TARTU ÜLIKOOL

Ohtlike ainete piirnormide ajakohastamine reo- ja heitvees

LÕPPARUANNE

KÄESOLEV DOKUMENT ON KESKKONNAMINISTEERIUMI KORRALDATUD RIIGIHANKE (viitenumber 226584) LÕPPARUANNE

Tellija: **Keskkonnaministeerium**

Koostajad: **Tartu Ülikool**

Vastutav täitja: Taavo Tenno

Tehnoloogiaeksperdid: Markus Raudkivi
Kristel Kroon
Siiri Velling

Keskkonnaministeeriumi poolt koordineeris uuringut jooksvalt Raili Kärmas.

Töö teostamisel osales Keskkonnaministeeriumi poolt kokkukutsutud töörühm, kelle hulka kuulusid: Andri Haran, Anu Kull, Kalmer Sokman, Erika Sulg, Reigo Lehtla, Erki Lember, Ramon Nahkur, Pille Aarma, Jaan Madis, Madli Sarv, Matthias Eichhorst, Olev Elmik, Elen Uustal, Aune Ahmna, Tiina Kärner, Jelena Valtin ja Margus Korsjukov.

Koostatud: 26. november 2021

Uuringu tellis Keskkonnaministeerium Eesti Teadusagentuuri programmi „Valdkondliku teadus- ja arendustegevuse tugevdamine” (RITA) tegevuse 2 raames. Projekti rahastati 60% ulatuses Euroopa Regionaalarengu Fondist ja 40% ulatuses Keskkonnaministeeriumi vahenditest.



Sisukord

1 EESSÕNA 7

2 SISSEJUHATUS 8

3 UURINGU METOODIKA 9

4 RAHVUSVAHELINE PRAKTIKA 10

4.1. Naaberriikide näited – Soome ja Rootsi 11

5 HEITVEE PIIRNORMID 13

5.1. EL-ülesed ohtlikud ained 13

5.2. Vesikonnaspetsiifilised saasteained 15

5.3. Heitvee piirnormide ettepanek 16

5.4. Piirnormide seletused 24

6 REOVEE PIIRNORMID 28

6.1. Primaarne lähenemine 30

6.2. Erandlik lähenemine 30

6.3. Arvutusliku lähenemise näide – benseen 32

7 MÕJU ETTEVÕTLUSKESKKONNA KONKURENTSIVÕIMELE 39

7.1. Heitvee küsimustik ja tagasiside 40

7.2. Reovee küsimustik ja tagasiside 40

7.3. Muud ettepanekud ja märkused 41

7.4. Kokkuvõte ja järeldused 42

8 KESKKONNASÕBRALIKU TOOTMISE EDENDAMISE VÕIMALUSED 43

9 TEHNOLOOGILISED VÕIMALUSED OHTLIKU AINE HEITE OHJAMISEKS 44

9.1. Defenoleerimine 45

9.2. Mikrosaasteainete eemaldamine 45

9.3. Süvaoksüdatsioon ja adsorptsioon 45

9.4. Pöördosmoos 48

10 KOKKUVÕTE JA SOOVITUSED 49

11 KASUTATUD MATERJALID 50

Jooniste nimekiri

Joonis 1. Rootsi reoveepuhastitele rakendav skeem, veeloa täpsemad nõuded olenevad vastuvõtvast veekogust [15] 12

Joonis 2. Reovee arvutusliku lähenemise tabeli (tabel 3) legend 34

Joonis 3. Heitvee küsimustiku (vasakul) ja reovee küsimustiku (paremal) vastajate jagunemine EMTAK koodi järgi. 39

Joonis 4. Euroopa Liidu jäätmete raamdirektiivist (2008/98/EÜ) lähtuv jäätmehierarhia [20] 43

Joonis 5. Ülevaade levinud AOP-dest; eAOP – elektrokeemilised protsessid, cAOP – katalüütilised, pAOP – füüsikalised; BDD = booriga legeeritud teemantelektroodid. Tööstuslikult kasutatavad protsessid on valgetes kastides, pilootskaalal uuritud protsessid hallides ning alles laboriskaalas tehnoloogiad mustades kastides [39]. 46

Joonis 6. Näide süvaoksüdatsiooniprotsessi käigust – raskestilaguneva aromaatse tuuma järk-järguline lagundamine hüdroksüülradikaalide toimel [41]. 46

Joonis 7. Saasteainete füüsikalike adsorptsiooniprotsess reovees [45], tõlgitud. 47

Tabelite nimekiri

Tabel 1. Soome suuremate reoveepuhastite heitvee piirnormid võrreldes HELCOMi tööstusreovee ja Soome joogivee piirnormidega (HSY – Helsinki Regional Environmental Services Authority) 12

Tabel 2. EL-üleste ja vesikonnaspetsiifiliste saasteainete uute heitvee piirväärtuste ettepanekud 17

Tabel 3. Reovee arvutusliku lähenemise jaotuskoefitsendid ning primaarse lähenemisega arvutatud rangeimad võimalikud piirnormid 35

Lisade nimekiri

Kõik lõpparuande lisad on eraldi failidena, mis on mõeldud antud aruande lahutamatute osadena.

- Lisa A. Ohtlike ainete individuaalsed andmed
- Lisa B. Reovee arvutusliku lähenemise tööriist
- Lisa C. Reovee piirnormide arvutusliku lähenemise blokkskeem

Lühendid

Lühend	Selgitus
AI (a.i.)	Toimeaine *(active ingredient)*
BCF	Biokontsentratsioonifaktor (*bioconcentration factor)*
BPC	Briti Farmakopöa Komisjon *(British Pharmacopoeia Commission)*
BREF	Parima võimaliku tehnoloogia dokument *(Best Available Techniques Reference Document)*
C&L	Klassifitseerimise ja märgistamise nimekiri *(Classification and Labelling Inventory)*
CLP-määrus	Klassifitseerimise, märgistamise ja pakendamise määrus (EÜ) nr 1272/2008 *(Classification, Labelling and Packaging)*
CoRAP	Euroopa Kemikaaliameti ühenduse ainehindamisplaan *(Community rolling action plan)*
DT_{50}	Poole saaste kadumine *(dissipation half-life)*
DYNAMEC	OSPARi ohtlike ainete valimise ja prioritiseerimise mehhanismide nimekiri *(Dynamic Selection and Prioritisation Mechanism for Hazardous Substances)*
EC_{50}	50%-le isenditest toimet avaldav kontsentratsioon *(half maximal effective concentration)*
ECB	Euroopa Kemikaalibüroo *(European Chemicals Bureau)*
ECHA	Euroopa Kemikaaliamet (*European Chemicals Agency)*
EFSA	Euroopa Toiduohutusamet *(European Food Safety Authority)*
EMEP	Saasteainete kaugkande seire programm *(European Monitoring and Evaluation Program)*
EMTAK	Eesti Majanduse Tegevusalade Klassifikaator, mis on rahvusvaheliselt ühtlustatud klassifikatoori NACE Eesti rahvuslik versioon
E-PRTR	Euroopa saasteainete heite- ja ülekanderegister *(European Pollutant Release and Transfer Register)*
ESIS	Euroopa Keemiliste Ainete Informatsiooni Süsteem *(European Chemical Substances Information System)*
HELCOM	Helsingi komisjon ehk Läänemere merekeskkonna kaitse komisjon *(Helsinki Comission)*
IUPAC	Rahvusvaheline Puhta ja Rakenduskeemia Liit *(International Union of Pure and Applied Chemistry)*

