



AZOTO DIOKSIDO ĮTAKA DEFOLIACIJOS PROCESUI SKIRTINGO INTENSYVUMO EISMO ZONOSE

Vaiva ALEKSANDRAVIČIŪTĖ¹, Vaida ŠEREVIČIENĖ²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

El. paštas: ¹vaiva.aleksandraviciute@stud.vgtu.lt; ²vaida.sereviciene@vgtu.lt

Santrauka. Transporto sukeliama oro tarša yra viena iš aktualiausių problemų šalyje. Vienas iš transporto išmetamų į aplinką teršalų yra azoto dioksidas, kuris neigiamai veikia augalų lapiją. Esant 30 µg/m³ koncentracijai azoto dioksido, suintensyvėja defoliacijos procesas, sulėtėja medžių augimas, atsiranda nespecifinės lapų chlorozės požymių. Tyrimo tikslas – ištirti NO₂ koncentracijas ir įvertinti defoliacijos proceso intensyvumą skirtingo intensyvumo eismo zonose. Azoto dioksido kiekiui nustatyti naudojami difuziniai ėmikliai, kurie eksponuojami po 2 savaites ir tiriami laboratorijoje. Lajos defoliacija nustatoma lyginant tiriamą medį su etaloniniu medžiu, kuris turi visus (100 %) lapus. Mieste pagrindinis azoto dioksido šaltinis yra pravažiuojantis transportas, todėl tyrimo rezultatai atspindės esamą situaciją.

Reikšminiai žodžiai: azoto dioksidas, defoliacija, oro tarša, automobilių transportas, eismo intensyvumas, medžių laja.

Įvadas

Priešlaikinių lapų kritimą smarkiai veikia rūgštiniai lietūs, kurių susidarymo procese dalyvauja azoto ir sieros junginiai (Marco *et al.* 2014). Europos agentūros duomenimis, defoliacijos procesas suintensyvėjo 20 % per pastarąjį dešimtmetį ir daugiau nei trečdalyje atvejų tai nutiko dėl rūgščiojo lietaus (Jakovljević *et al.* 2014). Neigiamai veikiamas ežerų, upių, miškų produktyvumas ir visiškai pasikeičia dirvožemyje vykstantys procesai (Amodeo 2010). Nedideli junginio kiekiai aplinkos ore skatina augalų augimą, didesnės koncentracijos skatina atvirkštinį procesą – medžių augimo sulėtėjimą ir produktyvumo sumažėjimą (Frost *et al.* 2006). Pasireiškia nespecifinė lapų chlorozė bei priešlaikinis jų kritimas – defoliacija (Yadav *et al.* 2014).

Europoje nuolat kinta defoliacijos proceso intensyvumas. Nuo 2002 iki 2013 m. defoliuotų medžių skaičius padidėjo iki 20 % (Sicard; Dalstein-Richier 2015). Pastebėjus pokyčius Lietuvoje, 2002 m. pradėta vykdyti stebėjimus miškų ir parkų zonose (Šiburskytė, Stravinskienė 2014).

Kuršėnų miesto teritorijoje daugiau nei 45 % medžių yra defoliavę arba paveikti defoliacijos. Atlikta minėta procesą sukeliančių veiksnių analizė, nustatyta, kad didžiausia problema yra kelių transportas. Pramonės objektai priskiriami prie pagrindinių taršos objektų (Cristina *et al.* 2014), tačiau jų įtaka yra minimali, nes pramonės objektai užima apie 10 % miesto teritorijos.

Tyrimo tikslas – ištirti azoto dioksido kiekius šiltuoju metų laikotarpiu ir nustatyti jo įtaką defoliacijos procesui skirtingo intensyvumo eismo zonose.

Metodika

Tyrimo laikas. Tyrimai atliekami nuo 2015 m. liepos 4 d. iki 2015 m. rugsėjo 19 d., kas dvi savaites. Laikotarpiai suskirstyti į periodus:

- I periodas liepos 4–18 d., vid. tyrimo temperatūra 16,4 °C;
- II periodas liepos 25 d. – rugpjūčio 8 d., vid. temperatūra 15,9 °C;
- III periodas rugpjūčio 8–22 d., vid. temperatūra 17,9 °C;
- IV periodas rugpjūčio 22 d. – rugsėjo 5 d., vid. temperatūra 17,5 °C;
- V periodas rugsėjo 5–19 d., vid. temperatūra 15,1 °C.

