



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
EHITUSTEADUSKOND

Mustoja valgala veekvaliteedi, reostuskoormuse ja sademevee äravoolu uuring

KIK projekt nr 7172
november 2014 - märts 2016

Lõpparuanne



Töö teostaja: Tallinna Tehnikaülikooli Keskkonnatehnika instituut

Tallinn, märts 2016

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Mustoja sademeveevalgala	5
2. Ilm ja sademed	6
3. Sademevee äravool	9
4. Veekvaliteedi üldnäitajad	12
5. Mustoja veekvaliteet ajavahemikul 2012 -2015	18
6. Naftasaadused	19
7. Elektrijuhtivus ja kloriidid	20
8. Mikrobioloogilised näitajad	22
9. Metallid	24
10. Mustoja reostuskoormus 2015. aastal	32
10.1 Üldnäitajad	33
10.2 Metallid	38
11. Mustoja reostuskoormus üldnäitajate järgi ajavahemikul 2012-2015	43
12. Mõõtmised erinevates ilmastikutingimustes	45
12.1 Mõõtmisperiood 22-23. september 2014	45
12.2 Mõõtmisperiood 4-5. detsember ja 26. jaanuar – 1. veebruar 2016	48
13. Mustoja setted	53
14. Reostuskoormus	55
15. Mustoja valgala äravoolu mudel	56
Kokkuvõte, soovitused	57
Viited	60

Sissejuhatus

Sihtasutus Keskkonnainvesteeringute Keskus (KIK) ja Tallinna Tehnikaülikool (TTÜ) sõlmisid 2014. aasta oktoobris lepingu veemajandus programmi projekti nr 7172, 'Mustoja valgala veekvaliteedi, reostuskoormuse ja sademevee äravoolu uuring' tegemiseks. Projekti algus: november 2014 ja lõpp: 31 märts 2016. Projekti rahastati 80% ulatuses KIK ja 20% ulatuses TTÜ Keskkonnatehnika instituudi poolt.

Uuringu eesmärgiks oli hinnata veekvaliteeti võrdluses eelnevate aastatega ja suundumust. Uruida äravoolu kujunemist ja reostuskoormust ning anda hinnang põhjasetetele. Soovitada äravoolu määramise ja seireprogrammi optimeerimise võimalusi. Koostada Mustoja sademevee äravoolu ja saastekande mudel.

Ajavahemikul 6.11.2014 kuni 16.12.2015 võeti veekvaliteedi üldnäitajate proove, kokku 104 proovi, 1 lävendis Mustoja suudme alal, Saarma tn jalakäijate silla lävendis (joonised 1 ja 2), iga nädal. Määratavad näitajad olid: välimõõtmistel temperatuur, lahustunud hapnik, elektrijuhtivus ja pH; laboris keemilised näitajad – orgaanilise aine näitaja BHT₇, heljum, ammonium, üldlämmastik, üldfosfor, kloriidid, mikrobioloogilised näitajad - Escherichia coli, Enterokokid, Salmonella. Igal proovivõtul mõõdeti vooluhulk. Naftasaaduse proove võeti 76.

Raskemetallide proove Mustoja vees võeti igal nädalal, kokku 30 proovi, määrati Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Fe, Zn sisaldus. Setteproove raskemetallide määramiseks võeti üks kord Mustoja suudme ja Paldiski mnt vahelisel lõigul 3 kohas (joonised 1 ja 2) 2016. aasta veebruaris.

Veetasemete pidevaks mõõtmiseks, vooluhulga määramiseks, reostuskoormuse arvutamiseks paigaldati Mustojas veetaseme mõõtelatt ja sademete mõõtmiseks sademete mõõtja aadressil Saarma tn. 4 (joonis 1 ja 2).

Eri ilmastikutingimustes tehti mõõtmisi ja võeti veekvaliteedi proove kolmel korral: valingvihma ajal 22 - 23.09.2014 ja 4 -5.12.2015 ning sulaperioodil 26.01 - 1.02.2016.

Proovid analüüsiti Eesti Akrediteerimiskeskuse (EAK) poolt kompetentseks tunnistatud katselaborites vastavalt akrediteerimistunnistusele, mille kohaselt tuleb järgida pidevalt standardis EVS-EN ISO/IEC 17025 esitatud nõudeid. Töös osalesid järgmised katselaborid:

1. Veekvaliteedi üldnäitajad ja välimõõtmised - Tallinna Tehnikaülikooli Veekvaliteedi laboratoorium, akrediteerimistunnistuse L 057 lisa:

<http://www.eak.ee/dokumendid/pdf/kasitlusala/L057.pdf>

2. Raskemetallid - AS Tallinna Vesi laborid akrediteerimistunnistuse L065 lisa

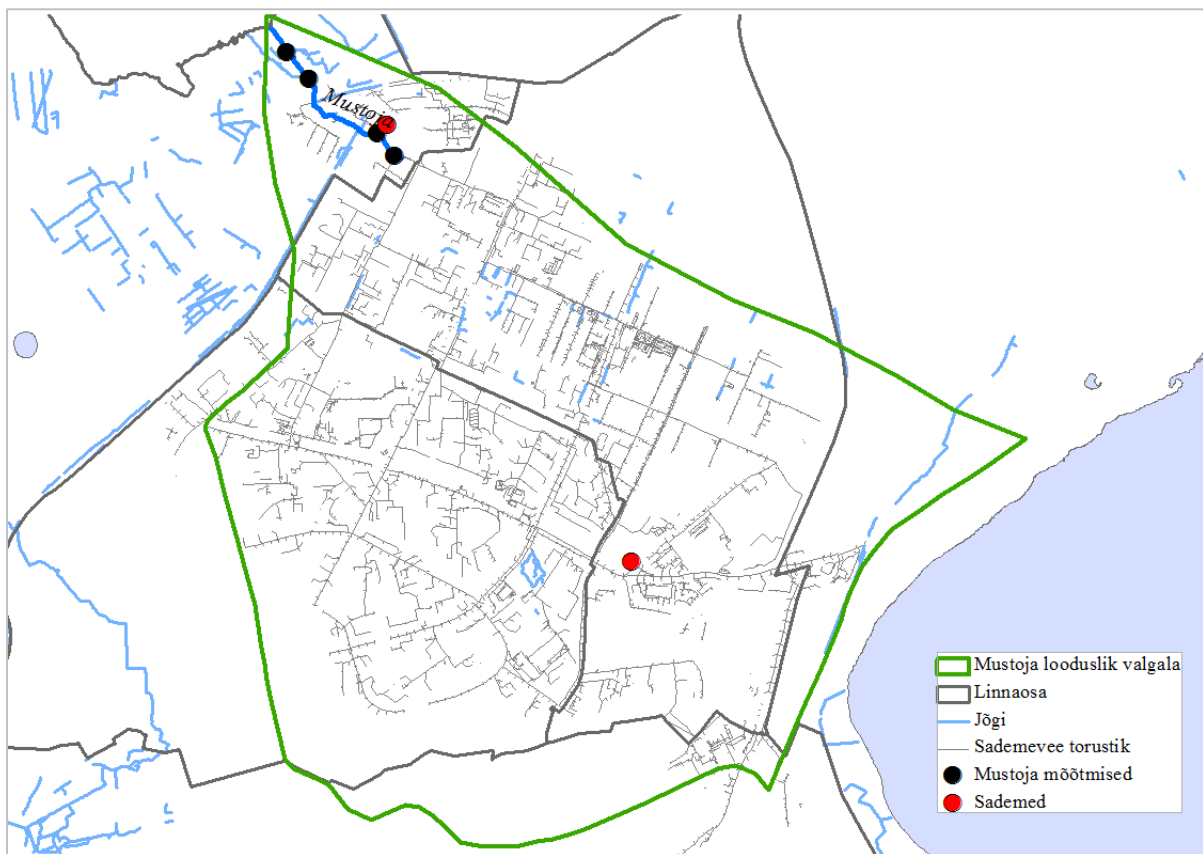
<http://www.eak.ee/dokumendid/pdf/kasitlusala/L065.pdf>

3. Naftasaadused vees ja raskemetallid settes - OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse akrediteerimistunnistus nr L008

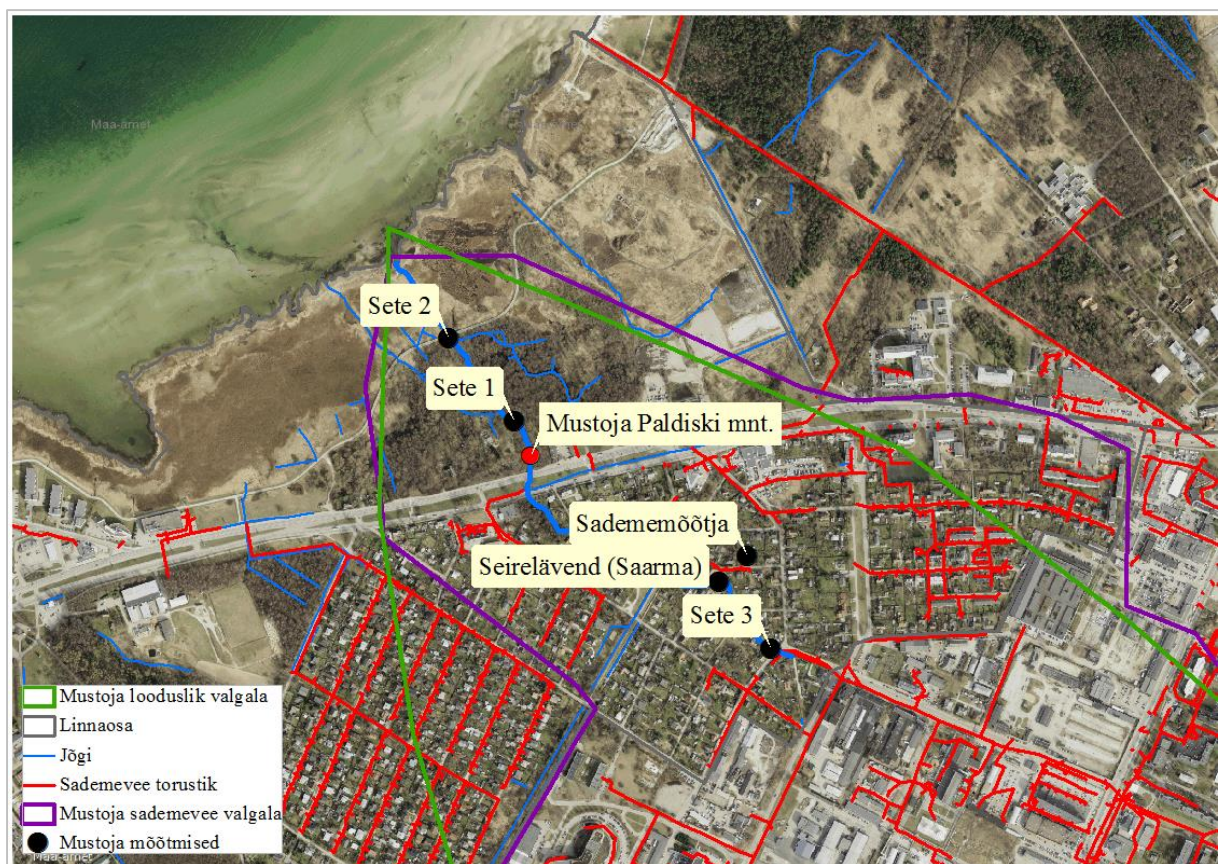
http://www.eak.ee/dokumendid/pdf/kasitlusala/L008_annex_1.pdf ja
http://www.eak.ee/dokumendid/pdf/kasitlusala/L008_annex_1_LE.pdf

4. Mikrobioloogia - Terviseameti Kesklabori Nakkushaiguste labor

<http://www.eak.ee/dokumendid/pdf/kasitlusala/L013.pdf>



Joonis 1. Mustoja sademevee valgala



Joonis 2. Mustoja mõõtelävendid

1. Mustoja sademeveevalgala

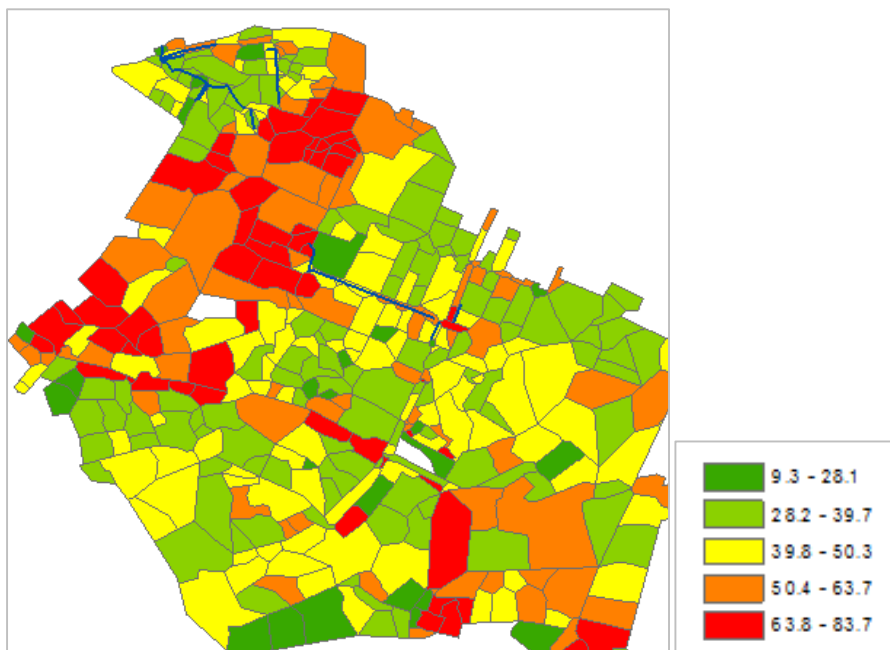
Tallinnas on inimtegevus oluliselt muutnud kunagiste jõgede, ojade sāngi ja voolurežiimi, nende seas ka Mustoja, mille looduslik valgala on Keskkonnaregistri andmetel 13,9 km². Inimtegevuse mõjul toimusid valgala suured muutused juba 17. sajandi keskel, Kristiine heinamaade kuivenduseks rajatud kraavide näol. Eriti suured muutused toimusid 1860. aastate lõpus oja idapoolsetes harudes seoses raudteetammi rajamisega [1]. Praeguseks on omal ajal mitmeharuline Mustoja valdavalt maa all torustikus, vaid alamjooksul Haabersti linnaosas, Mustjõe ja Marja tänavate ristumiskohast alates, voolab oja Kopli lahte looduslikus sāngis. Moodustunud on nn sademeveevalgala, pindalaga 11,3 km² hõlmates nii Kristiine, kui Mustamäe linnaosaid ehk idapoolset Mustamäed, Silikaadi ja Järvevana tee vaheliste Pärnu mnt lõiku, Järvevana tee põhjapoolset osa ja suuremat osa Lillekülast [2].

Eesti topograafilisest andmekogust ETAK tehtud väljavõtte järgi on Mustoja valgala kõvakattega pindasid ligi 50%, millest suurema osa moodustavad teed, tootmisalad ja hooned. Vett läbilaskvate pindadest moodustavad haljasalad veerandi valgala, eraõuede ja metsa alla jääb valgala viiendik (tabel 1).

Tabel 1. Maakasutus Mustoja valgala. (ETAK, Maa-amet)

Kirjeldus		Maakasutus, ha	Osakaal, %
Kõvakattega pind	Vundament	0,23	0,02
	Sild	0,33	0,03
	Elu- või ühiskondlik hoone	102,14	9,63
	Ehitatav hoone	0,01	0,001
	Kelder	0,03	0,003
	Tootmisõu	104,81	9,88
	Garaaž	8,79	0,83
	Kasvuhoone	4,23	0,40
	Kõrval- või tootmishoone	55,51	5,23
	Muu rajatis	0,47	0,04
	Tee	242,08	22,81
	Katusealune	2,57	0,24
	Kokku	521,2	49,1
Vett läbilaskev pind	Mets	39,72	3,74
	Haljasala	254,50	23,98
	Aianduslik maa	1,54	0,15
	Muu lage	64,27	6,06
	Tiik	0,23	0,02
	Eraõu	176,64	16,65
	Vare	0,54	0,05
	Põõsastik	0,81	0,08
	Seisuveekogu - täitmata	1,71	0,16
	Kokku	539,9	50,9

Geoinfosüsteemi tarkvara ArcMap töövahendeid kasutades määrati kõvakattega pinnad Mustoja valgala. Kõvakattega pindade osakaal valgala on suurim Mustoja suudmealal, Mustamäe tee, Laki, Marja ja Paldiski mnt piirkonnas, aga ka valgala ülemises tipus, Järve piirkonnas (joonis 3).



Joonis 3. Kõvakattega pindade osakaal Mustoja valgalas, %

2. Ilm ja sademed

Uuringuperioodi ilm aastatel 2014 ja 2015 oli viimase poole sajandi soojemaid ja kuivemaid. Eesti keskmine aasta õhutemperatuur oli vastavalt 7,1 ja 7,6 kraadi (norm 6,0 kraadi). Keskmine sajukogus oli 592 mm 2014.aastal ja 563 mm 2015. aastal (norm 672 mm). [3, 4]

Iganädalased mõõtmised Mustojal algasid 2014. aasta sügise lõpul, novembris. Kolme sügiskuu Eesti keskmiseks õhutemperatuur oli 7,3 °C (norm 6,2 °C). 2014. aasta sügis oli kõige kuivem alates 1961. aastast – sademete summaks 96 mm ehk 48% normist. Septembris 2014 oli Eesti keskmine õhutemperatuur oli 12,9 °C (paljuaastane keskmine 10,9 °C). Eesti keskmine sajuhulk oli 30 mm (paljuaastane keskmine 68 mm). Novembris oli Eesti keskmine õhutemperatuur 2,3 °C (paljuaastane keskmine 1,2 °C) ja keskmine sajuhulk 25 mm (paljuaastane keskmine 62 mm). 21. novembril liikus laialdane lumesadu üle Eesti. Detsembris oli Eesti keskmine õhutemperatuur oli -0,2 °C, mis on 2 °C normist kõrgem (paljuaastane keskmine -2,2 °C) ja keskmine sajuhulk oli 68 mm, mis on 125% normist (paljuaastane keskmine 54 mm). [3]

Talve 2014/2015 ööpäeva keskmine õhutemperatuur jäi Mandri-Eestis püsivalt miinuspoolele 30. novembril, mis on aastate keskmisest pisut hiljem. Ida-Eestis tekkis püsiv lumikate 21.–22. detsembril. See lagunes veebruari teisel poolel. Kuna Lääne-Eestis aga püsivat lumikatet ei moodustunud, siis oli Eesti läänepoolses osas tegemist kliimaatilise eel-talvega.

Kõigil kolmel talvekuul (detsember 2014 jaanuar ja veebruar 2015) oli ülekaalus aastate keskmisest kõrgem õhutemperatuuri režiim ning esines vaid üksikuid 2–3-päevaseid külmema perioode. Kolme talvekuu keskmiseks õhutemperatuur oli -0,3 °C (aastate 1981–2010 keskmine oli -3,3 °C). Sademeid kogunes talvekuude jooksul kokku pisut üle normi – Eesti keskmiseks sademete koguseks arvutati 148 mm (norm 138 mm). [4]

2015. aasta kevadel tõusis ööpäeva keskmine õhutemperatuur püsivalt plusspoolele pikaajalisest keskmisest kolm-neli nädalat varem, veebruari keskel. Pidev lumikate kadus juba

veebruaries. Kevade (märts–mai) keskmine õhutemperatuur oli pikaajalisest keskmisest soojem – Eesti keskmiseks õhutemperatuuriks arutati 5,8 °C (norm 4,6 °C). Sademeid oli Eesti keskmisena kevadel 128 mm, aastate keskmine 110 mm. Kõige kuivem oli märtsikuu, Eesti keskmisena sadas 32 mm (norm 37 mm). Kõige sajusemaks kujunes aprill, Eesti keskmine sajuhulk oli aprillis 56 mm (norm 31 mm). [4]

2015. aasta suvel, juuni ja juuli ilm oli keskmisest jahedam, augustis soojem. Suve õhutemperatuur oli Eesti keskmisena 15,7 °C (norm 16,0 °C). Suvine sademete hulk oli Eesti keskmisena 161 mm, 72% kliimaatilisest normist, mis on 224 mm. Kõige kuivem oli august, mil Eesti keskmine sajuhulk oli 36 mm (norm 83 mm). [4]

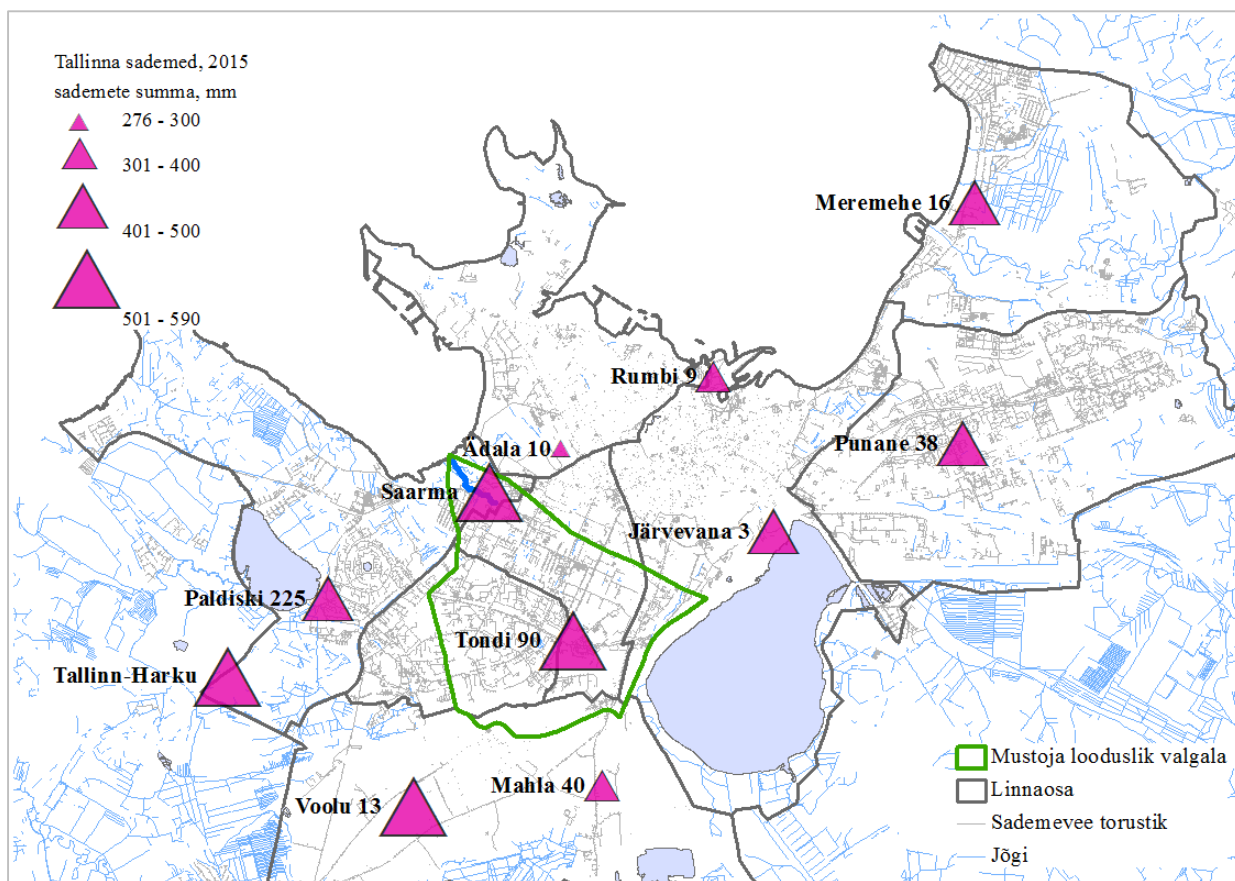
2015. aasta kliimaatiline sügis algas Eesti keskmisena 21. septembril, kui ööpäeva keskmine õhutemperatuur langes püsivalt alla 13 °C. Sügise õhutemperatuur oli Eesti keskmisena 8,0 °C (norm 6,5 °C). Kõige jahedam oli november – Eesti keskmine õhutemperatuur oli 4,9 °C (norm 1,4 °C). Sügisel sadas Eesti keskmisena 139 mm, ehk 69% normist 200 mm. Kõige kuivem oli oktoober – Eesti keskmine sajuhulk 12 mm, s.o. 16% normist (norm 74 mm). [4]

2015/2016. aasta talvel, detsembris 2015, oli Eesti keskmine õhutemperatuur 3,3 °C, mis on 5,3 °C normist kõrgem (paljuaastane keskmine -2,0 °C). Keskmine sajuhulk oli 54 mm (paljuaastane keskmine 53 mm). Jaauanaris 2016 oli Eesti keskmine õhutemperatuur -7,7 °C (paljuaastane keskmine -3,5 °C). Eesti keskmine sajuhulk oli 61 mm, (paljuaastane keskmine 50 mm). Veebruaris 2016 oli Eesti keskmine õhutemperatuur +0,7 °C, (paljuaastane keskmine -4,5 °C). Keskmine sajuhulk oli 70 mm, mis on 201% normist (paljuaastane keskmine 35 mm). [4]

Sademetete hulk erineb nii ruumiliselt kui ajaliselt valgala eri osades. Sademevee valgala suurus, topograafia ja asukoht mõjutavad otseselt sademete ruumilist jaotust valgala. Sadememõõtjad peavad olema paigutatud valgala piisava tihedusega, arvestades lisaks kliimaatiliste teguritega, et iseloomustada ja mudeldada valgala sademevee äravoolu statistiliselt usaldusväärselt [5, 6, 7].

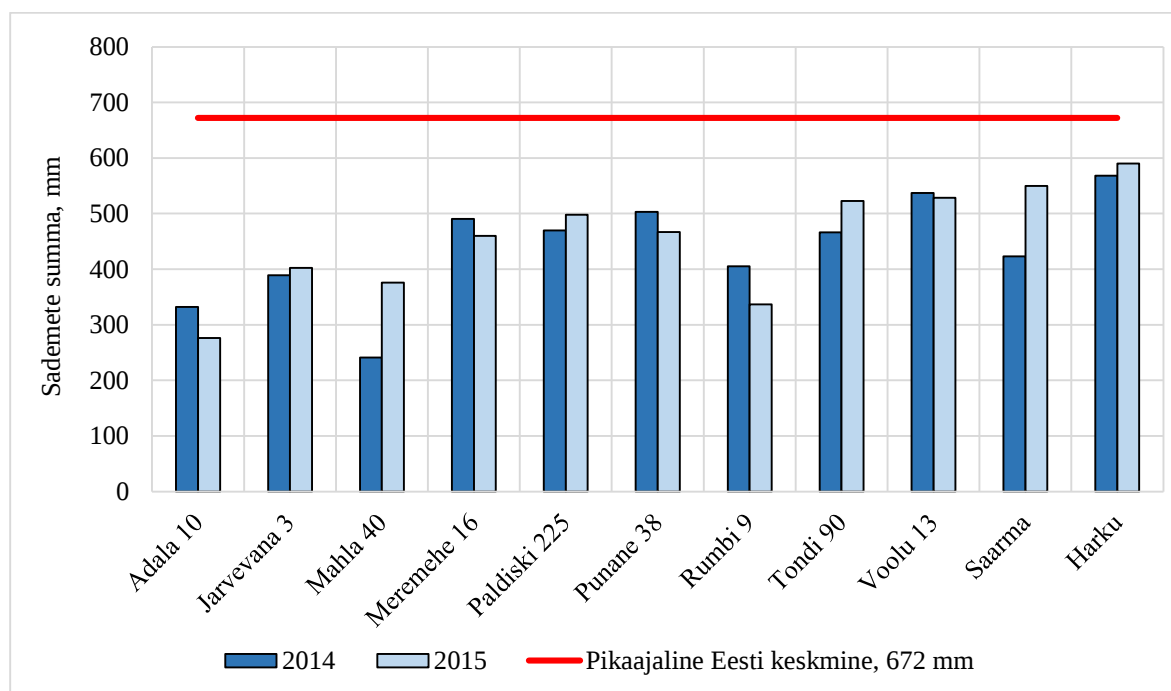
Tallinna piirkonnas on sademevee äravoolu arvutuste aluseks olnud Tallinn-Harku aeroloogiajaam, kus meteoroloogilised vaatlused algasid 1805. aastal. Alates 2013. aastast alustas tööd AS Tallinna Vesi poolt paigaldatud 9 sademete mõõtejaama. Mustoja valgala sademeveeuuringu jaoks paigaldati valgala Saarma tn piirkonnas veel üks sademete mõõtejaam 2014. aastal TTÜ Keskkonnatehnika instituudi poolt. Mustoja valgala oli seega kasutada kahe sademete mõõtejaama, asukohaga Tondi 90 ja Saarma tänaval, andmed.

Sademeandmete analüüs, 11 mõõtejaama 2014 ja 2015. aasta andmetele tuginedes, toob välja selged erinevused nii ruumilises, koguselises kui ajalises sademete jaotuses (joonis 4, 5 ja 6). Üle 500 mm registreeriti sademeid 2015. aastal neljas mõõtekohas Tondi 90, Voolu 12, Saarma ja Harku, vastavalt 523 mm, 529 mm, 550 mm ja 590 mm. Alla 300 mm registreeriti sademeid Ädala 10 jaamas (joonis 4).



Joonis 4. Sademed Tallinnas 2015. aastal

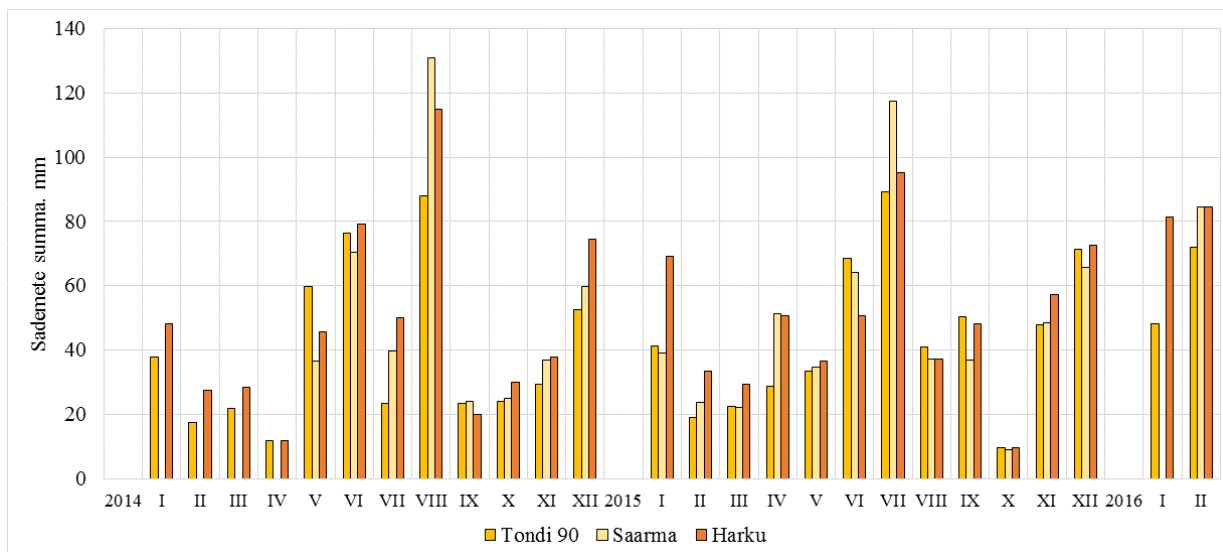
Võrdluses pikaajalise aastakeskmisega on aastad 2014 ja 2015 allpool keskmist. Kõik tulemused jäid alla 600 mm aastas (joonia 5).



Joonis 5. Tallinna piirkonna sademed 2014 ja 2015. aastal

Sademete aastasisene jaotus on muutlik ja varieerub aastati. Kõige sademeterikkam kuu on pikaajalises vaatlusreas august, aastate keskmine 82 mm kuus. Mustoja valgalal registreeris

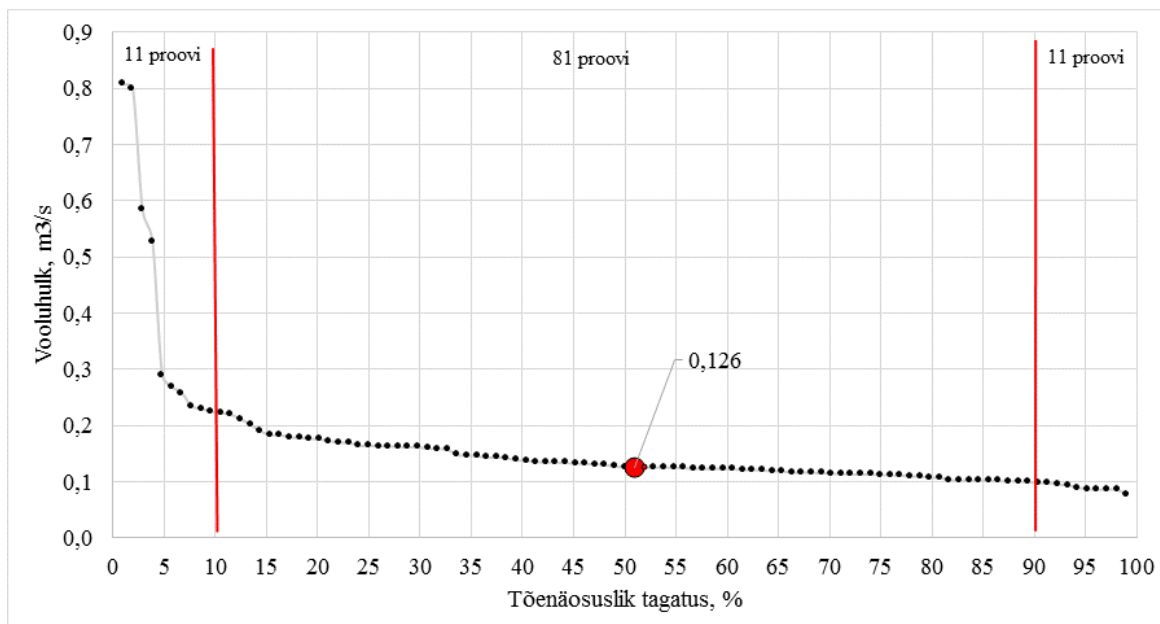
2014. aastal augustis Tondi 90 jaam 88,1 mm ja Saarma 130,8 mm. 2015.a oli sademetrikkaim juulikuu. Talvel oli märkimisväärselt rohkem sademeid 2015. aasta detsembris ja 2016.aasta jaanuaris, mil toimusid ka ööpäevased mõõtmised ja veebruaris (joonis 6).



