

TAL
TECH



Life IP CleanEST põllumajandusliku hajukoormuse uuring

Arvo Iital, Tallinna tehnikaülikool



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeeringud
maapiirkondadesse

Vastutavad:

Tallinna tehnikaülikool – pinnaveeseire ja analüüsid

Eesti Geoloogiateenistus - põhjaveeseire

Keskkonnauuringute keskus -
taimekaitsevahendite seire ja põhjavee
ravimijääkide analüüsid

2019-2022 tulemuste aruanne



KESKKONNAMINISTEERIUM

cleanest



LIFE IP CleanEst projekti tegevus C10.1
veeuuringud

2019-2022 a. seiretulemuste kokkuvõte

Tallinn 2022

Uuringu eesmärgid:



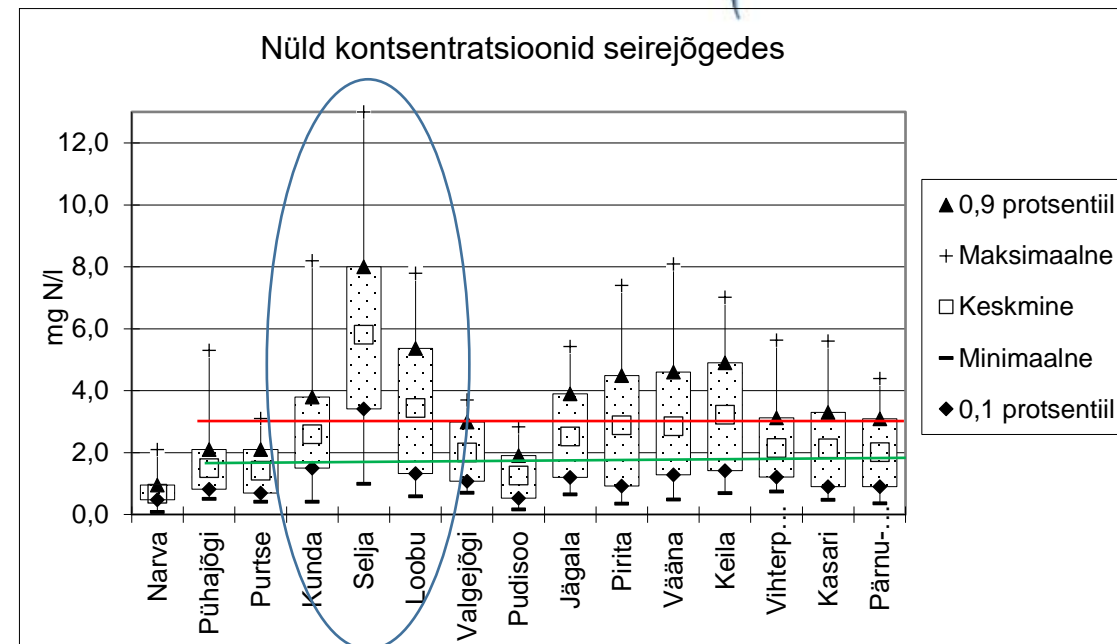
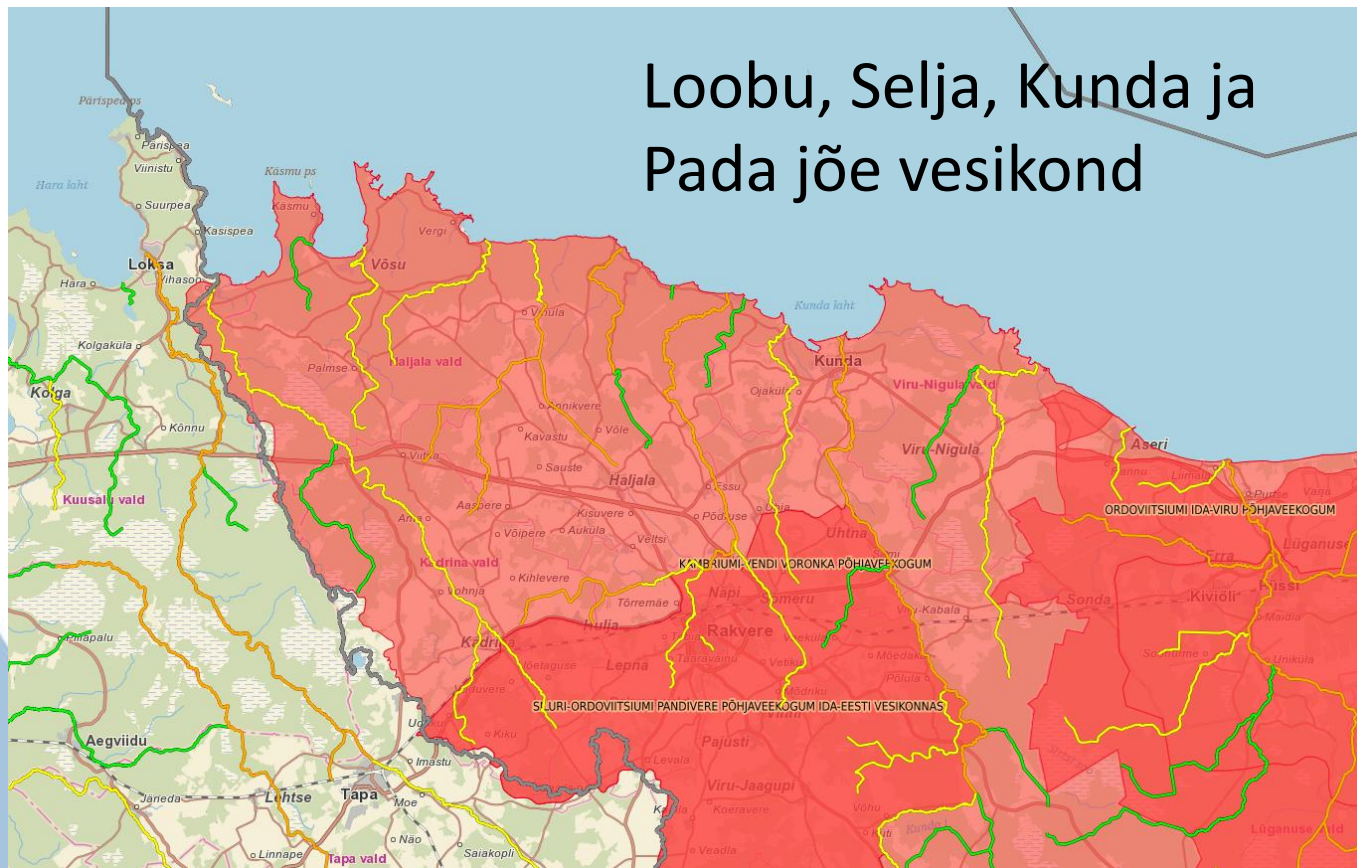
- Hinnata pinna- ja põhjaveekogumite seisundit ja muutusi toitainete, taimekaitsevahendite ja veterinaarravimijääkide sisalduse alusel;
- Selgitada põhjavee kvaliteedi mõju uuritavate valglate pinnavee kvaliteedile;
- Hinnata lämmastiku- ja fosforiühendite päritolu ja levikut pinna- ja põhjavees;
- Hinnata toitainete ärakannet valglates.

