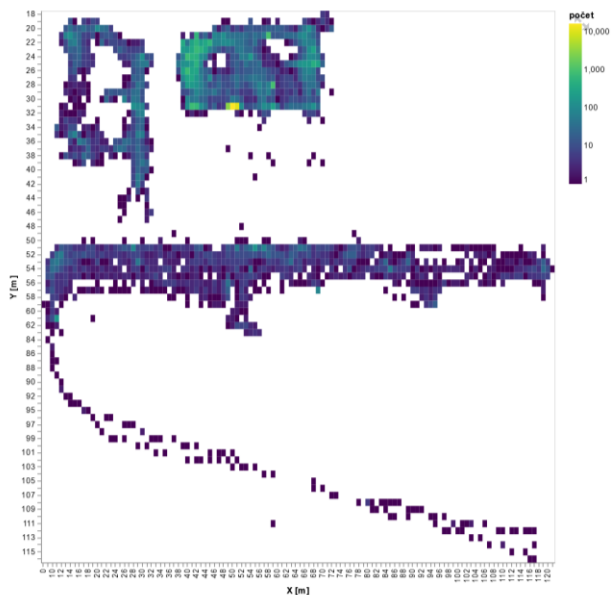
**Závěr – průniky:**

Souřadnice 65 51 představuje kritické místo vozíku 82 (max počet průjezdů za celý čas) a navíc zde má 36 průjezdů vozík č. 83.

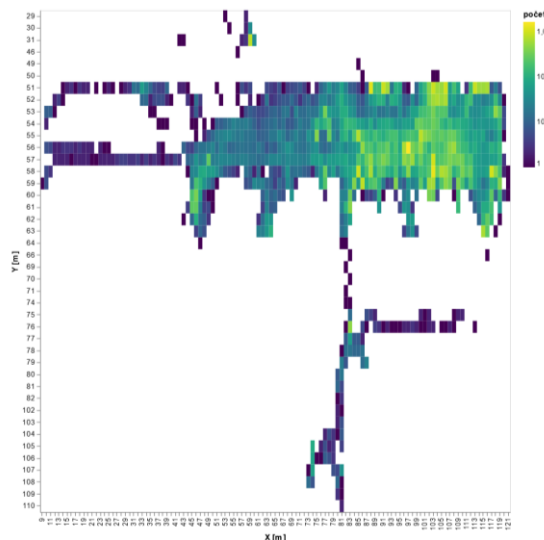
Souřadnice 64 51 představuje třetí nejvíce vytížené místo vozíku č. 82 a navíc je zde 55 průjezdů vozíku č. 83.

Obrázek 4-5: Analýzy hledání úzkých míst vozíků 82 a 83 – 6 dnů

1. Vozík č. 82; dny: 18-19.4

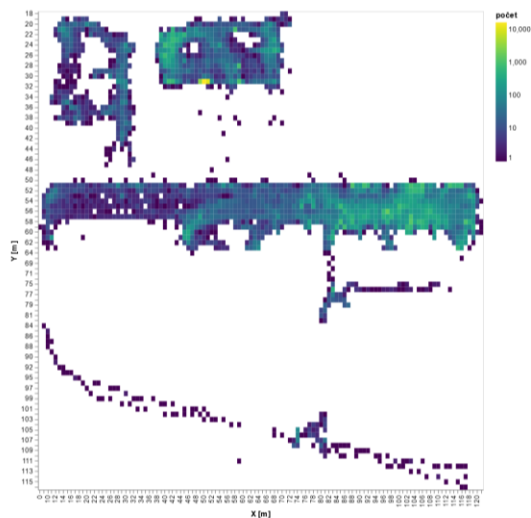


2. Vozík č. 83; dny: 18-19.4



50 31 není záznam  
51 31 není záznam  
49 31 není záznam

3. Korelace oba vozíky č. 82+83; dny: 18-19.4



**Závěr - průnik:**

Souřadnice 97 56 velmi vytížené místo vozíku č. 83 (viz tabulka vpravo) a do toho průjezdů vozíku č. 82

	x	y	count_p...
18...	50	31	16502
18...	51	31	10642
18...	49	31	2979
363	97	56	1666
164	....	58	1308
691	88	51	1190
17	59	31	1032
365	....	57	1016
527	....	58	1014
10...	58	21	1006
976	....	51	956
375	59	28	941
910	....	51	923
18...	85	58	922
765	91	51	915

