

Aruanne

Riikliku keskkonnaseire programmi
välisõhu allprogrammi seiretöö

SADEMETE SEIRE 2023.A.

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ 2024



Riikliku keskkonnaseire programm
välisõhu allprogrammi seiretöö

Sademetete seire 2023.a.

Lõpparuanne

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ 2024

Kinnitas:

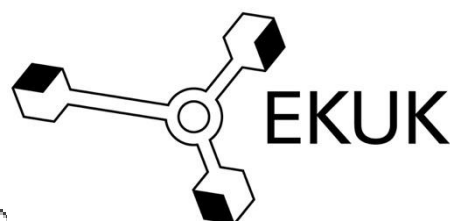
Katri Vooro

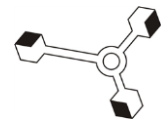
Keskkonna- ja analüütilise keemia osakonna juhataja

Aruande koostaja:

Kairi Lõhmus

Tartu osakonna spetsialist





2023. aasta sademete keemia seiretöö viidi läbi järgmise lepingu raames: halduslepingu nr 1-6/19/5 eraldise kasutamise lepingu 4-4/23/5 Lisa 7 alusel.

Seiret läbiviiv organisatsioon: OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus (EKUK)

Vastutav täitja: Katri Vooro

E-mail: katri.vooro@klab.ee



Sisukord

Tabelid.....	4
Joonised	4
1 Sissejuhatus.....	6
2 Seireprogrammi kirjeldus.....	7
2.1 Sademete seireprogrammi ajalugu.....	7
2.2 Metoodika.....	8
3 Seire tulemused	10
3.1 Sademete kogus.....	10
3.2 Sademete elektijuhtivus ja pH	11
3.3 Hapestavad komponendid	13
3.3.1 Sulfaatse väevli sisaldus sademetes.....	14
3.3.2 Kloriidide sisaldus sademetes	16
3.3.3 Nitraatlämmastiku sisaldus sademetes	18
3.4 Katioonide sisaldused sademetes.....	20
3.4.1 Ammooniumlämmastiku sisaldused sademetes	21
3.4.2 Kaltsiumi sisaldused sademetes.....	23
3.4.3 Magneesiumi sisaldused sademetes.....	26
3.4.4 Naatriumi sisaldused sademetes	27
3.4.5 Kaaliumi sisaldused sademetes.....	29
3.5 Leelisus.....	31
3.6 Raskmetallide sisaldused sademetes.....	33
3.7 Üldfosfori ja –lämmastiku sisaldused sademetes.....	38
3.8 Kloororgaanilised saasteained ja PAH Lahemaa sademetes.....	41
4 Trendid	41
5 Kokkuvõte	44
Lisa 1 Analüüsitavate näitajate määramiseks kasutatavad meetodid.....	47



Lisa 2 Sademeteseire raames analüüsitavate komponentide sisalduste muutused 2014-2023. aastatel.

.....48



Tabelid

Tabel 1. Sademete seirejaamad ja nende koordinaadid (*metsaseire alad).....	8
Tabel 2. Sademete hulk 2023. aastal sademetekeemia ja kompleksseire jaamades.	11
Tabel 3. Sademete pH seirejaamades 2023. aastal.....	13
Tabel 4. Sademete parameetrite hindamiskaala (anioonid).	13
Tabel 5. Sademete SO ₄ -S sisaldused (mgS/l) 2023. aastal.	14
Tabel 6. Kloriidide (mg/l) sisaldused 2023. aastal.	17
Tabel 7. NO ₃ -N (mgN/l) sisaldused 2023. aastal.....	19
Tabel 8. Sademete parameetrite hindamiskaala (NH ₄ -N, K ⁺ , Mg ²⁺).....	20
Tabel 9. NH ₄ -N (mgN/l) sisaldused sademetes 2023. aastal.	22
Tabel 10. Kaltsiumi sisaldused (mg/l) 2023. aastal.	24
Tabel 11. Magneesiumi sisaldused (mg/l) 2023. aastal.	26
Tabel 12. Naatriumi sisaldused (mg/l) 2023. aastal.....	28
Tabel 13. Kaaliumi sisaldused (mg/l) 2023. aastal.	30
Tabel 14. Sademete leelisus (mg-ekv/l) 2023. aastal.....	32
Tabel 15. Raskmetallide kaalutud keskmised sisaldused (µg/l) 2023. aastal.	34
Tabel 16. Üldfosfori ja -lämmastiku sadenemiskogused 2023. aastal.	40
Tabel 17. Trendid sademete seirejaamades aastatel 2014-2023.	42

Joonised

Joonis 1. Sademete- ja kompleksseire jaamad.	6
Joonis 2. Sademete kogumiskoht (vasakul lume, paremal vihmavee kogumiseks).	9
Joonis 3. Sademete hulk (mm) 2023. aastal sademete ja kompleksseire jaamades ning jaamade keskmine.....	10
Joonis 4. Sademete elektrijuhtivus 2023. aastal sademete- ja kompleksseire jaamades.	12
Joonis 5. Sulfaatse väävlü sadenemiskoormus 2023. aastal.	15
Joonis 6. Kloriidide kontsentratsioonid sademetes 2023. aastal.	16
Joonis 7. Kloriidide sadenemiskoormus 2023. aastal.	18
Joonis 8. Nitraatlämmastiku sadenemiskoormus 2023. aastal.	20
Joonis 9. NH ₄ -N kontsentratsioonid (mgN/l) sademetes 2023. aastal.	21
Joonis 10. Amooniumlämmastiku sadenemiskoormus 2023. aastal.	23

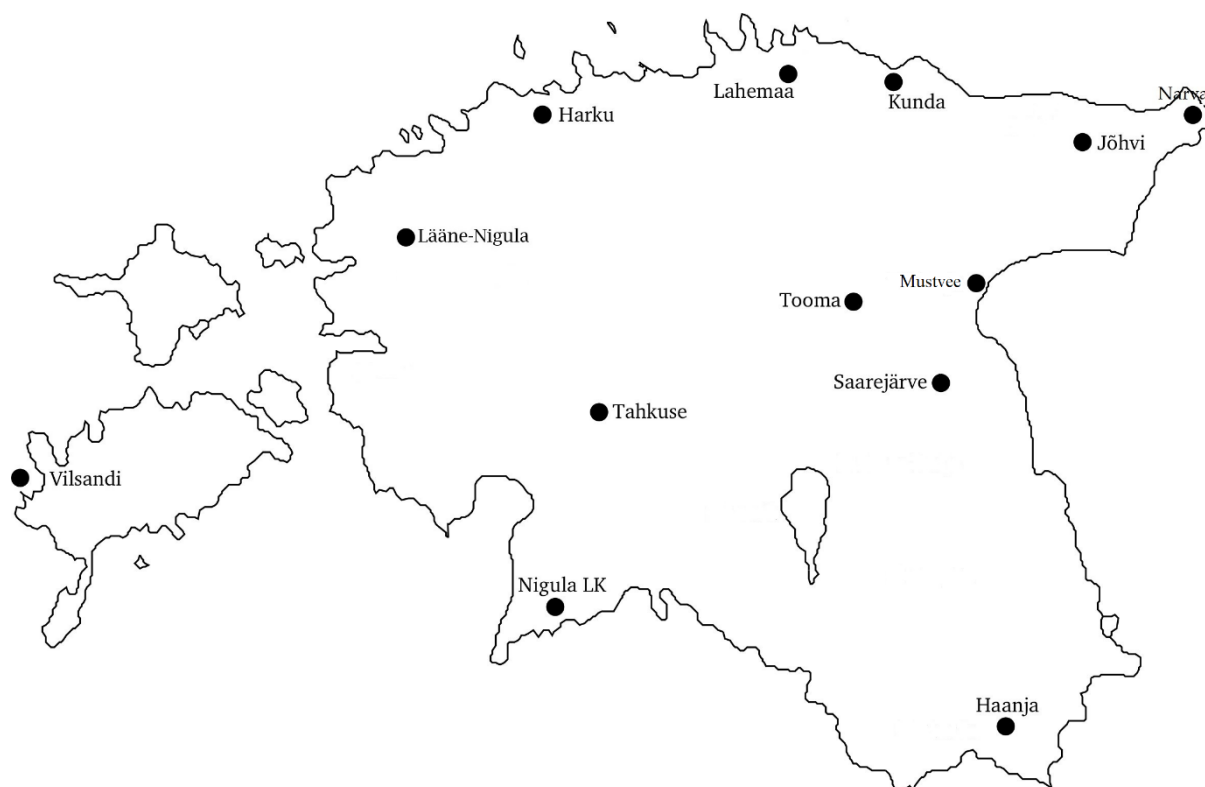


Joonis 11. Kaltsiumi sisaldused (mg/l) sademetes 2023. aastal.	24
Joonis 12. Kaltsiumi sadenemiskoormus 2023. aastal.	25
Joonis 13. Magneesiumi sadenemiskoormus 2023. aastal.	27
Joonis 14. Naatriumi sadenemiskoormus 2023. aastal.	29
Joonis 15. Kaaliumi sisaldused (mg/l) sademetes 2023. aastal.	30
Joonis 16. Kaaliumi sadenemiskoormus 2023. aastal.	31
Joonis 17. Leelisus (mg-ekv/l) sademetes 2023. aastal.	32
Joonis 18. Leelise sadenemiskoormus 2023. aastal.	33
Joonis 19. Kaadmiumi sisaldused sademetes 2023. aastal.	34
Joonis 20. Vase sisaldused sademetes 2023. aastal.	35
Joonis 21. Plii sisaldused sademetes 2023. aastal.	36
Joonis 22. Tsiingi sisaldused sademetes 2023. aastal.	36
Joonis 23. Raskmetallide sadenemiskoormused 2023. aastal.	37
Joonis 24. Nikli sisaldused (µg/l) sademetes 2023. aastal.	37
Joonis 25. Elavhõbeda sadenemiskoormus 2023. aastal.	38
Joonis 26. Üldfosfori sadenemiskoormus 2023. aastal.	39
Joonis 27. Üldlämmastiku sadenemiskoormus 2023. aastal.	40
Joonis 28. Muutused Cl ⁻ sisaldustes Haanja sademetes.	48
Joonis 29. Olulisemad trendid Nigula sademetes.	48
Joonis 30. pH trend Mustvee sademetes.	49
Joonis 31. Muutused kaltsiumi sisaldustes Jõhvi sademetes.	49
Joonis 32. Muutused Lahemaa sademete elektrijuhtivuses.	49



1 Sissejuhatus

Alates 2019. aasta algusest on Eestis 11 sademete keemia seirejaama ja 2 kompleksseire jaama (**Joonis 1**). Seirejaamad eristuvad rahvusvaheliste koostööprogrammide lõikes järgmiselt: EMEP - õhusaaste kaugkande mõõtmine ja hindamine Euroopas, kompleksseire (ICP IM), metsaseire (ICP Forests), sademete keemia seire. Olenemata seireprogrammi nimetusest on sademete seire eesmärgiks koguda informatsiooni erinevatele Eesti piirkondadele langeva saastekoormuse kohta. Saadud tulemuste alusel on võimalik hinnata taimede saagikust, mullaviljakust ja ka otseselt inimtegevusest puutumata ökosüsteemides aset leidvaid muutusi ning toitainete koormusi veekogudele. Saasteainete sadenemisvoogude teadmine võimaldab hinnata ka nende eemaldumise kiirust atmosfäärist ja mõju inimeste poolt kasutatavatele materjalidele roostetamise, kivimite murenemise jt. protsesside läbi.



Joonis 1. Sademete- ja kompleksseire jaamad.

2023. aastal jätkati sademete seiret vastavalt Keskkonnaministeeriumi ja Eesti Keskkonnauuringute Keskuse OÜ (EKUK) vahel sõlmitud lepingule. Seireproovid analüüsiti OÜ Eesti Keskkonnauuringute keskuse laborites. Aruandes käsitletakse saasteainete levikut Eestis kokku üheteistkümne sademete ja kahe kompleksseire (Vilsandi ja Saarejärve) jaama 2023. aasta mõõtmistulemuste põhjal. Lisaks kasutatakse vastavalt sademete seire lepingule võrdlevalt kuue metsaseirejaama analüüsitulemusi. Metsaseire proovid on võetud Keskkonnaagentuuri poolt ning analüüsitud OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuses.



Kuna Vilsandi ja Lahemaa seirejaam kuuluvad rahvusvahelisse EMEP võrgustikku, siis esitatakse nendest kahest jaamast kogutud kõikide sademete proovide analüüsitulemused spetsiaalses formaadis järgneva aasta 31. juuliks rahvusvahelisse EMEP andmebaasi. Lahemaa jaamas jätkati 2023. aastal sademeteproovide kogumist PAH, PCB ja kloororgaaniliste ühendite analüüsimiseks (kokku 34 proovi).

2 Seireprogrammi kirjeldus

2.1 Sademete seireprogrammi ajalugu

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ viib sademete keemia seiretöid läbi alates 1994. aastast. Viiele hüdrometeoroloogia jaamale (Harku, Kunda, Jõhvi, Tooma, Tiirikoja) lisandusid 1996.a. Saka ja Lääne-Nigula, 1999.a. Matsalu ning 2007. aasta lõpul Narva-Jõesuu seirejaam. Tartu Keskkonnauuringud OÜ alustas sademeteproovide kogumist ja analüüsimist 1999.a. seitsmes Lõuna-Eesti seirejaamas: Tahkusel, Karulas, Haanjas, Otepääl, Alam-Pedjal, Loodil ja Nigulas. 2009. aasta lõpus ühendati Tartu Keskkonnauuringud Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ-ga ja sademete seire üle Eesti jätkus samamoodi, nagu see oli toiminud sinnaamani. Narva-Jõesuu jaam viidi 2013. aasta lõpus Narva vanale lennuväljale. 2015. aasta juuli lõpus paigutati Narva sademete kogumise seade oma endisest asukohast ümber Narva linna. Sama aasta oktoobri alguses viidi oma senisest asukohast ümber Kunda sademete kogumise seade, kuna endises asukohas oli proovide kogumine tehniliselt raskendatud. Hetkel asub Kunda sademete kogumise seade Kunda õhuseirejaama kõrval. 2017. aasta mai algusest viidi Lääne-Nigula sademete seirejaam senisest asukohast ca 10 km põhja poole. 2018. aasta mai alguses suleti Tiirikoja jaam ning sademeid hakati koguma 2,5 km lõuna pool Mustvee linnas.

2019. aasta algusest töötab sademete seirejaamade võrgustik vähendatud mahus. Sademete proovide kogumine otsustati lõpetada Matsalu, Saka, Alam-Pedja, Loodi, Otepää ja Karula jaamades. Osades jaamades vähendati analüüsitavate näitajate nimekirja.

Eesti keskmiste saasteainete kontsentratsioonide arvutamisel on kasutatud lisaks sademete seirejaamadele ka Vilsandi ja Saarejärve seirejaamade andmeid, seega on võimalik anda hinnang 13 jaama mõõtmistulemuste põhjal.

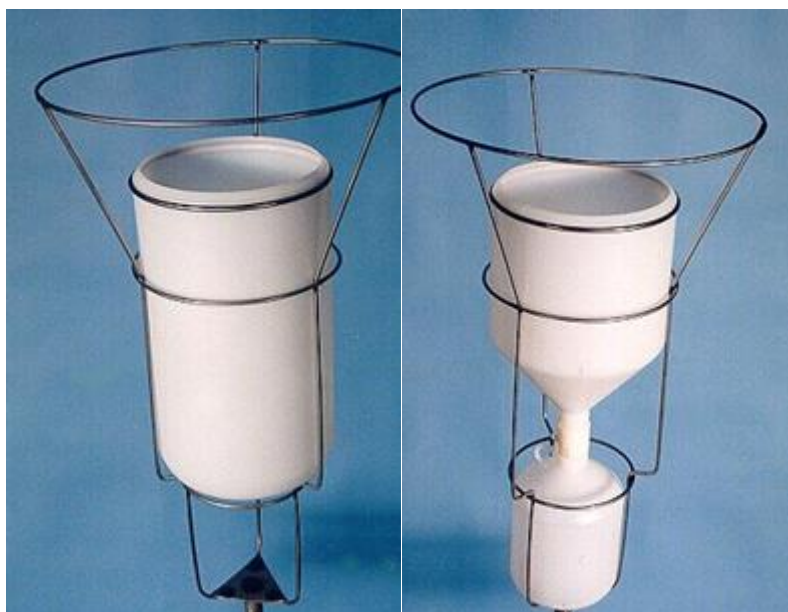


2.2 Metoodika

Sademeid kogutakse 11 sademeteseire jaamas, 2 kompleksseire jaamas ning 6 metsaseire jaamas (Tabel 1). Sademete kogumiseks kasutatakse Euroopas saasteainete kaugkannet uuriva EMEP-programmi standardseid kogujaid (Joonis 2). Kogumislehter läbimõõduga 20 cm asetseb maapinnast ligikaudu 1,5 - 2 m kõrgusel. Sademeid kogutakse ööpäevasel põhimõttel, proovid säilitatakse külmpapis ning saadetakse laboritesse analüüsiks. Proovid keskmistatakse laboris keemikute poolt vältimaks proovide saastumist. Lahemaa jaamast analüüsitakse ööpäeva keskmiseid sademete proove, proovid raskmetallide analüüsimiseks moodustatakse ühe nädala sademete proovidest, PAH ja PCB proovid keskmistatakse sõltuvalt sademete hulgast 1-2 nädala proovidest.

Tabel 1. Sademete seirejaamad ja nende koordinaadid (*metsaseire alad).

Mõõtejaam	Kood	Koordinaadid		Mõõtejaam	Kood	Koordinaadid	
		X	Y			X	Y
Vilsandi EE01	SJA5876000	6473653	374241	Lääne-Nigula	SJB4765000	6543647	489730
Harku	SJA1387000	6584611	534244	Narva (2015)	SJA0916000	6587881	737803
Nigula	SJA2695000	6430733	542469	Saarejärve	SJA2858000	6505527	660192
Tahkuse	SJA3345000	6487469	553927	Karula*	SJA7808000	6399563	649270
Lahemaa	SJA7713000	6599090	609151	Karepa*	SJA7506000	6601467	635922
Tooma	SJA4117000	6528036	630905	Pikasilla*	SJA4933000	6437169	624825
Kunda	SJA4998000	6598888	643165	Sagadi*	SJA9174000	6604449	615668
Mustvee	SJB4766000	6526965	668676	Tõravere2*	SJB4400000	6461981	644377
Haanja	SJA4537000	6400603	682952	Vihula*	SJA7863000	6606457	620491
Jõhvi	SJA1554000	6581651	693371				



Joonis 2. Sademete kogumisnõud (vasakul lume, paremal vihmavee kogumiseks).

Sademete seire raames saadakse ülevaade vihmavee ja lume saasteainete sisaldusest, kuid saastekoormuste arvutamiseks on vaja teada ka korrektset sademete kogust. Olemasolevate andmete võrdlemisel ilmneb, et ametlikud (Keskkonnaagentuur) sademete kogused erinevad sademete seire võrgus saadud tulemustest isegi siis, kui mõlemad pärinevad samast meteojaamast (nt Harku). Põhjuseks võib olla asjaolu, et automaatne sademete mõõtur mõõdab osadel kuudel sademete kogused suuremad (ilmselt sõltuvalt sademete liigist), kui on samal kuul manuaalsetel mõõtmistel saadud tulemused. Seda tuleks arvestada ka aruandes esitatud andmete tõlgendamisel. Aruandes on depositsiooni hulkade arvutamisel kasutatud sademete seirejaamades manuaalselt mõõdetud sademete koguseid. Depositsioonikaartide koostamisel on lisaks kasutatud Vilsandi ja Saarejärve kompleksseire avamaa sademete 2023. aasta andmeid, mis on samuti kogutud ja analüüsitud OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse poolt. Depositsioonikaartide jooniste põhjadena on kasutatud Maa-ameti 01.11.2020 välja antud maakonnapiiridega Eesti kaarti.

2023. aasta jooksul ei jäänud ühtegi sademete proovi analüüsimata, proovi vähesuse tõttu jäi aga mitmel korral määramata leelisus ning ühel korral pH, elektrijuhtivus ning kaadmium, vask, plii ja tsink. Lahemaa seirejaamast koguti 2023. aasta jooksul 142 ööpäeva keskmist sademete proovi, 45 proovi raskmetallide analüüsimiseks ja 34 sademete proovi pestitsiidide, PCB-de ja PAH määramiseks.

OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus (EKUK) on Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt akrediteeritud katselabor registreerimisnumbriga nr L008¹. Akrediteerimisulatus kirjeldav akrediteerimistunnistuse

¹<https://klab.ee/wp-content/uploads/2020/08/L008-EKUK-01.06.2020.pdf>

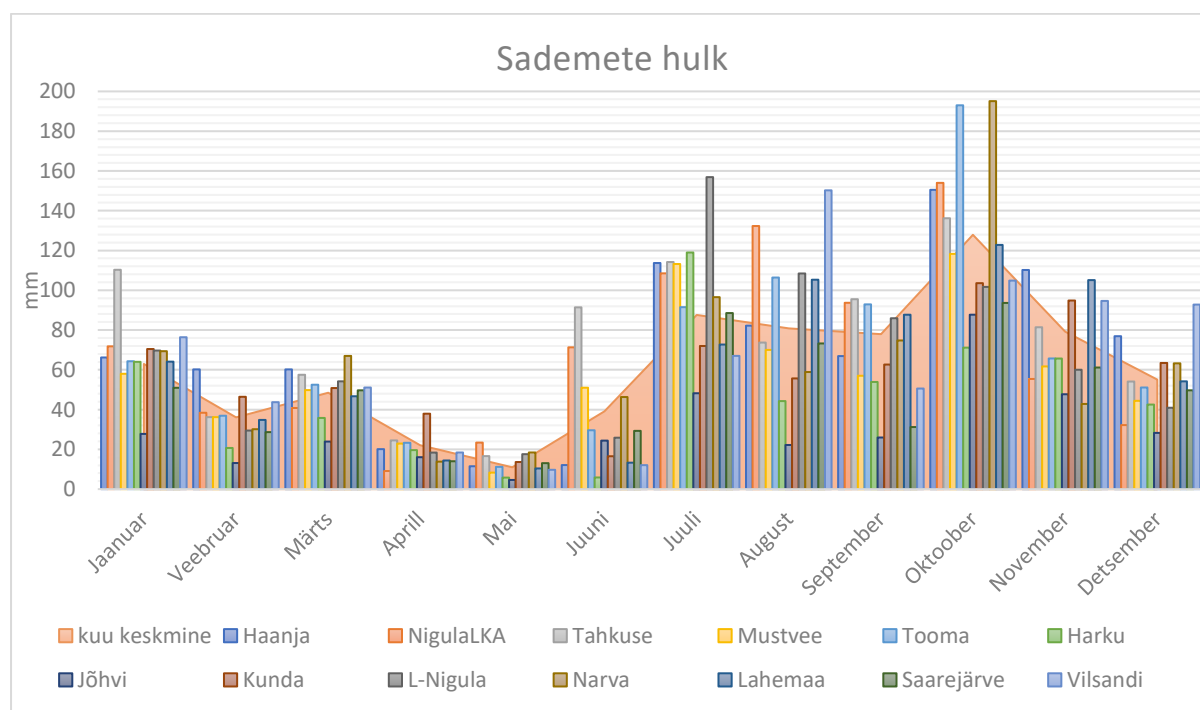


lisa on leitav EAK kodulehelt. Kõik töös kirjeldatud mõõtmised ja analüüsid on teostatud EKUK poolt, kasutades akrediteeritud analüüsimeetodikaid.

3 Seire tulemused

3.1 Sademete kogus

Eestile on iseloomulik, et sademete kogus on aasta teisel poolel suurem kui aasta alguses. Nii oli ka 2023. aastal. Eesti keskmine sademete hulk Keskkonnaagentuuri andmetel oli 693 mm (pikaajaline keskmine 662 mm). Kõige sademeterohkem kuu 2023. aastal oli oktoober, mil kuu keskmine sademete hulk avamaa sademete seirejaamade tulemuste põhjal oli 128 mm. Kõige sademetevaesem kuu oli mai, kui sademete seirejaamade keskmisena koguti vaid 11 mm sademeid (Keskkonnaagentuuri andmetel oli kõige kuivem kuu samuti mai 12 mm-ga). Alla 61 mm (kuu keskmine sademete hulk) sademeid esines ka veebruaris (36 mm), märtsis (48 mm), aprillis (22 mm), mais (11 mm), juunis (39 mm) ja detsembris (55 mm). Aasta algus oli lumine kuid tavapärasest soojem, aasta viimased kuud olid külmemad (detsembris keskmine temperatuur -2,5 °C) ning samuti lumised, aasta lõpus oli ka sula ning sadas vihma. Kõikide jaamade andmete põhjal saadi aasta keskmiseks sademete hulga sademete seirejaamades 715 mm (Joonis 3).



Joonis 3. Sademete hulk (mm) 2023. aastal sademete ja kompleksseire jaamades ning jaamade keskmine.



2023. aastal esines sademeid Eesti eri piirkondades väga erinevalt (**Tabel 2**). Sademetevaeseimateks kohtadeks olid taaskord mitmed piirkonnad Põhja-Eestis. Sademete seire andmete põhjal olid 2023. aastal kõige väiksema aastase sademete hulga jaamadeks Harku (548 mm) ja Jõhvi (370 mm). Sademeid esines rohkem Lõuna-Eesti jaamades, aga samuti Toomal, Vilsandil, Lääne-Nigulas ja Narvas.

Tabel 2. Sademete hulk 2023. aastal sademetekeemia ja kompleksseire jaamades.

Mõõtejaam	Sademete hulk (mm)	Mõõtejaam	Sademete hulk (mm)
Haanja	831	Kunda	688
Nigula	831	Lääne-Nigula	769
Tahkuse	892	Narva	766
Mustvee	691	Lahemaa	732
Tooma	818	Saarejärve	583
Harku	548	Vilsandi	772
Jõhvi	370		

2023. aasta jooksul esines sademeid kõige rohkem Tahkusel (892 mm), Haanjas (831 mm) ja Nigulas (831 mm). Kui jälgida sademete esinemist kuude kaupa (**Joonis 3**), siis suurimad sademete hulgad mõõdeti oktoobris Narvas (195 mm) ja Toomal (193 mm) ja juulis Lääne-Nigulas (157 mm). Väikseimad sademete hulgad mõõdeti mais Jõhvis (4,6 mm) ja Harkus (5,8 mm) ning juunis Harkus (5,9 mm).

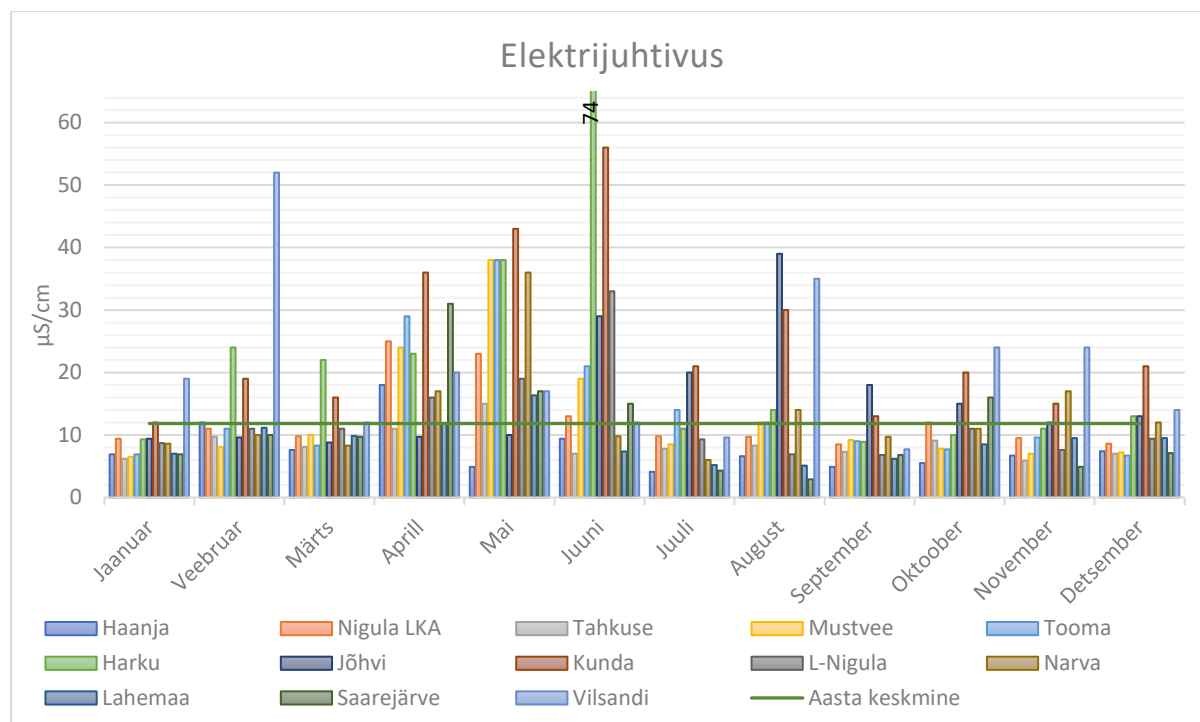
3.2 Sademete elektijuhtivus ja pH

Sademevees sisalduvaid ioone iseloomustab kõige üldisemalt elektrijuhtivus. Mida suurem on vees lahustunud ionide kontsentratsioon, seda suurem on ka elektrijuhtivus.

2023. aastal mõõdeti sademete seire jaamade andmete põhjal suurimad keskmised elektrijuhtivused mais (kõikide jaamade kaalutud keskmine 24 $\mu\text{S/cm}$) ja aprillis (22 $\mu\text{S/cm}$). Keskmist tulemust suurendas mitmetes jaamades esinenud madalam sademete hulk. Väga kõrged elektrijuhtivused mõõdeti veebruaris Vilsandil (52 $\mu\text{S/cm}$) ja juunis Harkus (74 $\mu\text{S/cm}$) (**Joonis 4**). Aasta madalaimad tulemused olid Lahemaal ja Tahkusel (aasta kaalutud keskmine 7,8 $\mu\text{S/cm}$) ning Haanjas (6,8 $\mu\text{S/cm}$). Kõrgemad tulemused olid Vilsandil (aasta kaalutud keskmine 23 $\mu\text{S/cm}$), Kundas (21 $\mu\text{S/cm}$) ja Jõhvis



(16 $\mu\text{S}/\text{cm}$). 2023. aasta andmete põhjal saadi aasta kaalutud keskmiseks elektrijuhtivuseks 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$, kahel eelneval aastal oli see samuti 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Joonis 4. Sademete elektrijuhtivus 2023. aastal sademete- ja kompleksseire jaamades.

Aruandes on lisaks sademeteseire- ja kompleksseire jaamades 2023. aasta jooksul kogutud sademete proovide kontsentratsioonide tulemustele kasutatud sadenemiskoormuste arvutamiseks ka kõigis kuues metsaseirejaamas analüüsitud ühendite kontsentratsioonide andmeid.

Metsaseirejaamadest oli ionide kontsentratsioon kõige kõrgem Karepal, aasta keskmisena 22 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Kõige madalam aasta keskmine elektrijuhtivus oli Tõravere seirejaama proovides 11 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Looduslike sademete tavapärane pH on vahemikus 5,11-6,10². 2023. aasta kaalutud keskmiseks sademete pH-ks arvutati 5,6. Sademete kaalutud keskmine pH jäi enamikes seirejaamades kogu aasta vältel tavapärastesse piiridesse, erandiks oli Harku (aasta keskmine pH 6,3) ja Kunda (aasta keskmine pH 6,3). Keskmisest kõrgema pH-tasemega sademed esinesid mais Lääne-Nigulas (pH 7,4) ja Harkus (pH 7,2) ja juunis Harkus (vastavalt pH 7,4) (**Tabel 3**). Kohati esines ka keskmisest madalama pH-tasemega sademeid (pH 4,6-5,1).

Metsaseire jaamades mõõdetud pH jääb aasta keskmisena (pH 6,1) sademete looduslikku pH vahemikku (2022. aastal oli keskmine pH 6,0).

² Smidt, St., 1986. Bulkmessungen in Waldebieten Österreich/ FBVA Berichte 13(1), 28.

**Tabel 3. Sademete pH seirejaamades 2023. aastal.**

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Harku	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	5,2	5,9	5,3	5,6	5,3	5,9	5,4	6,3	5,4	6,1	5,0
Veebruar	5,9	5,7	5,2	5,3	5,3	6,4	5,5	6,3	5,6	5,9	5,1
Märts	5,3	5,6	5,6	5,8	6,6	6,5	5,6	6,4	5,7	5,7	5,0
Aprill	5,9	6,3	5,9	6,3	6,1	6,7	5,4	6,7	6,3	5,4	6,3
Mai	5,5	6,7	6,8	7,1	6,7	7,2	5,5	6,7	7,4	6,1	5,9
Juuni	5,7	6,5	5,8	6,3	6,6	7,4	6,7	7,0	6,6	6,1	6,1
Juuli	5,5	6,0	5,8	5,8	6,1	6,6	6,4	6,6	5,8	6,0	5,5
August	5,8	6,0	6,2	7,0	6,9	6,6	6,5	6,8	6,0	6,3	5,3
September	6,1	6,1	6,1	6,1	6,4	6,4	6,6	6,5	5,7	6,3	5,7
Oktoober	5,6	5,7	6,5	6,3	5,6	6,3	6,3	6,0	5,7	5,9	5,3
November	5,1	6,5	5,6	5,8	6,3	6,3	6,3	6,2	5,8	6,6	4,9
Detsember	5,0	5,1	5,5	5,3	5,3	6,3	5,7	6,6	5,4	6,1	4,9
2023. a. kaalutud keskmine	5,4	5,8	5,7	5,5	5,3	6,3	5,9	6,3	5,7	6,0	5,2
2022. a. kaalutud keskmine	5,6	6,0	5,6	6,0	5,8	6,5	6,0	6,6	5,7	6,0	5,2

Lahemaa jaamast analüüsitakse ööpäevaseid sademete proove (2023. aastal 142 proovi). 2023. aastal koguti sellest jaamast 53 korral sademete proovid, mille pH oli <5,1 ja 14 korral määrati proovidest pH>6,1. Lahemaa jaamas mõõdeti kahel kuul (novembris ja detsembris) kuukeskmise pH alla 5.

3.3 Hapestavad komponendid

Hapestavateks komponentideks sademetes loetakse sulfaatset väävlit, nitraatset lämmastikku ja kloriide. Nende ühendite hindamine põhineb Austrias välja pakutud skaalal sademete parameetrite võrdlemiseks (Tabel 4)³.

Tabel 4. Sademete parameetrite hindamiskaala (anioonid).

	SO ₄ -S (mgS/l)	Cl (mg/l)	NO ₃ -N (mgN/l)
Madal	< 0,87	< 2,5	< 0,59
Keskmine	0,87-1,67	2,6-5,0	0,59-1,13

³ Smidt, St., 1986. Bulkmessungen in Waldbieten Österreich/ FBVA Berichte 13(1), 28.



	SO ₄ -S (mgS/l)	Cl (mg/l)	NO ₃ -N (mgN/l)
Kõrge	1,67-3,33	5,0-10,0	1,13-2,26
Väga kõrge	> 3,33	> 10,0	> 2,26

Sulfaatse väevli kontsentratsioonid on madalad, neljal korral mõõdeti tulemus keskmises vahemikus (jaanuaris Vilsandil 1,3 mgS/l, mais Narvas 0,90 mgS/l ja Toomal 0,87 mgS/l ning augustis Jõhvis 0,97 mgS/l). Kloriidioonide puhul on tulemused enamasti madalad, kuid neljal korral saadi keskmine tulemus (veebruaries Harkus 2,8 mg/l, augustis Jõhvis 4,3 mg/l ja oktoobris ning novembris Vilsandil vastavalt 4,3 mg/l ja 3,8 mg/l) ja ühel korral kõrge tulemus (veebruaries Vilsandil 9,6 mg/l). NO₃-N sisaldused jäävad samuti enamasti madalatesse piiridesse, ent seitsmel korral mõõdeti ka keskmisi ja ühel korral kõrgeid sisaldusi. Mitmed kõrgeid kontsentratsioonid on mõõdetud aasta esimesel poolel enamasti aprillis ja mais, mil esines vähe sademeid ja proovid olid seetõttu kontsentreeritud. Vilsandi kõrgemad kloriidioonide sisaldused on põhjustatud mere lähedusest. Sama ilmnes ka Harkus.

3.3.1 Sulfaatse väevli sisaldus sademetes

2023. aastal jäid enamikes sademeteseire jaamades kõigi kuude SO₄-S sisaldused alla 1 mgS/l. Aasta keskmiseks SO₄-S kontsentratsiooniks kõikide sademete jaamade andmete põhjal saadi 0,23 mgS/l (2022. aastal 0,22 mgS/l). Juulis ja detsembris oli kõikide sademeteseire jaamade andmete põhjal madalaim keskmine SO₄-S kontsentratsioon 0,17 mgS/l.

Kõrgeim sulfaatse väevli kontsentratsioon saadi jaanuaris Vilsandil 1,3 mgS/l. Sademete keemia seirejaamadest mõõdeti kõrgeim sulfaatse väevli kontsentratsioon augustis Jõhvis 0,97 mgS/l. Kõige madalamad sulfaatse väevli kontsentratsioonid olid mais Haanja sademete proovis (<0,033 mgS/l) ning juunis Lahemaal ja Haanjas (vastavalt 0,078 mgS/l ja 0,083 mgS/l) (Tabel 5).

Tabel 5. Sademete SO₄-S sisaldused (mgS/l) 2023. aastal.

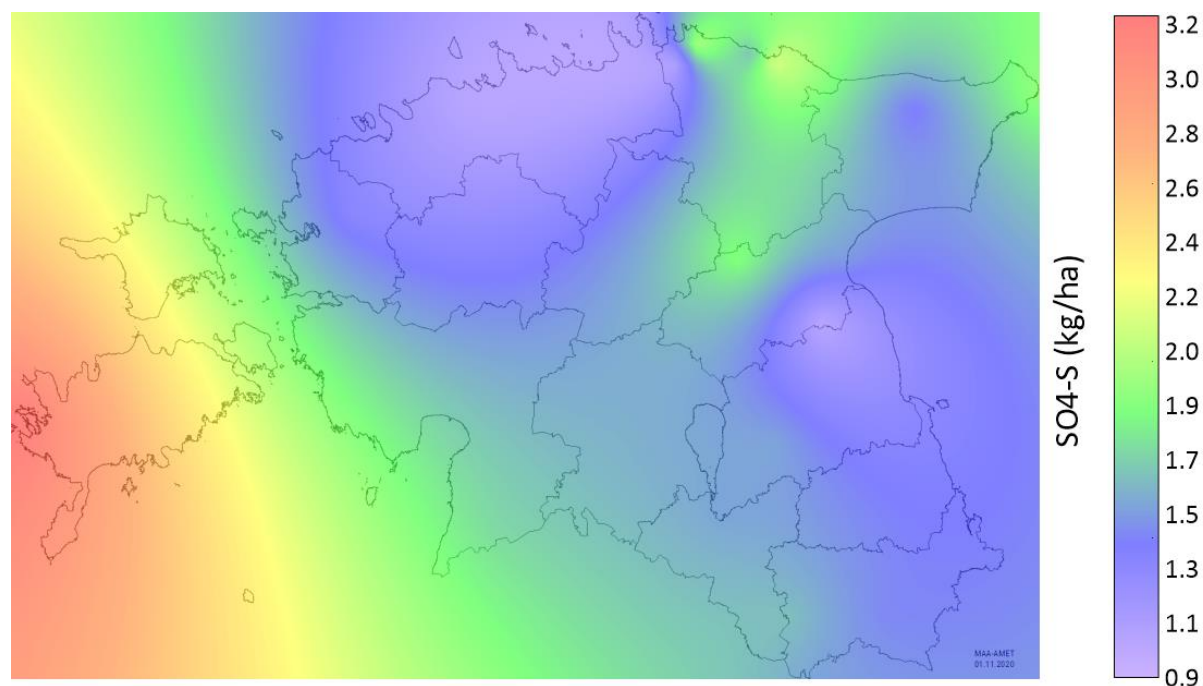
	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Harku	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	0,16	0,17	0,14	0,16	0,15	0,16	0,23	0,14	0,13	0,23	0,10
Veebruar	0,26	0,21	0,18	0,18	0,24	0,33	0,23	0,25	0,20	0,22	0,18
Märts	0,20	0,20	0,17	0,21	0,18	0,27	0,23	0,28	0,17	0,17	0,14
Aprill	0,67	0,40	0,29	0,50	0,77	0,47	0,29	0,60	0,37	0,50	0,31



	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Harku	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Mai	<0,033	0,33	0,31	0,53	0,87	0,40	0,31	0,63	0,40	0,90	0,34
Juuni	0,083	0,23	0,12	0,37	0,31	0,47	0,53	0,43	0,15	0,20	0,078
Juuli	0,10	0,23	0,16	0,18	0,25	0,090	0,43	0,18	0,16	0,17	0,092
August	0,25	0,23	0,18	0,22	0,24	0,21	0,97	0,37	0,16	0,27	0,14
September	0,15	0,23	0,26	0,26	0,22	0,16	0,27	0,25	0,18	0,28	0,17
Oktoober	0,16	0,16	0,19	0,18	0,18	0,16	0,37	0,32	0,15	0,21	0,15
November	0,12	0,11	0,10	0,12	0,16	0,18	0,28	0,37	0,16	0,37	0,18
Detsember	0,11	0,15	0,10	0,12	0,14	0,20	0,18	0,37	0,14	0,23	0,12
2023. a. kaalutud keskmine	0,17	0,20	0,17	0,21	0,23	0,19	0,36	0,31	0,17	0,25	0,15
2022. a. kaalutud keskmine	0,14	0,24	0,17	0,18	0,30	0,21	0,44	0,28	0,18	0,19	0,13

Metsaseire jaamades mõõdetud sulfaatse väevli aasta keskmine varieerub 0,22 mgS/l ja 0,44 mgS/l vahel. Kõrgeim tulemus saadi mais Karepal (2,3 mgS/l) ja madalaim tulemus novembris Karulas (0,091 mgS/l).

2023. aasta jooksul sadenes Vilsandil 3,2 kgS/ha, Kundas 2,2 kgS/ha ning Toomal ja Narvas 1,9 kgS/ha. Madalaimad sulfaatse väevli sadenenud kogused arutati 2023. aastal Saarejärvel ja Harkus (1,0 kgS/ha) ning Lahemaal (1,1 kgS/ha). Sadenenud kogused teistes jaamades jäid 1,1 ja 1,7 kgS/ha vahele (Joonis 5). Seega sadenes keskmiselt aasta jooksul 1,6 kg sulfaatset väevlit hektari kohta (2022. aastal 1,3 kgS/ha, 2021. aastal 1,5 kgS/ha).

