



KIETŪJŲ DALELIŲ VILNIAUS MIESTO VIEŠOJO TRANSPORTO STOTELĖSE TYRIMAS IR VERTINIMAS

Julija Sokolovskaja¹, Mantas Pranskevičius²

¹VGTU Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra

²Aplinkos apsaugos institutas

El. paštas: ¹julija.sokolovskaja@vgtu.lt; ²mantas.pranskevicius@vgtu.lt

Anotacija. Straipsnyje atliekama Vilniaus miesto viešojo transporto stotelių užterštumo kietosiomis dalelėmis analizė ir jos įvertinimas. Nagrinėjamas autotransporto sukeltų kietųjų dalelių poveikis aplinkai ir žmogui, taip pat kietųjų dalelių savybės bei charakteristikos. Eksperimentiniai tyrimai atlikti matuojant kietųjų dalelių taršą Vilniaus miesto viešojo transporto stotelėse, naudojant indikatorinį matavimo metodą. Tiriamasis viešojo transporto stotelių tinklas parinktas atliekant atranką pagal miesto gyventojų tankumą ir išsidėstymą, oro taršą kietosiomis dalelėmis bei didžiausius viešojo transporto keleivių srautus. Įrenginio veikimo principas pagrįstas optiniu metodu. Atliktas matavimo įrenginio palyginamasis tyrimas su pamatiniu gravimetriniu ore skendinčių kietųjų dalelių matavimo metodu, gauti rezultatai palygti tarpusavyje, įvertintas tikslumas. Išnagrinėjus kietųjų dalelių taršos eksperimentinius tyrimus, pateikti rezultatai, įvertinta jų ir Europos Sąjungos (ES) bei Pasaulinės sveikatos organizacijos (PSO) ribinių verčių atitiktis, pateiktos išvados ir rekomendacijos visuomenės sveikatos apsaugai.

Reikšminiai žodžiai: kietosios dalelės (KD), aplinkos oro tarša, kietųjų dalelių koncentracijos, viešojo transporto stotelės.

Įvadas

Transporto teršalų poveikis mikroaplinkai Vilniaus mieste dažnai yra labai padidėjęs, palyginti su kitomis vietovėmis, todėl žmonės per trumpą laiką gali gauti reikšmingą neigiamą poveikį sveikatai. Miesto transporto mikroaplinkoje neapsaugoti asmenys yra žmonės, kurie ne tik keliauja motorinėmis (taip pat ir nemotorinėmis, pvz., dviračiais, paspirtukais) transporto priemonėmis, bet ir laukia viešojo transporto stotelėse, dirba intensyvaus eismo gatvėse, be to, jų namai, butai, parduotuvės ir kitos viešosios vietos yra išsidėčiusios šalia kelio (Kaur, Niuwenhuijsen ir Colvile, 2007).

Kietųjų dalelių (KD) šaltiniai yra natūralūs ir antropogeniniai. Žmogaus sukelti KD šaltiniai yra degimas mechaniniuose ir pramoniniuose procesuose, transporto priemonių išmetamieji teršalai ir tabako dūmai. Natūralūs šaltiniai yra ugnikalniai, gaisrai, dulkių audros ir aerolizuota jūros druska (Anderson, Thundiyil ir Stolbach, 2012).

Aplinkos apsaugos agentūra (EPA) šiuo metu reglamentuoja daleles dviem dydžiais, kad apsaugotų visuomenės sveikatą. Tai apima KD_{10} ir $KD_{2,5}$. KD_{10} reiškia

daleles, kurių aerodinaminis skersmuo yra mažesnis negu $10\ \mu\text{m}$ (apie $1/10$ žmogaus plauko skersmens), o $KD_{2,5}$ (smulkiosios dalelės) reiškia daleles, kurių aerodinaminis skersmuo yra mažesnis nei $2,5\ \mu\text{m}$ (Davidson, Phalen ir Solomon, 2007).

Šalia pagrindinių miesto gatvių kietųjų dalelių KD_{10} koncentracija yra iki 40 % didesnė nei miesto foninė koncentracija. Pusė šios papildomos taršos susidaro dėl variklinių transporto priemonių išmetamųjų teršalų ir padangų nusidėvėjimo, o kita pusė – dėl suspenduotų dirvos dalelių (Lenschow ir kt., 2001).

Vidiniai miesto keliai su pastatais abiejose pusėse nuo centrinės kelio ašies mažiau nei 1,5 karto didesni už pastato aukštį, vadinami „gatvių kanjonais“ (Johnson ir Hunter, 1999). Eismo išmetamieji teršalai tokiuose keliuose yra atskiedžiami ir išsklaidomi daugiausia vertikaliai maišantis miesto foninei taršai per viso pastato aukštį. Dėl to intensyvių gatvių kanjonuose gyvenantys miesto gyventojai susiduria su padidėjusiu eismo išmetamųjų teršalų lygiu (T. A. Cahill, Barnes, Spada, Lawton ir T. M. Cahill, 2011; Atkinson, Fuller, Anderson, Harrison

ir Armstrong, 2010; Janssen ir kt., 2011; Keuken, Zandveld, van den Elshout, Janssen ir Hoek, 2011).

Transporto priemonių veikimo metu į atmosferą išsiskiriamos emisijos – tai įvairios koncentracijos anglies dioksidai, azoto oksidai, kietosios dalelės (KD_{2,5} ir KD₁₀), sieros dioksidai, anglies oksidai, lakieji organiniai junginiai (LOJ) (Nanaki, Koroneos, Xydis ir Rovas, 2014), galintys sukelti potencialiai pavojingą poveikį žmonių sveikatai (Antonini ir kt., 2017; McCoy ir kt., 2017; Wardoyo, Juswono ir Noor, 2018, Yamada ir kt., 2015; Chernyshev ir kt., 2019).

