

KUI HÄSTI TOIMIB AMMONIAAGI PASSIIVMÕÖTMINE – EESTI KOGEMUS

JUHENDAJA: MARKO KAASIK

SISSEJUHATUS

Eestis on ammoniaagi pidevseiret tehtud aastast 2015. See andis võimaluse võrrelda passiivkogujate mõõtmistulemusi pidevseirega, mis peaks olema täpsem. Eesti Keskkonnauuringute Keskuse (EKUK) Tartu osakonna passiivkogujad on tehtud Rootsi Keskkonnainstituudi (IVL) kogujatega sarnaselt ja neid on korduvalt võrreldud, mõõtes kogujatega reaalses tingimustes. Kooskõla on hea. Tüüpilised ammoniaagi passiivkogujate näidud taustaaladel on enamasti 1–5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. (GLOBE, 2016, Kiss, 2015), kuid pikaajaline foon Lõuna-Soome taustaalal on kuni 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Lyobovtseva jt, 2010). Ka Eesti taustaala (Lahemaa) seni mõõdetud kontsentratsioonid sarnanevad Soomes mõõdetutega (Maasikmets, 2016). Passiivmõõtmiste ja pidevseire tulemuste vahel on suurusjärguline erinevus. Töö eesmärk on välja selgitada, kui hästi vastavad passiivkogujate mõõtmised värskest saadud pidevseire andmetele ja püüda mõista nende erinevuste põhjusi.

Järgnevalt toon välja käesoleva uurimistöö uurimisküsimused ja hüpoteesid.

Uurimisküsimus: Kas tugevama tuulega (mis põhjustab rohkem turbulentsi) ja vihasajuga passiivkogujatega mõõdetud NH_3 kontsentratsiooni näidud on kõrgemad?

Hüpotees: Ammoniaagi jõudmist passiivkogujasse mõjutab turbulents välisõhus, mis on palju kiirem mehhanism kui molekulide soojusliikumisel põhinev nn. Fick'i difusioon.

Uurimisküsimus: Kas passiivkogujaga mõõdetud ammoniaagi kontsentratsiooni näit sõltub aerosooliosakeste kontsentratsioonist õhus?

Hüpotees: Ammooniumioon sadestub passiivkogujasse ka atmosfääriaerosooli kujul ja/või vihmavees lahustunud kujul.

Uurimisküsimus: Kas teiste GLOBE koolide projekti (2012–2014) jooksul passiivkogujatega mõõdetud teiste gaasiliste õhulisandite (SO_2 , NO_2) kontsentratsioonid on üle hinnatud ja kui palju?

SISUKORD

Sissejuhatus	1
1. Kirjanduse ülevaade	2
1.1 Ammoniaak elukeskkonnas	2
1.2 Ammoniaagi seire välisõhus	3
2. Metoodika	3
2.1. Difusioonkoguja ehitus ja tööpõhimõte.....	3
2.2. Analüüs	5
2.3. Kontsentratsiooni leidmine.....	5
2.4. Võrdluspõhised kolmes seirejaamas.....	5
2.5. Tugimõõtmised Lõuna-Eestis.....	6
2.6. NH ₃ näidu seosed ilmastikutingimustega	6
2.7. Kasutatud andmed GLOBE koolide projektist 2012–2013.....	7
3. Tulemused.....	7
3.1. Passiivkogujate ja pidevseire võrdlus.....	7
3.2. Passiivkogujate tulemused Lõuna-Eestis.....	8
3.3. NH ₃ näidu seos ilmastikutingimustega	9
3.4. SO ₂ ja NO ₂ passiivkoguja näidud võrreldes pidevseirega	13
4. Arutelu	15
5. Järeldused	17
6. Kokkuvõte.....	18
Kasutatud kirjandus	19

1. KIRJANDUSE ÜLEVADE

1.1 Ammoniaak elukeskkonnas

Ammoniaak (NH₃) on looduses laialt levinud gaas, mis tekib valkude biokeemilise lagunemise käigus. Õhku satub ta valdavalt põllumajandusliku tegevuse tagajärjel. Suurem osa NH₃-st tekib peamiselt uriini koostises oleva karbamiidi lagunemise tulemusena (Kaasik, 2014).

Õhus toimib NH₃ kui hapete neutraliseerija, vähendades aerosoolide, pilvevee ja sademete happesust, kuid sadenedes maapinnale on NH_x (NH₃ ja ammoniumioon NH₄⁺ kokku) ökosüsteemide potentsiaalne hapestaja – ammoniaak ise on aluseline, kuid selle oksüdeerumisel tekivad happelised lämmastikuühendid.

Paljud gaasilised saasteained toimivad pärssivalt puudele, põllukultuuridele jt taimedele, kahjustades neid ja põhjustades nende hukkumist. Ammoniaagi kontsentratsioonid 2–3 µg/m³

kutsuvad esile kasvu kiirenemist kõrgematel taimedel, kuid omavad pärssivat efekti sammaldele.

Ammoniaak on ka potentsiaalne mulla hapestaja. Ammoniaak ja sellest tekkinud lämmastikoksiidid võivad muutuda lämmastikhappeks ja seeläbi muuta mulla happeliseks. Leelismetallide teatud ühendid, eriti karbonaadid ja oksiidid, on olulised happesuse neutraliseerijad. Põhja-Eestis neutraliseerib karbonaatne aluskiht hapestavaid saasteaineid, kuid Lõuna-Eestis võivad sellised saasteained kujutada ohtu mulla ökosüsteemile. Happeline muld pärsib taimede kasvu, kuna sellises mullas lahustuvad taimedele mürgised ühendid, mis liiguvad taimede juurestikku (Liblik ja Karu, 2004).

Saasteained levivad tuulega. Sellist liikumist nimetatakse adveksiooniks. See on kõige kiirem õhusaaste leviku viis. Õhusaaste kauglevi toimub kiiremini kui meteojaamades mõõdetud tuulte järgi arvata võiks, sest troposfääri ülaosas on tuuled palju kiiremad (sageli kuni 50 m/s) kui maapinnal (0–10, harva kuni 30 m/s). Troposfääri ülaossa jõuab õhusaaste konvektsiooni (tõusvad õhuvoolud) teel. Maapinna lähedal mõjutab õhusaaste levimise kiirust eelkõige mehaaniline turbulents – maapinna konaruste tõttu tekivad õhus keerised, mis levitavad õhusaastet (Kimmel jt, 2015).

1.2 Ammoniaagi seire välisõhus

Euroopa seirevõrgus EMEP mõõdetakse ammoniaaki vaid 14 seirejaamas enam kui 130-st. EMEP-i aruandes viidatakse raskustele ammooniumi ja ammoniaagi eraldi mõõtmisel läbipumbatava filterpaketi (EMEP, 2015). Eestis mõõdetakse ammoniaaki välisõhus Kohtla-Järve ja Narva seirejaamades (Saare jt, 2016), katseliselt ka Lahemaa taustajaamas. Mõõtmine toimub kemoluminestsentsi kasutava meetodiga – keemilisel reaktsioonil eralduva valguse põhjal, standard EN 14211:2005 „Ambient air quality – Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence”.

2. METOODIKA

2.1. Difusioonkoguja ehitus ja tööpõhimõte

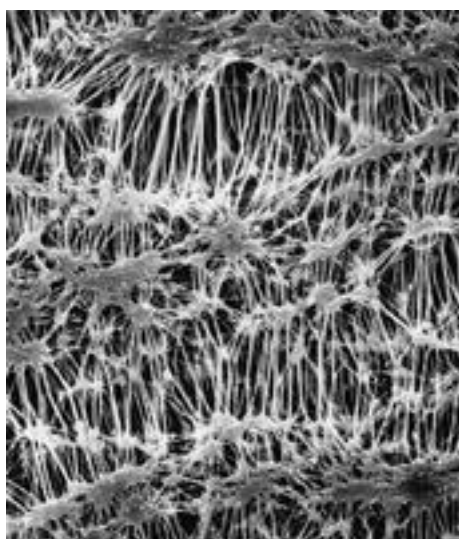
Uurimistöös kasutatakse torukujulisi passiivkoguajaid, mis on valmistatud polüpropüleenist (joonis 1). Toru ühes otsas on 2 cm läbimõõduga ava, mis on kaitstud teflonmembraanist filtriga. Membraanfiltrit ülesanne on tagada õhu laminaarne liikumine toru põhjas oleva filterpaberini. Membraanfiltrit kaitseb mehhaaniliste vigastuste eest kullatud traatvõrk. Passiivse difusioonkoguja töö põhineb molekulaarsel difusioonil, vastavalt Fick'i difusiooniseadusele

(Sõukand, 2013).