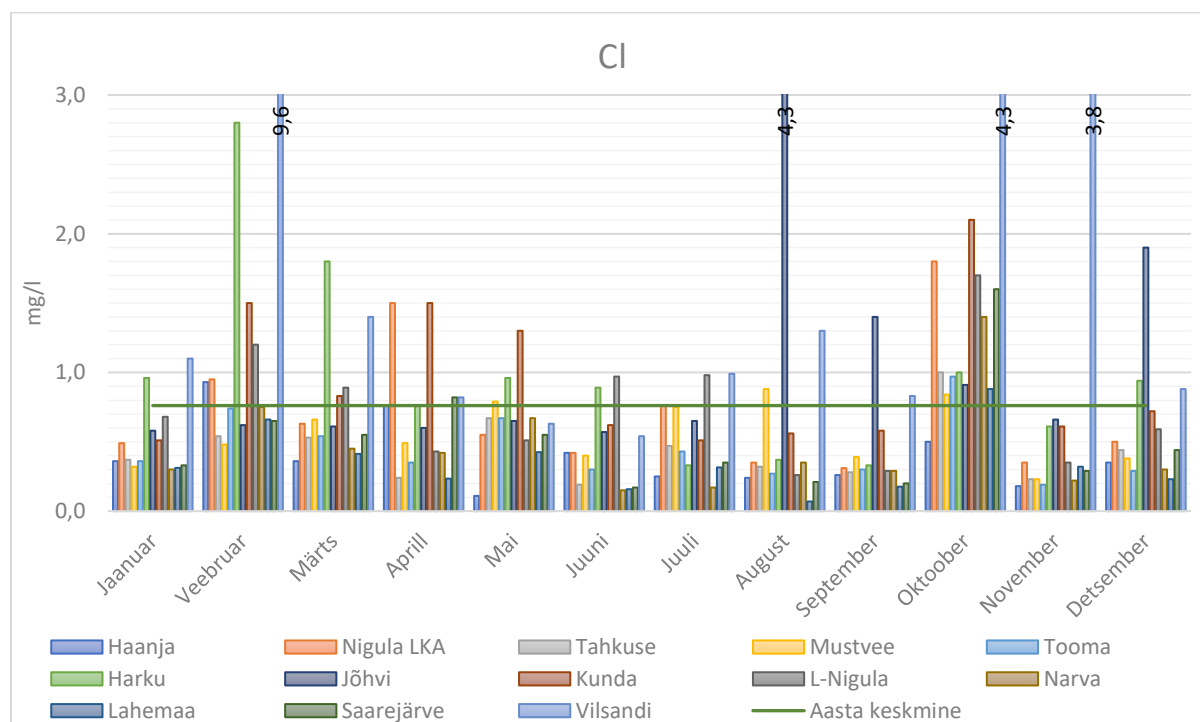


Joonis 5. Sulfaatse väevli sadenemiskoormus 2023. aastal.



3.3.2 Kloriidide sisaldus sademetes

Kloriidide aasta kaalutud keskmine kontsentratsioon oli 2023. aastal kõrgeim Vilsandil (2,3 mg/l), keskmisest kõrgemad sisaldused olid veel Harkus (0,79 mg/l), Jõhvis (1,1 mg/l), Kundas (0,96 mg/l) ja Lääne-Nigulas (0,78 mg/l). Kõikide sademetekeemia jaamade aasta kaalutud keskmiseks kloriidi sisalduseks oli 0,76 mg/l (2022. aastal 0,62 mg/l, 2021. aastal 0,53 mg/l). Kõige vähem sisaldasid möödunud aasta jooksul kloriide Lahemaa ja Haanja sademed (vastavalt 0,37 mg/l) (**Joonis 6**).



Joonis 6. Kloriidide kontsentratsioonid sademetes 2023. aastal.

Kõrgeimad kloriidide kontsentratsioonid mõõdeti veebruaris ja oktoobris Vilsandil (vastavalt 9,6 mg/l ja 4,3 mg/l) ning augustis Jõhvis (4,3 mg/l) kogutud sademete proovidest. Kõikide sademete seirejaamade andmete põhjal arvatud kaalutud keskmised kloriidide kontsentratsioonid olid kõrgeimad veebruaris (1,8 mg/l), mis oli osaliselt tingitud väiksemast sademete hulgast. Juunis ja septembris saadi kõikide sademete jaamade andmete põhjal keskmiseks Cl⁻ sisalduseks vaid 0,37 mg/l (**Tabel 6**).

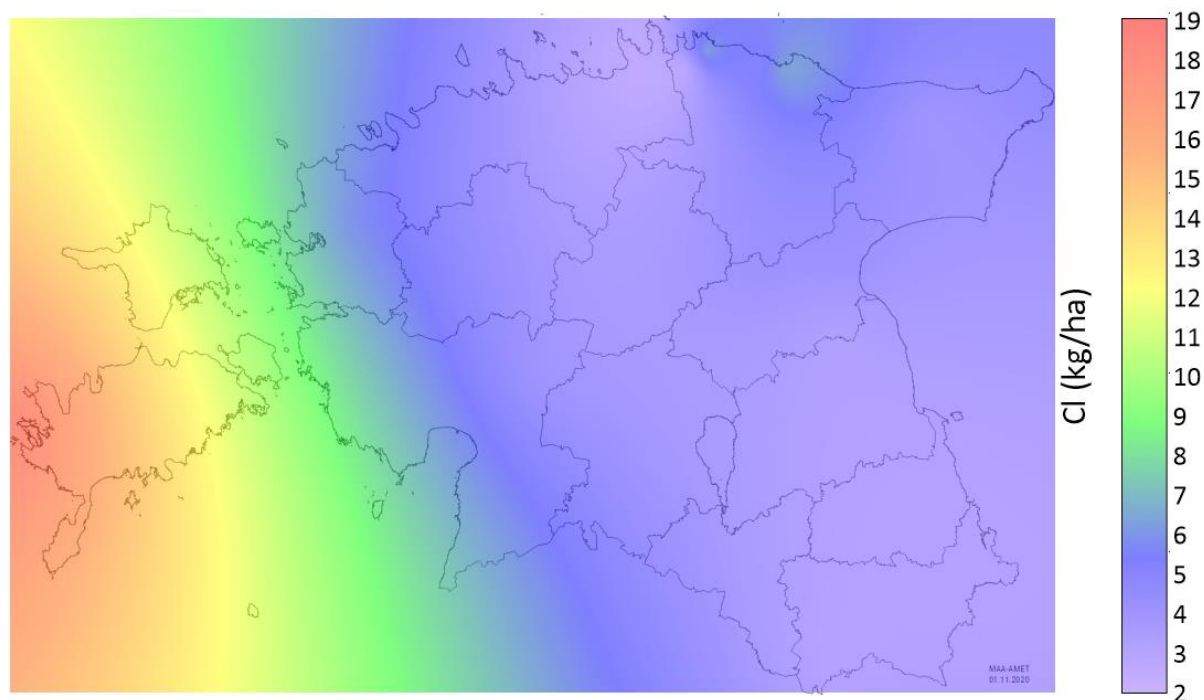


Tabel 6. Kloriidide (mg/l) sisaldused 2023. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Harku	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	0,36	0,49	0,37	0,32	0,36	0,96	0,58	0,51	0,68	0,30	0,31
Veebruar	0,93	0,95	0,54	0,48	0,74	2,8	0,62	1,5	1,2	0,75	0,66
Märts	0,36	0,63	0,53	0,66	0,54	1,8	0,61	0,83	0,89	0,45	0,41
Aprill	0,76	1,5	0,24	0,49	0,35	0,76	0,60	1,5	0,43	0,42	0,23
Mai	0,11	0,55	0,67	0,79	0,67	0,96	0,65	1,3	0,51	0,67	0,43
Juuni	0,42	0,42	0,19	0,40	0,30	0,89	0,57	0,62	0,97	0,15	0,16
Juuli	0,25	0,76	0,47	0,75	0,43	0,33	0,65	0,51	0,98	0,17	0,32
August	0,24	0,35	0,32	0,88	0,27	0,37	4,3	0,56	0,26	0,35	0,069
September	0,26	0,31	0,28	0,39	0,30	0,33	1,4	0,58	0,29	0,29	0,18
Oktoober	0,50	1,8	1,0	0,84	0,97	1,0	0,91	2,1	1,7	1,4	0,88
November	0,18	0,35	0,23	0,23	0,19	0,61	0,66	0,61	0,35	0,22	0,32
Detsember	0,35	0,50	0,44	0,38	0,29	0,94	1,9	0,72	0,59	0,30	0,23
2023. a. kaalutud keskmine	0,37	0,75	0,46	0,59	0,51	0,79	1,1	0,96	0,78	0,59	0,37
2022. a. kaalutud keskmine	0,33	0,53	0,50	0,44	0,55	1,2	0,56	0,92	0,73	0,32	0,34

Metsaseire jaamades jääb aasta keskmine sisaldus samale tasemele kui sademetekeemia jaamades (0,45-1,1 mg/l). Kõige kõrgem oli kloriidide kontsentratsioon mais Karepalt ja kõige madalam augustis Pikasillalt kogutud proovis (vastavalt 5,1 mg/l ja 0,25 mg/l).

Kloriidide sadenemiskoormust 2023. aastal illustreerib allolev joonis (**Joonis 7**), millelt on näha, et 2023. aastal esinesid kloriidide kõrgemad sadenemise hulgad Vilsandil 18 kg/ha (sarnaselt eelnevate aastate tulemustele: 2022. a. 10 kg/ha, 2021. a. 6,8 kg/ha) ja Kundas 6,6 kg/ha (2022. a. 5,3 kg/ha, 2021. a. samuti 5,3 kg/ha). Madalaimad aastased sadenenud kloriidide kogused saadi Lahemaalt (2,7 kg/ha) ja Haanjast (3,1 kg/ha).



Joonis 7. Kloriidide sadenemiskoormus 2023. aastal.

3.3.3 Nitraatlämmastiku sisaldus sademetes

2023. aastal saadi aasta kaalutud keskmiseks nitraatlämmastiku kontsentratsiooniks 0,19 mgN/l (2022. ja 2021. aastal oli see 0,22 mgN/l). NO₃-N madalaimad aasta kaalutud keskmised kontsentratsioonid saadi Saarejärve (0,12 mgN/l), Lääne-Nigula ja Jõhvi (mõlemas 0,15 mgN/l) seirejaamade tulemuste põhjal. Kõrgemad tulemused saadi Toomal, Nigulas (aasta kaalutud keskmine vastavalt 0,25 mgN/l ja 0,24 mgN/l) ja Mustvees (aasta kaalutud keskmine 0,23 mgN/l).

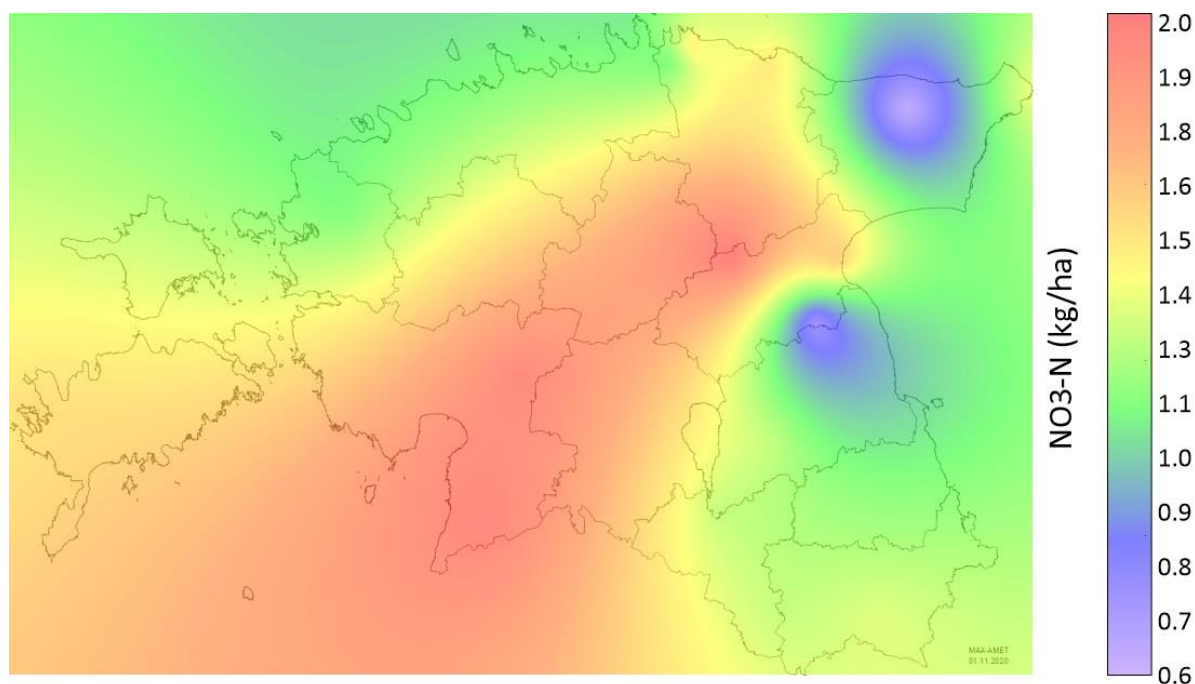
Nitraatlämmastiku kontsentratsioonid olid sarnaselt eelnevale aastale keskmisest kõrgemad jaanuaris (0,24 mgN/l), veebruaris (0,38 mgN/l), märtsis (0,36 mgN/l), aprillis (0,49 mgN/l), mais (0,45 mgN/l), novembris (0,20 mgN/l) ja detsembris (0,27 mgN/l). Kõige madalamad kontsentratsioonid olid sademetes juulis ja oktoobris, kui keskmiseks sisalduseks saadi vastavalt 0,087 mgN/l ja 0,089 mgN/l. Toomal ja Mustvees saadi maksimaalsed nitraatlämmastiku kuu keskmised kontsentratsioonid mais (vastavalt 0,92 mgN/l ja 1,3 mgN/l) ning aprillis Toomal (0,72 mgN/l), teistes jaamades jäid maksimaalsed tulemused alla 0,70 mgN/l (**Tabel 7**). See on ilmselt tingitud sellest, et mais esines vähe sademeid, keskmiselt vaid 11 mm ja proovid olid kontsentreeritumad.


Tabel 7. NO₃-N (mgN/l) sisaldused 2023. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Harku	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaauar	0,24	0,32	0,23	0,25	0,26	0,21	0,30	0,22	0,22	0,20	0,17
Veebruar	0,26	0,45	0,41	0,32	0,45	0,52	0,31	0,34	0,34	0,32	0,29
Märts	0,30	0,41	0,35	0,35	0,35	0,44	0,30	0,50	0,35	0,28	0,29
Aprill	0,50	0,46	0,40	0,43	0,72	0,44	0,32	0,56	0,43	0,34	0,34
Mai	0,15	0,26	0,60	1,3	0,92	0,40	0,34	0,48	0,34	0,62	0,34
Juuni	<0,020	0,23	0,13	0,34	0,25	0,70	0,27	0,27	<0,020	0,20	0,037
Juuli	<0,020	0,18	0,16	0,12	0,14	0,050	0,23	0,14	0,040	0,040	0,024
August	0,19	0,20	0,20	0,27	0,26	0,24	<0,020	0,050	0,050	0,18	0,078
September	0,11	0,23	0,18	0,15	0,20	0,14	<0,020	0,16	0,13	0,17	0,13
Oktoober	0,081	0,14	0,15	0,10	0,13	0,12	0,090	<0,020	0,060	0,060	0,10
November	0,19	0,24	0,21	0,23	0,23	0,23	0,030	0,19	0,25	0,22	0,22
Detsember	0,22	0,29	0,25	0,29	0,30	0,32	0,090	0,34	0,29	0,37	0,24
2023. a. kaalutud keskmine	0,16	0,24	0,22	0,23	0,25	0,21	0,15	0,22	0,15	0,18	0,16
2022. a. kaalutud keskmine	0,19	0,31	0,27	0,24	0,30	0,29	0,22	0,20	0,19	0,15	0,15

Metsaseire jaamades jäid aasta keskmised NO₃-N sisaldused 0,18 mgN/l ja 0,30 mgN/l vahele. Kõrgeim tulemus saadi mais Karepal (0,80 mgN/l). Pikasillal jäid mais tulemused aga alla määramispiiri (määramispiir 0,020 mgN/l).

Sademetega deponeerus 2023. aastal sarnaselt eelmiste aastatega suurimal hulgal nitraatset lämmastikku Nigulas (2,0 kgN/ha, 2022. a. samuti 2,0 kgN/ha, 2021. aastal 2,2 kgN/ha), kuid ka Toomal (2,0 kgN/ha), mujal jäi sadenemiskoormus alla 2,0 kgN/ha. Kõige vähem sadenes NO₃-N taaskord Saarejärvel (0,69 kgN/ha, 2022. a. 0,79 kgN/ha, 2021. aastal 0,87 kgN/ha) ja Jõhvi jaamas (0,56 kgN/ha, 2022. a. 0,87 kgN/ha, 2021. aastal 0,89 kgN/ha) (Joonis 8).



Joonis 8. Nitraatlämmastiku sadenemiskoormus 2023. aastal.

3.4 Katioonide sisaldused sademetes

Sademetest määratakse järgmiste katioonide sisaldusi: ammoonium ($\text{NH}_4\text{-N}$), kaltsium, magneesium, naatrium ja kaalium. Hindamiskaala on esitatud tabelis 8.

Tabel 8. Sademete parameetrite hindamiskaala ($\text{NH}_4\text{-N}$, K^+ , Mg^{2+}).

	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mgN/l)	K^+ (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)
Madal	< 1,9	< 2,5	< 2,5
Keskmine	1,9-3,9	2,6-5,0	2,6-5,0
Kõrge	3,9-7,8	5,0-10,0	5,0-10,0
Väga kõrge	> 7,8	> 10,0	> 10,0

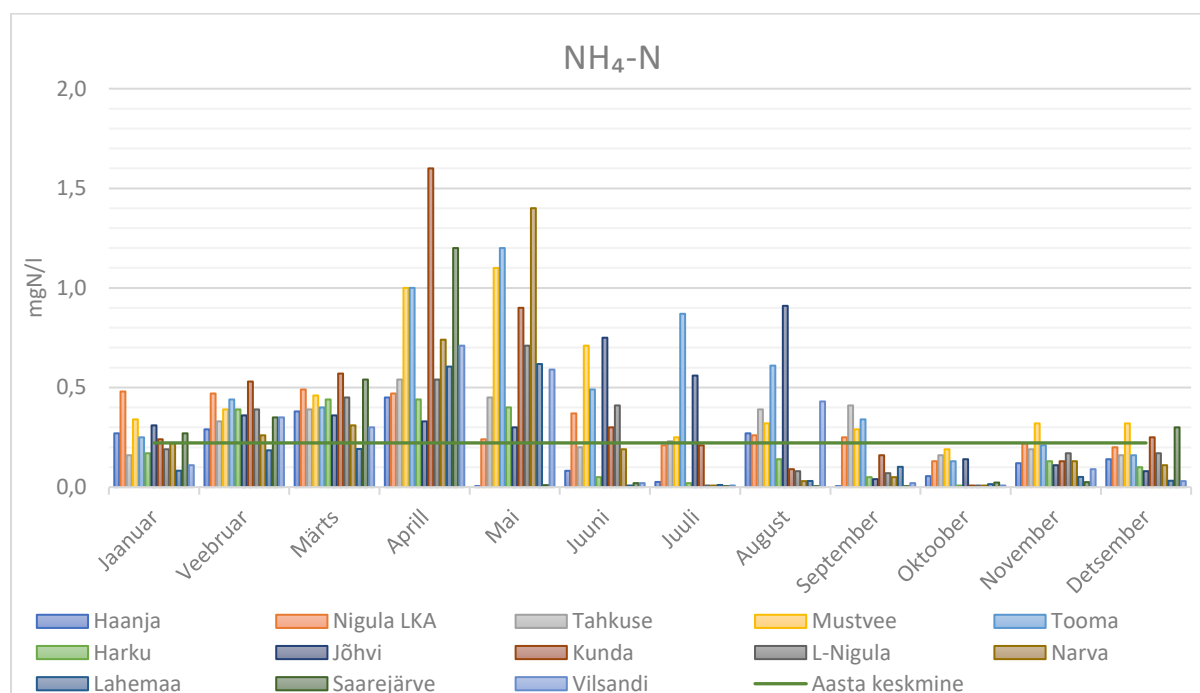
Ammooniumlämmastiku kontsentratsioonid jäävad enamasti madalatesse piiridesse (<1,94 mg/l), ühel korral mõõdeti tulemus keskmises vahemikus ja kahel korral saadi kõrge tulemus ning ühel korral väga kõrge tulemus (keskmised, kõrged ja väga kõrged tulemused mõõdeti aga metsaseire jaamades).



Kaltsiumi puhul jäävad tulemused enamasti madalatesse või keskmistesse piiridesse (<5 mg/l). Magneesiumi, kaaliumi ja naatriumi sisaldused jäävad enamasti madalatesse piiridesse.

3.4.1 Ammooniumlämmastiku sisaldused sademetes

Ammooniumlämmastiku kõrgeimad aasta kaalutud keskmised sisaldused olid Tooma (0,40 mgN/l) ja Mustvee (0,36 mgN/l) jaamades. Metsaseirejaamade sademete proovide tulemuste põhjal oli 2023. aastal kõrgeim ammooniumlämmastiku aasta keskmine sisaldus 1,1 mgN/l Vihulas. Kaalutud keskmisest, 0,22 mgN/l (2022. aastal 0,26 mgN/l, 2021. aastal 0,29 mgN/l), kõrgemate kontsentratsioonide maksimum saadi aprillis (kõikide jaamade kaalutud keskmine 0,82 mgN/l), mida mõjutas osalt vähene sademete hulk, mille tõttu olid proovid kontsentreeritumad. Kõige vähem sisaldasid NH₄-N 2023. aastal sarnaselt eelnevale aastale Lahemaal kogutud sademete proovid (vastavalt 0,079 mgN/l). Samuti oli aasta kaalutud keskmine kontsentratsioon madalam Harkus (0,13 mgN/l) (Joonis 9).