Uuringuala

Viru alamvesikonnas NTA põhjaosas ja sellega piirneval Viru lavamaal

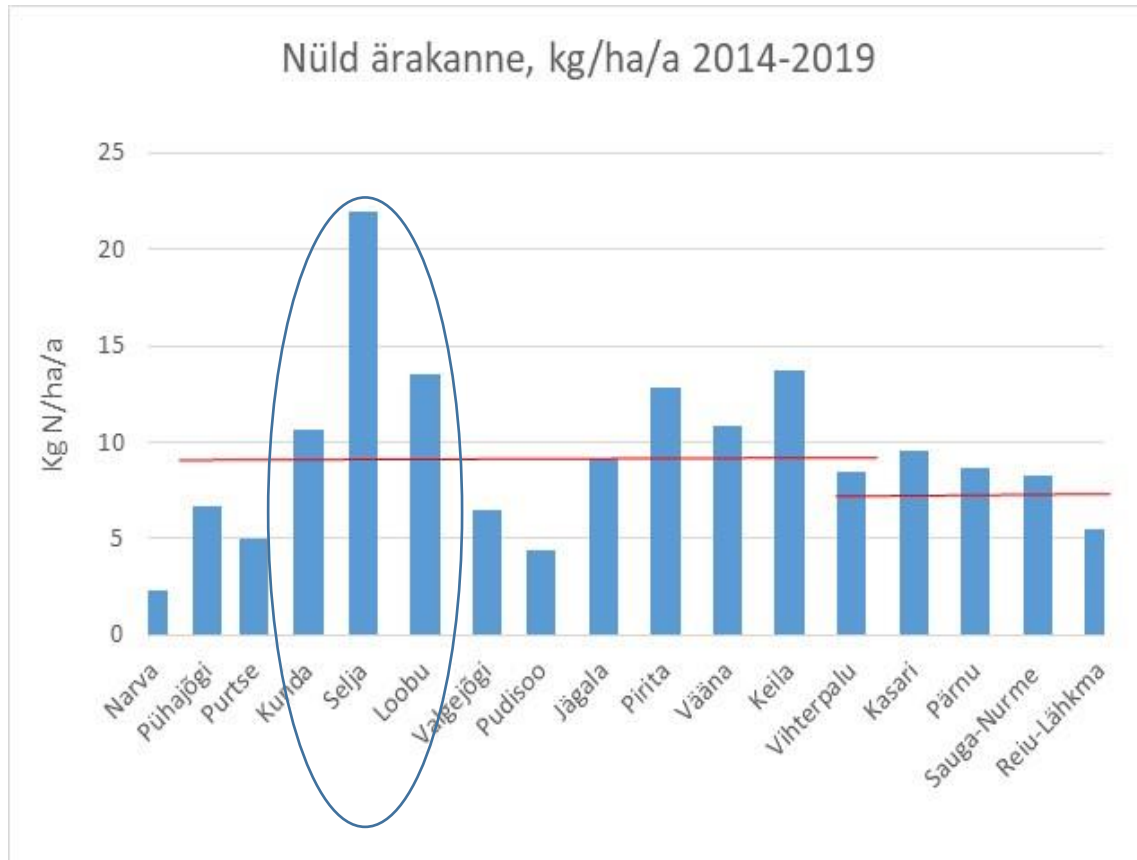


Loobu, Selja, Kunda ja Pada jõe vesikond

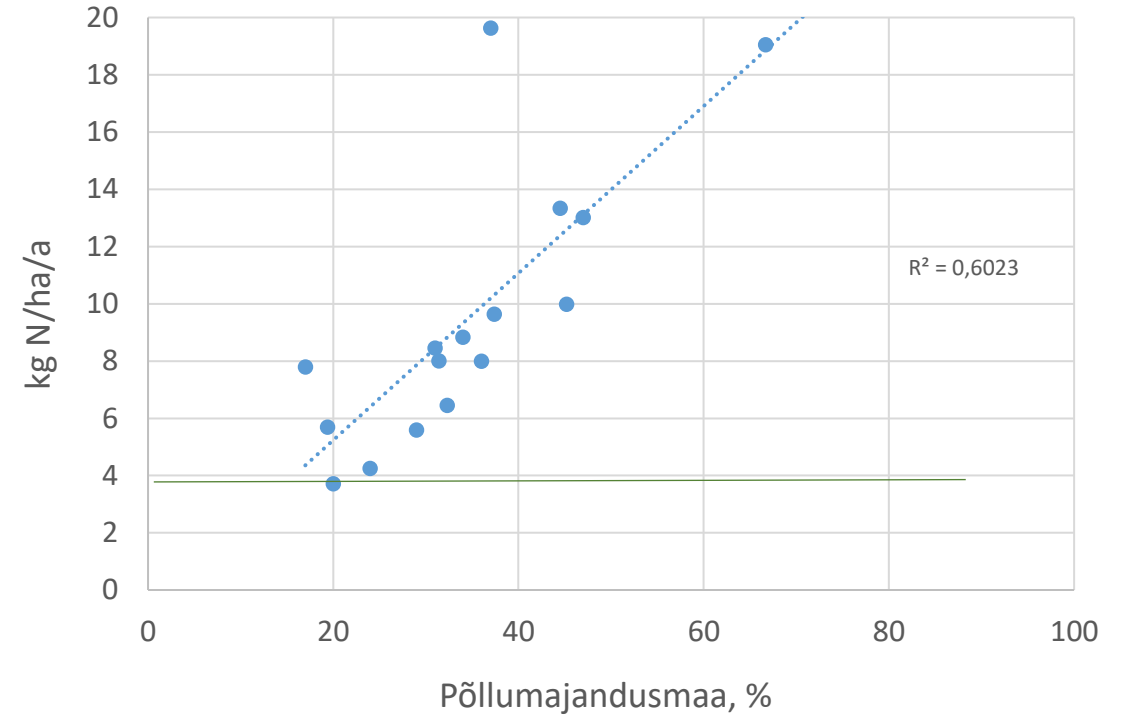


Nüld sisaldus seirejõgedes 2009-2019. Hea (punane) ja väga hea klassi (roheline) piir on märgitud joontena.

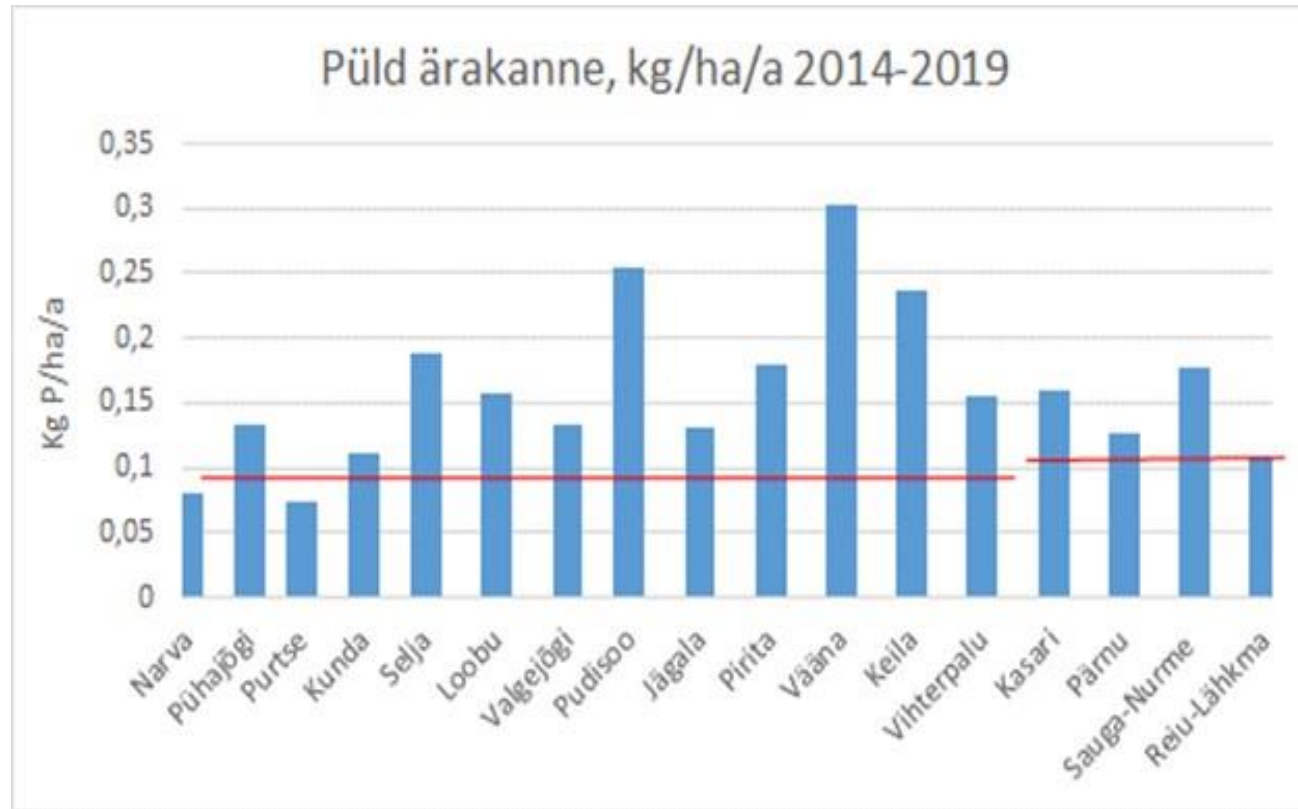
Pada jõe kohta varasemast väga vähe andmeid



Üldlämmastiku pinna ühikkoormus. Punase joon - arvutuslik maksimaalne lubatav pinna ühikkoormus Soome lahele (8,8 kg N/ha/a) ja Liivi lahele (7,4 kgN/ha/a) (TalTech, 2021)



Põllumajandusmaa osakaal ja lämmastiku ärakanne (16 jõge). Rohelisega keskmine looduskoormus (mets, soo)

