

## Azoto dioksido nustatymas naudojant ADMS-Urban modelį Kėdainių mieste

Gintarė Šidlauskaitė, Audrius Dėdelė

Vytauto Didžiojo Universitetas

Tarša azoto dioksidu ( $\text{NO}_2$ ) yra viena svarbiausių miesto oro taršos problemų. Didžiausios šio teršalo emisijos yra iš automobilių transporto. Patekęs į žmogaus organizmą  $\text{NO}_2$  dirgina kvėpavimo takus, gali sumažinti plaučių atsparumą infekcijoms, sukelti plaučių edemą ir kitus sveikatos pakenkimus. Vienas iš plačiai taikomų aplinkos oro kokybės vertinimo metodų, leidžiantis nustatyti oro užterštumo lygį ir tiksliau įvertinti erdvinį teršalų pasiskirstymą mieste, yra oro teršalų sklaidos modeliavimas. Tyrimo tikslas – atlikti oro taršos  $\text{NO}_2$  analizę bei naudojant ADMS-Urban dispersijos modelį, nustatyti šio teršalo sklaidą Kėdainių mieste. Naudojant dispersinį ADMS-Urban modelį, buvo sumodeliuota vidutinė metinė  $\text{NO}_2$  koncentracija Kėdainių mieste. Atlikus modeliavimą ADMS-Urban programa, nustatyta, kad didžiausia  $\text{NO}_2$  koncentracija buvo prie J. Basanavičiaus gatvės, transporto srautas labai intensyvus (825 transporto priemonės per valandą). Tolstant nuo šios gatvės,  $\text{NO}_2$  koncentracija mažėjo. Analizuojant stacionarius oro taršos šaltinius, didžiausią įtaką Kėdainių miesto oro taršai  $\text{NO}_2$  turėjo ŽUKB „Krekenavos mėsa“ – 35,03 t/m., AB „Tramonta“ – 10,99 t/m. ir AB „Nordic Sugar Kėdainiai“ – 7,52 t/m.

*Oro tarša,  $\text{NO}_2$ , ADMS-Urban modelis, poveikis sveikatai*

### Įvadas

Atmosferos oro kokybei didžiausią pavojų kelia automobilių, oro bei kitas mobilusis transportas, pramonės ir energetikos įmonės. Deginant organinį kurą šiluminėse elektrinėse, vidaus degimo varikliuose, pramonės ir energetikos įmonėse, susidaro pašalinių degimo produktų ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , LOJ ir kt.). Šie šalutiniai kuro degimo reakcijų produktai patekę į aplinką neigiamai veikia gyvąją gamtą ir žmonių sveikatą (Ganatsas et al., 2011; Jarquin-Lopez et al., 2009).

Transporto sektorius yra pagrindinis antropogeninis  $\text{NO}_2$  taršos šaltinis.  $\text{NO}_2$  koncentracija Lietuvos miestuose ir didesnėse gyvenvietėse kasmet didėja dėl didėjančio senesnių nei 10 metų vis dar eksploatuojamų automobilių, kurių išmetami teršalai turi ryškų lokalinį pobūdį, skaičiaus. Didžiausios  $\text{NO}_2$  koncentracijos miestuose yra šalia tų gatvių, kur eismo intensyvumas didžiausias ir tankiausiai užstatytuose bei blogai vėdinamuose rajonuose, kur šildoma yra individualiai (*Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija*, 2006). Tyrimų duomenys rodo, kad esant nepalankioms teršalų sklaidai meteorologinėms sąlygoms, prie intensyvaus eismo gatvių bei sankryžų,  $\text{NO}_2$  koncentracija neretai viršija didžiausią leistiną koncentraciją.