Kietosios dalelės (KD) prisideda prie širdies ir kraujagyslių bei smegenų kraujagyslių ligų, kvėpavimo takų ligų, mirtingumo rodiklio (Anderson ir kt., 2012).

Aplinkos oro kokybės vertinimui Lietuvos teritorijoje išskirtos Vilniaus ir Kauno aglomeracijos bei zona (likusioji Lietuvos teritorija). Vadovaujantis nacionalinių teisės aktų bei Europos Sąjungos direktyvų, reglamentuojančių oro kokybės vertinimą, reikalavimais, oro kokybė vertinama, lyginant išmatuotą teršalų koncentraciją su nustatytais užterštumo normomis – ribinėmis vertėmis, siektinomis vertėmis, leidžiamu viršyti dienų ar valandų skaičiumi, informavimo ir pavojaus slenksčiais. Pagal teisės aktuose nustatytus reikalavimus, Vilniaus mieste įrengtos šios stotys: Senamiesčio – įrengta gausiai žmonių lankomame rajone, atspindi miesto foninę taršą; Lazdynų – įrengta toliau nuo įvairių taršos šaltinių ir atspindi miesto foninę taršą; Žirmūnų – įrengta netoli Kareivių ir

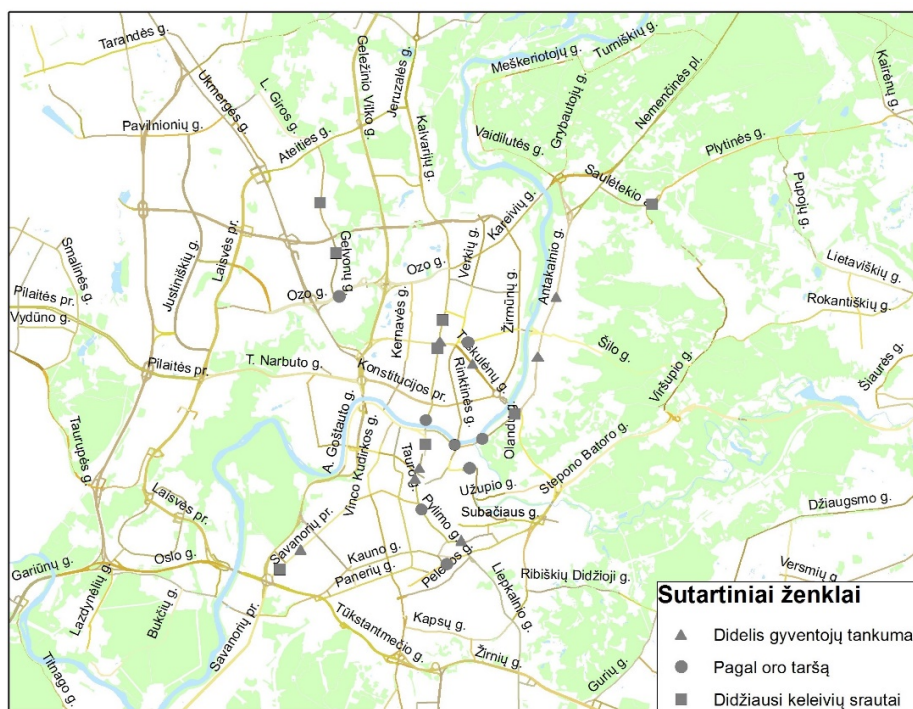
Kalvarijų gatvių sankryžos, ši stotelė vaizduoja autotransporto įtaką miesto oro kokybei; Savanorių prospektas – įrengta tarp gyvenamųjų namų, bet kartu ir netoli nuo intensyvaus eismo gatvės. Įtakos šiai oro kokybės taršos stotelei gali turėti netoliese esančios pramonės ir energetikos įmonės (Oro kokybė Lietuvoje, 2016).

Kietųjų dalelių KD₁₀ leistina ribinė vertė Lietuvoje ir Europos Sąjungoje visuomenės sveikatos apsaugai užtikrinti yra 40 µg/m³. Pasaulio sveikatos organizacija (PSO) vertindama metinį KD₁₀ vidurkį, rekomenduoja 20 µg/m³ kaip tikslią ribinę vertę.

Darbo tikslas – nustatyti ir įvertinti Vilniaus miesto viešojo transporto stotelių kietųjų dalelių teršalų koncentraciją aplinkos ore.

Tyrimų metodika

Tiriamųjų stotelių tinklas. Parenkant Vilniaus miesto viešojo transporto tiriamųjų stotelių tinklą, buvo naudojama geografinės informacinės sistemos GIS duomenų analizavimo „ArcGIS“ programa. „ArcGIS“ žemėlapių sudarymo ir analizės programinė įranga leidžia vizualizuoti ir analizuoti turimus duomenis pagal jų vietą žemėlapyje. Galima papildyti turimus duomenis turiniu iš „Esri“ pasaulinės geografinės informacijos rinkinio. „ArcGIS“ naudojama atliekant tikslus matavimus, nustatant taškus ir ryšius tarp funkcijų. Taip pat leidžia planuoti efektyvius maršrutus, atlikti pelningą svetainių parinkimą ir modeliuoti prognozes, kad būtų priimti geresni sprendimai (1 paveikslas).