Kow	Jaotustegur (oktanool/vesi) *(particion coefficient)*
LC_{50}	Pooltele isenditest surmav kontsentratsioon *(Lethal concentration 50%)*
LD_{50}	Keskmine surmav annus *(median lethal dose)*
LRTAP	Piiriülese õhusaaste kauglevi Genfi konventsioon *(Long-Range Transboundary Air Pollution)*
NACE	Euroopa Ühenduse majanduse tegevusalade klassifikaator *(Nomenclature of Economic Activities)*
NOEC	Täheldatavat toimet mitteavaldav kontsentratsioon *(No Observed Effect Concentration)*
ODP	Osoonikihi kahandamise potentsiaal *(ozone depleting potential)*
OECD	Majanduskoostöö ja Arengu Organisatsioon *(Organization for Economic Co-operation and Development)*
OEL	Ohtlike ainete piirnorm töökeskkonnas *(Occupational Exposure Limit)*
OSPAR	OSPARi ehk Kirde-Atlandi merekeskkonna kaitse konventsioon (*Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic)*
PAH	Polütsükliline aromaatne süsivesinik ehk polüaromaatne süsivesinik *(polycyclic aromatic hydrocarbon)*
PAN	Pestitsiidide kontrolli võrgustik *(Pesticide Action Network)*
PBT	Püsiv, bioakumuleeruv ja toksiline aine *(Persistent Bioaccumulative Toxic)*
PIC-protseduur	Eelneva teatatud nõusoleku protseduur *(Prior Informed Consent procedure)*
POP	Püsiv orgaaniline saasteaine *(Persistent Organic Pollutant)*
REACH	Kemikaalide registreerimist, hindamist, autoriseerimist ja piiramise määrus (EÜ) nr 1907/2006 *(Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)*
SVHC	Väga ohtlik aine *(Substance of Very High Concern)*
$t_{0.5}$	Poolestusaeg *(half-life)*
TEF	Toksilisuse ekvivalentsusfaktor *(Toxic Equivalency Factor)*
UNEP	Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni Keskkonnaprogramm *(United Nations Environment Programme)*
US EPA	Ameerika Ühendriikide Keskkonnaagentuur *(United States Environmental Protection Agency)*
WHO	Maailma Terviseorganisatsioon (*World Health Organization)*

1 EESSÕNA

Paratamatult on koos inimühiskonna arenguga kaasas käinud ka looduskeskkonna saastamine erinevate ühenditega. Kui 20. sajandi keskkonnakatastroofid tõid juba mitmed nendest ainetest globaalsesse fookusesse (laialdased raskmetallimürgistused Jaapanis), on üldine ohtlike ainete nimekiri iga aastaga aina kasvamas. Teadus- ja tehnoloogiaarengu tulemusena sünteesitakse pidevalt uusi orgaanilisi aineid, eesmärgiga anda erinevatele toodetele soovitud omadusi ning parandada selle kaudu igapäevast elukvaliteeti. Samas on siiani toimunud uute orgaaniliste ühendite kasutuselevõtt maailmas küllaltki vastutustundetult – uusi keemilisi ühendeid lubatakse turustada ja kasutada enne piisavate ökotoksikoloogiliste analüüside tegemist. See tähendab, et keskkonna ning inimeste tervise kaitsmine potentsiaalsete riskide eest ei ole toimunud mitte ennetavalt vaid tagantjärgi – üritades tegeleda tagajärgede ning juba tekkinud kahju limiteerimise ja likvideerimisega.

Eriti oluline on erinevate ohtlike ainete mõju veekeskkonnale – vesi on üldiselt kogu biosfääri aluseks ning lisaks ka keskkonnareostuse üks suurimaid laialikandjaid. Enamik ohtlike ainetega seotud keskkonnakatastroofidest on seotud just veega ning reostus võib näiteks jõge pidi kanduda algallikast väga kiiresti väga kaugele. Vesikeskkonda jõudvad ohtlikud ained akumuleeruvad nii erinevatesse veeorganismidesse (vetikad, mereannid, kalad) ning jõuavad sealt ka inimeste toidulauale. Lisaks võib pinnavesi infiltreeruda põhjavette ning ohustada ka meie joogiveevarusid, eriti lõhelise aluskivimiga regioonides (Pandivere kõrgustik).

Euroopa Liit on veepoliitika raamdirektiiviga (2000/60/EÜ) kehtestanud nimekirja ainetest, mille kontsentratsioone tuleb vesikeskkonnas seirata ning andnud neile ka piirväärtused, millele pinnaveekogud vastama peavad. Kokku on selles ohtlike ainete tabelis toodud välja 45 erinevat ohtlikku ainet või nende gruppi, lisaks on piirvääruste kehtestamisel aineid veidi täpsustatud ning keskkonnanormiga reguleeritud kokku 50 ainet. Direktiivi alusel peab iga liikmesriik kehtestama ka enda vesikonnaspetsiifiliste saasteainete nimekirja, kuhu 2020. aasta sügisel Eestis tehtud uuringu tulemusena peaks hetkel kuuluma 23 erinevat saasteainet.

Kõik veepoliitika raamdirektiivis toodud normid kehtivad pinnaveekogude kohta – joogivee ja põhjavee kaitseks on eraldi normid. Samamoodi on leitud vajadus eraldi reguleerida reo-, heit- ja sademevesi, mis võivad olla peamiseks ohtlike ainete vesikeskkonda jõudmise allikateks. Antud töö eesmärgiks on hinnata ohtlike ainete levikut Eesti reo- ja heitvees ning pakkuda välja võimalikud piirnormid nii veepoliitika raamdirektiivis toodud 50 ohtliku ühendi kui ka 23 vesikonnaspetsiifiliste saasteaine jaoks. Uuringu eesmärgiks on saavutada üldine Eesti veekeskkonna kaitsmine, piirates sealjuures minimaalselt ettevõtluse võimalusi, pigem toetades keskkonnasõbraliku tootmise juurdumist Eesti majanduskeskkonnas.

2 SISSEJUHATUS

Käesolev uuring on valmistatud Keskkonnaministeeriumi riigihanke tulemusena ning käsitleb reo- ja heitvees ohtlike ainete piirnormide ajakohastamist, et tagada pinna- ja põhjavee seisundi säilitamine ja parandamine. Uuringu tulemustest peavad võimaldama muuta kahte keskkonnaministri määrust:

- Keskkonnaministri 16.10.2003 määrus nr 75 „Nõuete kehtestamine ühiskanalisatsiooni juhitavate ohtlike ainete kohta“
- Keskkonnaministri 08.11.2019 määrus nr 61 „Nõuded reovee puhastamise ning heit-, sademe-, kaevandus-, karjääri- ja jahutusvee suublasse juhtimise kohta, nõuetele vastavuse hindamise meetmed ning saasteainesisalduse piirväärtused“

Määruses nr 75 on kehtestatud erinevate ohtlike ainete piirväärtused reovees, määruses 61 piirväärtused heitvees. Kuigi mõlemad määrused on olulised asulareovepuhastite jaoks ning peaksid tagama vesikeskkonna ohutuse, on määrustes käsitletud ohtlikud ained erinevad ning kooskõla nõrk. Kuna suur osa ohtlikke aineid pärinevad tööstusest, tuleb heitvees piirnormide täitmiseks reguleerida nende sisaldus ka üldkanalisatsiooni juhitavas tööstusreovees. Seetõttu on antud uuringu käigus vaadatud nii reo- kui heitvees vajalikke piirnorme lahutamatu komplektina.

Ohtlike ainete raames on oluline käsitleda nii Euroopa Liidu veepoliitika raamdirektiivi (2000/60/EÜ) ohtlike ainete nimekirja, kui sama määruse alusel koostatud Eesti vesikonnaspetsiifiliste saasteainete nimekirja, mille viimane versioon avaldati 2020. aasta augustis. Mõlema nimekirja puhul on antud konkreetsed piirnormid pinnaveekogudele ning vastavad piirnormid on koostatud võttes arvesse ainete liikuvust, ökotoksikoloogiliste testide tulemusi ning üldist keskkonnafooni. Reo- ja heitvee piirnormide kehtestamisel tuleb peaasjalikult arvesse võtta, et suublasse juhitud vesi ei ohustaks pinnaveekogu jaoks seatud piirnormide saavutamist.

Sellest tulenevalt on antud uuringus lähenetud heit- ja reovee piirnormide kehtestamisel derivatiivselt – pinnavee piirnormid võtavad arvesse ühendite toksilisust ja liikuvust ning on saadud põhjalike uuringute tulemusena; heit- ja reovee piirnormid peavad tagama, et pinnaveekogus ohtlike ühendite kontsentratsiooniga probleeme ei tekiks. Lisaks on uuringu käigus arvestatud järgnevate aspektidega:

- Ohtlike ainete veekeskkonna kvaliteedi piirväärtused;
- Reoveepuhastite ja tööstuste tehnoloogilised võimalused ohtliku aine heitme ohjamiseks;
- Iga konkreetse ohtliku aine ohtlikkuse tase;
- Iga konkreetse ohtlikku aine mõju veekeskkonnale ja inimese tervisele;
- Rahvusvaheline praktika;
- Keskkonnasõbraliku tootmise edendamise võimalused;
- Mõju ettevõtluskeskkonna konkurentsivõimele.