Dauguma oro teršalų yra linkę kauptis ir išlikti aplinkoje labai ilgą laiką, o oro masių pagalba jie pernešami toli nuo taršos šaltinių. Tai turi įtakos klimato kaitai, miestų oro kokybės prastėjimui, troposferos ozono susidarymui, paviršinio vandens ir dirvožemio rūgštėjimui bei vandens telkinių eutrofizacijai, todėl darnaus vystymosi prioritetą oro kokybės srityje – sumažinti pagrindinių ūkio šakų neigiamą poveikį aplinkai ir žmonių sveikatai. Taip pat norima sumažinti klimato kaitos padarinius. Pagrindiniai atmosferos taršos šaltiniai yra transportas, energetika ir pramonė (Levy et al., 2014).

Viena iš pagrindinių aplinkos problemų Kėdainių mieste yra aplinkos užterštumas, nes sparčiai vystoma chemijos pramonė, kuriasi naujos įmonės, plėtojama senų įmonių veikla. Pramonės vystymasis sukuria darbo vietas, o miestas tampa vienu iš pramonės centrų. Deja, įmonių gamybos procesai reikalauja tam tikrų sąnaudų ir plėtojant pramonę didėja aplinkos tarša.

Vienas iš perspektyviausių aplinkos užterštumo problemos sprendimo būdų populiacijos mastu vertinant

individualios ekspozicijos dydį yra geografinės informacinės sistemos (GIS) taikymas aplinkos stebėsenos tikslais. Naudojant GIS galima sujungti geografinius duomenis su išmatuotomis oro teršalų koncentracijomis. Tinkamas ekspozicijos vertinimas padeda išsiaiškinti oro taršos sklaidą (Chen et al., 2011).

Norint tiksliai nustatyti teršalų koncentracijas mieste ar mikrorajonuose naudojamas matematinis modeliavimas, nes nustatyti oro teršalų koncentracijas atskiruose miesto taškuose nėra įmanoma. Modeliuojant galima įvertinti suminę oro taršą iš transporto, pramonės bei energetikos objektų.

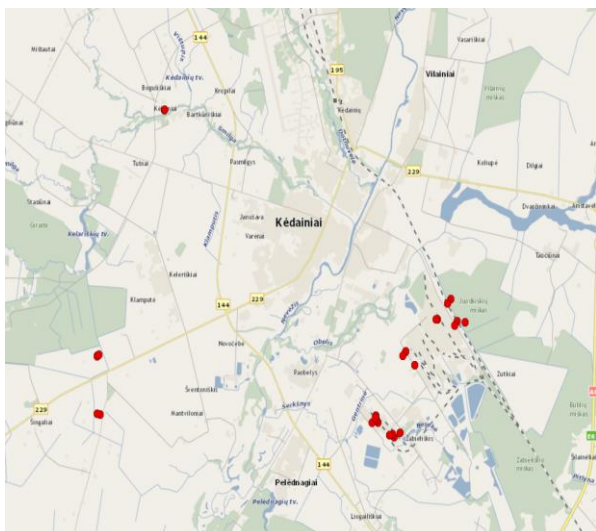
Šio tyrimo tikslas – atlikti oro taršos azoto dioksidu ( $\text{NO}_2$ ) analizę bei, naudojant ADMS-Urban dispersijos modelį, nustatyti šio teršalo sklaidą Kėdainių mieste.

### Tyrimų metodika

Siekiant įvertinti oro taršos azoto dioksidu mastą ir sukurti oro taršos žemėlapi Kėdainių mieste, buvo naudojamas ADMS-Urban modelis, kuris buvo sukurtas Jungtinėje Karalystėje, Kembridžo aplinkos tyrimo konsultantų (CERC, 2014). Modeliavimui reikalingi šie pagrindiniai įvesties parametrai: linijiniai, taškiniai ir tinkliniai taršos šaltinių duomenys bei meteorologiniai duomenys, atspindintys modeliuojamos teritorijos meteorologines sąlygas ir foninių koncentracijų duomenis.

Buvo sumodeliuota linijinė oro tarša, sudarant gatvių tinklo žemėlapi į kurių buvo įtrauktos pagrindinės gatvių atkarpos, apibūdinančios Kėdainių miesto gatves. Gatves apibūdina būdinga atkarpų informacija: pavadinimas, pravažiuojančių transporto priemonių skaičius, sudėtis, srautų kitimas, transporto judėjimo greitis, transporto juostų skaičius.