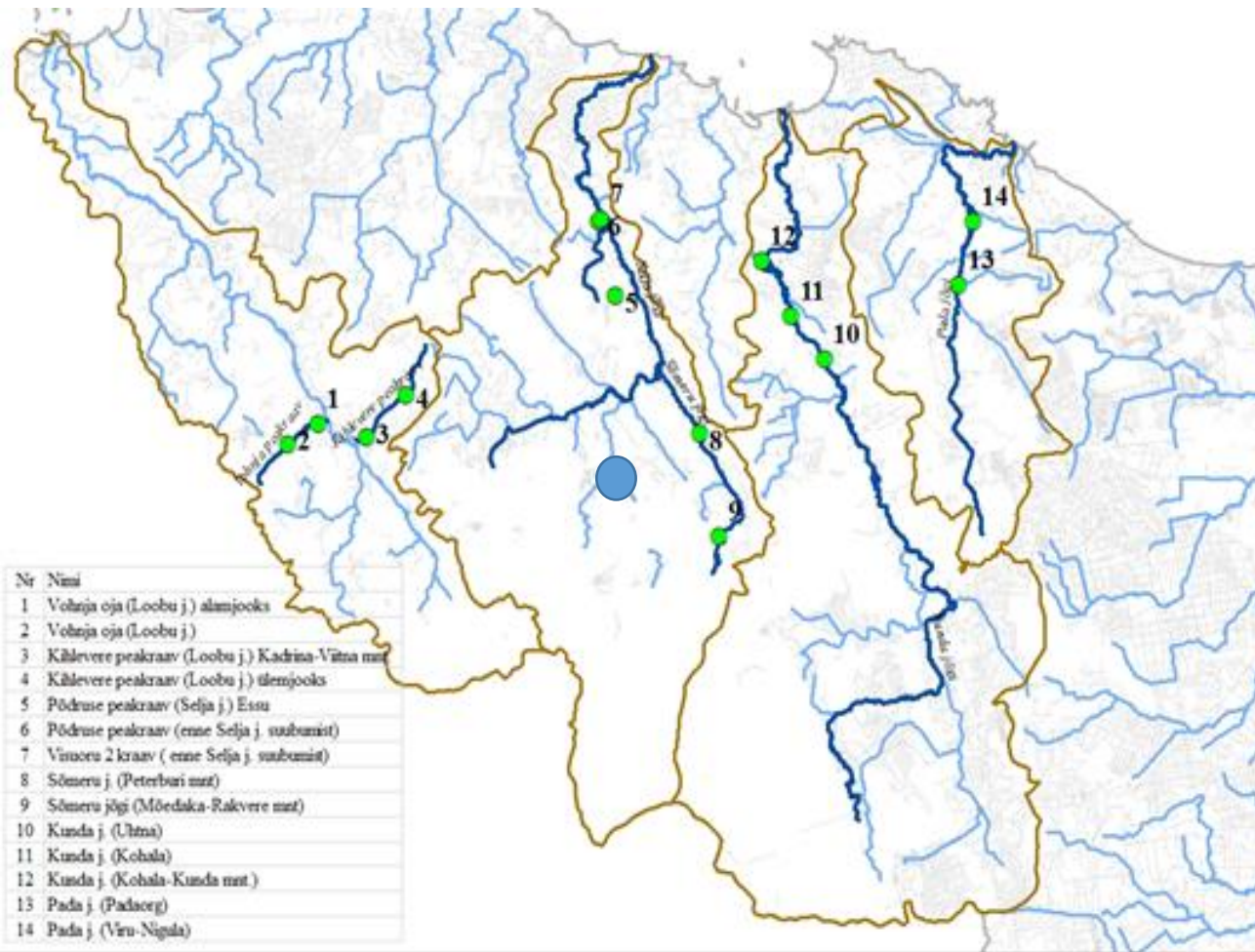


Üldfoori pinna ühikkoormus Läänemerre suubuvates jõgedes.

Punase joon - arvutuslik maksimaalne lubatav pinna ühikkoormus Soome lahele (0,087 kgP/ha/a) ja Liivi lahele (0,105 kgP/ha/a) (TalTech, 2021)

Millistest allikatest vähendamine vajalik ja võimalik?

6 valglat, 14 pinnavee seirelävendit



- **Vohnja oja ja Kihlevere pkr.** Loobu jõe vesikonnas
- **Põdruse pkr. ja Visuoru pkr.** ning **Sõmeru j.** Selja j. vesikonnas
- **Kunda ja Pada jõgi**
- Nii väiksemaid vooluveekogud valgaga < 30 km² kui ka suuremad valglad > 80 km²
- Valglates leiti sobivad puurkaevud ja allikad põhjavee seireks.



Valgla suurus ja põllumajandusmaa osakaal PRIA (2020) alusel valgla suudmes ning CORINE alusel suudme poolse seirelävendi valgla



Valgla nr.	Valgla	Pindala (km ²)		Põllumajandusmaa osakaal (%)	
		Suudmes	Seirelävendis	PRIA	CORINE
1	Vohnja	14	13	68	91
2	Kihlevere	28	28	52	62
3	Põdruse (Visuoja)	23	23	57	68
4	Sõmeru	86	57	58	71
5	Kunda	536	494	34	36
6	Pada	191	115	30	35

Pinnavee seire

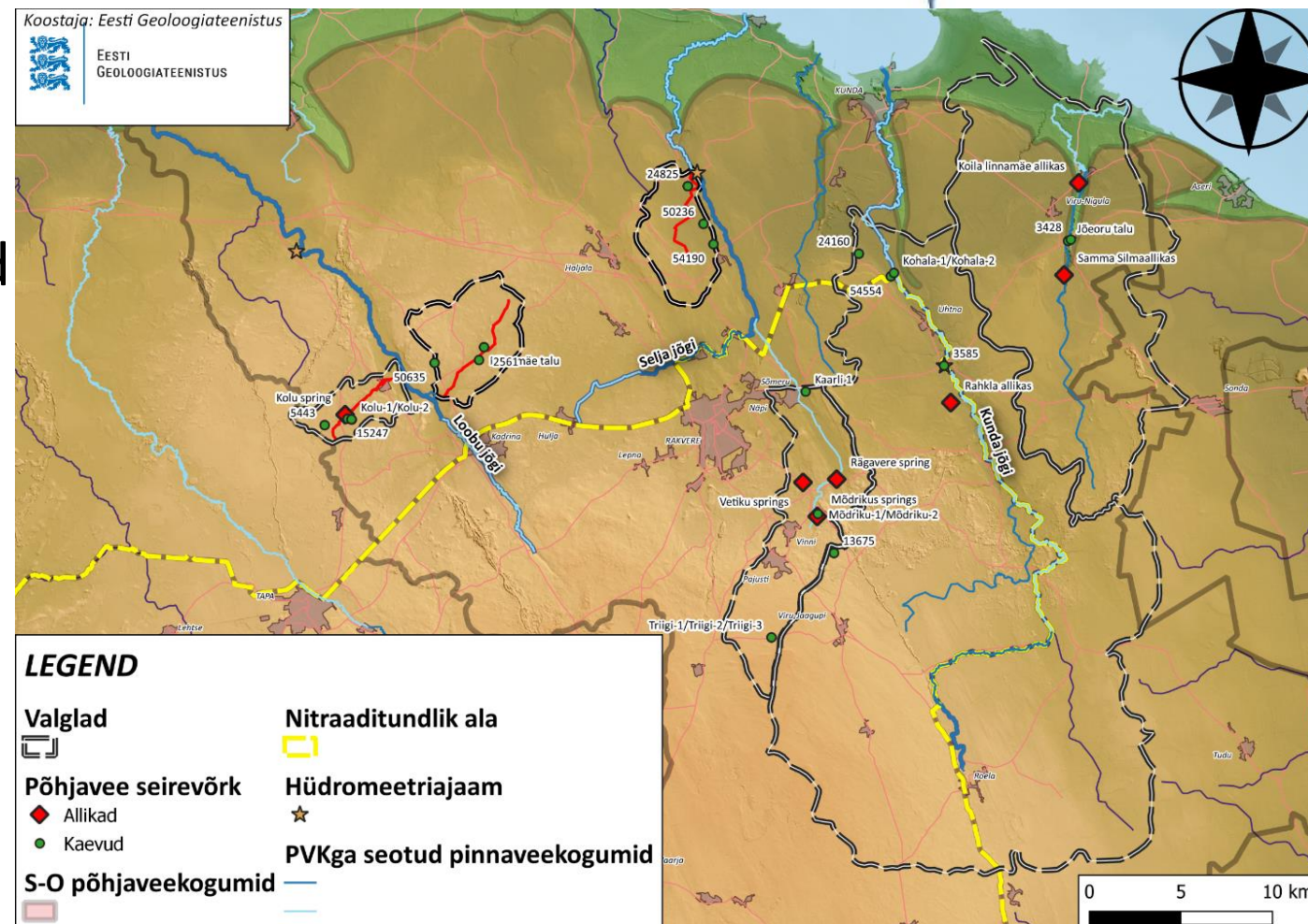


- 2019 aprill kuni 2022 mai
- Veeproovid 12 korda aastas – **füüsikalis-keemilised põhinäitajad** (Nüld, Püld, PO₄-P, ammoonium, nitraadid, BHT, KHT, CL, SO₄, pH, temperatuur, elektrijuhtivus ja hapnik)
- analüüsi TTÜ veekeemia laboris.
- 4 korda aastas kuues alamjooksu seirelävendis **taimekaitsevahendite sisalduse seire** (analüüsid EKUK-is)
- 2 korda aastas kuues lävendis **ravimijääkide seire**
- **Vooluhulga mõõtmine** proovivõtu päevadel kolmes lävendis (Vohnja oja alamjooks, Kihlevere pkr - Kadrina-Viitna mnt ning Põdruse pkr -Varangu).
- Vooluhulga mõõtmine Pada ja Sõmeru jõe lävendites alates 04. 2021

Põhjavee seire



- September 2019 - mai 2022
- 33 allikat (kaardil roheline ring) ja puurkaevu (punane romb).
- Kaks korda 2021. a. põhjavee proovid taimekaitsevahendite ja ravimijääkide sisalduse analüüsiks
- Baasäravoolu (põhjavesi, märgalad, järved) osakaalu hinnati Loobu, Selja ja Kunda jõe pikaajaliste päevase äravoolu andmete alusel
- Kasutades erinevaid hüdroloogilisi mudeleid