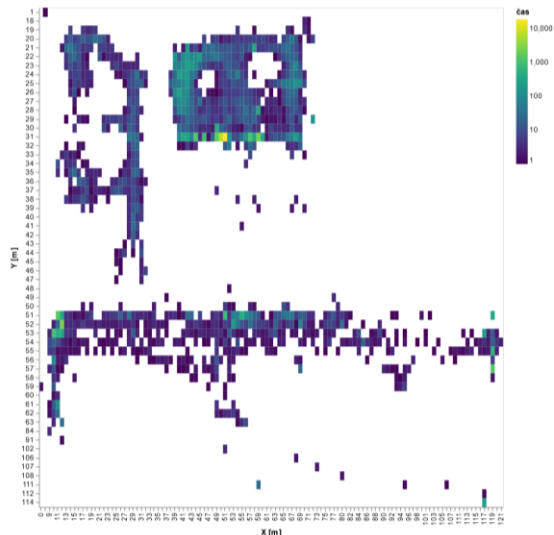
Obrázek 4-6: Analýzy hledání úzkých míst vozíků 82 a 83 – 2 dny

4.5 Vizualizace průjezdů

Model zobrazuje čas vozíků na jednom místě. Cílem je najít nejvíce frekventovaná místa (zobrazení pomocí dat „Ukaž data“ a seřadit se sloupec „duration“). Model je možné porovnávat s předchozím (průjezdy místem).



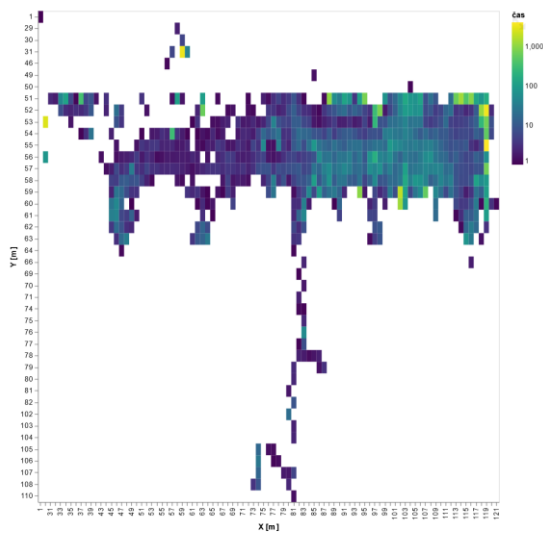
### 1. Vozík č. 82



Ukaž data

ind.	dura.	x	y
3	3833	19,294...	51 31
0	3832	7,026...	50 31
31	6356	2,878...	12 52
99	3841	2,599...	59 31
1	3831	1,756...	49 31
340	6233	1,527...	11 51
534	3826	1,464...	44 31
10...	7073	1,381...	1 57
57	3839	1,202...	57 31
093	3828	955,97...	46 31