Naudojant geografines informacines sistemas (GIS), į modelį įtraukus įmones, kurios kelia didžiausią oro taršos pavojų, buvo sumodeliuota suminė miesto oro tarša. Kėdainių mieste buvo surinkti duomenys apie stacionarius šaltinius: įmonės veikla, kamino diametras ir aukštis, išmetamų teršalų kiekis bei teršalų išmetimo greitis į aplinką (1 pav.).



1 pav. Į modelį įvesti pagrindiniai taršos šaltiniai Kėdainių mieste  
Fig. 1. The main sources of air pollution in Kėdainiai

Buvo naudoti 2013 metų meteorologiniai duomenys: temperatūra, vėjo kryptis, vėjo greitis, santykinis oro drėgnumas, debesuotumas ir kt.

ADMS-Urban modelis taip pat talpina reljefo informaciją. Sumodeliavus vidutinę metinę  $\text{NO}_2$  koncentraciją buvo sukurtas Kėdainių miesto taršos žemėlapis azoto dioksidu.

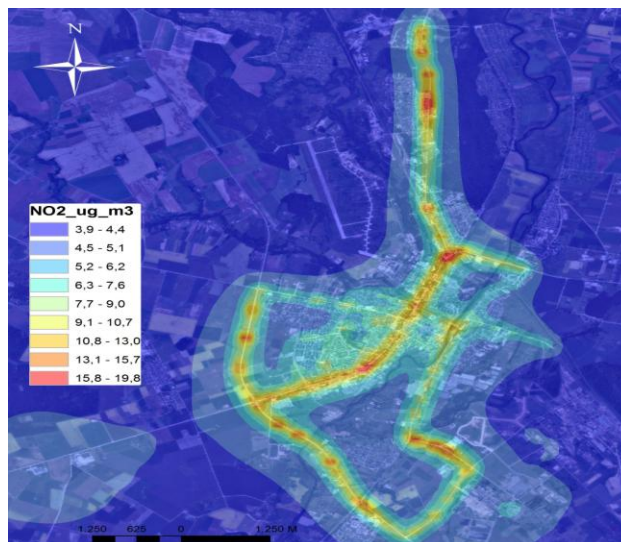
### Rezultatai ir jų aptarimas

Modeliavimui buvo surinkti ir naudojami 2013 metų duomenys, į kuriuos įėjo meteorologiniai duomenys ir pagrindinių oro taršos šaltinių emisijos Kėdainių mieste duomenys. Azoto dioksido sklaidos nustatymui Kėdainių mieste buvo taikytas ADMS-Urban dispersijos modelis.

2 paveiksle pateikta informacija iliustruoja, kad sumodeliavus vidutinę metinę azoto dioksido koncentracijos sklaidą Kėdainių mieste buvo išskirtos 9 azoto dioksido taršos zonos. Didžiausia oro tarša yra centrinėje miesto dalyje, prie pagrindinių miesto gatvių ir jų sankryžų, kur transporto srautai yra intensyviausi (1 lentelė). Sumodeluoti duomenys rodo, kad didžiausia metinė azoto dioksido koncentracija buvo pagrindinėje J. Basanavičiaus gatvėje ir jos artimiausioje aplinkoje, vakariniame miesto aplinkelyje (144 kelias), Tulto, S. Dariaus ir S. Girėno bei Kauno gatvėse, kuriose metinė azoto dioksido koncentracija siekė 15,8–19,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tolstant nuo intensyviausio eismo gatvių pastebimas apie 19 % azoto dioksido koncentracijos mažėjimas. Mažiausios koncentracijos nustatytos teritorijose, kurios yra toliausiai nuo intensyviausių miesto gatvių.

Išmatuota azoto dioksido koncentracija automatizuotoje oro kokybės monitoringo stotelėje 2013 metų laikotarpiu pateikta 3 paveiksle. Didžiausios azoto dioksido vertės užfiksuotos šaltuoju metų sezonu – spalio, lapkričio, sausio ir vasario mėnesiais, 11, 11, 16 ir 13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  atitinkamai.