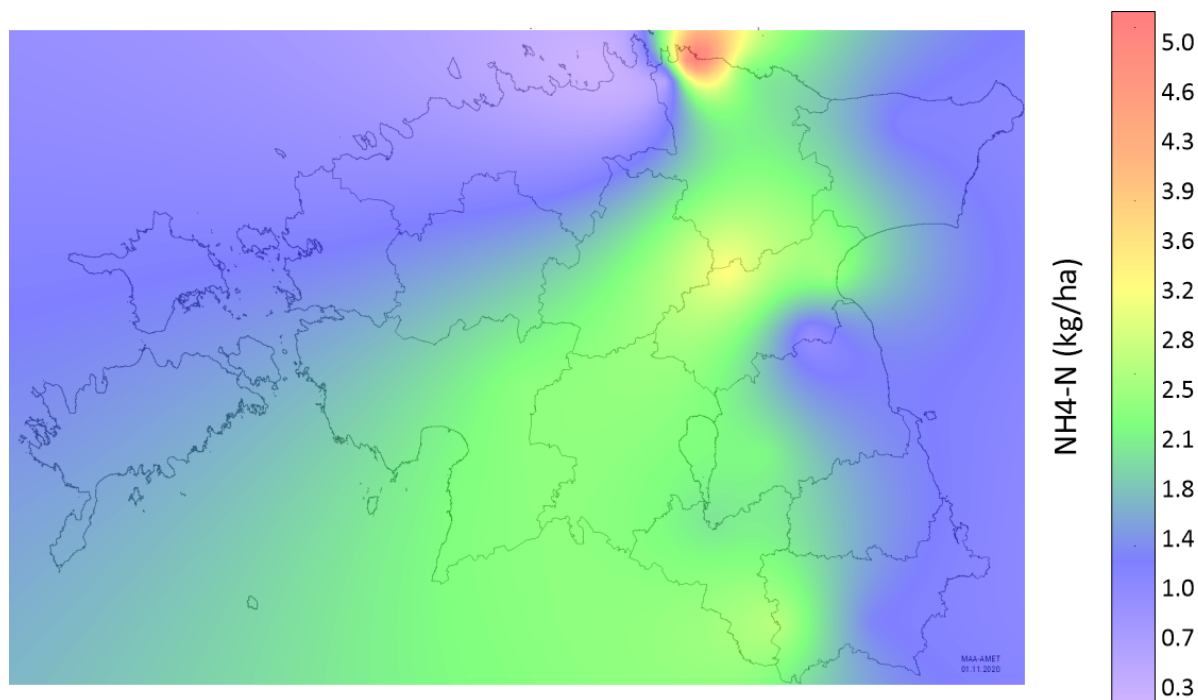
Joonis 9. NH₄-N kontsentratsioonid (mgN/l) sademetes 2023. aastal.

Ammooniumlämmastiku kõrgeimad sisaldused olid aprillis Kundas ja Saarejärvel (vastavalt 1,6 mgN/l ja 1,2 mgN/l) ja mais Toomal ja Narvas (vastavalt 1,2 mgN/l ja 1,4 mgN/l) (Tabel 9). Maksimaalsed tulemused saadi aga juunis Vihulas (8,3 mgN/l) ja mais Karepal (7,0 mgN/l).

Tabel 9. NH₄-N (mgN/l) sisaldused sademetes 2023. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Harku	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaauar	0,27	0,48	0,16	0,34	0,25	0,17	0,31	0,24	0,19	0,22	0,082
Veebruar	0,29	0,47	0,33	0,39	0,44	0,39	0,36	0,53	0,39	0,26	0,18
Märts	0,38	0,49	0,39	0,46	0,40	0,44	0,36	0,57	0,45	0,31	0,19
Aprill	0,45	0,47	0,54	1,0	1,0	0,44	0,33	1,6	0,54	0,74	0,61
Mai	<0,010	0,24	0,45	1,1	1,2	0,40	0,30	0,90	0,71	1,4	0,62
Juuni	0,082	0,37	0,20	0,71	0,49	0,050	0,75	0,30	0,41	0,19	0,0080
Juuli	0,026	0,21	0,23	0,25	0,87	0,020	0,56	0,21	<0,016	<0,016	0,011
August	0,27	0,26	0,39	0,32	0,61	0,14	0,91	0,090	0,080	0,03	0,031
September	<0,010	0,25	0,41	0,29	0,34	0,050	0,040	0,16	0,070	0,050	0,10
Oktoober	0,055	0,13	0,16	0,19	0,13	<0,016	0,14	<0,016	<0,016	<0,016	0,015
November	0,12	0,22	0,19	0,32	0,21	0,13	0,11	0,13	0,17	0,13	0,051
Detsember	0,14	0,20	0,16	0,32	0,16	0,10	0,080	0,25	0,17	0,11	0,032
2023. a. kaalutud keskmine	0,15	0,27	0,26	0,36	0,40	0,13	0,31	0,30	0,15	0,14	0,079
2022. a. kaalutud keskmine	0,15	0,51	0,27	0,35	0,28	0,16	0,53	0,32	0,25	0,20	0,11

Ammooniumlämmastikku sadenes kõige suuremas koguses (sarnaselt 2022. aastale) Nigulas (2,3 kgN/ha, 2022. aastal 3,2 kgN/ha, 2021. aastal 5,3 kgN/ha), samuti Mustvees (2,5 kgN/ha, 2022. aastal 1,8 kgN/ha, 2021. aastal 2,9 kgN/ha) ja Kundas (2,1 kgN/ha, 2022. aastal 1,9 kgN/ha, 2021. aastal 2,4 kgN/ha), kuid ka Toomal 3,3 kgN/ha ning Tahkusel 2,3 kgN/ha. Kõige vähem sadenes ammooniumlämmastikku Saarejärvel (0,88 kgN/ha, 2022. aastal 0,70 kgN/ha, 2021. aastal 0,87 kgN/ha) ja Lahemaal (0,58 kgN/ha, 2022. aastal samuti 0,58 kgN/ha, 2021. aastal 0,95 kgN/ha) (Joonis 10).

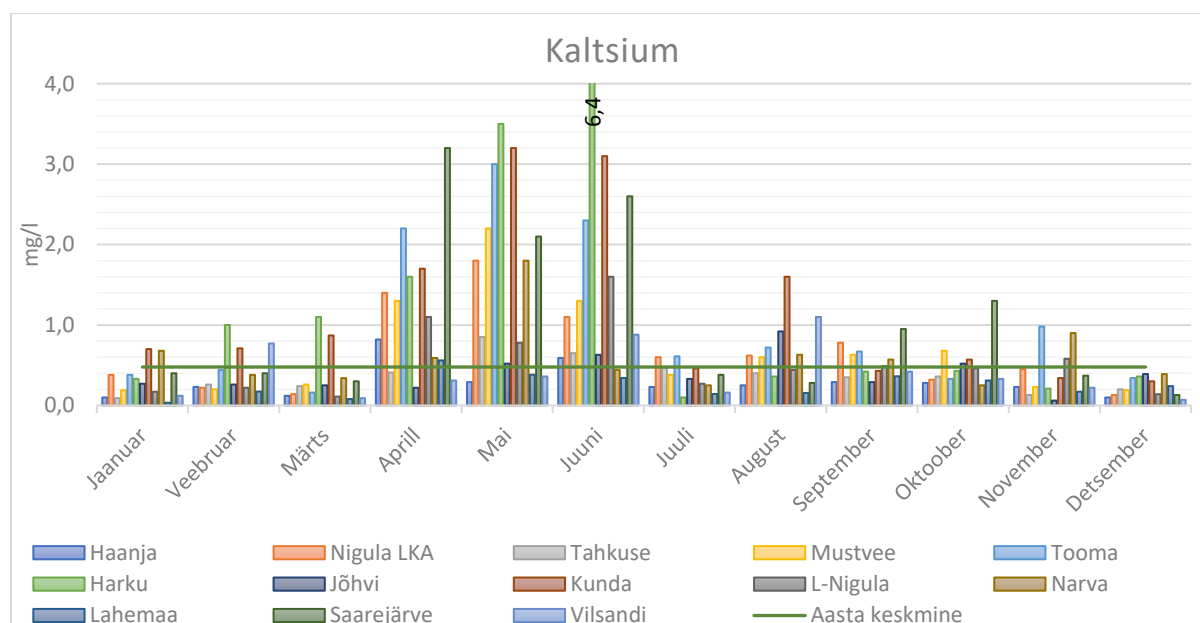


Joonis 10. Amooniumlämmastiku sadenemiskoormus 2023. aastal.

Suurimad mineraalse lämmastiku ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) sadenenud kogused 2023. aasta jooksul olid Toomal (5,3 kg/ha), Nigulas ja Tahkusel (mõlemas 4,2 kg/ha). Üle 4 kg/ha mineraalset lämmastikku sadenes veel Mustvees. Keskmiselt sadenes 2023. aasta jooksul sademete seirejaamade mõõtmistulemuste põhjal mineraalset lämmastikku 3,0 kg/ha (2022. aastal 2,8 kg/ha, 2021. ja 2020. aastal 3,5 kg/ha). Kõige vähem, 1,6 kg/ha, sadenes mineraalset lämmastikku Saarejärve jaama ümbruses.

3.4.2 Kaltsiumi sisaldused sademetes

Sarnaselt mitmele eelnevale aastale, olid ka 2023. aastal sademete proovides kõrgeimad kaltsiumi sisaldused Kundas (0,79 mg/l), Saarejärvel (0,74 mg/l), Toomal (0,66 mg/l) ja Nigulas (0,57 mg/l). Teistes jaamades jäi aasta kaalutud keskmine alla 0,54 mg/l. Kõige kaltsiumivaesemad olid Lahemaa ja Haanja jaamade sademed (vastavalt 0,21 mg/l ja 0,24 mg/l). 2023. aasta kaalutud keskmiseks Ca^{2+} kontsentratsiooniks saadi 0,48 mg/l (2022. aastal 0,72 mg/l, 2021. aastal 0,66 mg/l) (Joonis 11).



Joonis 11. Kaltsiumi sisaldused (mg/l) sademetes 2023. aastal.

Kaltsiumi kontsentratsioonid olid kõrged Harku jaama proovides veebruarist juunini (tulemused üle 1,0 mg/l). Paljudes teistes jaamades olid kõrged sisaldused aprillist juunini (**Tabel 10**). II kvartali kõrged sisaldused on seotud vähese sademete hulgaga. Harku kõrged sisaldused on seotud jaama paiknemisega maardla kõrval, kus kaevandatakse kõrgmargilist lubjakivi. Metsaseirejaamades olid sademete proovidest kõrgemad sisaldused mais Karepal (8,2 mg/l), Pikasillal (4,5 mg/l) ja Karulas (4,1 mg/l). Kõikide sademete keemia seirejaamade andmete põhjal arvatud kaalutud keskmine Ca^{2+} kontsentratsioon oli kõrgeim mais (1,6 mg/l, 2022. aastal märtsis 2,6 mg/l, 2021. aastal septembris 2,2 mg/l). Kõige madalam keskmine kaltsiumi sisaldus saadi detsembris (0,22 mg/l, 2022. aastal jaanuaris 0,38 mg/l, 2021. aastal novembris 0,36 mg/l).

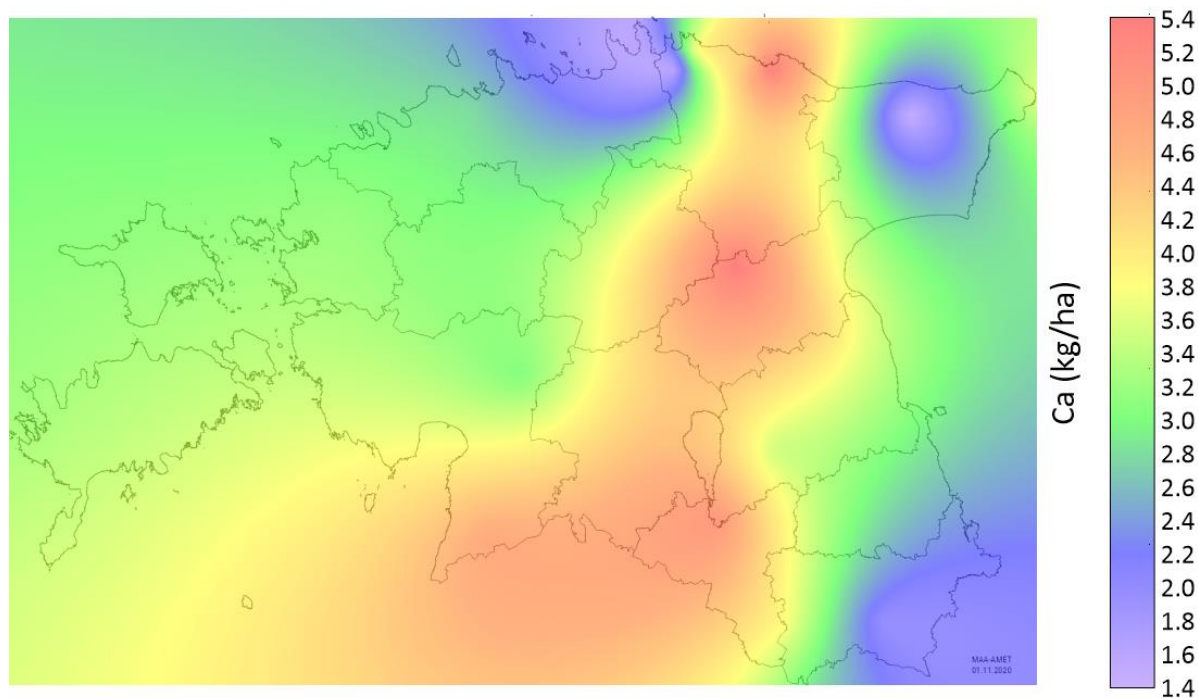
Tabel 10. Kaltsiumi sisaldused (mg/l) 2023. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Harku	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	0,099	0,38	0,091	0,19	0,38	0,33	0,27	0,70	0,17	0,68	0,034
Veebruar	0,23	0,22	0,26	0,20	0,44	1,0	0,26	0,71	0,22	0,38	0,17
Märts	0,12	0,14	0,24	0,26	0,16	1,1	0,25	0,87	0,11	0,34	0,079
Aprill	0,82	1,4	0,41	1,3	2,2	1,6	0,22	1,7	1,1	0,59	0,56
Mai	0,29	1,8	0,85	2,2	3,0	3,5	0,52	3,2	0,78	1,8	0,38
Juuni	0,59	1,1	0,65	1,3	2,3	6,4	0,63	3,1	1,6	0,44	0,34
Juuli	0,23	0,60	0,47	0,38	0,61	0,10	0,33	0,46	0,27	0,25	0,14
August	0,25	0,62	0,40	0,60	0,72	0,36	0,92	1,6	0,44	0,63	0,16
September	0,29	0,78	0,35	0,63	0,67	0,42	0,29	0,43	0,49	0,57	0,36



	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Harku	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Oktoober	0,28	0,32	0,36	0,68	0,33	0,43	0,52	0,57	0,46	0,25	0,31
November	0,23	0,45	0,13	0,23	0,98	0,21	0,060	0,34	0,58	0,90	0,17
Detsember	0,099	0,13	0,20	0,19	0,34	0,36	0,39	0,30	0,14	0,39	0,24
2023. a. kaalutud keskmine	0,24	0,57	0,34	0,53	0,66	0,51	0,38	0,79	0,41	0,46	0,21
2022. a. kaalutud keskmine	0,30	0,92	0,32	0,53	0,93	2,0	0,82	2,2	0,50	0,64	0,17

Kõrgeimad sadenenud kogused (**Joonis 12**) saadi 2023. aastal Kunda jaamast, kus kaltsiumi sadenes 5,5 kg/ha aastas (2022. aastal 13 kg/ha, 2021. aastal 10 kg/ha). Kõrge oli kaltsiumi depositsioon ka Toomal (5,4 kg/ha, 2022. aastal 5,3 kg/ha). Lahemaal deponeerus aasta jooksul kaltsiumi vaid 1,6 kg/ha (2022. aastal 0,91 kg/ha, 2021. aastal 1,4 kg/ha), veelgi vähem sadenes kaltsiumi Jõhvi ümbruses (1,4 kg/ha).



Joonis 12. Kaltsiumi sadenemiskoormus 2023. aastal.



3.4.3 Magneesiumi sisaldused sademetes

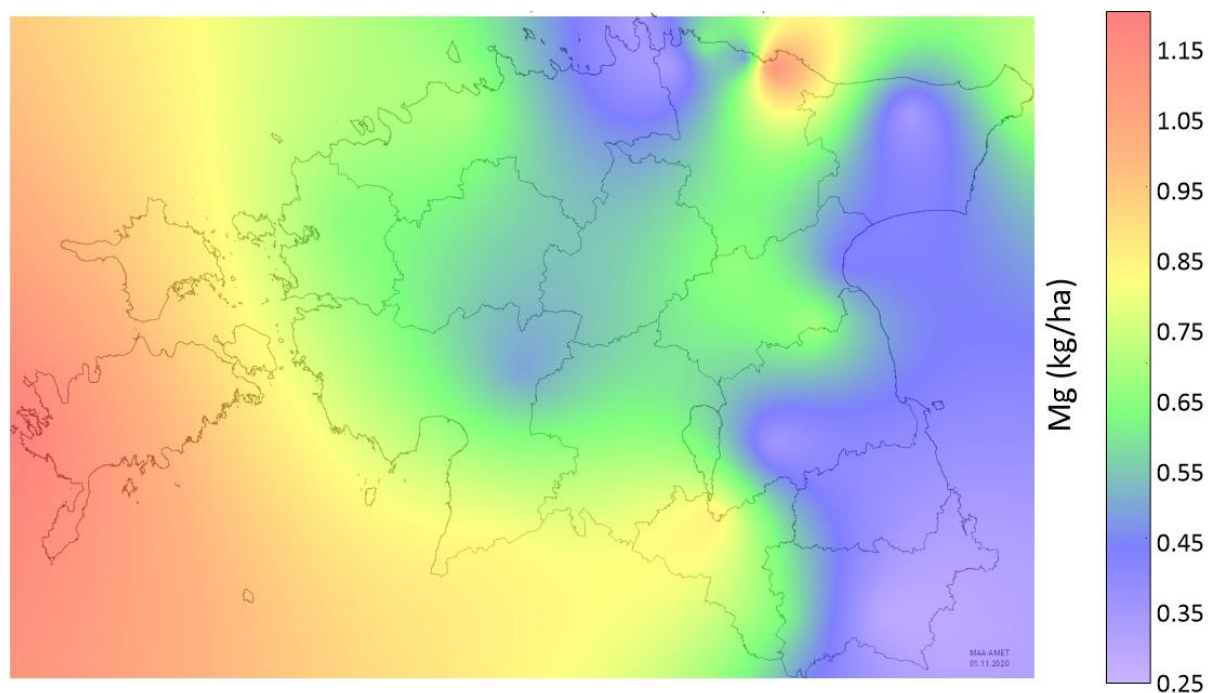
Magneesiumi kontsentratsioonid on sademete proovides suhteliselt madalad, jäädes enamike seirejaamade puhul 0,092 mg/l (aasta kaalutud keskmine) piiridesse või isegi veel madalamale tasemele. Kõikide jaamade keskmine Mg^{2+} kontsentratsioon oli kõrgeim mais (0,28 mg/l), madalaim aga aasta lõpus (0,050 mg/l).

Kõrgeima magneesiumi sisaldusega sademed esinesid Harku ja Kunda seirejaamades, kus arvutati 2023. aastal aasta kaalutud keskmiseks kontsentratsiooniks vastavalt 0,13 mg/l ja 0,17 mg/l. Metsaseirejaamadest sisaldasid aasta keskmisena rohkem magneesiumi sarnaselt eelnevale aastale Pikasilla jaamast kogutud sademete proovid, 0,16 mg/l, lisaks ka Karepa ja Sagadi sademed. Väga madalad olid Mg^{2+} sisaldused Lahemaa sademetes, vaid 0,046 mg/l ja Haanjas 0,035 mg/l. Aasta kõrgeim sisaldus 1,1 mg/l analüüsiti juunis Harku sademetest (Tabel 11).

Tabel 11. Magneesiumi sisaldused (mg/l) 2023. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Harku	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	0,023	0,048	0,022	<0,020	<0,020	0,16	0,060	0,14	0,080	0,090	0,028
Veebruar	0,035	0,075	0,036	0,031	0,057	0,31	0,060	0,17	0,10	0,070	0,067
Märts	0,029	0,034	0,029	0,041	0,037	0,30	0,060	0,14	0,070	0,060	0,039
Aprill	0,14	0,30	0,046	0,23	0,31	0,44	0,080	0,32	0,17	0,16	0,094
Mai	0,052	0,37	0,16	0,42	0,39	0,60	0,070	0,53	0,28	0,30	0,097
Juuni	0,10	0,16	0,11	0,13	0,31	1,1	0,12	0,44	0,23	0,050	0,048
Juuli	0,039	0,11	0,070	0,056	0,11	0,030	0,060	0,070	0,050	0,050	0,027
August	0,026	0,080	0,055	0,065	0,097	0,090	0,26	0,38	0,090	0,14	0,044
September	0,038	0,088	0,045	0,060	0,079	0,040	0,030	0,080	0,070	0,090	0,040
Oktoober	0,046	0,11	0,070	0,065	0,048	0,070	0,11	0,11	0,080	0,060	0,056
November	0,021	0,067	0,026	0,020	0,039	0,080	0,040	0,19	0,10	0,32	0,048
Detsember	<0,020	0,029	0,038	<0,020	0,038	0,12	0,12	0,070	0,030	0,13	0,052
2023. a. kaalutud keskmine	0,035	0,10	0,055	0,062	0,082	0,13	0,089	0,17	0,085	0,098	0,046
2022. a. kaalutud keskmine	0,042	0,12	0,057	0,054	0,23	0,31	0,10	0,27	0,11	0,075	0,043

Magneesiumi depositsioonikaardilt (Joonis 13) on näha, et 2023. aastal deponeerus sademetega kõige rohkem magneesiumi taaskord Kunda ümbruses 1,2 kg/ha (2022. aastal 1,0 kg/ha ja 2021. aastal 1,6 kg/ha). Ka Vilsandil sadenes magneesiumi aasta jooksul 1,2 kg/ha, teistes jaamades jäi depositsioon alla 0,83 kg/ha/a. Kõige väiksem oli magneesiumi sadenemiskoormus Haanjas (0,29 kg/ha).