### 2. Vozík č. 83

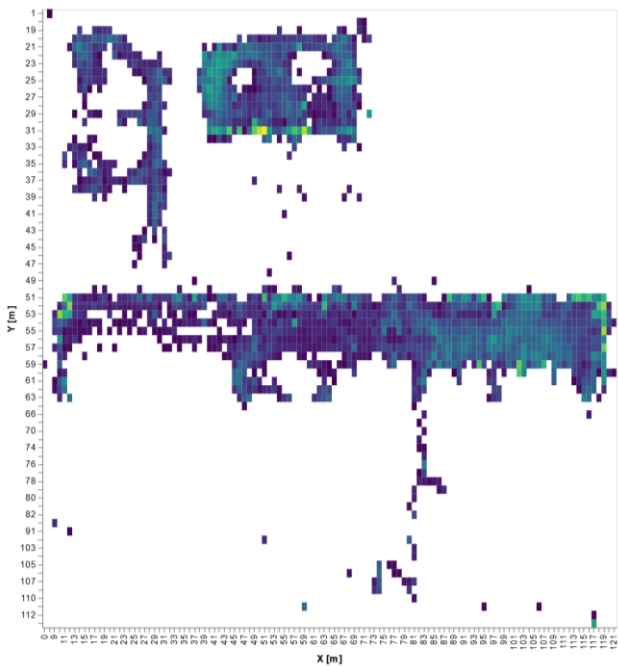


Ukaž data

ind.	dura.	x	y
4...	6829	4,253...	1 55
4...	6463	3,565...	1 52
2	3841	3,347...	59 31
9...	6476	2,748...	10 53
66	7300	1,885...	1 59
6...	6336	1,308...	1 51
67	7422	1,285...	1 60
4...	6462	1,135...	1 52
2...	6310	1,038...	88 51
3...	7292	989,38...	94 59

### 3. Vozíky č. 82+83; dny: 18-19.4

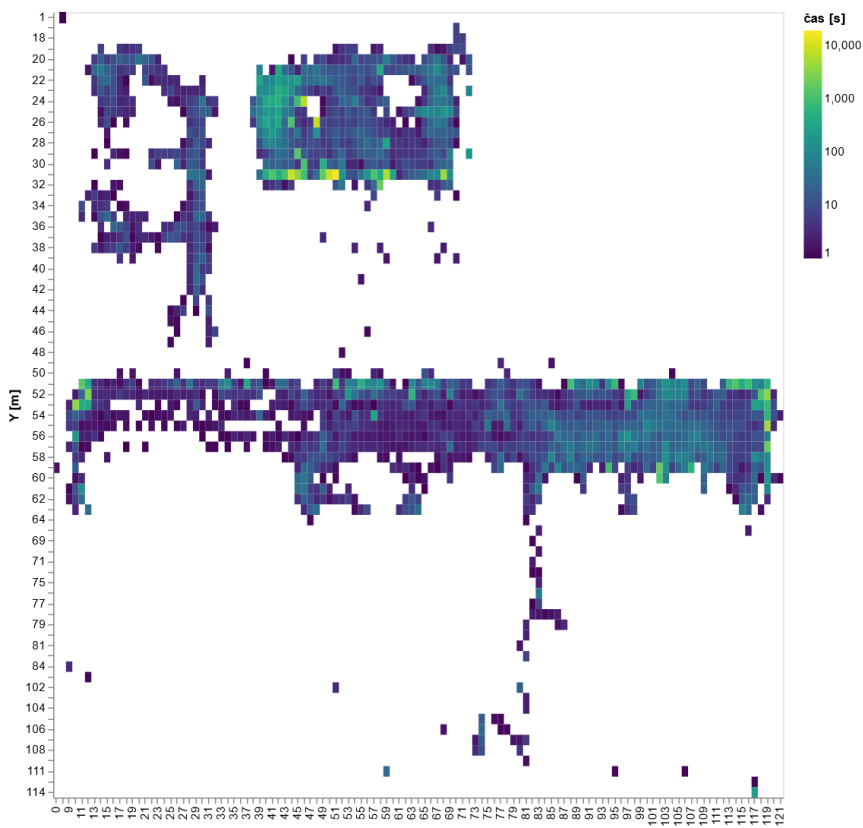
Kritické místa: 59 31: jak 82 tak 83 tam tráví hodně času  
 Kritické místo pro 83: souřadnice 1.. 55 s největším vytížením času 4.253, tak k tomuto budu má 82 609 záznamu



ind.	durati.	x	y
953	3833	19,294...	51 31
950	3832	7,026...9...	50 31
2	3841	5,947...1...	59 31
408	6829	4,862...8...	1 55
915	6476	3,701...4...	10 53
410	6463	3,565...4...	1 52
919	6356	2,878...5...	12 52
214	7073	2,093...0...	1 57
66	7300	1,885...3...	1 59
951	3831	1,756...3...	49 31
11...	6233	1,527...6...	11 51
12...	3826	1,464...6...	44 31
613	6336	1,309...0...	1 51
67	7422	1,285...3...	1 60
8	3839	1,207...6...	57 31
411	6462	1,135...3...	1 52
276	6310	1,038...4...	88 51
331	7292	991,6670	94 59
15...	3828	955,9770	46 31
610	6338	933,6120	1 51
945	6273	901,1950	51 51
568	6442	811,5310	98 52
812	6317	789,7420	95 51
345	6585	735,4400	1 53
640	6407	651,2990	63 52
614	6335	649,0040	1 51
328	7305	577,3170	1 59
344	6707	573,0850	1 54
478	6341	547,1120	1 51
991	6277	491,7610	55 51
10...	3709	483,1490	49 30
916	6477	462,7410	11 53
611	6337	431,5320	1 51
918	6478	402,8560	12 53
14...	2620	388,9870	58 21
11...	6234	374,7860	12 51