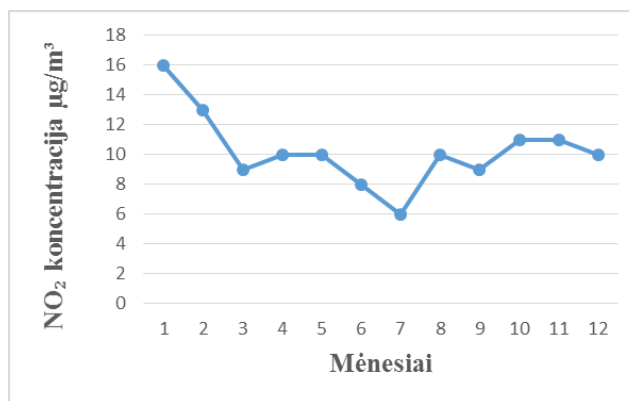
Rasos gatvėje esančioje automatizuotoje oro kokybės vertinimo stotyje vidutinė  $\text{NO}_2$  koncentracija (10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) yra mažesnė nei sumodeliuota ADMS-Urban modeliu (11,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



2 pav. Vidutinė metinė sumodeliuota azoto dioksido koncentracija ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Kėdainių mieste

Fig. 2. The average annual modelled concentration of nitrogen dioxide ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in Kėdainiai

Tyrimų rezultatai rodo, kad azoto dioksido išmatuota ir sumodeliuota koncentracija gali skirtis, priklausomai nuo stoties tipo ar metų laiko, kuris yra modeliuojamas (Knote, 2011; Mohan et al., 2011). Gauti tyrimo rezultatai leidžia daryti išvadas, kad modeliuojant  $\text{NO}_2$  koncentracijos sklaidą netoli šio teršalo pagrindinių taršos šaltinių, tokių kaip automobilių transportas, yra gaunamos labai tikslios sumodeliuotos vertės ir geras rezultatų atitikimas modeliui ir išmatuotoms reikšmėms, tai parodo, jog modelis yra tinkamas azoto dioksido koncentracijos modeliavimui Kėdainių mieste.



3 pav. Azoto dioksido koncentracijos kitimas 2013 metais

Fig. 3. The variation of nitrogen dioxide concentration in 2013

Kėdainių miesto oro kokybę lemia ne tik pačiame mieste esantys stacionarus taršos šaltiniai, tačiau ir aplink miestą esantys taršos šaltiniai. Ypač oro taršą sąlygoja palyginti netoli esančios didelės chemijos ir pramonės įmonės. Taip pat didėjančią oro taršą sąlygoja ir augantis automobilių skaičius Kėdainių mieste bei visame rajone, o taip pat tranzitinio transporto kiekis per rajoną einančiuose magistraliniuose ir krašto keliuose. Automobilių transporto srautai pagrindinėse Kėdainių miesto gatvėse pateikiami 1 lentelėje.

1 lentelė. Automobilių transporto srautai pagrindinėse Kėdainių miesto gatvėse

Table 2. Traffic flows in the main streets in town Kėdainiai

| Gatvės pavadinimas/<br>Street name | Lengvojo transporto priemonių<br>skaičius per 1 valandą / Number<br>of light vehicle per hour | Sunkaus transporto priemonių<br>skaičius per 1 valandą / Number of<br>heavy vehicle per hour | Bendras transporto priemonių<br>skaičius /<br>Total number of vehicle |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| J. Basanavičiaus g.                | 746                                                                                           | 79                                                                                           | 825                                                                   |
| S. Dariaus ir S. Girėno g.         | 604                                                                                           | 92                                                                                           | 696                                                                   |
| Šėtos g.                           | 412                                                                                           | 92                                                                                           | 504                                                                   |
| Lauko g.                           | 412                                                                                           | 8                                                                                            | 420                                                                   |
| 144 kelias                         | 233                                                                                           | 125                                                                                          | 358                                                                   |
| Pramonės g.                        | 160                                                                                           | 192                                                                                          | 352                                                                   |
| Juodkiškių g.                      | 308                                                                                           | 20                                                                                           | 328                                                                   |
| Gedimino g.                        | 292                                                                                           | 28                                                                                           | 326                                                                   |
| <b>Kauno g.</b>                    | 266                                                                                           | 42                                                                                           | 308                                                                   |