1 paveikslas. Matuojamų stotelių tinklas

Prenkant tiriamųjų stotelių tinklą buvo atsižvelgta į 3 faktorius Vilniaus mieste:

Gyventojų tankį (Vilniaus miesto gyventojų tankis vnt./kv. 2011 m. oficialiosios statistikos portalas):

- Aušros vartų st.,
- Broniaus Laurinavičiaus skveras st.,
- Centro poliklinikos st.,
- Jogailos st.,
- Mikalojaus Katkaus st.,
- Petro Vileišio st.,
- Savanorių pr. st.,
- Klinikų st.

Kietųjų dalelių oro taršą (Maksimali 24 val. kietųjų dalelių (KD₁₀) koncentracija aplinkos ore Vilniuje, 2017):

- Žaliojo tilto st.,
- Šeškinės kalvos st.,
- Karaliaus Mindaugo tilto st.,
- Stoties st.,
- Trakų st.,
- Apkasų st.,
- Bernardinų sodo st.,
- Kalnų parko st.

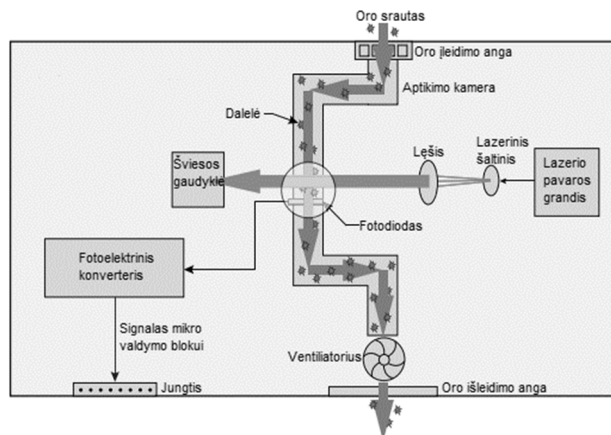
Didžiausi keleivių srautai stotelėse (viešojo transporto keleivių srautų tyrimas Vilniaus mieste, 2017 m. ruduo):

- Vinco Kudirkos aikštės st.,
- Gelvonų st.,
- Giedraičių st.,
- Gerosios Vilties st.,
- Senosios plytinės st.,
- Žalgirio st.,
- Simono Stanevičiaus st.,
- Šv. Petro ir Povilo bažnyčios st.

Matavimo įranga. Jutiklių vertinimo rinkinys SEK002 kartu su lengvai prieinamais komponentais (2 ir 3 paveikslai) ir nemokama vertinimo programine įranga apima paprastą komponentų rinkinį, naudojamą įvairiems jutikliams įvertinti.



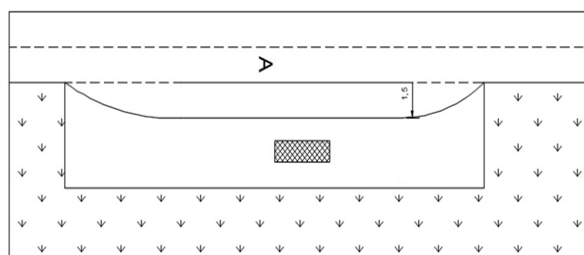
2 paveikslas. Kietųjų dalelių jutiklis



3 paveikslas. Kietųjų dalelių jutiklio principinė veikimo schema

SEK002 leidžia vartotojui tiesiogiai gauti jutiklių rodmenis, nereikia kurti jokių kodų. SEK002 yra prijungiamas prie ekrano plokštės į „Arduino TM UNO Rev3“ mikrovaldiklio plokštę. „Honeywell“ vertinimo programinė įranga atsisiunčiama į vartotojo kompiuterį, kad būtų galima nuskaityti duomenis, kurie bus rodomi kompiuterio ekrane. Jutikliai gali būti montuojami tiesiai prie SEK002 vertinimo rinkinio arba nuotoliniu būdu prijungti laidais – tai leidžia jutiklį išbandyti nepalankioje aplinkoje arba prototipo gaminyje, kad būtų galima patikrinti koncepcijos testavimo tyrimus.

Matavimo vieta. Kietųjų dalelių kiekis ore buvo matuojamas viešojo transporto stotelėje 1,5 m atstumu nuo važiuojamosios kelio dalies ir 1,5 m aukštyje virš žemės lygio (4 paveikslas).

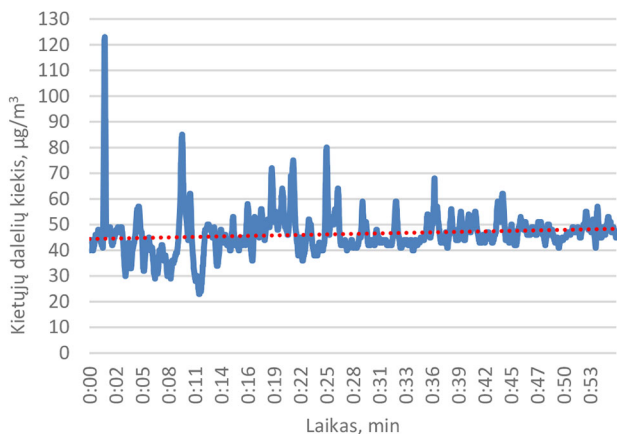


4 paveikslas. Viešojo transporto stotelė

Matavimo laikas – 10 min. Matuojamos viešojo transporto stotelės scheminis vaizdas pateikiamas 4 paveiksle.

