



11.

MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA

DOPRAVNÁ INFRAŠTRUKTÚRA V MESTÁCH

Žilinská univerzita v Žiline, Slovenská republika, 4.-5. OKTÓBER 2022

<http://svf.uniza.sk/dim>

SENSOR NETWORKS FOR SETTING URBAN TRAFFIC REGULATION TAKING INTO CONSIDERATION CLIMATE CHANGE

SENZOROVÉ SIETE PRE NASTAVENIE REGULÁCIE DOPRAVY MIEST ZOHĽADŇUJÚCU KLIMATICKÚ ZMENU

Karol Hrudkay^{a*}, David Bárta^b

^a KarolHrudkay, Ing., PhD., Žilinská univerzita, Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, tel.:+4215137524, e-mail:hrudkay@uniza.sk

^b David Bárta, Mgr., CityOne, Kostelní zmla ev.č. 34E, Brno, tel.:+ 420723355540, e-mail: david.barta@cityone.eu

Abstract

Cities need to prepare for the challenges that will be brought by the ever-worsening climate change. In order for cities to cope with these challenges, the goals of cities must be clearly defined and measurable and the measures used must be effective.

For cities, it will be necessary to create a data base for data-supported management for parking strategy, responsible development, traffic regulation or solving heat islands, especially in city centres. Using the example of the deployed low-cost area sensor network in Žilina, the possibilities of obtaining supporting arguments for future traffic regulation and the construction of climate-friendly public spaces are shown.

Keywords: Sensor network, traffic, climatic change

Abstrakt

Mestá sa potrebujú pripraviť na výzvy, ktoré prinesie stále zhoršujúca sa klimatická zmena. Aby tieto výzvy mestá zvládli, musia byť ich ciele jasne definované, merateľné a použité nástroje efektívne.

Pre mestá bude potrebné tvoriť dátovú základňu pre dátovo podporenú správu pre parkovacia stratégiu, zodpovedný development, reguláciu dopravy či riešenie tepelných ostrovov predovšetkým v centrách miest. Na príklade nasadenej nízkonákladovej plošnej sensorovej siete v Žiline sú ukázané možnosti získania nosných argumentov pre budúcu reguláciu dopravy a budovanie klimaticky prívetivých verejných priestranstiev.

Kľúčové slová: Senzorová sieť, premávka, klimatická zmena

* korešpondujúci autor: KarolHrudkay, Ing., PhD., Žilinská univerzita, Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, tel.:+4215137524, e-mail:hrudkay@uniza.sk

1. Úvod

Klimatické a ekonomické zmeny počas ostatných dekád majú negatívny dopad na životné prostredie a spoločnosť, čo značne ovplyvňuje aj mestá a aglomerácie. V posledných rokoch sa vyvinulo niekoľko konceptov s cieľom trvalo udržateľného rozvoja mestských aglomerácií. Hlavnými prvkami týchto konceptov sú ekológia, bezpečnosť verejného priestoru, bezpečnosť dopravy, odolnosť miest a energetická náročnosť miest [4].

S narastajúcou životnou úrovňou sa doprava v Žiline stále viac zahusťuje [1]. Pre potlačovanie negatívnych vplyvov dopravy [2] sa musia prijať opatrenia príp. aj reguláciu dopravy [3], no aby boli tieto opatrenia efektívne, musia byť dátovo podložené. Žiaľ presných, spoľahlivých a kontinuálnych dát je nedostatok, dokonca bola narušená aj kontinuita poskytovania informácií Národným dopravným informačným centrom.

2. O projekte

Projekt Clevernet (Zavádzanie inovatívnych senzorických sietí v cezhraničných regiónoch) je riešený v rámci programu Interreg SK-CZ 2014-2020 od začiatku roku 2021. Konzorcium pozostáva z dvoch výskumných inštitúcií (Žilinská univerzita v Žiline ako vedúci partner a Centrum dopravného výskumu ako hlavný cezhraničný partner) a troch SME subjektov (Citiq, CityOne, UNITI) [5].

2.1. Ciele projektu

Cieľom projektu je pomôcť malým a stredným mestám (MSM) so systematickým zberom a využitím dát a na druhej strane pomôcť cieľovému SME podniku produkujúcemu riešenia pre Smart City poznať prostredie MSM a tak sa lepšie etablovať na trhu smart riešení.