Atlikti automobilių transporto srautų matavimai Kėdainių mieste parodė, kad didžiausias transporto priemonių srautas buvo J. Basanavičiaus gatvėje (825 transporto priemonės). Labai intensyvus sunkaus transporto srautas buvo Pramonės gatvėje (192 transporto priemonės per valandą) ir 144 kelyje (125 transporto priemonės per valandą).

### Išvados

1. ADMS-Urban modelio pagalba sumodeliuota vidutinė metinė azoto dioksido (NO<sub>2</sub>) koncentracija Kėdainių mieste buvo 11,9 µg/m<sup>3</sup>.

2. Didžiausios vidutinės metinės azoto dioksido koncentracijos buvo sumodeliuotos miesto centre, J. Basanavičiaus gatvėje, kur buvo nustatytas didžiausias (825 transporto priemonės per valandą) pravažiuojančių transporto priemonių skaičius, koncentracija siekė 15,8–19,8 µg/m<sup>3</sup>.

3. Palyginus ADMS-Urban modeliu sumodeliuotas koncentracijas su išmatuotomis automatizuotose oro kokybės tyrimo stotyse, nustatyta, kad sumodeliuotos NO<sub>2</sub> vertės buvo didesnės nei išmatuotos.

Gintarė Šidlauskaitė, Audrius Dėdelė

### The estimation of nitrogen dioxide using ADMS-Urban model in Kėdainiai

#### Summary

One of the main causes of air pollution in cities is nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>). Transport sector is one of the largest emitter of NO<sub>2</sub>. Increased concentration of (NO<sub>2</sub>) irritates breathing system, reduces lungs immunity to infections, can cause serious health problems such as lung edema and many others. Modelling the dispersion of pollutants is widely used as a method to measure the level of air pollution and to estimate spatial distribution of pollutants in town Kėdainiai. The aim of this research is to estimate the air pollution of (NO<sub>2</sub>) in Kėdainiai. The dispersion of NO<sub>2</sub> was determined by ADMS-Urban modelling software. The average annual concentration of (NO<sub>2</sub>) was modelled using ADMS-Urban model in Kėdainiai.

The results of this study showed that the highest concentration of (NO<sub>2</sub>) was assessed around the area of the street of J. Basanavičius, where the traffic flows are the most intensive ( more than 800 vehicles per hour). The concentration of nitrogen dioxide was decreasing further away from the main street. The highest air pollution of NO<sub>2</sub> was found in the central area of the city. The main stationary sources of (NO<sub>2</sub>) pollution in the town Kėdainiai is: ZUKB "Krekenavos mėsa" – 35.03 t/year, AB "Tramonta" – 10.99 t/year and AB "Nordic Sugar Kėdainiai" – 7.52 t/year.

*Air pollution, nitrogen dioxide, ADMS-Urban, health*

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

**Gintarė ŠIDLAUSKAITĖ.** Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto Aplinkotyros katedros bakalaurė. Adresas: Vileikos g. 8, LT-44404, Kaunas. Tel. (8-37) 32 79 04, el. paštas: [gintare.sidlauskaitė@fc.vdu.lt](mailto:gintare.sidlauskaitė@fc.vdu.lt)

**Gintarė ŠIDLAUSKAITĖ.** Vytautas Magnus University Faculty of Natural Sciences, Department of Environmental Sciences Bc Student. Address: Vileikos g. 8, LT-44404, Kaunas. Tel. (+ 370 37) 32 79 04, e-mail: [gintare.sidlauskaitė@fc.vdu.lt](mailto:gintare.sidlauskaitė@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. (8-37) 32 79 04, e-mail: [a.dedele@gmf.vdu.lt](mailto: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](mailto:a.dedele@gmf.vdu.lt)