Rezultatai

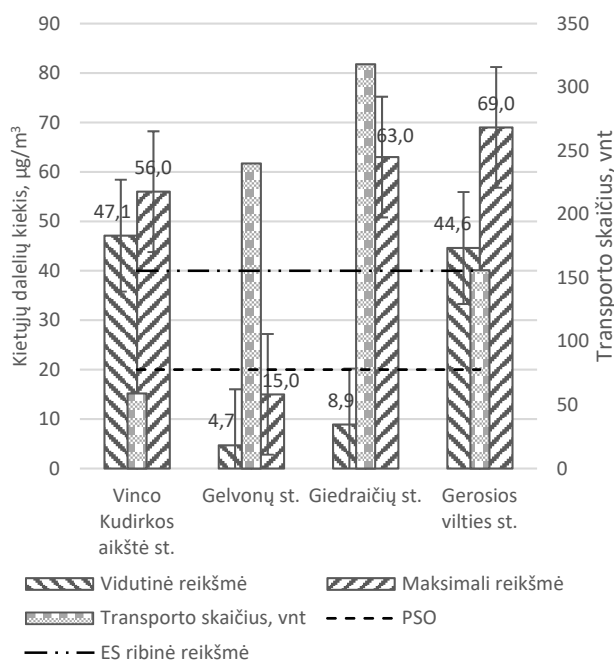
Naudojamas optinis kietųjų dalelių jutiklių rinkinys SEK002 buvo palygintas su pamatiniu gravimetriniu (svoriniu) kietųjų dalelių nustatymo metodu, kuriuo kietųjų dalelių (KD₁₀) koncentracija aplinkos ore matuojama Žirmūnų 0003 oro kokybės tyrimų (OKT) stotyje (5 paveikslas).



5 paveikslas. Kietųjų dalelių matavimas netoli Žirmūnų 003 oro kokybės tyrimų stoties (OKT)

2019 metų vasario 6 d. nuo 7 iki 8 val. ryto Žirmūnų oro taršos matavimo stotyje buvo užfiksuotas kietųjų dalelių kiekio (KD_{10}) pokytis nuo 43,72 iki 45,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Taip pat šalia stotelės fiziniu būdu 60 min. laikotarpiu buvo matuojama kietųjų dalelių koncentracija jutiklių rinkiniu SEK002 (4 paveikslas), gauta vidutinė KD_{10} koncentracija – 46,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Daroma išvada, kad SEK002 jutiklinio rinkinio gautas rezultatas apytiksliai atitinka pamatiniu gravimetriniu (svoriniu) metodu gautą rezultatą.

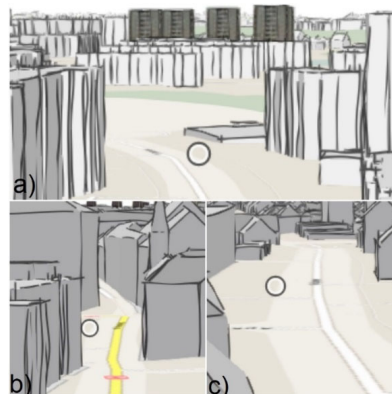
Atlikus kietųjų dalelių koncentracijos matavimus atrinktose Vilniaus miesto viešojo transporto stotelėse realiomis sąlygomis, naudojantis jutiklių vertinimo rinkiniu SEK002 ir fiksuojant transporto priemonių intensyvumą gauti rezultatai pateikti grafikuose.



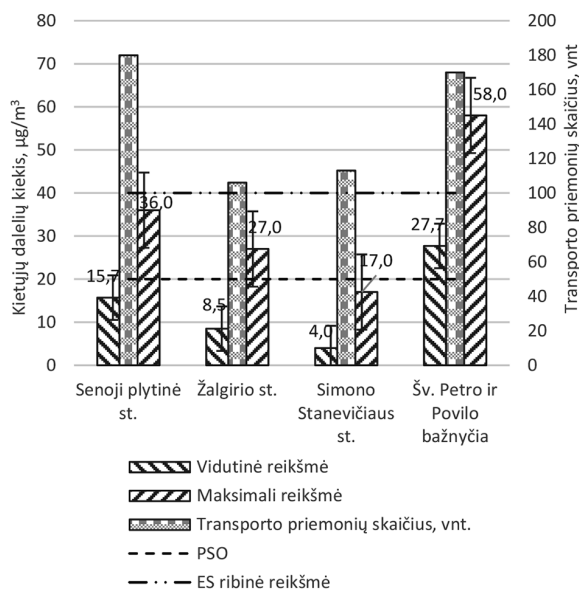
6 paveikslas. Gelvonų st., Vinco Kudirkos aikštės st., Giedraičių st., ir Gerosios vilties st. kietųjų dalelių KD_{10} tyrimo rezultatai

Iš 6 paveikslu matoma, kad didelius keleivių srautus turinčiose Vinco Kudirkos aikštė ir Gerosios Vilties stotelėse vidutinė kietųjų dalelių koncentracija (KD_{10}) viršijo Pasaulinės sveikatos organizacijos (PSO) ir Europos Sąjungos (ES) ribines vertes. Vinco Kudirkos aikštės stotelėje transporto priemonių kiekis neviršijo 59 vnt., tačiau ši stotelė išsidėsčiusi tankiai užstatytoje teritorijoje, žr. (b) – tai lemia aukštą kietųjų dalelių koncentraciją, nes teršalams sklaidytis trukdo iš abiejų pusių užstatyta gatvė, sukurianti vadinamąjį kanjono poveikį.