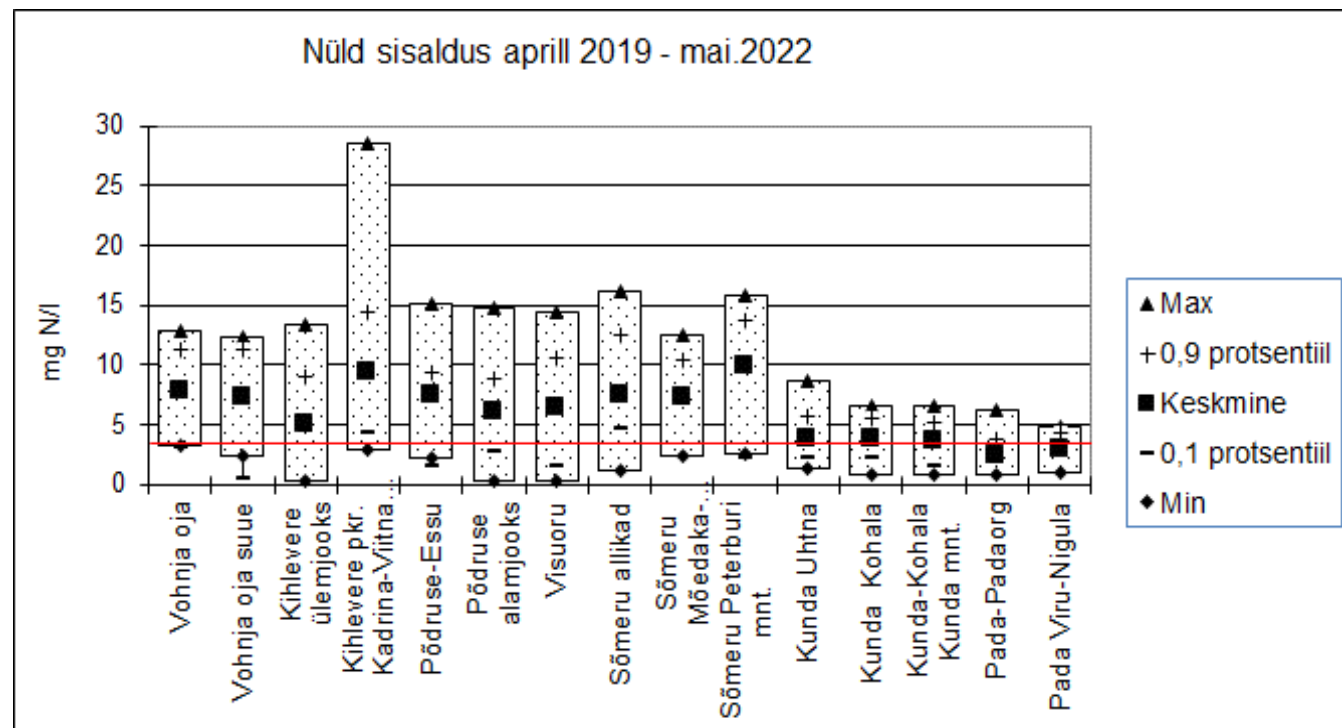


Tulemused

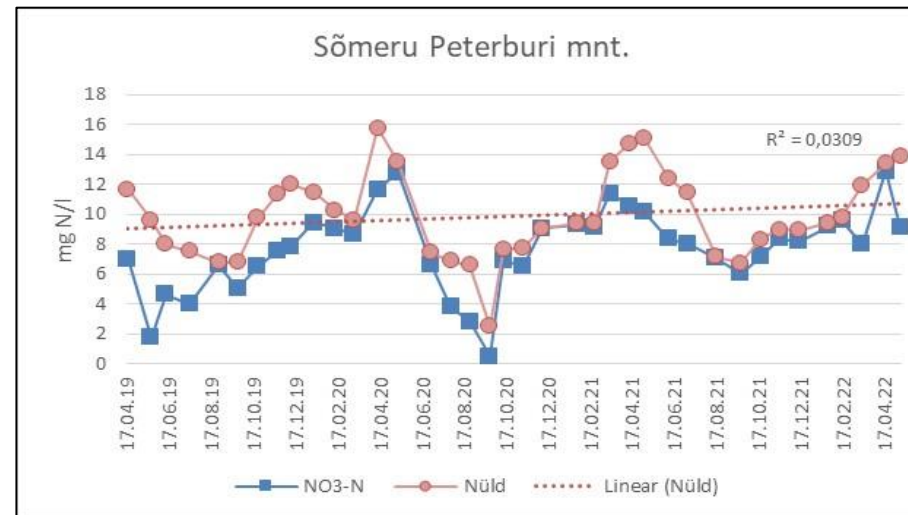
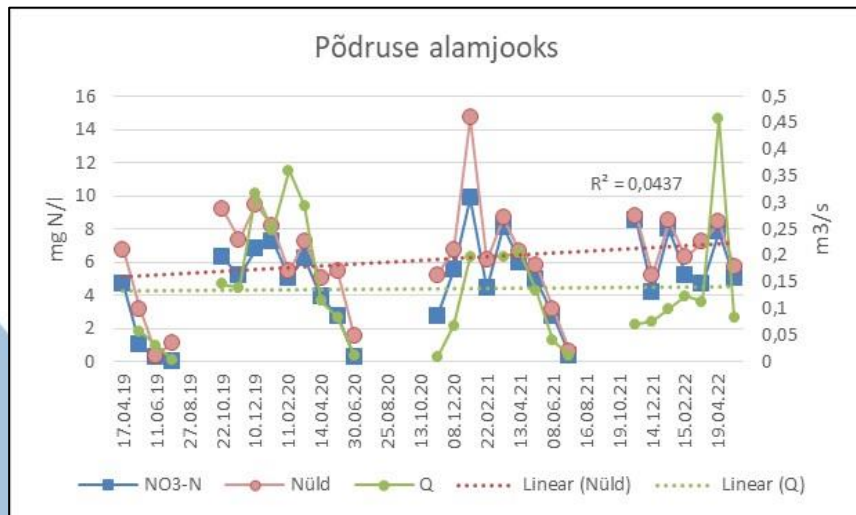
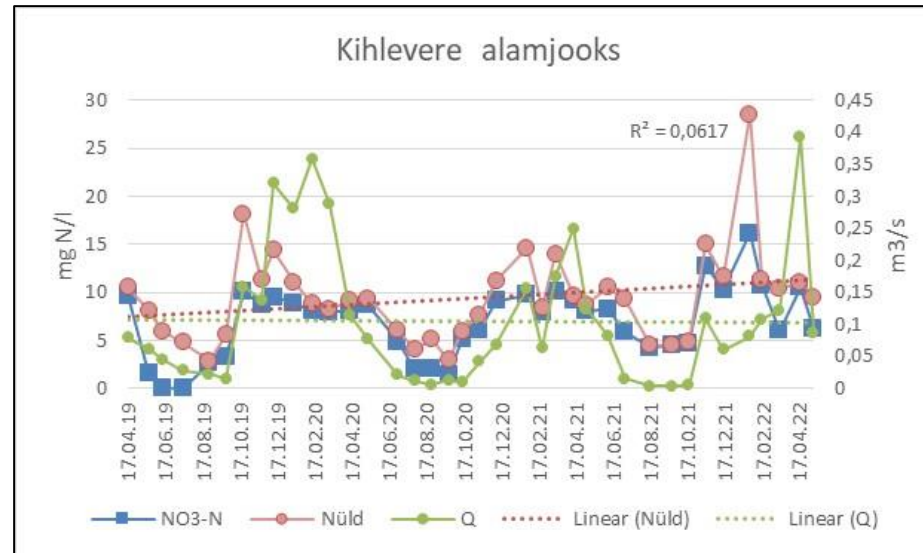
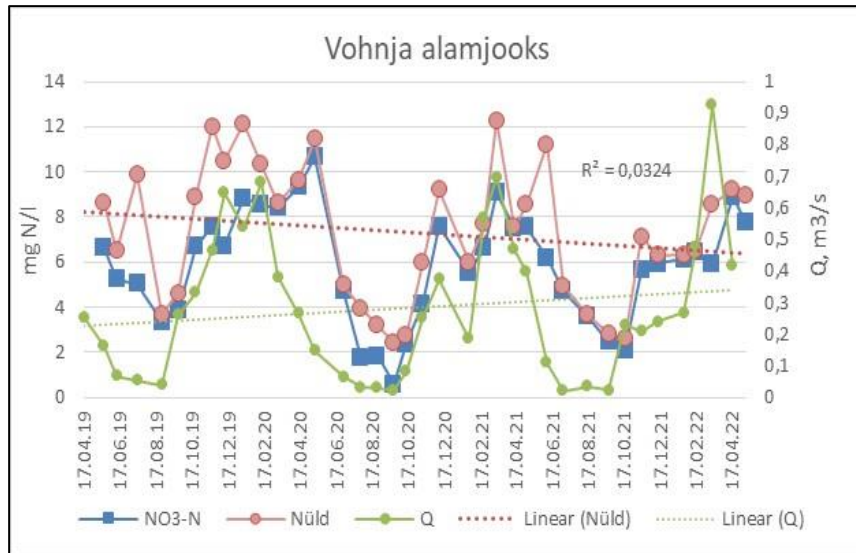


Lämmastiku sisaldus pinnavees

- Keskmise Nüld sisaldus >3 mgN/L
13 lävendis uuritud 15-st.
- Kõrgem väiksema valgla suurema ($>50\%$) põllumajandusmaa osakaaluga valglates (Vohnja, Kihlevere, Põdruse, Sõmeru)
- Kihlevere peakraavi alamjooksul keskmine 9,4 mgN/L.