Azoto dioksido tyrimas. Azoto dioksidas tiriamas difuziniais ėmikliais, eksponuojamais 3,5–4 m aukštyje, 4 m atstumu nuo važiuojamosios kelio dalies vidurinės skiriamosios linijos, netoli stebimų medžių. Pasibaigus eksponavimo laikotarpiui, ėminiai sandariai uždaromi ir vežami tirti į laboratoriją. Mėginių tyrimas atliekamas spektrofotometru, nustačius 540 nm bangos ilgį. Azoto dioksido koncentracija apskaičiuojama pagal šią formulę:

$$c = \frac{1,44 \times 10^5 \times m}{P \times t}, \quad (1)$$

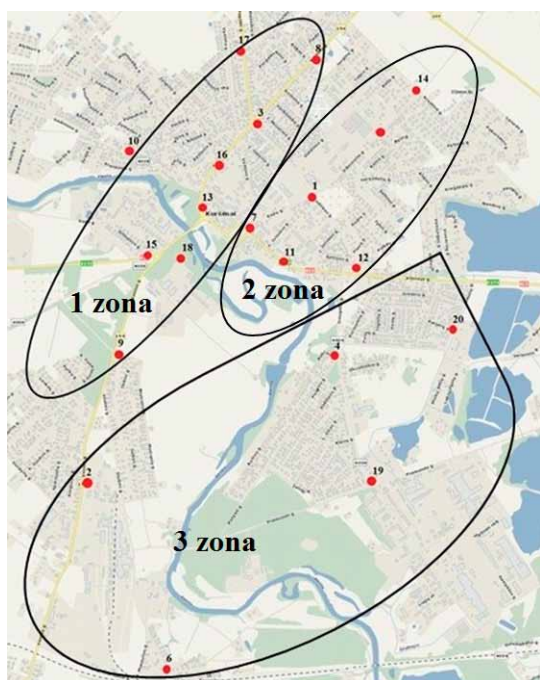
čia c – NO₂ koncentracija esant 1,03·10⁵Pa ir 20 °C; m – azoto dioksido masė, rasta mėginiuose, μg; P – empirinis koeficientas ($P = 2,65 + 0,036 \cdot T$); t – mėginių eksponavimo laikas, min.; T – vidutinė oro temperatūra mėginių eksponavimo laikotarpiu, °C.

Defoliacijos tyrimas. Lajos defoliacija nustatoma lyginant apskaitos medį su etaloniniu medžiu, kuris turi visus (100 %) lapus (Derome *et al.* 2007). Apskaitos medžių defoliacija vertinama pagal specialų etaloninių medžių atlasą (Muller, Stierlin 1990).

Tyrimo vieta. Oro kokybei vertinti pasirinkta Kuršėnų miesto teritorija, apimanti Vilniaus, Vytauto, Papilės, V. Kudirkos, Pramonės, Daugėlių gatves, pasižyminčias skirtingais transporto srautais. Ši teritorija pasirinkta todėl, kad joje pagrindiniai oro taršos objektai yra mobilūs šaltiniai. Matavimai atliekami 20-yje vietų, miesto užterščiausiose ir medžiais apdintose vietose prie skirtingo intensyvumo gatvių (1 pav., 1 lentelė).

Skirtingo intensyvumo eismo gatvės suskirstytos į tris zonas:

- 1 zona – intensyvaus eismo gatvės, nuo 2000 iki 7913 automobilių per parą;
- 2 zona – vidutinio eismo intensyvumo gatvės, nuo 1000 iki 1999 automobilių per parą;
- 3 zona – mažo eismo intensyvumo gatvės, iki 999 automobilių per parą.