Joonis 13. Magneesiumi sadenemiskoormus 2023. aastal.

3.4.4 Naatriumi sisaldused sademetes

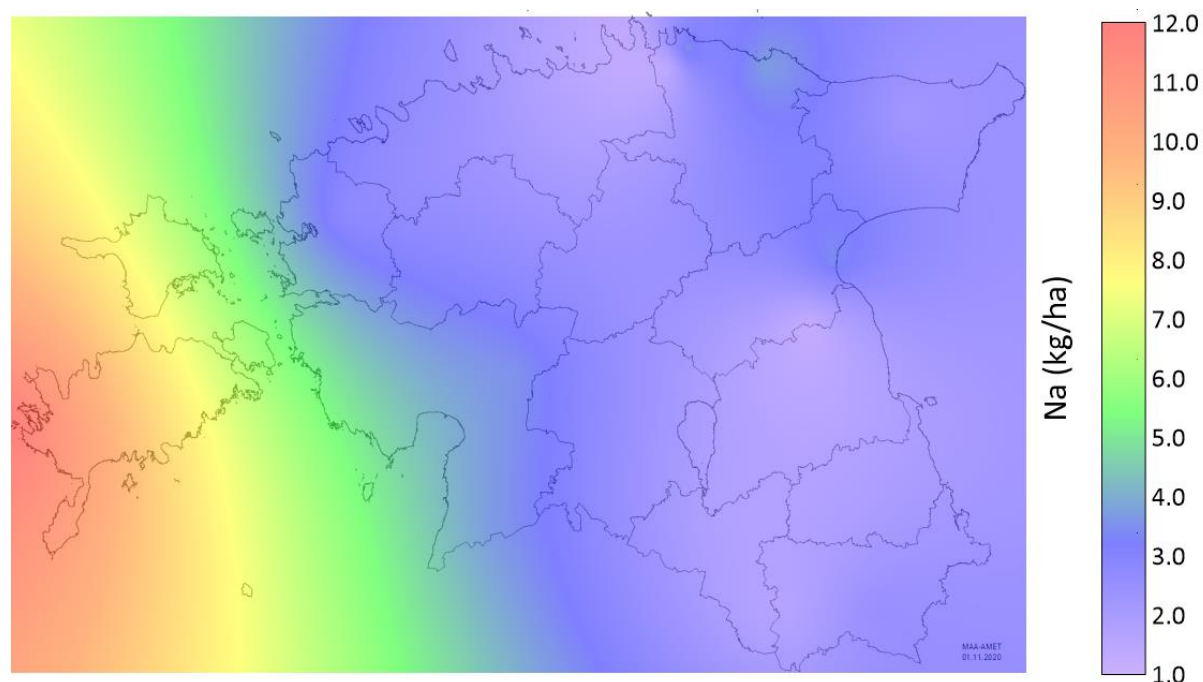
Naatriumi kontsentratsioonid olid sademete proovides 2023. aastal kõrgeimad veebruaris, kui kõikide jaamade keskmine sisaldus oli 0,99 mg/l. Kogu aasta kaalutud keskmiseks naatriumi sisalduseks on 0,47 mg/l (2022. aastal 0,46 mg/l, 2021. aastal 0,36 mg/l), kõrgemad sisaldused olid Vilsandil ja Jõhvis (aasta keskmised vastavalt 1,5 mg/l ja 0,59 mg/l) ning Kundas (0,55 mg/l). Kõige vähem sisaldasid naatriumi kõikide jaamade andmete põhjal septembri sademete proovid (keskmine 0,22 mg/l).

Metsaseire jaamades olid aasta keskmised naatriumi sisaldused madalad, jäädes sisaldustena 0,20 mg/l ja 0,50 mg/l vahele. Madalaimad kaalutud keskmised tulemused olid aga Haanjas (0,30 mg/l), Lahemaal (0,19 mg/l) ja Saarejärvel (0,21 mg/l) (Tabel 12).


Tabel 12. Naatriumi sisaldused (mg/l) 2023. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Harku	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaauar	0,31	0,27	0,21	0,18	0,20	0,52	0,28	0,43	0,34	0,080	0,15
Veebruar	0,55	0,60	0,31	0,29	0,53	1,6	0,28	1,0	0,61	0,36	0,35
Märts	0,25	0,33	0,27	0,56	0,42	1,1	0,28	0,47	0,47	0,18	0,21
Aprill	1,4	0,95	0,16	0,65	0,39	0,51	0,32	0,95	0,24	0,25	0,17
Mai	0,28	0,88	0,38	2,5	0,38	0,53	0,26	0,67	0,24	0,38	0,24
Juuni	0,86	0,20	0,63	0,80	0,13	0,57	0,21	0,54	0,40	0,090	0,092
Juuli	0,22	0,42	0,39	0,51	0,23	0,22	0,32	0,37	0,55	0,13	0,21
August	0,084	0,23	0,16	0,51	0,099	0,28	2,9	0,26	0,11	0,22	0,032
September	0,34	0,21	0,12	0,47	0,19	0,14	0,73	0,28	0,10	0,15	0,068
Oktoober	0,33	1,0	0,90	0,62	0,55	0,44	0,47	0,90	0,69	0,73	0,42
November	0,17	0,24	0,26	0,22	0,33	0,29	0,57	0,32	0,13	0,14	0,19
Detsember	0,23	0,30	0,41	0,24	0,15	0,45	0,80	0,61	0,22	0,23	0,080
2023. a. kaalutud keskmine	0,30	0,45	0,39	0,50	0,31	0,43	0,59	0,55	0,36	0,31	0,19
2022. a. kaalutud keskmine	0,21	0,32	0,29	0,46	1,0	0,72	0,33	0,87	0,40	0,17	0,17

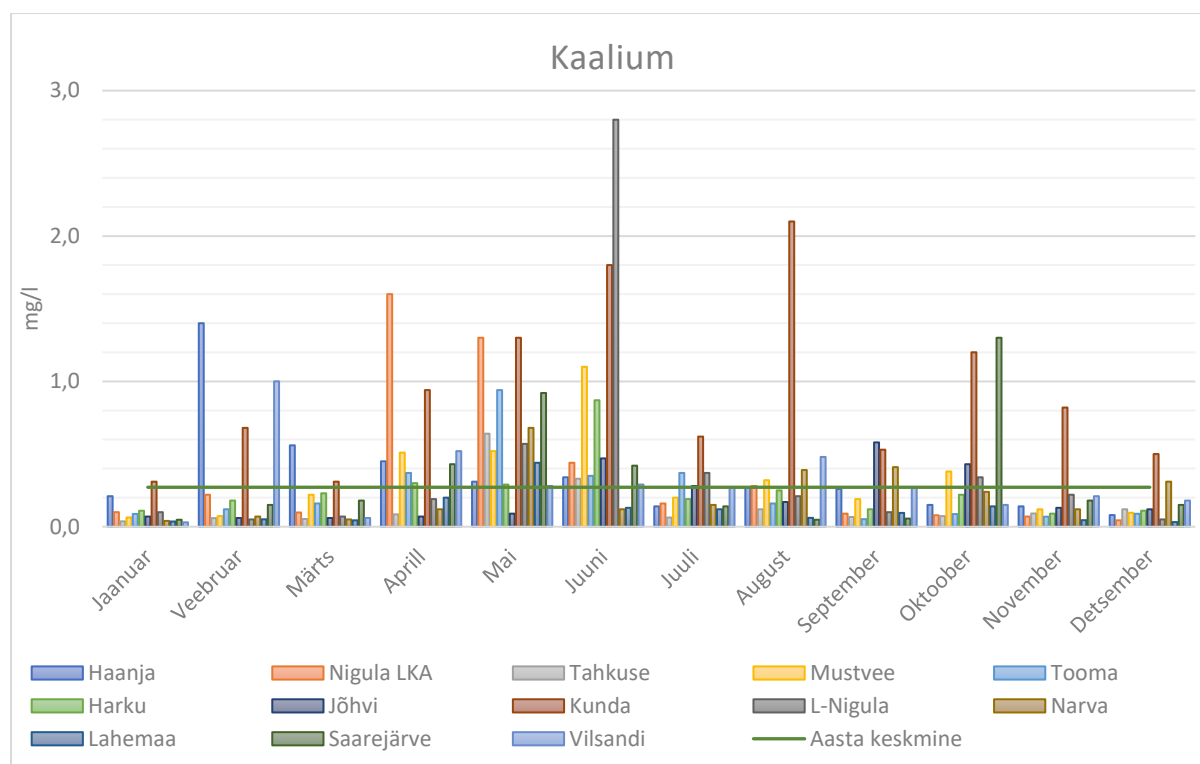
Kõige rohkem sadenes 2023. aastal naatriumi Vilsandil (12 kg/ha), Kundas (3,8 kg/ha) ja Nigulas (3,7 kg/ha), võrdluseks 2022. aastal oli kolm kõrgeima sadenemiskoormusega jaama Vilsandi 7,5 kg/ha, Tooma 5,7 kg/ha ja Kunda 5,0 kg/ha ning 2021. aastal Vilsandi 3,9 kg/ha, Kunda 5,1 kg/ha ja Harku 3,0 kg/ha. Madalaim sadenenud naatriumi koormus saadi seekord Saarejärvelt 1,2 kg/ha (2022. aastal Lahemaal 0,92 kg/ha, 2021. aastal Jõhvis 1,2 kg/ha) (**Joonis 14**).



Joonis 14. Naatriumi sadenemiskoormus 2023. aastal.

3.4.5 Kaaliumi sisaldused sademetes

Enamasti on sademete proovidest analüüsitud kaaliumi kontsentratsioonid väga madalad. 2023. aastal olid kõige kõrgemad kaaliumi kontsentratsioonid (0,84 mg/l) Kunda jaamast kogutud sademete proovides (sama tendents oli ka neljal eelneval aastal). Kaaliumi kontsentratsioonid olid kõikide jaamade tulemuste põhjal kõrgeimad mais (0,74 mg/l) (Joonis 15). 2023. aastal saadi aastaseks kaalutud keskmiseks kaaliumi kontsentratsiooniks kõikide sademete seirejaamade andmete põhjal 0,27 mg/l (2022. aastal 0,22 mg/l, 2021. aastal 0,23 mg/l). Kõige vähem sisaldasid kaaliumi 2023. aastal Lahemaa sademed (0,084 mg/l) (Tabel 13).



Joonis 15. Kaaliumi sisaldused (mg/l) sademetes 2023. aastal.

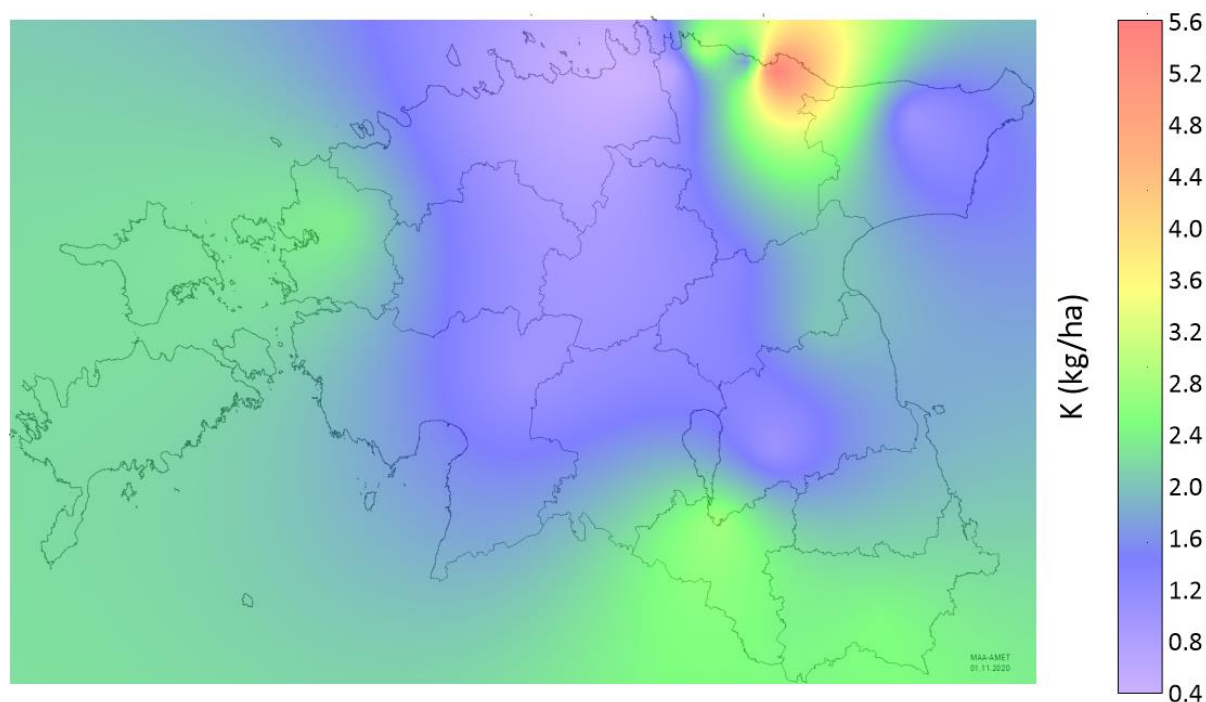
Tabel 13. Kaaliumi sisaldused (mg/l) 2023. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Harku	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	0,21	0,10	0,037	0,064	0,088	0,11	0,070	0,31	0,10	0,040	0,036
Veebruar	1,4	0,22	0,059	0,073	0,12	0,18	0,060	0,68	0,050	0,070	0,051
Märts	0,56	0,098	0,053	0,22	0,16	0,23	0,060	0,31	0,070	0,050	0,044
Aprill	0,45	1,6	0,085	0,51	0,37	0,30	0,070	0,94	0,19	0,12	0,20
Mai	0,31	1,3	0,64	0,52	0,94	0,29	0,090	1,3	0,57	0,68	0,44
Juuni	0,34	0,44	0,33	1,1	0,35	0,87	0,47	1,8	2,8	0,12	0,13
Juuli	0,14	0,16	0,063	0,20	0,37	0,19	0,28	0,62	0,37	0,15	0,12
August	0,27	0,28	0,12	0,32	0,16	0,25	0,17	2,1	0,21	0,39	0,061
September	0,26	0,090	0,067	0,19	0,052	0,12	0,58	0,53	0,10	0,41	0,095
Oktoober	0,15	0,079	0,073	0,38	0,087	0,22	0,43	1,2	0,34	0,24	0,14
November	0,14	0,070	0,091	0,12	0,069	0,090	0,13	0,82	0,22	0,12	0,045
Detsember	0,080	0,044	0,12	0,096	0,089	0,11	0,12	0,50	0,050	0,31	0,032
2023. a. kaalutud keskmine	0,30	0,21	0,11	0,29	0,16	0,18	0,26	0,84	0,31	0,22	0,084
2022. a. kaalutud keskmine	0,18	0,21	0,12	0,28	0,14	0,17	0,15	0,79	0,25	0,077	0,077

Metsaseire jaamade aasta keskmised tulemused jäävad 0,31 mg/l (Tõraveres) ja 0,78 mg/l (Karepal ja Vihulas) vahele. Kõrgeim tulemus saadi mais Karulas 5,7 mg/l.



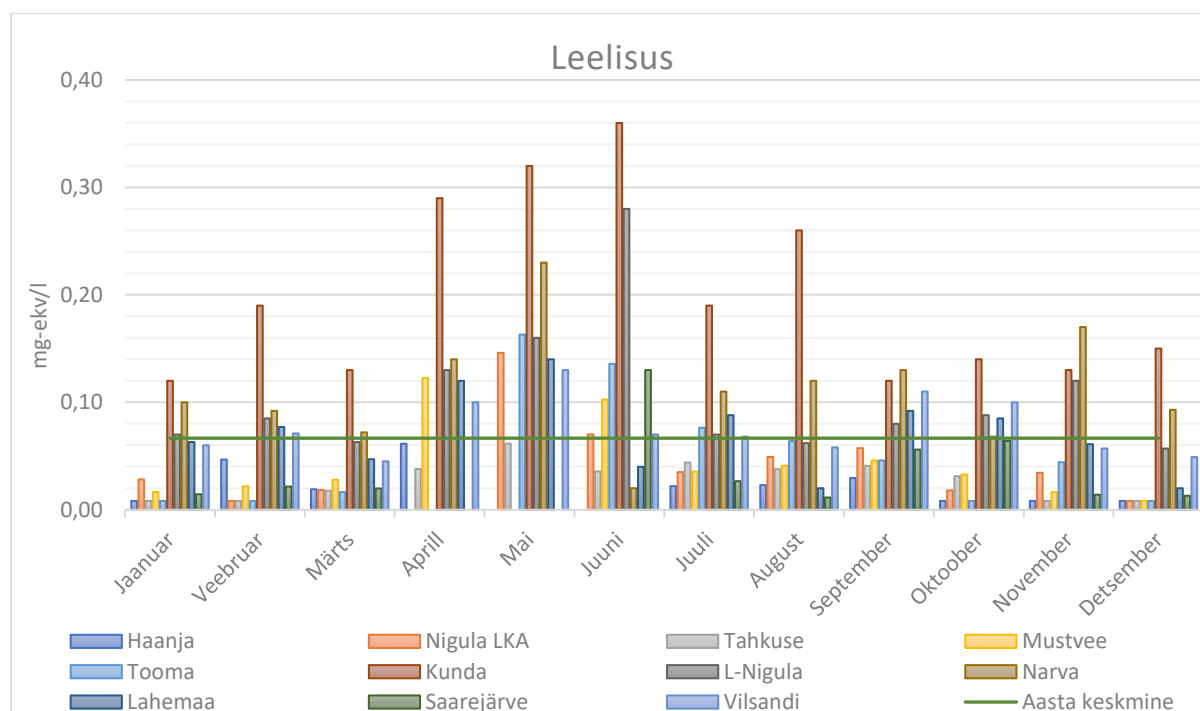
2023. aasta kaalutud keskmised kaaliumi depositsioonihulgad olid võrreldes teiste ionide sadenenud kogustega madalamate hulgas. Aasta jooksul oli kaaliumi koormus Kundas 5,8 kg/ha (2022. aastal 4,6 kg/ha, 2021. aastal 5,1 kg/ha, 2020. aastal 4,5 kg/ha), Haanjas 2,5 kg/ha ja Lääne-Nigulas 2,4 kg/ha (2022. aastal ei olnud kolme kõrgeima depositsiooniga piirkonna hulgas) (Joonis 16). Erinevus koormustes on tingitud kõrgematest kontsentratsioonidest ja suurest sademete hulgast. Lahemaal sadenes kogu aasta jooksul kaaliumi vaid 0,62 kg/ha (2022. aastal 0,41 kg/ha, 2021. aastal 0,46 kg/ha).



Joonis 16. Kaaliumi sadenemiskoormus 2023. aastal.

3.5 Leelisus

Leelisust määratakse kõikidest sademetekeemia jaamadest (alates 2022. aastast ka Harkus ja Jõhvis), samuti määratakse seda kompleksseire ning metsaseire jaamadest kogutud proovidest. Leelisus näitab vee puhverdusvõimet, vee hea puhverdusvõime võimaldab vältida suuri pH kõikumisi, see tähendab, et vesi suudab neutraliseerida happeid ja aluseid. Aasta kaalutud keskmiseks leelisuseks saadi 0,067 mg-ekv/l. Kõrgeimad sisaldused esinesid taaskord Kundas (0,17 mg-ekv/l, 2022. aastal 0,22 mg-ekv/l, 2021. aastal 0,14 mg-ekv/l) ja madalaimad tulemused saadi Haanjas (0,018 mg-ekv/l, 2022. aastal 0,027 mg-ekv/l, 2021. aastal ka 0,027 mg-ekv/l) (Joonis 17, Tabel 14).



Joonis 17. Leelisus (mg-ekv/l) sademetes 2023. aastal.

Tabel 14. Sademete leelisus (mg-ekv/l) 2023. aastal.