Suundumused lämmastiku sisalduses

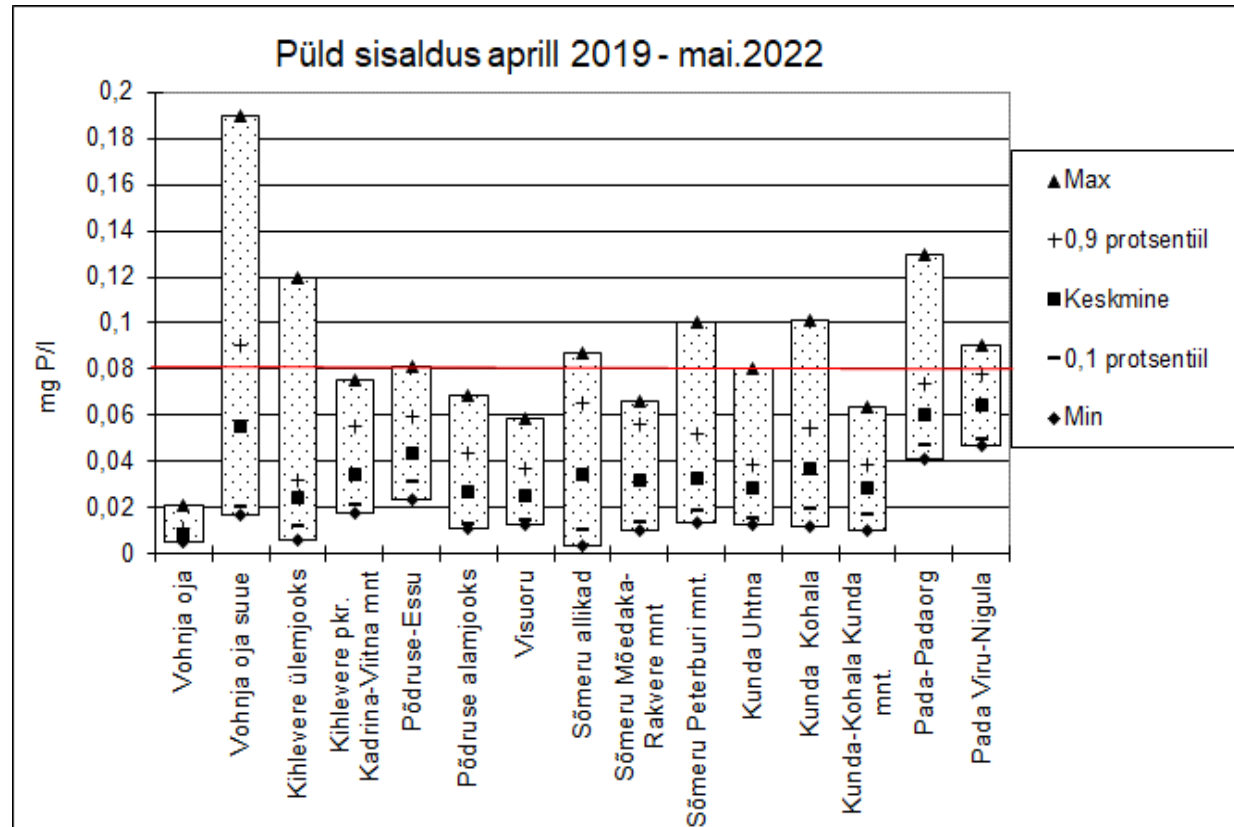


Lühike
andmerida
suundumuste
kirjeldamiseks

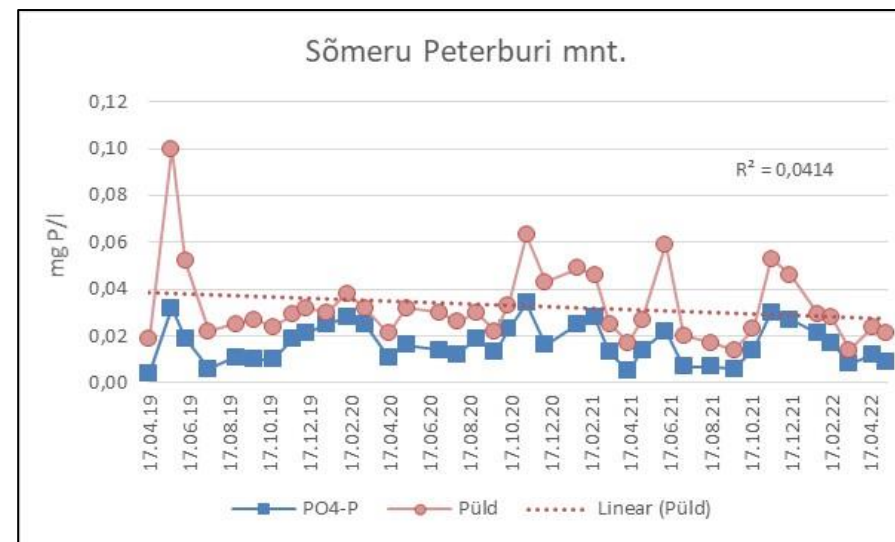
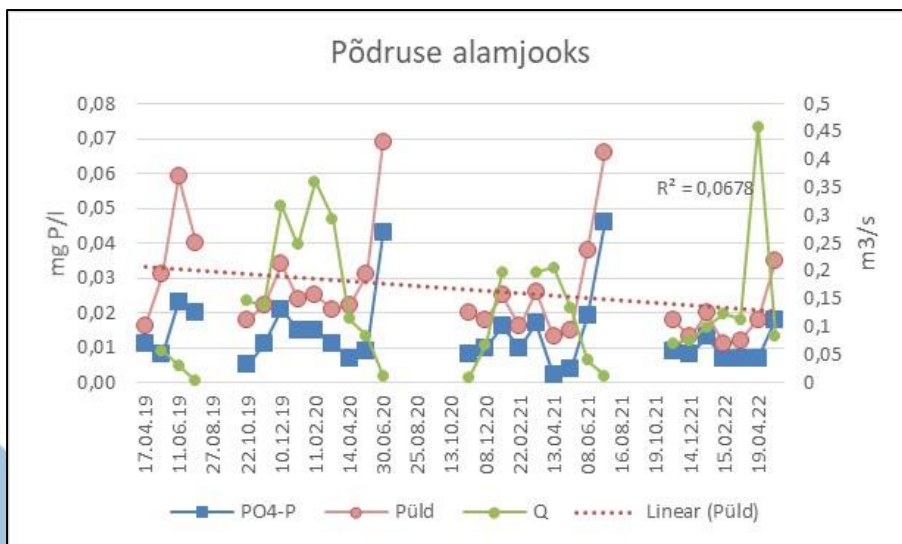
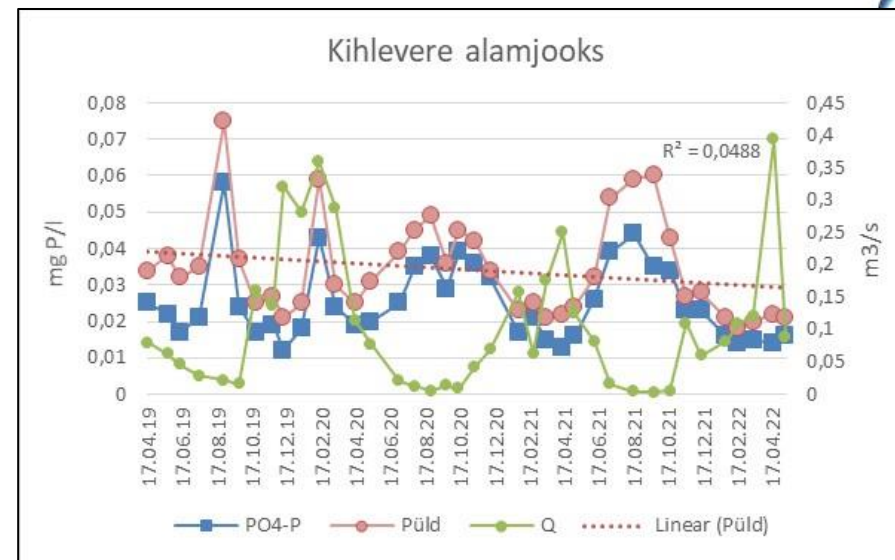
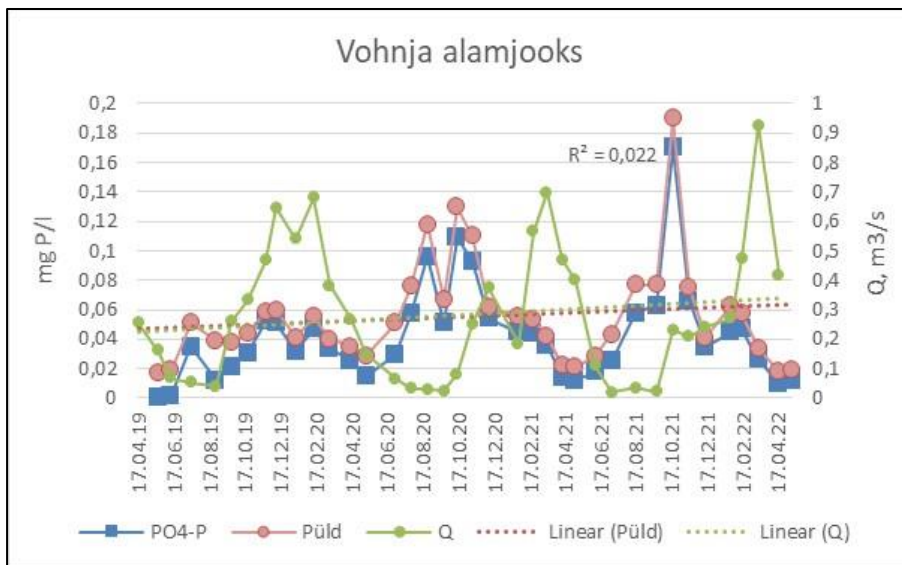
Fosfori sisaldus pinnavees



- Püld keskmine sisaldus suhteliselt madal
- Ei ületa mitte-hea seisundi piiri 0,08 mg P/L
- Valdavalt väga hea seisund ($\leq 0,05$ mgP/L)
- Sisaldus kõrgem eelkõige madalveeperioodil hilisuvel-sügisel



Suundumused fosfori sisalduses



Suundumused pinnavee toitainete sisalduses



- Riigi ülevaateseire andmete alusel on Kunda, Selja ja Loobu jõe üldiseks trendiks perioodil 1993-2019 olnud fosfori sisalduse langus nii pikemal perioodil 1993-2019 kui ka viimasel dekaadil (TalTech, 2021).
- Saab seostada punktreostuskoormuse alanemisega ja tõhusama reoveekäitlusega.
- Lämmastiku sisalduse suundumus on olnud tõusev, ehkki viimasel dekaadil statistiliselt olulist kasvavat suundumust enam ei esine
- Selle üheks põhjuseks võib olla langev suundumus äravoolus kõigis kolmes jões aastatel 2009-2019, mis mahendas N sisalduse kasvutrendi sel perioodil.