Joonis 6. Sademete aastasisene jaotus ajavahemikul 2014 - 2016

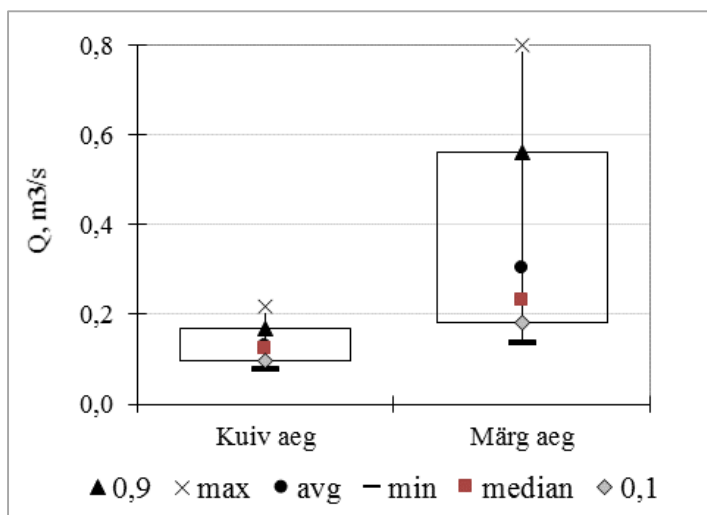
3. Sademevee äravool

Uuringuperioodil, november 2014 kuni detsember 2016, mõõdeti Mustoja Saarma lävendis vooluhulka 2 korda nädalas. Selle perioodi tõenäosusliku tagatusega 50% vooluhulk on 0,126 m³/s (joonis 7). Suurim vooluhulk 0,807 m³/s mõõdeti 21.05.2015 ja vähim 0,077 m³/s 11.06.2015. Suurvee ajal võeti rutiinseid proove 11, mis moodustab proovide koguarvust 10,6%. Sama arv ja protsent iseloomustavad ka madalveeaegset proovivõttu. Vahepealsel perioodil võeti kokku 81 proovi ehk 78,6% proovide üldarvust.



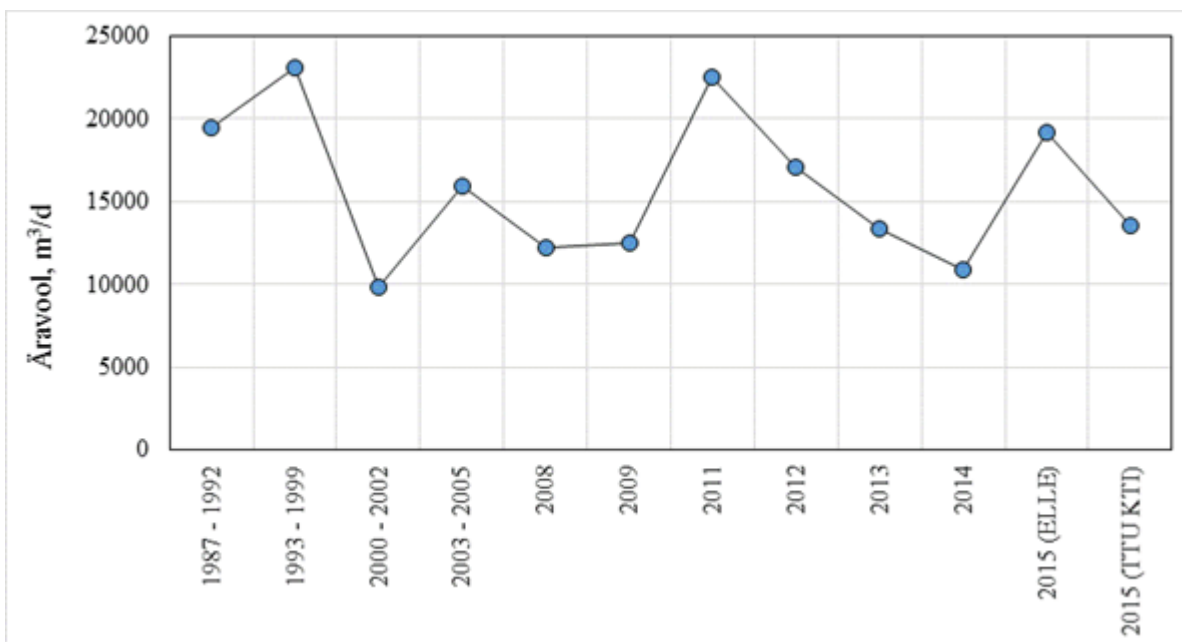
Joonis 7. Mustoja tõenäosuslik äravool ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Kuiva aja keskmine vooluhulk vaatlusperioodil oli 0,129 m³/l. Märjal ajal, mida iseloomustab ka suur vooluhulga varieeruvus, oli keskmine vooluhulk 0,304 m³/s (joonis 8).



Joonis 8. Kuiva ja märja aja vooluhulk ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

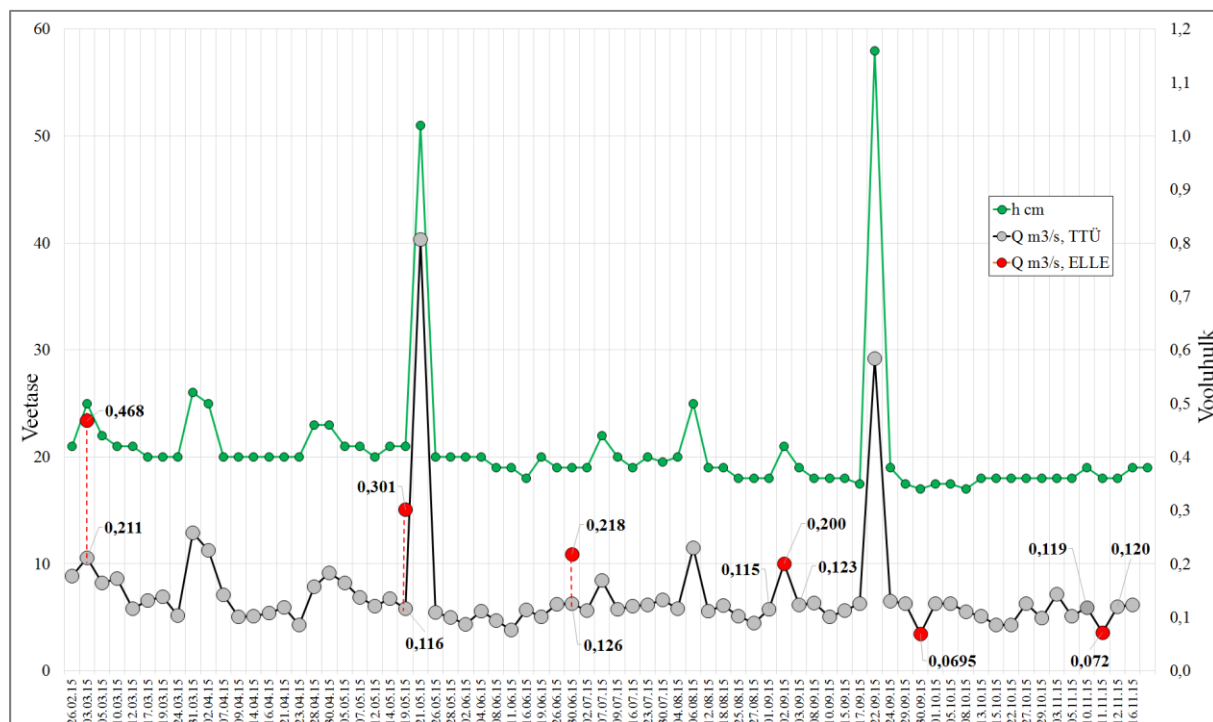
Tallinna Keskkonnameti poolt tellitud ja OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse uuringute järgi on Mustoja ööpäevane äravool ajavahemikus 1987 – 2011 kõikunud vahemikus 10 tuhat m³ ja 25 tuhat m³ ööpäevas [8-11]. Tallinna Tehnikaülikooli Keskkonnatehnika instituudi (TTÜ KTI) ja AS Tallinna Vesi jätkasid 2012.aastast Tallinna Keskkonnameti tellimusel seiret 6 korda aastas Paldiski mnt lävendis. 2015. aastal oli sama metoodikaga seire jätkajaks Estonian, Latvian & Lithuanian Environment Grupp (ELLE). TTÜ KTI mõõtis vooluhulka ja võttis veeproove Mustojal Saarma lävendis 2 korda nädalas. Erinev mõõtmiste sagedus, 6 korda ja 103 korda 2015. aastal, annab erineva keskmise sekundilise vooluhulga ning ööpäevase äravoolu erinevus on 30% (joonis 9 ja 10). Ajavahemikul 2012 kuni 2015 oli ööpäevane äravool vahemikus 10 tuhat m³ ja 20 tuhat m³ ööpäevas.



Joonis 9. Mustoja keskmine ööpäevane vooluhulk, 1987-2015

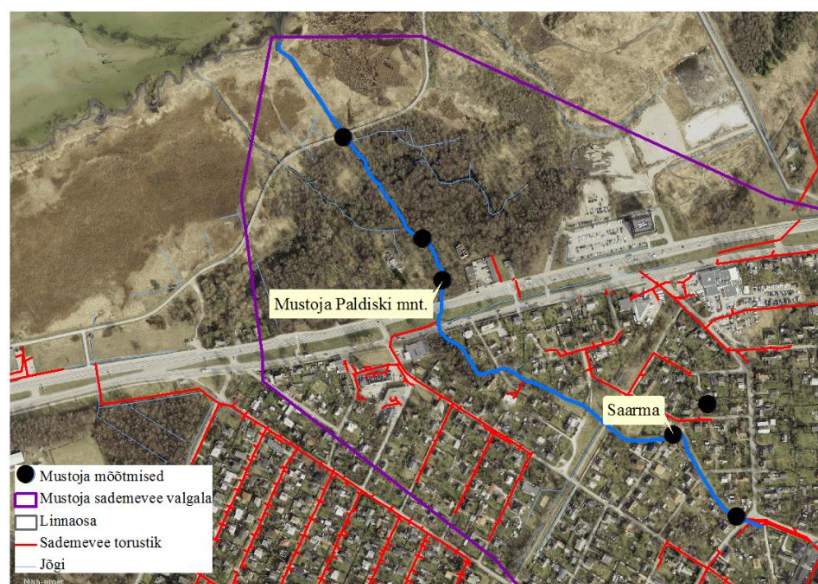
Vooluhulga mõõtmised ELLE ja TTÜ KTI poolt 2015. aastal langesid samadele päevadele kolmel korral 3. märtsil, 19. mail, 30. juunil. Kolmel korral on ELLE mõõtnud TTÜ KTI mõõtmistele järgneval päeval (joonis 10). Märtsi, mai ja juuni mõõtmistulemused on erinevad, TTÜ KTI tulemused on madalamad vastavalt 55%, 61% ja 42%. Ajavahemikul 1-3. september

saadud mõõtmistulemus 2.septembril jälgib veetaseme muutust. Kaks ELLE mõõtmistulemust 30. septembril ja 11. novembril on madalamad, kui eelneva ja järgneva päeva TTÜ KTI tulemused pea kaks korda. Samal ajal, veetasemes muutusi neil päevadel ei täheldatud.



Joonis 10. Vooluhulga mõõtmistulemused 2015. aastal

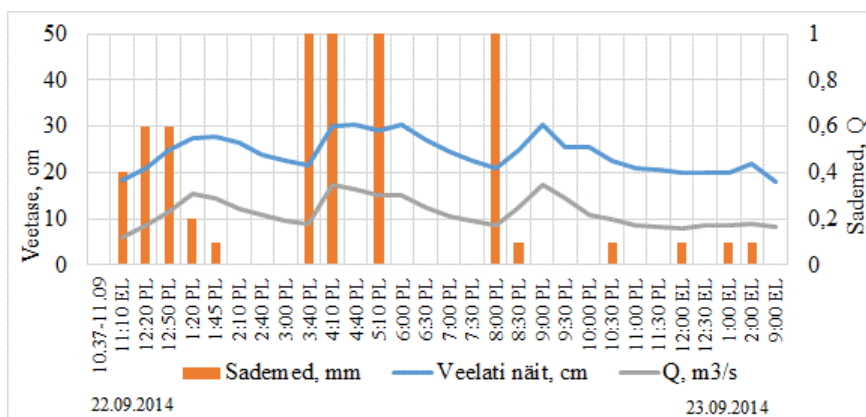
ELLE vooluhulga mõõtmiskoht vastavalt Tallinna Keskkonnameti lähteülesandele asub Paldiski mnt. läheduses ja TTÜ KTI mõõtmiskoht Saarma tn jalakäijate silla juures (joonis 11).



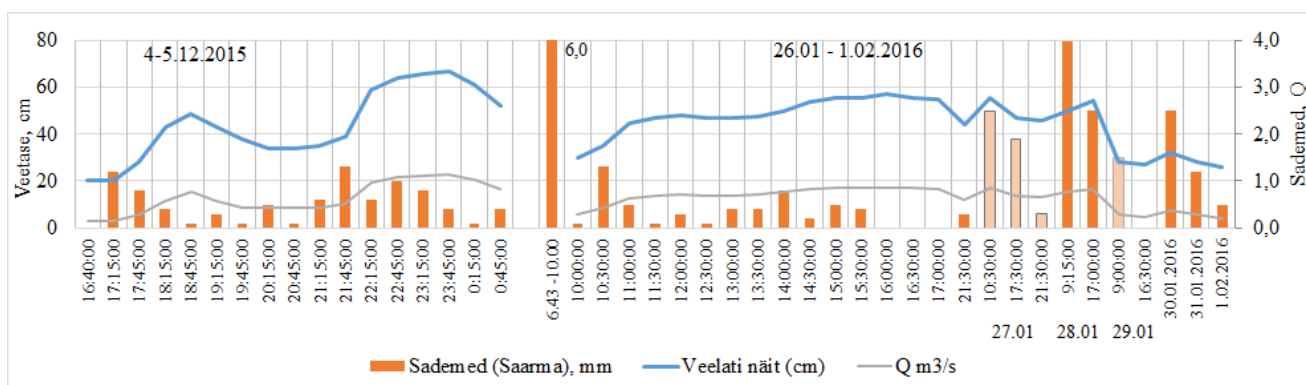
Joonis 11. Mustoja vooluhulga mõõtmiskohad

Kahe mõõtekoha vahekaugus on 500 m ja nende vahel lisandub kahe sademeveetoru, läbimõõduga 500 mm ja 450 mm, kaudu vesi ca 0,1km² suuruselt valgalalt, mis moodustab vähem kui 1% koguvalgalast. TTÜ KTI valis Saarma seirekoha lähtudes järgmistest põhimõtetest: meremõju puudumine, esinduslik sängi ristlõige nii proovivõtuks kui vooluhulga mõõtmiseks, võimalus paigaldada püsimiskindlalt veemõõdulatt, turvalisus.

Erinevates ilmastikutingimustes tehti mõõtmisi kolmel korral: 22-23. september 2014, sademete summa oli 6,9 mm (joonis 12), 4-5. detsember 2015, mil sademeid oli 8,7 mm (joonis 13, vasakul) ja sulajal koos pikema valingvihmaga ajavahemikul 26. jaanuar – 1.veebruar 2016, sademete summa 28,6 mm (joonis 13, paremal).



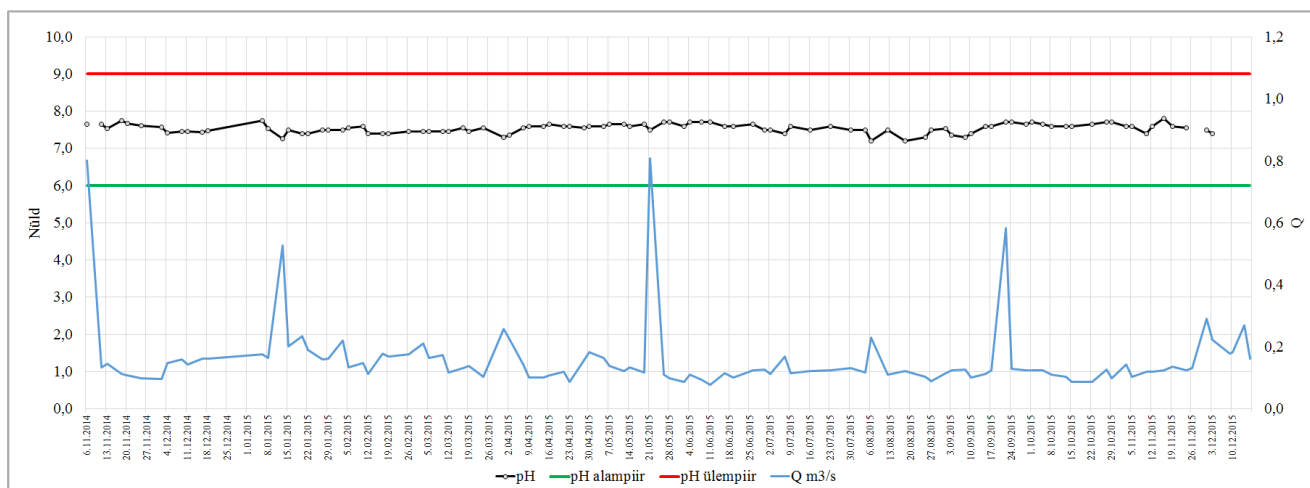
Joonis 12. Vooluhulk ja sademed, 22-23- september 2014



Joonis 13. Vooluhulk ja sademed 4-5. detsember 2015 (vasakul) ja 26. jaanuar – 1. veebruar 2016 (paremal)

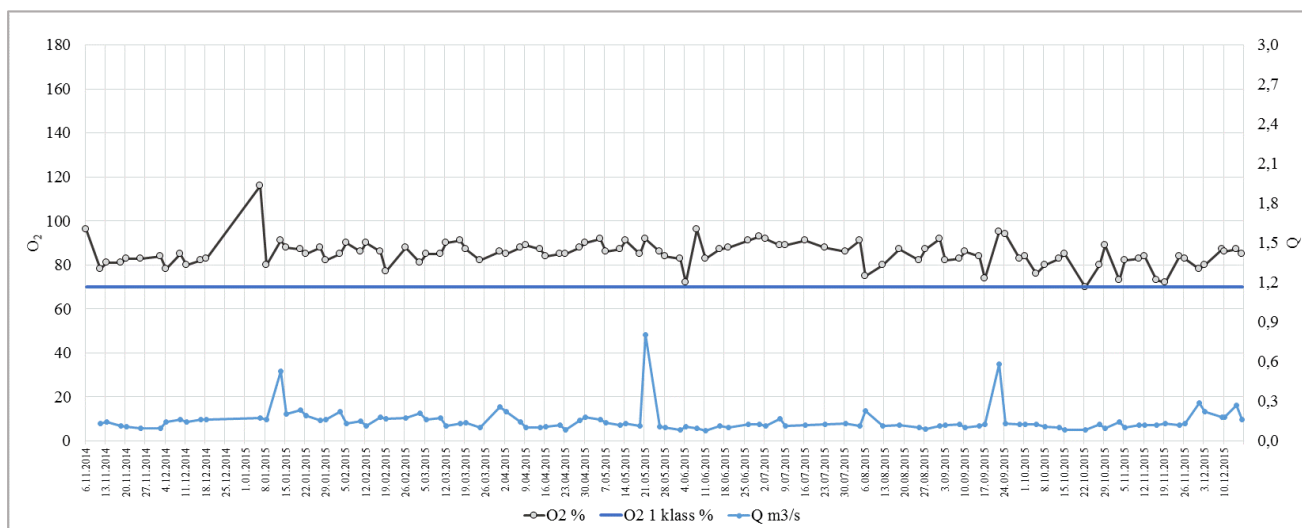
4. Veekvaliteedi üldnäitajad

Uurimisperioodil püsis Mustoja pH 7 ja 8 vahel, seega vastas Keskkonnaministri määrusele nr nr 44 „Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord“ (KM määrus 44), mille järgi pH väärtus peab olema vahemikus 6-9 (joonis 14). Samasuguseid tulemusi saadi Prantsusmaal, Pariisi kolme väikese sademevalgala uuringutes eramajade, elu- ja äripiirkondades (261 ha, 230 ha ja 130 ha), kus pH keskmised väärtused jäid vahemikku 6,99-7,87. Prantsuse riikliku sademevee kvaliteedi andmebaasi 1665 proovitulemuse andmetel on sademevee keskmine pH 7,5. [13]



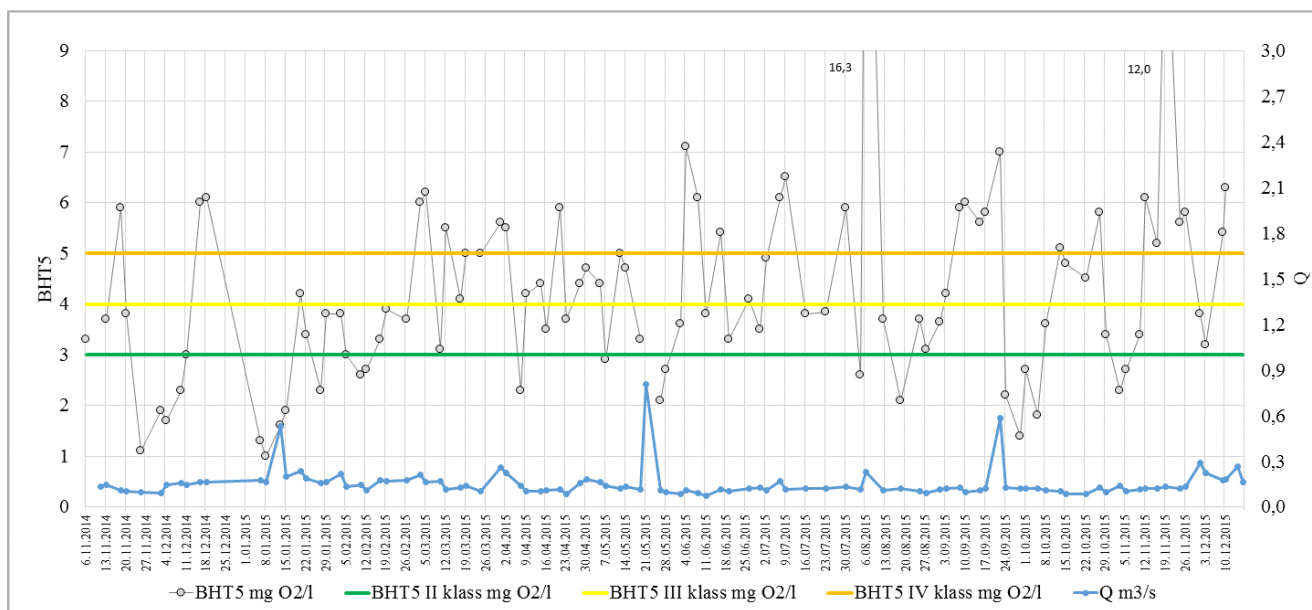
Joonis 14. Mustoja pH väärtused ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Keskmine hapniku sisaldus väärtus oli 9,9 mgO₂/l ja lahustunud hapnik 85,2% küllastusastmest. Vaatlusperioodi kõik väärtused olid üle 70%, seega on Mustoja hapniku veekvaliteedi klass I ehk väga hea.



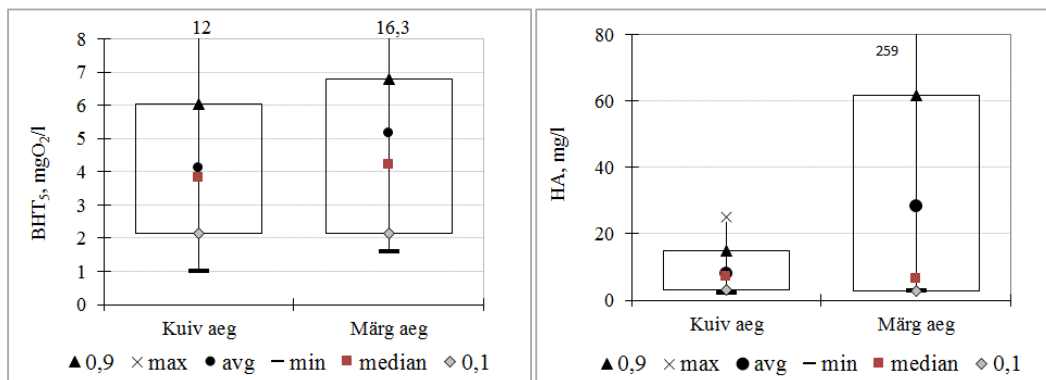
Joonis 15. Mustoja lahustunud hapniku küllastustase ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Orgaanilise aine näitaja BHT₅ keskmine väärtus oli uuringuperioodil 4,2 mgO₂/l, varieerudes vahemikus 1,0-16,3 mgO₂/l, ja ainult veerand võetud proovide tulemustest olid alla 3 mgO₂/l ehk heas klassis. Kesisesse klassi, piirväärtus >3,0-4,0 mgO₂/l, registreeriti 28% tulemustest, halba klassi, piirväärtus >4,0-5,0 mgO₂/l, vastavalt 16%. Kõige rohkem, üle 30% tulemustest on väga halvast klassist, st ületasid piirväärtust 5 mgO₂/l (joonis 16).



Joonis 16. Mustoja BHT₅ väärtused ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Tulemuste analüüs näitab erisusi orgaanika sisalduses olenevalt ilmastikust. Kuiva aja väärtused kõiguvad 1,0 ja 12,0 mgO₂/l vahel, keskmine BHT₅ sisaldus on 4,1 mgO₂/l, mis on IV ehk halvas klassis vastavalt KM määrusele 44 (joonis 17, vasakul). Märja aja väärtused varieeruvad suurem, vahemikus 1,6-16,3 mgO₂/l, seda näitab ka keskmise ja mediaanväärtuse suurem vahe. Keskmine BHT₅ sisaldus on 5,2 mgO₂/l, mis kuulub V ehk väga halba klassi. Kergesti laguneva orgaanika sisaldus on ka kuival ajal kõrge, mis viitab võimalikule reovee sattumisele sademevee torustikku ja avasängi.



Joonis 17. Mustoja BHT₅ (vasakul) ja hõljuvaine (paremal) varieeruvus kuival ja märjal ajal ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Vastavalt Vabariigi Valitsuse määrusele nr 99 „Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed“ (VVM 99) tohib sademeveekanalisatsioonist sademeveelaskme kaudu veekogusse ja pinnasesse juhtida sademeveet, mille reostusnäitajad ei ületa reostusnäitajate piirväärtusi, mis kehtivad reoveekogumisala kohta, mille reostuskoormus on 2000–9999 ie, välja arvatud hõljuvaine sisaldus, mis ei tohi ületada 40 mg/l. Naftasaaduste sisaldus sademevees ei tohi ületada 5 mg/l. Vastavad piirväärtused on tabelis 2.

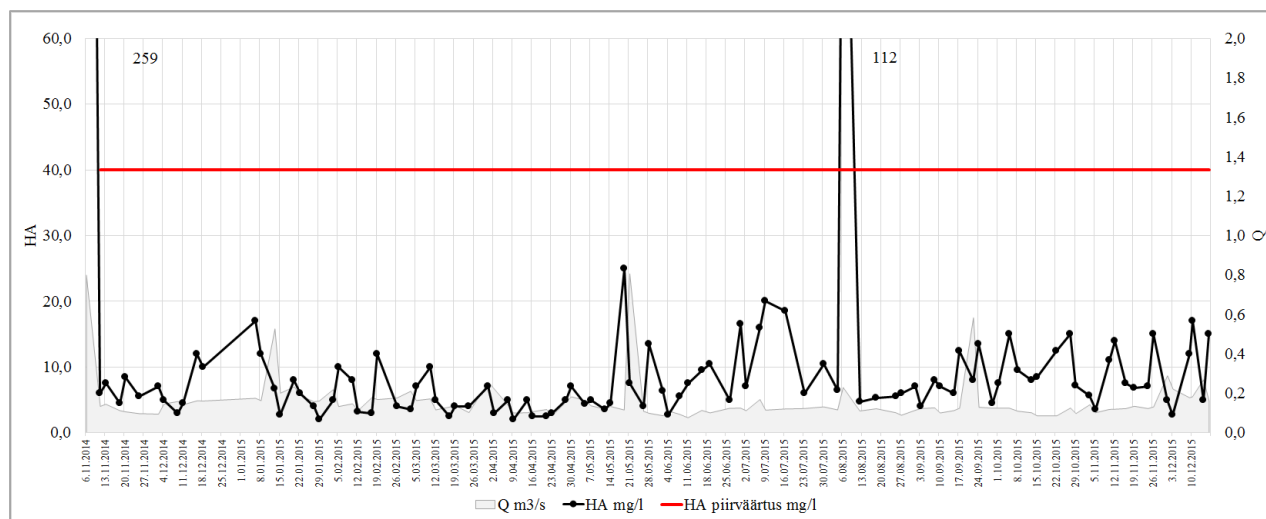
Tabel 2. Reostusnäitajate piirväärtused, VVm 99

	Piirväärtus
pH	6-9
Hõljuvained, mg/l	40
BHT ₅ , mgO ₂ /l	15
ÜldN, mgN/l	45
ÜldP, mgP/l	1
nafta	5

Orgaanilise aine näitaja BHT₅ ületas VVm 99 piirväärtust 15 mgO₂/l uuritava perioodil ühel korral (joonis 16) ja hõljuvaine sisaldus kahel korral. Hõljuvaine keskmine sisaldus oli 11,1 mg/l ja suurim väärtus, 259 mg/l, registreeriti 2014. aasta 6. novembril valingvihma ajal (joonis 17, paremal ja 18).

Euroopas tehtud uuringutes registreeriti sademevees tihedalt asustatud elurajoonide orgaanilise aine näitaja sisaldus BHT vahemikus 2-17 mgO₂/l, kaubanduspiirkondades 5-22 mgO₂/l, tootmispiirkondades 8-23 mgO₂/l, katustelt 2,8-8,1 mgO₂/l, linnatänavatelt 2-27 mgO₂/l. Kergesti laguneva aine koormus ühelt hektarilt varieerus tihedalt asustatud elurajoonides vahemikus 2,8 kuni 76 kg/ha aastas ja kaubanduspiirkondades 43-172 kg/ha aastas.[12]

Mustoja valgala moodustavad katusepinnad 174 ha ehk 16%, tootmisõued ligi 10% ja teed 22,8% kogu valgalt (tabel 1).

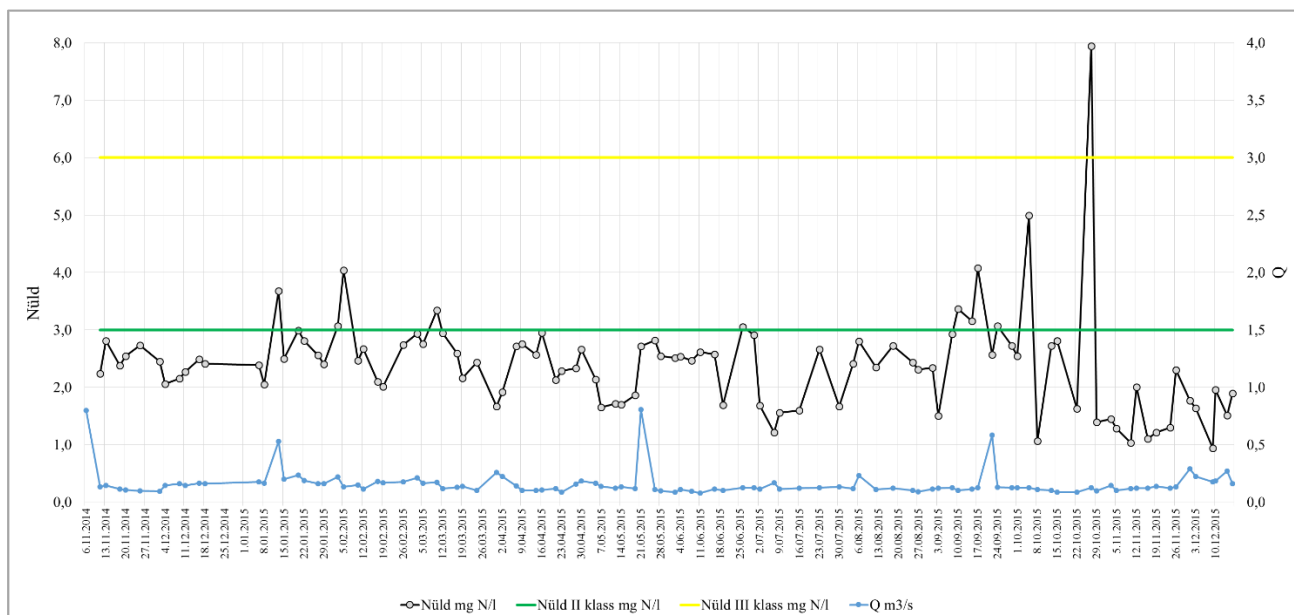


Joonis 18. Mustoja hõljuvaine sisaldus ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Poolas Poznani linnas tehtud viie väikese sademevalgala, kogusuurus 116 ha, uuringute käigus varieerus hõljuvaine sisaldus vahemikus 1,8-736 mg/l, olles keskmisena 31 mg/l. BHT₅ vastavad väärtused olid lähedased Mustoja näitajatele, varieerudes vahemikus 1,17-25,1 mg/l, keskmisena 6,0 mgO₂/l[14].

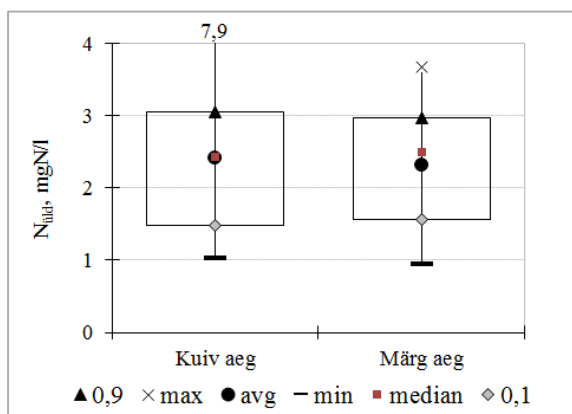
Üldlammastiku sisaldus varieerus 0,94 mgN/l ja 8 mgN/l vahel, olles keskmiselt 2,4 mgN/l, mis vastab KM määruse 44 klassile II, mis on hea (joonis 19). Euroopa riikide vastavad uuringud näitavad samuti üsna madalat üldlammastiku sisaldust, nt elurajoonide sademevees on keskmised väärtused üldjuhul vahemikus 0-6 mgN/l [12]. Zgheib et al. oma Pariisi linnastu kolme sademevee valgala, suurused 261 ha, 230 ha ja 130 ha, uuringus on registreerinud üldlammastiku väärtuseid vahemikus < 2-16 mg/l [13].

Poolas Poznani linnas tehtud viie väikese sademevalgala, kogusuurus 116 ha, uuringute käigus varieerus üldlämmastiku sisaldus vahemikus 0,69-14,6 mgN/l, olles keskmisena 3,6 mgN/l [14]. Eesti jõgede veekvaliteedi klassifikatsiooni järgi kuuluks see väärtus, mis on 1,2 mgN/l võrra suurem Mustoja vastavast väärtusest, III ehk kesisesse klassi.



Joonis 19. Mustoja üldlämmastiku sisaldus ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

VVm 99 on üldlämmastiku piirväärtuseks 45 mgN/l, mida vaatlusperioodil ei ületatud kordagi. Võrdlus kuiva ja märja ilma väärtuste vahel näitab, et üldlämmastiku sisaldus, vastupidi teistele näitajatele, on varieeruvam kuival ajal, mil esinesid ka kõrgemad väärtused (joonis 20). Seega, sademete ajal, mil äravool moodustab 80% sademetest, lämmastik uhutakse kiirelt sademeveekanalisatsiooni kaudu Mustoja avasärgi ja sealt rannikumerre Kopli lahte. See näitab, et sademete peetus valgalal on marginaalne. Näiteks 2015. aastal oli sademete summa Saarma mõõtekohas 550 mm ja aasta äravool oli 440 mm, millele vastas vooluhulk 159 l/s.