1 pav. Matavimo vietų išdėstymo žemėlapis

Fig. 1. Map of measurement sites

1 lentelė. Matavimų vietų charakteristika Kuršėnų miesto teritorijoje

Table 1. Characteristic of measurement sites in the Kuršėnai urban area

Eil. Nr.	Matavimo vieta	Pasirinkimo motyvas
1.	V. Kudirkos g. 33	Foninė koncentracija
2.	Ventos g. 144	Mažo eismo intensyvumo zona
3.	Vytauto g. 28	Intensyvaus eismo zona
4.	Daugėlių g. 3	Mažo eismo intensyvumo zona
5.	Užmiesčio g. 26	Vidutinio eismo intensyvumo zona
6.	M. K. Čiurliono g. 43	Mažo eismo intensyvumo zona
7.	J. Basanavičiaus g. 6	Vidutinio eismo intensyvumo zona
8.	Vytauto g. 66 C	Intensyvaus eismo zona
9.	Ventos g. 41	Intensyvaus eismo zona
10.	Gedimino g. 42	Vidutinio eismo intensyvumo zona
11.	Vilniaus g. 17	Vidutinio eismo intensyvumo zona
12.	Vilniaus g. 37	Vidutinio eismo intensyvumo zona
13.	Pavenčio g. 2	Intensyvaus eismo zona
14.	Kraštinės g. 35	Vidutinio eismo intensyvumo zona
15.	Šiltnamio g. 10	Intensyvaus eismo zona
16.	Vytauto g. 7	Intensyvaus eismo zona
17.	Papilės g. 28	Intensyvaus eismo zona
18.	Ventos g. 11A	Intensyvaus eismo zona
19.	Daugėlių g. 61	Mažo eismo intensyvumo zona
20.	Šiaulių g. 11	Mažo eismo intensyvumo zona

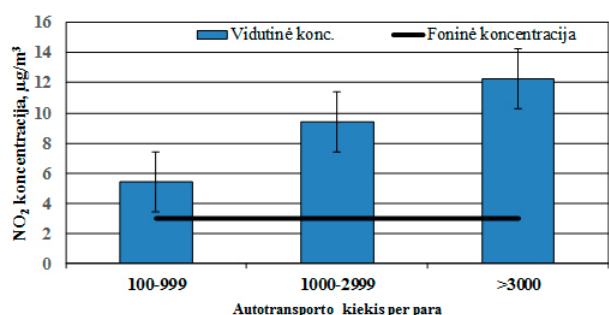
Pagal eismo intensyvumą ir sunkiasvorių transporto priemonių ribojimą laikoma, kad 1 tyrimo vieta atspindi foninę koncentraciją visoje tiriamoje teritorijoje.

Patikimumas. Atliekant tyrimus, kokybei užtikrinti difuziniai ėmikliai kiekvienoje vietoje buvo eksponuojami po 2 mėginius, viso tyrimo laikotarpiu buvo daromi kontroliniai mėginiai.

Rezultatai ir jų analizė

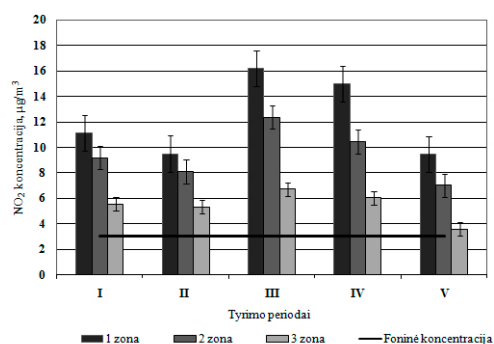
Sklaida tyrimo vietoje. Didžiausias azoto dioksido koncentracijas išskiria sunkiasvorės ir keleivinės transporto priemonės, tačiau išmetimai priklauso ir nuo kuro rūšies bei intensyvumo, todėl vertinama mišraus transporto srauto įtaka kiekybiniais ir kokybiniais rodikliais (Hooftman *et al.* 2016; Guttikunda *et al.* 2015; Aigner, García-Herrera 2010). Atliktų tyrimų metu gauti rezultatai patvirtino, kad sunkiasvorės transporto priemonės ir autotransporto intensyvumas stipriai veikia NO₂ koncentraciją ore.