Gelvonų stotelėje KD_{10} neviršijo leistinų normų, nors transporto intensyvumas buvo didelis – transporto priemonių skaičius viršijo 240 vnt. Tai paaiškinama KD_{10} sklaida aplinkos ore, žr. (a). Giedraičių (c) stotelės KD_{10} vidutinė vertė siekė tik 8,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nors transporto priemonių skaičius buvo 318 vnt (6 paveikslas). Tai sietina su geresne teršalų sklaida, bei neintensyviu pastatų užstatymu (7 paveikslas).



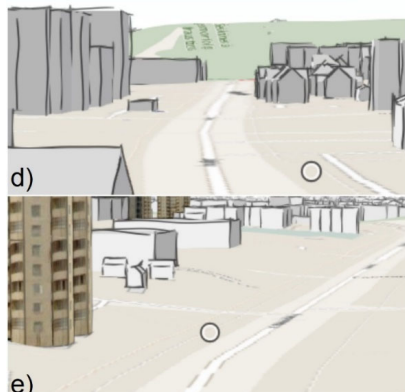
7 paveikslas. a) Gelvonų st.; b) Vinco Kudirkos aikštės st.; c) Giedraičių st. erdvinis atvaizdavimas



8 paveikslas. Senosios plytinės st., Žalgirio st., Simono Stanevičiaus st., Šv. Petro ir Povilo bažnyčia stotelių kietųjų dalelių KD_{10} tyrimo rezultatai

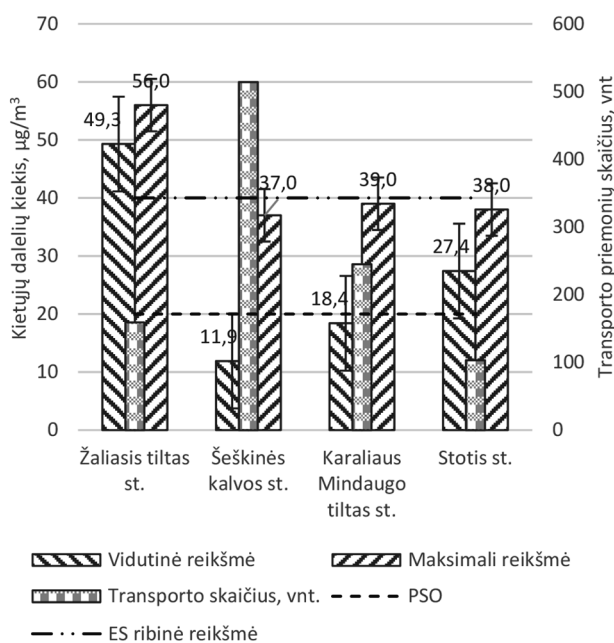
Iš pateiktos diagramos matoma, kad Šv. Petro ir Povilo bažnyčios stotelėje buvo viršijamos PSO ir ES ribinės kietųjų dalelių vertės – tai lėmė didelis transporto intensyvumas, 170 vnt (8 paveikslas).

Žalgirio ir Simono Stanevičiaus stotelėse vidutinis kietųjų dalelių kiekis neviršijo PSO leistinių normų, nors transporto skaičius viršijo 100 vnt. – tai lėmė neintensyvus pastatų užstatymas, žr. (d ir e) bei gera pažemio oro taršos sklaida (9 paveikslas).



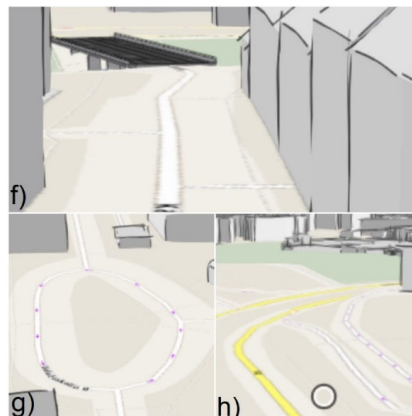
9 paveikslas. Žalgirio (d), Simono Stanevičiaus (e) stotelių erdvinis vaizdas

Iš grafiko (10 paveikslas) matyti, kad vidutinės KD_{10} koncentracijų leistinos ribinės vertės PSO ir ES buvo viršytos Žaliojo tilto (f) ir Stoties (g) stotelėse, nors nebuvo užfiksuota intensyvaus transporto srauto – tai paaiškinama intensyviu pastatų užstatymu ties Žaliojo tilto bei Stoties stotelėmis, esančiomis netoli Vilniaus geležinkelio stoties.



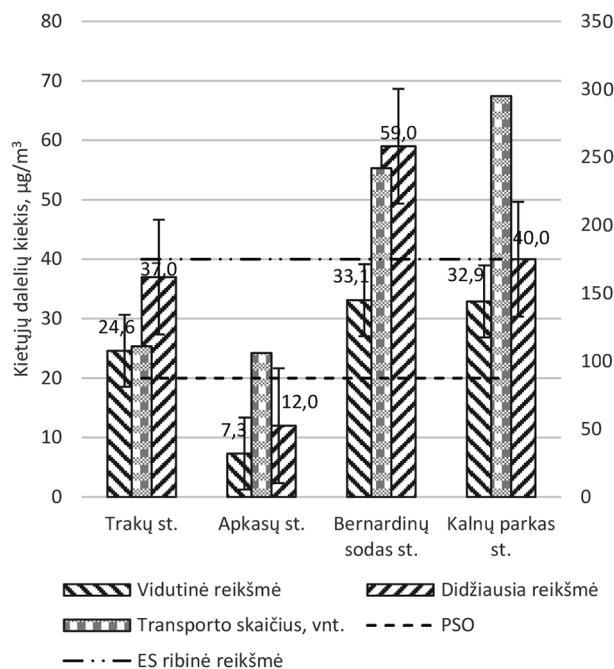
10 paveikslas. Žaliojo tilto st., Šeškinės kalvos st., | Karaliaus Mindaugo st., ir Stoties stotelių kietųjų dalelių KD_{10} tyrimo rezultatai