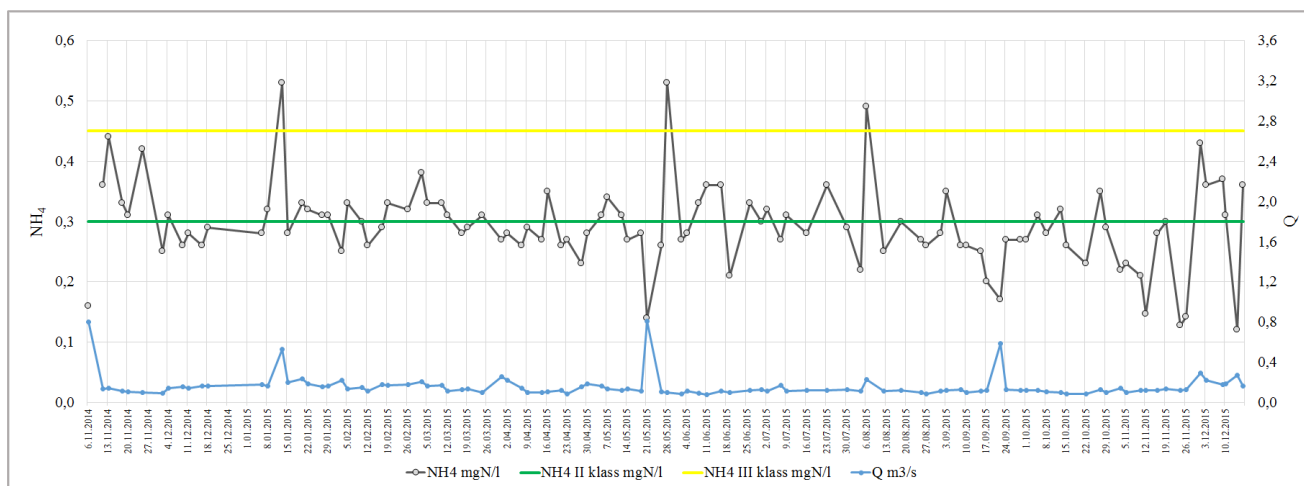


Joonis 20. Mustoja üldlämmastiku varieeruvus kuival ja märjal ajal ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Ammooniumi (NH_4) keskmine sisaldus uuringuperioodil oli 0,29 mgN/l. Vastavalt KM määrusele 44 arvutatu 90% tagatusega väärtuseks 0,36 mgN/l, mis kuulub III ehk kesisesse klassi, mille piirväärtus on 0,3 mgN/l (joonis 21). Mõõtmistulemustest 59% olid vahemikus 0,12-0,3 mgN/l, mis kuulub II ehk heasse klassi, 38% vahemikus 0,31-0,44 mgN/l, mis kuulub III ehk kesisesse klassi ja 3% IV ehk halba klassi, vahemik 0,49-0,53 mgN/l.

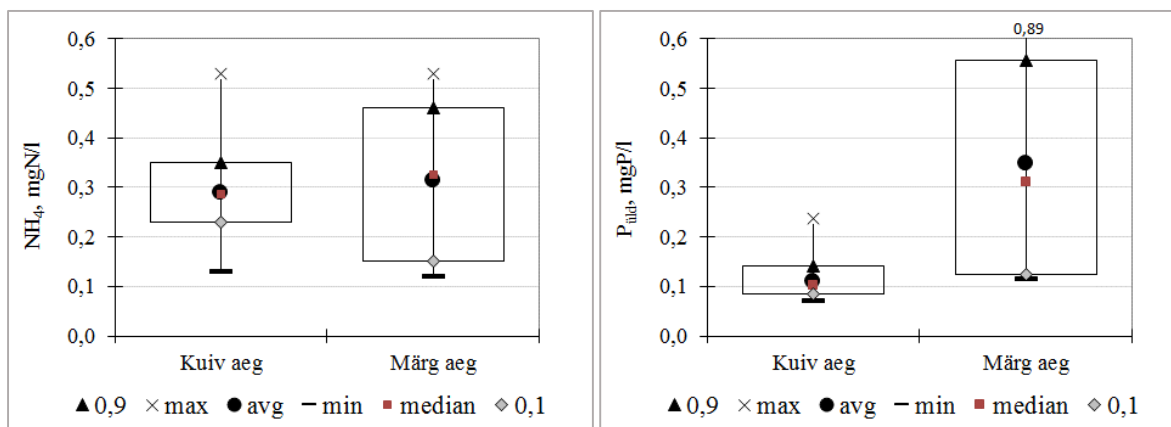
Euroopa riikide uuringuandmed näitavad, et elurajoonide sademevees ja katusevees on NH_4 keskmine sisaldus vahemikus 0,4-3,8 mgN/l, kaubanduspiirkondade puhul vahemikus 0,2-4,6 mgN/l, tiheda liiklusega teedel 0-4 mgN/l. Ammooniumi koormus tiheda liiklusega teedel ühe hektari kohta on hinnatud vahemikku 7,2-25,1 kg/ha aastas. [12]

Poolas Poznani linnas tehtud viie väikese sademevalgala, kogusuurus 116 ha, uuringute käigus varieerus ammooniumi sisaldus vahemikus 0,38-7,36 mgN/l, olles keskmisena 1,15 [14], mis on oluliselt kõrgem Mustoja vastavatest näitajatest.



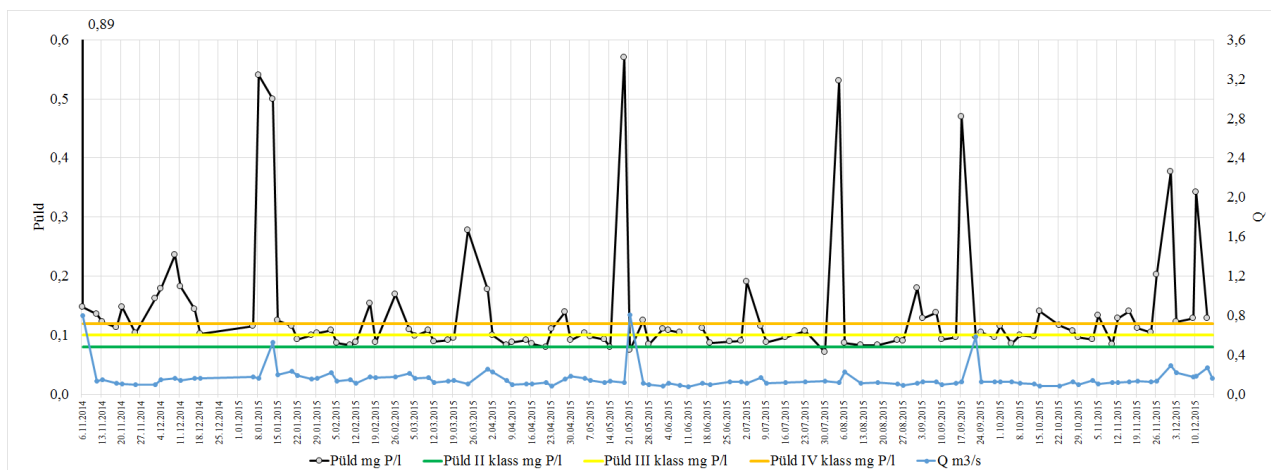
Joonis 21. Mustoja ammooniumi sisaldus ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Võrdlus kuiva ja märja ilma aja NH_4 sisalduste vahel näitab, et varieeruvus on suurem märjal aja väärtustes ja selle perioodi 90% tagatusega väärtus 0,46 mgN/l on kuiva aja vastavast väärtusest kõrgem, kuuludes IV ehk halba klassi (joonis 22, paremal). Kuiva aja 90% tagatusega väärtuse järgi on veekvaliteet III ehk kesises klassis.



Joonis 22. Mustoja ammooniumi (vasakul) ja üldfosfori (paremal) varieeruvus kuival ja märjal ajal ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Üldfosfori sisaldus kogu uuringuperioodil oli kõrge, keskmise väärtusega 0,15 mgP/l. Vähim sisaldus oli 0,071 mgP/l ja suurim 0,89 mgP/l (joonis 23). Vastavalt KM määrusele 44, tulemustest 3,9% on II ehk heas klassis, 38,2% kuulub III ehk kesisesse klassi (piirväärtus vahemikus > 0,08-0,1 mgP/l), 22,5% kuulub IV ehk halba klassi (piirväärtus vahemikus > 0,1-0,12 mgP/l) ja 35,3% V ehk väga halba klassi (piirväärtus > 0,12 mgP/l (joonis 23).



Joonis 23. Mustoja üldfosfori sisaldus ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Pariisi kolme sademevee valgala uurimistulemuste üldfosfori sisaldus varieerus vahemikus 0,3 mgP/l - 3,52 mgP/l [13] ja Poola linnas Poznań uuritud viie sademevee valgala, kogusuurusega 116 ha, keskmine üldfosfori sisaldus, 0,17 mgP/l, on üsna lähedane Mustoja vastavale väärtusele 0,15 mgP/l [14].

5. Mustoja veekvaliteet ajavahemikul 2012 -2015

Vastavalt Keskkonnaministri 28. juuli 2009.a määrusele nr 44 „Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord“ hinnatakse füüsikalis-keemilist üldseisundit 6 näitaja: lahustunud hapniku küllastustaseme, BHT₅, lämmastiksisalduse (üld-N), fosforisisalduse (üld-P), ammooniumi (NH₄⁺) ja pH alusel (tabel 3). Koondhinnang Mustoja veekvaliteedile on esitatud tabelis 4.

Tabel 3. Vooluveekogude füüsikalis-keemiliste näitajate klassid ja piirväärtused, tüübid I, II, III B

Kvaliteedinäitaja		Ühik	Klass				
			Väga hea	Hea	Kesine	Halb	Väga halb
Lahustunud O ₂	10% tagatusega väärtus	% küllastustasemest	>70	70-60	<60-50	<50-40	<40
BHT ₅	Aritmeetiline keskmine	mgO ₂ /l	<1,8	1,8-3,0	>3,0-4,0	>4,0-5,0	>5,0
Üld-N	Aritmeetiline keskmine	mg/l	<1,5	1,5-3,0	>3,0-6,0	>6,0-8,0	>8,0
Üld-P	Aritmeetiline keskmine	mg/l	<0,05	0,05-0,08	>0,08-0,1	>0,1-0,12	>0,12
NH ₄ ⁺	90% tagatusega väärtus	mgN/l	<0,10	0,10-0,30	>0,30-0,45	>0,45-0,60	>0,60
pH	10% tagatusega väärtus	pH ühik	6-9	6-9	6-9	6-9	<6-9>

Hapniku sisaldus ja pH Mustojas on väga heas klassis kõigil uuringu aastail. Olukord oli suhteliselt hea kergelt laguneva orgaanilise aine näitaja BHT₅ osas aastatel 2012-2014, kuid 2015. aasta mõõtmistulemuste alusel on veekvaliteet halvenenud. TTÜ KTI uuringu kohaselt on veekvaliteedi klass III ehk kesine ja ELLE järgi koguni väga halb.

Lämmastiksisaldus oli 2013 ja 2014.a madalam kui 2012.aastal ja oli määratud heasse klassi, mis on sama ka 2015. aasta seiretulemuste kohaselt.

Halb ja kesine oli olukord NH₄ osas vastavalt 2012 ja 2013.aastal, kuid oluliselt parem 2014. aastal, mil veekvaliteedi klass oli II ehk hea. 2015. aasta andmete alusel on TTÜ KTI hinnanud veekvaliteedi ammooniumi osas kesiseks ja ELLE väga halvaks.

Väga halb seisund püsib fosfori osas ka 2015. aastal, mis viitab reostusele.

Tabel 4 . Mustoja seisundiklass ajavahemikul 2012 - 2015 füüsikalise-keemiliste üldtingimuste koondmäärangu alusel

Näitaja	ühik	2012	2013	2014	2015*	2015**
O ₂	%	77	68	70	50,4	78
BHT ₅	mgO/l	2,1	3,0	2,6	7,7	4,3
üldN	mgN/l	4,2	2,4	2,5	2,9	2,4
üldP	mgP/l	0,13	0,14	0,15	0,32	0,14
NH ₄	mgN/l	0,61	0,34	0,25	0,81	0,36
Koondhinnang	punkti	15	17	18	10	15

väga hea
hea
kesine
halb
väga halb

*- ELLE – seiresagedus 6 korda aastas

** - TTÜ KTI – seiresagedus 2 korda nädalas

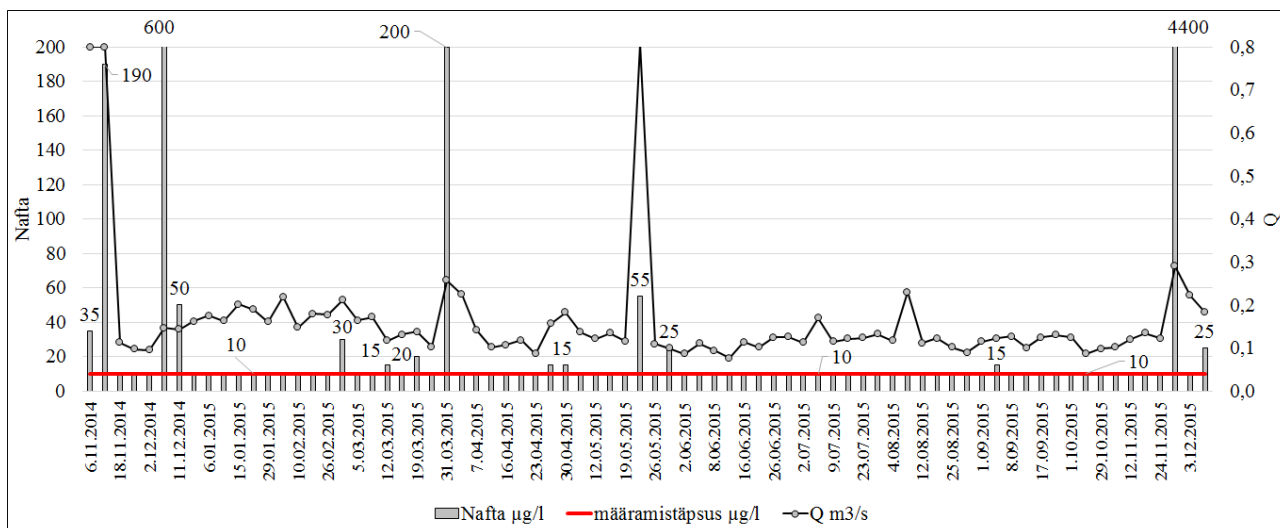
Mustoja üldine olukord on 2012 ja 2013. aastal hinnatud kesiseks, 2014. aastal oli koondhinnang hea. 2015. aasta uuringute alusel on TTÜ KTI hinnanud veekvaliteedi Mustojas kesiseks ja ELLE andmete kohaselt on koondhinnang halb.

6. Naftasaadused

Vastavalt reovee, heitvee ja sademevee VVm 99, on sademevees limiteeritud naftasaaduste sisaldus, mis ei tohi ületada 5 mg/l. Uuringu ajal november 2014 kuni detsember 2016 piirväärtuse ületamisi ei registreeritud, küll täheldati korduvalt Mustoja pinnal õlist kilekihti ja lõhna, seda suuremate sadude korral, mil ka analüüsitulemused olid kõrgemad kui 30 µg/l (joonis 24).

Uuringuperioodil võeti 76 proovi, millest 59 juhul oli analüüsitulemus < 10 µg/l. Ülejäänud 17 proovi analüüsitulemused olid vahemikus 15-55 µg/l (13 väärtust) ja 190-4400 µg/l (4 väärtust).

Tallinna Keskkonnaameti tellitud uuringu seiretulemused ajavahemikul 2012-2014 näitasid samuti, et piirväärtuse ületamisi ei olnud [16]. 18 proovist oli 4 korral naftasaaduste sisaldus < 20 µg/l, ülejäänud proovide keskmine oli 135 µg/l, kõrgeim väärtus oli 790 µg/l 2014.a oktoobri lõpus, mil märkimisväärsed sademeid ei olnud.



Joonis 24. Mustoja naftasaaduste sisaldus ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

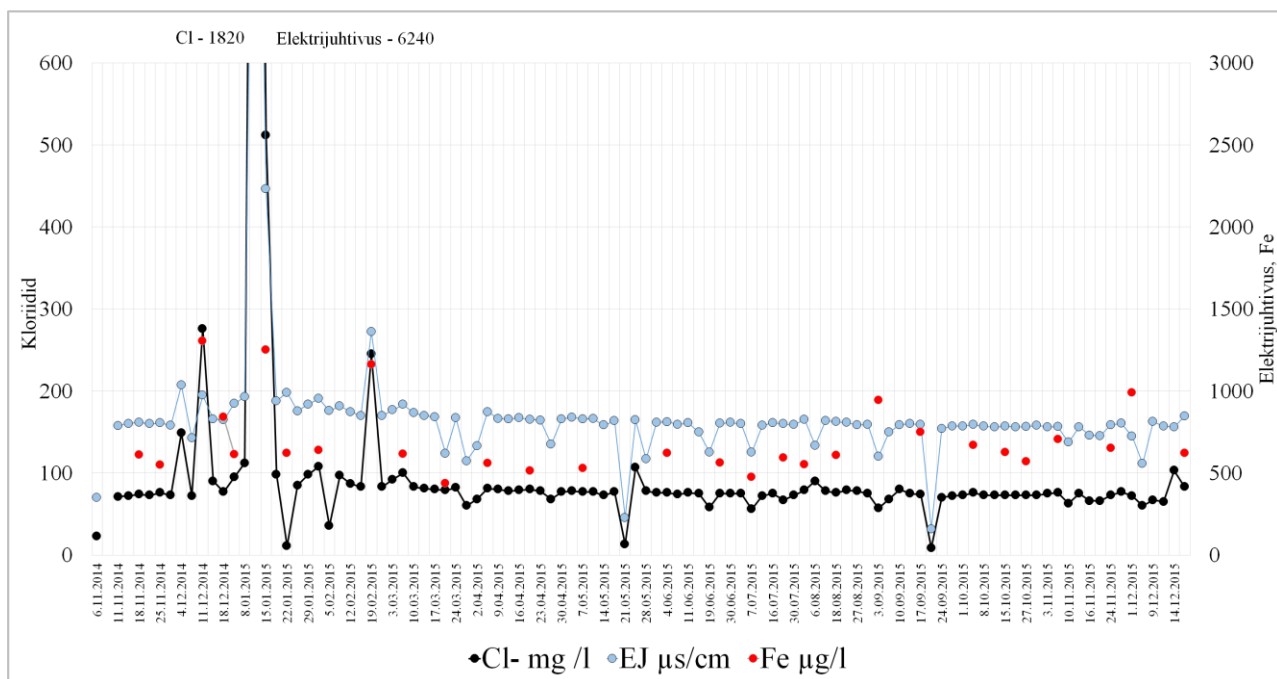
Euroopa riikide uuringute andmetel oli naftasaaduste keskmine sisaldus tihedalt asustatud elurajoonide sademevees vahemikus 0,67-25 µg/l ja madalama asustusega elurajoonides 0,89-4,5 µg/l [12]. Kiirteedel ja suurema liiklusega tänavatel registreeriti keskmine naftasaaduste sisaldus vahemikus 7,5 - 400 µg/l. Äri- ja tootmisalade sademevee naftasaaduste sisaldus varieerus vahemikus 1, 7-22 µg/l [12].

7. Elektrijuhtivus ja kloriidid

Vihma- ja sulavesi kõvakattega pindadelt linnapiirkondades, sisaldab sageli, orgaanilisi ja anorgaanilisi ühendeid, toitained, naftasaaduseid, raskmetalle ja ka sooli. Külmal aastaajal sõltuvalt ilmastikust kasutatakse tihti jäätõrjevahendid (libedusetõrjevahendid), mis jõuavad nii pinnasesse, kui põhja- ja pinnavette, aga ka atmosfääri. Üsna levinud on naatriumkloriidi (NaCl) ja kaltsiumkloriidi (CaCl₂) kasutamine. Eestis kasutatakse üldjuhul NaCl kuna selle efektiivsus temperatuurivahemikus ±4°C ja võrreldes teiste kemikaalidega on kõrgem, samuti on naatriumkloriidi hind odavam [17].

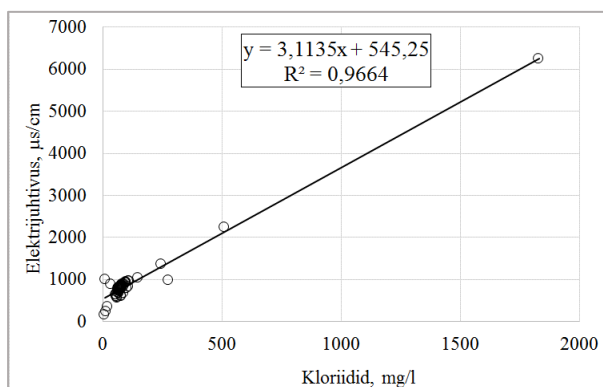
Teiste samalaadsete uuringute mõõtmised on näidanud, et üldjuhul on kloriidide sisaldus vahemikus 50-1000 mgCl/l, kuid registreeritakse ka kõrgemaid kontsentratsioone, mis on vahemikus 3000-5000 mgCl/l [18].

Mustoja iganädalase uuringu ajal varieerus kloriidide sisaldus 8,7 mg/l ja 1832 mg/l vahel, keskmine oli 100 mg/l (joonis 25). Elektrijuhtivus oli seireperioodil vahemikus 159-6240 µs/cm, keskmine oli 862 µs/cm. Sulaperioodi kloriidide sisaldus ja elektrijuhtivus on kordades kõrgem, keskmine vastavalt 995 mg/l ja 3506 µs/cm (joonis 81).



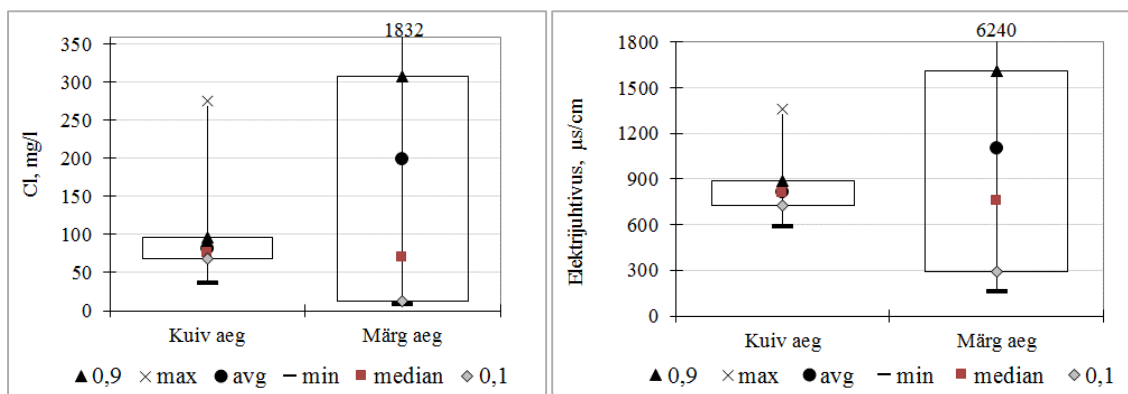
Joonis 25. Mustoja kloriidide sisaldus ja elektrijuhtivus ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Sademevees lahustunud soolad suurendavad vee elektrijuhtivust, kasutatud jäätõrjevahendid heitlike ilmade aegu, kus sula vaheldub külmaga tõstavad, koheselt sademevee kloriidide sisaldust. Otsene lineaarne seos kloriidide ja elektrijuhtivuse vahel Mustojas on esitatud joonisel 26.



Joonis 26. Mustojas mõõdetud kloriidide ja elektrijuhtivuse sõltuvus

Suuresti erinevad kuiva ja märja aja nii kloriidide kui elektrijuhtivuse näitajad (joonis 27). Kuiva aja kloriidide sisaldus on vahemikus 35 -276 mg/l ja elektrijuhtivus vahemikus 585-1361 µs/cm. Keskmise vastavalt 82 mg/l ja 812 µs/cm. Märjal ajal oli varieeruvus märkimisväärselt suurem. Kloriidid olid vahemikus 9-1832 mg/l ja elektrijuhtivus 159-6240 µs/cm. Keskmise vastavalt 199 mg/l ja 1099 µs/cm.



Joonis 27. Mustoja kloriidide (vasakul) ja elektrijuhtivuse (paremal) varieeruvus kuival ja märjal ajal ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Looduslikus jões on kloriidide sisaldus ja elektrijuhtivus oluliselt madalam. Pirita jõe Lükati silla juures mõõdetud kloriidide väärtused ajavahemikul 1997 kuni 2015 varieerusid vahemikus 3,5-25,9 mg/l ja elektrijuhtivus 290-659 µs/cm (tabel 5).

Tabel 5. Pirita jõe ja Mustoja keskmine kloriidide sisaldus ja elektrijuhtivus, 1987-2015

Kloriidid, mg/l							
	1987-1992	2000 - 2011	2012	2013	2014	2015	1997 - 2015
Pirita (Lükati)		8,6	6,6	10,3	8,1	10,2	9,6
Mustoja	83*					101	
Elektrijuhtivus, µs/cm							
Pirita (Lükati)		504	472	519	507	479	500
Mustoja		782*	910	772	752	865	

*Keskkonnauuringute Keskus [11]

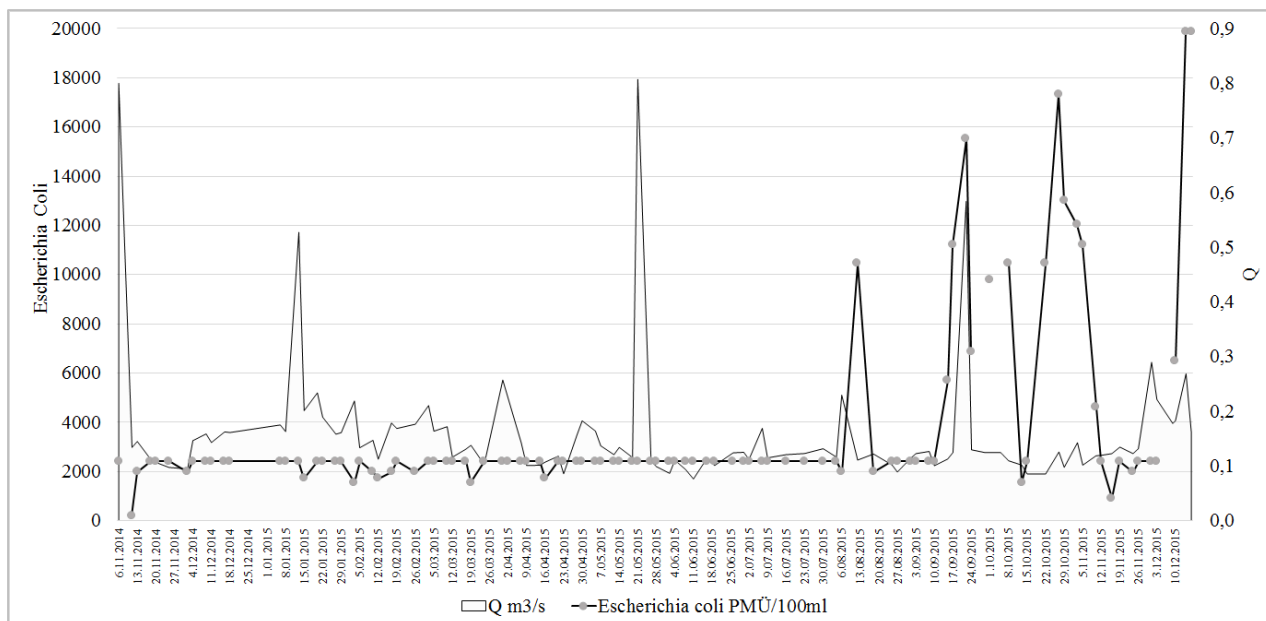
Pirita jõe pikaajaline (1997 – 2015) keskmine kloriidide sisaldus on kümme korda ja elektrijuhtivus 1,7 korda väiksem Mustoja 2015. aasta vastavatest väärtustest (tabel 5).

8. Mikrobioloogilised näitajad

Mikrobioloogilistest näitajatest oli Mustojas uurimise all otsese fekaalse (bakteriaalse) reostuse näitajad – Salmonella, Escherichia coli, Enterokokid ja Salmonellat uuringuperioodil ei tuvastatud, küll oli kõrge nii E.coli kui Enterokokkide sisaldus.

Linnades, eriti jõgede suudmealadel on E. coli dünaamika hinnatud mitmete uuringute alusel üsna keeruliseks. Täheldatud on suuri erisusi ja varieeruvust E. coli analüüsitulemustes nii aastate kui aastaegade vahel, sõltuvalt temperatuurist, sademetest ja ka rannikuveest [19]. Sademevee uuringute tulemused näitavad tihti E.coli väga kõrgeid, üle 50 000 PMÜ/100ml, sisaldusi [20].

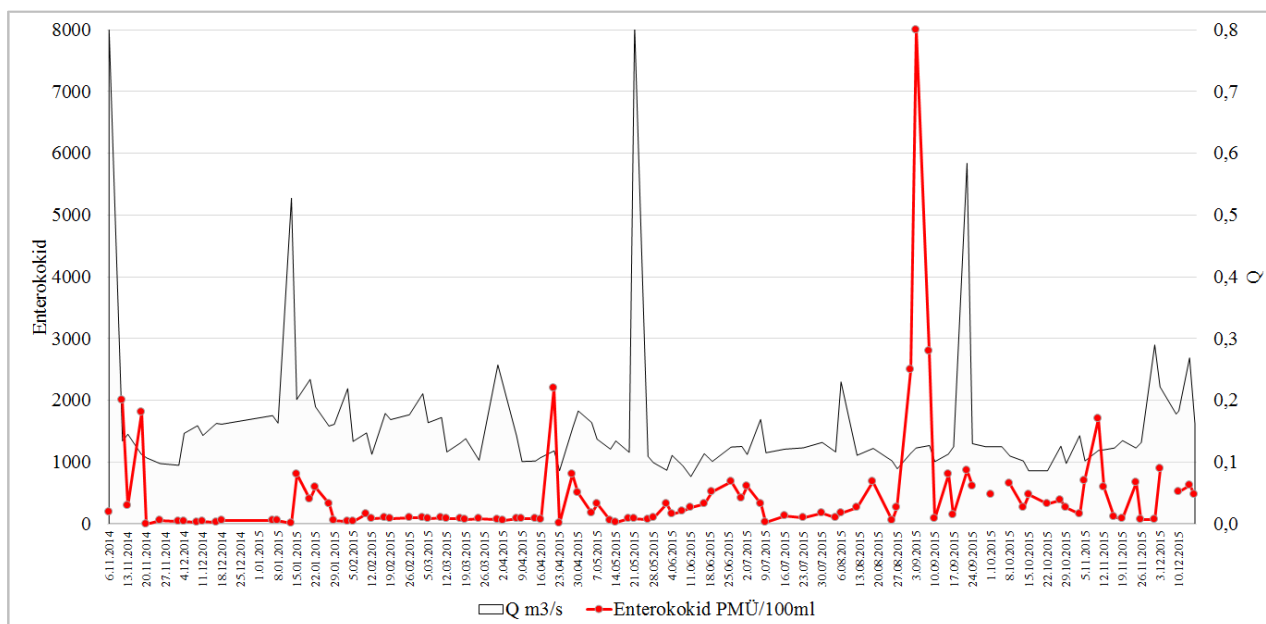
Kokku võeti Mustoja rutiinse uuringu ajal 100 proovi, nendest 44 proovi ehk 44% olid Terviseameti labori poolt lõpuni määramata, väärtus >2420, vaatamata protokolli lehel olevale spetsiaalse märkusele ja jutuajamisele proovide üleandmisel laboris (joonis 28). Sellepärast ei olnud võimalik korrektselt andmeid analüüsida, leida seoseid. Ülejäänud 56 proovi tulemused varieerusid vahemikus 920-19860 PMÜ/100ml ja andsid keskmiseks E.coli väärtuseks 4858 PMÜ/100ml.



Joonis 28. Mustoja E. coli ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

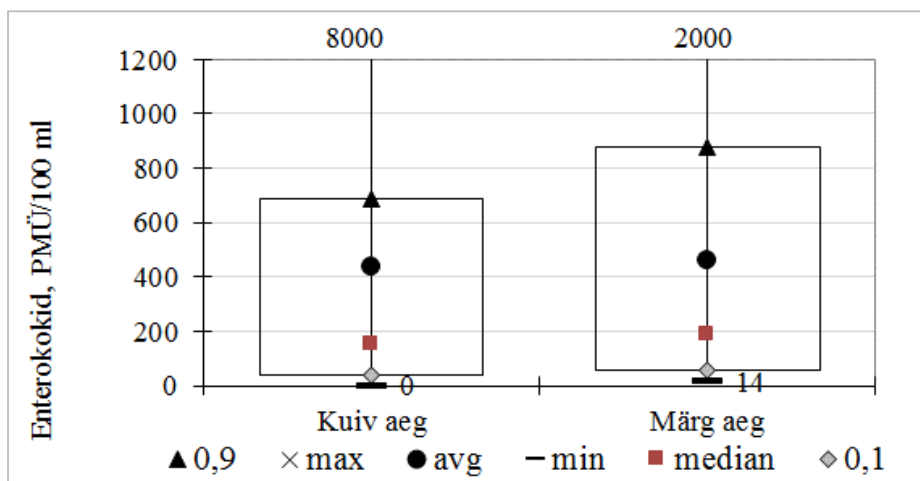
Tallinna Keskkonnameti poolt tellitud uuringus 2012-2014. aasta kohta varieerus E. coli vahemikus 2900-130 000 PMÜ/100ml, vaatlusperioodi keskmine oli 21 989 ja Enterokokid vahemikus 440-10 000 PMÜ/100ml, keskmine 2436 PMÜ/100ml. Suurimad E. coli ja Enterokokkide väärtused esinesid vaatlusperioodi kõige madalama vooluhulga juures. [16]

Ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2015 varieerus Enterokokkide sisaldus 0-8000 PMÜ/100ml, keskmine 442 PMÜ/100ml (joonis 29).



Joonis 29. Mustoja Enterokokid ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Võrreldes kuiva ja märja ilma mõõtmistulemusi, siis suurt erinevust keskmises sisalduses ei ole (joonis 30). Kuiva aja keskmine oli 436 PMÜ/100ml ja märjal ajal 461 PMÜ/100ml, küll oli märkimisväärne erinevus suurimates sisaldustes, kusjuures kuiva aja väärtus oli 4 korda suurem vastavast väärtuses märjal ajal (joonis 30).



