

Oro taršos pokyčių analizė ir prognozė Klaipėdos mieste

Milda Vilkaitė, Audrius Dėdelė

Vytauto Didžiojo universitetas

Viena iš pagrindinių aplinkos taršos problemų yra oro tarša, kuri sparčiai didėja ir kelia pavojų ne tik žmonių sveikatai, tačiau ir visai gyvajai gamtai. Darbo tikslas – išanalizuoti oro kokybės pokyčius, įvertinti meteorologinių veiksnių poveikį teršalų sklaidai ir atlikti oro taršos prognozė Klaipėdos mieste. Tyrimo buvo naudojami dviejų automatizuotų oro kokybės stebėsenos stočių duomenys ir kranto meteorologijos stoties duomenys. Didžiausia ($40,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vidutinė kietųjų dalelių (KD_{10}) koncentracija buvo nustatyta 2013 m. pavasarį, o mažiausia ($23,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) – vasarą. Vertinant meteorologinių veiksnių poveikį teršalų sklaidai, nustatyti vidutinio stiprumo, neigiami, statistiškai reikšmingi koreliaciniai ryšiai tarp CO ir temperatūros ($r = -0,55$, $p = 0,00$) ir tarp NO_2 ir vėjo greičio ($r = -0,47$, $p = 0,00$).

Oro tarša, meteorologinės sąlygos, prognozė, poveikis sveikatai

Įvadas

Didelių miestų oro užterštumas yra svarbi aplinkos problema daugelyje pasaulio šalių (Han, Naehar, 2006; Marshal et al., 2005), galinti turėti neigiamą poveikį gyventojų sveikatai (Tabaku et al., 2011; Anderson, 2009; Yanga et al., 2015). Labiausiai orą teršia automobilių transportas, energetika, kai kurios pramonės šakos ir jų atliekos, žemės ūkio veikla bei namų ūkiai. Daugiausia teršalų (azoto oksidų, anglies monoksido ir kietųjų dalelių) išsiskiria deginant organinį kurą; emisijų kiekis priklauso nuo kuro rūšies (Kampa, Castanas, 2008).

Norint išvengti oro taršos sukiamų problemų, būtina nuosekliai atlikti oro kokybės stebėjimą ir vertinimą bei ieškoti sprendimo būdų jai mažinti. Vieni iš pagrindinių aplinkos apsaugos uždavinių Lietuvoje yra kontroliuoti ir mažinti oro taršą (Baltrėnas, Morkūnienė, 2006).

Meteorologinės sąlygos ir oro kokybė sinergetiškai veikia žmonių sveikatą jos būklę, turi įtakos sergamumui bei mirtingumui. Todėl svarbu stebėti, gebėti vertinti oro kokybę, jos kintamumą laike bei ją prognozuoti, kad būtų galima išvengti sveikatos sutrikimų protrūkių (Cakmak et al., 2006; Dales et al., 2006; Roberts, 2004; Zanobetti, Schwartz, 2005).

Miestų oro kokybė priklauso nuo teršalų emisijos iš mobilių ir stacionarių taršos šaltinių bei meteorologinių sąlygų, kurios lemia teršalų sklaidą (Sua et al., 2015). Oro kokybė yra neatsiejama nuo meteorologinių parametrų, kurių buvimas ar nebuvimas turi įtakos esamos taršos sklaidai (Bimbaite, Girgždienė, 2007). Lietuvoje vyrauja palankios teršalams sklaidai sąlygos – nepastovūs, vėjuoti orai, dažni krituliai greitai išsklaido arba išplauna ir nusodina teršalus.

Darbo tikslas – išanalizuoti oro kokybės pokyčius, įvertinti meteorologinių veiksnių poveikį teršalų sklaidai ir atlikti oro taršos prognozė Klaipėdos mieste.

Tyrimų metodika

Tyrimo objektas – oro tarša azoto dioksidu (NO_2), anglies monoksidu (CO) ir kietosiomis dalelėmis (KD_{10}) 2013 metais Klaipėdos mieste. Duomenys buvo gauti iš automatizuotų monitoringo stočių Klaipėdos mieste viena – Šilutės plente, kita – miesto centre (Bangų g.) (Aplinkos apsaugos agentūros, Lietuvos valstybinio oro monitoringo matavimų duomenys).