Uuringu lõpptulemusena esitatakse nimekiri ohtlikest ainetest, mille kogused peaksid heit- ja reovees olema piiratud arvestades iga konkreetse ohtlike aine kasutusulatust Eestis ning konkreetse aine ohtlikkuse taset inimesele ja veekeskkonnale. Nimekirjas on toodud ka iga ohtlikku aine soovitatav piirnorm nii reo- kui heitveele arvestades eelnevas loetelus toodud tingimustega.

Töö teostati kahes osas: 2020. aasta detsembris anti välja vahearuanne, kus olid välja pakutud ohtlike ainete esialgsed piirnormid heitveele; 2021. aasta novembriks on valminud lõpparuanne, mis sisaldab ka reoveele soovitatud uut arvutuslikku lähenemist ning piirnorme. Mitmeid eelnevas loetelus toodud

punktidest on hinnatud ühiselt reo- ja heitvee puhul ning nende hindamisel on kaasatud Keskkonnaministeeriumi poolt kokku kutsutud projektimeeskonda. Täpsemalt on iga eelpooltoodud punkti hindamist käsitletud järgnevas metoodika alapeatükis.

3 UURINGU METOODIKA

Uuringu teoreetilise osa ülesehitamisel kasutati peamiselt materjali EKUK-i poolt läbi viidud ohtlike ainete allikate inventuurist ning selle lisas olevatest materjalidest [1], samuti kasutati vesikonnaspetsiifiliste saasteainete hindamisel oluliselt KBFI 2020. aasta vesikonnaspetsiifiliste saasteainete nimistu ja piirväärtuste uuendamise uuringut [2]. Lõpparuande lisa A (eraldi failina) ongi nende kahe allika baasil üles ehitatud, et anda üldine kirjeldus erinevatest ainetest, mis piirväärtuste arutellu kuuluvad. Lisas A antakse ka üldine ülevaade tekkimisest, allikatest, ohtlikkusest ning mõjust nii vee- kui muule keskkonnale, kaasa arvatud erinevatele mudelorganismidele, millega hinnatakse ainete toksilist ja potentsiaalset mõju ka inimorganismile.

Rahvusvahelise praktika raames on antud aruandes pööratud põhiline rõhk Euroopa Liidu ning HELCOM-i erinevatele direktiividele ja soovitustele, mis on Läänemereregiooni põhilised keskkonnapoliitika kujundajad. Eraldi on lühidalt vaadeldud ka Soome ja Rootsi näiteid vastavate regulatsioonide rakendamisel, mis erinevad Eesti lähenemisest kardinaalselt. Aruandes on viidatud rahvusvahelise praktika ja seadusandluse alusel ka varasematele töödele, näiteks OÜ aqua consult balticu 2020. aastal koostatud uuringule ning teistele BEST projekti raames loodud publikatsioonidele [3].

Ohtlike ainete piirväärtusi teistes veekeskkondades (peamiselt pinnavees) on põhjalikult käsitletud peatükis 5 toodud Tabel 2 ning need on suures osas võetud aluseks heitvee piirnormide väljatöötamisel. Kuna nii direktiivis antud ohtlike ainete piirväärtused pinnavees kui KBFI antud uus vesikeskkonnaspetsiifiliste saasteainete nimistu tuginevad ökotoksikoloogilistele andmetele, uut toksilisuse hindamist heitvee piirnormide väljatöötamisel ei rakendatud.

Reovee piirnormide loomisel võeti aluseks Interreg Läänemere regiooni projekti BEST soovitused ning poliitikasõnumid. Sellest lähtuvalt töötati välja paindlik arvutuslik lähenemine reovee piirnormide osas, mis on aruandes ning lisas B põhjalikumalt välja toodud.

Reoveepuhastite võimalusi ohtliku aine heitme ohjamiseks analüüsiti nii eraldi vastavasisulises peatükis kui ka peatükis 5 toodud Tabel 2, kus alusena kasutati taas EKUK-i ohtlike ainete allikate inventuuri ning selle raames toodud Eesti reoveepuhastite seireandmeid. Kõige olulisema punktina vaadeldi ainete kõige kõrgemaid seire jooksul tuvastatud analüüsitulemusi, mis näitavad, kas ainetega on reoveepuhastuses probleeme. Peamiselt seireandmete alusel jaotati kõik uuritavad ained ja ühendid ka kategooriatesse (4 EL ainete ja 4 vesikonnaspetsiifiliste ainete kategooriat), mis võimaldas paremat ja ühtsemat lähenemist heitvee piirnormide väljatöötamisel. Vastavad kategooriad ja selgitused on esitatud vahearuande alapeatükkides 5.1 ja 5.2. Eraldi peatükis on välja toodud ka tehnoloogilised võimalused nii tööstusettevõtetele kui reoveepuhastitele ohtlike ainete heitme ohjamiseks.

Mõju ettevõtluskeskkonna konkurentsivõimele hinnati huvigruppidele suunatud tagasisideküsimustikuga.

4 RAHVUSVAHELINE PRAKTIKA

Üldiselt on Läänemereregioonis kaks suuremat keskkonnapoliitika kujundajat – Euroopa Liit ja HELCOM. Enamik veealasest seadusandlusest meie naaberriikides tuleneb otseselt kas vastavasisuliste direktiivide või soovituste tõlkimisest ja seadusandluses rakendamisest. Ohtlike ainete käsitlus tuleneb vee raamdirektiivist 2000/60/EÜ [4], üle-Euroopaliste ohtlike ainete keskkonnakvaliteedi määrad direktiivist 2013/39/EL [5] ja reo- ja heitvee kvaliteedinäitajad asulareovee puhastamise direktiivist 91/271/EMÜ [6]. Lisaks, on tööstusreovee ja -heitvee kvaliteedinäitajate ja nõuete kohta tööstusheidete komplekse vältimise ja kontrolli direktiiv 2010/75/EL [7]. Tööstusreovee ning üle 100 000 IE olmereoveepuhastite jaoks on oluline ka saasteainete heite- ja ülekanderegistri direktiiv EÜ 166/2006 [8], mille lisas 2 on toodud erinevate saasteainete aastased heitkogused, millest ületamisel on vajalik heitkogused raporteerida ja registrisse kanda.

Asulareovee direktiivis [6] on muuhulgas toodud välja, et tööstusreovett tuleb enne kogumissüsteemidesse ning asulareoveepuhastitesse laskmist nõuetekohaselt puhastada (eelpuhastus), et

- kaitsta kogumissüsteemide ja reoveepuhastites töötavate inimeste tervist;
- vältida kogumissüsteemide, reoveepuhastite ja nendega seotud seadmete kahjustamist;
- tagada, et tööstusreovesi ei häiri reoveepuhasti tööd ja reoveesette töötlemist;
- tagada, et reoveepuhastitest väljuv vesi ei kahjusta keskkonda ega suublaid sellisel määral, et need ei vasta enam teistele direktiividele;
- tagada, et reoveesetteid on võimalik kõrvaldada keskkonnaohutult.

HELCOM on olmereovee kohta andnud välja soovituse 28E/5 [9], tööstusreovee soovitused on vastavalt tööstuse iseloomule kaetud soovitustes 27/1 (tuhastamine) [10], 23/11 (kemikaalitööstus) [11], 23/9 (kivisöe koksimine) [12] ja 16/7 (nahatööstus) [13]. Eraldi on antud välja ka mitmeid soovitusi laevade, sadamate ja pilsiveega seonduvalt, mida antud alapeatükis ei kajastata.

Üldiselt on ohtlike ainete keskkonnamõju, sisaldused ja kontroll läbivalt sätestatud pinnavee kaudu, mõningate lenduvate ohtlike ühendite ning raskmetallide kohta on eraldi antud nõuded ka tööstusharuspetsiifiliselt. Olmereoveele ja -heitveele Euroopa Liidu direktiividest tulenevalt ega HELCOMi soovitustest tulenevalt ohtlike ainete piirmäärasid eraldi kohaldatud ei ole, kuid ka teistes liikmesriikides on veekasutuslubadesse aeg-ajalt lisatud erandeid, mis tulenevad enamasti heitvett vastuvõtvate veekogude monitooringuandmetest.