Najrozsiahlejšou aktivitou projektu je výskum budovania senzorických sietí v podmienkach MSM a výskum efektívnej práce s dátami a ich produktívnom využití. Realizácia aktivity je rozdelená do dvoch previazaných oblastí:

- Analýza trhu pre detektory a senzorické siete pre oblasť Smart City
- Živé laboratórium

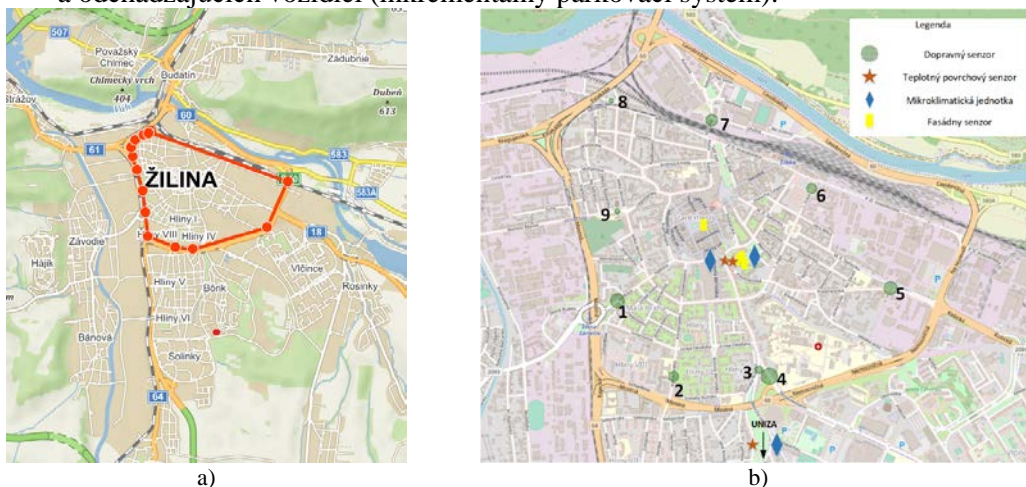
2.2. Živé laboratórium

Žilina bola vybraná na nasadenie živého laboratória na základe minulých skúseností a dobrej spolupráce s Mestom. Na štúdium prostredia a dopravy bolo vybrané centrum mesta (nedostatok dát, minimálny vplyv tranzitnej dopravy, zachytenie zdrojovej a cieľovej dopravy). Z hľadiska klímy je toto územie dôležité kvôli jednak návštevníkom tak predovšetkým rezidentom (hustota obyvateľstva 6200 na km² je viac než 6 krát väčšia než priemer za celú Žilinu). Samozrejme táto oblasť je sídlom mnohých škôl, obchodných prevádzok a dvoch obchodných centier, firiem, úradov a menších prevádzok služieb.

Laboratórium bolo nasadené v júni a júli 2021 a pozostáva z niekoľkých subsystémov:

- komunikačná sieť – LoRa sieť s 2 komunikačnými uzlami a 8 bránami (gateway),
- dopravné senzory – 26 magnetometrov umožňujúcich sledovať a klasifikovať premávku plus 1 senzor je nasadený vo vnútri oblasti,
- mikroklimatické jednotky – monitorovanie klimatických charakteristík (teplota vzduchu vo výške 80 a 200 cm, vlhkosť vzduchu, barometrický tlak, rýchlosť a smer vetra vo výške 200 cm) v 3 rôznych prostrediach (centrum – „betónová

- džungľa“, mestský park – cca 9200 m², zmiešané prostredie – UNIZA areál),
- senzory povrchovej námrazy – sledovanie námrazy na cestách a chodníkoch (teplota na povrchu, v hĺbke 6 a 30 cm + senzor salinity, 2 lokality),
- parkovacie senzory – 2 magnetometre pre sčítanie prichádzajúcich a odchádzajúcich vozidiel (inkrementálny parkovací systém).



Obr. 1 a) Oblasť nasadenia senzornej siete, b) lokalizácia senzorov

V lete 2022 boli uvedené senzory doplnené o snímače teploty fasády (4 senzory na 2 budovách) a tiež bolo vykonané meranie teplôt vo výške 200 cm v uliciach centra mesta v obedňajších a vo večerných hodinách. Komplexná sieť dopravných senzorov (monitorovaných je všetkých 26 jazdných pruhov na 9 profiloch) je tak doplnená súborom mikroklimatických jednotiek a teplotných povrchových senzorov, ktoré umožňujú študovať širšie dopravné, klimatické a bezpečnostné aspekty. Dáta získané v rámci projektu sú publikované na webe projektu ako otvorené dáta [5].

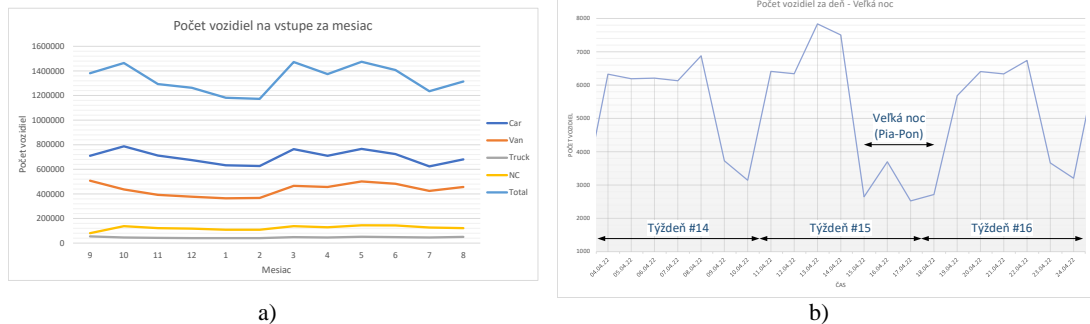
Tab. 1 Subsystémy živého laboratória



3. Doprava v centre Žiliny

Dopravné senzory boli nasadené v lete 2021 a sú tak k dispozícii kontinuálne dáta za viac než rok. Typicky do centra Žiliny týždenne vojde 300 až 335 tis. vozidiel. Ostatný rok (9/2021-8/2022) na mesačnej báze je zobrazený na nasledujúcom grafe (2a),