Azoto dioksido (NO_2), anglies monoksido (CO) ir kietųjų dalelių (KD_{10}) koncentracijų analizė atlikta Klaipėdos mieste 2013 metų pavasarį, vasarą, rudenį ir žiemą. Įvertintas meteorologinių rodiklių (vėjo greičio, oro temperatūros ir santykinės drėgmės) poveikis teršalų sklaidai Klaipėdos mieste 2013 metais. Buvo atlikta duomenų statistinė analizė, apskaičiuotas koreliacijos koeficientas ir įvertintas jo statistinis patikimumas. Šiam darbui atlikti buvo naudojami MS Office ir StatSoft STATISTICA 8 ir SPSS programų paketai.

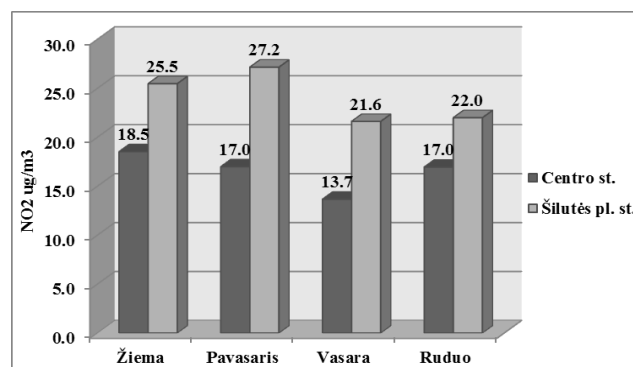
NO_2 , CO ir KD_{10} koncentracijų kitimas skirtingais 2013 m. sezonais buvo įvertintas grafiškai, vidurkiai ir vidurkių pasikliautiniai intervalai apskaičiuoti naudojant STATISTICA 8 statistikos paketą.

Norint įvertinti meteorologinių veiksnių poveikį oro teršalų sklaidai, buvo naudojami vėjo greičio, oro drėgno ir oro temperatūros duomenys iš Klaipėdos meteorologijos stoties.

Prognostinio modelio kūrimui buvo pasirinktas ARIMA modelis naudojant SPSS paketą. Į modelį įtraukiami parametrai buvo statistiškai patikimi ir koreliacijos statistiškai reikšmingos.

Rezultatai ir jų aptarimas

Tyrimų rezultate buvo atlikta sezoninė oro taršos NO_2 , CO ir KD_{10} analizė (1–3 pav.).

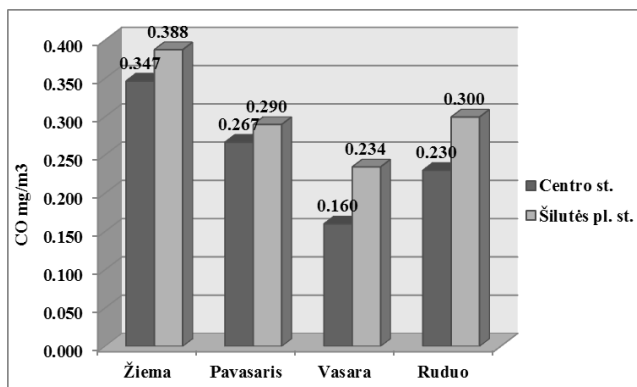


1 pav. NO_2 koncentracijos kitimas skirtingais 2013 m. sezonais
Fig. 1. The seasonal variation of NO_2 concentration in 2013

1 paveiksle pateikti duomenys iliustruoja, kad didžiausia ($27,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oro tarša NO_2 Klaipėdos mieste buvo užfiksuota 2013 m. pavasarį Šilutės plente esančioje automatizuotoje monitoringo stotyje. Tačiau Centro

monitoringo stotyje didžiausia ($18,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) NO_2 koncentracija buvo užfiksuota 2013 m. žiemą. Mažiausia azoto dioksido koncentracija užfiksuota vasarą, Centro automatizuotoje monitoringo stotyje – $13,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Šilutės plente esančioje automatizuotoje monitoringo stotyje – $21,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dideli teršiančių medžiagų koncentracijų skirtumai skirtingose automatizuotose monitoringo stotyse atsiranda dėl skirtingų veiksnių įtakos. Šilutės plento stotelė daugiau atspindi transporto išmetamų teršalų koncentracijas, o Centro automatizuotoje monitoringo stotyje individualių namų bei pramonės.