Näiteks on HELCOMi poolt välja antud soovituses 23/11 on toodud kemikaalitööstusest pärineva reo- või heitvee kvaliteedinäitajaid, kusjuures samade näitajatega käsitletakse nii olmereoveepuhasti üldkanalisatsiooni juhitavat tööstusreovett kui otse veekogusse juhitavat tööstusheitvett. Soovituses on antud järgmised piirangud:

- TOC ja KHT minimaalne ärastusefektiivsus ning piirväärtused;
- Fosfori ja lämmastiku piirväärtused;
- Adsorbeeriva orgaanilise halogeeni (AOX) piirväärtus 1,0 mg/l;
- Raskmetallide piirväärtused:
    - elavhõbe 0,05 mg/l; kaadmium 0,2 mg/l; vask 0,5 mg/l; nikkel 1,0 mg/l; plii 0,5 mg/l; kroom 0,5 mg/l (kroom VI 0,1 mg/l) ja tsink 2 mg/l
- Üldine toksilisus, kolmest võimalusest tuleb valida 2

- TU (*daphnia*, 48h) 8
- TU (*algae*, 72h) 16
- TU (*Vibrio fischeri*, 0,5h) 8

Täpsem ülevaade olulistest EL direktiividest ning Eesti kohalikust seadusandlusest reo- ja heitvee kohta on koostatud OÜ aqua consult baltic'u poolt Interregi Läänemere piirkonna programmi poolt rahastatud projekti BEST raames. Antud dokument on eestikeelselt kättesaadav Eesti Vee-ettevõtete Liidu kodulehel Teabepanga rubriigis (https://evel.ee/teabepank/toostusreovee-kaitlemine/toostusest-parineva-reovee-kaitlemise-juhend/) [3].

BEST projekti raames analüüsiti põhjalikumalt ka kogu Läänemereregiooni tööstusreovee käitlust, eri riikide peamisi probleeme ning anti põhjalikud soovitused nii tööstusettevõtetele, seadusandjatele, reoveepuhastitele kui keskkonnaametitele. Kui antud riigihanke raames on peamiselt tegeletud ohtlike ainete piirnormidega reovees, siis muud soovitused selle kohta, kuidas peaks olema üles ehitatud riigi, tööstusettevõtete ning reoveepuhastite omavaheline suhe, on põhjalikult analüüsitud just sealsetes materjalides. Mitmeid, nii kohalike kui naaberriikide ekspertide soovitusi, on arvesse võetud ka antud riigihanke raames, mõnda olulisemat on erinevates peatükkides ka tsiteeritud. Kõik BEST projekti vastavasisulised materjalid on eelpooltoodud lingil eestikeelsena kättesaadavad, antud aruandes on põhjalikumalt välja toodud vaid meie kahe eeskujulikuma naaberriigi, Soome ja Rootsi praktika tööstusreovee piirnormide osas.

4.1. Naaberriikide näited – Soome ja Rootsi

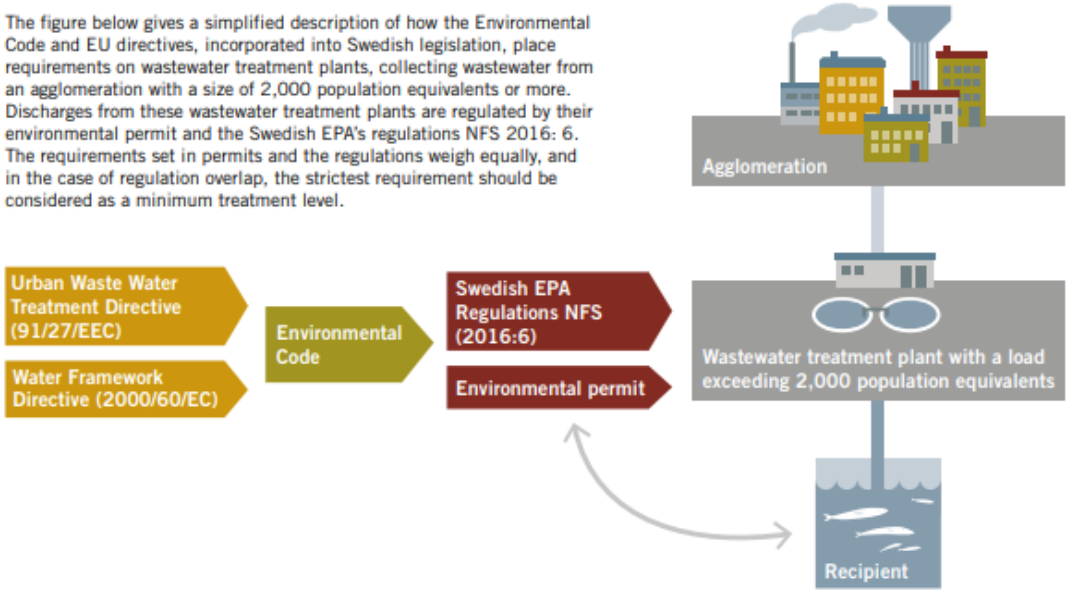
Vaadates lähemalt meie naaberriikide praktikat on ka näiteks Soomes reo- ja heitvee ohtlike ainete piirnormide kehtestamisel peamiselt lähtutud HELCOMi tööstusreovee soovitustest ning igale suuremale olmereoveepuhastile on veekasutusloas sätestatud eraldi suurused [14], mis on esitatud Tabel 1. Võrreldes ka tööstusreovee soovitustega, rakendatakse aeg-ajalt kohaspetsiifiliselt ka leevendusi. Enamike raskmetallide puhul on heitveele piirnormid oluliselt leebemad joogivee piirnormidest, vaid vase puhul on piirnorm mõnes reoveepuhastis kuni 4x karmim (0.5 mg/l kõige madalam rakendatud piirnorm).

Üldiselt ei ole Soomes heitveele kogu vee raamdirektiivis toodud ohtlike ainete nimekirja eraldi piirväärtustega kohaldatud. Samuti ei ole heitveele eraldi toodud vesikonnaspetsiifiliste saasteainete piirväärtusi (2018. aasta seisuga 15 Soomes reglementeeritud 15 vesikonnaspetsiifilist saasteainet) [14]. Lähtutud on sealjuures põhimõttest, et ohtlikud ained satuvad reoveepuhastitesse peamiselt tööstustest, mistõttu on sarnaselt EL ja HELCOM-i soovitustele reguleeritud erinevate tööstuste väljavoolud, sealjuures täpne regulatsioon on sätestatud konkreetses veeloas.

Sarnaselt Soomele toimub ka Rootsis peamine regulatsioon veelubade arvelt (Joonis 1) [15]. Üldistest parameetritest on heitveele määratud vaid lämmastiku ja bioloogilise hapnikutarbe (BHT_7) piirväärtused. Kõik ülejäänud piirväärtused, sealhulgas fosfori oma, määratakse konkreetses veeloas, võttes aluseks vastuvõtva veekogu kvaliteedi ja monitooringuandmed. Sama kohaldatakse ka erinevate ohtlike ainete puhul, kus reoveepuhastile kohaldatavad nõuded tuletatakse otseselt tuginedes veekogu üldisele kvaliteediseisundile ning vee raamdirektiivis sätestatud pinnavee piirväärtustele. Tööstusreovesi ja -heitvesi, samuti olenemata, kas vesi läheb olmereoveepuhasti üldkanalisatsiooni või otse veekokku, on reguleeritud vastavalt tööstusheidete direktiivile (2010/75/EL) [7].