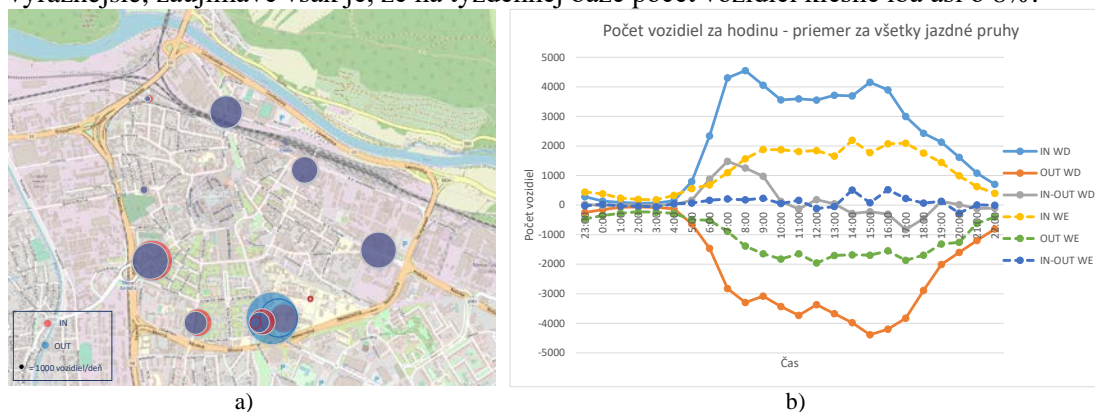
kumulatívne za toto obdobie, t.j. rok, vošlo do centra viac než 16 mil. vozidiel. Mesiacom, kedy bol zaznamenaný maximálny počet vozidiel vchádzajúcich do centra bol máj 2022 (1 474 759 vozidiel), naopak minimum bolo vo februári 2022 (1 173 257 vozidiel). Zatiaľ rekordným dňom bol Zelený štvrtok 2022 so 64 tis. vozidiel na vjazde do centra (príklad na grafe 2b je denný počet vozidiel na vjazde na Komenského ul.).



Obr. 2 a) Počet vozidiel na vstupe do oblasti za mesiac, b) Príklad denných intenzít na vstupe (Veľkonočné obdobie, Komenského ul.)

Dáta nám poskytujú aj náhľad na „vyváženie“ dopravy v centre (obr. 3a). Z dlhodobého hľadiska je vidieť, že niektoré vstupy do centra sú vyvážené (Kysucká, 1. mája, Košická), viaceré sú charakterizované prevahou na vstupe (Komenského, Háľkova, Bratislavská a čiastočne Rázusa), no a „výpustným ventilom“ sú profily Tajovského a Vysokoškolákov.

Dlhodobý priemer počtu vozidiel vchádzajúcich do centra je 44 tis. na kalendárny deň. Premávka v centre sa výrazne líši aj počas dňa a aj počas týždňa. Obr. 3b) zobrazuje hodinové intenzity pre týždeň 30.5.-5.6.2022 priemerované pre pracovné dni (WD) a víkend (WE). V tomto konkrétnom prípade bol priemer vjazdov v pracovné dni takmer 60 tis. vozidiel, počas víkendu približne 13,5 tis. vozidiel. Dlhodobo sa premávka počas víkendu drží pod 50% pracovného dňa. Počas sviatkov počas týždňa premávka klesá ešte výraznejšie, zaujímavé však je, že na týždennej báze počet vozidiel klesne iba asi o 8%.



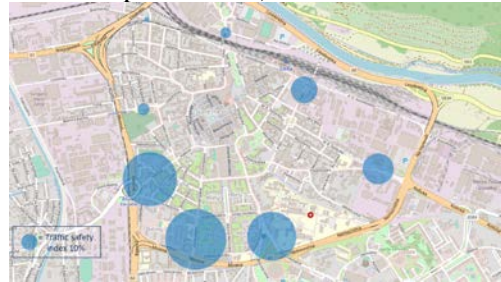
Obr. 3a) Porovnanie počtu vozidiel vchádzajúcich a vychádzajúcich zo zóny, b) Intenzity v čase počas dňa

3.1. Bezpečnosť cestnej premávky

Nasadené dopravné senzory poskytujú údaj o kategórii vozidla – osobný

automobil, dodávka a nákladné vozidlo/autobus, a rýchlostnom intervale – do 30, 30 – 60 a nad 60 km/h (parametre je možné meniť aktualizáciou softvéru napr. až na 13 kategórií, obmedzením je iba veľkosť dát, ktorá je zasa obmedzená protokolom).