Joonis 30. Mustoja Enterokokkide varieeruvus kuival ja märjal ajal ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Mustoja mikrobioloogiliste näitajate seiretulemused aastatel 2012-2015 viitavad reostusele valgalal, mis sademeveekanaliseerimise kaudu Mustojale ohustab. Võimalikud põhjused on reovee sattumine sademeveekanaliseerimise kõrval olevast reoveekanaliseerimisest, vale- või illegaalsed reoveekanaliseerimise ühendused, sademeveetorustike, -kaevude halb seisund (infiltratsioon).

Reostusallika tuvastamine on keeruline. Teistes samalaadsetes uuringutes on üheks indikaatoriks pakutud *E. coli*, soovituslikuks piirsalduseks 12 000 PMÜ/100 ml ja Enterokokid, soovitusliku piirväärtusega 5000 PMÜ/100 ml [19]. Võrreldes soovitatud piirväärtust ajavahemikul 2012-2014 Mustojas saadud tulemustega, siis esines *E. coli* piirväärtuse ületamisi 8 korral 18-st ja ajavahemikul november 2014 - detsember 2015 6 korral 59-st proovist. Enterokokkide sisaldus ületas ajavahemikul 2012-2015 soovituslikku piirväärtust 3 korda. Igal juhul viitab see võimalikele reostusallikatele valgalal.

9. Metallid

Sademeveega kantakse kanalisatsiooni ja sealt edasi jõgedesse, järvedesse, põhjavette ja rannikumerre pindmise äravooluga kõvakattega pindadele kogunev mustus ja tolm, mis sisaldab mitmeid raskmetalle, mis on pärit nii sõidukitest, nende kulumisest, rehvidest, liiklusheitmetest, kütuse põlemisest, katustelt, teekatetelt, maanteedel ja tänavatel toimuvast, äri- ja tootmistegevusest, ehitusmaterjalidest, samuti atmosfäärist, sademetest.

Riikliku sademete seire raames määratakse kõikide jaamade sademete proovidest Cd, Cu, Pb ja Zn sisaldust. 2015.aastal Harku jaamas mõõdetud kaalutud keskmised kontsentratsioonid olid vastavalt 0,02 µg/l, 1,29 µg/l, 0,26 µg/l ja 12,08 µg/l. [22] Zn sisaldus on juba sademetes kõrgem maismaa pinnavee piirväärtusest 10 µg/l.

Mustoja seireperioodil ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2015 võeti Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Fe, Zn proove 30 korda erinevates ilmastikutingimustes. Mõõtmistulemuste varieeruvus on suur (tabel 6).

Teistes samalaadsetes uurimistöödes on nenditud, et sademevesi on reostunud Zn, Cu, Pb ja Cr jt raskmetallidega. Raskemetallide sisaldus Mustoja, Pariisi, Londoni ja Poznańi sademevees on esitatud tabelis 6. Võrdluses Pariisi, Londoni ja Poznańi raskemetallide sisaldusega on Mustoja sademevee valgala tulemused oluliselt madalamad, va Fe. Kõrge Zn ja Pb Poola

linnapiirkondades pärineb peamiselt madalatest korstnatest ehk kodumajapidamistest, mida köetakse söega [14].

Tabel 6. Metallide sisaldus sademevees

Tallinna – Mustoja valgala					Pariis[13]	London[13]	Poznań[14]
Metall	suurim	vähim	keskmine	mediaan	mediaan		keskmine
	µg/l						
Fe	3450	438	788	621			484
Zn	188	4,2	16,8	6,6	270	82	193
Pb	10,4	0,18	0,9	0,3	27	10	7,6
Cu	46,1	1,2	4,3	1,9	55	35	12
Ni	3,4	0,75	1,4	1,2			2,9
Cr	9,1	0,55	1,6	1,1	4,5	3	1,38
Cd	0,13	0,02	0,04	0,03			0,14

Keskkonnauuringute Keskus OÜ 2013. aasta Keskkonnaministeeriumi poolt tellitud sademevee ohtlike ainete uuringus registreeris Mustojas üksikanalüüsides kõrgemaid raskmetallide sisaldusi, nagu Cd sisaldus - 0,28 µg/l, Zn sisaldus - 38 µg/l, Cu sisaldus - 10 µg/l, kusjuures Zn ja Cu sisaldused olid eriti kõrged aprilli lumesulamise vees. [15]

Vabariigi Valitsuse määruse nr 99 'Reoveepuhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piir-määrad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed' §8.Nõuded ohtlikku ainet sisaldava heit- ja sademevee veekogusse või pinnasesse juhtimise kohta sätestab, et veekogusse või pinnasesse juhitas heit- ja sademevees ei tohi lõikes 1 nimetatata ohtliku aine, sealhulgas prioriteetse aine, sisaldus ületada veeseaduse §26⁵ lõike10 alusel kehtestatud pinnavee keskkonnakvaliteedi piirväärtust, välja arvatud naftasaaduste ning ühe-ja kahealuseliste fenoolide sisalduse osas.

Keskkonnaministri määrus nr 77 'Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimistu, prioriteetsete ainete, prioriteetsete ohtlike ainete ja teatavate muude saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused ning nende kohaldamise meetodid, vesikonnaspetsiifiliste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused, ainete jälgimisnimekiri' (KM määrus 77) seab raskmetallidele piirväärtused, mis on esitatud tabelis 7.

Tabel 7. Raskmetallide piirväärtused

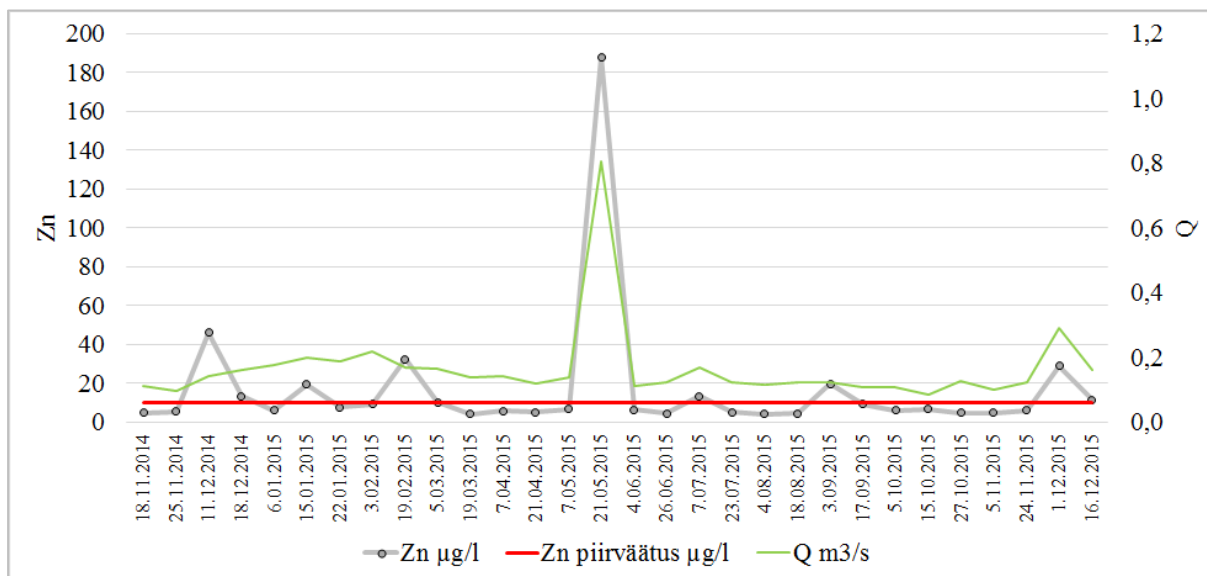
	Aasta keskmine keskkonna kvaliteedi piirväärtus maismaa pinnavees, µg/l	Suurim lubatud keskkonna kvaliteedi piirväärtus maismaa pinnavees, µg/l	Piirsisaldus joogivees, µg/l
kaadmium ja selle ühendid (olenevalt karedusklassist) vee	≤ 0,08 (klass 1)	≤ 0,45 (klass 1)	5
	0,08 (klass 2)	0,45 (klass 2)	
	0,09 (klass 3)	0,6 (klass 3)	
	0,15 (klass 4)	0,9 (klass 4)	
	0,25 (klass 5)	1,5 (klass 5)	
plii ja selle ühendid	1,2	14	10

nikkel ja selle ühendid	4	34	20
		Piirväärtus pinnavees, $\mu\text{g/l}$	Piirsisaldus joogivees, $\mu\text{g/l}$
Kroom ja selle ühendid		5	50
Tsink ja selle ühendid		10	
Vask ja selle ühendid		15	2000
Raud			200

Uuringud teistes riikides on näidanud, et asula sademevees esinevad üldjuhul samal ajal kõrgemate kontsentratsioonidega Zn, Cu, Pb, Cr ja ka Fe, vähem Cd ja Ni. [12-14, 23]

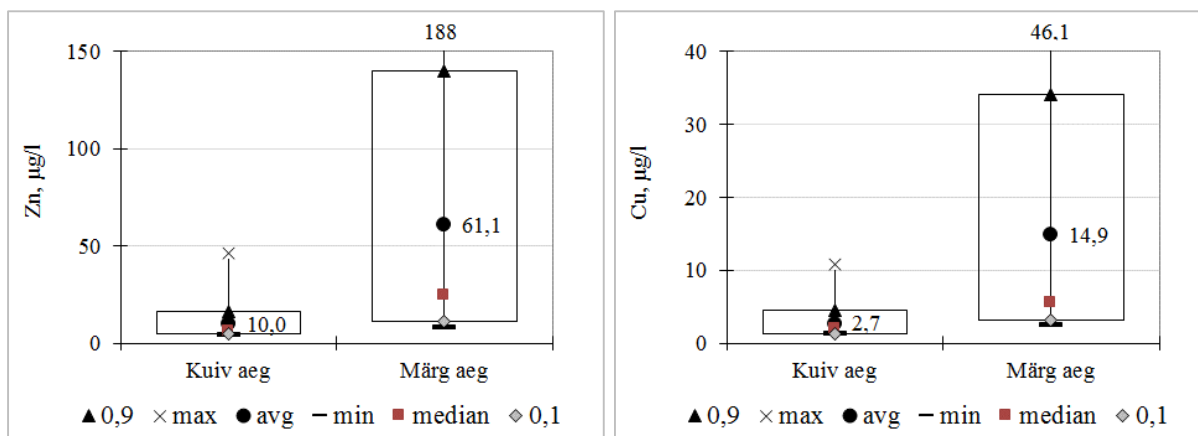
Aucklandi uuringute andmetel [23] pärineb äri- kaubandusrajoonide sademevee Zn hoonete katustel – 41% ja seintelt - 4%, välisõhust - 30%, sh sademetest 23%, sõidukite rehvide kulumisest – 17% ja piduriklotsidest - 2%, märkimisväärne osa, ca 4% ka kasutatud väetistest, taimekaitsevahenditest ning pinnasest ca 2%. Elurajoonide sademevees oli katustel märksa väiksem osakaal Zn allikana – 33%, samuti oli 7 korra väiksem välisõhu osakaal sademete osas -3%, kuid oluliselt suurem rehvide kulumisest – 33%. Samuti oli elurajooni sademevees Zn osakaal kasutatud väetistest ja tõrjevahenditest ning pinnasest kõrgem, väärtused vastavalt 7% ja 9%.

Tsingi sisaldus Mustojas, ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2015, varieerus vahemikus 4,2 $\mu\text{g/l}$ – 188 $\mu\text{g/l}$, keskmine väärtus oli 16,8 $\mu\text{g/l}$. Proovide koguarvust (30) ületas 10 pinnavees lubatud Zn piirväärtust - 10 $\mu\text{g/l}$ (joonis 31). Suurim väärtus registreeriti valingvihmast põhjustatud suurema äravoolu ajal, 21. mail.



Joonis 31. Tsingi sisaldus Mustojas ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

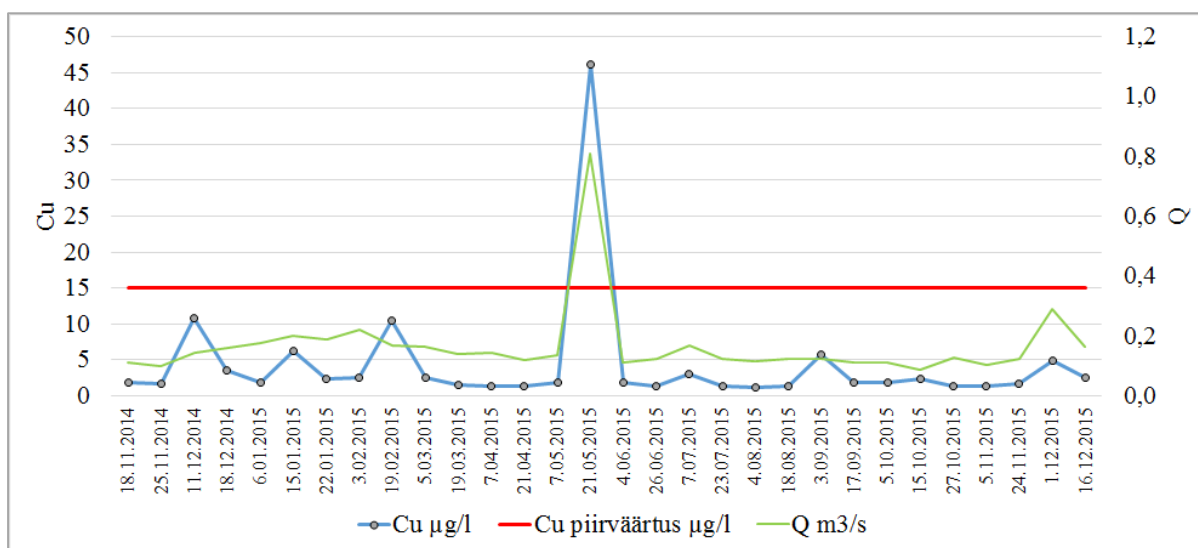
Võrdlus kuiva ja märja aja Zn sisaldus vahel näitab selgelt, et märja aja väärtused on oluliselt kõrgemad ja erinevus mediaani ja keskmise väärtuse vahel on märkimisväärne, st esinevad kõrged üksikväärtused, mis tõstavad keskmist väärtust (joonis 32, vasakul).



Joonis 32. Mustoja tsingi (vasakul) ja vase (paremal) varieeruvus kuival ja märjal ajal ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

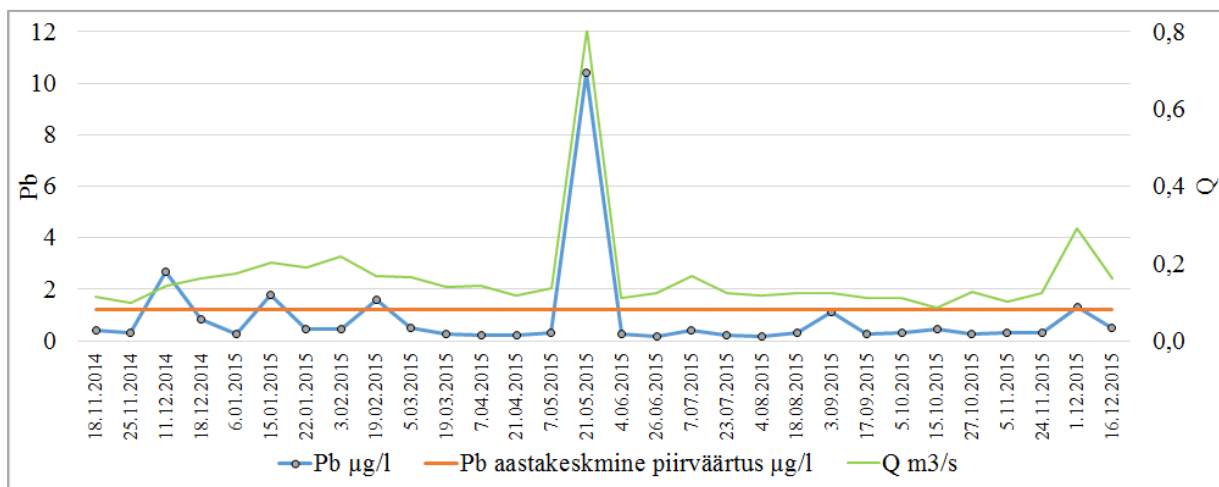
Vase sisaldus varieerus vahemikus $1,2 \mu\text{g/l}$ – $46,1 \mu\text{g/l}$, keskmine väärtus oli $4,3 \mu\text{g/l}$ (joonis 33). KM määruses esitatud suurimat lubatud keskkonna kvaliteedi piirväärtust $15 \mu\text{g/l}$ ületas ühe proovi analüüsitulemus ($46 \mu\text{g/l}$), mis pärineb 2015. aasta 21. maist, mil oli rohkelt sademeid, samal ajal oli kõrge ka Zn sisaldus. Cu sisaldus Mustojas märjal ajal on kõrgem kuiva aja vastavast väärtusest, samuti varieeruvus (joonis 32, paremal).

Aucklandi uuringute andmetel [23] pärineb äri- kaubandusrajoonide sademevee Cu hoonete katustelt - 3% ja seintelt - 4%, välisõhust - 34%, sh sademetest 14%, ülejäänud kuivsade, sõidukite piduriklotsidest - 30%, teekattelt - 3%, pinnasest - 5%, kasutatud väetistest, taimekaitsevahenditest – 2%, veevärgist – 1%. Tuvastamata jäi 18%. Elurajoonide sademevees oli katustel märksa suurem osakaal Cu allikana – 13% ja seintelt null, samuti oli 7 korra väiksem välisõhu osakaal sademete osas -2%, kuivsade – 21%, sõidukite piduriklotsidest – 7%, mis on viis korda vähem kui kaubandus- ja äripindadelt. Suurem oli elurajooni sademevees Cu osakaal pinnasest – 16%, kasutatud väetistest ja tõrjevahenditest - 3% ja veevärgist 1%. Tuvastamata jäi 34%.



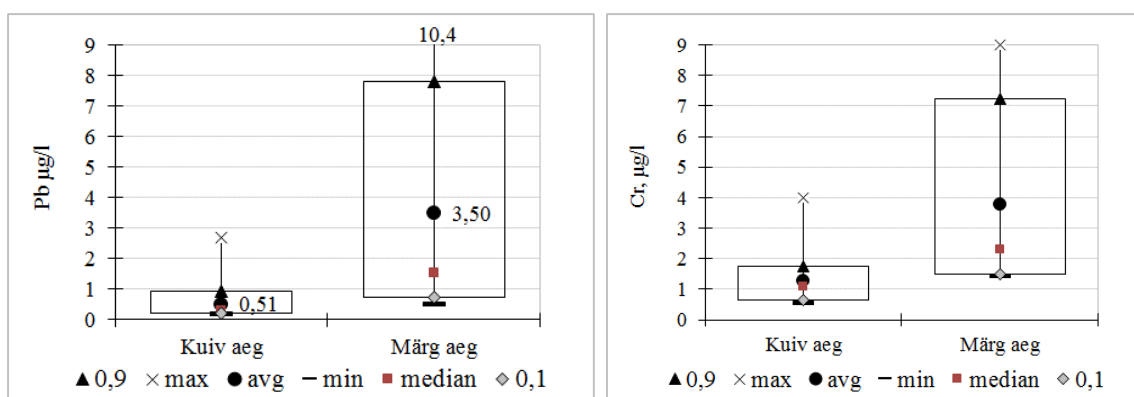
Joonis 33. Vase sisaldus Mustojas ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Plii sisaldus varieerus vahemikus 0,18 µg/l – 10,4 µg/l, keskmine väärtus oli 0,91 µg/l (joonis 34). KM määruses esitatud suurimat lubatud keskkonna kvaliteedi piirväärtust 34 µg/l ei ületanud ühelgi korral.



Joonis 34. Plii sisaldus Mustojas ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

2015. aasta Pb sisaldus oli 0,88 µg/l, mis ei ületa KM määruse 77 aasta keskmist keskkonna kvaliteedi piirväärtust 1,2 µg/l. Suurim väärtus esines samal ajal kui Zn ja Cu puhul, valingvihma ajal 21. mail 2015. Märja aja analüüsitulemused on, sarnaselt Zn ja Cu sama aja väärtustele, oluliselt muutlikumad ja kõrgemad võrreldes kuiva ja tulemustega (joonis 35, vasakul).



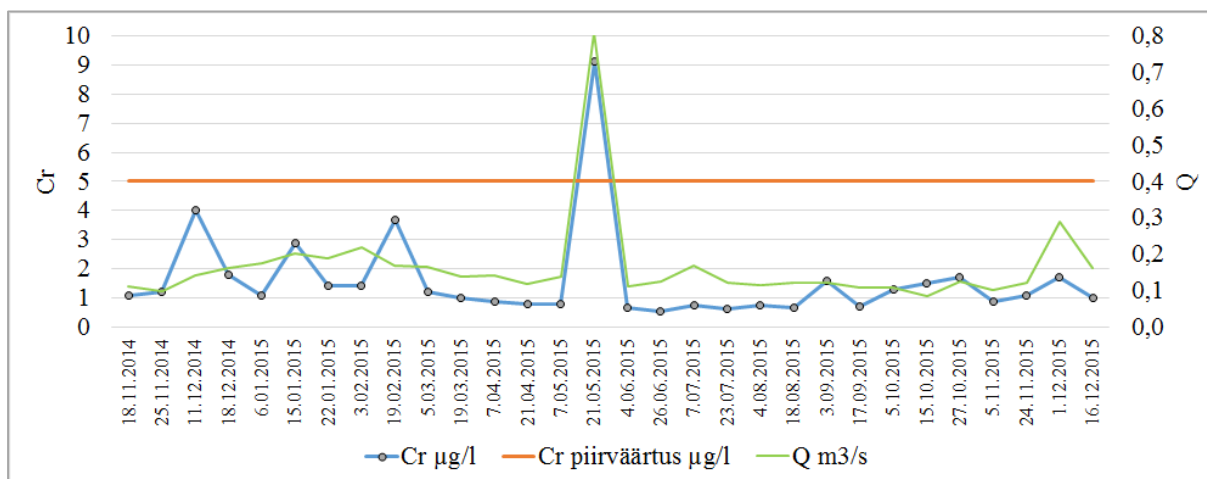
Joonis 35. Mustoja plii (vasakul) ja kroomi (paremal) varieeruvus kuival ja märjal ajal ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

Aucklandi uuringute andmetel [23] pärineb äri- kaubandusrajoonide, nn tootmisõuede sademevee Pb hoonete katustelt - 7% ja seintelt - 2%, Pb peaga naeltest - 3%, välisõhust - 35%, sh sademetest 20%, ülejäänud kuivsade, sõidukite piduriklotsidest - 1%, pinnasest - 13%, mõningal määral kasutatud väetistest, taimekaitsevahenditest, teekatte märgistusest ja veevärgist. Tuvastamata jäi 38%. Elurajoonide sademevees oli katustel väiksem osakaal Pb allikana - 3% ja seintelt - 1%, samuti oli 5 korra väiksem välisõhu osakaal sademete osas - 4%, kuivsade - 17%, sõidukite piduriklotsidest - 1%. Oluliselt suurem oli elurajooni sademevees Pb osakaal pinnasest - 44%, mõningal määral kasutatud väetistest ja taimekaitsevahenditest, teekatte märgistusest ja veevärgist. Tuvastamata jäi 23%.

Kroomi sisaldus varieerus vahemikus 0,55 µg/l – 9,1 µg/l, keskmine väärtus oli 1,59 µg/l (joonis 36). KM määruses esitatud suurimat lubatud keskkonna kvaliteedi piirväärtust 5 µg/l

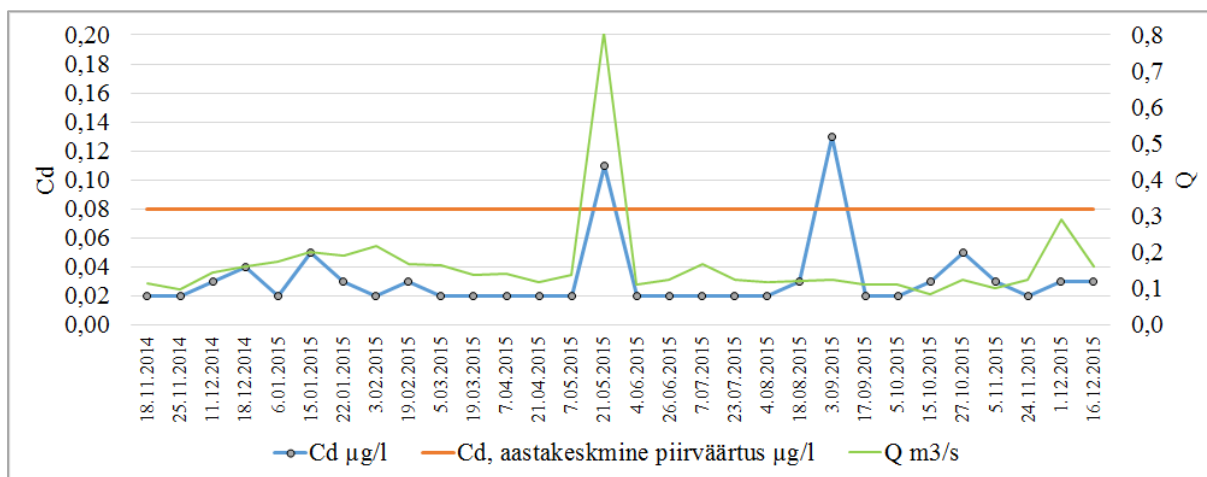
ületati ühel korral, samal ajal kui Zn, Cu kui Pb, 21.05.2015. aastal valingvihma aegu. Kõrgemaidsi üksikväärtuseid esines ka teistel perioodidel, kuid varieeruvus jälgis samuti teiste metallide varieeruvuse mustrit. Cr sisaldus Mustojas märjal ajal on kõrgem kuiva aja vastavast väärtusest, samuti varieeruvus (joonis 35, paremal).

Teised samalaadsed uuringud näitavad, et kroom pärineb rehvide kulumisest ja piduriklotsidest, metallpindade korrosioonist, kasutatud väetistest ja taimekaitsevahenditest, tulekahju sprinklersüsteemidest, puidukaitsevahenditest, puhastusvahenditest ning väärtused jäävad vahemikku 1 µg/l - 12 µg/l elurajoonides ja 1 µg/l - 7 µg/l äri- ja kaubanduspindadelt, mõne uuringu järgi vahemikku 0,1 µg/l - 222 µg/l, kuid üldjuhul alla 50 µg/l. [25]



Joonis 36. Kroomi sisaldus Mustojas ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

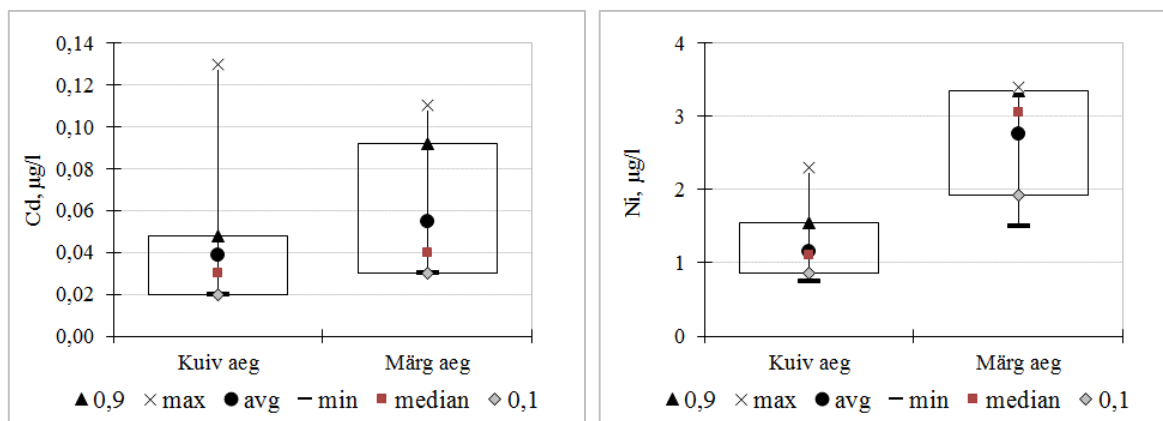
Kaadmiumi proovidest 14 korral registreeriti mõõtmistulemuseks < 0,02 µg/l, ülejäänud 16 proovis varieerus Cd sisaldus vahemikus 0,02 µg/l – 0,13 µg/l, keskmine väärtus oli 0,04 µg/l (joonis 37). KM määruises esitatud suurimat lubatud keskkonna kvaliteedi I klassi piirväärtust 0,45 µg/l ei ületatud. 2015. aasta keskmine väärtus oli 0,045 µg/l, mis on samuti väiksem kui aasta keskmine keskkonna kvaliteedi piirväärtus 0,08 µg/l. 2015. aasta 30. septembril, nädal peale esinenud valingvihma, registreeriti kõikide metallide sisalduse tõus, mis Cd puhul oli kogu uuringuperioodi kõrgeim, väärtuse muutus 0,03 µg/l → 0,13 µg/l (joonis 37 ja 38, vasakul).



Joonis 37. Kaadmiumi sisaldus Mustojas ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

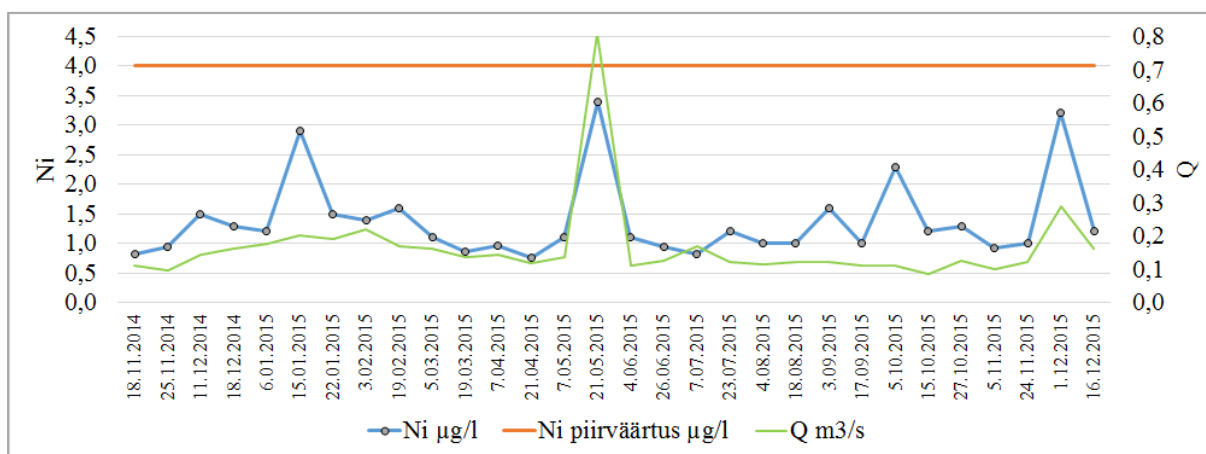
Uuringuperioodi keskmine Cd sisaldus Mustojas on kuival ajal on vaid natuke väiksem kui märjal ajal, sest kuival ajal esines üsna kõrge üksikväärtus, samuti ei ole teada alla määramispiiri jäänud tulemuste (14) tegelik väärtus (joonis 38, vasakul).

Kaadmiumi võimalikud allikad on hoonete seinad, rehvide ja piduriklotside kulumine, metallpindade korrosioon, värvid, välisõhk, sisepõlemismootorid, väetised- ja taimekaitsevahendid, torud, plastik, patareid, tööstus, elektrokeemiline metalli katmine. Uuringute käigus on registreeritud äri- ja kaubandusaladelt Cd sisaldust vahemikus 0,1 µg/l kuni 0,5 µg/l ja elurajoonides 0,1 µg/l kuni 0,4 µg/l. [25]



Joonis 38. Mustoja kaadmiumi (vasakul) ja nikli (paremal) varieeruvus kuival ja märjal ajal ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

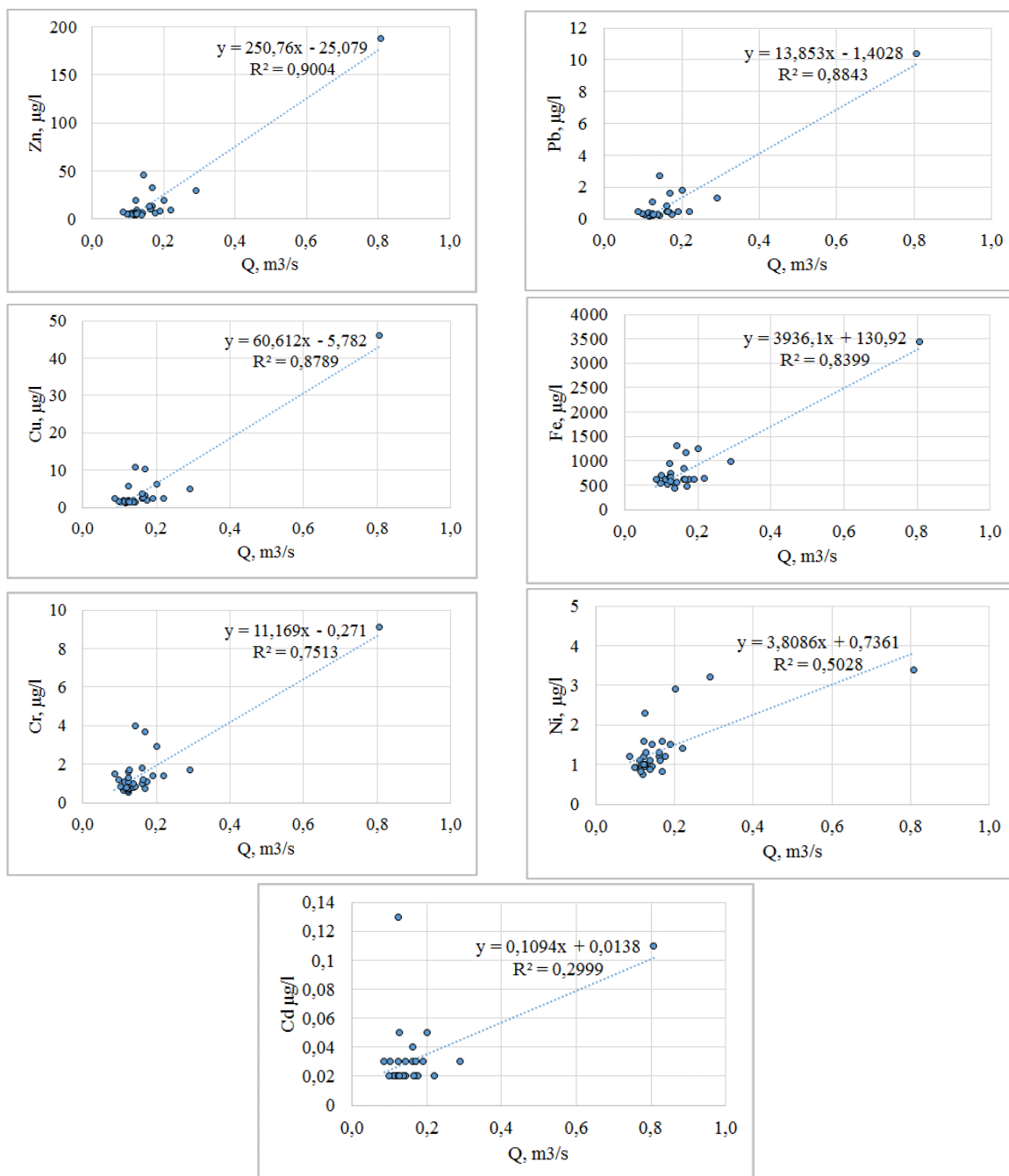
Nikli sisaldus varieerus vahemikus 0,75 µg/l – 3,4 µg/l, keskmine väärtus oli 1,37 µg/l (joonis 39). KM määrukses esitatud suurimat lubatud keskkonna kvaliteedi piirväärtust 4 µg/l ei ületatud ühelgi korral, kuigi kõrgemaid väärtuseid esines samal ajal kui Zn, Cu, Pb kui Cr puhul, 21.05.2015. aastal valingvihma aegu ning ka teistel perioodidel. Ni sisaldus Mustojas märjal ajal on kõrgem kuiva aja vastavast väärtusest, keskmised vastavalt 1,2 µg/l ja 2,8 µg/l, samuti on suurem varieeruvus (joonis 38, paremal).