Joonis 1. EKUK-i poolt kasutatud passiivkogujad (Kiss, 2015)

OÜ Eesti Keskkonnaauuringute Keskus (EKUK) kasutab oma passiivkogujates fluoropoor-membraanfiltrit, mille tootemark on FALP02500. Filtrite poori suurus on tootja andmetel 1 μm (joonis 2). Filter asub võre taga ja see filtreerib välja aerosooliosakesed, mis võivad sisaldada ammooniumiooni ja seega mõjutada gaasilise ammoniaagi kogumiseks mõeldud filterpaberi analüüsi tulemusi.



Joonis 2. Fluoropoor-membraanfilter umbes tuhandekordselt suurendatult (MERCK, 2016)

2.2. Analüüs

Proovikogujate ettevalmistuse ja analüüsid teostas EKUK Tartu osakond. Filter immutatakse 1% fosforhappe lahusega etanooli-vee segus (80:20). Ammoniaak reageerib filtril fosforhappega, andes ammooniumiiooni:



Ammooniumioon ekstraheeritakse filtrilt veega. Ammooniumiooni sisaldus määratakse autoanalüsaatoril pidevvoolu analüüsil, kasutades spektrofotomeetrilist detekteerimist (Sõukand, 2012).

2.3. Kontsentratsiooni leidmine

Ammoniaagi kontsentratsioon õhus leitakse valemist

$$c \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right) = \frac{mL}{DA t}$$

kus L on difusioonitee pikkus meetrites, EKUK-i passiivkogujatel on see 0,012 m, A on kogumispindala ruutmeetrites, (0,000314 m²), t on kogumisaeg tundides, m on ammoniaagi mass, mis leitakse valemist

$$m(\mu\text{g}) = 6c$$

kus c on NH₄⁺ kontsentratsioon (μg/ml), 6 on filtrile lisatud vee ruumala (ml), D on difusioonikoefitsient, mis leitakse valemist

$$D \left(\frac{\text{m}^2}{\text{h}} \right) = 0.1978 \left(\frac{T}{273} \right)^{1.81} 0.36$$

kus T on keskmine õhutemperatuur kelvinites, 0,36 on üleminekukoefitsient ühikult $\frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$ ühikule $\frac{\text{m}^2}{\text{h}}$ ja 0,1978 on difusioonikoefitsient standardtingimustel (T = 273 K, p = 1013 hPa) (EKUK, otsekontakt juhendaja kaudu).

2.4. Võrdlusmõõtmised kolmes seirejaamas

Selles töös kasutatakse Eesti Keskkonnauuringute Keskuse (EKUK) mõõtmiste tulemusi. EKUK tegi passiivkogujatega mõõtmised Lahemaa taustajaamas (mõõteperioodidel 23.02–12.03.2016 ja 27.08–9.09.2016) ning Sillamäe ja Narva seirejaamades (27.08–9.09.2016), et selgitada välja, kui palju erinevad passiivkogujate saadud tulemused. Ammoniaaki mõõdeti kahe paralleelkogujaga ning kasutati ka Rootsi Keskkonnainstituudi (IVL) kogujaid.

2.5. Tugimõõtmised Lõuna-Eestis

Ammoniaagi kontsentratsiooni mõõdeti viies mõõtepaigas. Nendest kaks mõõtepaika asusid Meenikunno rabas, et mõõta NH₃ kontsentratsiooni nii rabaäärses metsas kui ka rabal. Sarnaselt eelmiste aastatega (Kiss, 2015) oli üks koguja paigutatud Kääpa kooli juurde ning kaks kogujat olid paigutatud Illi külla (tabel 1). Ammoniaagi kontsentratsiooni mõõdeti kahel mõõteperioodil: talvel (26.02.2016–11.03.2016) ja suvel (7.07.2016–25.07.2016).

Tabel 1. Mõõtepaikade koordinaadid.

Nr.	Koht	Geogr. laius			Geogr. pikkus		
		kraad	minut	sekund	kraad	minut	sekund
1	Kääpa kool	57	51	50	27	6	21
2	Meenikunno raba äärne mets	57	56	1	27	15	24
3	Meenikunno raba	57	56	0	27	15	33
4	Ojakalda, Illi küla	58	12	32	26	26	38
5	Illi väikese järve juures	58	11	17	26	25	35

2.6. NH₃ näidu seosed ilmastikutingimustega

Antud töös püütakse luua seoseid Kääpa kooli juures aastatel 2012 kuni 2016 mõõdetud ammoniaagi kontsentratsiooni ja ilmastikutingimuste vahel, et leida põhjuseid, miks hindab passiivkoguja tegelikke kontsentratsioone üle. Ammoniaagi kontsentratsiooni korreleeriti õhurõhu, sajuhulga, tuule kiiruse (kahe nädala keskmised) ja temperatuuriga (nelja nädala keskmine, sh. kaks nädalat enne kogumisperioodi, mis mõjutavad orgaanilise aine lagunemisprotsesse keskkonnas, vt. ka Kiss, 2015). Samu ilmastikuandmeid (v.a temperatuur) korreleeriti ka regressioonijääduga – kontsentratsiooninäiduga, millest oli lahutatud temperatuurisõltuvuse lineaarne trend.

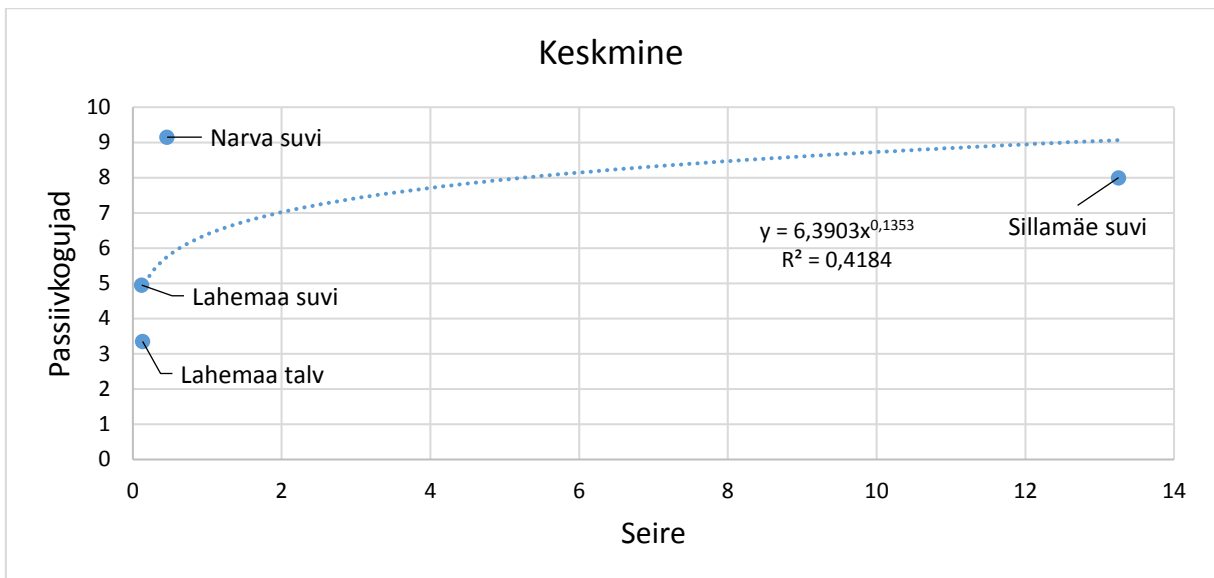
2.7. Kasutatud andmed GLOBE koolide projektist 2012–2013

2012. aastal alustas üldhariduskoolidele suunatud keskkonnaprojekt GLOBE 26 kooliga erinevate saasteainete mõõtmist. Mõõtmised on toimunud kuni aastani 2015. Mõõdeti nelja saasteainet, milleks on NH₃, O₃, SO₂ ja NO₂ (GLOBE, 2015). Uurimistöös vaatleme SO₂ ja NO₂ kontsentratsioone, et tuvastada erinevusi taustaseirejaamade mõõtmistega. Kasutame 1. tüüpi (suure linna kese) ja 5. tüüpi (küla suurematest keskustest kaugel) koolide mõõtmistulemusi ning võrdleme neid vastavalt linna- ja taustajaamadega.