Smer	>60 km/h	Car >60 km/h	Van >60 km/h	Truck >60 km/h
IN	20,5%	17,8%	32,4%	18,3%
OUT	19,4%	13,1%	39,6%	22,6%

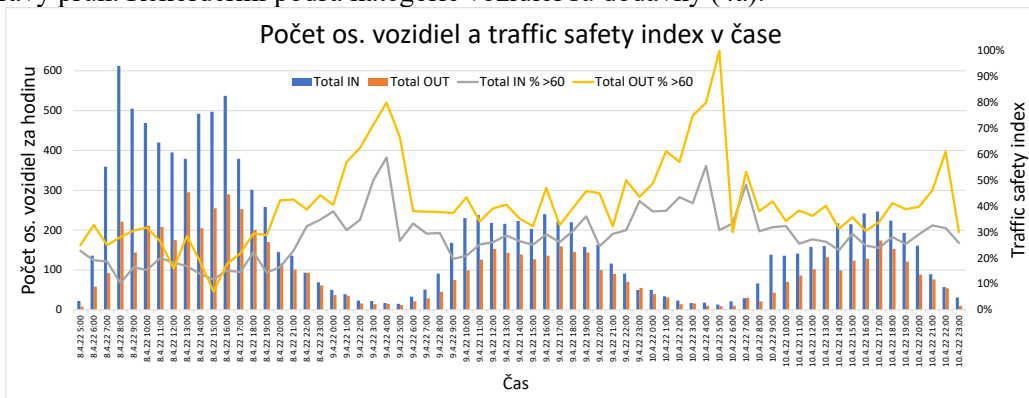


a)

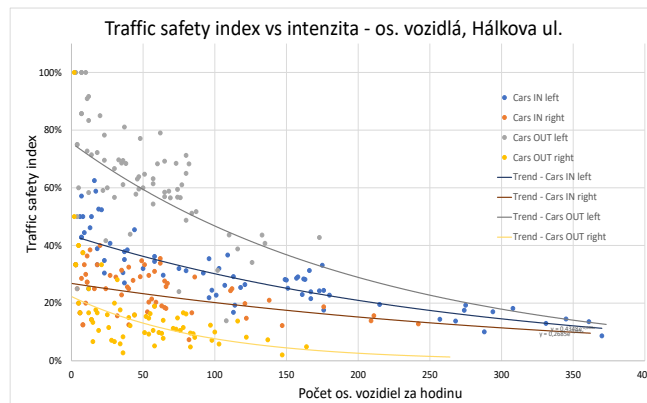
b)

Obr. 4a) Traffic safety index celkovo a za kategórie vozidiel, b) Traffic safety index pre jednotlivé profily

Riešiteľmi bol zadaný definovaný traffic safety index, čo je podiel vozidiel prekračujúcich rýchlosť 60 km/h. Ukazuje sa, že v centre Žiliny je rýchlosť vozidiel problém (väčšina senzorov je umiestnená na hranici prechodov pre chodcov). Z hľadiska miesta sú najväznejšie profily Komenského, Háľkova a Vysokoškolákov (obr. 4b), z jazdných pruhov sú to Háľkova OUT ľavý pruh, Komenského IN a Vysokoškolákov IN pravý pruh. Rekordérmí podľa kategórie vozidiel sú dodávky (4a).



Obr. 5 Příklad závislosti intenzity a prekračovania rýchlosti v čase (Háľkova, piatok – nedeľa)



Obr. 6 Grafické znázornenie závislosti prekračovania rýchlosti od intenzity (Háľkova ul., os. vozidlá)

Ukazuje sa tiež výrazná závislosť medzi intenzitou premávky a prekračovaním rýchlosti. Uvedený jav ilustruje príklad Háľkovej ulice. Závislosť počtu osobných vozidiel a traffic safety index v čase (piatok až nedeľa) ilustruje obr. 5. Jednoznačne sa tiež ukazuje inverzná závislosť medzi intenzitou a rýchlosťou osobných automobilov (dokazuje to aj silná korelácia) (obr. 6).

4. Klíma v centre Žiliny

Do centra Žiliny týždenne vojde cca 300tis. vozidiel. Tieto vozidlá potrebujú cesty (13,5% plochy) a spolu s budovami a ich parkoviskami sa jedná o 44% celkovej plochy centra Žiliny. Zelen tvorí slabú štvrtinu plochy a tretina plochy predstavuje potenciál pre nové funkcie. Z pomeru tak vyplýva, že pre zmiernenie dopadov klimatickej zmeny by bolo možné preveriť funkčné využitie plôch bez typického využitia v prospech ochladzovania mesta a väčší podiel zelene vo verejných priestoroch a tiež zvážiť dopravné opatrenia pre zníženie intenzít dopravy, dôslednejšiu parkovaciu politiku a zatienenie parkovacích plôch.