Joonis 39. Nikli sisaldus Mustojas ajavahemikul november 2014 kuni detsember 2016

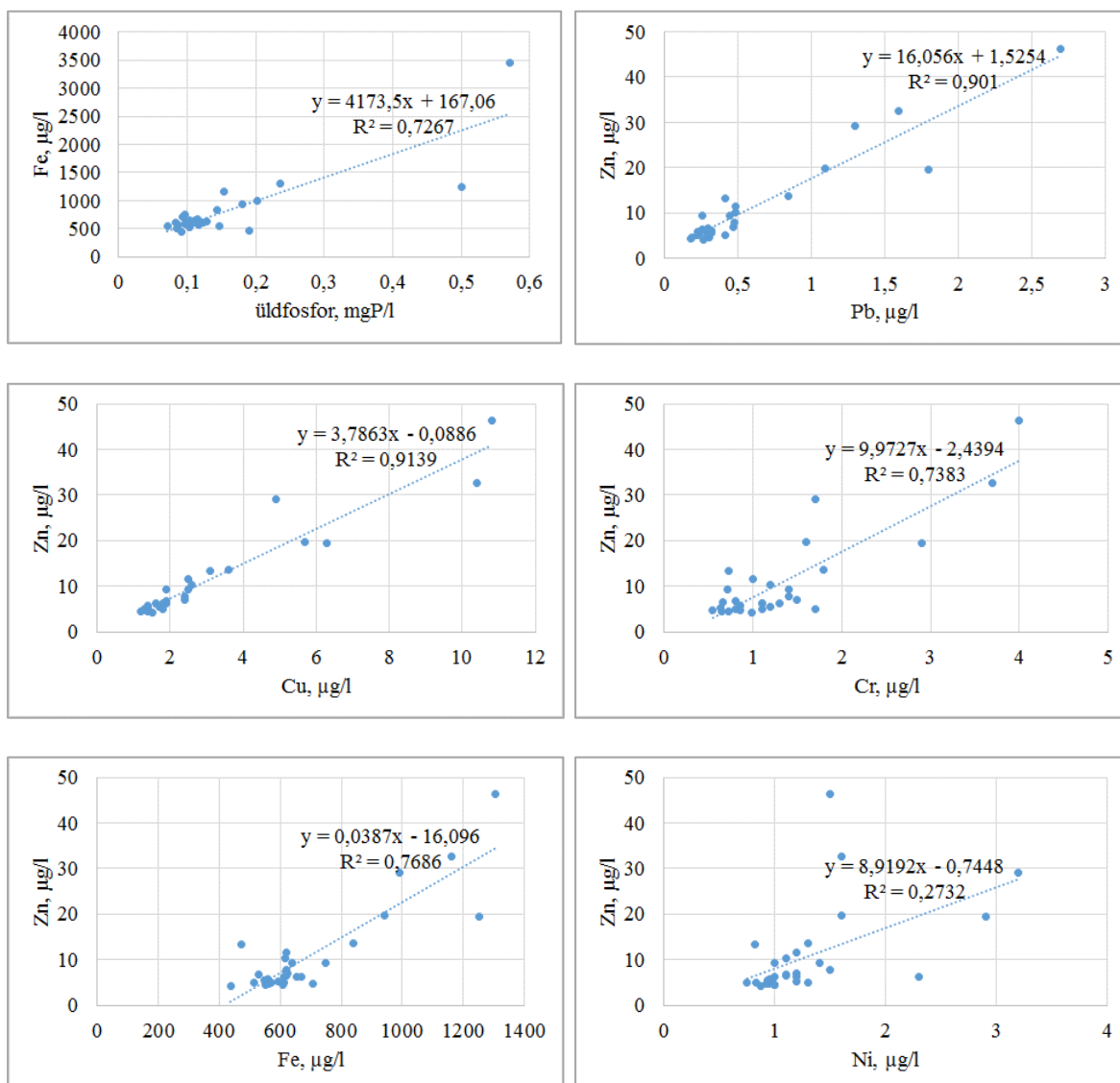
Nikli võimalikud allikad on diislikütus, määrdõli, rehvide, piduri hõõrdekatte ja pukside kulumine, määrdõlid, mootori liikuvate osade kulumine, sisepõlemismootorid, asfalt, tööstus, patareid, elektrokeemiline metalli katmine. Uuringute käigus on registreeritud äri- ja kaubandusaladelt Ni sisaldust vahemikus 1 µg/l kuni 11 µg/l ja elurajoonides 1 µg/l kuni 10 µg/l. [25]

Uuringuperioodil määratud metallide sisalduse sõltuvus vooluhulgast oli erinev. Kõige tugevam seos oli Zn, Pb, Cu ja Fe, nõrgem seos Cr ja Ni ning Cd sisalduse muutust ei saa seostada vooluhulgaga (joonis 40). Vooluhulgast sõltuvuse järjekord oli järgmine:



Joonis 40. Vooluhulga ja metallide seos

Metallide omavaheline seos on hea, eriti Zn, Pb ja Cu puhul, väljaarvatud Ni (joonis 40-1), seost ei tulnud välja Zn ja Cd vahel.

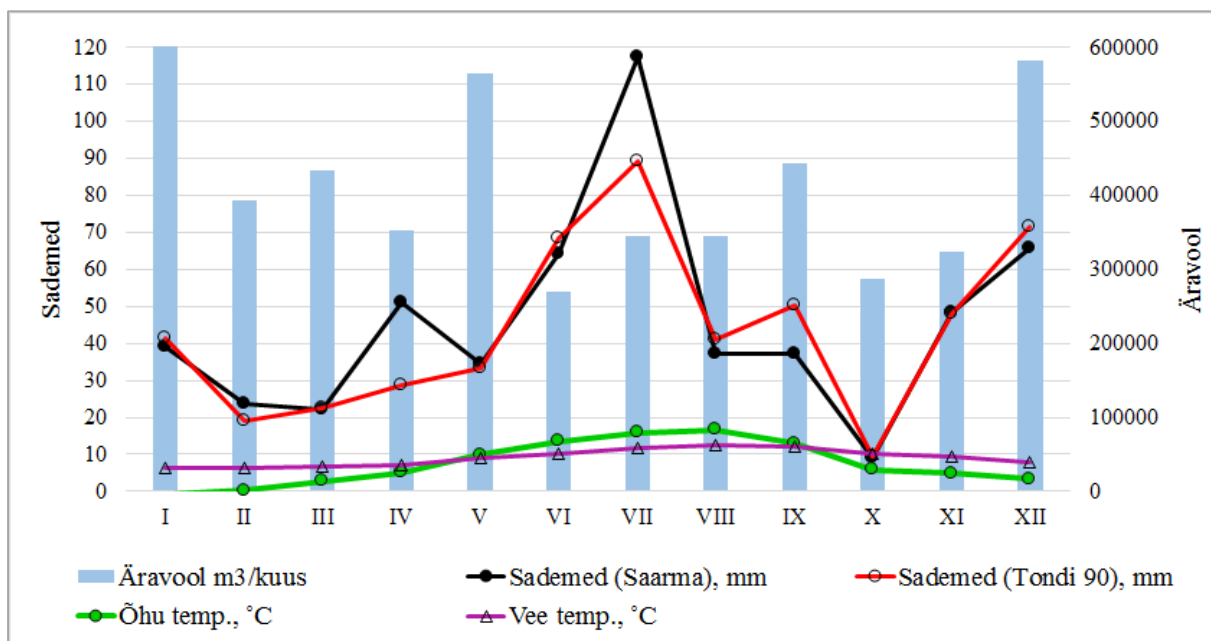


Joonis 40-1. Metallide omavaheline seos

Omavahelist sõltuvust näitab ka Fe ja fosforiomavaheline seoskõver.

10. Mustoja reostuskoormus 2015. aastal

Helsingi Komisjoni Pollution Load Compilation (PLC-Water) juhend pakub koormuste arvutamiseks kolme viisi, millest üks on aastaste koormuste arvutusmeetod, mille aluseks on kuukeskmised äravoolumahud (joonis 41) ja kuukeskmised kontsentratsioonid ning mille järgi TTÜ KTI arvutas Mustoja reostuskoormused (joonised 42 -). Kõige sademeterikkam kuu oli 2015. aastal Mustoja valgalal juuli, sademeid Tondi 90 jaamas registreeriti u 30 mm vähem kui Saarma jaamas (joonis 41). Harku jaama andmetel oli jaanuarikuu keskmine temperatuur $-0,9^{\circ}\text{C}$, kuid õhutemperatuur ulatus kohati kuni $+7^{\circ}\text{C}$ ja keskmine veetemperatuur oli $6,3^{\circ}\text{C}$. 2014. aasta detsembrikuu keskmine veetemperatuur oli $7,5^{\circ}\text{C}$. Lisaks sademetele, 2015. aasta jaanuarikuu esimeste päevade sulailmade tõttu lumikate sulas, mis suurendas Mustoja äravoolu. Mustoja 2015. aasta keskmine veetemperatuur oli $9,1^{\circ}\text{C}$.

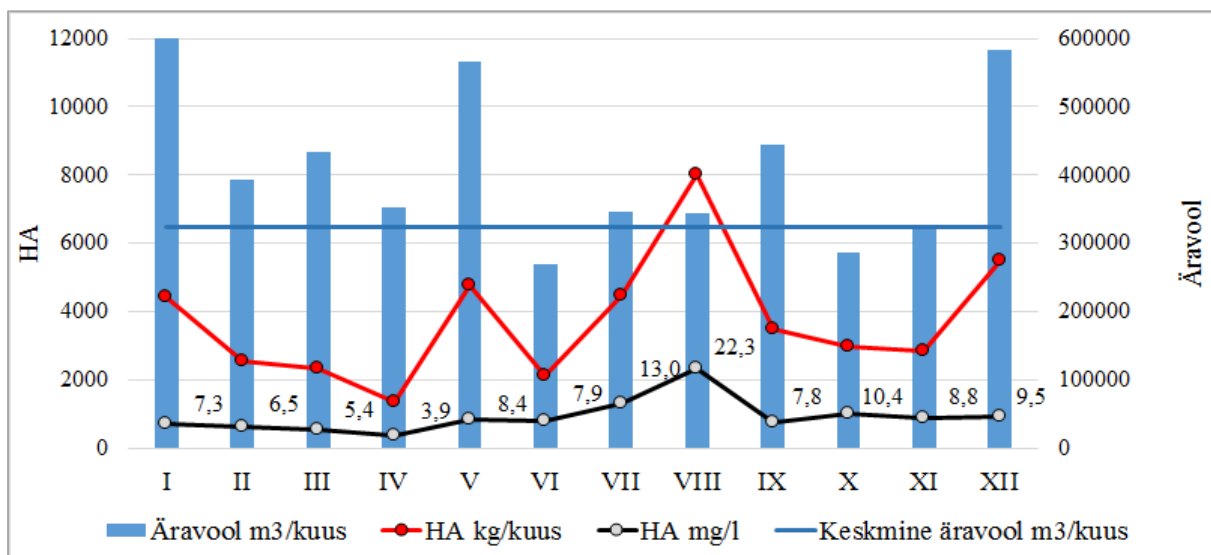


Joonis 41. Mustoja valgala sademed ja kuine äravool

Maikuu sademed olid suhteliselt tagasihoidlikud, kuid äravool üsna suur, mis on tingitud 21. mail, mis oli seirekavas ettenähtud mõõtmispäev, esinenud valingvihmast. Ajavahemikul kella 4.00 kuni 11.00 registreeriti sademeid 8 mm. Kell 11.00 mõõdeti Mustoja vooluhulgaks 0,8 m³/s. Mais oli mõõtmispäevi 6, nendest viiel korral mõõdetud vooluhulk oli vahemikus 0,099 m³/s kuni 0,134 m³/s (joonis 10). Oktoobris oli kõige vähem sademeid, kuid äravool siiski üsna kõrge. Proovivõtupäevi oli oktoobris 8, millest vooluhulk mõõdeti 5 korral, väärtused vahemikus 0,098 m³/s kuni 0,11 m³/s. Ülejäänud vooluhulgad määrati veetaseme ja vooluhulga seoskõveralt. Ilmselt on seoskõveralt määratud vooluhulgad ülehinnatud ja tegelik äravool ilmselt väiksem. See kõik viitab vooluhulga pideva mõõtmise vajadusele.

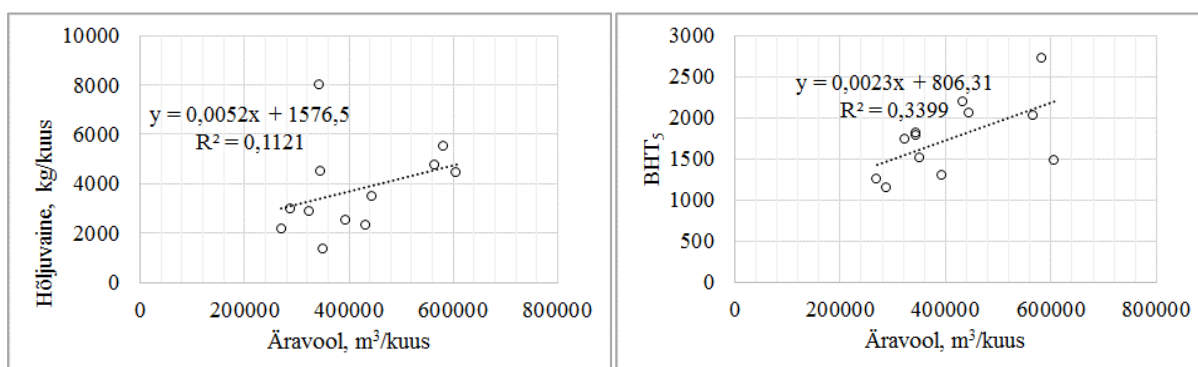
10.1 Üldnäitajad

Mustoja äravool oli kõrgeim jaanuarikuus, hõljuvainete reostuskoormus aga juulikuus, mil oli keskmisest mõnevõrra suurem äravool ja hõljuvainete kuukeskmise sisaldus oli aasta kõrgeim. Madalaim koormus oli aprillikuus, mil äravool oli pea sama kui juulikuus, kuid aprillikuu keskmine hõljuvainete sisaldus oli u 4 korda väiksem (joonis 42).



Joonis 42. Mustoja valgala kuine äravool ja hõljuvaine reostuskoormus

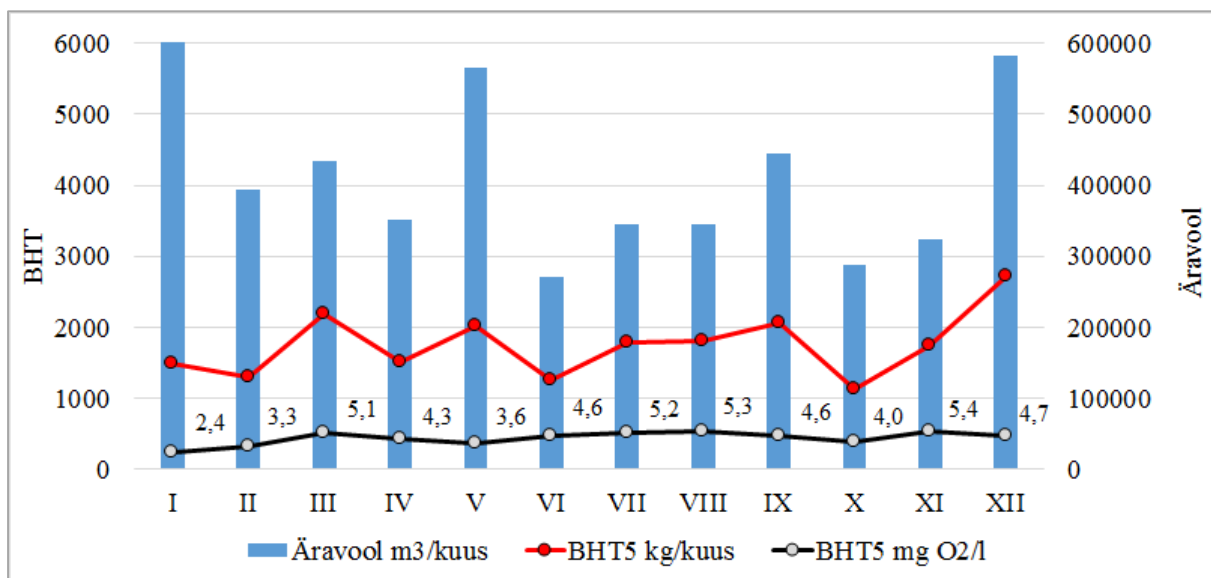
Äravoolu ja hõljuvainete omavahelist pea olematut sõltuvust, tingitud nii äravoolu, kui hõljuvaine sisalduse erisuunalisest varieeruvusest, näitab joonis 43 (vasakul).



Joonis 43. Mustoja kuise äravoolu ja reostuskoormuse seos, HA (vasakul) ja BHT₅ (paremal)

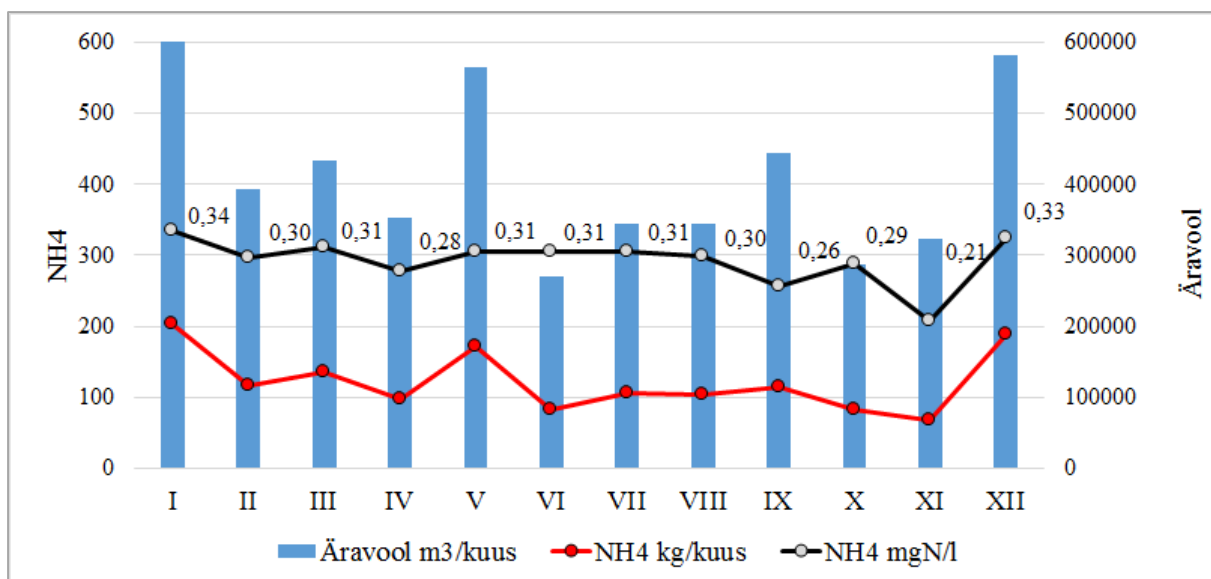
Äravoolu ja kergesti laguneva orgaanilise aine näitaja BHT₅ omavahelist nõrka seost, tingitud äravoolu suuremast muutusest kui seda kontsentratsiooni puhul, äravoolu ja BHT₅ erisuunalisest varieerumisest (nt mais, mil äravool suurenes ja kontsentratsioon vähenes) näitab joonis 43 (paremal).

Mustoja reostuskoormus BHT₅ järgi oli kõrgeim detsembrikuus, mil esines keskmisest oluliselt suurem äravool ja mõnevõrra keskmisest (4,4 mgO₂/l) kõrgem kontsentratsioon (joonis 44). Madalaim reostuskoormus esines väiksema äravoolu ajal oktoobrikuus, mil esines kõige vähem sademeid (joonis 44 ja 41).



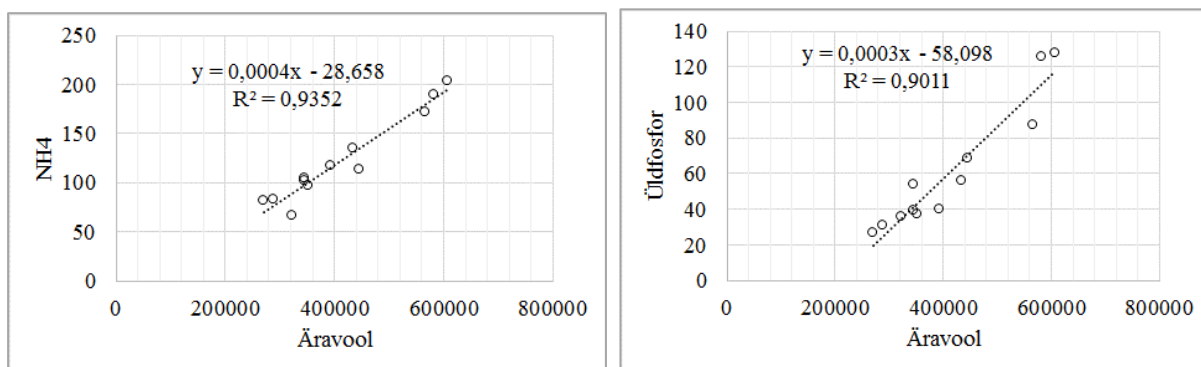
Joonis 44. Mustoja valgala kuine äravool ja BHT₅ reostuskoormus

Reostuskoormus NH₄ järgi oli oluliselt kõrgem kolmel kuul 2015. aastal, kõrgeim jaanuaris, järgnesid koormused detsembris ja mais. Jaanuaris, detsembris ja mais registreeriti ka kõrgeimad kontsentratsioonid ja äravool (joonis 45).

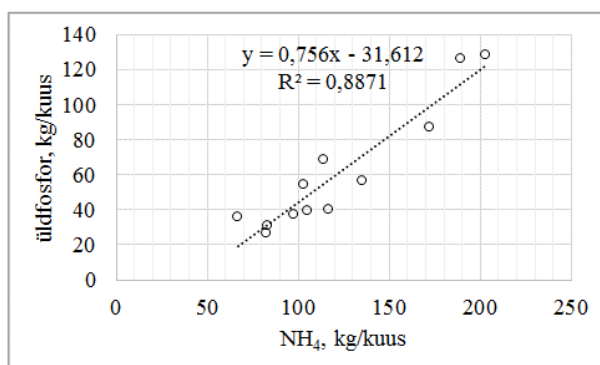


Joonis 45. Mustoja valgala kuine äravool ja NH₄ reostuskoormus

Muutused äravoolus olid üsna sarnased muutustega NH₄ reostuskoormuses ja kuukeskmise kontsentratsiooniga, mis näitab head seost äravoolu ja ammooniumi koormuse vahel (joonis 46, vasakul). Sarnane seos täheldati ka äravoolu ja üldfosfori reostuskoormuse vahel (joonis 46, paremal).



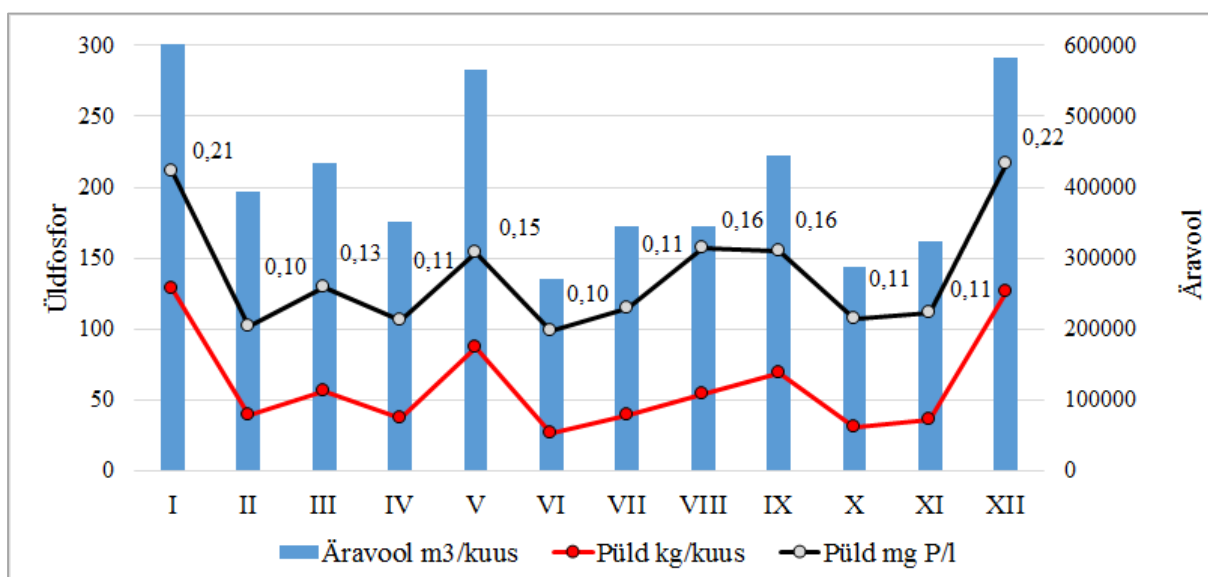
Joonis 46. Mustoja kuise äravoolu ja reostuskoormuse seos, NH₄ (vasakul) ja üldfosfor (paremal)



Üldfosfor ja NH₄ koormused ja nende muutus on omavahel heas sõltuvuses, st aastasised muutused on samasuunaliselt sünkroonsed (joonis 47 ja 48)

Joonis 47. Mustoja üldfosfori ja NH₄ koormuste seos

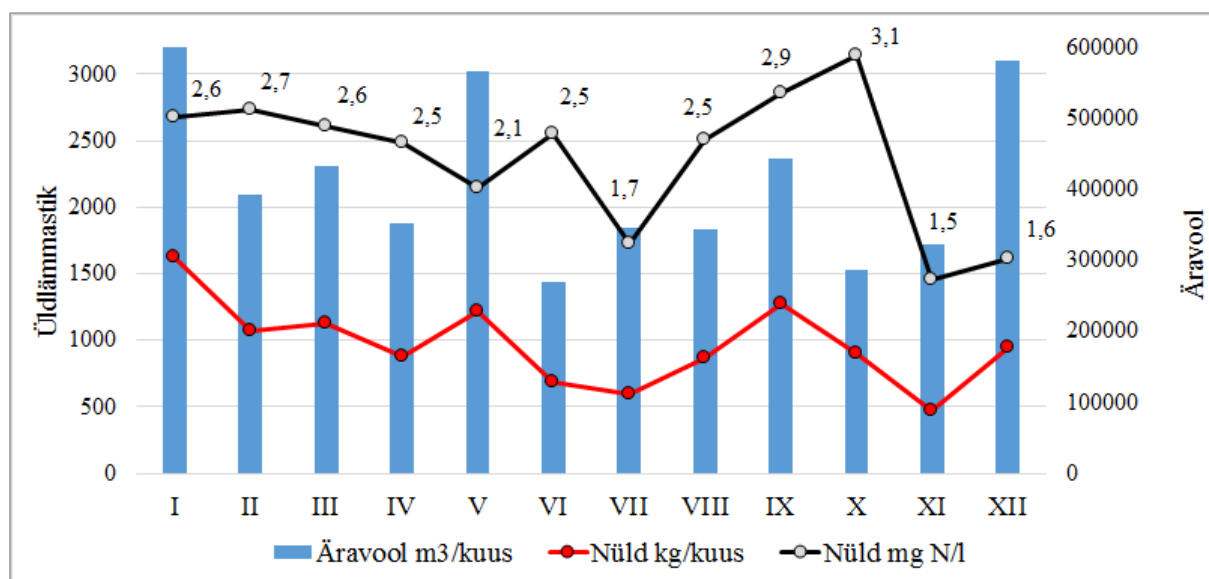
Mustoja üldfosfori reostuskoormused, nii nagu NH₄ puhul, olid kõrgeimad jaanuaris, detsembris ja mais, mil esines ka kõrgeim äravool (joonis 48). Väiksemad koormused täheldati juunis, oktoobris ja novembris, väiksema äravoolu korral.



Joonis 48. Mustoja valgala kuine äravool ja üldfosfori reostuskoormus

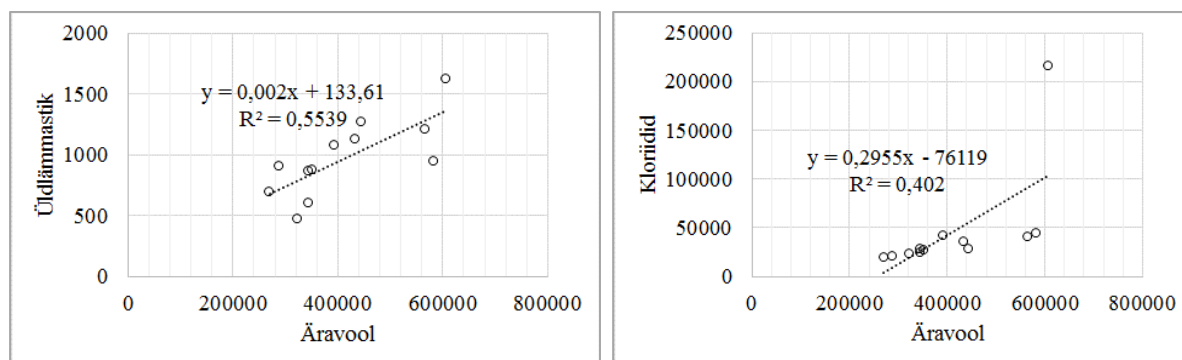
Üldlammastiku suurimad koormused esinesid jaanuaris ja mais, kuid mitte detsembris nagu teiste näitajate puhul, vaid septembris (joonis 49). Väikseimad olid koormused novembris,

juunis ja juulis. Iseloomulik on, et üldlämmastiku sisalduse tõusu korral ei esinenud alati tõusu koormuses (nt juunis, oktoobris), sest äravool oli tagasihoidlikum. Üldlämmastiku sisalduse langus ei toonud alati kaasa koormuse langust (nt mais, märtsis), sest äravool oli märkimisväärselt suurem. Äravool ja üldlämmastiku koormus, nende variatsioon ei ole üldjuhul samasuunaline ja sünkroonne.



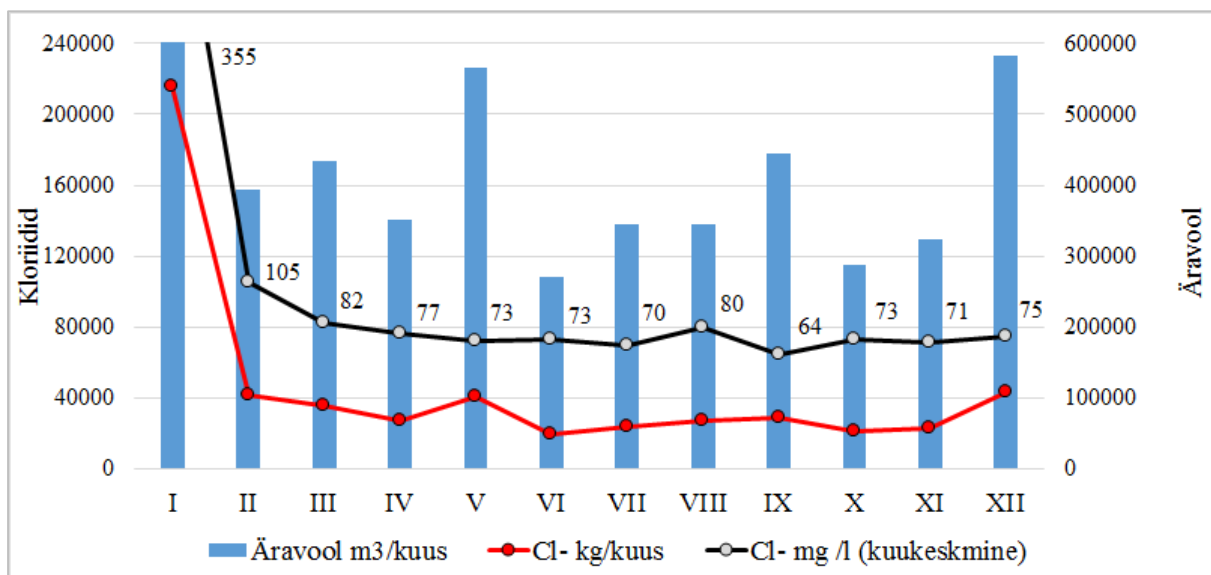
Joonis 49. Mustoja valgala kuine äravool ja üldlämmastiku reostuskoormus

Võrreldes äravoolu muutuseid ja nende ulatust üldlämmastiku reostuskoormuse muutustega, saab nentida, et head sõltuvust äravoolu ja üldlämmastiku koormuse vahel ei ole (joonis 50, vasakul).



Joonis 50. Mustoja kuise äravoolu ja reostuskoormuse seos, üldlämmastik (vasakul) ja kloriidid (paremal)

Kloriidide koormus püsis aasta jooksul üsna stabiilne, välja arvatud jaanuaris ja mõnevõrra ka veebruaris, mil lumikate sulas ja esines kõrge kloriidide sisaldus (joonis 51), põhjuseks kasutatud libedatõrjevahendid. Seevastu äravool oli suurema varieeruvusega. Head sõltuvust selletõttu kloriidide koormuse ja äravoolu vahel ei täheldatud (joonis 50, paremal).

