

Šviesos sklaida ir sugertis aerozolio dalelėmis vyraujant skirtingiems šaltiniams Lietuvoje

Julija Pauraitė, Kristina Plauškaitė, Vidmantas Ulevičius, Steigvilė Byčenkienė
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Aplinkotyros skyrius,
julija.pauraite@ftmc.lt

Įvadas

Aerozolio dalelės turi didelę įtaką tiek vietiniam, tiek visos Žemės klimatui. Aerozolio dalelių poveikis atmosferai priklauso nuo cheminės sudėties ir fizikinių savybių. Šviesos sugertis ir sklaida apima pagrindines aerozolio sąveikas su saulės spinduliuote ir būtent šiais vyksmais tiesiogiai veikia atmosferos šiluminę pusiausvyrą.

Tarpyvyriausybinė klimato kaitos komisija (IPCC) ataskaitoje (2019) nurodė, kad juodoji anglis (angl. Black Carbon, BC) daro stiprų šildomąjį poveikį bei dėl kompleksinių atmosferos vyksmų, turi didžiausią paklaidą vertinant jos įtaką bendrai šiluminiai pusiausvyrai. Dauguma organinių aerozolio dalelių (OA) turi priešingą efektą – sklaido šviesą – ir tokiu būdu vėsina atmosferą. Tačiau pastebimi ir dalelių susijungimai bei įvairialypės cheminės sudėties dalelių formavimasis. Taip gali susidaryti dariniai, kurių metu juodoji anglis yra apsupta organinės frakcijos, kuri sukelia papildomą šviesos sugertį, taip vadinamą lęšio efektą.

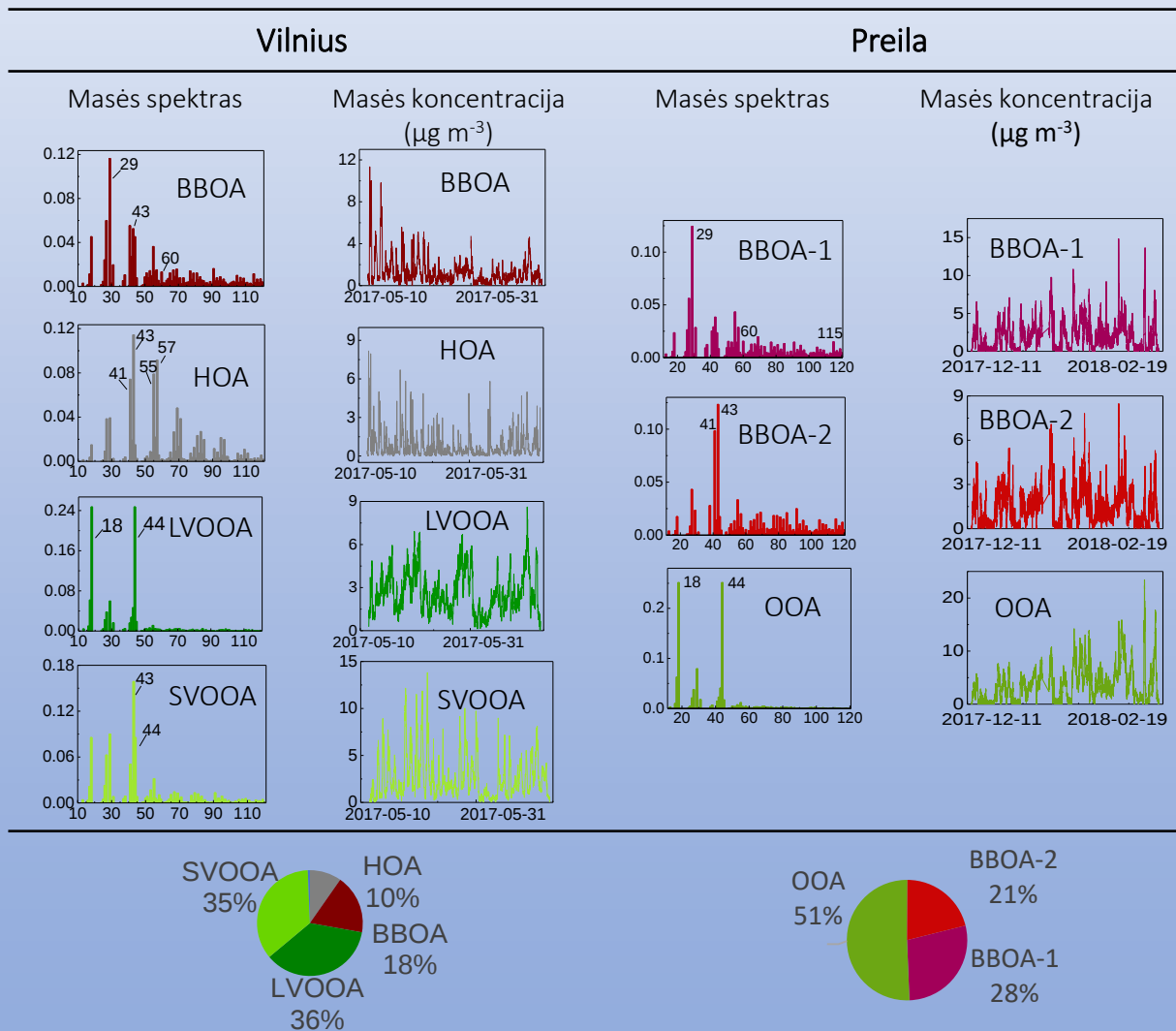
Norint nustatyti suminį atmosferos šiluminės pusiausvyros pokytį dėl aerozolio dalelių naudojamas pavienės sklaidos albedo (angl. Single Scattering Albedo, SSA) parametras. SSA parodo aerozolio sklaidą sunormuotą ekstinkcijai, leidžia įvertinti aerozolio svarbą klimato kaitai bei dėl šio reikšmingumo yra pagrindinis aerozolį apibūdinantis parametras klimato modeliavimo srityje [1-3].