Dėl šių priežasčių Centro automatizuotoje monitoringo stotyje didžiausios koncentracijos užfiksuotos žiemą, kai kūrenimo intensyvumas didžiausias, o mažiausios – vasarą, kai jo visai nėra.



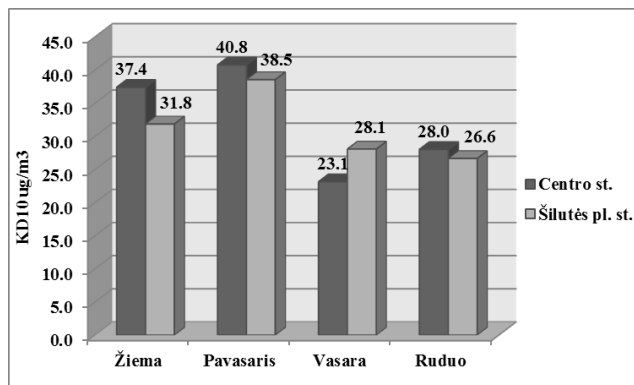
2 pav. CO koncentracijos kitimas skirtingais 2013 m. sezonais
Fig. 2. The seasonal variation of CO concentration in 2013

Iš 2 paveiksle pateiktų duomenų matome, kad didžiausia anglies monoksido koncentracija užfiksuota žiemą: Centro automatizuotoje monitoringo stotyje ji siekia $0,35 \text{ mg}/\text{m}^3$ ir Šilutės plente esančioje automatizuotoje monitoringo stotyje – $0,39 \text{ mg}/\text{m}^3$. Mažiausios CO koncentracijos buvo vasaros sezono metu Centro monitoringo stotyje $0,16 \text{ mg}/\text{m}^3$ ir monitoringo stotyje, esančioje Šilutės plente $0,234 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Rudens ir pavasario sezonais Šilutės plente esančioje stotyje koncentracijos mažai skyrėsi pavasarį $0,290 \text{ mg}/\text{m}^3$ o rudenį $0,300 \text{ mg}/\text{m}^3$. Centro automatizuotoje monitoringo stotyje duomenys rodo, jog pavasarį CO koncentracija buvo $0,037 \text{ mg}/\text{m}^3$ didesnė nei rudenį.

Kaip matyti iš 3 paveiksle pateiktų duomenų, didžiausia KD_{10} koncentracija ore buvo pavasarį. Centro automatizuotoje monitoringo stotyje ji siekė $40,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o Šilutės pl. stotelėje – $38,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mažiausia KD_{10} koncentracija užfiksuota Centro automatizuotoje monitoringo stotyje vasaros sezono metu $23,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o Šilutės plento stotelėje rudens sezono metu $26,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Analizuojant oro taršą kietosiomis dalelėmis skirtingų sezonų metu, matome ryškų koncentracijos padidėjimą pavasario sezono metu, tai gali būti susiję su padidėjusiu gatvių dulkiškumu ištirpus sniegui, individualiuose ūkiuose vykstančiu kūrenimu, nes kietojo kuro kūrenimas yra tiesiogiai susijęs su pelenų pavidale iškrentančiomis kietosiomis dalelėmis.



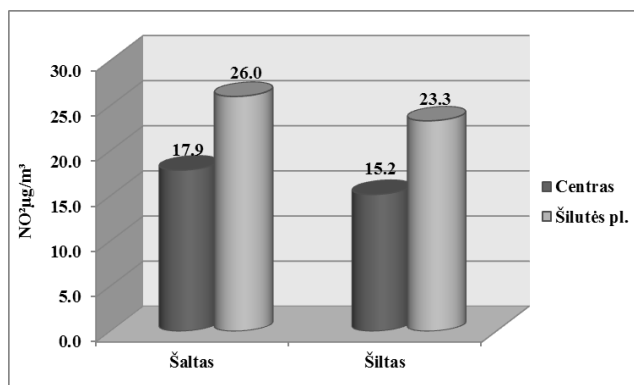
3 pav. KD_{10} koncentracijų kitimas skirtingais 2013 m. sezonais
Fig. 3. The seasonal variation of particulate concentration in 2013

Apibendrinant oro teršalų koncentraciją skirtingais sezonais Klaipėdos mieste, galima išskirti žiemos ir pavasario sezonus, kurių metu užfiksuojama didžiausia teršalų koncentracija. Pavasarį ir žiemą stebima didžiausia azoto dioksido koncentracija. Žiemą nustatyta didžiausia anglies monoksido, o pavasarį – didžiausia kietųjų dalelių koncentracija.