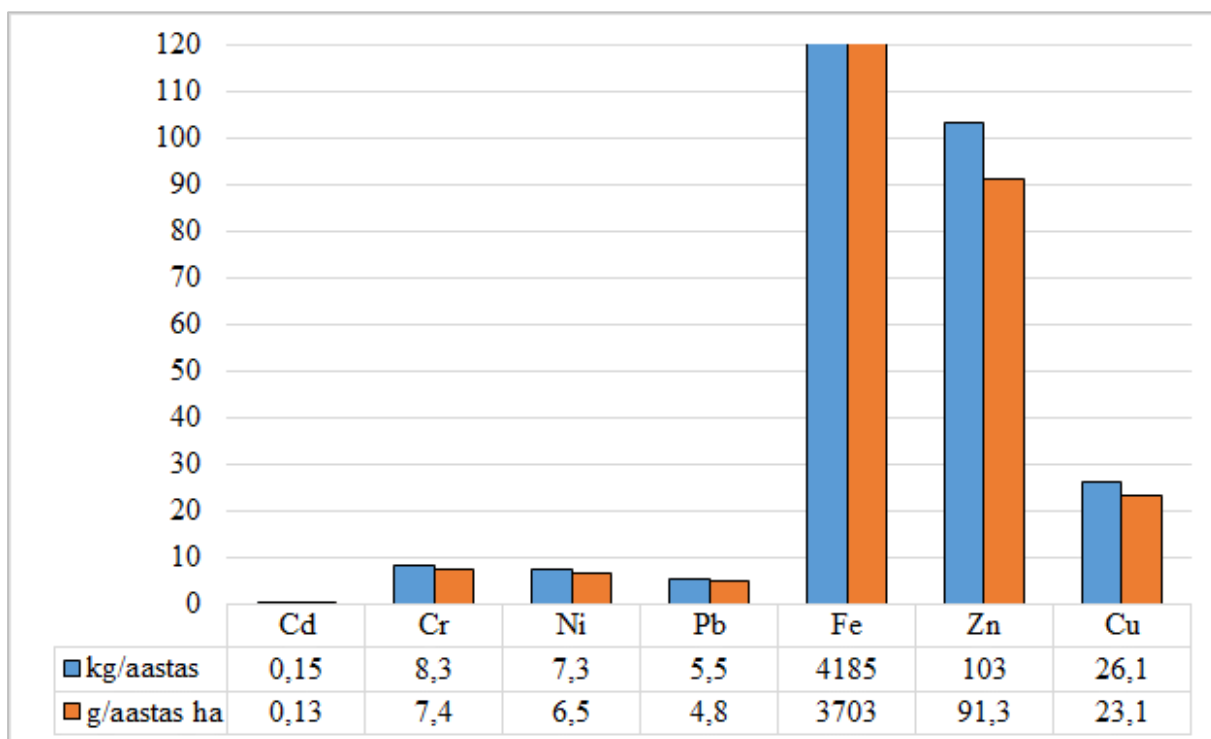


Joonis 51. Mustoja valgala kuine äravool ja kloriidide reostuskoormus, 2015

10.2 Metallid

Kõige rohkem sattus 2015. aastal Mustojasse valgalalt rauda, umbes 4000 kg ja kõige vähem kaadmiumi, 0,15 kg (joonis 52).

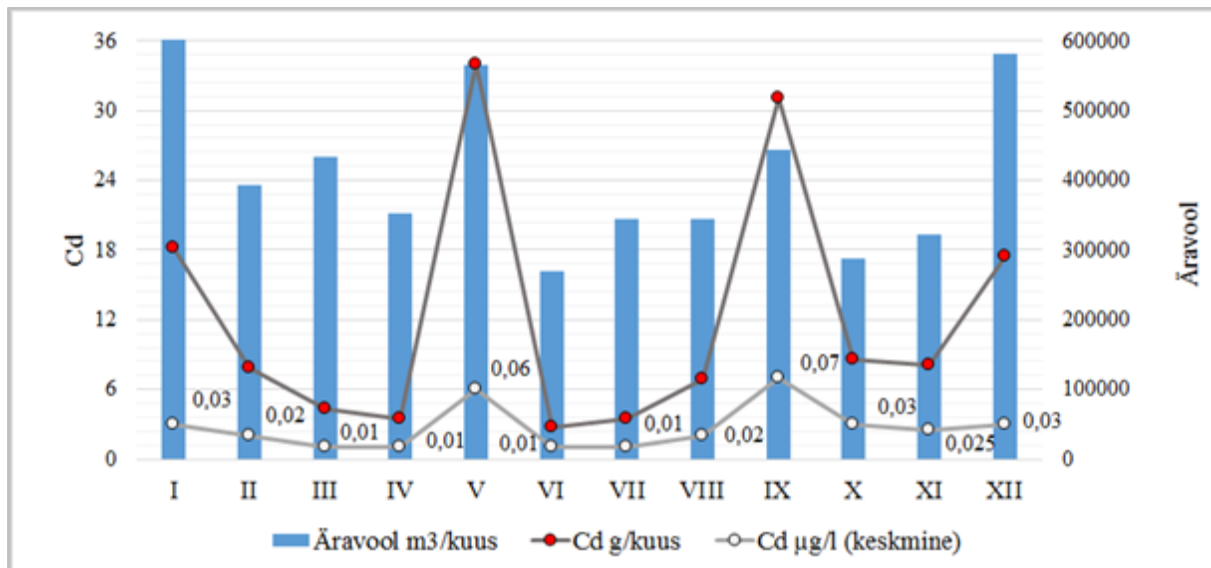
Koormuse järjestus oli järgmine: Fe→Zn→Cu→Cr→Ni→Pb→Cd. Ühikkoormus valgala ühelt hektarilt oli vahemikus alates kaadmiumist 0,13 g/ha kuni rauani 3700 g/ha (joonis 52).



Joonis 52. Mustoja raskmetallide kogukoormus ja koormus valgala pinnaühikule 2015. aastal

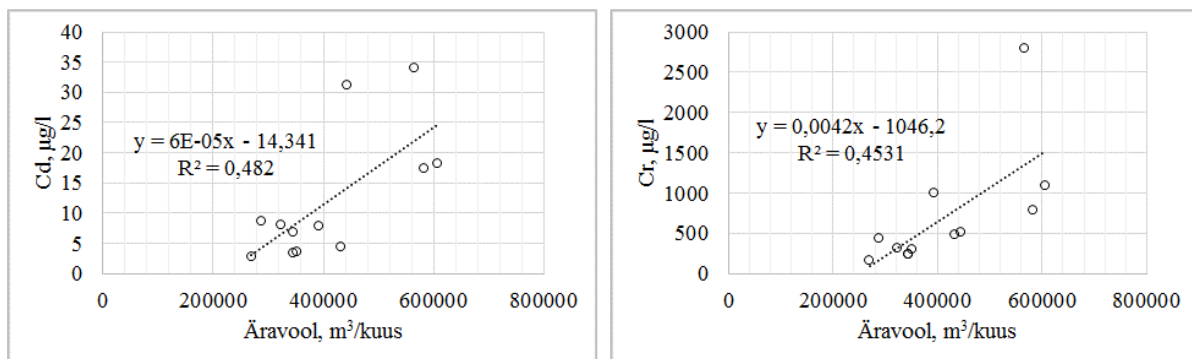
Kaadmiumi reostuskoormuse aastasiseses käigus eristuvad mai ja september (joonis 53). Mais, 21. mail esinenud valingvihma ajal võetud proovis esines tavapärasest kõrgem kontsentratsioon

(0,11µg/l) ühes kahest võetud proovist, mis tõstis keskmise väärtust. Septembris võeti üks proov vahetult peale vihma ja teine kuival ajal, väärtused vastavalt 0,13 µg/l ja < 0,02 µg/l. Koormused olid kõrgemad ka jaanuaris ja detsembris, mil oli sula ja tavapärasest rohkem sademeid. Kuna pooled tulemused olid alla määramispiiri, võeti reostuskoormuse arvutuse aluseks kontsentratsiooniks neil juhtudel pool määramispiirist ehk 0,01 µg/l. Tegelik väärtus on teadmata. Seega, ei peegelda reostuskoormuse väärtused tegelikku olukorda päris tõeselt.



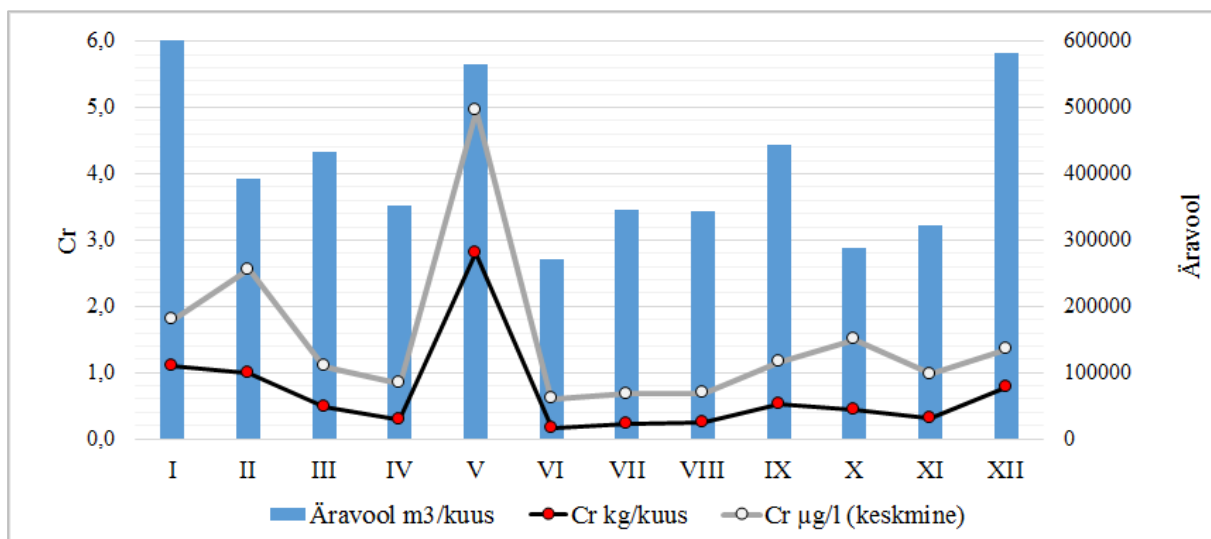
Joonis 53. Mustoja valgala kuine äravool ja Cd reostuskoormus, 2015

Head seost kaadmiumi ja vooluhulga vahel ei täheldatud (joonis 54, vasakul).



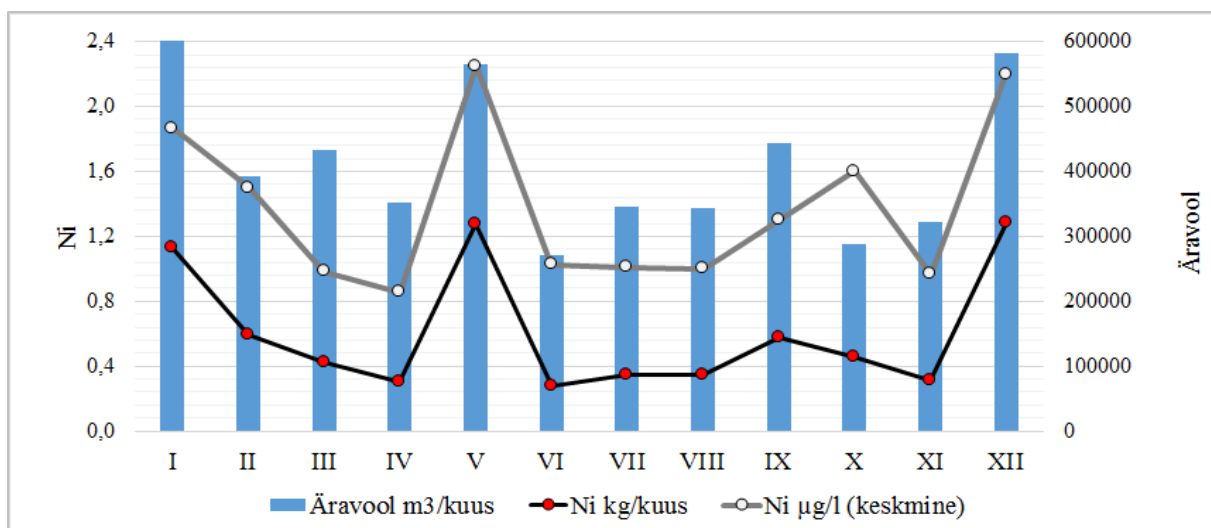
Joonis 54. Mustoja kuise äravoolu ja reostuskoormuse seos, Cd (vasakul) ja Cr (paremal)

Kroomi aastasine reostuskoormuse käik on ühe suurema koormuse tõusuga mais ja kahe väiksema tõusuga jaanuaris ja detsembris (joonis 55), mille põhjused on samad kui kaadmiumi puhul. Teised kontsentratsiooni muutused ei ole viinud samalaadsetele märkimisväärsetele koormuste tõusule või langule. Tulemused joonisel 54 (vasakul) ei kinnita ka head seost äravooluga.



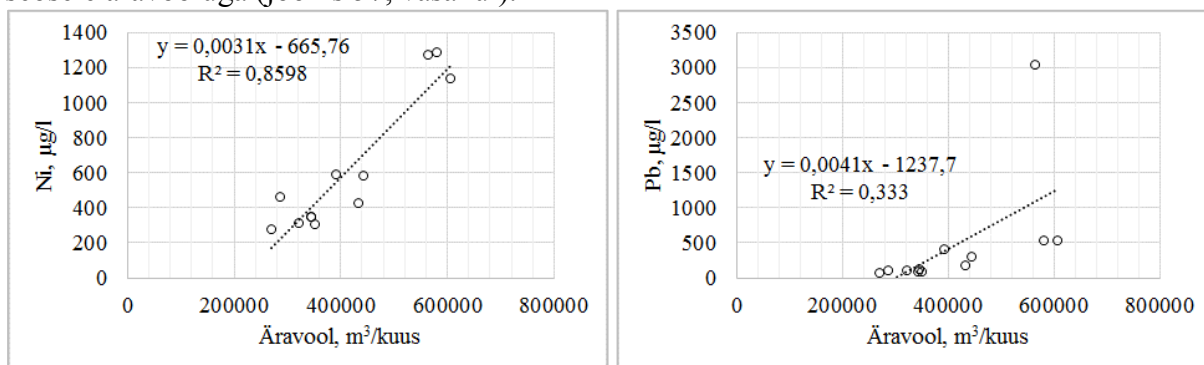
Joonis 55. Mustoja valgala kuine äravool ja Cr reostuskoormus, 2015

Nikli koormuse aastasine käik on üldjuhul sarnane krooni koormusele, suurim koormus esines mais, järgnesid detsember ja jaanuar, mis nikli puhul on seotud nii kontsentratsiooni kui äravoolu tõusuga (joonis 56).



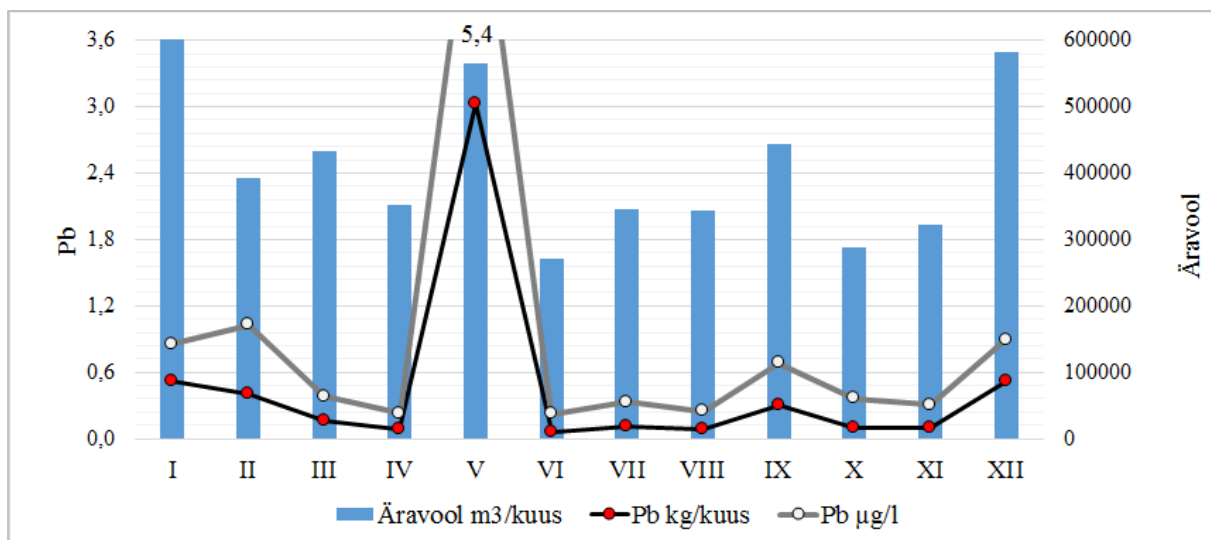
Joonis 56. Mustoja valgala kuine äravool ja Ni reostuskoormus, 2015

Nikli koormuse aastasised muutused on samasuunaliselt sünkroonsed, mis viitab üsna heale seosele äravooluga (joonis 57, vasakul).



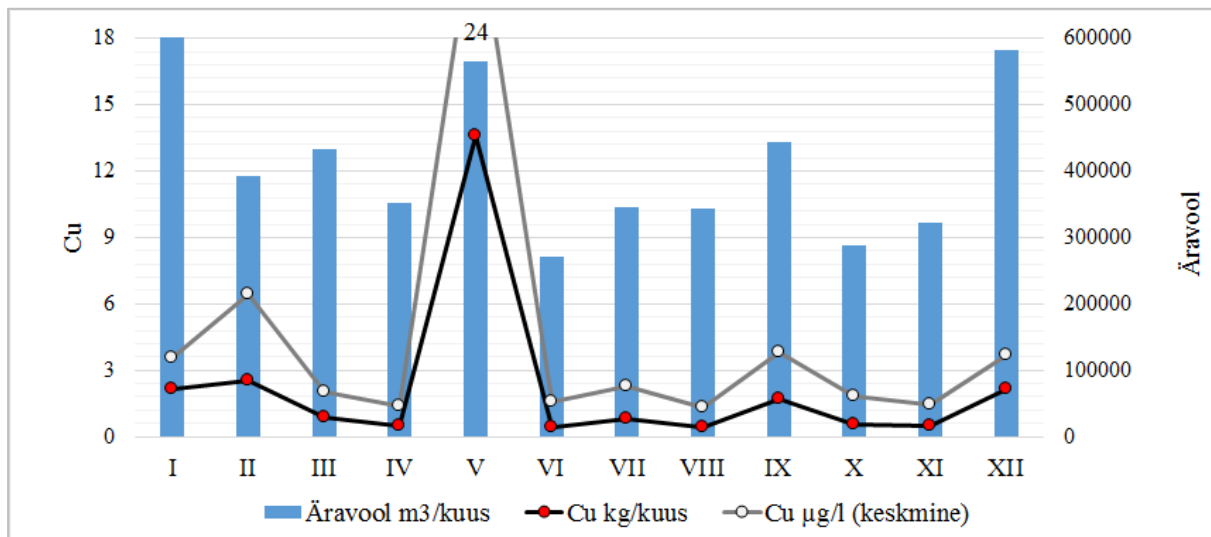
Joonis 57. Mustoja kuise äravoolu ja reostuskoormuse seos, Ni (vasakul) ja Pb (paremal)

Plii koormus oli suurim mais samadel põhjustel nagu eelnevate metallide puhul, vihmavalingu aegne üksikmõõtmine ja samal ajal kõrge kontsentratsioon ühes kahest proovist, mis tõstis kuukeskmist kontsentratsiooni ja edasi reostuskoormust. Samuti esines väiksem tõus jaanuaris, septembris ja detsembris (joonis 58). Andmeanalüüsi käigus ei täheldatud plii ja äravoolu omavahelist otsest sõltuvust (joonis 57, paremal).



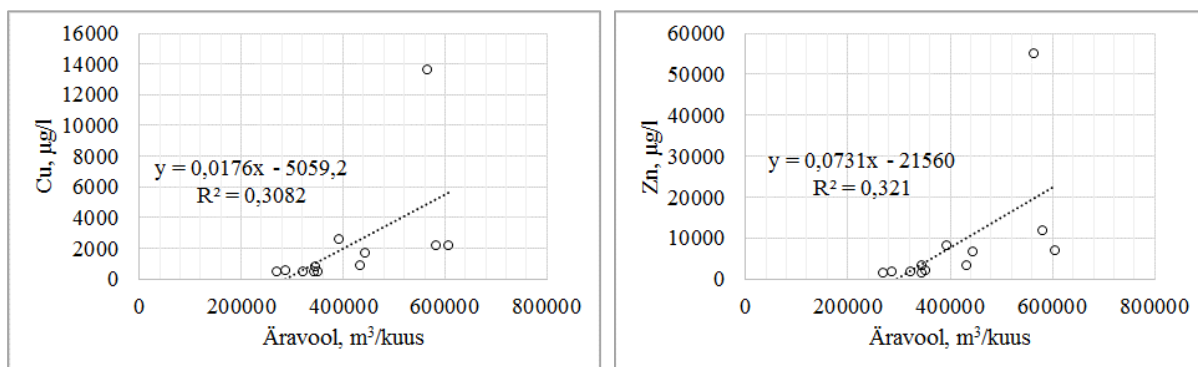
Joonis 58. Mustoja valgala kuine äravool ja Pb reostuskoormus, 2015

Vase aastasine koormus varieerub sarnaselt Cd, Cr, Ni, Pb koormuskäigule, tõusud mais, septembris ja detsembris, mille tingis nii äravoolu kui kontsentratsioonide tõus (joonis 59). Jaanuarikuu asemel esines vase koormuse tõus veebruaris, mil esinenud märkimisväärne tõus kontsentratsioonis tõi kaasa koormuse tõusu.



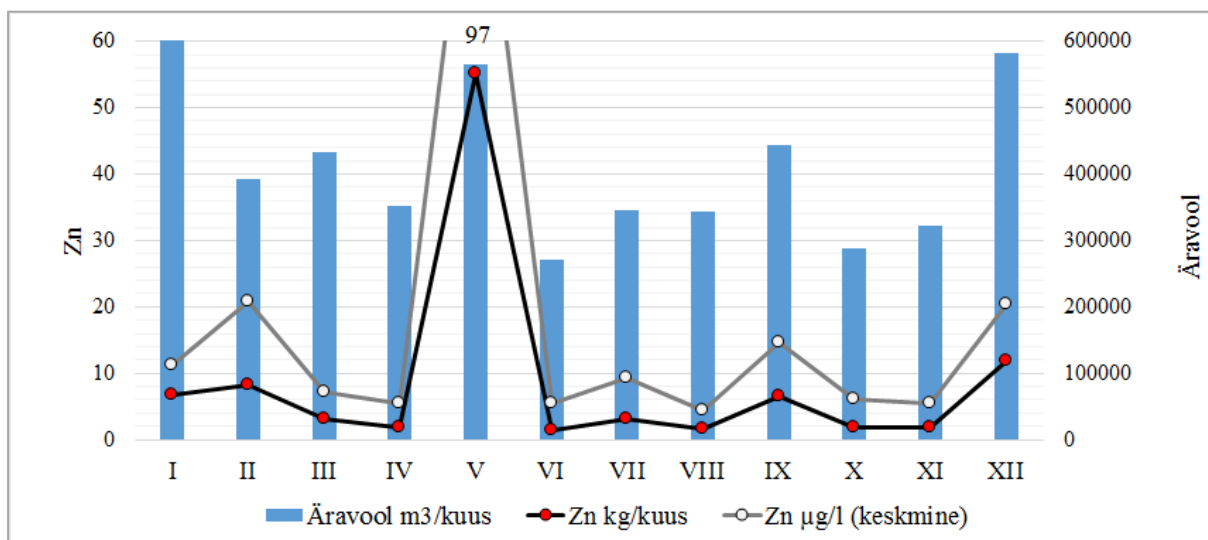
Joonis 59. Mustoja valgala kuine äravool ja Cu reostuskoormus, 2015

Andmeanalüüsi käigus ei täheldatud vase ja äravoolu omavahelist otsest sõltuvust (joonis 60, vasakul).



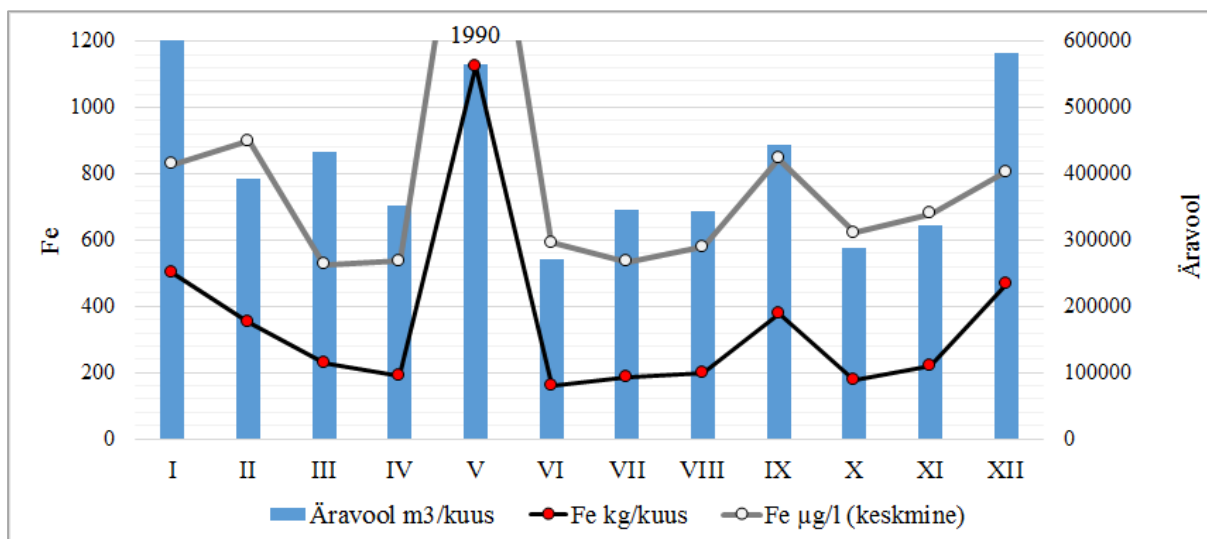
Joonis 60. Mustoja kuise äravoolu ja reostuskoormuse seos, Cu (vasakul) ja Zn (paremal)

Tsingi aastasine koormuse variatsioon on sarnane teistele metallidele, mil suuremad koormused olid mais, septembris ja detsembris (joonis 61). Jaanuari asemel esines kõrgem koormus veebruaris, nii nagu vase puhul, märkimisväärselt kõrgema kontsentratsiooni tõttu. Samuti nagu vase puhul, ei täheldatud otsest sõltuvust äravoolu ja tsingi koormuse vahel (joonis 60, paremal).



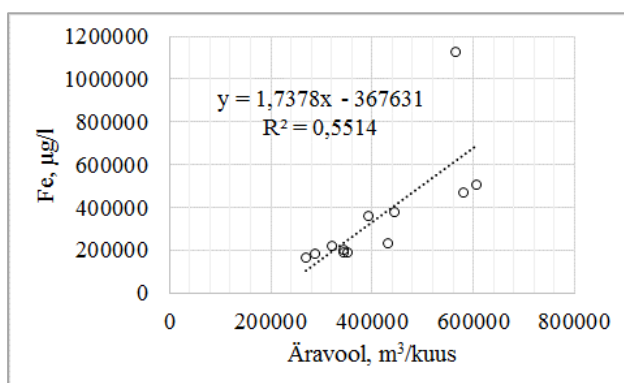
Joonis 61. Mustoja valgala kuine äravool ja Zn reostuskoormus, 2015

Raua aastasiseses koormuses esines neli suuremate väärtustega perioodi, suurim oli koormus mais, märkimisväärselt väiksemad, aga eristuvad, olid koormused jaanuaris septembris ja detsembris (joonis 62).



Joonis 62. Mustoja valgala kuine äravool ja Fe reostuskoormus, 2015

Kohati toimusid muutused raua kontsentratsioonis ja äravoolus sünkroonselt, nt ajavahemikul august kuni november.



Joonis 63. Mustoja kuise äravoolu ja reostuskoormuse seos, Fe

Mõningat seost raua reostuskoormuse ja äravoolu vahel siiski täheldati, see on näha joonisel 63.

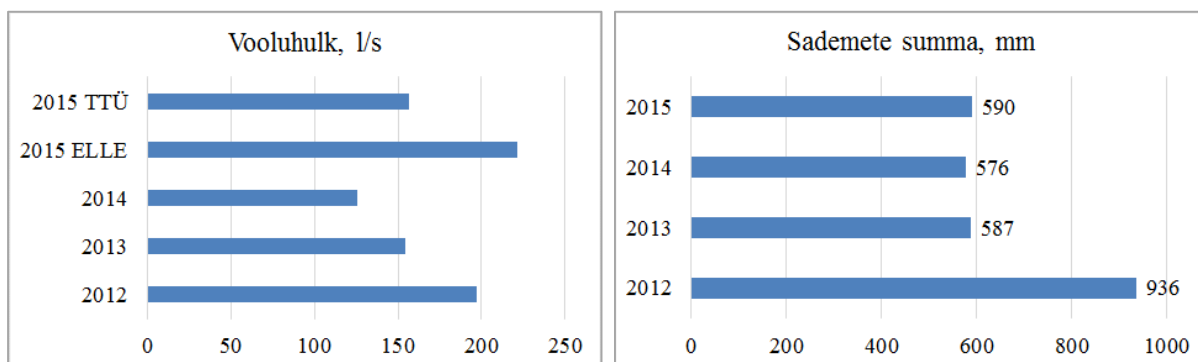
11. Mustoja reostuskoormus üldnäitajate järgi ajavahemikul 2012-2015

Tallinna Keskkonnameti poolt tellitud töö raames tegi TTÜ KTI ja AS Tallinna Vesi poolt uuringuid ajavahemikul 2012 kuni 2014 ja ELLE jätkas sama tööd 2015. aastal. Eraldi uuring toimus Mustojal TTÜ KTI poolt ajavahemikul 2014-2016.

Tallinna Keskkonnameti poolt tellitud ja ELLE poolt tehtud Mustoja seirest saadud andmete põhjal 2015. aasta kohta, arvutas TTÜ KTI, proovivõtupäeva ööpäevase reostuskoormuse ja keskvaartuse meetodil ööpäeva keskmise koormuse, mis võeti aluseks aastakoormuste määramisel. Eelnevate aastate, 2012-2014, koormused on arvatud samal põhimõttel.

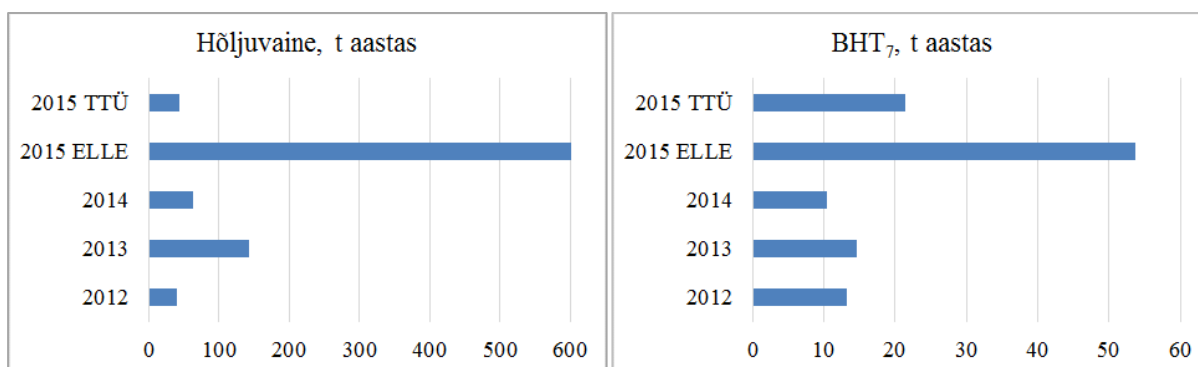
Kui Tallinna Keskkonnaameti tellitud uuringus oli seiresagedus erinevates ilmastikutingimustes 6 korda aastas, siis TTÜ KTI eriuuringu raames ajavahemikul 2014-2016 võeti proove ja mõõdeti vooluhulka keskmiselt 6 korda kuus. Erinev seiresagedus, sellest

lähtuv erinev vooluhulk ja ainesisaldus ning koormuste arvutamise meetod tingib ka erinevuse reostuskoormustes (joonised 64-66)



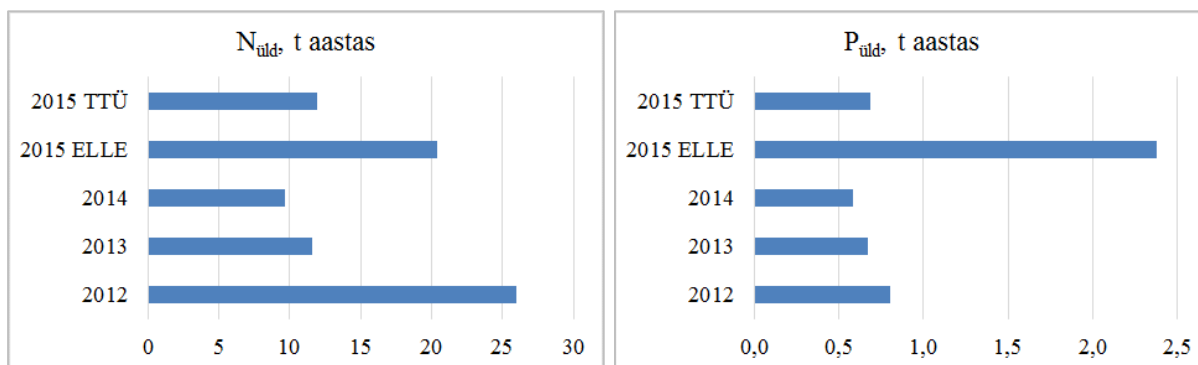
Joonis 64. Mustoja aastakeskmise vooluhulk (vasakul) ja sademete aastasumma, 2012-2015

Kõige sademete rohkem oli 2012. aasta, mil Tallinn – Harku aeroloogiajaamas mõõdeti aastaks kokku 936,2 mm sademeid, seevastu 2013, 2014 ja 2015. aastal oli sademeid pea 40% vähem, vastavad väärtused olid vahemikus 576-590 mm (joonis 64, paremal). Suurim aastakeskmise vooluhulk esines 2012. aastal, mil oli kõige rohkem sademeid ja vähim 2014. aastal, mil oli ka kõige vähem sademeid. Aastad 2013 ja 2015 olid üsna sarnased oma iseloomult, sademete hulk oli pea võrdne. Võrreldes 2015. aastal koormuste arvutuste aluseks olevat ELLE mõõtmiste alusel saadud keskmist vooluhulka ja TTÜ KTI mõõtmiste alusel saadud keskmist vooluhulka, siis on erinevus ligi 30% (joonis 64, vasakul). ELLE ühe mõõtmiskorra tulemused on ka ainesisalduse osas palju kõrgemad. Märkimisväärselt suurem vooluhulk ja väga kõrged ainesisaldused tingisid ka oluliselt kõrgemad koormused võrreldes TTÜ KTI vastavate tulemustega (joonised 65 ja 66).



Joonis 65. Mustoja hõljuvaine (vasakul) ja BHT koormus (paremal), 2012-2015

Erinevus hõljuvaine osas on üle 90% ja orgaanilise aine näitaja osas 60%. Aastate võrdluse näitab, et hõljuvaine koormus on ajavahemikul 2012 kuni 2014 olnud väiksem 2012. aastal ja suurim 2013. aastal, mille tingis pea kaks korda kõrgem kontsentratsioon (joonis 65, vasakul). Ka oli 2013. aastal kõrgem orgaanilise aine näitaja BHT, samuti 2015. aastal (joonis 65, paremal), mis viitab püsivale reostusallika(te) olemasolule valgalal.