Obrázek 4-7: Vizualizace průjezdů – čas na místě

Všechny vozíky - v grafu se budou zobrazovat jenom ty, co mají v daném časovém intervalu nějaký záznam. Dny: 18-19.4.

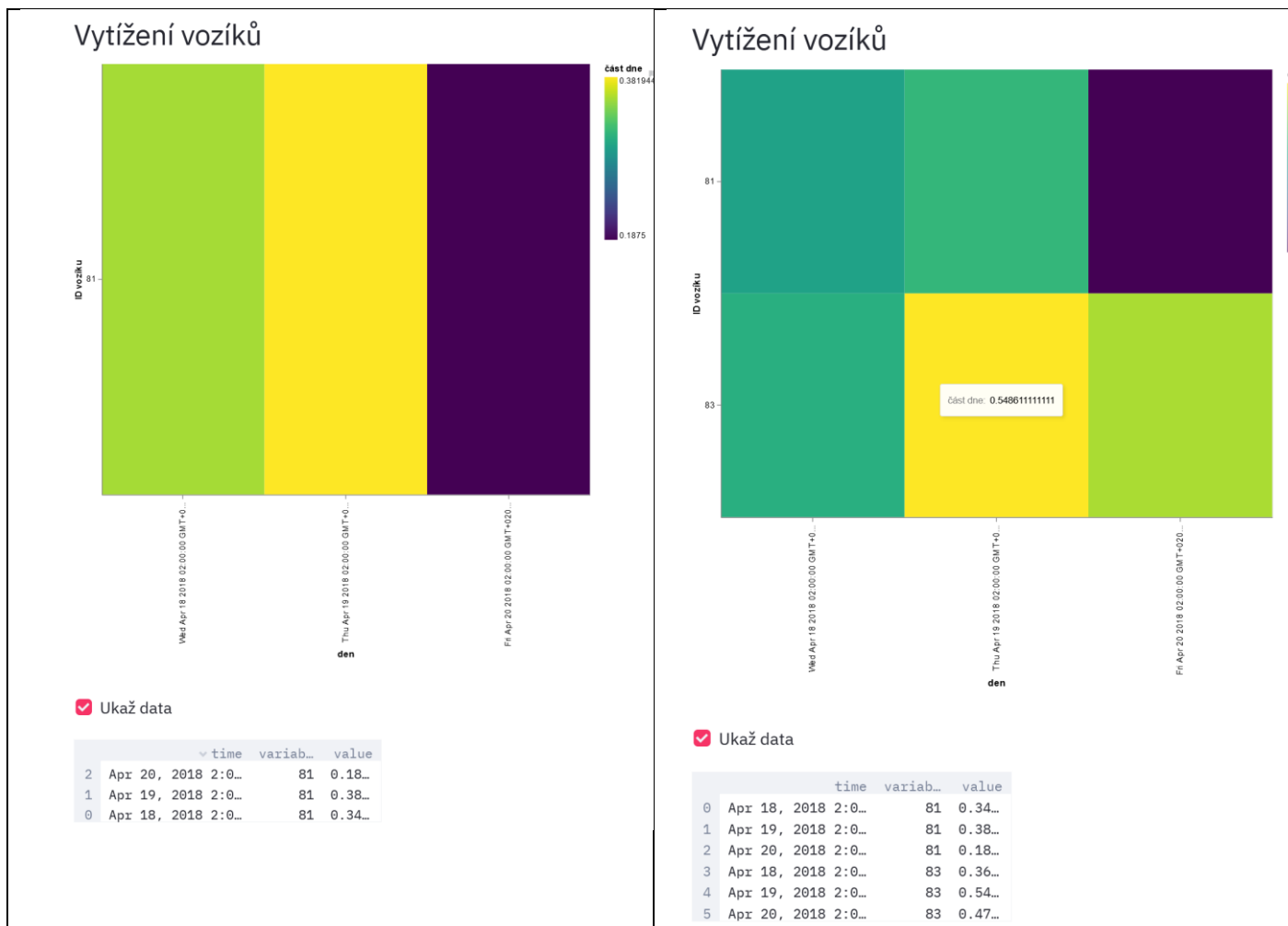


	ind...	durati...	x	y
	155	3833	19,340...	51 31
	80	3826	8,850.7...	44 31
	156	3832	8,821.4...	50 31
	133	3220	8,202.6...	48 26
	336	2974	6,738.7...	46 24
	315	3841	5,949.6...	59 31
	482	6829	4,862.8...	1... 55
	62	3850	4,680.7...	68 31
	605	6476	3,701.4...	10 53
	478	6463	3,565.4...	1... 52
	79	3827	3,321.8...	45 31
	377	6356	2,878.5...	12 52
	11...	7073	2,093.0...	1... 57
	297	3962	1,952.7...	58 32
	15...	7300	1,885.3...	1... 59
	325	3831	1,764.7...	49 31
	606	6233	1,527.6...	11 51
	323	3583	1,450.7...	45 29
	14...	6336	1,309.0...	1... 51
	0	3823	1,303.1...	41 31
	15...	7422	1,285.3...	1... 60
	64	3839	1,224.2...	57 31
	102	3216	1,210.5...	44 26
	17...	6462	1,135.3...	1... 52
	298	3706	1,097.3...	46 30
	3	3825	1,058.3...	43 31
	16...	6310	1,038.4...	88 51