Mažiausia oro tarša nustatyta rudens ir vasaros sezonų metu. Ši pasiskirstymą lemia daug įvairių veiksnių tokių kaip meteorologinės sąlygos (vėjo greitis, santykinė drėgmė), taip pat augalijos aktyvumas, transporto srautų kitimas ir kt.

Toliau pateikiama informacija apie taršos pasiskirstymą šaltuoju ir šiltuoju laikotarpiais. Buvo atsižvelgta į šildymo sezono laikotarpį Klaipėdos mieste Šaltasis laikotarpis nuo spalio 15 d. iki balandžio 15 d. imtinai. Šiltasis metų sezonas nuo balandžio 16 d. iki spalio 14 d. imtinai.

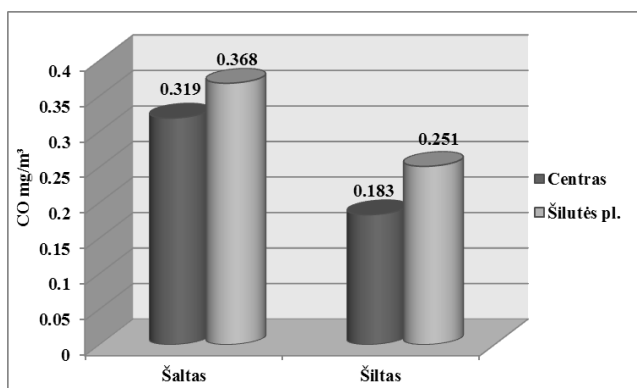
4 paveiksle pateikti duomenys rodo, jog šaltuoju 2013 metų sezonu azoto dioksido koncentracijos buvo didesnės nei šiltuoju. Šaltuoju metų sezonu NO_2 koncentracija Šilutės pl. stotelėje siekė $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o centro stotelėje $17,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Šiltuoju metų sezonu azoto dioksido koncentracijos Šilutės plente esančioje automatizuotoje monitoringo stotyje buvo $23,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o Centro automatizuotoje monitoringo stotyje $15,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



4 pav. NO_2 koncentracija šiltuoju ir šaltuoju 2013 metų laikais
Fig. 4. The distribution of NO_2 concentration in the warm and cold seasons in 2013

5 paveiksle pateikta informacija apie CO pasiskirstymą šaltuoju ir šiltuoju metų laikotarpiais. Matome, jog abiejose matavimų stotelėse užfiksuotos anglies

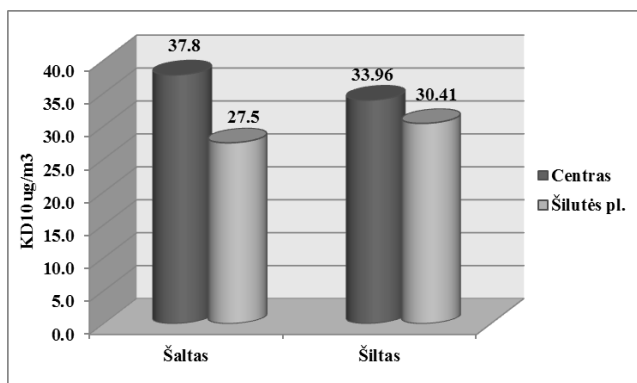
monoksido koncentracijos šaltuoju laikotarpiu yra didesnės nei šiltuoju, Šilutės plente esančioje automatizuotoje monitoringo stotyje CO koncentracija buvo 32 % didesnė ($0,368 \text{ mg/m}^3$), o Centro automatizuotoje monitoringo stotyje – 43 % didesnė ($0,319 \text{ mg/m}^3$) nei šiltuoju laikotarpiu. Didelis skirtumas pastebimas Centro automatizuotoje monitoringo stotyje, kuri daugiau atspindi individualių namų keliamą oro taršą, todėl galima teigti, jog CO koncentracijų padidėjimą ore lėmė kietojo kuro kūrenimas.