Tabel 1. Soome suuremate reoveepuhastite heitvee piirnormid võrreldes HELCOMi tööstusreovee ja Soome joogivee piirnormidega (HSY – Helsinki Regional Environmental Services Authority) [14]

Substance / Property	HELCOM*	HSY [1]	Lahti*	Turku [2]	Vaasa [3]	Kymi [4]	Min	Max	Drinking water [5]
Arsenic (As)	0.3**	0.1	0.1	0.1		0.1	0.1	0.3	0.01
Mercury (Hg)	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.001
Silver, (Ag)		0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	
Cadmium (Cd)	0.2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.2	0.005
Total chromium (Cr)	0.5 [0.7*]	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	
Chromium VI (Cr^{6+})	0.1 [0.2*]	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.05
Copper (Cu)	0.5	2.0	2.0	2.0	1.5	0.5	0.5	2.0	2.0
Lead (Pb)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.01
Nickel (Ni)	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5	0.5	1.0	0.02
Zinc (Zn)	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	
pH		6-11	6-11	6-11	6-11	6-9	6	11	6.5–9.5
Temperature (°C)		40	40	40	40	30	30	40	
Solids		300–500							
Total cyanide	0.2*	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.5	0.05
Fats			150	150		100	100	150	
Mineral oils / total hydrocarbon concentration		100	200	100	200	100	100	200	



Joonis 1. Rootsi reoveepuhastitele rakendav skeem, veeloa täpsemad nõuded olenevad vastuvõtvast veekogust [15]

5 HEITVEE PIIRNORMID

5.1. EL-ülesed ohtlikud ained

Uuringu käigus kõrvutati EKUK-i ohtlike ainete inventuuri [1] tulemusi erinevate piirnormidega, mis hetkel pinnaveekogudele kehtivad. Kõige olulisemate parameetritena vaadeldi iga ohtliku aine puhul selle määramise sagedust reo- ja heitveeproovidest ning kõige kõrgemaid tulemusi, mida ohtliku aine puhul heit- ja reoveest aastate 2013-2017 jooksul määratud oli. Kuna nende ainete puhul on tegemist üle-Euroopalise ainete loeteluga, on nende hulgas päris palju aineid, millel Eestis tööstuses kasutust ei ole ning vesikeskkonnas seega ka probleem puudub. Täpsemalt jaotati EKUK-i ohtlike ainete inventuuri baasil EL-ülesed ained nelja erinevasse kategooriasse, mille alusel läheneti ka nendele heitvee piirnormide kehtestamise puhul veidi erinevalt:

A. Ained, mida reoveesektorist pole kordagi tuvastatud
   - Kokku 13 ainet (alakloor, atrasiin, klorofenvinfoss, kloropürifoss, tsüklodieenpestitsiidid (aldriin, dieldriin, endriin, isodriin), heksaklorobutadieen, pentaklorobenseen, simasiin, trifluraliin, aklonifeen, bifenoks, tsübutriin, diklorofoss).
   - Nende ainete puhul ei ole Eestis hetkel tegelikku vajadust regulatsiooniks, võimalusel võiks vältida nende ainete kasutusele võttu Eesti tööstussektoris.
   - Potentsiaalsete tulevikuprobleemide vältimiseks, võib piirmäära siiski kehtestada (kui kasutus tekib, on vaja seaduslikku alust selle kontrollimiseks), sellisel juhul võiks piirnorm olla ühildatud pinnavee piirnormiga.
     - Kokkuvõtlikus tabelis on piirnormina kirja pandud hetkel pinnavees kehtiv maksimaalne lubatud kontsentratsioon

B. Ained, mida reoveesektorist on tuvastatud, aga alati alla praeguse piirnormi
   - Kokku 28 ainet (antratseen, benseen, kaadmium ja selle ühendid, süsniktetrakloriid, kloroalkaanid C10-C13, DDT kokku, 1,2-dikloroetaan, diklorometaan, diuroon, endosulfaan, heksaklorobenseen, heksaklorotsükloheksaan, isoproturoon, plii ja selle ühendid, naftaleen, nikkel ja selle ühendid, nonüülfenoolid, oktüüfenoolid, pentaklorofenool, tetrakloroetüleen, trikloroetüleen, triklorobenseenid, dikofool, perfluorooktaansulfoonhape ja selle derivaadid (PFOS), kinoksüfeen, tsüpermentriin, heptakloor ja heptakloorepoksiid, terbutriin).
   - Algselt oli siia kategooriasse loetud ka diklorometaan (kloroform), kuid Keskkonnaministeeriumi poolt kokku kutsutud töögrupi esimesel koosolekul toodi välja hiljutine probleem ainega, mis on tekkinud seoses COVID-19 ülemaailmse pandeemiaga. Töögrupis toodi välja, et tööstused kasutavad väidetavalt klooriühendeid desinfitseerimisel ning sellest tulenevalt on tekkinud probleeme kloroformi piirnormi täitmisel. Antud uuringus hinnati seetõttu aine ümber kategooriasse D.
   - Lisaks loeti algselt siia kategooriasse sisse ka elavhõbe ja selle ühendid, mille piirnormi kohta esitati töögrupi koosolekul samuti täpsustavaid küsimusi. Sellest tingituna muutus vajalikuks elavhõbeda piirnormi täpsem ülevaatamine ning aine hinnati ümber kategooriasse D.

- Täna kehtivad piirväärtused enamasti samad, mis pinnavees ning nende saavutamisega pole seireandmetele tuginedes olnud kordagi probleeme
- Probleem võib tekkida selles kategoorias 7 ainega (kloroalkaanid C10-C13, endosulfaan, heksaklorotsükloheksaan, nonüülfenoolid, dikofool, PFOS, kinoksüfeen), mis Euroopa Liidu veepoliitika raamdirektiivi alusel on loetud eriti kõrge ohuga aineteks. Kuna nendele ainetel kehtib hetkel heitvees piirnormina määramispiir, võib olenevalt kasutatavate metoodikate täpsusest tekkida probleem ka looduskeskkonna jaoks ohutute kogustega. Kuna pinnavee piirnormides on neile antud arvulised väärtused, ei tohiks olla heitvee piirnormid pinnavee omadest karmimad. Sellest tulenevalt soovitame nende ainete puhul kasutusele võtta määramispiiri asemel ikkagi pinnavee kehtiva piirnormi.
    - Vajadusel võib kaaluda ohtlike prioriteetsete ainete puhul heitmete kõrgema maksustamise, et vältida potentsiaalselt heitvee normi leevendamisega kaasnevat negatiivset keskkonnamõju. Hetkel nende ainete puhul heitvees ohtlike ainete inventuuri alusel ühtegi tulemust üle määramispiiri pole tuvastatud.
- Uuringu läbiviinud töögrupp ei näe piirnormide leevendamisega kaasnevaid positiivseid mõjusid, arvestades, et kõik Eesti tööstus- ja puhastustehnoloogiad suudavad saavutada hetkel kehtiva piirmäära taseme ning olla sealjuures konkurentsivõimelised. Piirnormide leevendamine võib kaasa tuua suurema ohtlike ainete eritamise, kuna olemasolevaid puhastustehnoloogiaid saab kulude kokkuhoiu eesmärgil peatada või odavamalt opereerida, mis ei edenda keskkonnateadlikku tegevust ning -sõbralikku tootmist.
    - Kokkuvõtlikus tabelis on piirnormina kirja pandud hetkel pinnavees kehtiv maksimaalne lubatud kontsentratsioon, mis nende ühendite puhul on mõistlik ning ettevõtlusele lisapiiranguid ei sea. 7 eelpoolmainitud aine puhul on pinnavee piirnormi rakendamine hoopis leevendusmeetmeks.

C. Ained, mille mõõdetud kontsentratsioonid ületavad piirmäära – määramispiiri
    - Kokku 3 ainet (bromodifenüüleetrid, di (2-etüülheksüül)ftalaat (DEHP), heksabromotsüklodekaanid)
    - Sarnaselt eelmises alakategoorias toodud selgitusele on taaskord tegemist ohtlike prioriteetsete ainetega, seetõttu on hetkel kehtivas heitvee määruses rakendatud nendele piirnormina määramispiiri (kasutatud on lühendit AP, mis viitaks avastamispiirile, kuid määruses on märgitud selle tähenduseks määramispiir, tegemist võib olla ka eksimusega hetkel kehtivas määruses). Sellega on kehtiv heitvee piirnorm oluliselt karmim pinnavee piirnormist.
    - Piirnormi muutmisel pinnaveega võrdseks võib esineda ületamisi DEHP-i puhul, kuid tegemist peaks olema harva juhtumiga. Kuna tegemist on eriti ohtlike prioriteetsete ainetega, mille puhul peaks toimuma ka üldise kasutuse oluline vähendamine, ei saa piirnorme rohkem oluliselt leevendada. Rohkem tuleb tegeleda sellega, et vähendada nende kasutust ja allikaid.