	88	3828	992.6450	46 31
	13...	7292	991.6670	94 59
	18...	6338	933.6120	1... 51
	311	2973	927.6930	45 24
	626	6273	901.1950	51 51
	18...	6442	811.5310	98 52
	14...	6317	789.7420	95 51
	476	6585	735.4400	1... 53
	746	6407	651.2990	63 52
	18...	6335	649.0040	1... 51
	17...	7305	577.3170	1... 59
	12...	6707	573.0850	1... 54
	480	6341	547.1120	1... 51
	2	3822	504.5530	40 31
	400	6277	491.7610	55 51

Obrázek 4-8: Vizualizace průjezdů – všechny vozíky v daný čas

#### 4.6 Vytížení vozíků

Tento model analyzuje vytížení vozíků v čase za jeden den (hodnota 1 znamená, že vozík jezdil celý den a hodnota 0 znamená že nejezdil vůbec). Obrázek 4-9 zobrazuje vytížení po dnech - Vlevo vozík č. 81, vpravo vozíky č. 81 a 83. Na základě tohoto modelu lze analyzovat využití vozíků a provést efektivní plánování.



Obrázek 4-9: Vytížení vozíků

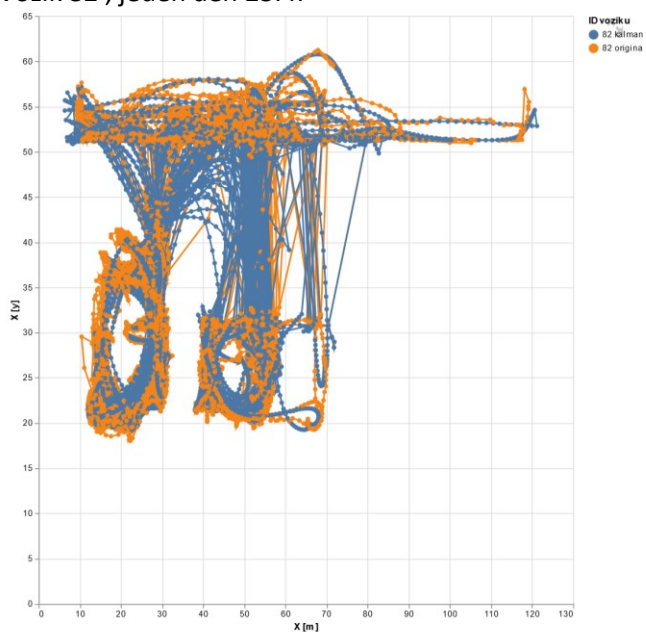
## 4.7 Vizualizace pohybu

Tento model provádí zpětnou vizualizaci pohybu pro následnou statistiku a analýzu.