5 pav. CO koncentracija šaltuoju ir šiltuoju 2013 metų laikais

Fig. 5. The distribution of carbon monoxide concentration in the warm and cold seasons in 2013

6 paveiksle matyti, kad šaltuoju sezonu išryškėja KD_{10} koncentracija Centro stotelėje, kur ji siekia $37,8 \mu\text{g/m}^3$, tai yra, $3,8 \mu\text{g/m}^3$ mažiau nei šiltuoju metų sezonu, šios stotelės duomenys atspindi gyvenamųjų namų daromą įtaką kietųjų dalelių koncentracijai ore, nes stotelė yra pastatyta arčiau gyvenamųjų namų mikrorajono.



6 pav. Didėsnį kaip $10 \mu\text{m}$ KD koncentracija ore šiltuoju ir šaltuoju 2013 metų laikais

Fig. 6. The distribution of particulate matter ($>10 \mu\text{m}$) concentration in warm and cold seasons in 2013

Šilutės plente esančioje automatizuotoje monitoringo stotyje skirtumas tarp kietųjų dalelių koncentracijos šaltuoju ir šiltuoju sezonais buvo mažesnis nei Centro stotelėje $2,9 \mu\text{g/m}^3$. Kietųjų dalelių koncentracija buvo didesnė šiltuoju metų laikotarpiu. Apibendrinant azoto dioksido, CO ir kietųjų dalelių pasiskirstymą šiltuoju ir šaltuoju metų sezonais pastebėta, jog didesnės teršalų koncentracijos buvo nustatytos šaltuoju metų sezonu.

Atliekant meteorologinių veiksnių įtakos teršalų sklaidai vertinimą buvo naudojami šie meteorologiniai parametrai: temperatūra, santykinė drėgmė, vėjo greitis.

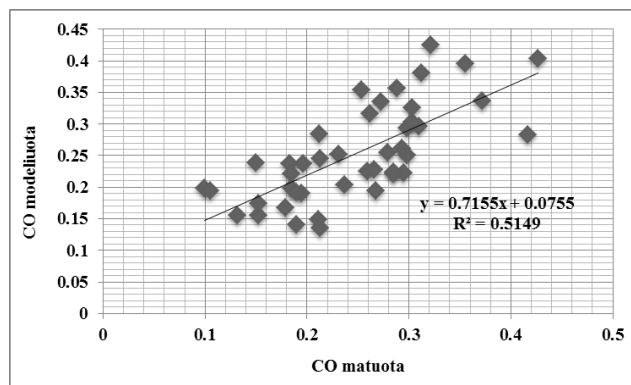
Buvo nagrinėjama kiekvieno pasirinkto meteorologinio parametro (temperatūros, santykinės drėgmės, vėjo greičio) įtaka pasirinktiems teršalams (NO_2 , CO, KD_{10}). Atlikus koreliacinę analizę, nustatėme, jog yra ryšys tarp azoto dioksido, anglies monoksido, kietųjų dalelių ir meteorologinių rodiklių.

Vertinant meteorologinių veiksnių įtaką azoto dioksidui (NO_2) glaudžiausias statistiškai reikšmingas vidutinio stiprumo neigiamas ryšys buvo nustatytas su vėjo greičiu ($r = -0,47$, $p = 0,00$). Vėjo greitis yra palankus parametras NO_2 sklaidai, t.y. esant didesniam vėjo greičiui, NO_2 sklaida yra geresnė. Kuo didesnis vėjo greitis, tuo greičiau yra išsklaidomi teršalai. Silpna statistiškai reikšminga neigiama koreliacija buvo nustatyta tarp NO_2 ir oro temperatūros ($r = -0,23$, $p = 0,00$). Palankesnės NO_2 sklaidai sąlygos yra šiltuoju metų sezonu. Reikia pažymėti, kad tarp NO_2 ir santykinės drėgmės užfiksuota labai silpna neigiama statistiškai nereikšminga koreliacija ($r = -0,02$, $p = 0,631$). Todėl galime teigti, kad santykinė drėgmė neturėjo įtakos azoto dioksido koncentracijai ore.