3. TULEMUSED

3.1. Passiivkogujate ja pidevseire võrdlus

OÜ Eesti Keskkonnauuringud tehtud võrdlusmõõtmised (23.02–12.03.2016) Lahemaa õhuseirejaamas näitasid, et passiivkogujatega mõõdetud kontsentratsioonid olid üle kümne korra kõrgemad, kui pidevseire põhjal arvatud keskmine: kui seirejaam näitas vaid 0,19 µg/m³, siis kaks paralleelproovi kogujatega andsid tulemuseks 3,3 ja 3,4 µg/m³. Sarnased tulemused olid Lahemaa suvisel mõõtmisel (27.08–9.09.2016) ja Narva sügisesel mõõtmisel (27.08–9.09.2016). Lahemaal näitas pidevseire 0,12 µg/m³ ning kogujate tulemused olid 4,9 ja 5,0 µg/m³. Narvas oli pidevseire keskmine 0,4 µg/m³ ning kogujate näidud olid 8,5 ja 9,8 µg/m³. Tulemused erinesid aga Sillamäel (mõõteperiood samuti 27.08 – 9.09.2016), kus pidevseire keskmiseks tuli 13 µg/m³, kuid passiivkogujad andsid tulemuseks 7,85 ja 7,9 µg/m³. Joonisel 3 on näidatud korrelatsiooni passiivkogujate ning pidevseire vahel. X-teljel on seire, y-teljel passiivkogujate tulemused. Joonis näitab, kui palju hindavad passiivkogujad pidevseiret üle.

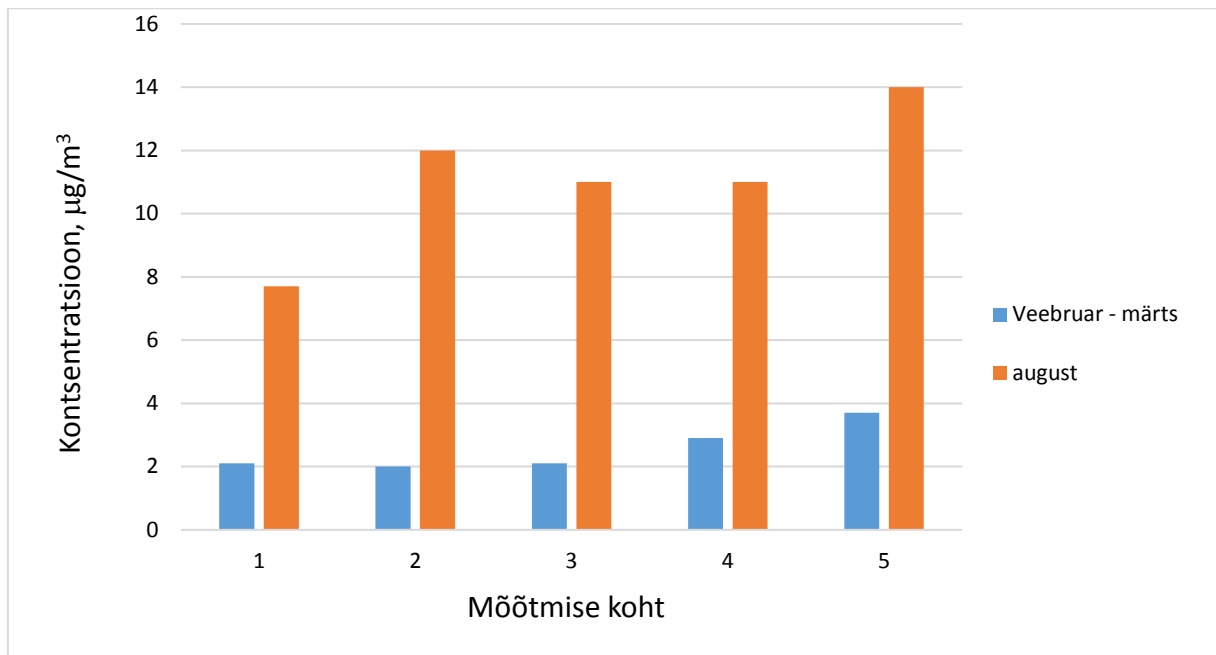


Joonis 3. Passiivkogujate ja pidevseire võrdlus Lahemaal, Sillamäel ja Narvas. X-teljel on seire, y-teljel passiivkogujate tulemused ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.2. Passiivkogujate tulemused Lõuna-Eestis

Veebruari mõõteperioodil olid NH_3 kontsentratsioonid madalaimad Kääpa kooli juures ja Meenikunno rabas, kus NH_3 kontsentratsioon jäi $2\text{--}2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ piiridesse. Veidi kõrgemad kontsentratsioonid olid Illi külas ja metsas küla lähedal.

Juuli mõõteperioodil olid NH_3 kontsentratsioonid madalaimad Kääpa kooli juures ($7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Kõrgeimad kontsentratsioonid olid Meenikunno raba ääres metsas ja Illi väikese umbjärve juures (12 ja $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Samuti olid kontsentratsioonid kõrged rabas ning Ojakaldal Illi külas Elva lähedal ($11 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (joonis 4, asukohti vt tabel 1).

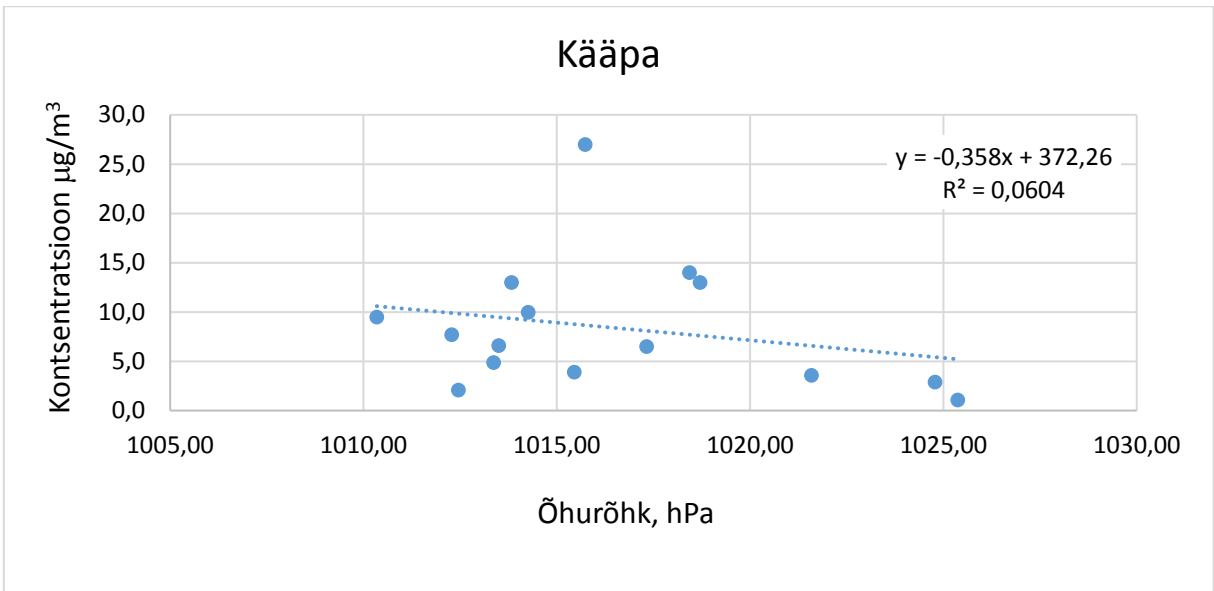


Joonis 4. Lõuna-Eesti tugimõõtmiste tulemused. Mõõtekohtade numbrid vt Tabel 1.