Siekiant įvertinti įvairių vietinių aerozolio dalelių emisijų sukeltus atmosferos šiluminius pokyčius, aerozolio cheminė sudėtis ir optiniai parametrai buvo matuojami dvejose aplinkose Lietuvoje. Siekiant ištirti miesto aplinkoje esantį aerolį, matavimai buvo atliekami Vilniuje 2017 gegužės – birželio mėnesiais. Tuo tarpu foniniams matavimams pasirinkta Preilos matavimų stotis. Čia matavimai vyko 2017 gruodžio – 2018 kovo mėnesiais, esant šildymo sezonui. Matavimams atlikti buvo naudojamas integruojantis Nefelometras ir septynių bangos ilgių Aetalometras (su 5 minučių rezoliucija) bei Aerozolio Cheminės Sudėties Monitorius (ACSM) (su 30 minučių rezoliucija).

Resultatai

Naudojanti teigiamos matricos faktorizavimo metodu, nustatyta, kad miesto aplinkoje vyravo keturi pagrindiniai OA šaltiniai: mažiau ir labiau oksiduotas OA (atitinkamai SVOOA ir LVOOA), biomasės deginimo (BBOA) ir transporto OA (HOA) (1 pav.). Tuo tarpu Preiloje nustatyti trys OA šaltiniai: du skirtingi biomasės deginimo OA (BBOA-1 ir BBOA-2) bei oksiduotas-tolimosios pernašos OA (OOA). BBOA-1 masės spektras pasižymėjo aukštu medienos deginimo žymens (levogliukozano) atitinkančiu signalo intensyvumu (m/z 29). Tuo tarpu BBOA-2 spektras išsiskyrė aukštu m/z 43 intensyvumu, rodančiu vietinės kilmės biomasės deginimo emisijas.