Analizuojant meteorologinių parametru įtaką anglies monoksidui, vidutinė statistiškai reikšminga koreliacija buvo nustatyta su temperatūra ($r = -0,55$, $p = 0,00$). Tarp CO ir vėjo greičio nustatytas neigiamas statistiškai reikšmingas silpnas ryšys ($r = -0,26$, $p = 0,00$). Koreliacinė analizė parodė, kad tarp anglies monoksido ir santykinės drėgmės buvo labai silpnas teigiamas statistiškai reikšmingas ryšys ($r = 0,09$, $p = 0,02$).

Atliekant koreliacinę analizę tarp kietųjų dalelių koncentracijos ir meteorologinių rodiklių reikšmių, nustatytas vidutinio stiprumo neigiamas statistiškai reikšmingas ryšys ($r = -0,33$, $p = 0,00$). Silpnas neigiamas statistiškai reikšmingas ryšys nustatytas tarp kietųjų dalelių ir vėjo greičio ($r = -0,26$, $p = 0,00$). Labai silpnas neigiamas statistiškai reikšmingas ryšys nustatytas tarp KD_{10} ir santykinės drėgmės ($r = -0,18$, $p = 0,00$). Vertinant meteorologinių veiksnių įtaką teršalų sklaidai, nustatytas vidutinio stiprumo neigiamas statistiškai reikšmingas koreliacinis ryšys tarp CO ir temperatūros ($r = -0,55$, $p = 0,00$). Pagal šias teršalų koncentracijų reikšmes buvo prognozuojamos CO koncentracijos 2014 metams.

7 pav. pavaizduotos išmatuotos ir sumodeliuotos anglies monoksido koncentracijos 2014 metais



7 pav. Išmatuotos ir sumodeliuotos CO koncentracijos 2014 m.

Fig. 7. Measured and modelled concentrations of CO in 2014

Didžiausi skirtumai tarp išmatuotų ir sumodeliuotų reikšmių buvo nustatyti esant didžiausioms išmatuotoms CO koncentracijoms, kurios yra nuo 0,400 iki 0,500 mg/m³. Atlikus statistinį matematinį duomenų įvertinimą tarp išmatuotų ir sumodeliuotų CO reikšmių buvo nustatytas vidutinio stiprumo ryšys, determinacijos koeficientas R²=0,51.

Išvados

1. Didžiausia NO₂ ir KD₁₀ koncentracija nustatyta 2013 metų pavasarį atitinkamai 27,2 µg/m³ ir 40,8 µg/m³, o žiemą nustatyta didžiausia (0,39 mg/m³) CO koncentracija, lyginant su kitais metų sezonais.

2. Vertinant meteorologinių veiksnių poveikį teršalų sklaidai, nustatyti vidutinio stiprumo neigiami statistiškai reikšmingi koreliaciniai ryšiai tarp CO ir temperatūros (r = -0,55, p = 0,00) ir tarp NO₂ ir vėjo greičio (r = -0,47, p = 0,00)

3 Atlikus statistinį matematinį duomenų įvertinimą tarp išmatuotų ir sumodeliuotų CO reikšmių tiriamuoju laikotarpiu buvo nustatytas vidutinio stiprumo ryšys (R² = 0,52).

Literatūra

- ANDERSON, H. R. Air pollution and mortality: A history, *Atmospheric Environment*, January 2009 p. 142–152
- BALTRĖNAS, P., MORKŪNIENĖ, J. Kietųjų dalelių koncentracijos ore Žvėryno mikrorajone Vilniuje tyrimai, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2006, Vol. 14(1) p. 23–31
- BIMBAITĖ, V., GIRGŽDIENĖ, R. Evaluation of Lithuanian air quality monitoring data applying synoptical analysis, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2007 Vol. 15:3, p. 173-181