Joonis 66. Mustoja üldlämmastiku (vasakul) ja üldfosfori (paremal) koormus, 2012-2015

Üldlämmastiku ja üldfosfori koormus on vähenenud vastavalt sademete vähenemisele ajavahemikul 2012-2014, kuid taas tõusnud 2015. aastal (joonis 66). Erinevus ELLE ja TTÜ KTI üldlämmastiku ja üldfosfori koormustes on vastavalt 40% ja 70%, mille tingis ELLE mõõtmistulemuste märkimisväärselt suurem vooluhulk ja väga kõrged ainesisaldused, eriti fosfori sisaldus.

12. Mõõtmised erinevates ilmastikutingimustes

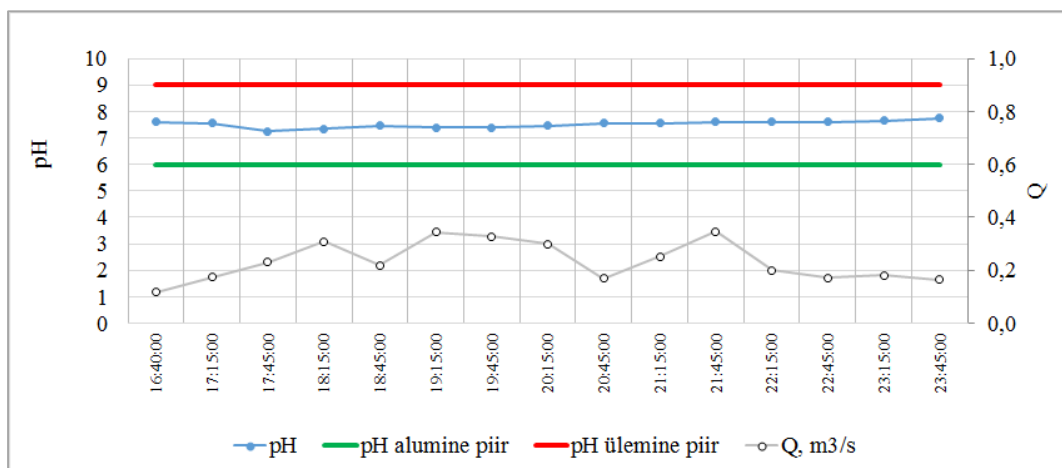
Ööpäevased mõõtmised toimusid kolmel korral 2014. aasta sügise alguses, pikema ajalise väiksema intensiivsusega vihma ajal, 2015. aastal sügise lõpus, lühiajalise mõnevõrra suurema intensiivsusega vihma ajal ja 2016. aasta talvel, mil oli ulatuslik sulamisperiood koos valingvihmaga (tabel 8). Keskmine õhutemperatuur oli esimesel uuringuperioodil u +7 °C ja teisel +3 °C ning veetemperatuur vastavalt +11,8 °C ja +7,2 °C. Kolmanda uuringu ajal oli õhu keskmine temperatuur oli +3 °C ja vee temperatuur +5,1 °C.

Tabel 8. Erinevate ilmastikutingimuste uuringute aegsed sademed ja äravool

Ajavahemik	Aeg, h	Sademed, mm	Keskmine vooluhulk, m ³ /s	Äravool, m ³
22-23. september 2014,	22	6,9	0,23	18216
4-5. detsember 2015	8	8,7	0,64	18461
26. jaanuar – 1.veebruar 2016	144	28,6	0,64	331776

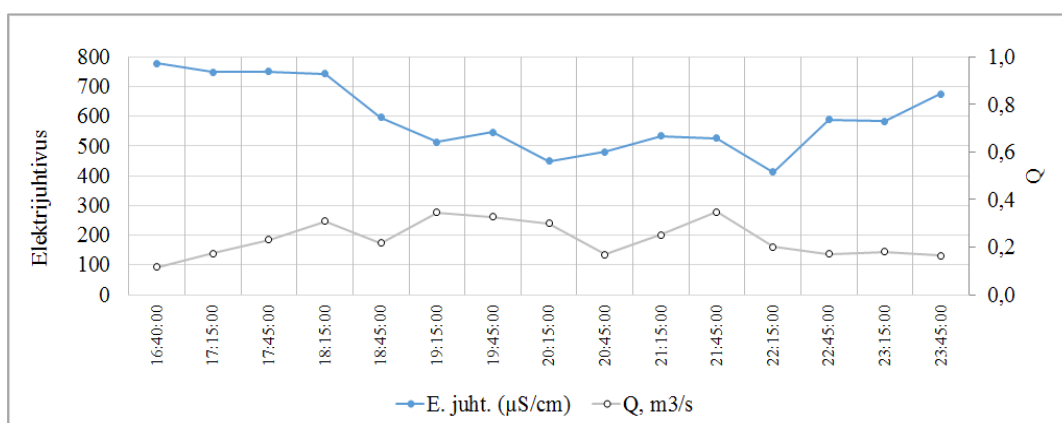
12.1 Mõõtmisperiood 22-23. september 2014

Vooluhulga mõõtmine ja proovivõtt toimusid iga 30 minuti tagant. Kokku võeti proove 15 korral. Proovis määrati laboris hõljuvaine, BHT₅, üldlämmastik, üldfosfor ja väljas pH, elektrijuhtivus. Vesinikeksponendi pH väärtused varieerusid vahemikus 7 kuni 8 ja ei ületanud KM määruses 44 lubatud piirväärtuseid (joonis 67).



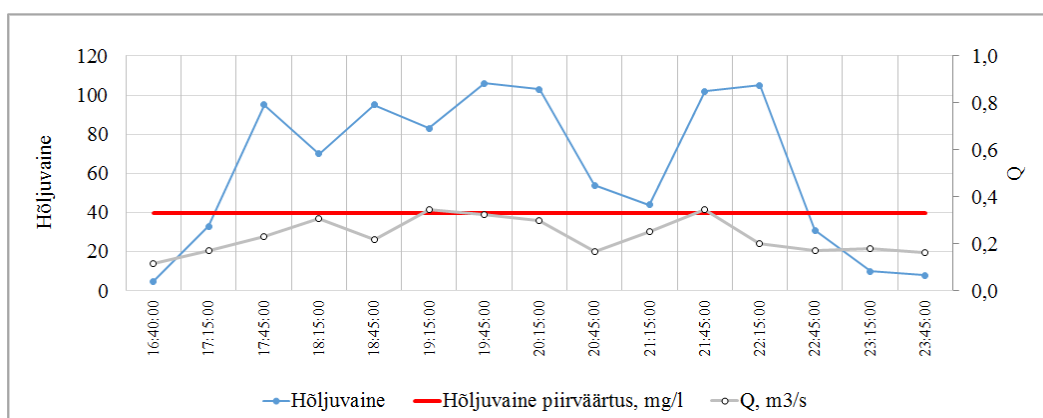
Joonis 67. Mustoja pH, 22-23. september 2014

Elektrijuhtivus varieerus vahemikus 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ kuni 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

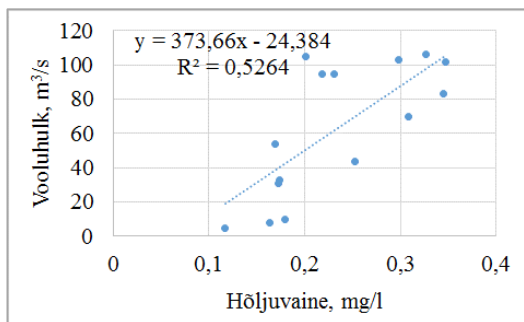


Joonis 68. Mustoja elektrijuhtivus, 22-23. september 2014

Hõljuvaine sisaldus varieerus vahemikus 5 mg/l kuni 106 mg/l, ületades VVm 99 lubatud piirväärtust 10 korral (joonis 69). Iseloomulik on, et hõljuvaine kontsentratsioon vihma alguses tõuseb järsumalt, kui vooluhulk.



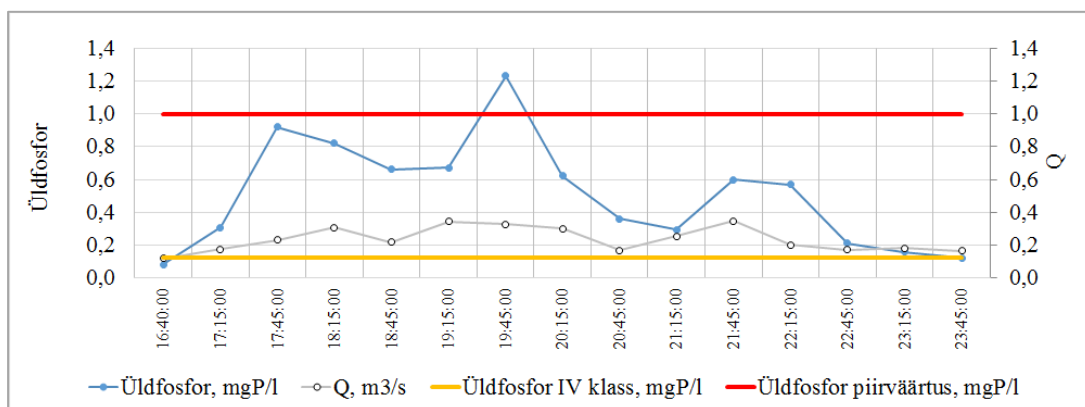
Joonis 69. Mustoja hõljuvaine, 22-23. september 2014



Otsest omavahelist sõltuvust selle perioodi vooluhulga ja hõljuvaine vahel ei täheldatud (joonis 70).

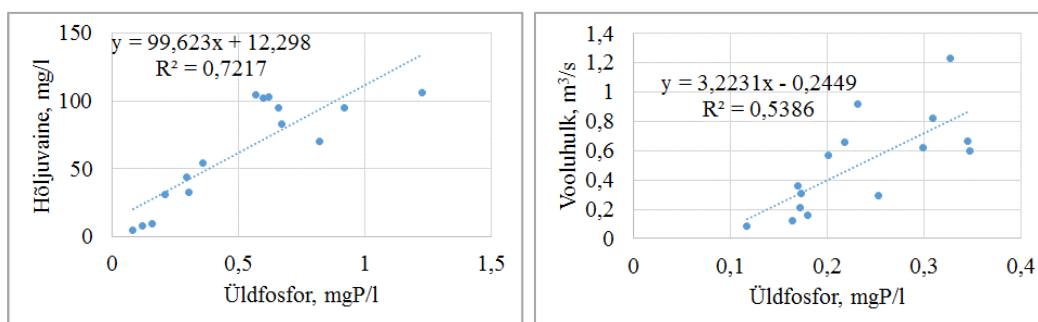
Joonis 70. Mustoja vooluhulga ja hõljuvaine seos, 22-23. september 2014

Üldfosfori sisaldus varieerus vahemikus 0,083 mgP/l kuni 1,2 mgP/l, ületades KM määruses 44 seatud piiri IV ja V klassi vahel, mis on 0,12 mgP/l (joonis 71). Tulemused olid kõik, välja arvatud vahetult enne vihma võetud proovis, väga halvast klassist. Reovee puhastamise VVm 99 piirväärtust 1,0 mgP/l ületati ühel korral.



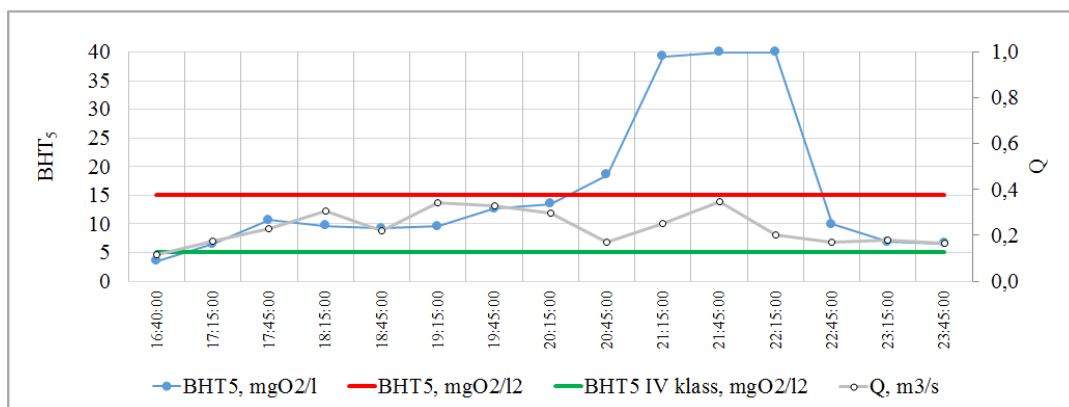
Joonis 71. Mustoja üldfosfor, 22-23. september 2014

Sellel uuringuperioodil täheldati hõljuvaine ja üldfosfori omavahelist seost (joonis 72, vasakul), samuti mõningat sõltuvust vooluhulga ja üldfosfori vahel (joonis 72, paremal).



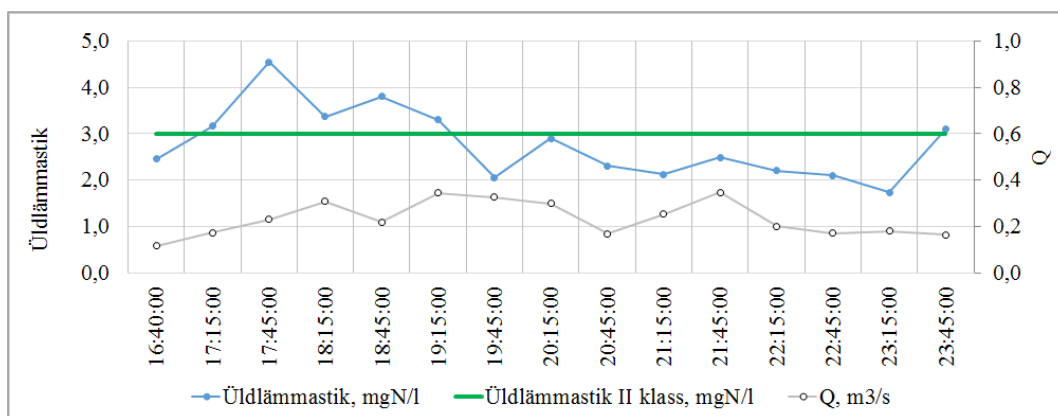
Joonis 72. Mustoja hõljuvaine ja üldfosfori seos (vasakul); vooluhulga ja üldfosfori seos (paremal), 22-23. september 2014

Kergesti laguneva orgaanilise aine näitaja BHT₅ varieerus vahemikus 3,5 mgO₂/l kuni 40 mgO₂/l, ületades KM määruses 44 seatud piiri IV ja V klassi vahel, mis on 5,0 mgO₂/l (joonis 73). Tulemused olid kõik, välja arvatud vahetult enne vihma võetud proovis, väga halvast klassist. Reovee puhastamise VVm 99 piirväärtust 15 mgO₂/l ületati neljal korral.



Joonis 73. Mustoja BHT, 22-23. september 2014

Üldlämmastiku sisaldus varieerus vahemikus 1,7 mgN/l kuni 5 mgN/l, ületades KM määruks 44 seatud piiri II ja III klassi vahel, mis on 3,0 mgP/l, viiel korral (joonis 74). Ülejäänud kümnel korral tulemused olid heas klassis.



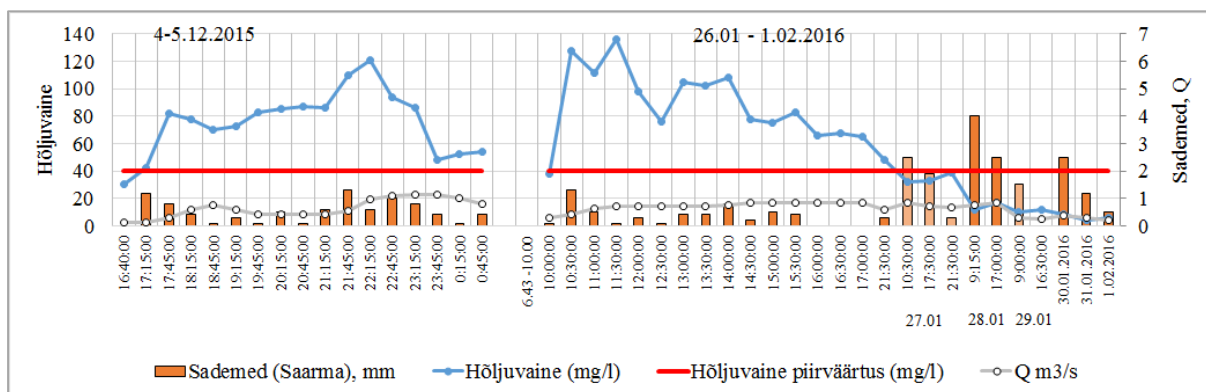
Joonis 74. Mustoja üldlämmastik, 22-23. september 2014

Reovee puhastamise VVm 99 esitatud üldlämmastiku piirväärtust, 45 mgN/l, ei ületatud mitte ühelgi korral.

12.2 Mõõtmisperiood 4-5. detsember ja 26. jaanuar – 1. veebruar 2016

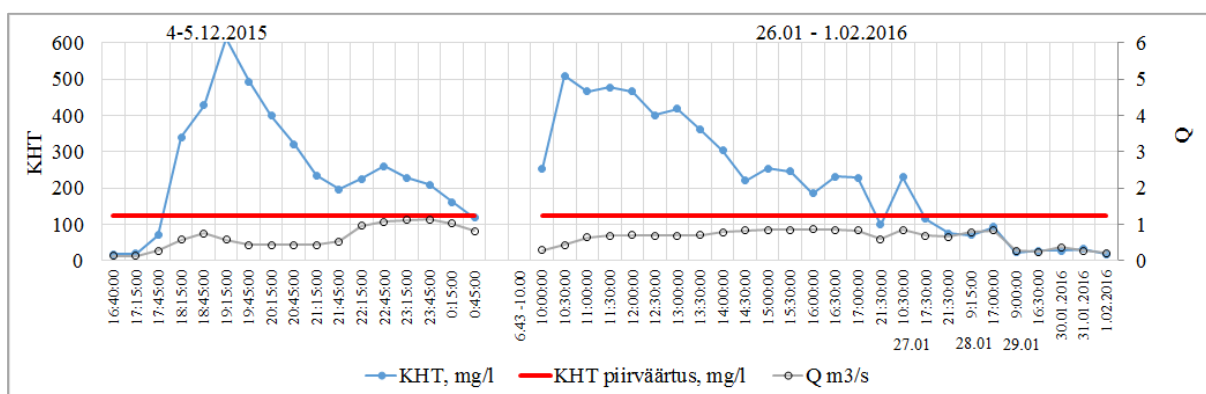
Vooluhulga mõõtmine ja proovivõtt toimusid üldjuhul iga 30 minuti tagant, vihmaseju lõpufaasis harvemalt. 2015. aasta detsembri mõõtmisperioodil võeti 8 tunni jooksul 18 proovi ja 2016. aasta jaanuaris 26 proovi, millest 16 proovi võeti esimese päeva 7 tunni jooksul. Proovis määrati laboris hõljuvaine, BHT₅, KHT, üldlämmastik, NH₄, üldfosfor, kloriidid (jaanuar 2016 – sula ajal) ja väljas vee temperatuur, pH, elektrijuhtivus, hapniku sisaldus, mõõdeti vooluhulk.

Hõljuvaine sisaldus 2015. aasta detsembri uuringus oli valdavalt üle VVm 99 lubatud piirväärtuse 40 mg/l, samuti 2016. aasta jaanuarikuus (joonis 75). Vaatamata sademetele jaanuari 2016 viimastel päevadel vähenes Mustojas hõljuvaine jõudsalt, mis viitab lahjendusefektile.



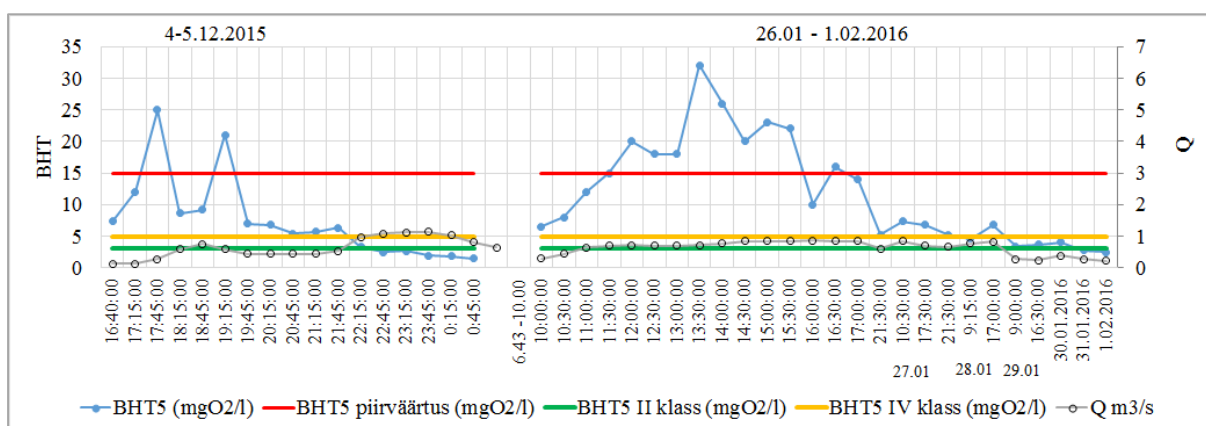
Joonis 75. Mustoja hõljuvaine sisaldus detsembris 2015 (vasakul) ja jaanuaris 2016 (paremal)

Raskesti laguneva orgaanilise aine sisalduse näitaja KHT varieerus suurtes piirides ja ületas enamasti VVm 99 lubatud piirväärtust 125 mg/l mõlemal uuringuperioodil, olles järsu tõusu ja langusega esimesel, kuid järsu tõusu ning laugjama languga teisel, mille tingis vooluhulga käik (joonis 76). KHT väärtused varieerusid esimesel mõõtmisperioodil vahemikus 18 mg/l kuni 613 mg/l ja teisel 18 mg/l kuni 509 mg/l.



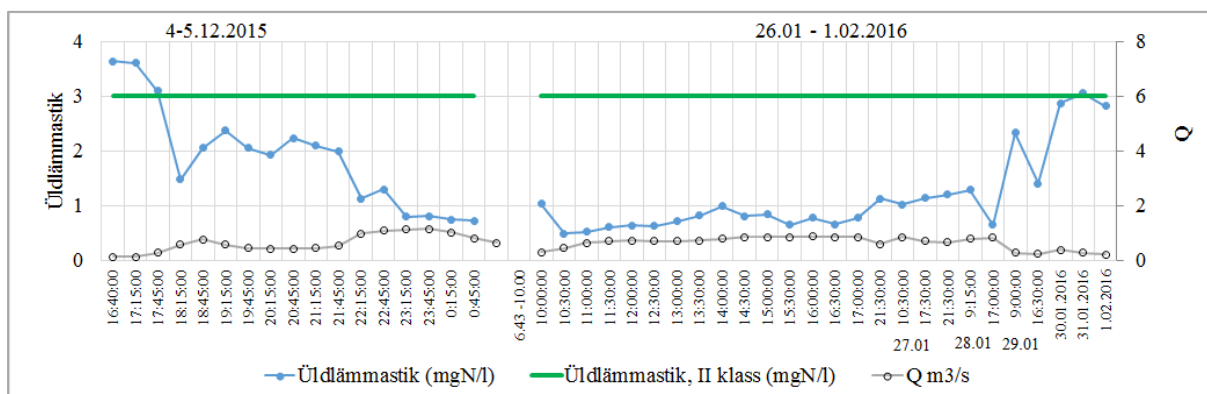
Joonis 76. Mustoja KHT sisaldus detsembris 2015 (vasakul) ja jaanuaris 2016 (paremal)

Kergesti laguneva orgaanilise aine näitaja BHT₅ varieerus suurtes piirides 1,5 mgO₂/l kuni 25 mgO₂/l esimesel perioodil ja 2,5 mgO₂/l kuni 32 mgO₂/l teisel perioodil (joonis 77). VVm 99 esitatud piirväärtus 15 mgO₂/l oli ületatud mõlemal perioodil, esimesel 2 korda ja teisel 9 korda. KM määruse 44 järgi on valdav osa tulemusi väga halvast klassist, üle 5 mgO₂/l. Esimese perioodi keskmine BHT väärtus, 7,5 mgO₂/l, on väiksem teise perioodi vastavast väärtusest, mis on 10,1 mgO₂/l.



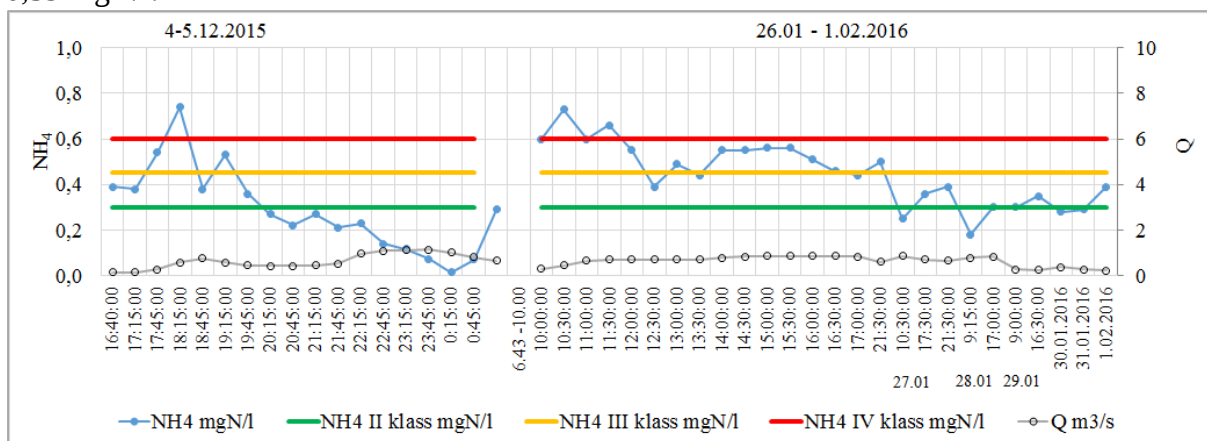
Joonis 77. Mustoja BHT sisaldus detsembris 2015 (vasakul) ja jaanuaris 2016 (paremal)

Üldlämmastiku sisaldus on Mustojas üldjuhul madal, esimesel uuringuperioodil esines KM määruuse 44 II ehk hea klassi piirväärtuse ületamist kolmel korral ja teisel üks kord (joonis 78). See kinnitab rutiinse seire käigus täheldatud fakti, et kuival ajal on Mustoja üldlämmastiku varieeruvus suurem ja üksikväärtused kõrgemad, kui märjal ajal (joonis 20). VVm 99 piirväärtust 45 mgN/l ei ole ületatud ühelgi korral.



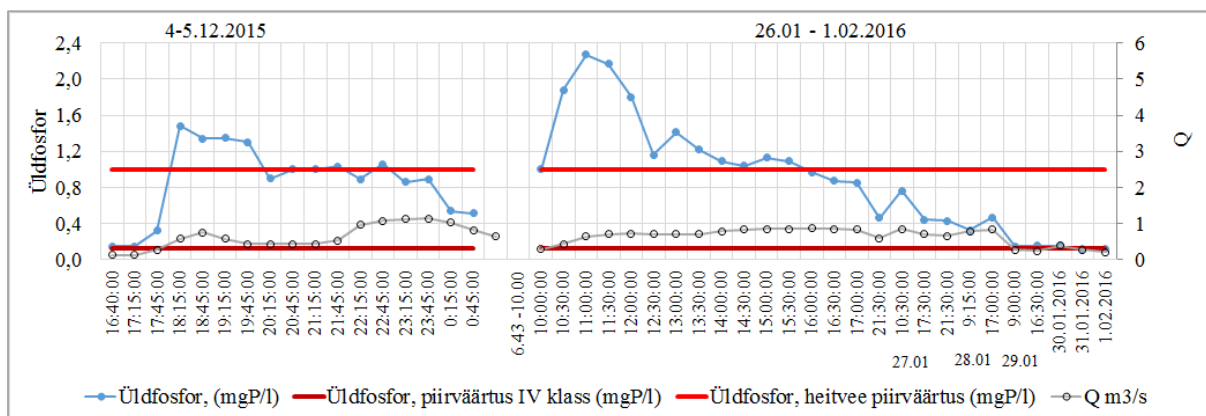
Joonis 78. Mustoja üldlämmastiku sisaldus detsembris 2015 (vasakul) ja jaanuaris 2016 (paremal)

Ammoniumi sisaldus oli mõlemal perioodil üsna kõrge. Ka rutiinse seire tulemused näitavad, et üldine NH₄ tase on kõrge ja ületab hea klassi piiri. Esimesel perioodil ületasid KM määruuse 44 II ehk hea klassi piiri pooled tulemustest, teisel perioodil ei vastanud määruusele 26 proovist 19 proovi tulemus (joonis 79). esimese perioodi keskmine NH₄ väärtus oli 0,29 mgN/l ja teisel 0,39 mgN/l.



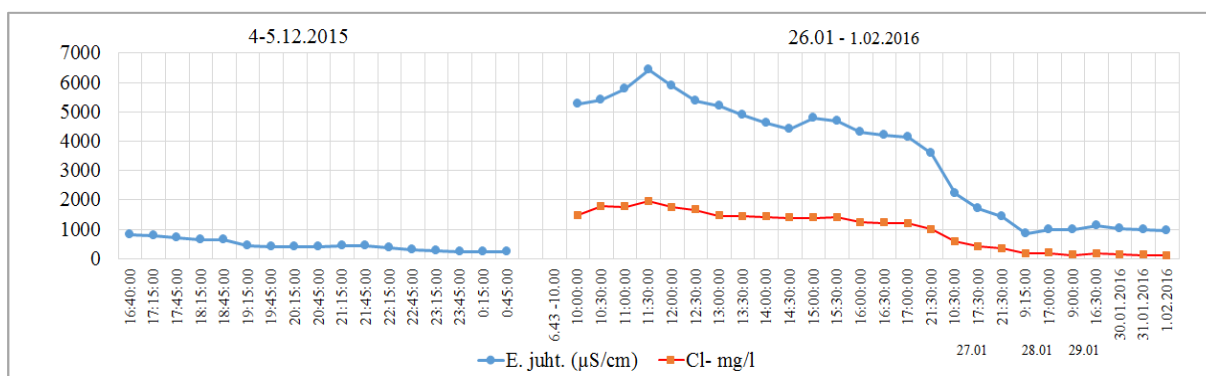
Joonis 79. Mustoja NH₄ sisaldus detsembris 2015 (vasakul) ja jaanuaris 2016 (paremal)

Üldfosfori sisaldus oli väga kõrge ja viitab reostusallika(te) olemasolule valgalal. Esimesel perioodil varieerus fosforisisaldus vahemikus 0,15 mgP/l kuni 1,5 mgP/l, teisel perioodil vahemikus 0,11 mgP/l kuni 2,27 mgP/l (joonis 80). Valdav osa mõõtmistulemustest ületab KM määruuse 44 IV ja V klassi vahelist piirväärtust, mis on 0,12 mgP/l. VVm 99 piirväärtust 1,0 mgP/l ületas esimesel perioodil 6 mõõtmistulemust ja teisel 16.



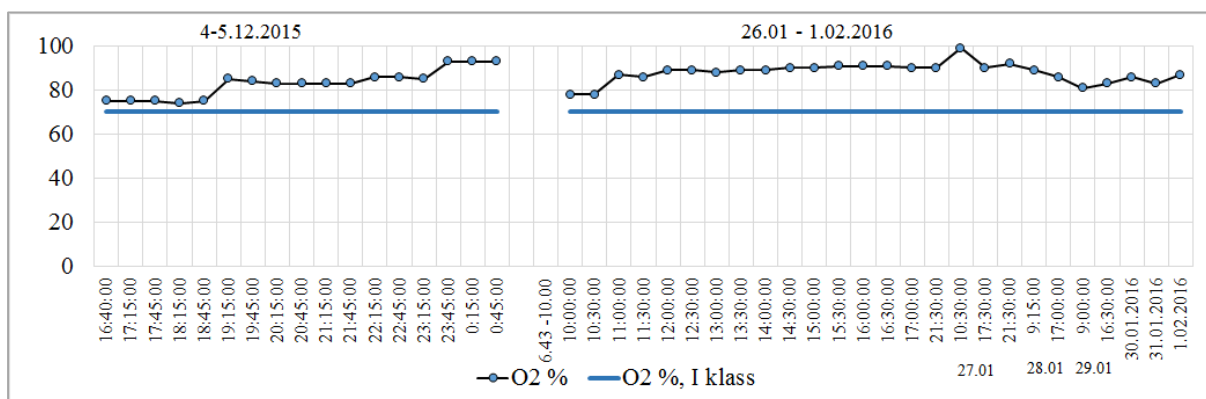
Joonis 80. Mustoja üldfosfori sisaldus detsembris 2015 (vasakul) ja jaanuaris 2016 (paremal)

Elektrijuhtivus oli esimesel perioodil vahemikus 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ kuni 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ja lineaarse langemisega (joonis 81). Sulamisperioodi elektrijuhtivuse väärtused olid märksa kõrgemad vahemikus 855 $\mu\text{S}/\text{cm}$ kuni 6400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Sulamisperioodi kloriidide väärtused on märkimisväärselt kõrged, vahemikus 100 mg/l kuni 2000 mg/l, mis tõstavad elektrijuhtivuse väärtuseid.



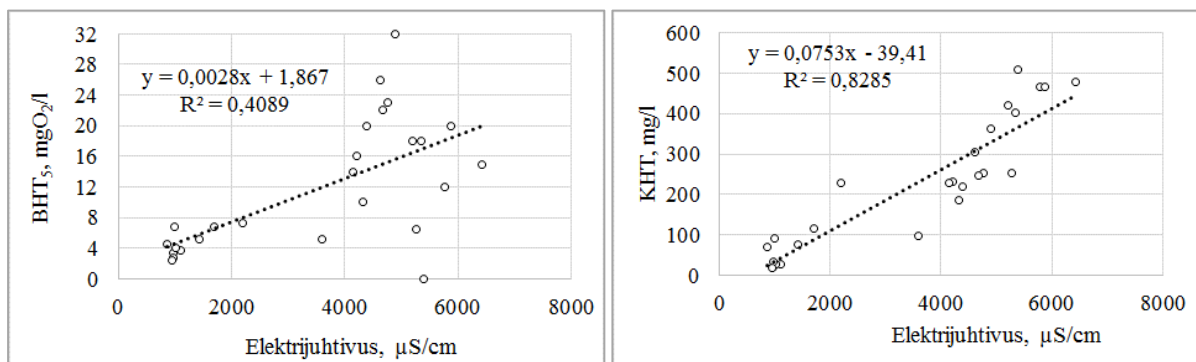
Joonis 81. Mustoja elektrijuhtivus ja kloriidide sisaldus detsembris 2015 (vasakul) ja jaanuaris 2016 (paremal)

Hapnikusisaldus oli mõlemal perioodil väga kõrge, mis viitab heale aeratsioonile sademeveesüsteemis. Tulemused vahemikus 75% kuni 99% küllastusastmest on Km määrase 44 järgi I ehk väga heas klassis.