Azoto dioksido koncentracijos kitimo tyrimui atlikti mėginiai eksponuojami dvi savaites. Šiltuoju metų laikotarpiu (nuo liepos iki rugsėjo mėn.), medžių lapų netekimo periodu. 2 pav. vaizduojama azoto dioksido ore priklausomybė nuo transporto intensyvumo. Kuo mažesnis eismo intensyvumas, tuo koncentracijos išmatuojamos mažes-



2 pav. Azoto dioksido koncentracijos kaita skirtingo eismo intensyvumo keliuose

Fig. 2. Changes of nitrogen dioxide concentration under different intensity traffic roads



3 pav. Azoto dioksido kiekio kitimas skirtingose tyrimo zonose

Fig. 3. The variation of nitrogen dioxide content in different research areas

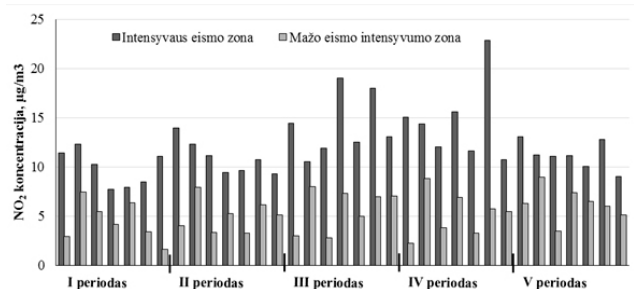
nės. Matavimo vietose, kuriose transporto srautai per parą svyravo nuo 183 iki 999 vnt., koncentracijos mažiausios (iki 6 µg/m³). Didėjant transporto srautams, didėja ir koncentracijos. Kai automobilių srautas yra didesnis nei 3000 automobilių per parą, azoto dioksido kiekis ore yra 12,36 µg/m³. Lyginant NO₂ koncentracijas ir eismo intensyvumą, matoma, kad azoto dioksido koncentracija proporcinga pravažiuojančiam autotransporto kiekiui (Zia *et al.* 2015).

Meteorologinių sąlygų įtaka NO₂ koncentracijai. Iš 3 pav. matyti NO₂ koncentracijos kitimas per penkis tyrimo periodus. Nuo tyrimo pradžios I periodo iki III periodo koncentracijos 1 zonoje padidėjo 1,5 karto ir siekė 16,89 µg/m³, tam įtakos turėjo vidutinės temperatūros kitimas tyrimo laikotarpiu (I periodas – 16,4 °C; II periodas – 15,9 °C; III periodas – 17,9 °C; IV periodas – 17,5 °C; V periodas – 15,1 °C). Sumažėjus vidutinei oro temperatūrai nuo 16,4 iki 15,9 °C, azoto kiekis sumažėjo 1,1 karto. Esant oro temperatūrai virš 17 °C koncentracijos išlieka panašios ir sumažėjus temperatūrai, atitinkamai sumažėja azoto dioksido kiekis mėginiuose. Mažo intensyvumo eismo zonose, koncentracijos kito nežymiai nuo 3,21 iki 6,34 µg/m³ per visus tyrimo laikotarpius. Akivaizdu,

kad vidutinis temperatūros kitimas turi tiesioginį įtaką koncentracijos pasiskirstymui. Apskaičiavus koreliacijos koeficientą, tarp temperatūros ir azoto dioksido kiekio, nustatyta, kad yra statistiškai stiprus ryšys (0,96).

Prasidėjus kalendoriniam rudenii ir nukritus vidutiniai temperatūrai iki 15,1 °C, koncentracijos kito nuo 5,08 iki 13,14 µg/m³. 50 % tiriama vietų koncentracija buvo apie 10 µg/m³, tai 2,5 karto daugiau už foninę koncentraciją. Kelių apkrova autotransportu 70 % atvejų padidina azoto dioksido kiekį ore 2 kartus (4 pav.).