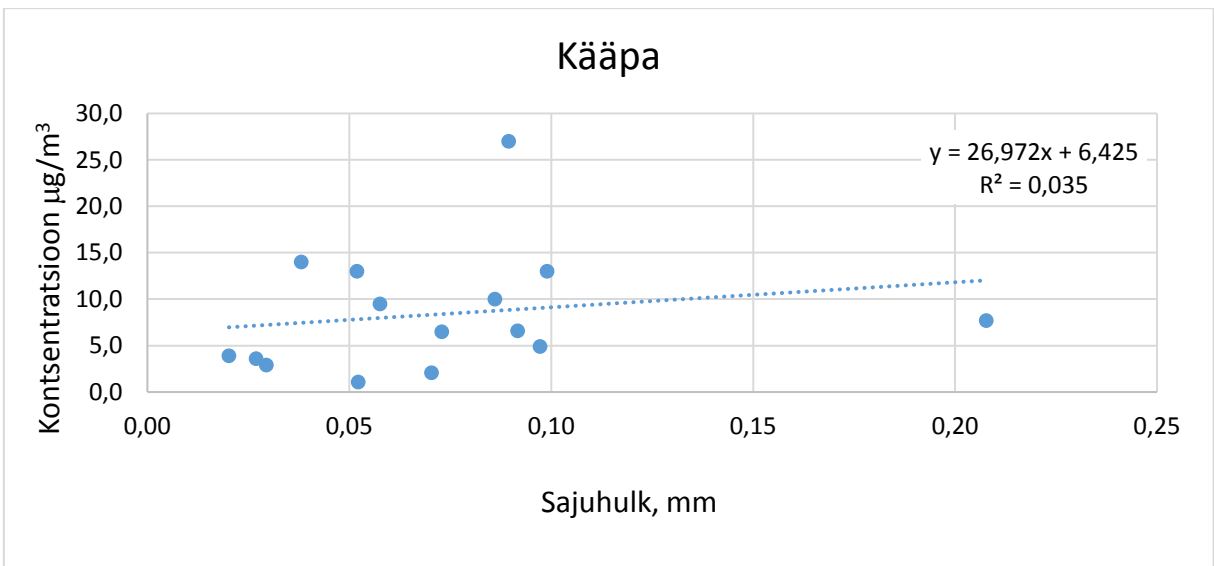
3.3. NH₃ näidu seos ilmastikutingimustega

Töös prooviti leida seost erinevate ilmastikutingimuste ning ammoniaagi kontsentratsiooni vahel. Selgus, et kontsentratsiooni seos õhurõhu, sajuhulga ja tuule kiirusega (vastavalt joonis 5, 6 ja 7) on peaaegu olematu, mis tähendab, et kontsentratsioon ei ole mõjutatud antud ilmastikutingimustest. Head sõltuvust ei saadud ka, kui korreleeriti regressioonijääki (temperatuuri mõju kontsentratsioonile on maha arvestatud) samade ilma iseloomustavate suurustega (joonis 8–10). Korreleerides aga nelja nädala temperatuuri kontsentratsiooniga (kuna lagunemisprotsessid võtavad aega) (joonis 11), saadi parem sõltuvus.

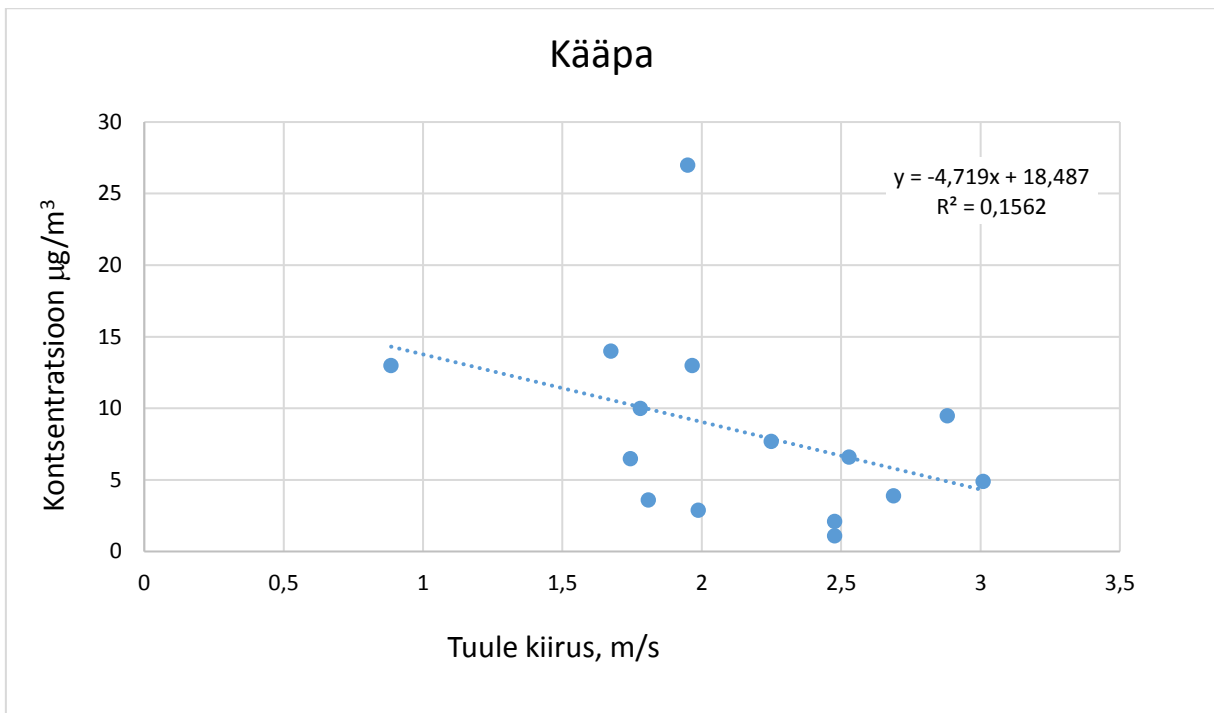
Joonistel 5–7 ja 11 on iga kontsentratsiooni näit mõõdetud kahe nädala jooksul. Sellele vastab ilmastikunäitaja (temperatuur, tuule kiirus, sajuhulk, õhurõhk) vastav näit, mida on mõõdetud ilmajaamas iga tund kahe nädala jooksul, kui toimus kontsentratsiooni mõõtmine. Tunniandmetest on võetud kahe nädala keskmine. Joonistel 8, 9 ja 10 on kontsentratsiooni asemel regressioonijääk.



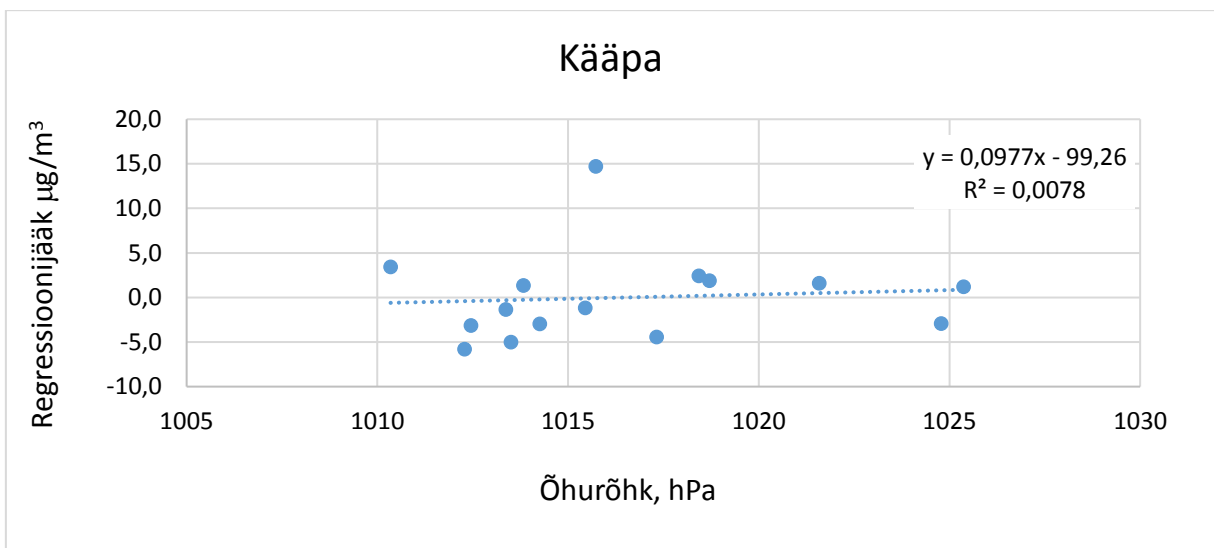
Joonis 5. Kontsentratsiooni seos õhurõhuga.