Tab. 2 Plochy v centre Žiliny a ich využití

Typ plochy	Plocha [m ²]	% na celkovej ploche
Plocha bez typického využitia (bez stavieb) - CELKOVÁ	855 611	32,5 %
Zastavaná plocha - vrátane parkovísk	798 047	30,5 %
Plocha komunikácií - CELKOVÁ	356 750	13,5 %
Úžitková zeleň (m ²) - CELKOVÁ	568 812	21,5 %
Cintorín (m ²)	33 510	1,5 %
Ovocný sad, záhrada - CELKOVÁ	5 270	0,2 %
PLOCHA CELKOM (m ²)	2 618 000	100 %

4.1. Klíma

Žilina sa vďaka svojej polohe a nadmorskej výške veľmi dobre ochladzuje, problém tepelného ostrova nastáva na niekoľkých miestach v centre, ktoré si žiadajú opatrenia s cieľom zlepšenia kvality verejného priestoru. Zatiaľ čo počet chladných dní (pod 0°C) je u všetkých troch sledovaných lokalít rovnaký, počet tropických dní (nad 30°C) sa významne líši a ukazuje na miesta, ktoré sú postihnuté klimatickou zmenou a predstavujú vyššiu záťaž na verejné zdravie.

Metrika počtu tropických dní bola aplikovaná na všetky tri miesta, a to i v hodinovom rozlíšení. V lokalite Aupark v centre mesta bolo týchto dní 28, t.j. o 4 viac než v stavebne podobnom prostredí na univerzite a pôsobenie lesoparku okolo univerzity tiež ovplyvnilo priemernú teplotu, ktorá je nižšia o takmer jeden stupeň. Oveľa väčší rozdiel potom zaznamenala lokalita mestského parku na Studničkách, vzdialeného od lokality Aupark cca 200 m. I keď je vzdialenosť relatívne malá, park zaznamenal iba 13 tropických dní, t.j. menej než polovicu oproti Auparku, v hodinách sa jedná o 40% rozdiel, a priemerná teplota pritom bola nižšia iba o 0,7°C, t.j. že i prostredie parku je spätne silno ovplyvnené okolitým prostredím zastaveného centra a priemerné teploty sú tu dokonca

vyššie než na zastavanom prostredí pri univerzite. Pozitívny vplyv lesoparku na ochladzovanie univerzitného areálu a naopak i vysoké teploty vo vnútri mestského parku spôsobené okolím, poukazujú na nové potreby plánovania verejných priestorov, zelene a potrebnej ventilácie centra mesta, ale i dopravy a dopravnej infraštruktúry.

Zaujímavé je i porovnanie maximálnych teplôt medzi lokalitami: dňa 30.6. boli zaznamenané najvyššie hodnoty, a to lokalita Aupark 38°C, Studničky 34,8°C a univerzita 36,2°C, t.j. kompaktná zeleň Studničky dokázala poskytnúť chladnejšiu mikroklimu iba o 3,2°C, z čoho vyplýva, že je tento zelený ostrovček v centre mesta veľmi izolovaný a Žilina potrebuje aspoň dve ďalšie obdobné lokality akou je park na Studničkách, prepojené zelenými koridorami, aby bol efekt zelene pre ochladenie centra mesta významný. Naopak teplota na univerzite dokladá, že je susedný lesopark schopný ochladiť zastavané územie univerzity o 1,8°C.

4.2. Dopad na deti

Omnoho závažnejšia je situácia pre malé deti. Teplo dýchané dospelými je omnoho nižšie než u detí. V lokalite Aupark bolo zistené, že pre deti bolo toto prostredie v režime tropického dňa 90 dní, t.j. viac než trojnásobok oproti dospelým 28 dňom a trojnásobok je to i v hodinách. Priemerná teplota bola o 1,3°C vyššia, ale omnoho závažnejšie sú maximálne teploty: zatiaľ čo vo výške dospelých bolo maximum 38°C, vo výške malých detí 44,1°C, t.j. o viac než 6 stupňov, čo je alarmujúce s ohľadom na prirodzenú teplotu tela. Takto prehriaté dieťa je tak na jednej strane vystavené dehydratácii, ale na druhej i vyššiemu riziku pôsobenia splodín a prachových častíc z dopravy. Navyše následné zachladenie v nákupnom centre veľmi pravdepodobne spôsobí dýchacie problémy a letné prechladnutie.

Zastavené plochy Aupark či univerzity majú omnoho vyšší počet tropických dní vo výške 80 cm. Pre oba prípady platí, že v tejto výške sa teplota nad 30°C dostane trojnásobne častejšie a možno týmto parametrom nazerať na obdobné zastavené plochy v meste, včítane dopravnej infraštruktúry. Táto lokalita tak vyžaduje zásah do verejného priestoru v prospech zelene, aspoň formou parkletov, a v neprospech dopravy.