Defoliacijos tyrimo rezultatų analizė. Analizuojant defoliacijos proceso intensyvumą nuolat buvo stebimi 20 medžių, nuo liepos iki rugpjūčio mėn. pabaigos. Įvertinant foninės koncentracijos įtaką medžių būklei, buvo stebimas paprastasis uosis (1 matavimo vieta), kuris liepos mėnesį neteko 25 %, o rugpjūtį 45 % lapų (5 pav.). Sunkiasvorių transporto priemonių ribojimo kelio ruožuose defoliacijos procesai yra silpnesni, tačiau netgi nedidelės azoto dioksido koncentracijos (~3 µg/m³) paveikia medžių lapas negrįžtamai (Pavlov *et al.* 2009; Fabiánek *et al.* 2012; Marco *et al.* 2014). Medžių lapijos pokytis ir negrįžtamas procesas



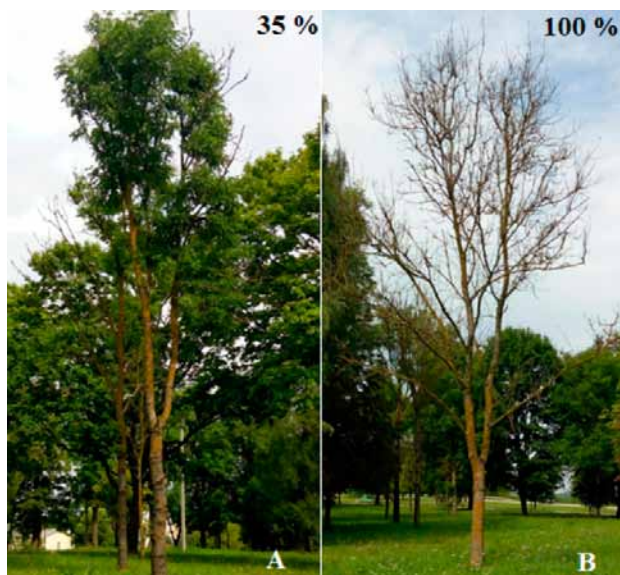
4 pav. Azoto dioksido koncentracijos kaita intensyvaus ir mažo eismo intensyvumo keliuose

Fig. 4. The changes of nitrogen dioxide concentration near the intensive and low traffic roads



5 pav. Defoliacijos laipsnis 1 matavimo taške liepos mėn. (A, 25 %) ir rugpjūčio mėn. (B, 45 %)

Fig. 5. The defoliation in the measurement point No. 1 in July (A, 25 %) and August (B, 45 %)



6 pav. Defoliacijos laipsnis 9 matavimo taške liepos mėn. (A, 35 %) ir rugpjūčio mėn. (B, 100 %)

Fig. 6. The defoliation in the measurement point No. 9 in July (A, 35%) and August (B, 100%)



7 pav. Defoliacijos laipsnis 8 matavimo taške liepos mėn. (A, 74 %) ir rugpjūčio mėn. (B, 85 %)

Fig. 7. The defoliation in the measurement point No. 8 in July (AK, 74%) and August. (B, 85%)

pastebėtas tyrimo metu, kai medžių netekimo procentiškai didesnis nei 75 %.

Vertinant intensyvaus eismo zonas lapų netekimo laipsnis yra žymiai didesnis, kai kuriais atvejais siekia 100 %. Toks atvejis pastebėtas 9 matavimo vietoje (Ventos g. 41) esančiame tarp dviejų intensyvaus eismo kelių, parkelyje netoli mokyklos. Šioje matavimo vietoje azoto dioksido koncentracija kinta nuo 11,54 iki 16,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ir išsilaiko tokios koncentracijos visą tyrimo laikotarpį. Šioje vietoje ne pirmas paprastasis gluosnis paveikiamas taršos (6 pav.).

NO_2 koncentracijai padidėjus iki 22,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ šilčiausiu vasaros laikotarpiu ypač paveikė medžių lapiją intensyviausioje Kuršėnų miesto gatvėje (Vytauto g.), kurioje kas trečias medis rugpjūčio mėnesį yra netekęs dalies savo lapų.