Toitainete ärakanne valglatest

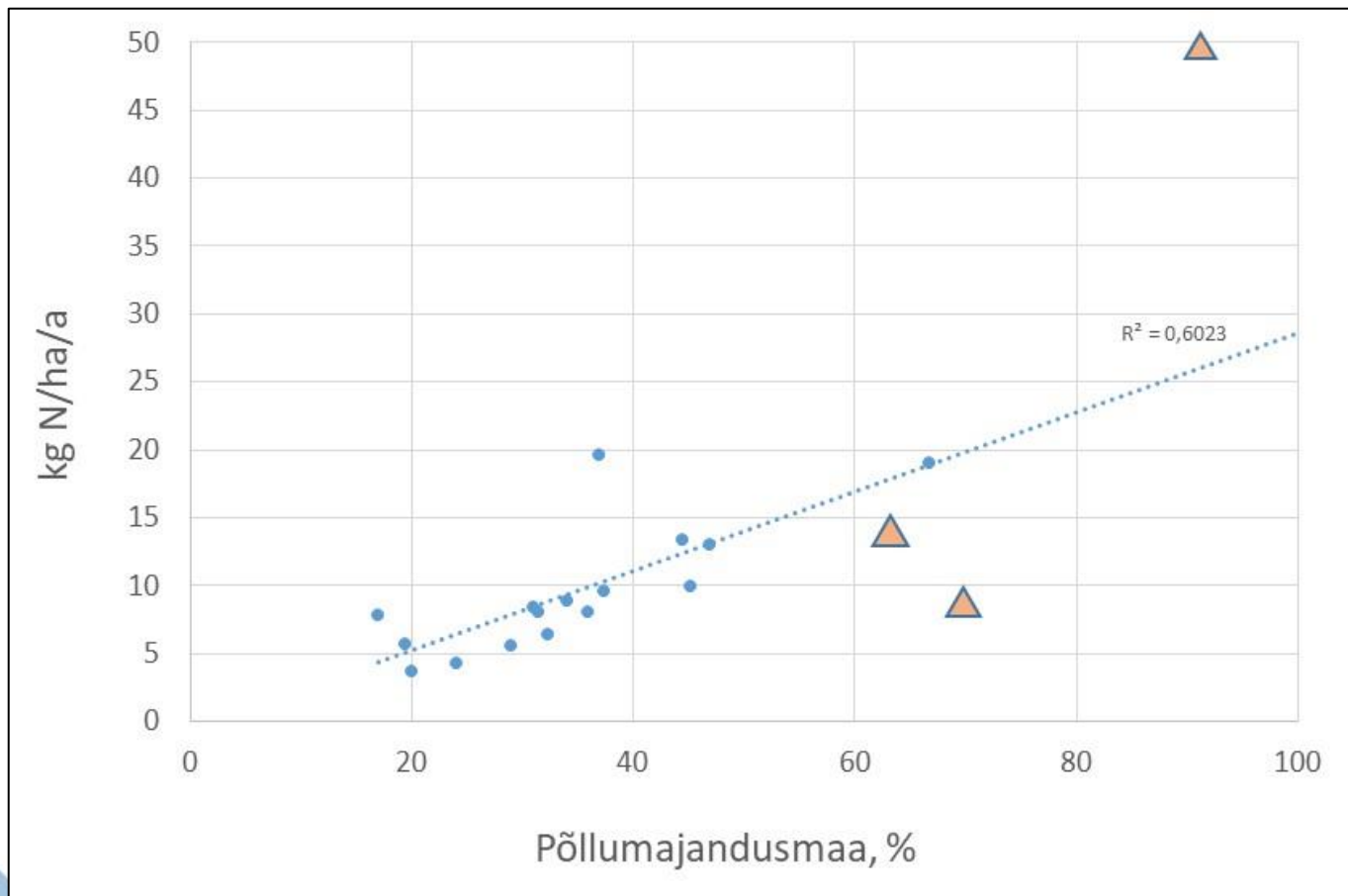


- Kolme seireaasta keskmine N_{üld} ärakanne Vohnja ojas (50,3 kg/ha/a)
- Põhjavee toitelisus ja suurem äravool
- Vohnja äravoolumoodul seireaastatel: 21,1, 14,5 ja 19,1 l/s/km²
- Ületab nt. Kihlevere näitajat 4–6 korda.
- Kihlevere, Vohnja, Sõmeru valglas domineerivad savirikkad mullad
- Lühike andmerida ei võimalda hinnata suundumusi toitainete ärakandes

Valgla	KgN/ha/a		
	2019 –2020	2020 –2021	2021-2022
Vohnja oja	64,7	40,1	46,2
Kihlevere pkr.	18,8	8,2	11,2
Põdruse	13,6	7,2	6,7

Valgla	KgP/ha/a		
	2019 –2020	2020 –2021	2021-2022
Vohnja oja	0,3	0,23	0,23
Kihlevere pkr.	0,06	0,02	0,022
Põdruse	0,05	0,02	0,016

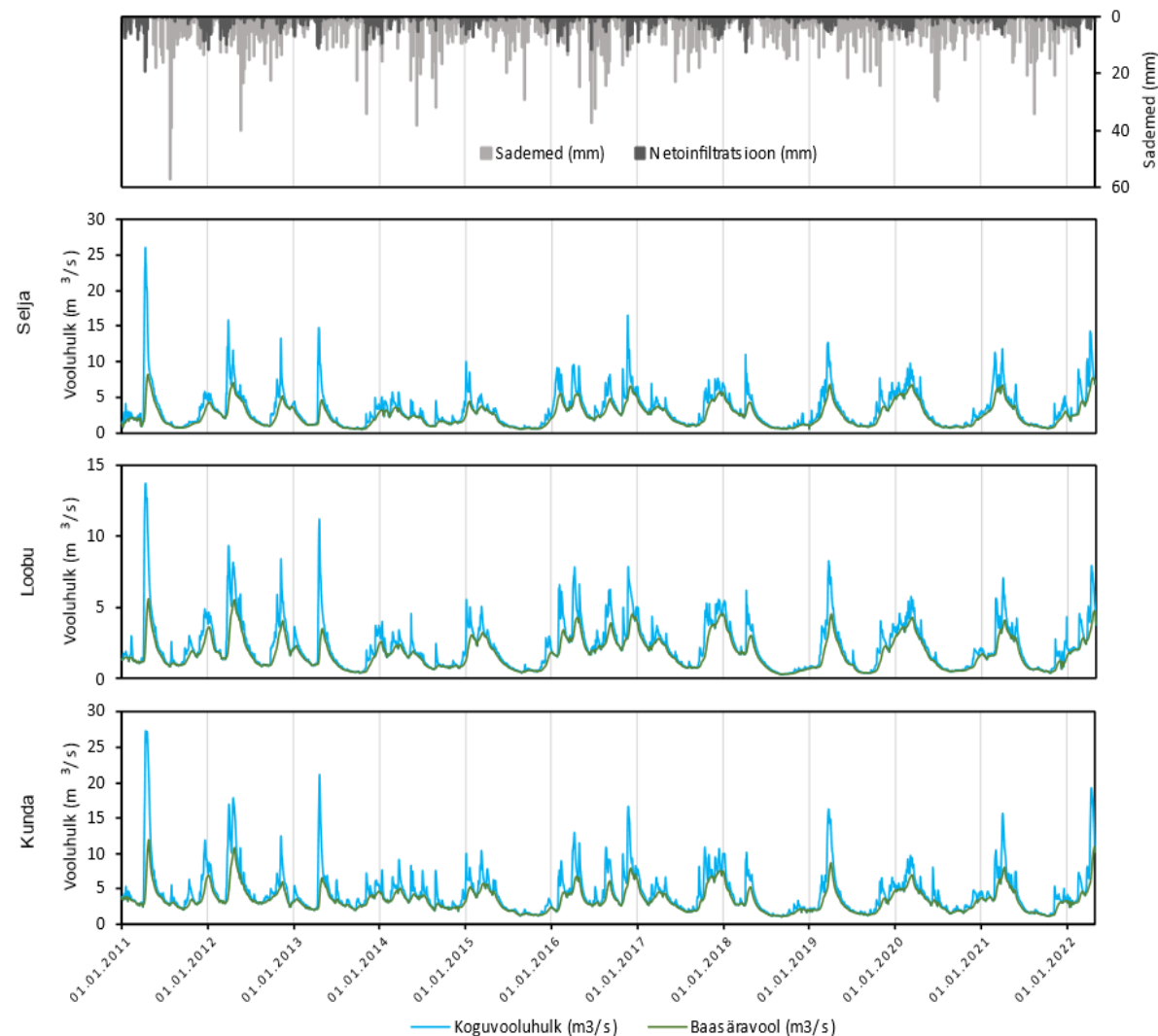
Põllumajandusmaa osakaal valglast ja N ärakanne Läänemerre suubuvates jõgedes ning Vohnja, Kihlevere ja Põdruse ojas (kolmnurgad)



- Väikevalglates varieeruvus suur
- Nii maakasutuses, äravoolus kui N sisaldustes
- Samuti põhjavee osakaalus pinnavee kvaliteedi kujunemisel
- Periodoid vaid 3 aastat