D. Ained, mille mõõdetud kontsentratsioonid ületavad piirmäära (v.a määramispiir) või on seotud muu probleemi või küsimusega

- Kokku 6 ainet (fluoranteen, elavhõbe ja selle ühendid, polüaromaatsed süsivesinikud (PAH), tributüültina ühendid, trikloрometaan (kloroform), dioksiinid ja dioksiinisarnased ühendid)
- Selles kategoorias on nii aineid, 1) mille korral on hetkel mõõdetud piirmäärade ületamist; 2) mida heitvees pole reguleeritud; 3) mille konkreetne määratlus ja sinna sisse arvestatavate ühendite arv ei ole päris selge; 4) millele heitvees piirnormi seadmine või täpsemad piirmäära väärtused on küsitavad.
- Kõik ained vajavad põhjalikumat käsitlust, et leida sobilikud piirnormid heitveele.

5.2. Vesikonnaspetsiifilised saasteained

Nagu ka varasemalt mainitud, on Eesti vesikonnaspetsiifilised saasteained alles hiljuti üle vaadatud ning muudetud – uute SPETS ainete tabel avaldati 31. augustil KBFI aruandes. Kokku on vesikonnaspetsiifiliste saasteainete tabelis toodud 32 sissekannet, sealjuures 9 sissekannet tähistavad aineid, mis varasemalt küll loeti vesikonnaspetsiifiliseks saasteaineks, kuid soovitatakse nüüd välja arvata. Raporti lõpptulemusena on sätestatud seega 23 Eesti vesikondade jaoks olulise saasteaine piirmäärad pinnavees, mis on saadud ainete liikuvust ja toksilisest hinnates. Samad ühendid on olnud enamjaolt juba pikemalt ka riiklikult läbiviidud monitooringu osaks ning leidsid kajastust ka EKUK-i ohtlike ainete inventuuris 2013-2017 [1]. Heitvee jaoks ainete piirnormide kehtestamiseks on lähtutud peamiselt nende kasutusest, levikust ja kõrgeimatest heitvees määratud kontsentratsioonidest. Kuna suur osa SPETS ainetest on seotud põllumajandusega, uuriti seni mõõdetud andmete alusel, kui suur on nende ainete heitvette sattumise potentsiaal. Kuna heitvee piirnormide paika panemiseks on vaja kasutada erinevaid metoodilisi lähenemisi, jagati taaskord ühendid 4 kategooria vahel:

E. Taimekaitsevahendid
   - Kokku 7 ainet (glüfosaat, MCPA, metasakloor, tebukonasool, spiroksamiin, mankotseen, AMPA).
   - Nendest nelja (MCPA, metasakloor, spiroksamiin, mankotseeb) pole kordagi regulaarse seire puhul heitveest tuvastatud.
   - Kolme aine puhul (glüfosaat, tebukonasool, AMPA) on heitveest tuvastatud madalaid kontsentratsioone, mis on sinna sattunud tõenäoliselt sademeveega.
   - Hetkel ei ole need ained heitvees piirnormidega reguleeritud, kuna muudest sektoritest tulenevate heitkogustega võrreldes peaks reoveesektori osakaal nende ainete levikus olema ebaoluline.
   - SPETS ainete nimekirja lisati terve taimekaitsevahendite osa alles 2015. aastal tehtud ülevaatusel [16].

F. Ained, mille kõik monitooringutulemused heitvees on alla praeguse piirnormi
   - Kokku 5 ainet või rühma (arseen ja selle ühendid, kroom ja selle ühendid, kroom VI, naftasaadused (C10-C40 süsivesinikud), fluoriidid)
   - Kõigi puhul on olemas kehtiv heitvee piirnorm, mille saavutamisega pole ühtegi probleemi seireandmetest tulenevalt tuvastatud
   - Võrreldes uute KBFI raportis pakutud pinnavee piirnormidega, on hetkel kehtivad heitvee piirnormid 2-10 korda leebemad.

G. Ained, mille mõõdetud kontsentratsioonid ületavad heitvee praeguseid piirnorme
    - Kokku 3 ainerühma (baarium ja selle ühendid, tsink ja selle ühendid, vask ja selle ühendid)
        - Vask ja selle ühendid on olnud varasemalt problemaatilised, kuigi seireandmetes piirnormide ületamist ei näidata. Siiski on tegemist problemaatilise grupiga, mis vajab samuti erilähenemist.
    - Vajavad ainerühma spetsiifilist lähenemist, et hinnata kehtivate piirnormide sobivust ning võimalike leevendusmeetmeid

H. Ained (v.a taimekaitsevahendid), mille puhul on heitvee piirnormid kehtestatud teiste mõõteprintsiipide alusel (peamiselt aromaatsed ühendid)
    - Kokku 8 ainet (fenool, o-kresool, m/p-kresool, 2,3-dimetüülfenool, 2,6-dimetüülfenool, 3,4-dimetüülfenool, 3,5-dimetüülfenool, resortsinool).
    - Heitvees sätestatud summaarselt kas ühe- või kahealuseliste fenoolidena
        - Pinnavees muudeti grupina määramine ära indikaatorainete põhiseks 2015. aasta SPETS ainete ülevaatuse tulemusena [16], kusjuures ühealuseliste fenoolide senist piimäära peeti ebamõistlikult karmiks.
        - Eelpooltoodud nimekirjast on kahealuseline fenool ainult resortsinool, teised ühendid on ühealuselised fenoolid.
        - Probleem võib tulla ka määramismetoodikatest, kuid EKUK-i andmetel mõõdetakse tänasel päeval kõiki ühendeid üksikühenditena ning heitvee piirväärtuseks liidetakse summana kokku
    - Töörühma ettepanek on kaaluda, kas sisuliselt on vajalik siinkohal piirnormide muutmine summaarsetest suurustest üksikühendite peale. Kui suurt sisulist muutust see kaasa ei too, võib töörühma arvates jätkata tänase regulatsiooniga. Kuigi ühealuseliste fenoolide senine piirmäär võib olla karm, on tegemist tööstussaastega, mille puhul toimub reoveepuhastusprotessi käigus juba oluline lahjenemine. Seetõttu tuleks pigem karmistada vastuvõetava reovee kontrolli, kui muuta heitvee piirnorme.

5.3. Heitvee piirnormide ettepanek

Nii EL ainete kui vesikonnaspetsiifiliste saasteainete praegused pinnavee piirväärtused (suurima lubatud kontsentratsiooni baasil), kehtivad heitvee piirväärtused, uued heitvee piirväärtused ning EKUK-i ohtlike ainete inventuurist (2013-2017) [1] tulenevad maksimaalsed mõõdetud kontsentratsioonid on toodud Tabel 2. Suuremad muudatused töös on erinevate värvidega rõhutatud, kollane näitab aineid, kus muudeti piirnorm määramispiirilt pinnavee piirväärtusega võrdseks, oranžiga muud suuremad kaalutluskohad ja muudatused. Lühikene seletus muudatuste põhjuste kohta on toodud tabeli kõige parempoolses veerus, põhjalikumad seletused on toodud järgmises alapeatükis.

Tabel 2. EL-üleste ja vesikonnaspetsiifiliste saasteainete uute heitvee piirväärtuste ettepanekud

#	Nimetus	Pinnavee piirväärtus [µg/L]	Kehtiv heitvee piirväärtus [µg/L]	Uus heitvee piirväärtus [µg/L]	Heitveest määratud maksimaaltulemus [µg/L]	Muudatuse põhjus
1	**Alakloor**	0,7	0,7	**0,7**	Pole tuvastatud	(0) Muudatus puudub, piirnormi saavutamisega pole probleeme.
2	**Antratseen**	0,1	0,1	**0,1**	0,022	(0)
3	**Atrasiin**	2	2	**2**	Pole tuvastatud	(0)
4	**Benseen**	50	50	**50**	Pole tuvastatud	(0)
5	**Bromodifenüüleetrid**	0,14	AP	**0,14**	0,000544	(1) Peamiselt tegeleb Eestis analüüsidega EKUK, kelle masinapargi võimekus ning analüüsitäpsus on pidevalt paranenud. Tänaseks on enamike ühendite määramispiirid nii madalad, et heitveele rakenduvad sellest tulenevalt ebamõistlikud piirangud.
6	**Kaadmium ja selle ühendid**	≤ 0,45 (klass 1) kuni 1,5 (klass 5)	5	**5**	0,18	(0)
6a	**Süsiniktetrakloriid**	12	12	**12**	Pole tuvastatud	(0)
7	**Kloroalkaanid, C10-13**	1,4	AP	**1,4**	Pole tuvastatud	(1)
8	**Klorofenvinfoss**	0,3	0,3	**0,3**	Pole tuvastatud	(0)
9	**Kloropürifoss (etüülkloropürifoss)**	0,1	0,1	**0,1**	Pole tuvastatud	(0)
9a	**Tsüklodieenpestitsiidid: (aldriin, dieldriin, endriin, isodriin)**	Σ = 0,01	0,01	**0,01**	Pole tuvastatud	(0)
9b	**DDT kokku**	0,025	0,025	**0,025**	Pole tuvastatud	(0)
10	**1,2-dikloroetaan**	10	10	**10**	Pole tuvastatud	(0)