Vietose, kur eismas intensyviausias ir azoto dioksido koncentracijos išmatuotos didžiausios, nuo 11,13 iki 22,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, defoliacijos paveikta 72 % lapuočių. Esant mažam eismo intensyvumui, nuo 100 iki 999 transporto priemonių per parą, defoliavę yra 45 % medžių, o defoliacijos intensyvumas siekia 55 % lyginant su etaloninių medžių atlasu.

Vertinant azoto poveikį defoliacijos intensyvumui, nustatytas statistiškai patikimas stiprus koreliacinis ryšys ($r = 0,87$). Tyrimo metu įvertinta azoto dioksido koncentracijos ryšį su temperatūra ir koreliacijos koeficientas patvirtino statistiškai stiprų ryšį (0,96). Vadinas, didesnė temperatūra lemia azoto dioksido kiekio didėjimą, kas ir lemia defoliacijos procesą.

Išvados

Atlikus azoto dioksido koncentracijos Kuršėnų miesto aplinkos ore, nustatyta: kuo aukštesnė vidutinė paros temperatūra šiltuoju metų laikotarpiu, tuo NO_2 koncentracija ore yra didesnė. Esant 17,5 °C vidutinei tyrimo laikotarpiu temperatūrai azoto dioksido koncentracija padidėjo iki 22,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Azoto dioksido koncentracijos padidėjimui reikšmingas veiksnys yra kelių eismo intensyvumas, kai transporto srautas kinta nuo 2000 transporto priemonių per parą, liepos ir rugpjūčio mėnesiais, azoto dioksido kiekis nustatytas iš 9 matavimo vietų, 5 iš jų vidutinė koncentracija per tyrimo laikotarpį buvo 15,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Vertinant defoliacijos procesą nustatyta, jog nuolat veikiami foninės 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ azoto dioksido koncentracijos, paprastieji uosiai paveikiami negrįžtamai ir lapų netekimo laipsnis siekia iki 55 %. Esant didesniai nei 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 kiekiui ore medžiai rugpjūčio mėnesį netenka 75–95 % lapų. Net ir sumažėjus taršai proceso paveikti medžiai neatsigauna.

Literatūra

- Aigner, I.; García-Herrera, J. J. 2010. *The condition of forests in Europe*. Germany: Institute for World Forestry. 24 p.
- Amodeo, R. 2010. Acid rain, *Solcomhouse Environmental* 15(2): 325–334.
- Cristina, B. B.; Foltescu, V.; Leeuw, F. 2014. Air quality and trends in Europe, *Atmospheric Environmental* 98: 376–384. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.09.017>