Šeškinės kalvų stotelėje vidutinis KD_{10} kiekis neviršijo PSO ir ES leistinių ribinių verčių, tačiau transporto priemonių kiekis buvo 514 vnt., tokią kietųjų dalelių sklaidą galėjo lemti erdvinis stotelės išsidėšymas, žr. (h) (11 paveikslas).

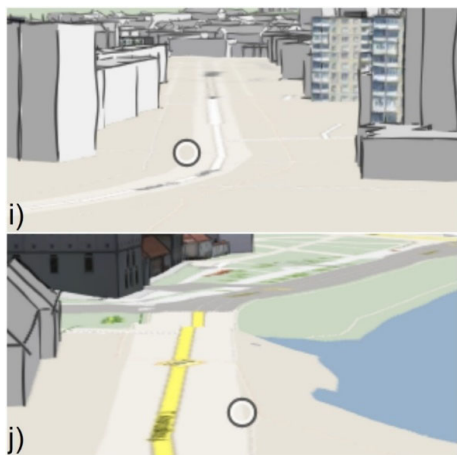


11 paveikslas. Žaliojo tilto (f), Stoties (g) ir Šeškinės kalvų (h) stotelių erdvinis vaizdas

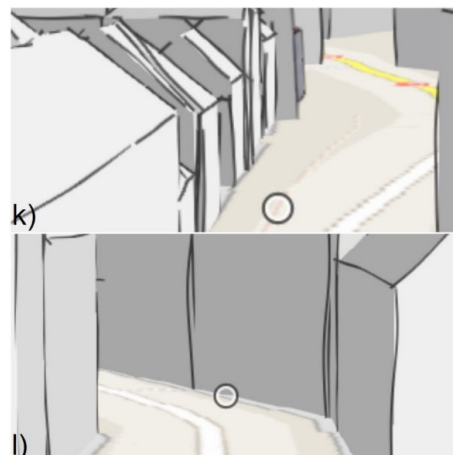
Iš grafiko (12 paveikslas) matyti, kad vidutinės KD_{10} koncentracijų leistinos ribinės vertės PSO ir ES buvo viršytos Bernardinų sodo st. – tai sietina su dideliu transporto priemonių skaičiumi – 242 vnt. Apkasų stotelėje (i) nebuvo viršytos ribinės vertės, nors transporto priemonių skaičius viršijo 100 vnt. – tai paaiškinama atviru vietovės užstatymu ir gera oro taršos sklaida (13 paveikslas). Kalnų parko st. buvo viršytos tik PSO rekomenduojamos KD_{10} ribinės vertės.



12 paveikslas. Trakų st., Apkasų st., Bernardinų sodo st. ir Kalnų parko stotelių kietųjų dalelių KD_{10} tyrimo rezultatai