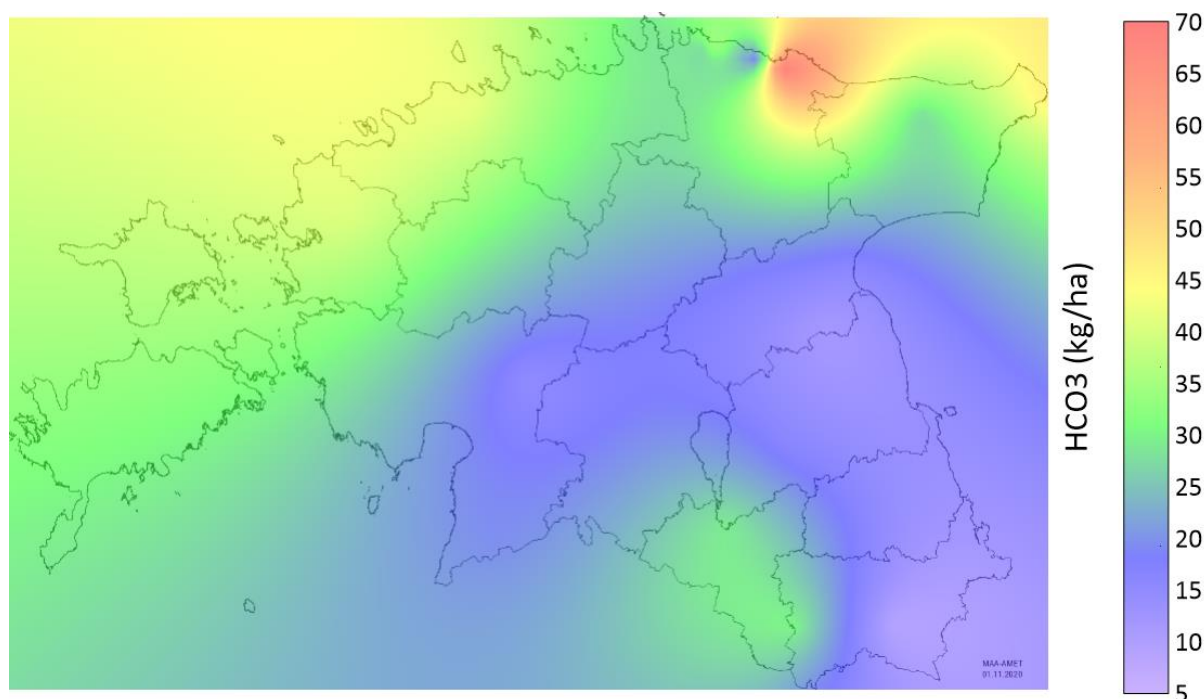
	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Harku	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	0,0082	0,028	0,0082	0,017	0,0082	0,090	0,070	0,12	0,070	0,10	0,063
Veebruar	0,047	0,0082	0,0082	0,022	0,0082	0,14	0,090	0,19	0,085	0,092	0,077
Märts	0,019	0,018	0,018	0,028	0,016	0,13	0,049	0,13	0,063	0,072	0,047
Aprill	0,061	vv	0,038	0,12	vv	0,18	0,061	0,29	0,13	0,14	0,12
Mai	vv	0,15	0,061	vv	0,16	0,32	0,048	0,32	0,16	0,23	0,14
Juuni	vv	0,070	0,036	0,10	0,14	0,48	0,13	0,36	0,28	<0,040	0,040
Juuli	0,022	0,035	0,044	0,035	0,076	0,13	0,13	0,19	0,070	0,11	0,088
August	0,023	0,049	0,038	0,041	0,064	0,13	0,16	0,26	0,062	0,12	<0,040
September	0,029	0,057	0,041	0,046	0,046	0,11	0,27	0,12	0,080	0,13	0,092
Oktoober	0,0082	0,018	0,031	0,033	0,0082	0,12	0,13	0,14	0,088	0,068	0,085
November	0,0082	0,034	0,0082	0,016	0,044	0,12	0,13	0,13	0,12	0,17	0,061
Detsember	0,0082	0,0082	0,0082	0,0082	0,0082	0,087	0,067	0,15	0,057	0,093	<0,040
2023. a. kaalutud keskmine	0,018	0,039	0,027	0,038	0,037	0,13	0,12	0,17	0,086	0,097	0,064
2022. a. kaalutud keskmine	0,027	0,065	0,028	0,052	0,047	0,17	0,11	0,22	0,082	0,091	0,076

vv – vähe proovi analüüsiks



Metsaseire jaamade keskmiseks leelisuseks oli 0,056 mg-ekv/l. Madalaimad sisaldused esinevad Tõraveres, kus aasta keskmine leelisus oli 0,041 mg-ekv/l ning kõrgeimad tulemused on Vihulas, kus keskmine leelisus oli 0,075 mg-ekv/l.

Leelisuse aastased sadenemiskoormused olid kõrgemad Kundas ja Narvas (vastavalt 72 kg/ha ja 46 kg/ha) ning madalamad Tahkusel, Haanjas ning Saarejärvel (vastavalt 15 kg/ha, 9,1 kg/ha ja 11 kg/ha) (Joonis 18).



Joonis 18. Leelisuse sadenemiskoormus 2023. aastal.

3.6 Raskmetallide sisaldused sademetes

Sademetes seire raames määrati 2023. aastal kõikide jaamade sademete proovidest Cd, Cu, Pb ja Zn. Kui tsinki määrati ka varasematel aastatel kõikidest sademete keemia seirejaamadest, siis 2022. aastal hakati ka Harku ja Jõhvi proovidest kaadmiumi, vaske ja pliid määrama. Haanja, Nigula, Mustvee, Tooma, Kunda ja Narva jaamade sademete proovidest määrati lisaks Hg kuus korda aastas (Tabel 15). Lahemaa jaamast analüüsiti As, Cd, Cu, Pb, Zn ja Ni nädala keskmisest proovist ja Hg üks kord kuus.

Lahemaa sademetekeemia jaam on foonijaam (EMEP), sest nimetatud jaam asub suurematest saasteallikatest eemal. Suuremad raskmetallide kontsentratsioonide erinevused võrreldes tesite

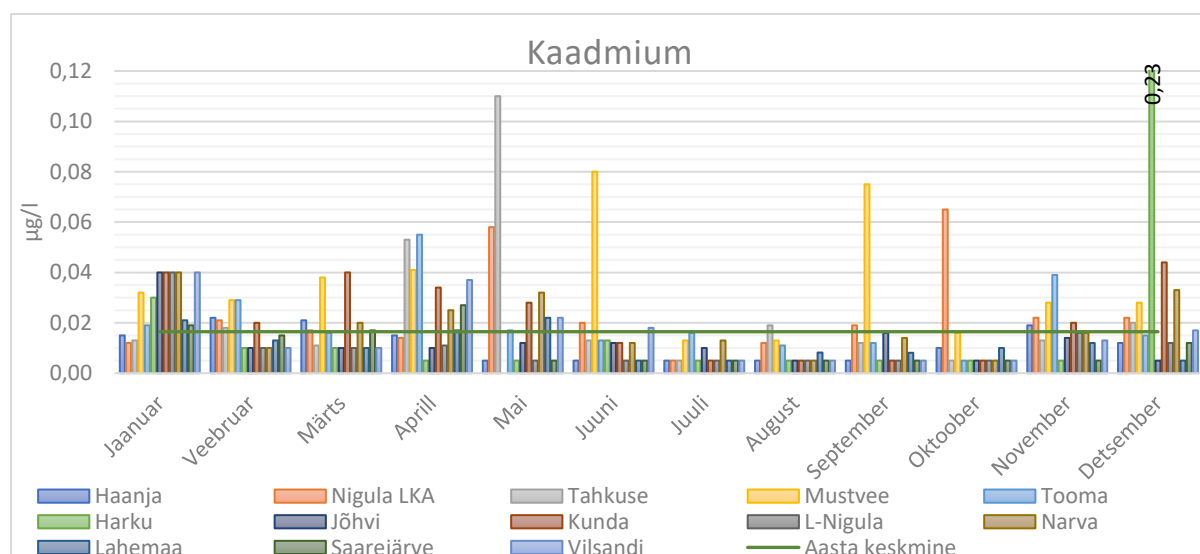


jaamadega olid ainult tsingi sisaldustes, mille aasta keskmised olid teistes jaamades oluliselt (kuni 6 korda) kõrgemad Lahemaal mõõdetud väärtustest.

Tabel 15. Raskmetallide kaalutud keskmised sisaldused (µg/l) 2023. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Harku	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Cd	0,012	0,025	0,015	0,031	0,016	0,026	0,011	0,020	0,010	0,016	0,010
Cu	0,98	2,2	0,78	1,7	1,7	1,1	1,8	1,8	0,36	0,74	0,48
Pb	0,21	0,22	0,14	0,43	0,26	0,087	0,068	0,15	0,074	0,24	0,18
Zn	5,8	16	9,1	11	8,3	7,3	5,4	15	2,9	12	2,7
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11
As	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,054
Hg	0,0025	0,0025	-	0,0034	0,0027	-	-	0,0025	-	0,0025	0,0026

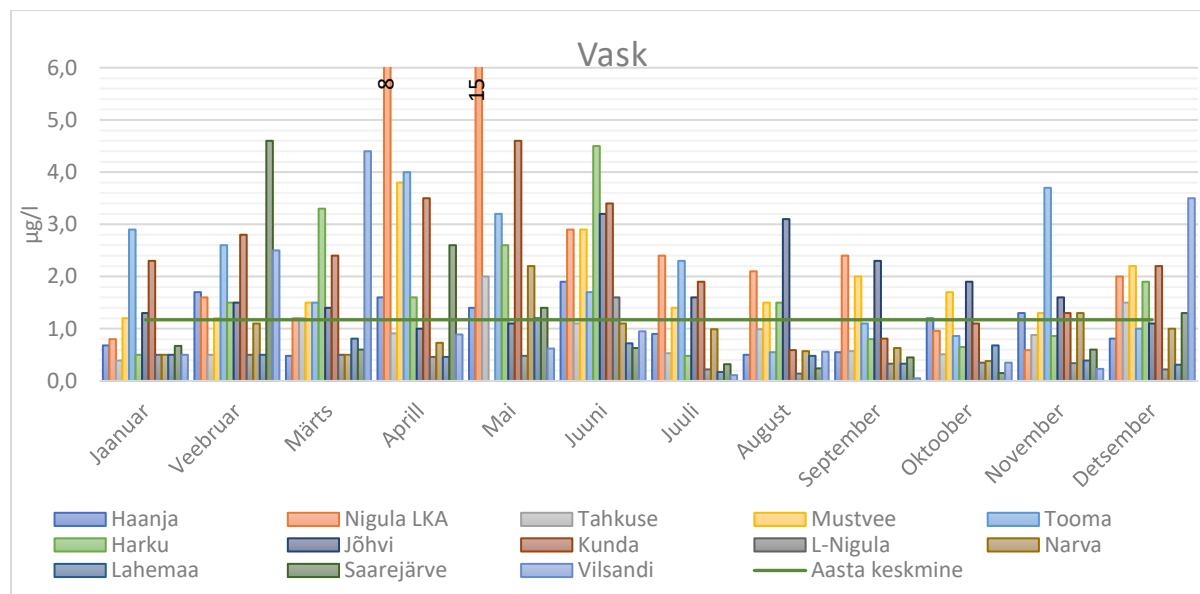
Kaadmiumi aasta kaalutud keskmiseks kontsentratsiooniks saadi kõikide seirejaamade andmete põhjal 0,016 µg/l (2022. aastal 0,020 µg/l, 2021. aastal 0,029 µg/l) (**Joonis 19**), aasta jooksul oli keskmine kaadmiumi sadenemiskoormus 0,12 g/ha ehk 0,00012 kg/ha/a (2022. aastal 0,11 g/ha/a, 2021. aastal 0,16 g/ha/a) (**Joonis 23**). 2023. aasta jooksul sadenes kaadmiumi Võrtsjärve pinnale 3,2 kg/a ehk 0,0032 t/a (2022. aastal 0,0031 t/a, 2021. aastal 0,0042 t/a), Peipsi pinnale 42 kg/a ehk 0,042 t/a (2022. aastal 0,040 t/a, 2021. aastal 0,055 t/a) ja kogu Eesti merealadele 430 kg/a ehk 0,43 t/a (2022. aastal 0,42 t/a, 2021. aastal 0,57 t/a), mis on rohkem kui eelneval aastal, ent vähem kui 2021. aastal.



Joonis 19. Kaadmiumi sisaldused sademetes 2023. aastal.

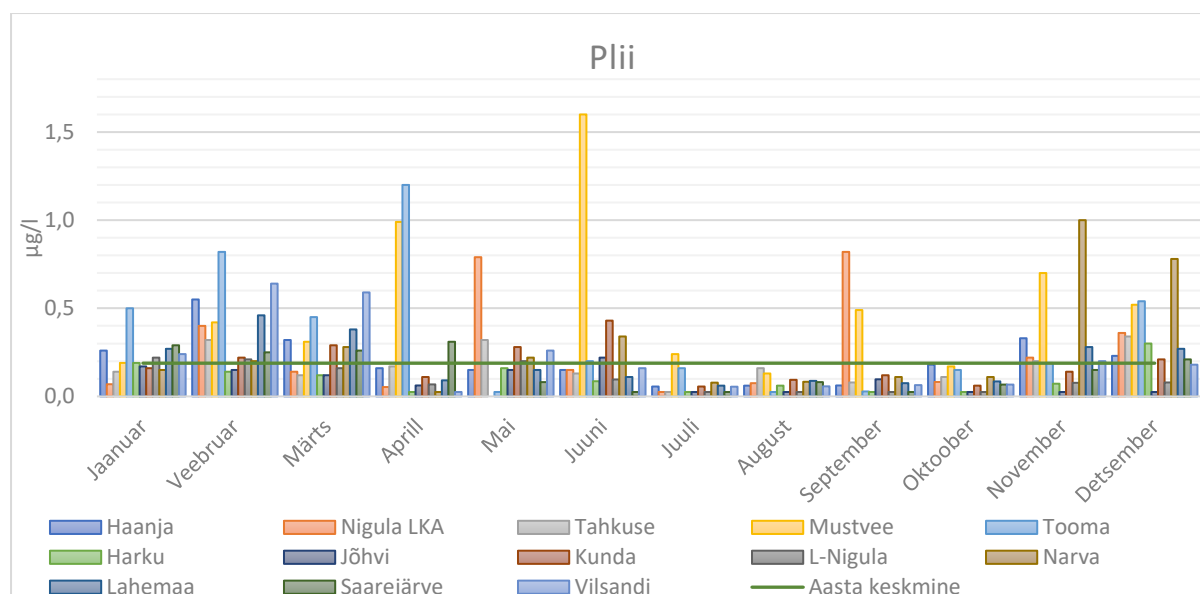


Aasta kaalutud keskmiseks vase kontsentratsiooniks saadi 1,2 µg/l (2022. aastal 1,4 µg/l, 2021. aastal 1,2 µg/l) (Joonis 20), keskmiseks sadenemise hulgaks oli 8,4 g/ha (2022. aastal 8,3 g/ha, 2021. aastal 9,8 g/ha) (Joonis 23). Kuigi aasta kaalutud keskmine kontsentratsioon oli madalam võrreldes 2022. aastaga, oli sademeid paljudes kohtades oluliselt rohkem ning seega ka sadenemiskogused veidi suuremad. Võrtsjärve pinnale sadenes vaske 2023. aasta jooksul 0,23 t/a, Peipsi pinnale 3,0 t/a ning Eesti merealale 31 t/a (2022. aastal vastavalt 0,22 t/a, 2,9 t/a ja 30 t/a, 2021. aastal vastavalt 0,27 t/a, 3,5 t/a ja 36 t/a).



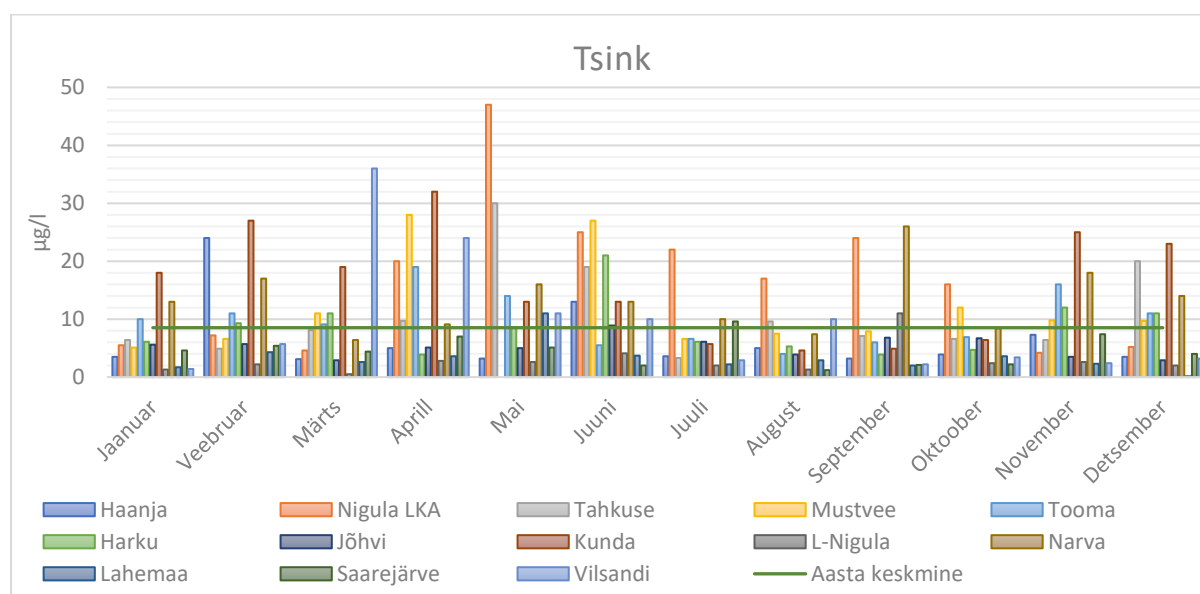
Joonis 20. Vase sisaldused sademetes 2023. aastal.

Aasta kaalutud keskmine plii kontsentratsioon oli 0,19 µg/l (2022. aastal 0,30 µg/l, 2021. aastal 0,26 µg/l) (Joonis 21), keskmine plii sadenemiskoormus oli 1,3 g/ha ehk 0,0013 kg/ha/a (2022. aastal 1,7 g/ha, 2021. aastal 2,1 g/ha/a) (Joonis 23). Võrtsjärve pinnale deponeerus aastaga pliid 36 kg/a (0,036 t/a), Peipsi pinnale 0,49 t/a, kogu Eesti merealadele 4,9 t/a, mis on vähem kui kahel eelneval aastal (2022. aastal Võrtsjärvele 0,047 t/a, Peipsile 0,62 t/a ja merealadele 6,3 t/a, 2021. aastal Võrtsjärvele 0,055 t/a, Peipsile 0,73 t/a ja merealadele 7,5 t/a).

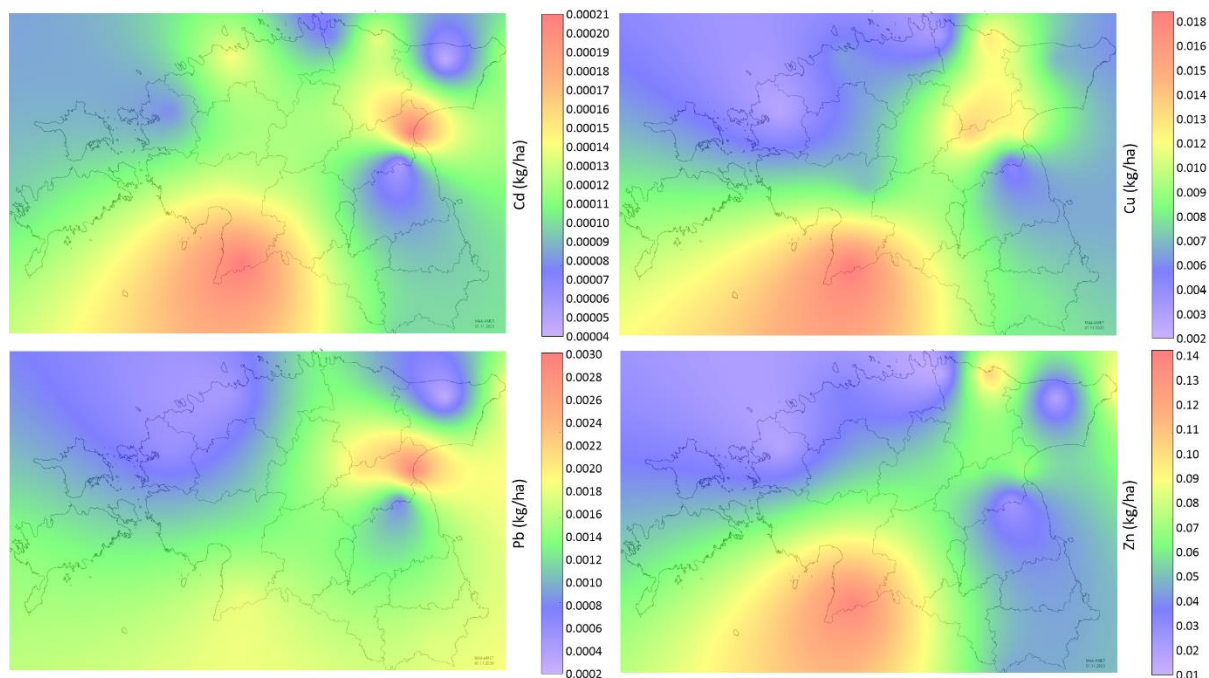


Joonis 21. Plii sisaldused sademetes 2023. aastal.

Aasta kaalutud keskmine tsingi kontsentratsioon sademetes oli 8,5 µg/l (2022. aastal 12 µg/l, 2021. aastal 8,3 µg/l) (Joonis 22), keskmiseks sadenemise hulgaks saadi 0,061 kg/ha (2022. aastal 0,068 kg/ha, 2021. aastal 0,057 kg/ha) (Joonis 23). Aastane sademetest tulev tsingi keskmine koormus Võrtsjärve pinnale oli keskmiselt 1,6 t/a, Peipsile 22 t/a ja eesti merealadele 223 t/a. Võrdluseks 2022. aastal oli tsingi koormus Võrtsjärve pinnale 1,8 t/a, Peipsile 27 t/a ja eesti merealadele 249 t/a ning 2021. aastal sadenes Võrtsjärvele tsinki 1,5 t/a, Peipsile 20 t/a ning merealale 207 t/a.