#	Nimetus	Pinnavee piirväärtus [µg/L]	Kehtiv heitvee piirväärtus [µg/L]	Uus heitvee piirväärtus [µg/L]	Heitveest määratud maksimaaltulemus [µg/L]	Muudatuse põhjus
11	**diklorometaan**	20	20	**20**	1	(0)
12	**di(2-etüül-heksüül)ftalaat (DEHP)**	1,3	AP	**1,3**	1,3	(1) Piirnormi võrdsustamisel pinnavee omaga võivad jätkuda selle ületused. Heitveest on aine leidmise sagedus 25%. Samas on aine kasutus alates 2015. aastast väga reguleeritud.
13	**Diuroon**	1,8	1,8	**1,8**	0,112	(0)
14	**Endosulfaan**	0,01	AP	**0,01**	Pole tuvastatud	(1)
15	**Fluoranteen**	0,12	-	**-**	0,016	Märgsadenev aine, praegu piirnorm kehtestamata. Tekib mittetäieliku põlemise, sealhulgas metsatulekahjude käigus. Heitvees üle määramise 3%, kõik madalad. Heitvees piirnormi kehtestamine ei ole eesmärgipärane.
16	**Heksaklorobenseen**	0,05	0,05	**0,05**	Pole tuvastatud	(0)
17	**Heksakloro-butadieen**	0,6	AP	**0,6**	Pole tuvastatud	(1)
18	**Heksaklorotsüklohek-saan**	0,04	AP	**0,04**	Pole tuvastatud	(1)
19	**Isoproturoon**	1,0	1	**1**	0,011	(0)
20	**Plii ja selle ühendid**	14	14	**14**	1,3	(0)
21	**Elavhõbe ja selle ühendid**	0,07	1	**1**	0,037	Piirnorm on välja töötatud arvestades rahvusvahelist praktikat ja ühendi toksilisust.
22	**Naftaleen**	130	130	**130**	0,023	(0)
23	**Nikkel ja selle ühendid**	34	34	**34**	5,6	(0)
24	**Nonüülfenoolid**	2,0	AP	**2,0**	Pole tuvastatud	(1)

#	Nimetus	Pinnavee piirväärtus [µg/L]	Kehtiv heitvee piirväärtus [µg/L]	Uus heitvee piirväärtus [µg/L]	Heitveest määratud maksimaaltulemus [µg/L]	Muudatuse põhjus
25	**Oktüülfenoolid**	0,1	0,1	**0,1**	0,039	(0)
26	**Pentaklorobenseen**	0,007	AP	**0,007**	Pole tuvastatud	(1)
27	**Pentaklorofenool**	1	1	**1**	Pole tuvastatud	(0)
28	**Polüaromaatsed süsivesinikud (PAH)**	ei kohaldata		**0,27**	Pole tuvastatud	Mitte ühtegi PAH-I pole EKUKi ohtlike ainete inventuuri alusel heitveest aastatel 2013-2018 tuvastatud. Mitmetes kohtades kasutatakse PAH-ide detekteerimisel indikaatorainena ainult benso(a)püreeni, mida võiks teha ka heitvee korral. Samas tõi EKUK välja, et PAH-e analüüsitakse multimeetodil, mis nagunii kõik vastavad ühendid määrab. Seetõttu soovitame küll üldiselt jätakata PAH-ide reguleerimist peamiselt läbi indikaatoraine benso(a)püreen, kuid vajadusel rakendada teiste PAH-ide pinnavee piirväärtusi, kui selleks on tungiv vajadus suublaseirest lähtuvalt.
	Benso(a)püreen	0,27	0,27		Pole tuvastatud	
	Benso(b)fluoranteen	0,017	0,017	**ei kohaldata**	Pole tuvastatud	
	Benso(k)fluoranteen	0,017	0,017	**ei kohaldata**	Pole tuvastatud	
	Besno(g,h,i)perüleen	$8{,}2 \times 10^{-3}$	0,0082	**ei kohaldata**	Pole tuvastatud	
	indeno(1,2,3-cd)püreen	ei kohaldata	-	**ei kohaldata**	Pole tuvastatud	
29	**Simasiin**	4	4	**4**	Pole tuvastatud	(0)
29a	**Tetrakloroetüleen**	10	10	**10**	1,6	(0)
29b	**Trikloroetüleen**	10	10	**10**	0,85	(0)
30	**Tributüültina ühendid**	0,0015	AP	**0,0015**	Pole tuvastatud	Nii erinevates seirearuannetes kui mujal öeldud, et indikaatorainena määratakse ainult tributüültina katiooni, muud ühendid ei ole olulised. Hetkel on määruses sõnastus, et TBT katiooni määratakse "sealhulgas ka". Määruses on kasutatud vee raamdirektiivi sõnastust, kuid seda võiks täpsustada. Tegelikult määratakse ainult katiooni, sest see annab kõigi tributüültina ühendite summaarse sisalduse.
31	**Triklorobenseenid**	0,4	0,4	**0,4**	Pole tuvastatud	(0)

#	Nimetus	Pinnavee piirväärtus [µg/L]	Kehtiv heitvee piirväärtus [µg/L]	Uus heitvee piirväärtus [µg/L]	Heitveest määratud maksimaaltulemus [µg/L]	Muudatuse põhjus
32	**Trikloрometaan (kloroform)**	2,5	2,5	**2,5**	1	Seminaril toodi välja COVID-19 pideva desinfitseerimise tõttu tekkiv kloroform tööstusreovees. EKUKi hinnangul ei kasutata desinfitseerimisel nii suuri koguseid klooriühendeid, probleem tekib pigem pleegitamisprotsesside käigus.
33	**Trifluraliin**	0,03	AP	**0,03**	Pole tuvastatud	(1)
34	**Dikofool**	$1{,}3 \times 10^{-3}$	AP	**$1{,}3 \times 10^{-3}$**	Pole tuvastatud	(1)
35	**Perfluorooktaansulfoonhape ja selle derivaadid (PFOS)**	36	AP	**36**	Pole tuvastatud	(1)
36	**Kinoksüfeen**	2,7	AP	**2,7**	Pole tuvastatud	(1)
37	**Dioksiinid ja dioksiinisarnased ühendid**	ei kohaldata	0,04	**ei kohaldata**	Pole tuvastatud	Hetkel määruses dioksiinid löödud lahku mitmeteks ühenditeks, kuid neid ei ole heitveest tuvastatud. Ainete kasutamine on keelatud, võivad tekkida mittetäieliku põlemise käigus. Reo- ja heitvette saavad sattuda ainult märgsadenemise alusel, sarnaselt fluoroanteenile. Kuna reoveepuhasti territooriumil toimuvat märgsadenemist ei saa kontrollida, soovitame sarnaselt fluoroanteenile lõpetada dioksiinide reguleerimine heitvees piirnormiga. Kontroll peab ka edaspidi toimuma pigem tööstusliku atmosfääriheite alusel.
38	**Aklonifeen**	0,12	0,12	**0,12**	Pole tuvastatud	(0)
39	**Bifenoks**	0,04	0,04	**0,04**	Pole tuvastatud	(0)
40	**Tsübutriin**	0,016	0,016	**0,016**	Pole tuvastatud	(0)
41	**Tsüpermetriin**	6×10^{-4}	0,0006	**0,0006**	Pole tuvastatud	(0)
42	**Diklorofoss**	7×10^{-4}	0,0007	**0,0007**	Pole tuvastatud	(0)