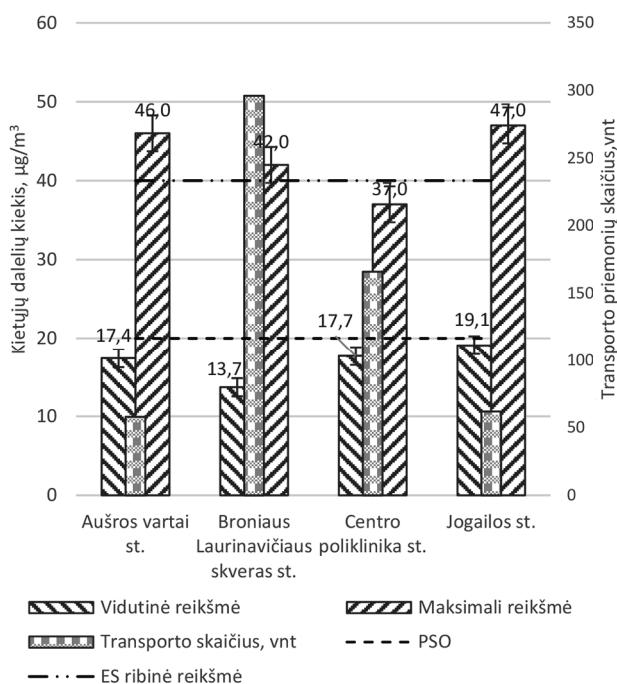


13 paveikslas. Apkasų (i) ir Kalnų parko (j) stotelių erdvinis vaizdas



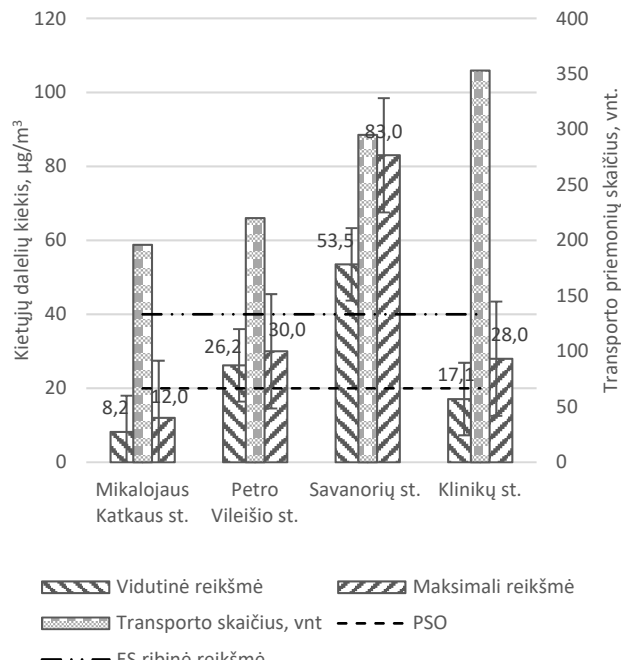
15 paveikslas. Aušros vartų (k) ir Jogailos (l) stotelių erdvinis vaizdas

Iš 14 grafiko matyti, kad vidutinės kietųjų dalelių KD_{10} reikšmės nebuvo viršytos nei vienoje stotelėje. Tačiau matoma, kad maksimalios kietųjų dalelių KD_{10} reikšmės viršijo ES ir PSO ribines vertes Aušros vartų st., Broniaus Laurinavičiaus skverų st. ir Jogailos st. Broniaus Laurinavičiaus skverų stotelėje didelė oro tarša sietina su transporto priemonių skaičiumi – 296 vnt. Aušros vartų st. (k) ir Jogailos st. (l) išsidėsčiusios intensyviai užstatytose vietovėse, tai sudaro vadinamą Kanjono efektą, kai oro tarša yra pakeliama nuo žemės ir juda uždaru ratu (15 paveikslas).

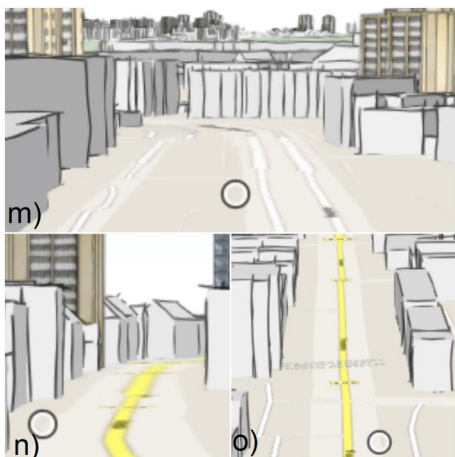


14 paveikslas. Aušros vartų st., Broniaus Laurinavičiaus skvero st., Centro poliklinikos st. ir Jogailos stotelių kietųjų dalelių KD_{10} tyrimo rezultatai

Iš 16 grafiko matyti, kad vidutinės kietųjų dalelių ES ir PSO rekomenduojamos leistinos reikšmės buvo viršytos tik Petro Vileišio st. ir Savanorių st. – tai sietina su dideliu transporto priemonių skaičiumi – 220 vnt. ir 295 vnt. Tačiau matoma, kad Mikalojaus Katkaus st. transporto priemonių skaičius siekia beveik 200 vnt., bet vidutinė KD_{10} reikšmė tik $8,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – tai galima paaiškinti gera oro taršos sklaida, neintensyviu užstatymu.



16 paveikslas. Mikalojaus Katkaus st., Petro Vileišio st., Savanorių st. ir Klinikų stotelių kietųjų dalelių KD_{10} tyrimo rezultatai



17 paveikslas. Mikalojaus Katkaus (m), Petro Vileišio (n), Klinikų st. (o) erdvinis vaizdas

Petro Vileišio st. ir Klinikų st. matavimų rezultatai išsiskiria tuo, kad kietųjų dalelių vertės neviršija ES ribinių verčių, tačiau šiose stotelėse buvo intensyvus transporto srautas – 220 vnt. ir 353 vnt. – tai gali būti paaiškinta mažaukščių gyvenamųjų namų užstatymo specifika ir tokiu būdu susidarančia gera oro taršos sklaida (17 paveikslas).

Išvados

1. Atlikus palyginamąjį kietųjų dalelių matavimą prietaisu SEK002, pagrįstu indikatoriniu matavimo būdu ir Žirmūnų oro kokybės tyrimų (OKT) pamatiniu gravimetriniu metodu, gautas rezultatas apytiksliai vienodas. Vadinasi, naudojama aparatūra tiksliai matuoja ir atitinka keliamus reikalavimus.
2. Vidutinė kietųjų dalelių (KD_{10}) koncentracija viršijo Europos Sąjungos (ES) ribinę vertę 4-iose stotelėse. Pasaulinės sveikatos organizacijos ribinę vertę kietųjų dalelių koncentracija viršijo 10 kartų.
3. Maksimali kietųjų dalelių reikšmė viršijo Europos Sąjungos ribinę vertę 10 stotelių. Pasaulinės sveikatos organizacijos (PSO) rekomenduojama reikšmė buvo viršyta net 20 stotelių.
4. Atlikti matavimai parodė, kad oro tarša kietosiomis dalelėmis yra padidėjusi ir neatitinka PSO keliamų reikalavimų.

Literatūra

Anderson, J. O., Thundiyil, J. G., & Stolbach, A. (2012). Clearing the air: A review of the effects of particulate matter air pollution on human health. *Journal of Medical Toxicology*, 8(2), 166-175. <https://doi.org/10.1007/s13181-011-0203-1>

Antonini, J. M., Afshari, A., Meighan, T. G., McKinney, W., Jackson, M., Schwegler-Berry, D., Burns, D. A., LeBouf, R. F., Chen, B. T., Shoeb, M., & Zeidler-Erdely, P. C. (2017). Aerosol characterization and pulmonary responses in rats after short-term inhalation of fumes

generated during resistance spot welding of galvanized steel. *Toxicology Reports*, 4, 123-133.