Milda Vilkaitė, Audrius Dėdelė

Air pollution analysis and forecast in Klaipėda city

Summary

One of the major environmental problems is air pollution, which is rapidly growing and poses a threat not only to human health, but to the whole living nature. The aim of this study was to analyze the changes of air quality in Klaipėda city, assess the impact of meteorological factors to the dispersion of air pollutants and to perform air pollution forecast in Klaipėda city. The data from two automatic air quality monitoring stations and the meteorological data from shore meteorological station were used in this study. The highest average particulate matter (PM₁₀) concentration was found in spring (40.8 µg/m³, while the lowest one (23.1 µg/m³) – in summer. The assessment of meteorological factors on the dispersion of air pollutants showed a moderate, negative, statistically significant correlation between CO and temperature (r = -0.55, p = 0.00) and between NO₂ and wind speed (r = -0.47, p = 0.00).

Air pollution, meteorology, forecast, health effects

Gauta 2015 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2015 m. balandžio mėn.

Milda VILKAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto Aplinkotyros katedros studentė Adresas: Vileikos g. 8, LT-44404 Kaunas., el. paštas: Milda.Vilkaitė@fc.vdu.lt

Milda VILKAITĖ. Vytautas Magnus University, Faculty of Natural sciences, Department of Environmental sciences, student. Address: Vileikos str. 8, LT-44404, Kaunas e-mail: Milda.Vilkaitė@fc.vdu.lt

Audrius DĖDELĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto Aplinkotyros katedros docentas, biomedicinos mokslų daktaras. Adresas: Vileikos g. 8, LT-44404, Kaunas. Tel. (+370 37) 32 79 04, e-mail: a.dedele@gmf.vdu.lt

Audrius DĖDELĖ. Vytautas Magnus University Faculty of Natural Sciences, Department of Environmental Sciences, PhD, assoc. prof. Address: Vileikos g. 8, LT-44404, Kaunas. Tel. (+370 37) 32 79 04, e-mail: a.dedele@gmf.vdu.lt

- CAKMAK, S., DALES, R.E., JUDEK, S. Respiratory health effects of air pollution gases: modification by education and income *Arch. Environ. Occup. Health*, 2006, Vol. 61 p. 5–10
- DALES, R.E., CAKMAK, S., DOIRON M.S., Gaseous air pollutants and hospitalization for respiratory disease in the neonatal period *Environ. Health Perspect.*, 2006, Vol.114 p. 1751–1754
- Didžiausia leidžiama cheminių medžiagų (teršalų) koncentracija gyvenamosios aplinkos 2008. *Lietuvos higienos norma HN 35:2007. Valstybės žinios* 145–5858.
- HAN X., NAEHER L. P., A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world *Environment International*, January 2006, Vol. 32 p. 106–120
- YANGA, Y., CAO, Y., LIA, W., LIC, R., WANGA, M., WUA, Z., XUA, Q., Multi-site time series analysis of acute effects of multiple air pollutants on respiratory mortality: A population-based study in Beijing, China *Science of The Total Environment*, 2015, Vol. 508, p. 178–187
- KAMPA M., CASTANAS, E. Human health effects of air pollution, *Environmental Pollution*, 2008, Vol. 151 (2) p. 362–367
- MARSHALL J., MCKONE T.E., DEAKIN E., NAZAROFF W.W., Inhalation of motor vehicle emissions: effects of urban population and land area, *Atmospheric Environment*, 2005, Vol 39 (2) p. 283–295
- ROBERTS S., Interactions between particulate air pollution and temperature in air pollution mortality time series studies *Environ. Res.*, 2004, Vol 96 p. 328–337
- SUA, J. G., APTEB, J. S., LIPSITTA, J., GARCIA-GONZALES, D. A., BEKERMANA, B. S., NAZELLE, A., TEXCALAC-SANGRADORD, J. L., JERRETTA, M. Populations potentially exposed to traffic-related air pollution in seven world cities, *Environment International* Vol. 78, 2015, p. 82–89
- TABAKU, A., BEJTJA, G., BALA, S., TOCI, E., RESULI, J. Effects of air pollution on children's pulmonary health, *Atmospheric Environment*, 2011, Vol. 45 (40) p. 7540–7545
- ZANOBETTI, A., SCHWARTZ, J. The effect of particulate air pollution on emergency admissions for myocardial infarction: a multicity case-crossover analysis, *Environ. Health Perspect.*, 2005, Vol. 113 p. 978–982