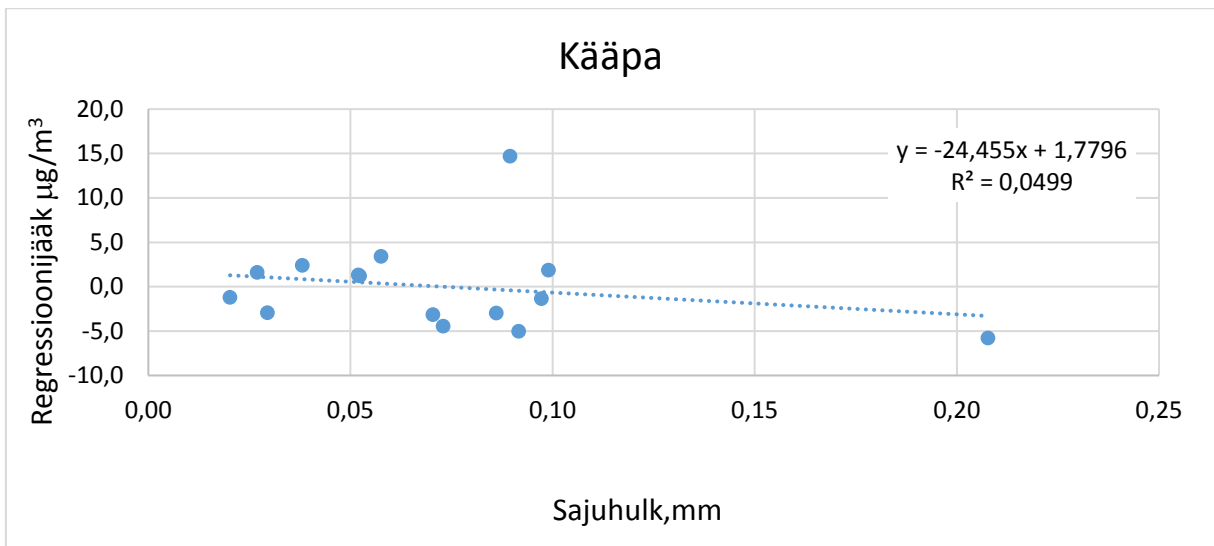
Joonis 6. Kontsentratsiooni seos sajuhulgaga.



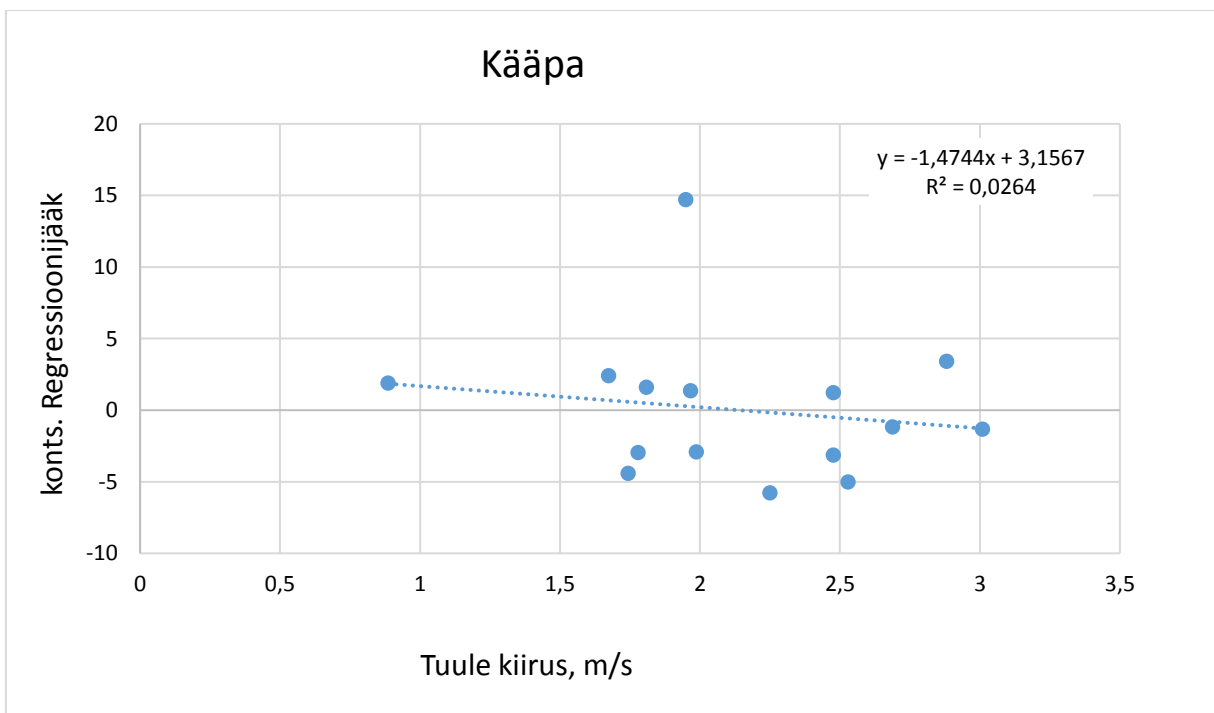
Joonis 7. Kontsentratsiooni seos tuule kiirusega.



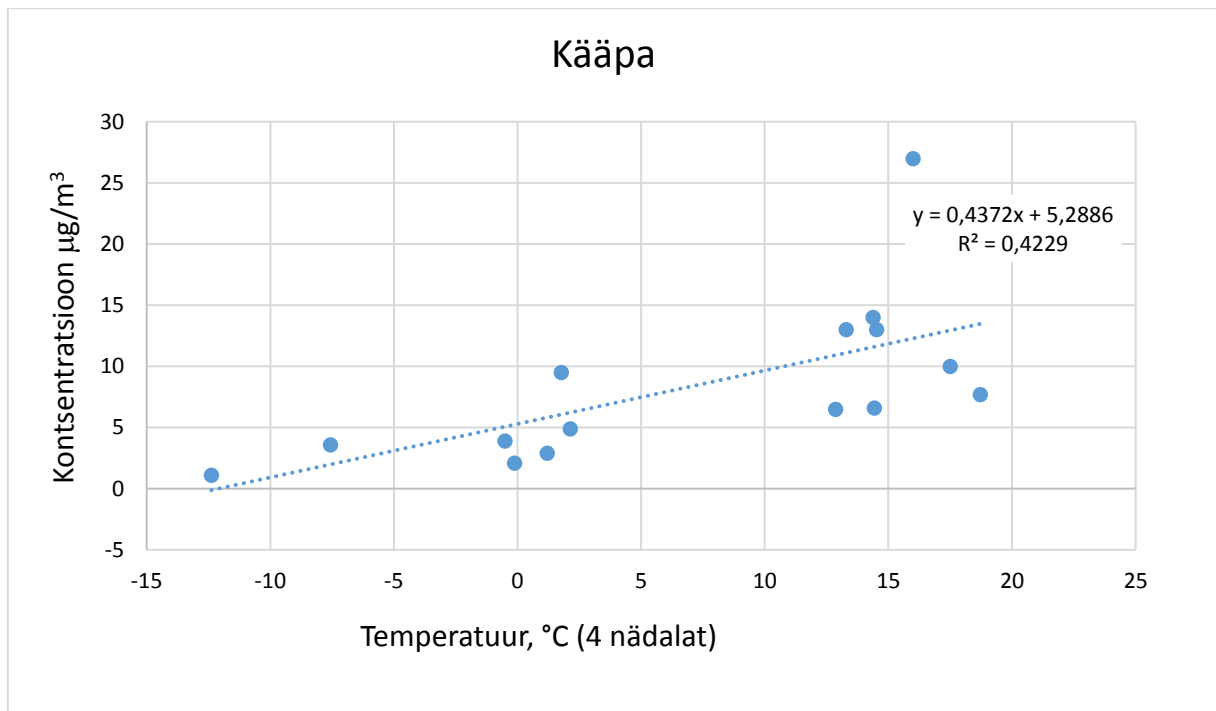
Joonis 8. Regressioonijäägi (kontsentratsioon temperatuuri suhtes) seos õhurõhuga.