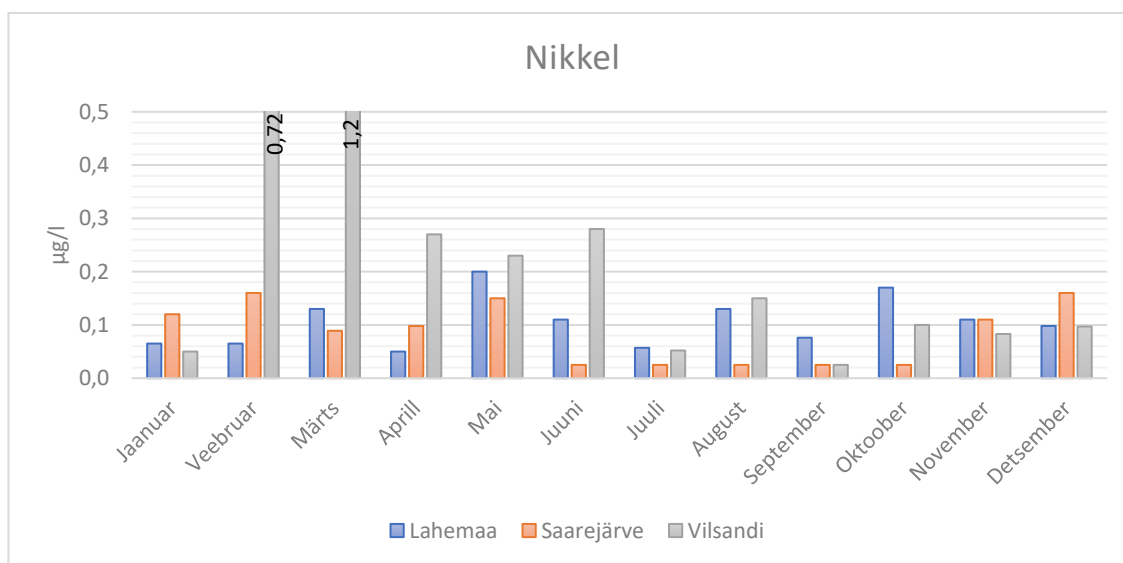


Joonis 22. Tsingi sisaldused sademetes 2023. aastal.



Joonis 23. Raskmetallide sadenemiskoormused 2023. aastal.

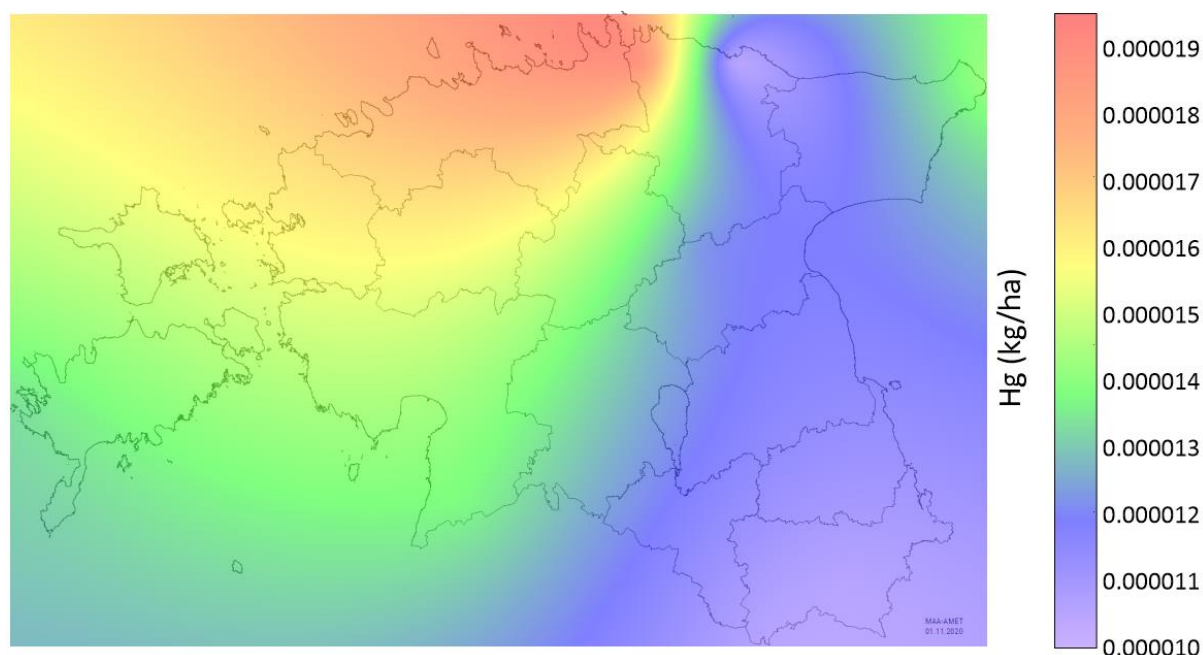
Niklit analüüsiti 2023. aastal Lahemaa, Vilsandi ja Saarejärve jaamade sademete proovides (**Joonis 24**). Aasta keskmiseks kontsentratsiooniks saadi 0,14 µg/l (2022. aastal 0,22 µg/l, 2021. aastal 0,28 µg/l), aasta jooksul sadenes niklit keskmiselt 0,94 g/ha ehk 0,00094 kg/ha/a (2022. aastal 0,0013 kg/ha/a, 2021. aastal 0,0021 kg/ha/a). Aastane nikli sadenemiskoormus Võrtsjärve pinnale oli 25 kg, Peipsile 332 kg ja Eesti merealadele 3,4 tonni. Seda on vähem kui paaril eelneval aastal. 2022. aastal sadenes Võrtsjärve pinnale niklit 36 kg/a ehk 0,036 t/a, Peipsile 0,47 t/a ning merealadele 4,8 t/a. 2021. aastal sadenes Võrtsjärve pinnale aastaga niklit 55 kg/a ehk 0,055 t/a, Peipsile 0,73 t/a ning Eesti merealadele 7,5 t/a.



Joonis 24. Nikli sisaldused (µg/l) sademetes 2023. aastal.



Elavhõbeda aasta keskmised sisaldused jäid enamikes jaamades, kus seda analüüsiti, alla määramispiiri. Nii Haanjas, Nigulas, Kundas kui ka Narvas jäid elavhõbeda sisaldused kogu aasta vältel alla määramispiiri ($<0,005 \mu\text{g/l}$). Teistes jaamades esines mõnedel kuudel ka üle määramispiiri tulemusi. Arvutuste tegemisel on kasutatud kontsentratsiooni, mis on pool määramispiirist, seega oli 2023. aastal keskmine elavhõbeda sisaldus $0,0018 \mu\text{g/l}$ (2022. aastal $0,0014 \mu\text{g/l}$, 2021. aastal $0,0012 \mu\text{g/l}$) ja keskmiselt sadenes $0,013 \text{ g/ha}$ ehk $0,000013 \text{ kg/ha/a}$ (2022. aastal $0,012 \text{ g/ha}$, 2021. aastal $0,013 \text{ g/ha}$) (Joonis 25). 2023. aastal oli elavhõbeda sadenemiskoormus Võrtsjärve pinnale $0,34 \text{ kg/a}$ ($0,00034 \text{ t/a}$), Peipsile $4,5 \text{ kg/a}$ ($0,0045 \text{ t/a}$) ja Eesti merealadele $46,6 \text{ kg/a}$ ($0,047 \text{ t/a}$). Seda on rohkem kui eelneval aastal, kuid sademeid oli võrreldes 2022. aastaga rohkem ning üle määramispiiri tulemusi esines samuti rohkem. 2022. aasta jooksul deponeerus elavhõbedat Võrtsjärve pinnale $0,33 \text{ kg/a}$ ($0,00033 \text{ t/a}$), Peipsi järvele $4,3 \text{ kg/a}$ ($0,0043 \text{ t/a}$) ning merealadele $44,8 \text{ kg/a}$ ($0,045 \text{ t/a}$). 2021. aastal oli elavhõbeda koormus Võrtsjärve pinnale $0,35 \text{ kg/a}$ ($0,00035 \text{ t/a}$), Peipsi pinnale $4,6 \text{ kg/a}$ ($0,0046 \text{ t/a}$) ja kogu Eesti merealadele $47,8 \text{ kg/a}$ ($0,048 \text{ t/a}$).



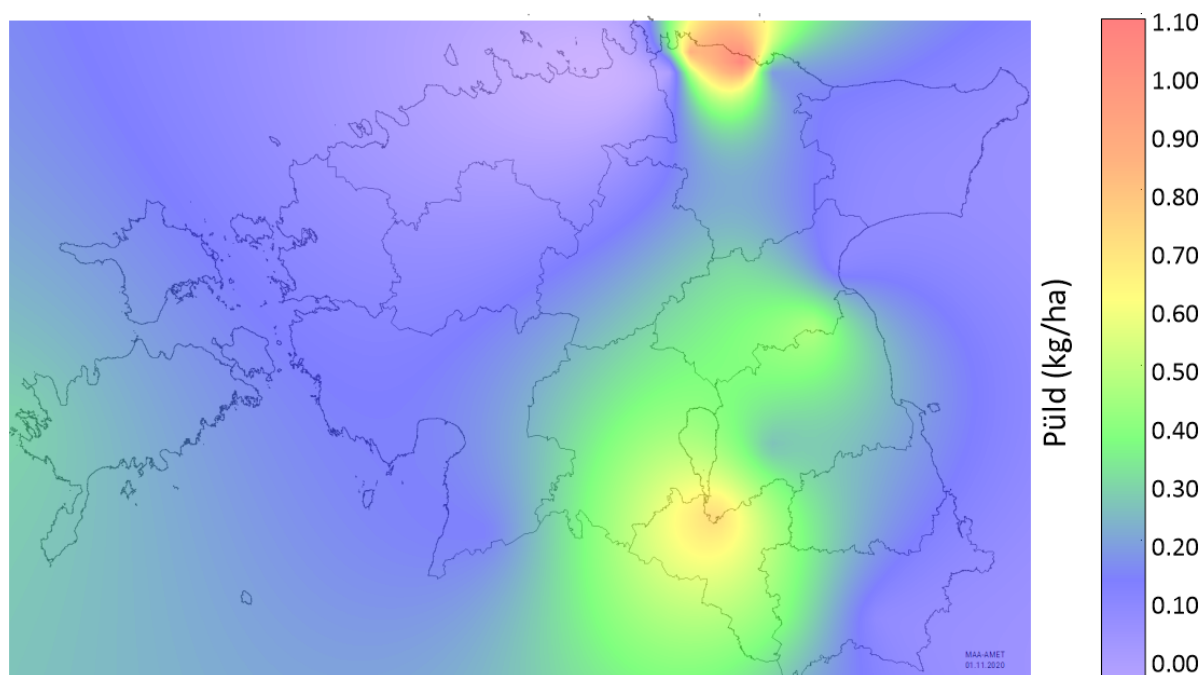
Joonis 25. Elavhõbeda sadenemiskoormus 2023. aastal.

3.7 Üldfosfori ja –lämmastiku sisaldused sademetes

2023. aasta algusest jätkati sademetest 6 korda aastas üldfosfori analüüsimist järgmiste seirejaamade proovidest: Lahemaa, Haanja, Nigula, Mustvee, Tooma, Kunda ja Narva, lisaks Vilsandil (igal kuul),



Saarejärvel (igal kuul) ja kõikides metsaseire jaamades (igal kuul). Enamikes jaamades olid üldfosfori kontsentratsioonid väga madalad. Sisaldused olid aasta keskmisena üldfosfori osas sademetekeemia seirejaamadest kõrgeimad Toomal 0,061 mg/l (2022. aastal Nigulas 0,053 mg/l). Kõrgeimad aasta keskmised olid aga metsaseire jaamades Sagadis ja Vihulas (0,11 mg/l) ning Karepal (0,17 mg/l). Kõikide seirejaamade andmete põhjal oli 2023. aasta kaalutud keskmine üldfosfori kontsentratsioon 0,048 mg/l (2022. aastal 0,043 mg/l). Kõige rohkem sadenes üldfosforit Karepal ja kõige madalam sadenemiskoormus oli Lahemaal (**Tabel 16**). Üldfosforit sadenes 2023. aasta jooksul keskmiselt 0,40 kg/ha (2022. aastal 0,32 kg/ha) (**Joonis 26**). Kogu 2023. aasta jooksul sadenes üldfosforit Võrtsjärve pinnale 11 t/a (2022. aastal 8,6 t/a, 2021. aastal 3,4 t/a), Peipsi pinnale 141 t/a (2022. aastal 113 t/a, 2021. aastal 45 t/a) ja kogu Eesti merealadele 1449 t/a (2022. aastal 1168 t/a, 2021. aastal 465 t/a). Suured erinevused 2021. aastaga on tingitud sellest, et varem ei arvestatud koormuste arvutamisel metsaseire jaamades sadenenud koguseid, kuna sademete hulgad (mm) olid teadmata.

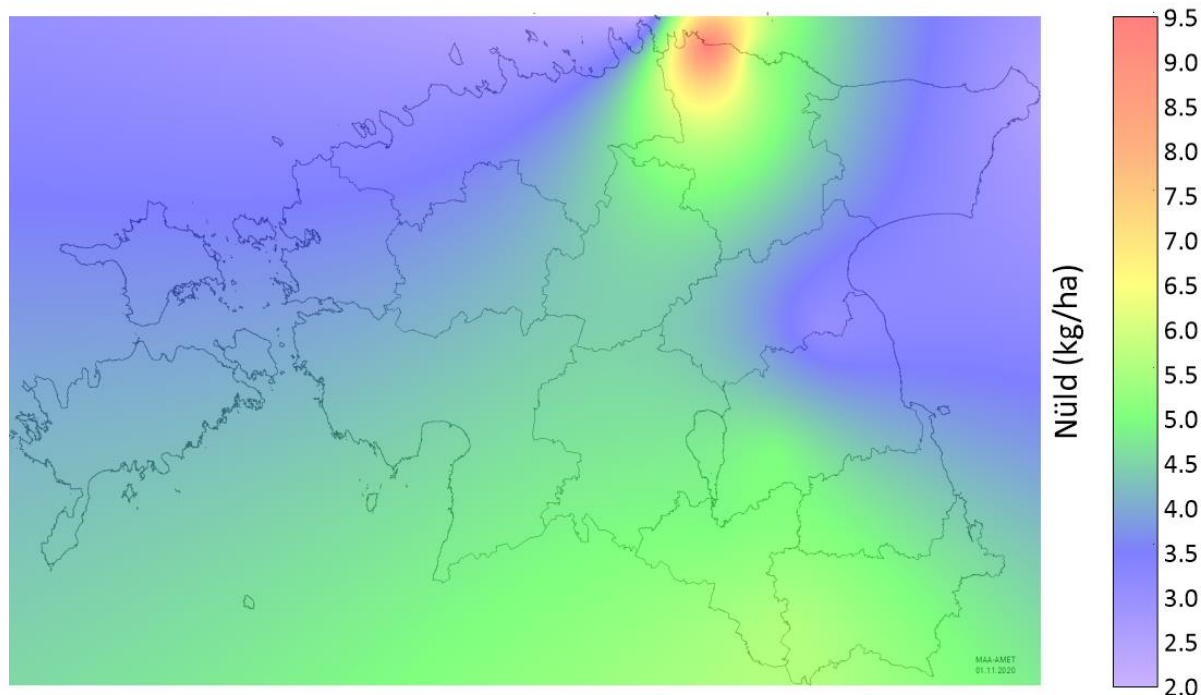


Joonis 26. Üldfosfori sadenemiskoormus 2023. aastal.

Üldlämmastikku analüüsiti Vilsandi, Saarejärve ja kõikide metsaseire jaamade sademete proovidest. Aasta kaalutud keskmine üldlämmastiku sisaldus oli 0,79 mg/l (2022. aastal 0,88 mg/l, 2021. aastal 0,64 mg/l) ja keskmine sadenemiskoormus 5,8 kg/ha (2022. aastal 5,3 kg/ha, 2021. aastal 4,0 kg/ha) (**Joonis 27**). Kõrgemad üldlämmastiku sisaldused olid aasta kaalutud keskmistena Sagadis 1,1 mg/l, Vihulas 1,2 mg/l ja Karepal 0,83 mg/l. Ka koormused olid nendes jaamades kõige kõrgemad (**Tabel 16**). Võrtsjärve pinnale sadenes aasta jooksul üldlämmastiku 157 t/a (2022. aastal 142 t/a, 2021. aastal 108 t/a), Peipsi pinnale 2067 t/a (2022. aastal 1868 t/a, 2021. aastal 1417 t/a), kogu Eesti merealadele



21293 t/a (2022. aastal 19248 t/a, 2021. aastal 14600 t/a). Suur erinevus koormustes on samuti tingitud sellest, et 2021. aastal ei olnud kasutada metsaseire sademete hulka. Võrreldes 2022. aastaga on erinevus tingitud 2023. aastal olnud oluliselt suuremast sademete hulgast.



Joonis 27. Üldlämmastiku sadenemiskoormus 2023. aastal.

Tabel 16. Üldfosfori ja -lämmastiku sadenemiskogused 2023. aastal.

	Haanja	Nigula	Mustvee	Tooma	Kunda	Narva	Lahemaa	Saarejärve	Vilsandi	Karepa	Karula	Pikasilla	Sagadi	Tõravere	Vihula
P-üld kg/ha	0,088	0,15	0,10	0,31	0,21	0,068	0,0010	0,48	0,30	1,1	0,39	0,74	0,91	0,27	0,83
N-üld kg/ha	-	-	-	-	-	-	-	3,0	4,1	5,5	5,6	4,9	8,8	5,0	9,7



3.8 Kloororgaanilised saasteained ja PAH Lahemaa sademetes

Lahemaa seirejaamas koguti 2023. aasta jooksul 34 sademete proovi polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike (PAH), polüklooritud bifenüülide (PCB) ja kloororgaaniliste ühendite sisalduste määramiseks. PAH sisalduseks saadi 107 ng/l (2022. aastal 119 ng/l, 2021. aastal 168 ng/l), sealhulgas fenantreeni keskmiseks sisalduseks 14 ng/l (2022. aastal 10 ng/l, 2021. aastal 46 ng/l). Kogu aasta jooksul sadenes PAHe keskmiselt 0,60 g/ha ja fenantreeni 0,080 g/ha (2022. aastal vastavalt 0,48 g/ha ja 0,041 g/ha, 2021. aastal vastavalt 1,0 g/ha ja 0,28 g/ha). PAHide aastane sadenemiskoormus Võrtsjärve pinnale oli 0,016 t/a (2022. aastal 0,013 t/a, 2021. aastal 0,028 t/a), Peipsi pinnale 0,21 t/a (2022. aastal 0,17 t/a, 2021. aastal 0,37 t/a) ja kogu Eesti merealale 2,2 t/a (2022. aastal 1,8 t/a, 2021. aastal 3,8 t/a). Fenantreeni sadenemiskoormus Võrtsjärve pinnale oli 0,0022 t/a (0,0011 t/a 2022. aastal, 0,0077 t/a 2021. aastal), Peipsi pinnale 0,21 t/a (0,014 t/a 2022. aastal, 0,10 t/a 2021. aastal) ja kogu Eesti merealadele 2,2 t/a (0,15 t/a 2022. aastal, 1,0 t/a 2021. aastal). Võrreldes eelneva aastaga koguti 2023. aastal proove mõnevõrra vähem, kuid PAHide kontsentratsioonid olid samal tasemel ning ühendeid oli suuremas arvus proovides ja sademeid oli rohkem. Enamasti sisaldasid PAHe külmemal perioodil (I kvartalis ning IV kvartalis) kogutud sademete proovid.

Kõikide analüüsitud pestitsiidide ja PCBde sisaldused jäid alla määramispiiri.

4 Trendid

2023. aasta aruandes on trendide arvutamiseks kasutatud kõikide sademete seirejaamade aastate 2014-2023 aasta kaalutud keskmisi kontsentratsioone. Trendid on arvutatud sarnaselt varasematele aastatele, kasutades selleks Mann-Kendalli mitteparameetrilist trendianalüüsi. Tulemused on esitatud tabelis (**Tabel 17**), millest nähtub, et kindlasuunalised muutused esinesid Haanjas, Tahkusel, Mustvees, Kundas, Lääne-Nigulas, Narvas ja Lahemaal (6 ja rohkem trendidega muutust). Muutuse puhul iseloomustab negatiivne väärtus vastava näitaja kontsentratsioonide vähenemist ehk langevat trendi, olulisuse puhul on ära näidatud olulisustase, mis on vastavalt tähistatud. Kui tõenäosus on väiksem kui olulisustase, siis trend puudub – vastavaid tulemusi ei ole ka tabelis esitatud. Sademete hulk näitab kasvutrendi Lääne-Nigulas. NH₄-N sisaldused on vähenenud viies jaamas, NO₃-N sisaldused on vähenenud 7 jaamas, pH on tõusnud neljas jaamas, kloriidi sisaldused on vähenenud 1 jaamas, SO₄-S sisaldused on vähenenud 11 jaamas, Ca sisaldused on vähenenud 8 jaamas, Mg sisaldused vähenenud 5 jaamas, Na sisaldused on suurenenud 1 jaamas ja vähenenud 2 jaamas, K sisaldused suurenenud 2



jaamas ning elektrijuhtivuse väärtused on vähenenud 6 jaamas. Metallide sisaldused on muutunud järgmiselt: Cd on vähenenud 2 jaamas, Cu on vähenenud 3 jaamas, Pb on vähenenud 4 jaamas ning Zn on vähenenud 4 jaamas ja suurenenud ühes jaamas. Lisas 2 on graafiliselt esitatud sademete proovidest analüüsitud peamiste ühendite kontsentratsioonide muutused aastatel 2014-2023 neis jaamades, kus muutus on suurima olulisusega (tabelis olulisustõenäosus „+“ tähistatud).

Tabel 17. Trendid sademete seirejaamades aastatel 2014-2023.

Muutus “-“ vähenemine ja “+” suurenemine mg/l, raskmetallidel µg/l aastatel 2014-2023. Olulisustõenäosuse (p) tasemed ***0,001; **0,01; *0,05 ja +0,1.