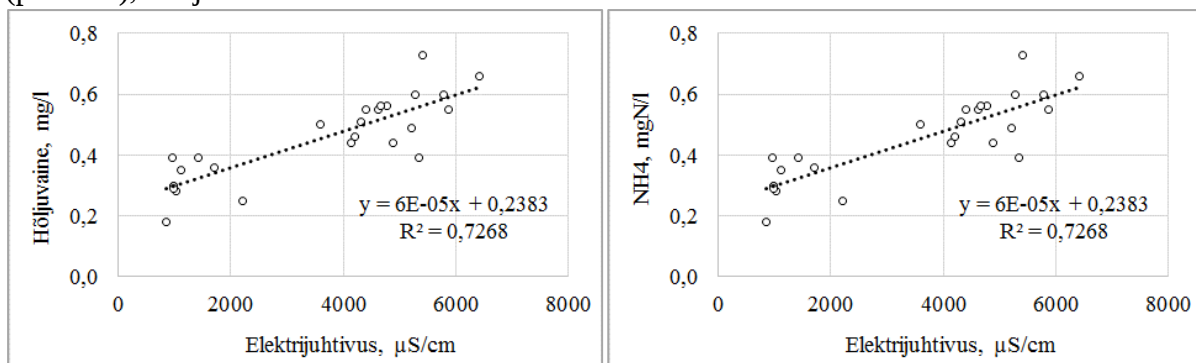


Joonis 82. Mustoja hapnikusisaldus detsembris 2015 (vasakul) ja jaanuaris 2016 (paremal)

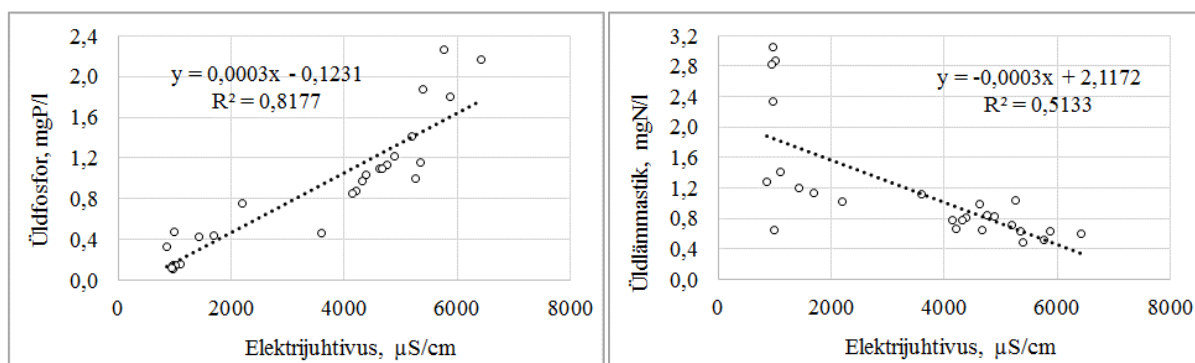
Sulaaegse uuringuperioodi näitajate omavahelised seosgraafikud näitavad mitmeid selgeid seoseid, seda eriti kloriidide, KHT, üldfosfori ja elektri juhtivuse vahel (joonised 83 – 87)



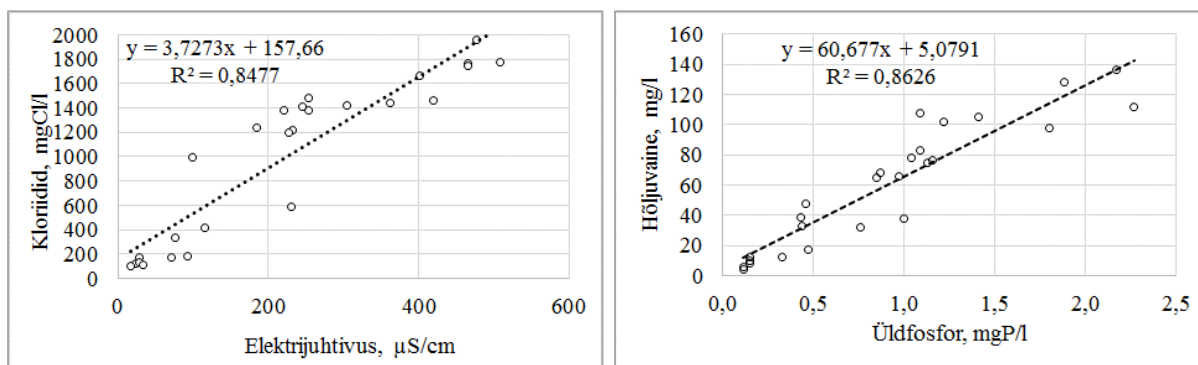
Joonis 83. Mustoja BHT ja elektri juhtivuse seos (vasakul); KHT ja elektri juhtivuse seos (paremal), 26. jaanuar – 1. veebruar 2016



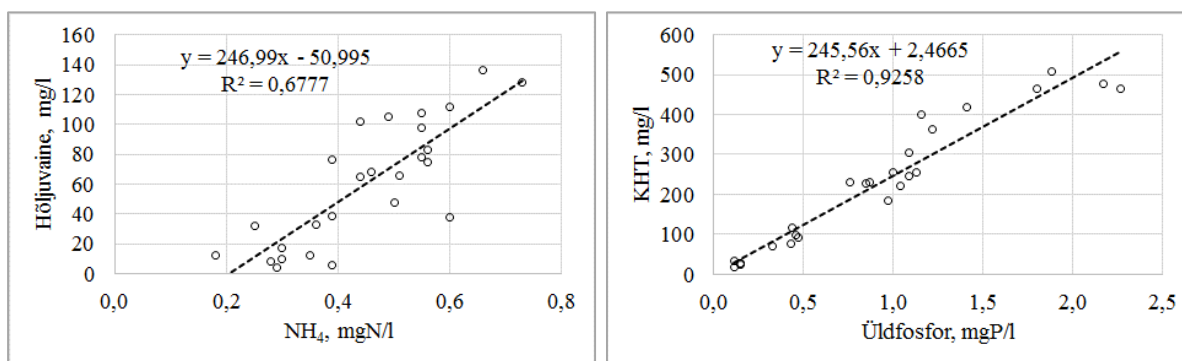
Joonis 84. Mustoja hõljuvaine ja elektri juhtivuse seos (vasakul); NH_4 ja elektri juhtivuse seos (paremal), 26. jaanuar – 1. veebruar 2016



Joonis 85. Mustoja üldfosfori ja elektri juhtivuse seos (vasakul); üldlämmastiku ja elektri juhtivuse seos (paremal), 26. jaanuar – 1. veebruar 2016



Joonis 86. Mustoja kloriidide ja elektrijuhtivuse seos (vasakul); hõljuvaine ja üldfosfori seos (paremal), 26. jaanuar – 1. veebruar 2016



Joonis 87. Mustoja hõljuvaine ja NH_4 seos (vasakul); KHT ja üldfosfori seos (paremal), 26. jaanuar – 1. veebruar 2016

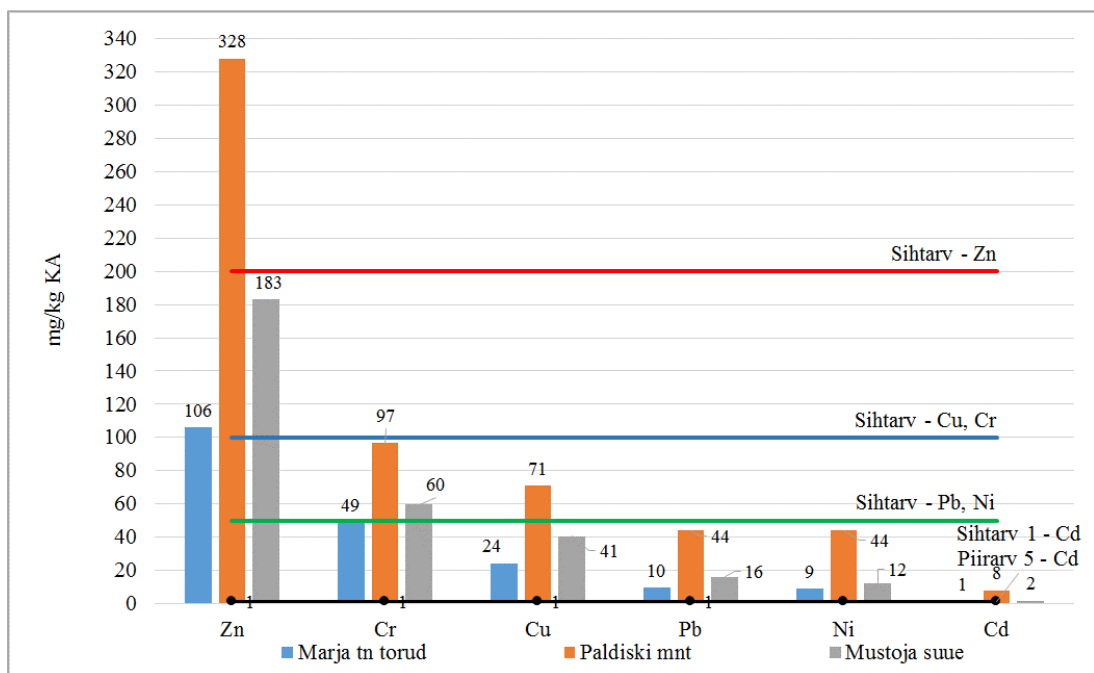
Selget seost näitasid sulaaegsed mõõtmised hõljuvaine ja üldfosfori väärtuste vahel, aga ka KHT ja üldfosfori väärtuste vahel (joonised 86 ja 87, paremal).

13. Mustoja setted

Setteproove võeti Mustojas üks kord 2016. aasta veebruaris kolmes lävendis – Mustoja suudmes jalakäijate silla juures, Paldiski mnt läheduses suunaga mere poole ja Marja tn Mustjõe ristmiku läheduses, kus avanevad sademeveetorud.

Vähimad raskmetallide sisaldused registreeriti Mustojas Marja ja Mustjõe tn ristmiku piirkonnas, kus sademeveetorud avanevad ojas (joonis 2 - sete 3 ja joonis 88). Suurim oli sisaldus Mustojas Paldiski mnt lävendis (joonis 2 - sete 1 ja joonis 88), kus on särg laiema, voolukiirus väiksem, seega settimiseks soodne koht. Mustoja suudmealal oli raskmetallide sisaldus mõnevõrra väiksem kui Marja tn torude juures (joonis 2 – sete 2 ja joonis 88).

Võrreldes setete raskmetallide analüüsitulemusi Keskkonnaministri määrusega nr 38 „Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases“ võib öelda, et üldjuhul ületamisi ei esinenud, välja arvatud Zn ja Cd. Tsingi analüüsitulemus Paldiski mnt lävendis, oli suurem sihtarvust, kuid väiksem nii elumumaa kui tööstusmaa piirarvust (joonis 88 tabel 9).



Joonis 88. Mustoja raskmetallide sisaldus setetes, 2016

Kaadmiumi analüüsitulemus Paldiski mnt lävendis ületas nii sihtarvu, kui elamumaa pinnase piirarvu, kuid oli väiksem tööstusmaa piirarvust joonis 88, tabel 9). Võrdluses Peipsi järvega, on Mustoja raskmetallide sisaldus setetes märkimisväärselt kõrgem ja võrreldav Kroodi oja ülemjooksu vastavate tulemustega, välja arvatud Cd ja Ni (tabel 9).

Tabel 9. Raskmetallide sisaldus setetes

Näitaja, mg/kg KA →		Cd	Cr	Ni	Pb	Zn	Cu
Mustoja, 2014-2016	3 lävendi keskmine	3,7	68,5	21,8	23,2	206	45,3
Peipsi järv, 2015 [25]	6 jaama keskmine	0,5	26,6	16,5	16,1	65,5	15,7
	6 jaama vähim-suurim	0,048-0,88	2,4-43	0,94-24	1,3-24	11-89	1,2-23
Kroodi oja, 2014-2015 [26]	ülemjooks	<1-2,2		2,95-17,1	15-27	24-204	7,05-69,5
	ülemjooksu tiigid	<1-7		<1-25 550	<2-1830	<1-27 350	<1-7450
	keskjooksul alumise tiigi ja loduala vahel	<1		1,25-48,5	5,72-50,5	5,54-225	3,4-35,8
	keskjooksu lodualal	<1-39,4		<1-341	<2-1695	3,25-7200	<1-3060
	alamjooks	<1-14,4		<1-89,4	<2-925	2,35-5648	<1-1590
Sademevee tiigid, 2010 [27, 28]	Linnastu	0,5	25,7	38,7	34	189	51,3
	Elu- ja kaubandusala	0,8-1	25-35	15-25	60-80	200-700	50-150
KM määrus 38	Sihtarv	1	100	50	50	200	100
	Piirarv elumaal	5	300	150	300	500	150
	Piirarv tööstusmaal	20	800	500	600	1000	500

Teiste samalaadsete uuringute tulemused linnastu ja elu- ja kaubandusalade sademevee tiikide kohta täheldasid sarnaseid tulemusi, välja arvatud Pb ja Zn sisaldused, mis olid oluliselt suuremad ja Cd osas, mis olid oluliselt väiksemad (tabel 9).

Mustoja setted on orgaanika ja toitainerikkad, TOC-i väärtus ulatus 97 000 mg/kg KA.

14. Reostuskoormus

Erinevate uuringuperioodide andmete alusel arvatud reostuskoormused olenevad otseselt sademete hulgast, sellest kujunenud äravoolust ja ainesisaldusest. Suurimad ööpäevased koormused ilmnesid uuringus, mis tehti sulailma ja valingvihma ajal 26.01 -1.02. 2016 ja väikseimad 2015. aasta rutiinsel seire andmetel (tabel 10).

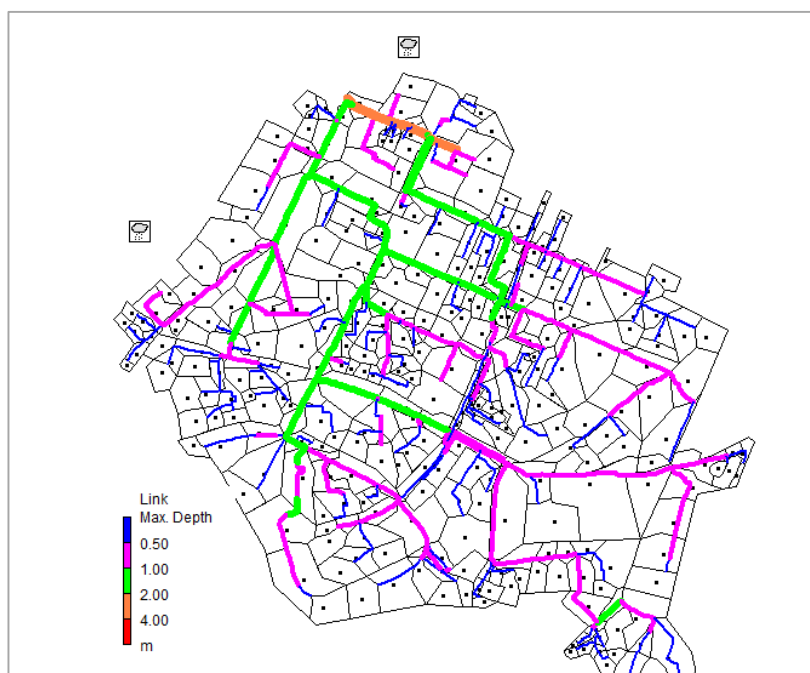
Tabel 10. Reostuskoormused erinevates ilmastikuoludes ajavahemikul 2014 – 2016

Ajavahemik	Ühik	22-23. 09 2014	4-5. 12 2015	26. 01- 1.02 2016	2015
Aeg	h	22	8	144	8760
Sademed	mm	6,9	8,7	28,6	
Keskmine vooluhulk	m3/s	0,23	0,64	0,64	0,157
Äravool	m3	18216	18461	331776	4940403
KHT	mg/l		86,9	224,6	
	kg		1605	74509	
	kg/h		201	517	
	kg/d		4814	12418	
Hõljuvaine	mg/l	62,9	23,8	60	8,9
	kg	1146	440	19894	44145
	kg/h	52	55	138	5
	kg/d	1251	1320	3316	121
NH ₄	mgN/l		0,34	0,45	0,29
	kg		6,2	149	1447
	kg/h		0,78	1,03	0,17
	kg/d	0	19	25	4
Üldlämmastik	mgN/l	2,78	1,64	1,15	2,4
	kg	50,6	30,3	380,7	11909
	kg/h	2,3	3,8	2,6	1,4
	kg/d	55	91	63	33
BHT ₅	mgO ₂ /l	15,78	5,53	12,03	4,3
	kg	287,4	102	3992	21500
	kg/h	13,1	12,8	27,7	2,5
	kg/d	314	306	665	59
Üldfosfor	mgP/l	0,51	0,37	0,9	0,1
	kg	9,3	6,8	300,1	683,6
	kg/h	0,42	0,85	2,08	0,078
	kg/d	10	20	50	2
Cl-	mg/l			995	
	kg			330028	
	kg/h			2292	
	kg/d			55005	

15. Mustoja valgala äravoolu mudel

Mustoja sademevee valgala modelleerimisel kasutati USA Keskkonnaameti poolt väljaarendatud vabavaralist tarkvara SWMM (Storm Water Management Model), mis on leidnud maailmas laialdast kasutamist suuremate sademevee valgalade mudelite koostamisel [29-31]. Tarkvaral on põhjalik käsiraamat, mis oli abiks mudeli koostamisel, selle aasta algusest on saadaval täiustatud variant [32]

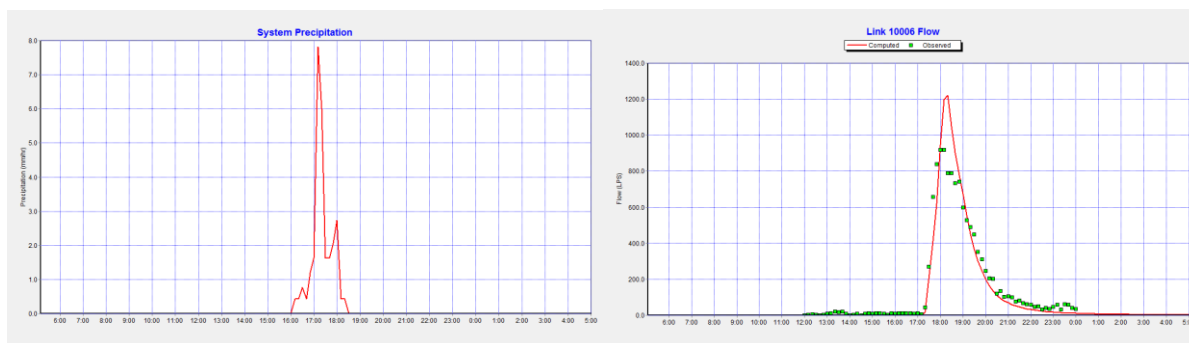
AS Tallinna Vesi käest saadud sademeveetorustiku kaardiandmete põhjal koostati lihtsustatud Mustoja sademesüsteemi skeem (joonis 89), leiti alamvalgalad.



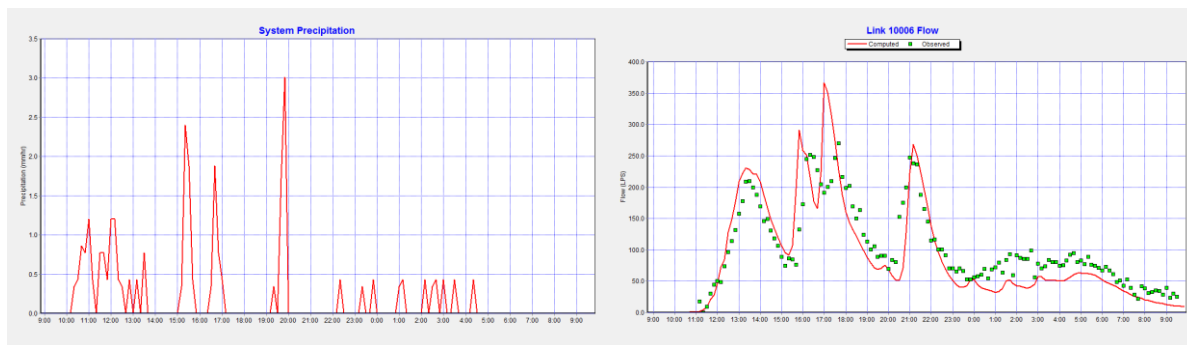
Joonis 89. Mustoja valgala lihtsustatud sademeveevõrk, värvid tähistavad torustiku sügavust

Süsteemi lisati lähteandmed sademete, maakatte, sh kõvakattega alade, torustiku põhinäitajate, sh toru läbimõõdud, langud, sügavuste jms kohta. Arvutati ja võrreldi tegelike mõõtmistega kolme valingvihma, kaks neist toimusid septembris 2014 ja üks detsembris 2015.

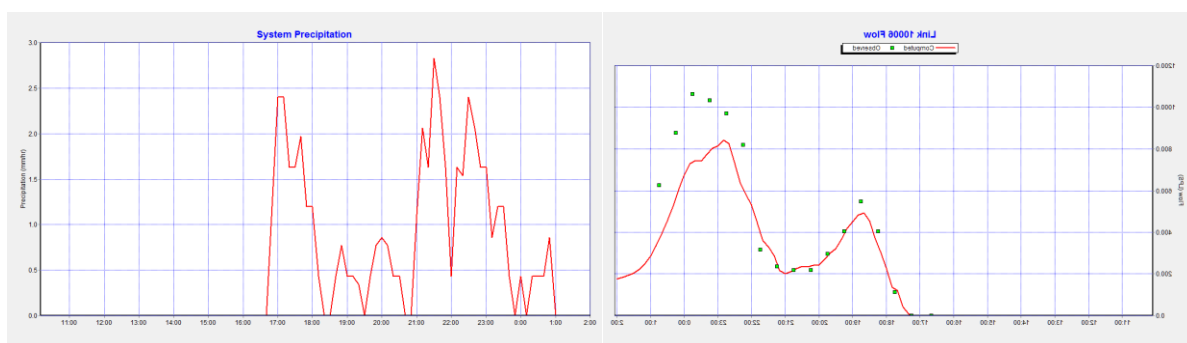
Esiolgsed äravoolu modelleerimise tulemused on üsna head (joonised 90-92).



Joonis 90. Valing 1: Algu :SEP-09-2014 Lõpp :SEP-10-2014



Joonis 91. **Valing 2:** Algus: SEP-22-2014 Lõpp: SEP-23-2014



Joonis 92. **Valing 3:** Algus : DEC-04-2015 Lõpp : DEC-05-2015

Probleeme esines kõvakattega alade identifitseerimisega, õigete filtratsiooni koefitsientide leidmisega. Kahe esimese valingu puhul olid modelleeritud väärtused mõnevõrra kõrgemad mõõdetust, seda just tippvooluhulkade osas. Kolmanda valingu puhul olid aga modelleeritud vooluhulgad mõnevõrra madalamad.

Tööd tuleks jätkata mudeli täpsustamiseks ja veekvaliteedi modelleerimiseks.

Kokkuvõtte, soovitused

1. Uuringuperioodil täheldati mõõtmistulemustes suur ajaline varieeruvus, seda ka kuiva ja märja ilma aegsete tulemuste vahel. Sellele viitavad rutiinse igapäevase ja erinevate ilmastikutingimuste aegse seire raames saadud tulemused.
2. Valgala reageerib kiiresti sademete hulga muutustele, vesi jõuab Mustoja suudmesse ruttu, sageli alla 30 minuti. Äravoolu koefitsient 2015. aastal oli 0,8 ehk 80% sademetest moodustas äravoolu, mis näitab, et kõvakattega alade osakaal valgala on kõrge.
3. Esmaseks tõhusaks kaitseks on vee viibeaja pikendamine süsteemis endas (puhveralad, tiigid, lodud jt).
4. Madalvee aegsed kõrged reostusnäitajad viitavad punktallikate reostavale mõjule, sh on ka illegaalseid, mis vajab edasist uurimist.

5. Toitainete sisalduse määr, eriti NH_4 , mis näitab värsket reostust, P ja ka BHT, kinnitab orgaanilise reostuse olemasolu valgalas.
 6. Mikrobioloogilistest näitajatest tuvastati kõrgeid üksikväärtuseid seda nii E.coli kui Enterokokkide puhul. Salmonellat proovides ei esinenud. Kahjuks ei saanud korrektselt analüüsida E.coli tulemusi, leida seoseid teiste näitajatega, kuna laboris, vaatamata kokkuleppele, ei määratud valdavas osas proovides arvu lõpuni vaid piirini 2420 PMÜ/100 ml. Soovitame mikrobioloogiliste fekaalnäitajate, nt E.Coli määramine viia alati lõpuni, see võimaldab teha põhjalikumat seosanalüüsi.
 7. Sulaperioodil, seoses libedatõrjevahendite kasutamisega, registreeriti võetud proovides kõrged Cl sisaldused, mida kinnitavad ka kõrged elektrijuhtivuse väärtused.
 8. Täheldati kõrgeid raskmetallide, Zn, Pb, Cu, Cr, Ni, Cd aga ka Fe, näitajaid, mida kinnitavad ka teised samalaadsed uuringud mujal maailmas. Üldjuhul esinevad sademevees alati ühel ajal Zn, Pb ja Cu, mida kinnitab ka seosanalüüs. Cd ja Ni allikad vajavad täiendavaid uuringuid. Üheks võimalikuks põhjuseks võivad olla lennukite ülennud.
 9. Mustojas mõõdetud pH varieerus vähe, püsis stabiilsena ja oli lubatud piirväärtuste vahemikus. Hapnikusisaldus oli kõrge, kuuludes I ehk väga heasse klassi. See näitab, et vesi on sademeveesüsteemis hästi aereeritud. Mustoja suudmeala iseloomustab suur lang ja üsna suur voolukiirus, mis tagab probleemideta hapnikurežiimi.
 10. Uuringu raames hinnati Mustoja seire eelnevate aastate ja 2015. aasta veekvaliteeti ja reostuskoormust. 2015. aastal oli Mustoja veekvaliteet määratud vastavalt pinnaveekogumite KM määrasele 44 TTÜ KTI andmetel III klassi ehk kesisesse. ELLE OÜ, kes tegi seiret Tallinna Keskkonnaameti tellimusel, andmetel oli Mustoja veekvaliteet klassis IV ehk halb. Klassi hinnangul ei lähe arvesse raskmetallide sisaldus. Erinevad tulemused saadi ka reostuskoormuse arvutamisel.
- Erinevused on põhjustatud ilmselt erinevast seiresagedusest. Vähesesageduse (nt 6 korda aastas) korral hakkab suurveetipu aegse proovi analüüsitulemus domineerima, mõjutades üldseisundi hinnangut ja kogukoormust.
11. Uuringu tulemused viitavad lubamatult suurele lahknevusele vooluhulga mõõtmistulemustes. Samal päeval teise spetsialisti mõõdetud arväärtused erinesid kuni 60%, mis viitab vajadusele atesteerida vooluhulga mõõtespetsialiste analoogselt proovivõtjatega. Pealegi ei ole tihti teada, milliseid seadmeid ja millises seisukorras, kasutatakse vooluhulga mõõtmiseks.
 12. Mustoja kolmest lävendist võetud põhjasette proovide analüüsitulemused näitasid, et raskmetallide sisaldus oli kõrgeim Paldiski mnt lävendis, kus Zn sisaldus ületas ka kehtestatud sihtarvu ja madalaim Marja tn kollektoritest vahetult allavoolu. Setted on orgaanika- ja toitainerikkad.
 13. Koostatud on lähtealused Mustoja sademevete modelleerimiseks. Esialgne analüüs näitab arvutatud tippvooluhulkade äravoolu andmete head korrelatsiooni mõõdetud

väärtustega. Edasiseks eesmärgiks on luua toimiv, nii äravoolu kui ka veekvaliteedi mudel Mustoja sademevee valgalale.

14. Uurimustöö kinnitab vajadust sademevee äravoolu ja reostuskoormuse arvestamist sademevee strateegia kujundamisel. Et tegemist on üksikute tippvooluhulkade ja nende suure reostuskoormusega, mis oluliselt erineb kuiva aja koormusest, on tegeliku reostuskoormuse hindamiseks vaja rakendada automaatset mõõtetehnoloogiat.

Probleemiks on see, et puuduvad usaldusväärsed lämmastiku ja fosfori mõõtesensorid. Uuringus täheldati üsna hea korrelatiivne seos hõljuvainete ja fosfori vahel, mis viitab võimalikule seosele hägususe ja fosfori vahel. Hägususe mõõtmiseks vastavad usaldusväärsed sensorid on turul olemas, seega võiks üks automaatselt mõõdetavatest näitajatest olla hägusus, mille kaudu saab hinnata fosforisisaldust sademevees. Teistest näitajatest võiks mõõtmisprogrammi kuuluda pH, elektrijuhtivus, mis iseloomustab KHT ja kloriidide sisaldust ja ka hapnikusisaldus.

Vooluhulga ja reostuskoormuse usaldusväärseks määramiseks on otstarbekas püsivalt registreerida veetaset, et vooluhulga kõvera alusel leida igapäevane vooluhulk.

15. Arvestades sademevee võimalikku keskkonnamõju tuleks lülitada riiklikku seireprogrammi mõned suuremate linnade sademeveekollektorid, sh Mustoja. Lisaks automaatseirele, mis registreerib võtmenäitajaid, tuleks teha seiret üksikproovide võtmisega, mõõtes erinevaid näitajaid, leidmaks seoseid võtmenäitajatega. Seiresagedus võiks olla 1-2 korda kuus.
16. Oluline on koguda kokku senine sademevee seire andmestik, luues riikliku andmepanga Keskkonnaregistris. See loob eelduse põhjalikumaks andmetöötamiseks ja üldistuste tegemiseks.

Viited

1. Robert Nerman. [Seletuskiri Tallinna omaaegsete vooluveekogude lokaliseerimise töö juurde](#)
2. Tallinna sademevee strateegia aastani 2030
https://oigusaktid.tallinn.ee/?id=3001&aktid=123505&fd=1&leht=1&q_sort=elex_akt.akt_vkp
3. Eesti meteoroloogia aastaraamat 2014
4. Eesti meteoroloogia aastaraamat 2015 http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2016/03/aastaraamat_2015.pdf
5. May, D. B., 2011. Prediction of Urban stormwater quality at unmonitored catchments using artificial neural networks
<http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=4413&context=theses>
6. Robson, M., Spence, K., Beech, L., 2006. Stream quality in a small urbanised catchment. Science of The Total Environment, Volume 357, Issues 1–3, Pages 194-207
7. Lowe, R., Thorndahl, S., Mikkelsen, P.S., Rasmussen M. ., Madsen, H., 2014. Probabilistic online runoff forecasting for urban catchments using inputs from rain gauges as well as statically and dynamically adjusted weather radar. Journal of Hydrology 512, 397–407.
8. Kakkum, T., 2005. Mustjõe oja seire. OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus
9. Kakkum, T., 2008. Tallinna sademeveelaskude seire. OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus
10. Kakkum, T., 2009. Tallinna sademeveelaskude seire. OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus
11. Kakkum, T., 2011. Tallinna sademeveelaskude seire. OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus
12. Lundy, L, Ellis, J.B., Revitt, D.M., 2012. Risk prioritisation of stormwater pollutant sources. Water research 46, 6589-6600.
13. Zgheib, S., Moilleron, R, Chebbo, G., 2012. Priority pollutants in urban stormwater: Part 1 - Case of separate storm sewers. Water Research 46, 6683 – 6692
14. Barańkiewicz, D., Chudzińska, M., Barbara Szpakowska, B., Świerk, D., Ryszard Gołdyn, R., Dondajewska, R., 2014. Storm water contamination and its effect on the quality of urban surface waters. Environ Monit Assess 186, 6789–6803.
15. Sademevees sisalduvate ohtlike ainete uuringu korraldamine, 2013. OÜ Keskkonnauuringute Keskus.
16. Pachel, K., 2014. Tallinna sademevee seire 2012-2014

17. Raev, A., lõputöö, 2014. Talviste teehooldusmaterjalide analüüs ja alternatiivide leidmine
18. Amundsen, C.E., Håland, S., French, H., Roseth, R., Nils-Otto Kitterød, N.O., 2010. Environmental damages caused by road salt -a literature review. Norwegian University of Life Sciences, Department of Plant and Environmental Sciences <http://www.vegvesen.no/attachment/160660/binary/298413>
19. Panasiuk, O., Hedstrom, A., Marsalek, J., Ashley, R.M., Viklander, M., 2015. Contamination of stormwater by wastewater: A review of detection methods Journal of Environmental Management 152, 241-250
20. Daly, E., Kolotelo, P., Schang, C., Osborne, C.A., Coleman, R., Deletic, A., McCarthy, D.T., 2013. Escherichia coli concentrations and loads in an urbanised catchment: The Yarra River, Australia Journal of Hydrology 497, 51–61
21. Välisõhu seire linnades. Õhusaaste kauglevi seire ja uuringud 2015. aastal. Eesti Keskkonnauuringute Keskus, 2016
22. Sademete seire, 2016. OÜ Keskkonnauuringud
23. Kennedy, P., Sutherland, S., 2008. Urban Sources of Copper, Lead and Zinc. Prepared by Organisation for Auckland Regional Council. Auckland Regional Council Technical Report 2008/023.
24. Wijesiri, B., Egodawatta, P., McGree, J., Goonetilleke, A., 2016. Influence of uncertainty inherent to heavy metal build-up and wash-off on stormwater quality. Water Research 91, 264-276.
25. Hindrikson, M., 2015. Peipsi järve ja sinna suubuvate jõgede täiendava ohtlike ainete hüdrokeemilise seire ja uuringud. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ.
26. Kõnd, E., Mäger, T., Võru, T., 2015. Jääkreostusobjektide inventariseerimine 2014-2015. Kroodi oja reostunud põhjasetete reostusuuring. Kobras AS Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ.
27. Søberg L., 2014. Metal Pathways in Stormwater Treatment Systems. Licentiate Thesis, Luleå University of Technology Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering Division of Architecture and Water.
28. Karlsson, K., Viklander, M., Scholes, L. and Revitt, M., 2010. Heavy metal concentrations and toxicity in water and sediment from stormwater ponds and sedimentation tanks. Journal of Hazardous Materials 178(1-3), 612-618.
29. Gironás, J., Lewis, I.A., Roesner, L.A., Rossman, L.A., Davis, J., 2010. A new applications manual for the Storm Water Management Model (SWMM). Environmental Modelling & Software, Volume 25, Issue 6, Pages 813-814.
30. S.Y. Park, K.W. Lee, I.H. Park, S.R. Ha, 2008. Effect of the aggregation level of surface runoff fields and sewer network for a SWMM simulation. Original Research Article Desalination, Volume 226, Issues 1–3, 25, Pages 328-337.

31. M. Hood, A. Reihan and E. Loigu MODELING URBAN STORMWATER RUNOFF POLLUTION IN TALLINN, ESTONIA *International Symposium on New Directions in Urban Water Management 12-14 September 2007, UNESCO Paris*
32. Lewis A. Rossman Wayne C. Huber January 2016. Storm Water Management Model Reference Manual Volume I – Hydrology (Revised)