Tab. 3 Klimatické podmienky centra mesta Žiliny v roku 2022

- Meteorostanice Aupark										
200cm	Tropické dny	Tropické hodiny	Ochladné dny	Tropické noci	Průměrná teplota	Měsíční teplota		Měsíční teplota		Napětí tropický lesný úsek
	Dny	Teplota	Dny	Teplota	Dny	Teplota	Dny	Teplota	2022-06-27	
	28	190	119	0	12.1 °C	30.06.14.00	38.0 °C	24.01.08.00	-8.3 °C	10 hour
						30.06.17.00	37.5 °C	24.01.07.00	-8.1 °C	
						30.06.15.00	37.4 °C	24.01.09.00	-8.7 °C	
						30.06.16.00	44.1 °C	24.01.08.00	-8.2 °C	2022-06-30
						30.06.18.00	43.8 °C	24.01.07.00	-8.1 °C	12 hour
						23.07.16.00	43.1 °C	08.01.08.00	-8.8 °C	
- Meteorostanice Sied na Studničkách										
200cm	Tropické dny	Tropické hodiny	Ochladné dny	Tropické noci	Průměrná teplota	Měsíční teplota		Měsíční teplota		Napětí tropický lesný úsek
	Dny	Teplota	Dny	Teplota	Dny	Teplota	Dny	Teplota	2022-07-21	
	13	89	119	0	11.5 °C	30.06.17.00	34.8 °C	24.01.07.00	-8.2 °C	9 hour
						30.06.16.00	34.7 °C	24.01.08.00	-8.2 °C	
						30.06.15.00	34.4 °C	24.01.06.00	-8.4 °C	
						30.06.14.00	36.4 °C	24.01.07.00	-8.5 °C	2022-07-21
						30.06.17.00	36.1 °C	24.01.06.00	-8.4 °C	9 hour
						30.06.15.00	35 °C	24.01.08.00	-8.3 °C	
- Meteorostanice UNEZA										
200cm	Tropické dny	Tropické hodiny	Ochladné dny	Tropické noci	Průměrná teplota	Měsíční teplota		Měsíční teplota		Napětí tropický lesný úsek
	Dny	Teplota	Dny	Teplota	Dny	Teplota	Dny	Teplota	2022-07-21	
	24	136	119	0	11.2 °C	30.06.16.00	36.2 °C	24.01.07.00	-8.6 °C	9 hour
						30.06.17.00	36.0 °C	24.01.08.00	-8.9 °C	
						23.07.17.00	35.8 °C	24.01.06.00	-8.8 °C	
						30.06.16.00	42.5 °C	24.01.06.00	-11 °C	2022-07-21
						23.07.14.00	42.4 °C	24.01.07.00	-11 °C	10 hour
						23.07.13.00	41.9 °C	24.01.09.00	-11 °C	
80cm	Tropické dny	Tropické hodiny	Ochladné dny	Tropické noci	Průměrná teplota	Měsíční teplota		Měsíční teplota		Napětí tropický lesný úsek
	Dny	Teplota	Dny	Teplota	Dny	Teplota	Dny	Teplota	2022-07-21	
	75	406	116	0	11.8 °C	30.06.16.00	44.1 °C	24.01.08.00	-8.2 °C	10 hour
						30.06.17.00	43.8 °C	24.01.07.00	-8.1 °C	
						23.07.16.00	43.1 °C	08.01.08.00	-8.8 °C	

4.3. Prehrievanie a ochladzovanie povrchov

Prehrievanie povrchov má významný dopad na mikroklímu daného miesta a jeho schopnosti sa ochladiť. V Žiline v roku 2022 nebola ani jedna tropická noc, všetky nočné teploty vždy klesli pod 20°C, i keď niekedy len o desatiny stupňa (výnimkou sú iba dve noci počas júla a augusta 2022 na lokalite Aupark kde naopak teplota o desatiny pod 20 °C neklesla). Poloha mesta a nadmorská výška tak prispievajú k lepšiemu ochladzovaniu dotknutých miest.

V lokalite Aupark boli nasadené dva povrchové senzory teploty: dopravný senzor s meraním teploty, umiestnený na prechode pro chodcov v asfaltovej vozovke medzi Aupark a Mestským úradom (MsÚ), a štandardný podpovrchový teplotný senzor umiestnený v dlažbe pri vstupe do budovy MsÚ. Teplota 30 cm pod zemou dosiahla maxima 22.7.2022 (32,5°C), 6 cm pod zemou dosiahla maxima už pri prvej vlne horúčav (30.6.2022, 44,8°C) a maximum teploty povrchu sa vtedy vyšplhalo na 51,3°C.