Põhjavee mõju jõevee kvaliteedile ja toitainete ärakandele 2011-2022

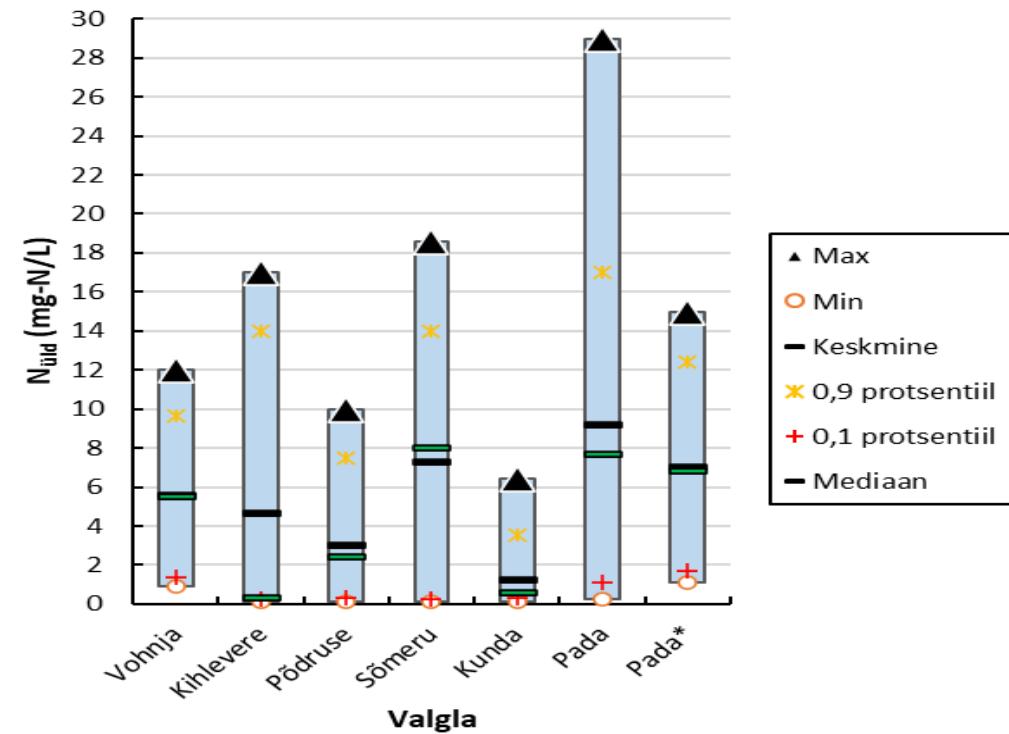
- Märgalade osakaal valglates väike (Selja-Varangu <1 % ja Kunda-Sämi ning Loobu-Arbavere <5%).
- Seega baasaravool jõgedes peamiselt põhjaveest
- Selja jõe baasaravool 70–78%, (3–100% ööpäevas)
- Loobu jõgi 63–77%, (4–100%)
- Kunda jõgi 72–77%, (6–100%)



Arvutuslik baasaravool Selja, Loobu ja Kunda jões 2011-2022 (Eesti Geoloogiateenistus)

Lämmastiku sisaldus põhjavees

- Suuremad $N_{\text{üld}}$ ja NO_3^- sisaldused allikates ja maapinnalähedastes puurkaevudes (kuni 30 m)
- 15-30 m vahemikus väheneb N sisaldus kiiresti
- Seireperioodi keskmine NO_3^- sisaldus maapinnalähedases (puurkaevud sügavusega kuni 40 m ja allikad) põhjaveekihis (28 proovipunkti):
 - <20 mg/L - 20 proovipunkti,
 - 20-50 mg/L - 5 proovipunkti
 - >50 mg/L - 3 proovipunkti (Kihlevere, Sõmeru ja Pada valglas) – Nüld keskmine vastavalt 13,0, 12,3 ja 13,8 mgN/l.
- NB! Pada valgla salvkaev vaid 4 m sügavune. Võimalik lokaalne mõju (sh põllumajandus).

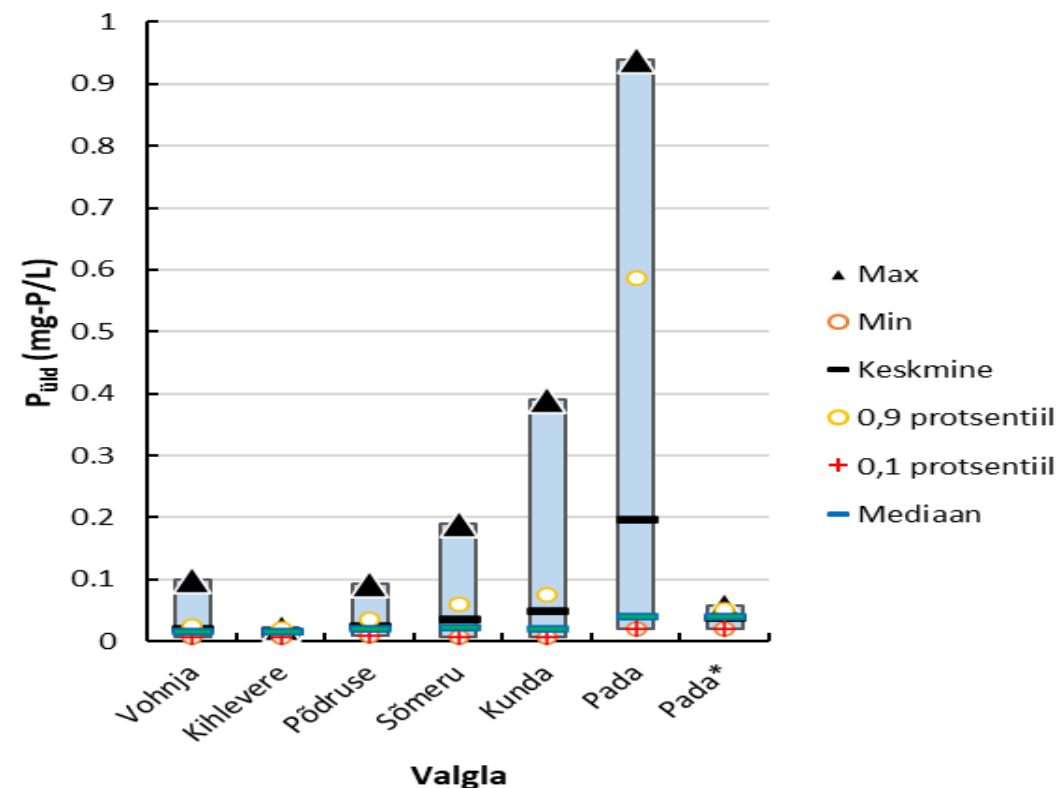


$N_{\text{üld}}$ sisaldus maapinnalähedases põhjavees 2019–2022 (Eesti Geoloogiateenistus)

*Pada - madala salvkaevu sisaldused arvestamata

Fosfori sisaldus põhjavees

- $P_{\text{üld}}$ keskmine sisaldus kõigis valglates madal (≤ 0.03 mgP/L)
- P-ühendid liiguvad lahusesse kergemini anoksilistes tingimustes (puudub vaba hapnik)
- Seetõttu $P_{\text{üld}}$ sisaldus sügavuse suunas suureneb vastupidiselt $N_{\text{üld}}$ sisaldustele.



$P_{\text{üld}}$ sisaldus maapinnalähedases põhjavees 2019–2022 (Eesti Geoloogiateenistus)

*Pada - madala salvkaevu sisaldused arvestamata

Taimekaitsevahendite jäägid põhjavees



- Veeproovid 2021. aasta aprillis (kõrgvee periood) ja septembris (madalvee periood)
- Uuriti EKUK laboris 144 pestitsiidijäägi esinemist
- Keskkonnaministri 1. oktoobri 2019. a määrusega nr 48 on põhjveekogumi seisundi määramiseks sätestatud kvaliteedi piirväärtus pestitsiidi jääkidele 0,1 µg/l ning pestitsiidide summale 0,5 µg/l.
- Üle määramispiiri 26 aine sisaldus kokku 29 põhjavee seirepunktis
- 23 seirepunktis sügisel võetud veeproovides ja 15 seirepunktis kevadel

Taimkaitsevahendite jäägid põhjavees



- Üksiknäitaja piirväärtust 0,1 µg/L ületati üheksas seirepunktis.
- Kõigil juhtudel oli tegemist herbitsiid kloridasooni metaboliidiga (kloridasoon-desfenüül)
- Ka varem enimleitud pestitsiidijääk Eestis põhjavees
- Ehkki kloridasoon ei ole Eestis registreeritud ega müüdüd
- Enam kui ühes proovis leiti ka 1,3,5-triklorobenseen (n=13), pentaklorobenseen (n=8), tsübutriin (n=7), boskaliid (n=6), heptakloor (n=4), metasakloor (n=3), alfa- (n=6), delta- (n=6) ja epsilon- (n=2) heksaklorotsükloheksaan

Taimekaitsevahendite jäägid põhjavees



- Põhjavees ka pestitsiidijääke, mille kasutamine keelatud (nt. aldriin, endosulfaansulfaat, heptakloor, kinoksüfeen, kloridasoon, tsübutriin, DDT metaboliidid DDD ja DDE)
- Võimalik kaugkanne, mille leidumine ei pruugi olla seotud kohaliku kasutamisega.
- Põhjavee puhastumine ohtlikest ainetest võib võtta kümneid aastaid

Taimekaitsevahendite jäägid pinnavees



- Veeproovid üheksal korral (august 2019 kuni märts 2022)
- Analüüsi EKUK-i laboris 141 pestitsiidijäägi sisaldusi 55 proovis
- Sisaldus pinnavees on reguleeritud keskkonnaministri (24.07.2019.a.) määrusega nr. 28
- 34s proovis leiti pestitsiidijääke
- Üle määramispiiri (LOQ) 48 ainet, üle avastamispiiri (pestitsiidi jälg) 52 ainet
- sh palju pestitsiidijääke, mille kasutus on keelustatud ning mida pole teadaolevalt Eestis aastaid ka kasutatud.
- Keskkonnakvaliteedi piirväärtuste (nii aasta keskmine AA-EQS kui ka maksimaalne lubatav kontsentratsioon MAC-EQS) ületamisi heptakloori, heptakloori-endoepoksiidi tsüpermetriini, heptakloor-epoksiidi, AMPA osas

Ravimijäägid pinnavees



- Veeproovid pärast sõnniku laotamisperioodi kevadel ja sügisel 6 seirelävendist
- Uuriti 55 ravimijäägi sisaldust – nii veterinaar kui inimravimid või mõlemaks kasutuseks
- Analüüsiiti Soome Keskkonnainstituudi (SYKE) laboris
- Tulemusi võrreldi arvutusliku mittetoimiva sisaldusega (PNEC) iga konkreetse ravimijäägi puhul
- Mittetoimiva kontsentratsiooni määratlemine tugineb uuringutele ravimijäägi mõjust vee-elustikule, mille korral kahjulik toime erinevatele liikidele veel ei avaldu.
- PNEC väärtus võib ajas muutuda, kui lisandub täiendavat teavet.