Joonis 9. Regressioonijäägi (kontsentratsioon temperatuuri suhtes) seos sajuhulgaga.



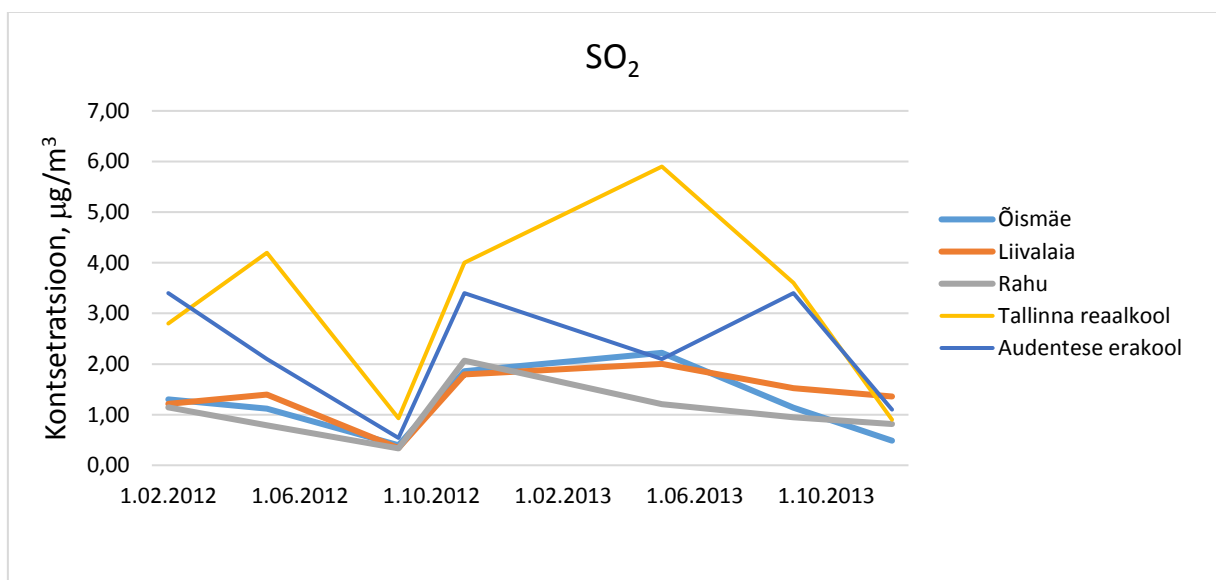
Joonis 10. Regressioonijäägi (kontsentratsioon temperatuuri suhtes) seos tuule kiirusega



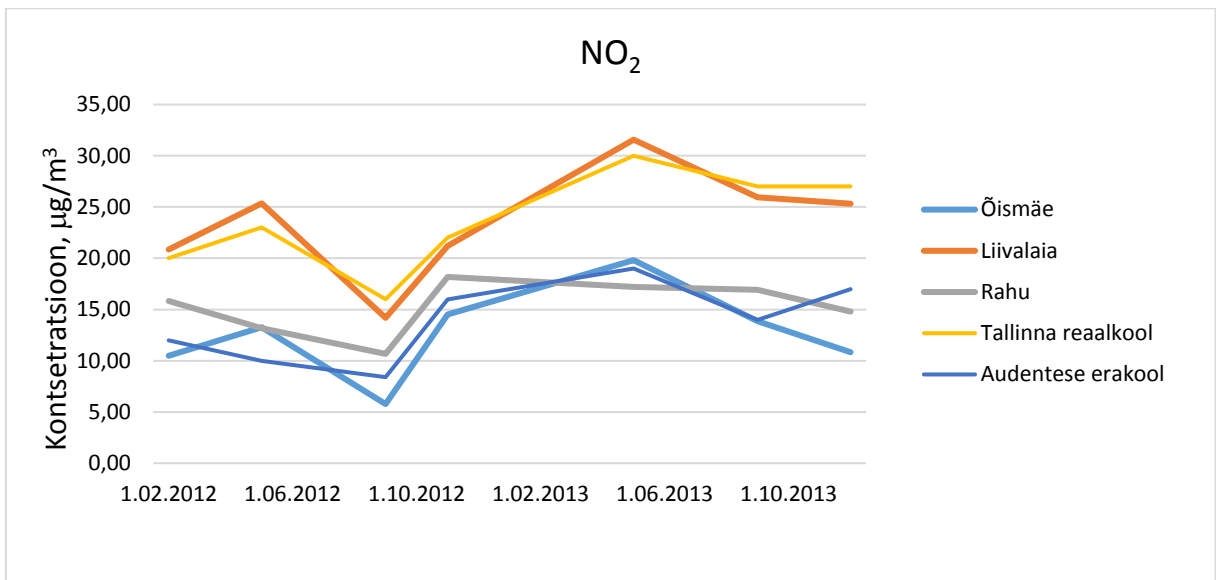
Joonis 11. Kontsentratsiooni seos nelja nädala keskmise temperatuuriga

3.4. SO₂ ja NO₂ passiivkoguja näidud võrreldes pidevseirega

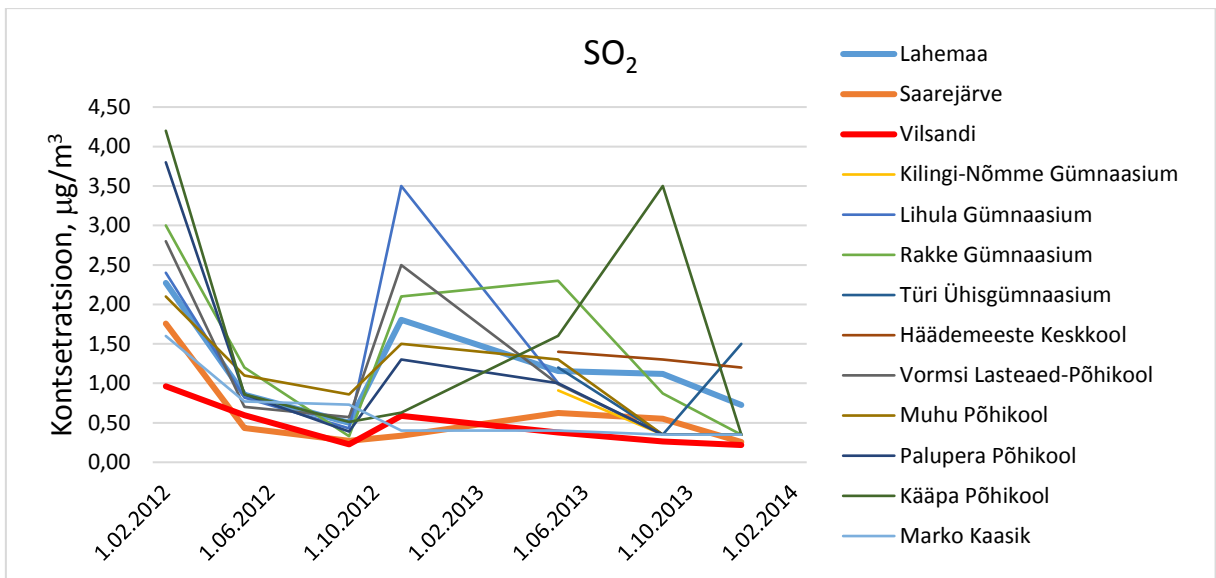
Töös võrreldi teiste saasteainete seirejaamade näite ja GLOBE koolide mõõtmistulemusi samal ajaperioodil, et välja selgitada, kas passiivkogujad hindavad sarnaselt ammoniaagile ka teisi saasteaineid üle. Seiret ja passiivmõõtmisi võrreldi nii linnakeskkonnas (joonis 12 ja 13) kui ka taustaaladel (joonis 14 ja 15).