Pro každou vizualizaci pohybu je navíc provedena filtrovaná vizualizace pohybu pomocí Kalmanova filtru, a provedena statistika rozdílu měřené a filtrované pozice. Tato statistika může napomocť pro zvýšení přesnosti.

Obrázek 4-10 zobrazuje porovnání pro jeden vozík pro různé časové úseky.

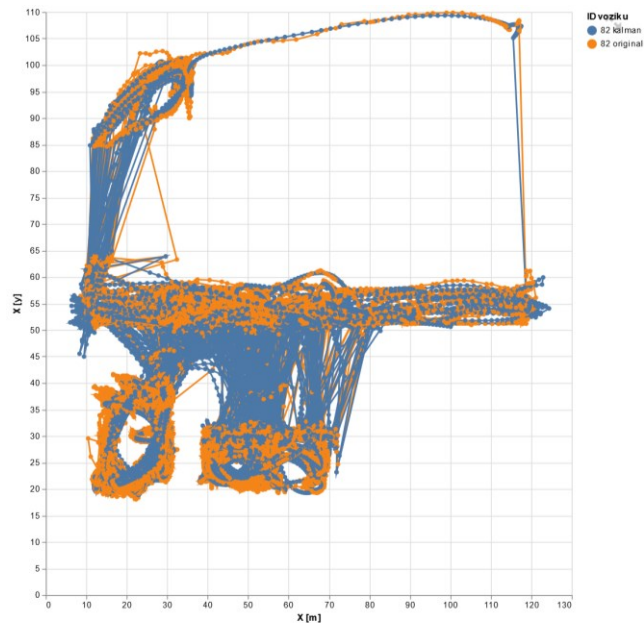
### Vozík 82 , jeden den 23.4.



#### Statistika rozdílu mezi skutečnou a filtrovanou polohou:

- střední hodnota: 0.298 m
- směrodatná odchylka: 0.761 m
- medián: 0.069 m
- minimální hodnota: 0.000 m
- maximální hodnota: 22.159 m

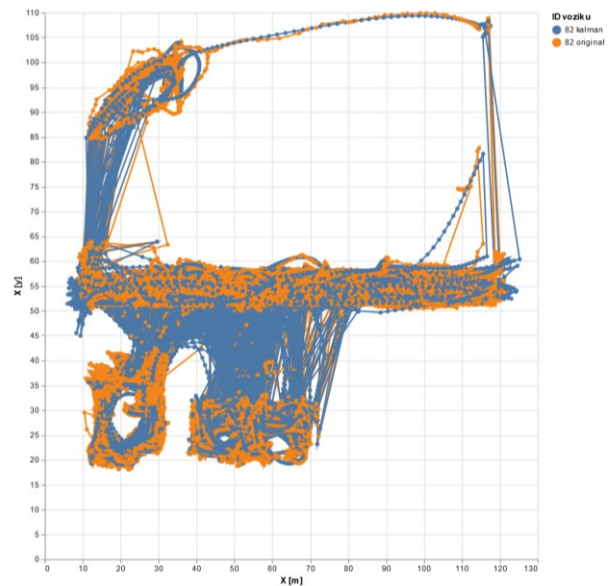
### 23-25.4



#### Statistika rozdílu mezi skutečnou a filtrovanou polohou:

- střední hodnota: 0.423 m
- směrodatná odchylka: 0.933 m
- medián: 0.107 m
- minimální hodnota: 0.000 m
- maximální hodnota: 28.549 m

### 23-26.4



#### Statistika rozdílu mezi skutečnou a filtrovanou polohou:

- střední hodnota: 0.352 m
- směrodatná odchylka: 0.848 m
- medián: 0.077 m
- minimální hodnota: 0.000 m
- maximální hodnota: 28.549 m

Obrázek 4-10: Statistika pro vizualizaci pohybu