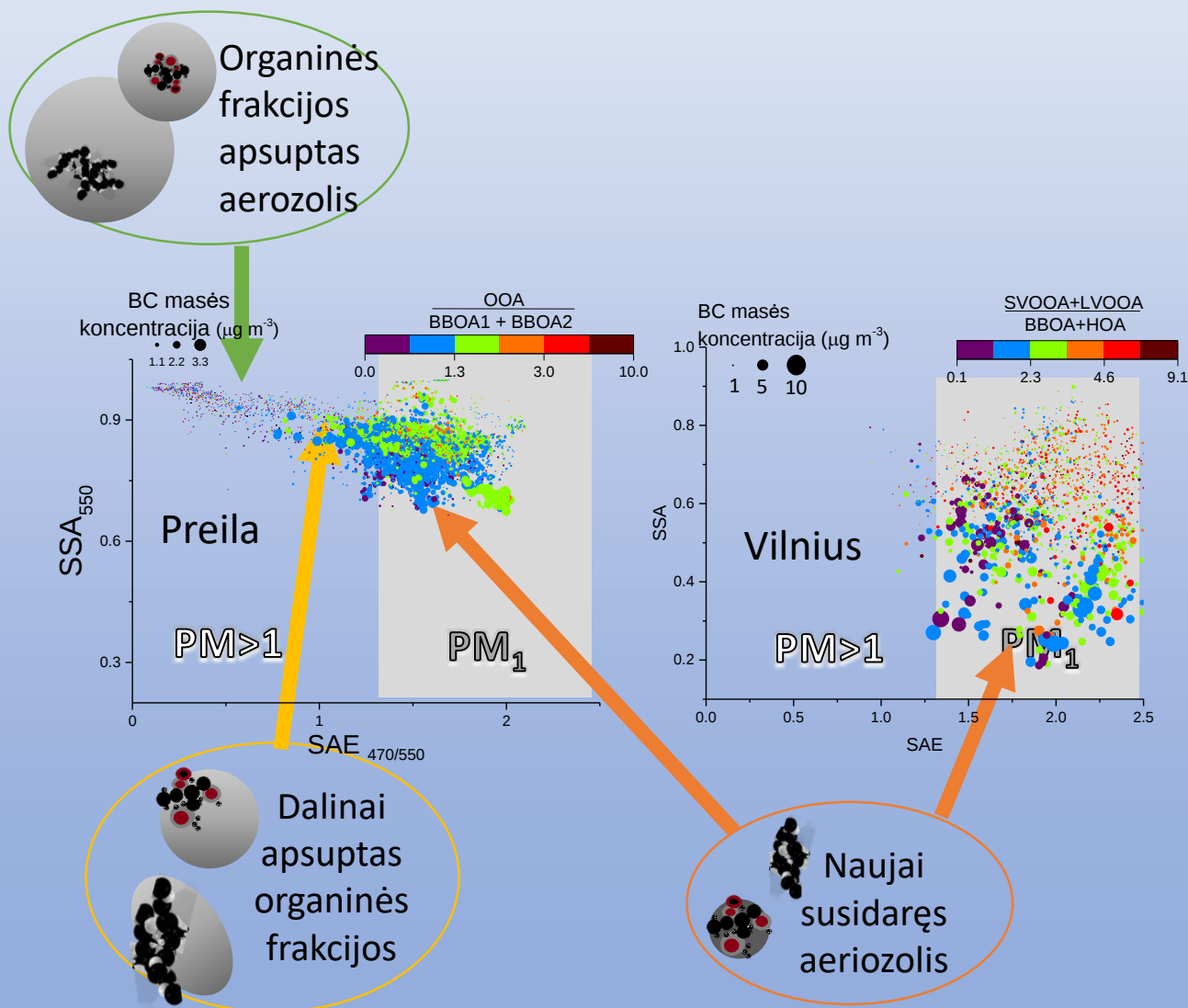


1 pav. OA šaltinių masės spektrai ir laikinės eigos bei jų indėlis į bendrą OA Vilniuje ir Preiloje.

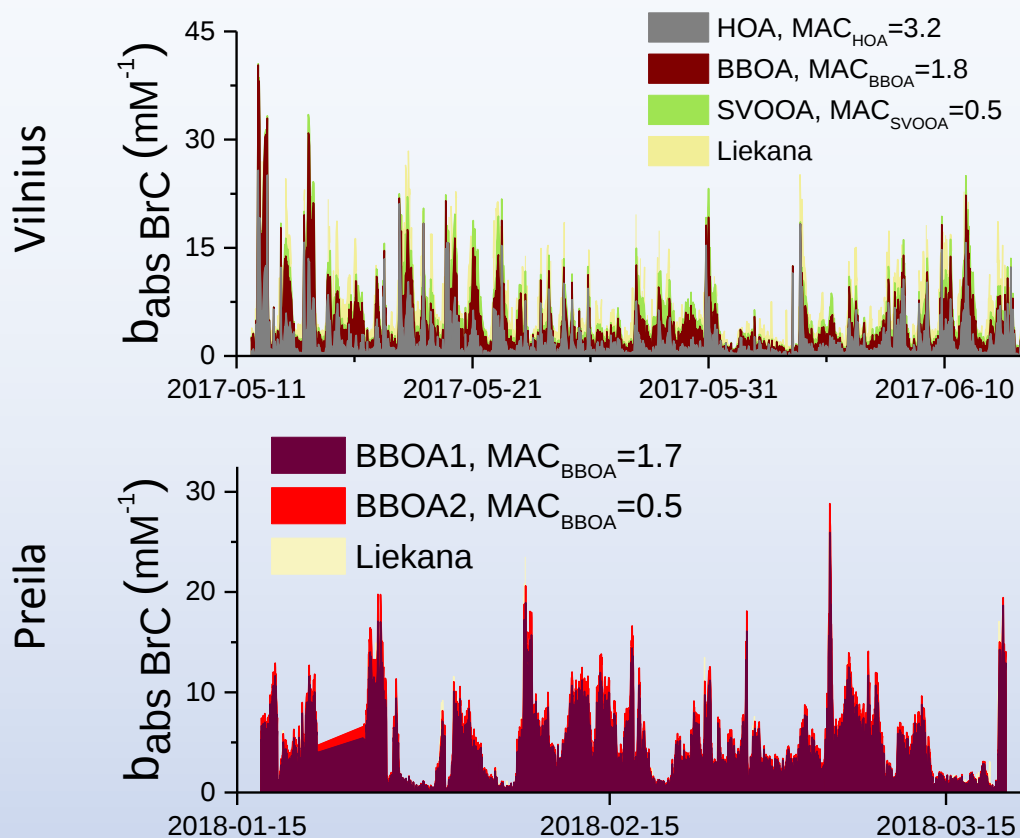
Jvertinus pavienės sklaidos albedo abejose aplinkose (2 pav.), pastebėta, kad Vilniuje didžiąją dalį laiko vyravo žemesnės SSA vertės, rodančios atmosferos šiltėjimą. Tuo tarpu Preiloje net ir šaltuoju laikotarpiu SSA vertės išliko aukštos ir mažesnį šildomąjį poveikį identifikuojančios SSA vertės.