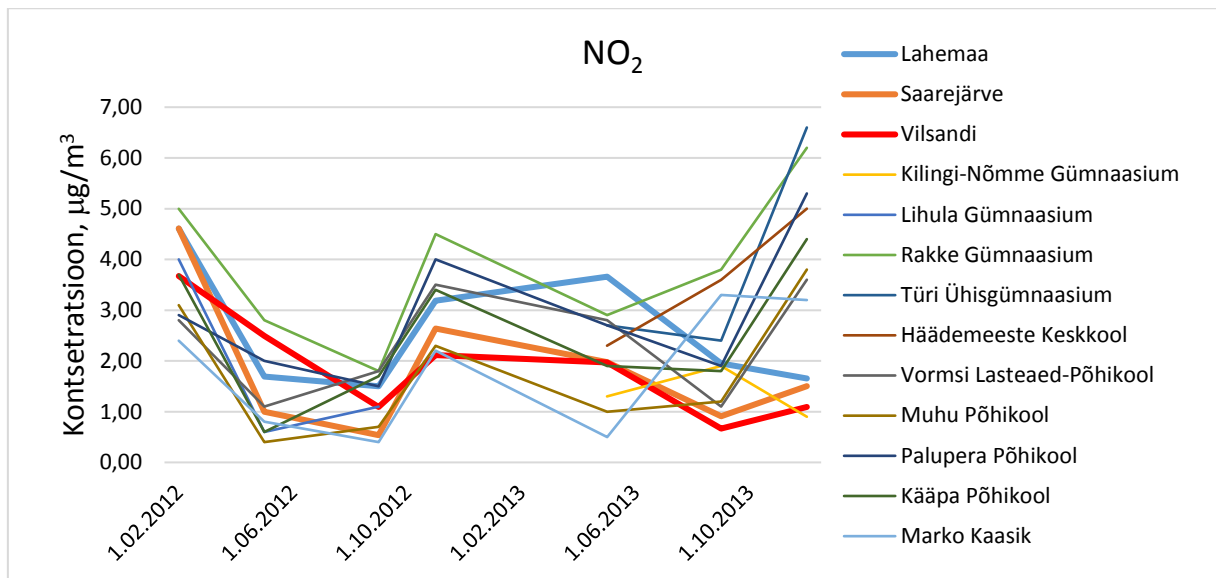
Joonis 12. Linna seirejaamade ning passiivkogujate SO₂ võrdlus



Joonis 13. Linna seirejaamade ning passiivkogujate NO₂ võrdlus



Joonis 14. Taustajaamade ning passiivkogujate SO₂ võrdlus



Joonis 15. Taustajaamade ning passiivkogujate NO₂ võrdlus.

4. ARUTELU

Lõuna-Eestis tehtud tugimõõtmised passiivkogujatega andsid esimesel mõõteperioodil tulemuseks, et Meenikunno rabas ja Kääpa kooli juures jäi kontsentratsioon 2–2,1 µg/m³ piiridesse. Selline tulemus oli mõnevõrra ootamatu, kuna Meenikunno raba pidi olema fooniala, mistõttu oleks Meenikunnos pidanud olema selgelt madalaim kontsentratsioon. Veidi kõrgemad kontsentratsioonid Illi külas ja metsas küla lähedal võisid olla põhjustatud inimtegevusest. Samuti võis kontsentratsiooni mõjutada lumikatte paksus (lagunemisprotsessid võisid seal varem alata).

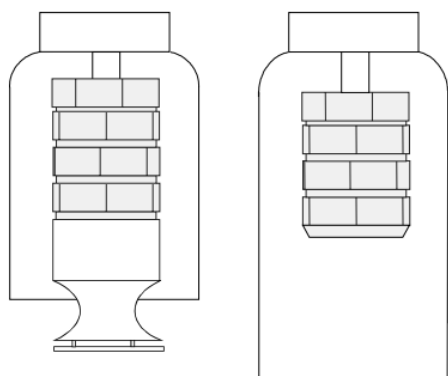
Juuli mõõteperioodi kõrged kontsentratsioonid Meenikunno raba ääres metsas ja Illi väikese umbjärve juures võisid olla põhjustatud lagunemisprotsessidest suviste kõrgete temperatuuride tõttu. Ojakalda kõrgem kontsentratsioon võis olla põhjustatud lähedalasuvast kompostihunnikust ja eramu biopuhastist.

EKUK-i korraldatud võrdlusemõõtmised näitavad, et enamasti hindavad passiivkogujad üle tegelikku (eeldatavalt täpsema pidevseire meetodikaga mõõdetud) kontsentratsiooni. Selline ülehindamine toimub ainult ammoniaagi, kuid mitte väävel- ja lämmastikdioksiidi puhul (vrd joonis 3 ja joonised 12–15). Seetõttu ei saa erinevused olla põhjustatud koguja füüsikalistest omadustest.

Passiivkoguja näidul ei ole olulist seost tuule, sademete ja õhurõhuga. Korreleerides regressioonijääki (temperatuuri mõju passiivkoguja näidule on maha lahutatud) samade ilmastikunäitajatega, saadi sama tulemus – olulist seost ei ole. See näitab samuti, et füüsikalised mõjutused ei määra ammoniaagi kontsentratsiooni ülehindamist. Parem seos saadi temperatuuriga. See on seletatav orgaanilise aine intensiivsema lagunemisega

kõrgemal temperatuuril. Kontsentratsiooni sõltuvust temperatuurist on uuritud ka varasemates töödes. Varasemas töös leiti sõltuvus, mõõtes kontsentratsioone passiivkogujatega (Kiss, 2014, 2015).

Kuna füüsikalised mõjutused ei määra ammoniaagi kontsentratsiooni ülehindamist, siis võib arvata, ei tegemist on kas keemilise analüüsi veaga või vabaneb ammoniaak mingist keemilisest ühendist kogujas. Selleks keemiliseks ühendiks võib olla näiteks ammooniumnitraat, mis on lenduva iseloomuga. Lihtsas aerosoolifiltris ammooniumnitraadi eraldamine ülejäänud redutseerunud lämmastikust (NH_3 ja NH_4^+) võib anda ebausaldusväärseid tulemusi ning seetõttu soovitatakse kasutada denuudereid (Gauss jt, 2015). Ülehindamine võib olla ka põhjustatud PM10 osakeste (tahked või vedelad aerosooliosakesed läbimõõduga kuni 10 μm) külge jäänud ammooniumiioonist. PM10 osake võib sattuda filtrile ning aja jooksul võib ammoonium sellelt lenduda ja kogujasse difundeeruda. Protsessi on uuritud läbipumbatava filtripaketiga, kus ühele paketile oli külge pandud ka PM10 filter (Joonis 16). Protsessi uuriti Birkenesi (Norra) ja Virolahti (Soome) taustaseirejaamades. NH_3 näidud Virolahtis olid PM10 filtriga kogujas üle kolme korra madalamad ning korrelatsioon kahe koguja vahel oli väga hea. See näitab, et PM10 osakesed mõjutavad kogujate tulemusi mingis kindlas regioonis, kuna Birkenesis näitasid mõlemad filtrid peaaegu sama, kuigi korrelatsioon nii hea ei olnud (Ferm jt, 2006). Euroopa mastaabis asuvad Virolahti, Lahemaa, Narva ja Sillamäe mõõtekohad samas regioonis, vahekaugus umbes 100 km.



Joonis 16. Läbipumbatavad kogujad Virolahtis (üleval), kogujate siseehitus (all).