Ravimijäägid pinnavees



- Kokku leiti 31 toimaine jääki, kus ületati labori määramispiiri
- Ravimijääke leiti kõikidest uuritud vooluveekogudest
- Sageli määramispiiri ületavaid kogused vaid ühes vooluveekogus ühel seiresoonil.
- Paljudes veeproovides ravimijääkide sisaldus alla määramispiiri, kuid ületasid avastamispiiri.
- Pikem nimekiri määramispiiri ületavatest ravimijääkidest (9) oli Pada jões (lisaks jäi 21 ravimijäägi sisaldus alla määramispiiri, kuid analüüs näitas nende jälgi vees), Vohnja ojas (8 + 9 alla määramispiiri) ja Kihlevere peakraavis (7+ 22 alla määramispiiri).
- 22 uuritud ravimi jääke ei leitud üheski veeproovis (jäid alla avastamispiiri)

Määramispiiri ületavad ravimijääd pinnavees ravimirühmade kaupa 2019-2022.

Ravimirühm	Leitud ravimijääk
Antibiootikumid	flukonasool, ofloksatsiin, doksütsükliin+tetratsükliin (sum)
Epilepsia ravimid	karbamasepiin, gabapentiin
Kõrgvererõhu ravimid	amlodipiin, irbesartaan, telmisartaan, valsartaan
Astma ja allergia ravimid	tsetirisiin, ksülometasoliin
Hormoonravi	progesteroon
Mittesteroidseid põletikuvastaseid ravimid ja valuvaigistid	kodeiin, diklofenak, ketoprofeen, naprokseen, oksükodoon, tramadool
Ainevahetushaiguste ravimid	atorvastatiin, metformiin
Muud südame-veresoonkonna ravimid	dipüridamool, metoprolool, nebivolool, varfariin
Psühhofarmatseutilised ravimid	tsitalopraam, kvetiapiin, sertraliin, venlafaksiin
Veterinaarravimid	emamektiin, toltrasuriil
Muu	kofeiin



Ravimijäägid pinnavees



- Allpool määramispiiri veterinaarsed antibiootikumid tülosiin (Sõmeru ja Vohnja), tiamuliin (Sõmeru)
- Tiamuliini kasutamine suurenes peale 2014. aastat (sigade katk) (Aasmäe et al., 2019).
- Kõikidest uuritud vooluveekogudest leiti vaid kahte ravimijääki - kofeiin ja telmisartaan (kõrgvererõhu ravim inimestele ja kassidele).
- Mõlemi ravimijäägi sisaldused jäid oluselt alla PNEC (arvutuslik mittetoimiv sisaldus) taset.

Ravimijäägid pinnavees



- Enamikus seirelävenditest leiti ka metoprolooli, gabapentiini ja metformiini (kõik inimkasutuses + potentsiaalselt kassidele)
- Kontsentratsioon aga oluliselt alla PNEC taset
- PNEC) taset (20,4 ng/l) ületati vaid antibiootikumina kasutatava ofloksatsiini sisalduses septembris 2020 kogutud proovides Vohnja ojas ja Kihlevere peakraavis, kus see oli vastavalt 30 ja 48 ng/l.
- Osade ravimijääkide sisaldus erinevatel aastal varieerub suurtes piirides

Ravimijäägid põhjavees



- Proovid põhjavees võeti 2021. aasta aprillis ja septembris (kõrgvee- ja madalvee periood).
- Analüüsi tehti Eesti Keskkonnauuringute Keskuse laboris 49 ravimijäägi osas
- Kuus põhjavees leitud ravimijääki: kofeiin (n=7), 4-aminoantipüriin (n=2), jopamidool (n=1) ja karbamasepiin (n=1), venlafaksiin (n=1) ja tsiprofloksatsiin (n=1).
- Pikem loetelu ravimijääkidest Sõmeru jões.
- Valdavalt inimeste poolt kasutatavate ravimid.
- Vaid 4-aminoantipüriin on veterinaarravimi metaboliit (Põdruse valgla puurkaevus), mida aga ei loeta vesikeskkonnale ohtlikuks

Kokkuvõtteks - toitained



- Lämmastiku keskmine sisaldus vooluveekogudes üsna kõrge
- Kõrgem väiksemates valglates
- Suhteliselt kõrge N sisaldus ka allikates ja maapinnalähedastes puurkaevudes (sügavus kuni 30 m)
- Nii pinna- kui põhjavee fosfori sisaldus madal. Ei ületa mitte-hea seisundi piiri (0,08 mg P/L)
- Põhjavee osakaal uuringupiirkonna seirejõgede äravoolus on suur
- See määrab paljuski N sisalduse ja ärakande vooluveekogudes (eriti Vohnja ja Sõmeru valglas)

Kokkuvõtteks - toitained



- Lämmastiku ja fosfori ärakanne väiksemates valglates (Vohnja, Kihlevere, Põdruse) varieerus suurtes piirides
- Väga suur N ja P ärakanne Vohnja ojas (40-65 kgN/ha/a ja 0,23-0,3 kgP/ha/a)
- Selle põhjuseks ka suur põhjavee toitelisus ja suurem äravool
- N sisalduse ja ärakande alandamine tõenäoliselt pika viibeajaga

Kokkuvõtteks - taimekaitsevahendid



- Põhjavees üle määramispiiri 26 pestitsiidijäägi sisaldus
- Kvaliteedi piirväärtust 0,1 µg/L ületas vaid herbitsiid kloridasoon (**kloridasoon-desfenüül**) üheksas seirepunktis.
- **NB!** Ei ole Eestis registreeritud, müüdnud ega kasutatud.
- Sisaldused eranditult kõrgemad kevadel. Lagunemine suurvee ja madalvee (september) vahelisel perioodil
- Pinnavees üle määramispiiri 48 ainet
- sh pestitsiidijääke, mille kasutus on keelustatud ning mida pole teadaolevalt Eestis aastaid ka kasutatud

Kokkuvõtteks - ravimijäägid



- Põhjaveest leiti üle määramispiiri vaid kuue ravimi jääke kokku üheksas seirepunktis
- Pinnavees 31 ravimi toimaine jääki, kus ületati labori määramispiiri
- Ravimijääkide PNEC taset ületati vaid antibiootikumina kasutatava ofloksatsiini sisaldus Vohnja oja ja Kihlevere peakraavi proovides;
- Ravimijääkide pinna- ja põhjavee proovid analüüsiti erinevates laborites, mille määramispiirid erinevad kõikide ravimijääkide osas ca 1000 korda,
- Sellest tulenevalt, aga ka erinevuse tõttu analüüsitavate ravimijääkide loetelus, leiti **vaid kahe ravimijäägi esinemine nii pinna- kui põhjavees:**
 - **venlafaksiin** Kihlevere peakraavis ja valglal paiknevas puurkaevus
 - **karbamasepiin** Rägavere allikas ja Sõmeru jões
- Mõlemad humaanravimid

- Taimekaitsevahendid ja veterinaarravimid on läbinud põhjaliku riskihindamise ning lühi- ja pikaajalises perspektiivis ei tohiks need ei inimestele ega teistele organismidele kahjulikud olla.
- Siiski võivad olla potentsiaalseks riskiteguriks, kui ei kasutata asjakohaselt.
- Seetõttu on seireandmed täiendavaks kinnituseks, et võimalik risk nende liig kõrge sisalduse näol ei ole/või on realiseerunud.
- Ka on kogutav teave vajalik üldsuse informeerimiseks ja potentsiaalsete hirmude maandamiseks.
- Samas on tegelike (tipu) sisalduste mõõtmine, eelkõige vooluveekogudes, suureks väljakutseks nii taimekaitsevahendite kui ka ravimijääkide seire korraldamisel.

Kokkuvõtteks



- Üks väheseid uuringuid kus valglopõhiselt on hinnatud põhja- ja pinnavee kvaliteeti ja vastastikmõju veekvaliteedi kujunemisel ja ainete ärakandel
- Ainete hajukoormuse täpsem hinnang vajab suurema tihedusega äravoolu andmeid.
- Igakuised vooluhulga mõõtmised ei kirjelda suure tõenäosusega kõiki hüdroloogilisi perioode (sh madalvee- kõrgvee perioodid).



Küsimused?