Zatiaľ čo 12.7.2022 bolo ešte relatívne chladno a denné teplo bolo chladnou nocou eliminované (ráno 13.7.2022 bolo iba 11°C), 25.7. už tropické teploty cez deň mali významný vplyv na prehrievanie povrchu (cca 24°C) a naakumulovaná energia sa držala niekoľko ďalších dní na vysokých hodnotách a ovplyvňovala tak schopnosť ochladenia povrchov. Nasledujúca tabuľka dokladá, že sa tepelný ostrov vytvára konsektívnym ohrievaním povrchov, ktoré predávajú svoju tepelnú energiu nižším vrstvám, ktoré sú tepelne stabilnejšie a vychládajú dlhodobo, a ktoré vracajú energiu späť povrchom v noci, čím znižujú efekt nočného ochladenia. Dlažba/asfalt sa v priemere ochladila o 24°C/resp. 15°C; 25.7.2022 to ale bolo o 2 stupne viac (26°C/17°C), nič menej sa táto energia uložila do zeme, ako dokladajú teploty v -30 cm, kedy i cez významné ochladenie (1.8. bola ranná teplota 13,3°C) sa teplota v -30 cm znížila iba na 20,4°C a po oteplení znovu rástla, napr. 31.8. bola ranná teplota 12,7°C, v -30 cm potom 25,4°C). Pod 20°C sa teplota v -30 cm dostala až v polovici septembra (13.9. bola ranná teplota 8,5°C, v -30 cm potom 19,1°C).

Tab. 4 Ochladenie na lokalite Aupark

Výška merania teploty [cm]	Teplota [°C] 12.7.2022			Teplota [°C] 25.7.2022			Teplota [°C] 29.7.2022		
	Popoludňajšia špička 15:30	Večerný dobeh 22:20	Ranné sedlo 6:35, 13.7.	Popoludňajšia špička 15:30	Večerný dobeh 22:20	Ranné sedlo 6:35, 26.7.	Popoludňajšia špička 14:15	Večerný dobeh 22:20	Ranné sedlo 6:35, 30.7.
200	23,7	18	10,8	32,9	24,9	17,4	29,9	19,2	17,8
80	28	17,6	11,3	38	24,1	18	33,7	19,6	18,2
0 dlažba	38,6	20,8	14,6	49,6	29,3	23,7	44,1	22,6	20,7
0 asfalt	32	26	17	43	34	26	37	26	22
-6	31,2	23,5	16,6	43	32,8	25,8	36,4	24,5	21,8
-30	21,6	21,6	21,6	29,2	31,9	30,1	26,8	27,7	25,9

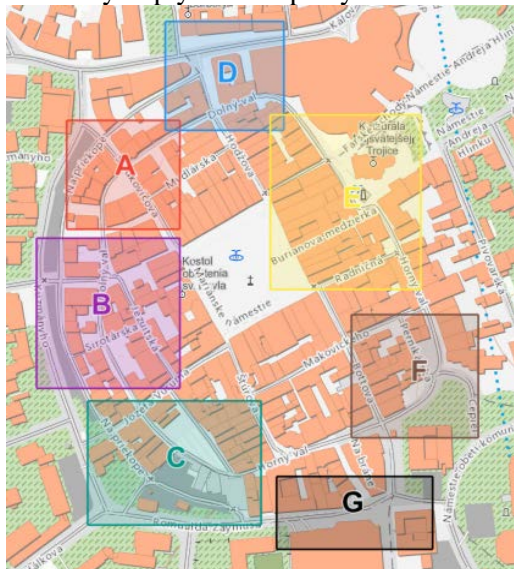
4.4. Miesta postihnuté tepelnými ostrovmi

Nasadená senzorická sieť je pre niektoré účely stále nedostačujúca. Pre identifikáciu miest postihnutých tepelným ostrovmom tak boli využité ďalšie dáta:

- dáta zo satelitného snímkovania (zdroj: World from Space), informatívna identifikácia tepelných ostrov – príprava zadania merania,

- dáta z denného merania pomocou prenosného senzora teploty vo výške 200 cm, porovnanie teplôt s referenčnou Aupark lokalitou (realizované 31.8.2022),
- dáta z nočného merania prenosným senzorom teploty vo výške 200 cm, porovnanie s referenčnou Aupark lokalitou pre potenciál ochladenia (7.9.2022).

Výsledkami po spracovaní uvedených dát (pretože merania prenosným senzorom boli realizované v rôzne časy – kvôli nameraniu série hodnôt meranie v konkrétnom bode trvalo min. 5 min – bol ako rozhodujúci parameter braný rozdiel teploty oproti miestu Aupark vo výške 200 cm) boli identifikované lokality s výskytom tepelného ostrova a lokality ovplyvnené tepelným ostrovom.



Centrum mesta je z veľkej časti zastavané budovami. Uličky medzi nimi sú spravidla vydláždené - asfaltové kryty sa vyskytujú na južnej strane mesta. V centre je veľmi malé množstvo vegetačnej plochy okrem stredu centra mesta, oblasť zelene na severnej časti (Na Priekope), oblasť okolo parkoviska (Horný val) a západná časť centra. Vegetačný pás v ulici Na Priekope funguje ako štít, no z dôvodu vysokej hustoty budov je pôsobenie vegetácie na centrum minimálne.