<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.02.004>

Aplinkos apsaugos agentūra. (2017). *Oro kokybė Lietuvoje 2016 m.* Vilnius.

Atkinson, R. W., Fuller, G. W., Anderson, H. R., Harrison, R. M., & Armstrong, B. (2010). Urban ambient particle metrics and health: A time-series analysis. *Epidemiology*, 21(4), 501-511. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181debc88>

Cahill, T. A., Barnes, D. E., Spada, N. J., Lawton, J. A., & Cahill, T. M. (2011). Very fine and ultrafine metals and ischemic heart disease in the California Central Valley 1: 2003–2007. *Aerosol Science and Technology*, 45(9), 1123-1134. <https://doi.org/10.1080/02786826.2011.582194>

Chernyshev, V. V., Zakharenko, A. M., Ugay, S. M., Hien, T. T., Hai, L. H., Olesik, S. M., Kholodov, A. S., Zubko, E., Kokkinakis, M., Burykina, T. I., Stratidakis, A. K., Mezhuiev, Ya. O., Sarigiannis, D. A., Tsatsakis, A., & Golokhvasta, K. S. (2019). Morphological and chemical composition of particulate matter in buses exhaust. *Toxicology Reports*, 6, 120-125.

<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.12.002>

Davidson, C. I., Phalen, R. F., & Solomon, P. A. (2007). Airborne particulate matter and human health: A review. *Aerosol Science and Technology*, 39(8), 737-749.

<https://doi.org/10.1080/02786820500191348>

Yamada, Y., Ohtani, K., Imajo, A., Izu, H., Nakamura, H., & Shiraiishi, K. (2015). Comparison of the neurotoxicities between volatile organic compounds and fragrant organic compounds on human neuroblastoma SK-N-SH cells and primary cultured rat neurons. *Toxicology Reports*, 2, 729-736. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2015.05.002>

Janssen, N. A. H., Hoek, G., Lawson-Simic, M., Fischer, P., Bree, L., van Ten Brink, H. M., Keuken, M. P., Atkinson, R., Anderson, H. R., Brunekreef, B., & Cassee, F. (2011). Black carbon as an additional indicator of the adverse health effects of airborne particles compared to PM10 and PM2.5. *Environmental Health Perspective*, 119(12), 1691-1699. <https://doi.org/10.1289/ehp.1003369>

Johnson, G.T., & Hunter, L. J. (1999). Some insight into typical urban canyon airflows. *Atmospheric Environment*, 33(24-25), 3991-3999.

[https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00164-8](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00164-8)

Kaur, S., Niuwenhuijsen, M. J., & Colvile, R. N. (2007). Fine particulate matter and carbon monoxide exposure concentrations in urban street transport microenvironments. *Atmospheric Environment*, 41(23), 4781-4810.

<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.02.002>

Keuken, M., Zandveld, P., van den Elshout, S., Janssen, N. A. H., & Hoek, G. (2011). Air quality and health impact of PM10 and EC in the city of Rotterdam, the Netherlands in 1985–2008. *Atmospheric Environment*, 45(30), 5294-5301.

<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.06.058>

Lenschow, P., Abraham, H. J., Kutzner, K., Lutz, M., Preuß, J. D., & Reichenbacher, W. (2001). Some ideas about the sources of PM10. *Atmospheric Environment*, 35(1), S23-S33.

[https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00122-4](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00122-4)

McCoy, M. J., Hoppe Parr, K. A., Anderson, K. E., Cornish, J., Haapala, M., & Greivell, J. (2017). Diacetyl and 2,3-pentanedione in breathing zone and area air during large-scale commercial coffee roasting, blending and grinding processes. *Toxicology Reports*, 4, 113-122.

<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.01.004>

- Nanaki, E. A., Koroneos, C. J., Xydis, G. A., & Rovas, D. (2014). Comparative environmental assessment of Athens urban buses – Diesel, CNG and biofuel powered. *Transport Policy*, 35, 311-318.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.04.001>
- Wardoyo, A. Y. P., Juswono, U. P., & Noor, J. A. E. (2018). Varied dose exposures to ultrafine particles in the motorcycle smoke cause kidney cell damages in male mice. *Toxicology Reports*, 5, 383-389.
<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.02.014>

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF PARTICULATE MATTER IN PUBLIC TRANSPORT STOPS OF VILNIUS CITY

J. Sokolovskaja, M. Pranskevičius

Summary

The paper investigates and evaluates the particulate matter contamination of Vilnius city public transport stations. The environmental and human effects of particulate matter caused by road transport, their properties and characteristics are analyzed. Experimental studies were carried out by measuring particulate pollution at Vilnius city public transport stations using an indicator measurement method. The research network of public transport stations was selected on the basis of urban population density and distribution, airborne particulate matter and the largest public transport passenger flows. The operating principle of the device is based on an optical method. Comparative study of the measuring device with reference gravimetric airborne particulate measurement method was performed. The results obtained are compared, and the accuracy is assessed. After examining the experimental research of particulate matters, the results are presented and compared with the limit values of the European Union and the World Health Organization, conclusions and recommendations for the protection of public health are proposed.

Keywords: particulate matter (PM), ambient air pollution, particulate concentrations, public transport stops, Vilnius city.