Seirejaam	Näitaja	Algusaasta	Lõppaasta	Muutus	Olulisustõenäosus	Trend
Haanja	NH4-N	2014	2023	-2,78	**	↓
Haanja	NO3-N	2014	2023	-2,96	**	↓
Haanja	Cl	2014	2023	-1,79	+	↓
Haanja	SO4-S	2014	2023	-2,60	**	↓
Haanja	Ca	2014	2023	-2,33	*	↓
Haanja	Mg	2014	2023	-2,50	*	↓
Haanja	Cd	2014	2023	-1,98	*	↓
Haanja	Cu	2014	2023	-2,33	*	↓
Haanja	Pb	2014	2023	-2,42	*	↓
Haanja	Zn	2014	2023	-2,15	*	↓
Haanja	el. Juht.	2014	2023	-2,86	**	↓
Nigula LKA	pH	2014	2023	1,89	+	↑
Nigula LKA	SO4-S	2014	2023	-1,79	+	↓
Nigula LKA	Pb	2014	2023	-3,04	**	↓
Tahkuse	NO3-N	2014	2023	-2,68	**	↓
Tahkuse	SO4-S	2014	2023	-2,96	**	↓
Tahkuse	Ca	2014	2023	-2,33	*	↓
Tahkuse	Mg	2014	2023	-2,33	*	↓
Tahkuse	Cu	2014	2023	-1,97	*	↓
Tahkuse	Pb	2014	2023	-2,78	**	↓
Tahkuse	el. Juht.	2014	2023	-2,86	**	↓
Mustvee	pH	2014	2023	1,79	+	↑
Mustvee	SO4-S	2014	2023	-2,15	*	↓
Mustvee	Ca	2014	2023	-2,25	*	↓
Mustvee	Mg	2014	2023	-2,33	*	↓
Mustvee	Na	2014	2023	1,97	*	↑
Mustvee	K	2014	2023	2,42	*	↑
Tooma	NO3-N	2014	2023	-2,33	*	↓
Tooma	SO4-S	2014	2023	-2,68	**	↓
Tooma	Pb	2014	2023	-2,15	*	↓
Harku	NH4-N	2014	2023	-2,33	*	↓



Seirejaam	Näitaja	Algusaasta	Lõppaasta	Muutus	Olulisustõenäosus	Trend
Harku	SO4-S	2014	2023	-3,04	**	↓
Harku	Ca	2014	2023	-2,68	**	↓
Harku	Mg	2014	2023	-1,97	*	↓
Harku	el. Juht.	2014	2023	-1,97	*	↓
Jõhvi	pH	2014	2023	3,04	**	↑
Jõhvi	NO3-N	2014	2023	-1,97	*	↓
Jõhvi	SO4-S	2014	2023	-1,97	*	↓
Jõhvi	Ca	2014	2023	-1,71	+	↓
Jõhvi	Zn	2014	2023	-3,04	**	↓
Kunda	NO3-N	2014	2023	-1,97	*	↓
Kunda	SO4-S	2014	2023	-2,15	*	↓
Kunda	Ca	2014	2023	-2,86	**	↓
Kunda	Mg	2014	2023	-2,33	*	↓
Kunda	Cd	2014	2023	-2,07	*	↓
Kunda	Zn	2014	2023	2,15	*	↑
Kunda	el. Juht.	2014	2023	-2,15	*	↓
Lääne-Nigula	mm	2014	2023	2,33	*	↑
Lääne-Nigula	NH4-N	2014	2023	-2,86	**	↓
Lääne-Nigula	NO3-N	2014	2023	-3,04	**	↓
Lääne-Nigula	SO4-S	2014	2023	-3,22	**	↓
Lääne-Nigula	Na	2014	2023	-1,97	*	↓
Lääne-Nigula	K	2014	2023	2,86	**	↑
Lääne-Nigula	Zn	2014	2023	-1,97	*	↓
Narva	NH4-N	2014	2023	-2,33	*	↓
Narva	SO4-S	2014	2023	-3,22	**	↓
Narva	Ca	2014	2023	-2,33	*	↓
Narva	Na	2014	2023	-2,68	**	↓
Narva	Cu	2014	2023	-2,68	**	↓
Narva	el. Juht.	2014	2023	-1,97	*	↓
Lahemaa	pH	2014	2023	2,45	*	↑
Lahemaa	NH4-N	2014	2023	-2,07	*	↓
Lahemaa	NO3-N	2014	2023	-2,16	*	↓
Lahemaa	SO4-S	2014	2023	-2,60	**	↓
Lahemaa	Ca	2014	2023	-2,07	*	↓
Lahemaa	el. Juht.	2014	2023	-1,79	+	↓



5 Kokkuvõte

Sademetest on Eestis läbi viidud üle 25 aasta (alates 1995. aastast). Kuni 2018. aasta lõpuni koguti ning analüüsiti ühtse metoodika järgi sademete proove kaheksateistkümnest sademete- ja kompleksseire jaamast Eestis (Vilsandi, Harku, Lahemaa, Kunda, Jõhvi, Mustvee, Tooma, Narva, Matsalu, Saka, Lääne-Nigula, Alam-Pedja, Haanja, Karula, Otepää, Tahkuse, Loodi, Nigula). 2019. aasta alguses muudeti sademete seireprogrammis tööde mahtusid ja suleti 6 seni töös olnud seirejaama (Matsalu, Saka, Alam-Pedja, Karula, Otepää ja Loodi). Jätakuvalt kogutakse sademete proove kokku 11 sademeteseire jaamast (Lahemaa, Haanja, Nigula, Tahkuse, Mustvee, Tooma, Harku, Jõhvi, Kunda, Lääne-Nigula ja Narva) ja kahest kompleksseire jaamast (Vilsandi ja Saarejärve). Täna on kogunenud arvestatav hulk andmeid, mis võimaldavad saada hea ülevaate sadenemiskoormustest Eesti eri piirkondades.

2023. aastal saadi Eesti keskmiseks aastaseks sademete hulga Keskkonnaagentuuri andmete põhjal 693 mm, kuid sademete seirejaamade andmete põhjal 715 mm. Kõige rohkem sadas 2023. aastal oktoobris (keskmiselt 128 mm) ja kõige vähem mais (11 mm). Seirejaamade lõikes esines kõige vähem sademeid Harkus (548 mm) ja Jõhvis (370 mm), kõige rohkem Tahkusel (892 mm) ja Haanjas ning Nigulas (mõlemas 831 mm).

2023. aastal olid suurimad keskmised elektrijuhtivused mais (kõikide jaamade keskmine 24 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ja aprillis (22 $\mu\text{S}/\text{cm}$). See langeb kokku perioodidega, mil sademeid oli oluliselt alla Eesti pikaajalise keskmise ning selle tõttu olid proovid ka kontsentreeritumad. Kundas saadi aasta kaalutud keskmiseks elektrijuhtivuseks 21 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ning Vilsandil 23 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Kõige madalam elektrijuhtivus oli Haanja (6,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ja Lahemaa ning Tahkuse (mõlemad 7,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sademetel.

2023. aasta sademete kaalutud keskmine pH oli 5,6. Kogu aasta vältel jäid enamike kuude sademete proovide kaalutud keskmised pH loodusliku vihmavee normaalsesse pH vahemikku pH 5,1 kuni pH 6,1, erandiks olid mai ja juuni, kus kõikide jaamade kaalutud keskmine pH oli 6,2. Kõige kõrgema pH-ga olid 2023. aastal Lääne-Nigulast mais (pH 7,4) ja Harkust juunis (pH 7,4) kogutud sademete veeproovid.

Aasta keskmiseks $\text{SO}_4\text{-S}$ kontsentratsiooniks kõikide sademete jaamade andmete põhjal saadi 0,23 mgS/l. Sisaldused olid kõrgemad aprillis (0,52 mgS/l), mais (0,44 mgS/l) ja veebruaris (0,27 mgS/l). Juulis ja detsembris oli kõikide sademete seirejaamade andmete põhjal keskmine sulfaatse väevli kontsentratsioon 0,17 mgS/l. 2023. aastal oli sadenemiskoormus Narvas 1,9 kgS/ha ja Kundas 2,2 kgS/ha ning Vilsandil 3,2 kgS/ha. Aasta keskmiseks sadenemiskoormuseks saadi kõikide seirejaamade põhjal 1,6 kgS/ha/a.



Kloriidi aasta kaalutud keskmine kontsentratsioon oli 2023. aastal kõrgeim Vilsandil (2,3 mg/l), keskmisest suuremad sisaldused olid veel Jõhvis (1,1 mg/l), Kundas (0,96 mg/l), Harkus (0,79 mg/l) ja Lääne-Nigulas (0,78 mg/l). Kõige vähem oli möödunud aasta jooksul kloriide Haanja, Lahemaa ja Tahkuse jaamade sademete proovides (vastavalt 0,37 mg/l, 0,37 mg/l ja 0,46 mg/l). 2023. aastal olid kloriidide kõrgemad depositsioonid Vilsandil (18 kg/ha/a), Kundas (6,6 kg/ha/a) ja Nigulas (6,2 kg/ha/a). Keskmine sadenemiskoormus oli 5,5 kgCl/ha/a.

2023. aastal olid aasta kaalutud keskmised nitraatlämmastiku kontsentratsioonid kõrgemad Toomal 0,25 mgN/l, Nigulas 0,24 mgN/l ja Mustvees 0,23 mgN/l. NO₃-N madalaimad aasta kaalutud keskmised kontsentratsioonid saadi Jõhvi ja Lääne-Nigula (0,15 mgN/l) ning Saarejärve (0,12 mgN/l) sademetest. Sademetega deponeerus 2023. aastal suurimas koguses nitraatset lämmastikku Nigulas (2,0 kgN/ha/a), Toomal (samuti 2,0 kgN/ha/a) ja Tahkusel (1,9 kgN/ha/a). Keskmine sadenemiskoormus oli 1,4 kgN/ha/a.

Ammooniumlämmastiku kõrgeimad aasta kaalutud keskmised kontsentratsioonid olid Tooma (0,40 mgN/l), Mustvee (0,36 mgN/l) ja Jõhvi (0,31 mgN/l) jaamadest kogutud proovides. Kõige vähem sisaldasid NH₄-N 2023. aastal Narvas, Harkus ja Lahemaal kogutud sademete proovid (vastavalt 0,14 mgN/l, 0,13 mgN/l ja 0,079 mgN/l). Ammooniumlämmastikku sadenes kõige rohkem Toomal (3,3 kgN/ha/a) ning kõige vähem Lahemaal (0,58 kg/ha/a). Keskmine sadenemiskoormus oli 1,6 kgN/ha/a.

2023. aastal olid sademete proovides kõrgeimad kaltsiumi sisaldused Kunda (0,79 mg/l) ja Saarejärve (0,74 mg/l) sademetes. Kõige madalam oli kaltsiumi kontsentratsioon Lahemaa ja Haanja jaamade sademetes (vastavalt 0,21 mg/l ja 0,24 mg/l). Kõrgemad kaltsiumi sadenenud kogused arvutati 2023. aastal Kunda jaama tulemuste põhjal (5,5 kg/ha/a). Jõhvis deponeerus aasta jooksul kaltsiumi 1,4 kg/ha ja Lahemaal 1,6 kg/ha, teiste jaamade ümbruses oli sadenemiskogus üle 2,0 kg/ha/a. Keskmine sadenemiskoormus oli 3,4 kgCa/ha/a.

Naatriumi aasta kaalutud keskmised kontsentratsioonid olid kõrgeimad Vilsandil (1,5 mg/l), Jõhvis (0,59 mg/l) ning Kundas (0,55 mg/l). Madalaimad Na⁺ kontsentratsioonid olid Saarejärvelt ja Lahemaalt kogutud sademetes (vastavalt 0,21 mg/l ja 0,19 mg/l). Kõige rohkem sadenes naatriumi 2023. aastal Vilsandi (12 kg/ha/a), Kunda (3,8 kg/ha/a) ja Nigula (3,7 kg/ha/a) jaamade ümbruses. Madalaimad sadenenud kogused mõõdeti Lahemaal (1,4 kg/ha/a) ja Saarejärvel (1,2 kg/ha/a). Keskmine sadenemiskoormus oli 3,3 kgNa/ha/a.

Kunda jaamas saadi sademete proovidest kõrgeimaks aasta kaalutud keskmiseks kaaliumi sisalduseks 0,84 mg/l. Teistes jaamades jäid aasta keskmised kaaliumi sisaldused alla 0,35 mg/l. Kõige vähem sisaldasid kaaliumi 2023. aastal Lahemaa (0,084 mg/l) ja Tahkuse sademed (0,11 mg/l). Aasta jooksul sadenes Kundas kaaliumi 5,8 kg/ha, järgnesid Haanja 2,5 kg/ha ja Lääne-Nigula 2,4 kg/ha. Lahemaal



sadenes kogu aasta jooksul kaaliumi vaid 0,62 kg/ha ja Jõhvis 0,97 kg/ha. Keskmine sadenemiskoormus oli 1,9 kgK/ha/a.

Kõrgeimad magneesiumi kontsentratsioonid olid Kundas 0,17 mg/l, Vilsandil 0,15 mg/l ning Harkus 0,13 mg/l. Magneesiumi sisaldused olid väga madalad Haanja sademetes, vaid 0,035 mg/l, Lahemaal 0,046 mg/l ja Tahkusel 0,055 mg/l. 2023. aastal sadenes kõige rohkem magneesiumi Kunda, Vilsandi ja Nigula jaamade ümbruses (vastavalt 1,2 kg/ha/a, 1,2 kg/ha/a ja 0,83 kg/ha/a). Kõige vähemal hulgal sadenes magneesiumi Haanjas ja Jõhvis (vastavalt 0,29 kg/ha ja 0,33 kg/ha). Keskmine sadenemiskoormus oli 0,66 kgMg/ha/a.

Metallide (Cd, Cu, Pb ja Zn) sisaldused sademetes on üldiselt viimase kümne aasta jooksul langustrendis. Ainukeseks erinevuseks on Kunda, kus tsingi sisaldused on tõusutrendis.

Sarnaselt kolmele eelnevale aastale arutati ka 2023. aastal üldfosfori, üldlämmastiku, raskmetallide, PAH summa ja fenantreeni aasta keskmised kontsentratsioonid, aastased sadenenud kogused ja sadenemine Võrtsjärve, Peipsi ja kogu Eesti mereala pinnale.

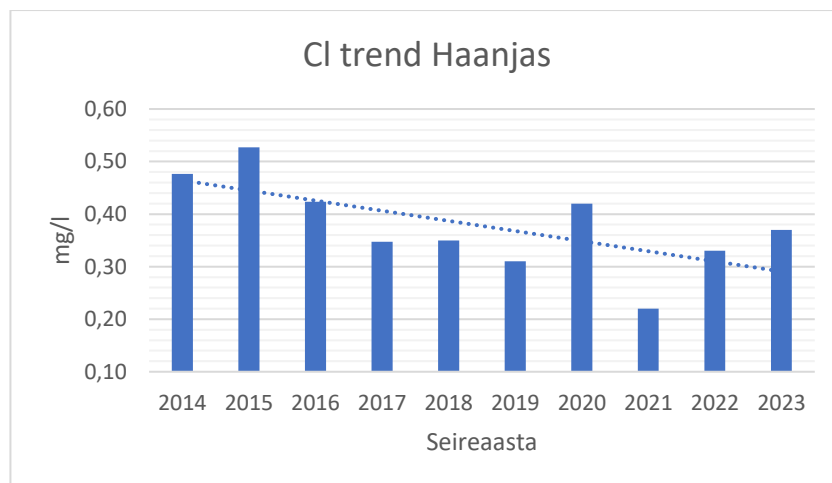
**Lisa 1 Analüüsitavate näitajate määramiseks kasutatavad meetodid.**

Määratav näitaja	Meetod
pH	ISO 10523
SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , NO ₃ -N	EVS-EN ISO 10304-1
Ca ²⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , NH ₄ -N	EVS-EN ISO 14911, EVS-EN ISO 11732
Cd, Cu, Pb, Zn, As, Ni	EVS-EN ISO 17294-2
elektrijuhtivus	EVS-EN 27888
Leelisus (HCO ₃ ⁻)	EVS-EN ISO 9963-1
Püld	EVS-EN ISO 6878, sec 7, ISO 15681-2
Nüld	EVS-EN ISO 11905-1
Hg	EVS-EN ISO 17852
Lahustunud orgaaniline süsinik (DOC)	EVS-EN 1484

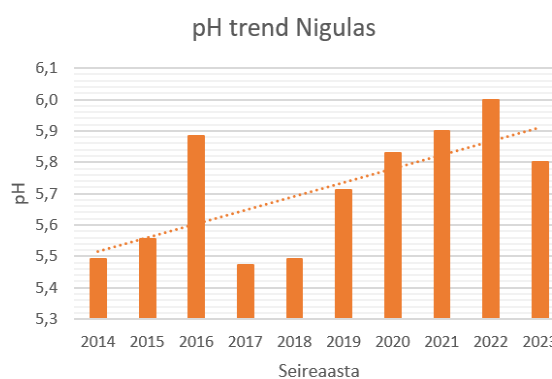
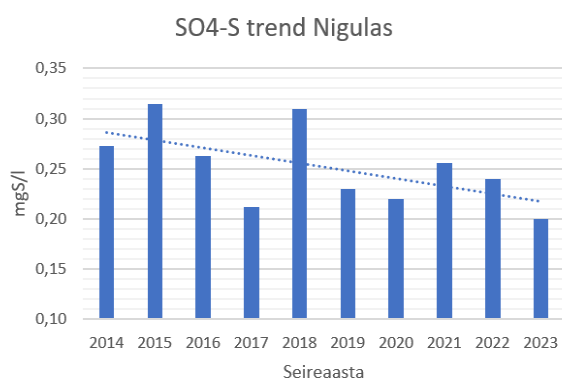


Lisa 2 Sademeteseire raames analüüsitavate komponentide sisalduste muutused 2014-2023. aastatel.

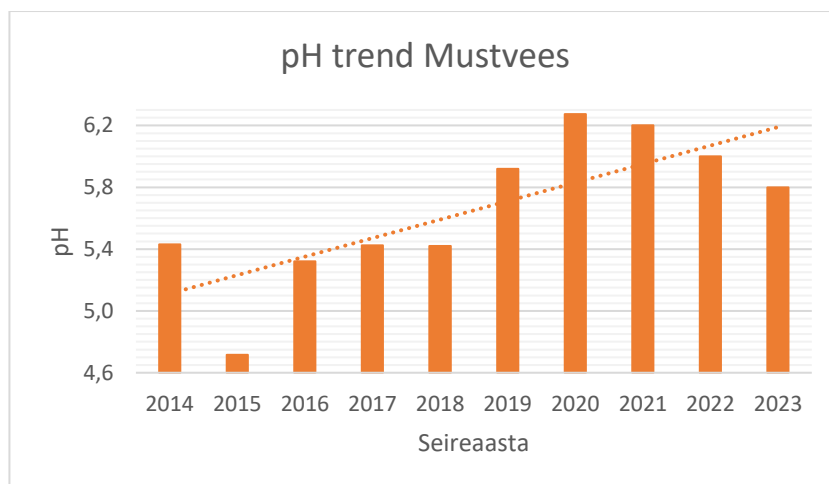
Joonised on toodud näitajate kohta neis jaamades, kus muutus on suurima olulisustõenäosusega.



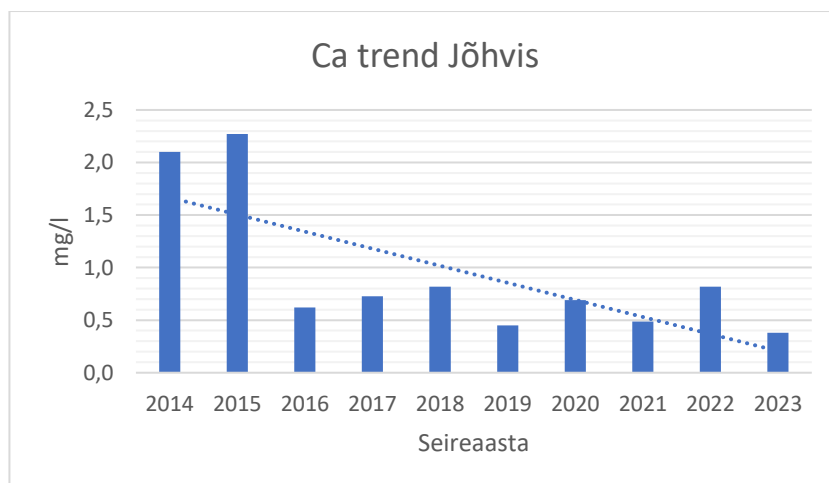
Joonis 28. Muutused Cl⁻ sisaldustes Haanja sademetes.



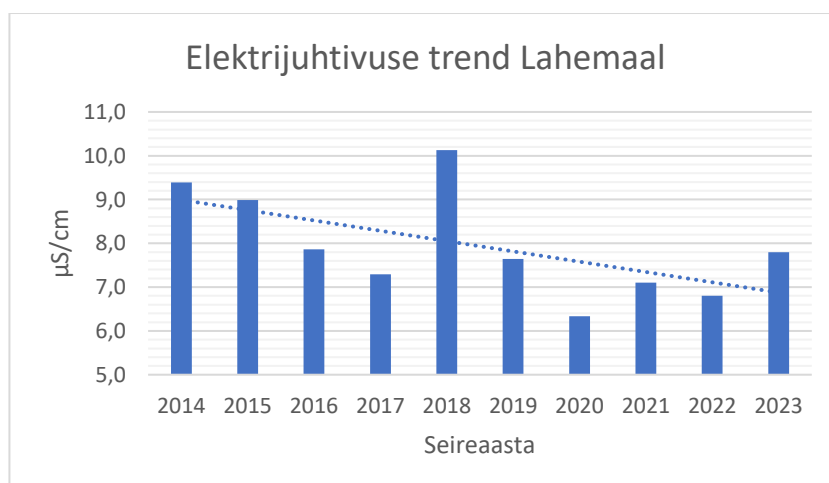
Joonis 29. Olulisemad trendid Nigula sademetes.



Joonis 30. pH trend Mustvee sademetes.



Joonis 31. Muutused kaltsiumi sisaldustes Jõhvi sademetes.



Joonis 32. Muutused Lahemaa sademete elektrijuhtivuses.