- Derome, J.; Lindgren, M.; Merilä, P.; Beuker, E.; Nöjd, P. 2007. Forest condition monitoring under the UN/ECE and EU programmes in Finland, in P. Merilä *et al.* (Eds.). *Forest condition monitoring in Finland: national report 2002–2005*. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute, 11–20.
- Fabiánek, P.; Hellebrandová, K.; Čepeck, M. 2012. Monitoring of defoliation in forest stands of the Czech Republic and its comparison with results of defoliation monitoring in other European countries, *Journal of Forest Science* 58(5): 193–202.
- Frost, J. G.; McKeen, A. S.; Trainet, M.; Ryerson, B. T.; Neuman, A. J.; Roberts, J. M.; Swanson, A.; Holloway, S. J.; Sueper, T. D.; Fortin, T.; Parrish, D. D.; Fehsenfeld, C. F.; Flocke, F.; Peckham, E. S.; Grell, A. G.; Kowal, D.; Cartwright, J.; Auerbach, N.; Habermann, T. 2006. Effects of changing power plant NO_x emissions on ozone in the eastern United States: proof of concept, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 11: D12306.
- Guttikunda, S. K.; Goel, R.; Mohan, D.; Tiwari, G.; Gadepalli, R. 2015. Particulate and gaseous emissions in two coastal cities-Chennai and Vishakhapatnam, India, *Research in Air Pollution* 8(6): 559–572. <http://dx.doi.org/10.1007/s11869-014-0303-6>
- Hooftman, N.; Oliveira, L.; Massagie, M.; Coosemans, T.; Mierlo, J. 2016. Environmental Analysis of petrol, diesel and electric passenger cars in a Belgian urban setting, *Engineers* 9(2): 84.
- Yadav, R.; Beig, G.; Jaaffrey, S. N. A. 2014. The linkages of anthropogenic emissions and meteorology in the rapid increase of particulate matter at a foothill city in the Aravali range of India, *Atmosphere Environment* 85: 147–151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.09.007>
- Jakovljević, T.; Marchetto, A.; Bertini, G.; Potočić, N.; Seletković, I.; Indir, K. 2014. Impact of nitrogen deposition and ozone on the climate change mitigation potential and sustainability of European forests, in *3rd IC Forests Scientific Conference*, 26–28 May 2014, Athenes, Greece.
- Marco, A.; Proietti, C.; Cionni, I.; Fischer, R.; Screpanti, A.; Vitale, M. 2014. Future impacts of nitrogen deposition and climate change scenarios on forest crown defoliation, *Environmental Pollution* 194(11): 171–180.
- Muller, E.; Stierlin, R. 1990. Tree crown photos (with percentages of foliage loss). *Snow and Landscape Research Journal*. Swiss Federal Institute for Forest. 229 p.
- Pavlov, I. N.; Ageev, A. A.; Barabanova, O. A. 2009. Formation of annual rings of the main coniferous tree species in Siberia after defoliation of crown by *Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv, *Khvoynye Boreal'noi Zony* 26(2): 161–172.
- Sicard, P.; Dalstein-Richier, L. 2015. Health and vitality assessment of two common pine species in the context of climate change in southern Europe, *Environmental Research* 137(2): 235–245. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.025>
- Šiburskytė, S.; Stravinskienė, V. 2014. Pakruojo miesto ir dvaro parko želdinių būklės vertinimas. *Žmogaus ir gamtos sauga. II dalis*, 39–42.
- Turnbull, T. L.; Adams, M. A.; Warren, C.R. 2007. Increased photosynthesis following partial defoliation of field-grown *Eucalyptus globulus* seedlings is not caused by increased leaf nitrogen, *Tree Physiology* 27(10): 1481–1492. <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/27.10.1481>
- Vanos, J. K.; Hebborn, C.; Cakmak, S. 2014. Risk assessment for cardiovascular and respiratory mortality due to air pollution and synoptic meteorology in 10 Canadian cities, *Environmental Pollution* 185(2): 322–332. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.11.007>
- Verma, S. K.; Deb, M. K.; Verma, D. 2008. Determination of nitrogen dioxide in ambient air employing diffuse reflectance Fourier transform infrared spectroscopy, *Atmospheric Research* 90: 33–40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2008.03.022>
- Zia, H.; Tariq, S.; Ali, M. 2015. Tropospheric NO₂ Trends over South Asia during the last decade (2004–2014) using OMI Data, *Advances in Meteorology*.

INFLUENCE OF NITROGEN DIOXIDE ON DEFOLIATION PROCESS WITHIN THE TRAFFIC AREAS OF DIFFERENT INTENSITY

V. Aleksandravičiūtė, V. Šerevičienė

Abstract

Transport caused air pollution is one of the most topical problems in the country. One of the pollutants emitted by the vehicles into the environment is nitrogen dioxide, which adversely affects the plant foliage. At nitrogen dioxide concentration of 30 µg/m³, defoliation process becomes more intense, the growth of trees becomes slower and non-specific leaf chlorosis symptoms become evident. The aim of research is to investigate of NO₂ concentrations and assess the intensity of defoliation process within traffic areas of different intensity. To determine nitrogen dioxide content, the diffusion samplers, which are exhibited after 2 weeks and analyzed in a laboratory, are used. Crown defoliation is determined by comparing the tree to be researched with a reference tree that has all leaves (100%). The main source of nitrogen dioxide in the city is passing vehicles; therefore, research results will reflect the current situation.

Keywords: nitrogen dioxide, defoliation, air pollution, road transport, traffic, tree crown.