Obr. 7 Rozdelenie predmetných oblastí centra do lokalít A až G pre ich podrobnejšie skúmanie

Celkom tak bolo identifikovaných 13 lokalít, ktoré si vyžadujú aplikáciu opatrení pre zníženie dopadov klimatickej zmeny - lokality A – G v historickom centre (obr. 7) a mimo tohto územia napr. železničná stanica, autobusová stanica, ul. Vojtecha Tvrdeho, križovatka V. Okružná-Háľkova, križovatka V. Okružná-Komenského.

Tab. 4 Sledované parametre a ich role v hodnotení rizikových lokalít centra Žiliny s ohľadom na dopady klimatickej zmeny so vzťahom k doprave

Lokalita	Prúdenie vetra	Vegetačný štít	Tienenie	Hustota/výška budov	Parkovisko	Doprava a škodliviny
A	uzatvorené	zredukovaný	dobré		áno	
B	otvorené		dobré	vysoká		
C	otvorené				áno	áno
D	otvorené	iba zo Severu			áno	
E	otvorené	slabý	zlé	vysoká		
F	otvorené	optimálny			áno	
G	otvorené	žiadny	zlé		áno	áno

Ukážka hodnotenia a odporúčania – Lokalita C Trhovisko

Trhovisko je otvorená oblasť z juhu, nedávno rekonštruovaná. Južné budovy boli

zdemolované, čím sa zvýšilo prúdenie vetra z juhu a boli nahradené betónovou plochou (parkovisko a pod.), čo zvýšilo riziko vysokých denných teplôt. Kvalita vzduchu je tak v oblasti Trhovisko ohrozená kvôli otvorenému vzdušnému prúdu z juhu, prechádzajúcemu cez križovatky Komenského-Veľká okružná a Hálkova-Veľká okružná. Cez tieto križovatky prechádza približne 10 000 áut za deň. Škodliviny z tejto komunikácie následne dopadajú na oblasť Trhovisko v prípade, že vietor smeruje z juhu na sever (26 % a južné smery predstavujú až 50 % z celkového prúdenia).

Odporúčenie 1: Oblasť je vhodná pre meranie vetra a teplôt podobne ako lokalita Aupark s rozšírením o meranie prachových častíc a NOx.

Odporúčenie 2: Nasadenie vyššej vegetácie z juhu Trhoviska tak, aby na plochu trhoviska dopadal tieň. Vegetácia bude následne blokovať škodliviny z južnej komunikácie.

5. Záver

Dáta z nízkonákladovej sensorovej siete majú vysoký potenciál pri identifikácii a riešení problémov dopravy, klímy, verejného priestoru či developmentu.

Na základe dát z nasadenej dopravno-klimatickej sensorovej siete a realizovaného prieskumu sme dospeli k záverom, ktoré ukazujú na problematické oblasti, kde doprava významne ovplyvňuje klímu. Oblasť Trhovisko a Aupark boli identifikované ako najväčší kandidáti na reguláciu dopravy a parkovania v centre mesta s ohľadom na klimatickú zmenu. Najviac rizikové oblasti boli identifikované na severovýchode mesta blízko železničnej stanice. Ďalšie rizikové oblasti sú v oblasti okolo ulice Veľká Okružná, predovšetkým v oblastiach križovatiek, ktoré slúžia k prenosu prúdenia vetra okolo mesta. Južná časť centra je dostatočne zakrytá vegetáciou. S ohľadom na dobrú schopnosť ochladzovania mesta je práve zatienenie konkrétnych plôch najúčinnjším nástrojom pre elimináciu špičkových dôb, ktoré negatívne ovplyvňujú mikroklimu v meste.

Podakovanie

Tento príspevok je výsledkom projektu Zavádzanie inovatívnych sensorických sietí v cezhraničných regiónoch, ITMS 304011Y303 podporený programom cezhraničnej spolupráce Interreg V-A SK-CZ



INTERREG V-A
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍC

Literatúra

- [1] ČELKO, J. a kol.: *Územný generel dopravy Mesta Žilina s Plánom udržateľnej mobility mesta*. [online]. 2016. [citované: 2022-09-05]. Dostupné: https://www.zilina.sk/wp-content/uploads/2021/03/UGD_ZILINA_PUM.pdf
- [2] JAROŠ, J., HRUDKAY, K., VALÁŠKOVÁ, K., KUDELA, P.: *Mitigating of negative environmental impact of transport on the level of smaller municipalities*. In: *Transport Means - Proceedings of the International Conference*. 2020, pp. 386–391.
- [3] KALAŠOVÁ, A., ČULÍK, K., POLIAK, M., OTAHÁLOVÁ, Z.: *Smart parking applications and its efficiency*, *Sustainability (Switzerland)*, 2021, 13(11), 6031
- [4] RISTVEJ, J., LACINÁK, M., ONDREJKA, R.: *On Smart City and Safe City Concepts. Mobile Networks and Applications*, 2020, 25(3), pp. 836–845.
- [5] www.clevernet.uniza.sk. [citované: 2022-09-05].