5. JÄRELDUSED

EKUKi võrdlusmõõtmised näitavad, et passiivkogujad hindavad eeldatavalt täpsema pidevseirega võrreldes ammoniaagi kontsentratsioone üle. Seega leidis kinnitust püstitatud üldine hüpotees, et erinevuste põhjus on mõõtemetoodikas.

Esimene hüpotees ei vastanud tõele. Füüsikalised tegurid nagu tuule tugevus ja filtri märgumine ei mõjuta oluliselt ammoniaagi kontsentratsiooni. Läbitöötatud kirjandusest selgus, et kontsentratsioon võib olla mõjutatud hoopis aerosooliosakeste külge jäänud ammooniumnitraadist, mis aja jooksul lendub aerosoolfiltrilt kogujasse.

Erinevalt ammoniaagist ei hinda NO_2 ja SO_2 passiivkogujad oluliselt kontsentratsioone üle. See kinnitab, et ülehindamise põhjus ei ole sadestumisprotsessi füüsikalises mehhanismis, vaid on ammoniaagi jaoks spetsiifiline.

Ülehindamise põhjuste väljaselgitamiseks ja korrigeerimiseks on ilmselt vaja laboratoorseid katseid kogujatega. Eesti Keskkonnauuringute Keskust on probleemist teavitatud ja täiendavate uuringute vajadus teadvustatud.

6. KOKKUVÕTE

Töö eesmärgiks on välja selgitada, kui hästi toimib ammoniaagi passiivmõõtmine, sest difusioonkogujad annavad foonialadel süstemaatiliselt kõrgemaid näite kui pidevseire.

Püstitati kaks hüpoteesi. Esimene hüpotees oli selline: ammoniaagi jõudmist passiivkogujasse mõjutab turbulents välisõhus, mis on kiirem mehhanism kui molekulaarne (Fick'i seadusele alluv) difusioon. Teine hüpotees nägi välja niisugune: ammoniumioon sadestub passiivkogujasse ka atmosfääriaerosooli kujul ja/või vihmavees lahustunud kujul. Püstitati ka uurimisküsimus: kas teiste GLOBE koolide projekti (2012–2014) jooksul passiivkogujatega mõõdetud teiste gaasiliste õhulisandite (SO_2 , NO_2) kontsentratsioonid on üle hinnatud ja kui palju?

Töös püüti leida seoseid ammoniaagi kontsentratsiooni ja ilmastikunäitajate vahel. Selleks korreleeriti ammoniaagi kontsentratsiooniga õhurõhku, tuule kiirust, sademehulka ja temperatuuri. Omavahel võrreldi taustaalade ning linna pidevseire ning passiivmõõtmisi, et selgitada välja, kas passiivkogujad hindavad üle ka teisi mõõdetud saasteaineid (SO_2 , NO_2). Lõuna-Eestis tehti talvel ja suvel mõõtmised, kus kasutati difusioonkogujaid, mida kasutab ka Eesti Keskkonnauuringute Keskus (EKUK). Proovikogujate ettevalmistuse ja analüüsid teostas EKUK Tartu osakond. EKUK korraldas samuti võrdlusmõõtmised ammoniaagi passiivkogujate ning pidevseirega, kust selgus, kui palju hindavad passiivkogujad pidevseiret üle.

Tööst selgus, et ammoniaagi kontsentratsiooni seos õhurõhu, sajuhulga ja tuule kiirusega on peaaegu olematu, st et kontsentratsioon ei ole mõjutatud antud ilmastikutingimustest. Head sõltuvust ei saadud ka, korreleerides regressioonijääki (temperatuuri mõju kontsentratsioonile on maha arvestatud) samade ilma iseloomustavate suurustega. Kontsentratsiooni sõltuvus temperatuurist oli hea, kuna kõrgema temperatuuri juures on lagunemisprotsessid intensiivsemad.

SO_2 ja NO_2 passiivkogujad enamasti pidevseiret üle ei hinnanud, seega on ülehindamise probleem spetsiifiline ammoniaagile.

EKUK-i tehtud võrdlusmõõtmised õhuseirejaamades näitasid, et passiivkogujatega mõõdetud kontsentratsioonid olid üle kümne korra kõrgemad kui pidevseire põhjal arvatatud keskmine. Samas suurusjärgus EKUK-i passiivkogujate mõõtmistega olid ka tulemused Lõuna-Eestis.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Ferm, M.; Makkonen, U.; Hanssen, J.E.; Ellermann, T. 2006. Final report from NML project „Test a filter pack combined with a PM10 inlet“. Project number 04FOX5. Swedish Environmental Research Institute, 22 lk.
- Gauss, M.; Tsyro, S.; Benedictow, A.C.; Hjellbrekke, A.-G.; Solberg, S. 2015. EMEP/MSC-W model performance for acidifying and eutrophying components, photo-oxidants and particulate matter in 2013, Supplementary material to EMEP Status Report 1/2015, Norwegian Meteorological Institute, 100 lk.
- GLOBE, 2015. <http://www.globe.ee/ohusaaste/?lang=et>, vaadatud 11.12.2016.
- GLOBE, 2013. Eesti õhusaaste mõõtmine ja uurimine. Tulemused, 2013. http://www.globe.ee/ohusaaste/?page_id=688, vaadatud 11.12.2016.
- Kaasik, A.; Maasikmets, M. 2014. Ammoniaagi ja väävelvesiniku emissioonist vedelsõnnikuhoidlates. Agaarteadus, 2, XXV, lk. 10–76.
- Kimmel, V. (toimetaja); Kaasik, M.; Kallaste, T.; Maasikmets, M.; Noe, S.M.; Orru, H.; Roots, O.; Tamm, E.; Teinemaa, E. 2015. Õhusaaste käsiraamat. Ajakirjade Kirjastus AS, 126 lk.
- Kiss, R. 2014. Õhu ammoniaagisisalduse määramine Kääpa Põhikooli ümbruses ja võrdlus teiste koolidega. Uurimistö, Kääpa Põhikool, lk 13.
- Kiss, R. 2015. Õhu ammoniaagisisalduse võrdlus erineva loomade arvuga farmide ümbruses. Uurimistö, Kääpa Põhikool, lk 8.
- Liblik, V.; Karu, H. 2004. Piire ületav õhusaaste. Keskkonnaministeerium, Tallinna Pedagoogikaülikooli Ökoloogia Instituut, 128 lk.
- Lyubovtseva Yu. S.; Zagaynov. V. A.; Khodzher. T. V.; Kulmala. M.; Boy. M.; Dal Maso. M.; Junninen. H.; Obolkin. V. A.; Potyomkin V. L.; Biryukov Yu. G.; Lushnikov A. A. 2010. Comparison of formation conditions of secondary aerosol particles in boreal forests of Southern Finland and Siberia. Russian Journal of Earth Sciences, vol. 11, ES4002
doi:10.2205/2009ES000410.
- Maasikmets, M., 2016. Isiklik kontakt juhendaja kaudu.
- MERCK, 2016. FALP02500 | Fluoropore Membrane Filter. http://www.merckmillipore.com/INTL/en/product/Fluoropore-Membrane-Filter,-PTFE,-hydrophobic,-1.0%C2%A0%C2%B5m,-25%C2%A0mm,-white,-plain,MM_NF-FALP02500#
- Saare, K.; Kabral, N.; Maasikmets, M.; Teinemaa, E. 2016. Välisõhu kvaliteedi seire 2015. Riiklik keskkonnaseire alamprogramm. Tallinn, 2016, <http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/3473/V%C3%A4lis%C3%B5huseire%20aa>

[sta%20aruanne%202015.pdf](#) (vaadatud 16.12.2016).

Sõukand, Ü. 2012. Osooni (O₃), ammoniaagi (NH₃), vääveldioksiidi (SO₂) ja lämmastikoksiidi (NO₂) määramine välisõhus passiivsete difusioonkogujatega. Eesti Keskkonnauuringute Keskus, http://www.globe.ee/ohusaaste/wp-content/uploads/2012/01/difusioonkogujad_teoreetiline_osa.pdf, lk 6.