Ištyrus SSA sąryšį su aerozolio šaltiniais ir BC kiekiu, pastebėta, kad žemiausios SSA vertės pasireiškia vyraujant antropogeniniam aerozoliui: esant tiek dideliame antropogeninio OA indėliui, tiek padidėjusiai BC koncentracijai. Taip pat, abejose aplinkose žemiausios SSA vertės buvo siejamos su didžiausiomis sklaidos Angstremsko eksponentės koeficiento (SAE) vertėmis, kurios susidaro esant vyraujančiai mažų dalelių (PM_{10}) frakcijai. Žemesnės nei $SSA=0.6$ nebuvo stebimos vyraujant didesnėms nei $1\ \mu m$ dalelėms.

Šie rezultatai leidžia teigti, jog tik naujai susidariusios antropogeninės aerozolio dalelės labiausiai lemia atmosferos šiltėjimą. Tuo tarpu ilgiau atmosferoje išsilaikiusios aerozolio dalelės oksidacijos bei kitų atmosferos procesų metu apsigaubia organine frakcija. Toks pokytis padidina dalelės dydį ir tuo pačiu padidina šviesos sklaidą, kuri lemia padidėjusias SSA vertes ir mažina atmosferos šiltėjimą.



2 pav. SSA priklausomybė nuo SAE, vyraujančių OA šaltinių ir BC masės koncentracijos Vilniuje ir Preiloje.



3 pav. Rudosios anglies dedamųjų laikinė eiga ir jų MAC koeficientai Vilniuje ir Preiloje.

Dalis OA gali sugerti šviesą, todėl yra vadinamas rudąją anglimi. Kiekvienai OA komponentei buvo įvertintas šviesos sugerties efektyvumas masės vienetui (MAC). Vilniaus aplinkoje, trys skirtingi OA ne tik atspindėjo, bet ir sugėrė šviesą (3 pav.). Didžiausias MAC nustatytas transporto OA (HOA) (3.2), o mažiausias vietiniam ir mažiau oksiduotam OA (SVOOA) (0.5). Biomasės deginimo OA Vilniuje (BBOA) ir Preiloje (BBOA-1) vertės buvo ypač artimos (atitinkamai 1.8 ir 1.7). Tuo tarpu, lokalus BBOA Preiloje (BBOA-2) šviesą sugėrė su mažesniu efektyvumu (0.5). LVOOA (Vilniuje) ir OOA (Preiloje) indėlis į šviesos sugertį nebuvo reikšmingas. Dalis rudosios anglies sugerties koeficiento nebuvo priskirtas jokiai OA. Susidariusi liekana gali būti paaiškinama modeliavimo paklaida ir nepilnai susiformavusiu BC, turinčiu kiek kitokią spektrinę sugertį.

Šie rezultatai parodo, kad iš transporto emisijų susidaręs OA pasižymi stipriu atmosferos šildomuoju poveikiu. Svarbus indėlis į šviesos sugertį nustatytas ir biomasės deginimui priskirtai organikai. Tuo tarpu tik labiau oksiduotas aerosolis nepasižymi jokia šviesos sugertimi ir tokiu būdu sukuria atmosferos vėsimo efektą. Šie rezultatai ne tik leidžia pagilinti suvokimą apie aerosolio svarbą klimato kaitai, bet ir yra būtini klimato modelių tikslinimui.

Literatūros sąrašas:

- [1] Jo, D.S., R.J. Park, J.I. Jeong, G. Curci, H.-M. Lee and S.-W. Kim, Key factors affecting single scattering albedo calculation: Implications for aerosol climate forcing, *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 1–44 (2017), <http://dx.doi.org/10.5194/acp-2017-1104>.
- [2] Horvath, H., Basic optics, aerosol optics, and the role of scattering for sky radiance, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 139, 3–12 (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jqsrt.2013.08.009>.
- [3] Chu, J.E. and K.J. Ha, Quantifying organic aerosol single scattering albedo over the tropical biomass burning regions, *Atmospheric Environment* 147, 67–78 (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.09.069>.