#	Nimetus	Pinnavee piirväärtus [µg/L]	Kehtiv heitvee piirväärtus [µg/L]	Uus heitvee piirväärtus [µg/L]	Heitveest määratud maksimaaltulemus [µg/L]	Muudatuse põhjus
43	**Heksabromotsüklododekaanid (HBCDD)**	0,5	AP	**0,5**	0,018	(1)
44	**Heptakloor ja heptakloorepoksiid**	3×10^{-4}	0,03	**0,03**	Pole tuvastatud	(0)
45	**Terbutriin**	0,34	0,34	**0,34**	0,077	(0)
46	**Arseen ja selle ühendid**	10	10	**10**	0,67	(0)
47	**Baarium ja selle ühendid**	115	100	**ei kohaldata**	150	Erinevalt teistest metalliühenditest on baarium ainus, mille kehtiv heitvee piirnorm on karmim pinnavee omast. Tegemist pole ei kantserogeeni ega bioakumuleeriva ainega. Pseudokirchneriella subcapitata/72-h NOEC ≥ 1,15 mg Ba (lahustunud)/l; Täheldatud on ka baariumi kõrgendatud fooni paljudes põhjavetes, mis mõjutab otseselt ka reo- ja heitvette jõudvaid koguseid. Rahvusvaheline praktika näitab, et teised naaberriigid baariumit heitvees ei reguleeri, sellest tulenevalt on ettepanek baarium arvata kohaldusalast välja.
48	**Kroom ja selle ühendid**	4,7	50	**50**	5,3	(0)
49	**Kroom VI**	3,4	PUUDUB	**PUUDUB**	Pole tuvastatud	Kroom VI on võimalikuks lisakontrolliks, kui piirväärtuseid ületatakse.

#	Nimetus	Pinnavee piirväärtus [µg/L]	Kehtiv heitvee piirväärtus [µg/L]	Uus heitvee piirväärtus [µg/L]	Heitveest määratud maksimaaltulemus [µg/L]	Muudatuse põhjus
50	**Tsink ja selle ühendid**	10,9	50	**200**	68	Pinnavee piirnormi aluseks on PNEC magevees, mis ei arvesta tegelikke interaktsioone karedas ning orgaanikarikkas vees (kuni 10x madalam toksilisus). Heitvee piirnormi aluseks võeti ka rahvusvaheline praktika (oluliselt leebem). Tsink ja vask on ka olulised mikroelemendid, koormus tuleneb ka kodumajapidamistest, nii fekaalse reostusega kui sademeveega. Võrreldes oluliselt toksilisemate kaadmiumi ja elavhõbedaga, on hetkel kehtivad heitvee piirnormid ebamõistlikult karmid.
51	**Vask ja selle ühendid**	7,8	15	**50**	5,8	Piirnorm on välja töödeldud arvestades rahvusvahelist praktikat, ühendi madalat toksilisust looduslikes vetes ning ühendi suurt koormust kodumajapidamistest. Kaalutlus sama, mis tsingi puhul, otsus tehtud KeM-i kokkukutsutud töörühmas.
52	**Fenool**	7,7	Ühealuselised fenoolid 100 µg/l	**Ühealuselised fenoolid 100 µg/l***	32	Määrusesse soovitatakse lahti kirjutada, et ühealuseliste fenoolide summana määratakse vastavad 7 ainet. Piirväärtuse numbriline väärtus on hetkel jäetud samaks. EKUK on soovitanud kehtestada täpsemad summa arvutamise reeglid või minna täielikult üle üksikühendite baasil reguleerimisele. Töörühm leiab, et kui selleks nähtakse sisulist vajadust, võib seda teha, võttes üle sealjuures pinnavee kehtivad piirnormid üksikühenditele.
53	**o-kresool**	100			1,9	
54	**m/p-kresool**				220	
55	**2,3-dimetüülfenool**	10,8			2,1	
56	**2,6-dimetüülfenool**				6,7	
57	**3,4-dimetüülfenool**				1,6	
58	**3,5-dimetüülfenool**				0,9	
59	**Resortsinool**	17,2	Kahealuselised fenoolid 15 000 µg/l	**Kahealuselised fenoolid 15 000 µg/l***	6,2	Määrusesse soovitatakse lahti kirjutada, et kahealuseliste fenoolide indikaatorina on vajalik vaid resortsinooi määramine. Piirväärtuse numbriline väärtus on jäetud samaks.

#	Nimetus	Pinnavee piirväärtus [µg/L]	Kehtiv heitvee piirväärtus [µg/L]	Uus heitvee piirväärtus [µg/L]	Heitveest määratud maksimaaltulemus [µg/L]	Muudatuse põhjus
60	**Naftasaadused (C10-C40 süsivesinikud)**	100	1000	**1000**	35	Heitvees on tegemist kõigile väljalaskmetele kohandatava üldanalüüsiga. Kuna tegemist on levinud metoodikaga paljudes laborites, ei ole põhjust heitvees ühendite rühma lahti lüüa.
61	**Fluoriidid**	1500	1500	**1500**	800	Praeguses määruses on probleem fluoriidide piirväärtuse ühikuga (1,5 mg/L). Soovitame kõik piirväärtused kehtestada sama ühikuga (µg/L).
62	**Glüfosaat**	56	PUUDUB	**ei kohaldata**	0,776	Hetkel heitvee määruses taimekaitsevahendid piirväärtusega reglementeeritud ei ole. Heitvee piirväärtuse asemel tuleb reguleerida taimekaitsevahendite kasutust, mitte nende hajusheidet. Heitvees on üksikuid ühendeid leitud, peamiselt aga väga väikestes kogustes.
63	**MCPA**	0,5	PUUDUB		Pole tuvastatud	
64	**Metasakloor**	0,08	PUUDUB		Pole tuvastatud	
65	**Tebukonasool**	1	PUUDUB		0,054	
66	**Spiroksamiin**	0,06	PUUDUB		Pole tuvastatud	
67	**Mankotseeb (ditiokarbamiidid väljendatud CS2-na)**	0,22	PUUDUB		Pole tuvastatud	
68	**AMPA**	540	PUUDUB		3,44	

5.4. Piirnormide seletused

Nagu varasemalt mainitud, vajasid mitmed ained ja rühmad spetsiifilisemat lähenemist sobivate piirnormide leidmiseks. Vastavalt peatükkides 5.1 ja 5.2 toodud kategooriatele, keskenduti uuringu esimeses etapis 11 erinevale ühendile või nende rühmale, mille puhul tuli kas seireandmetest, allikate analüüsist või ministeeriumi kokkukutsutud töörühma seminarilt esile probleeme. Nendeks olid 6 ainet kategoorias D (fluoranteen, PAH-id, tributüültina ühendid, triklorometaan (kloroform), dioksiinid ja dioksiinisarnased ühendid ja elavhõbe ja selle ühendid), 3 ainerühma kategoorias G (baarium, tsink ja vask ning nende ühendid) ning eraldi kategooriaks E loetud taimekaitsevahendid ja kategooriaks H loetud fenoolsed ühendid. Kõik vastavad muutused ja seletused on lühendatud kujul toodud ka Tabel 2.

1. **Fluoranteen**
    - Tegemist on lenduva ühendiga, mis peamiselt levib õhu kaudu. Reo- ja heitvette satub peamiselt sadenedes ning sellest tulenevalt on ka praegu kehtivas määruses ainele piirnorm kehtestamata.
    - Aine tekib nii põletusseadmetes mittetäiliku põlemise kui ka looduslikult näiteks metsatulekahjude tõttu.
    - Kuna reoveepuhastil pole võimalik selle aine saaste vähendamisega tegeleda (ainult hajusallikad), pole piirnormi kehtestamine eesmärgipärane. Fluoranteeni keskkonda jõudvate kontsentratsioonide vähendamisega saab tegeleda vaid põletusseadmeid kasutavate tööstuste kontrollimisel.

2. **Polüaromaatsed süsivesinikud (PAH)**
    - Sarnaselt fluoranteenile tekivad erinevad PAH-id peamiselt mittetäiliku põlemise käigus, samas reo- ja heitvette võivad nad sattuda ka tööstusreoveest ning teistest punktallikatest.
    - EL direktiivis 2013/39/EL [5] on viidatud, et benso(a)püreeni võib pidada muude polütsükliliste aromaatsete süsivesinike markeriks.
    - 2013-2017 EKUK-i seireandmete alusel pole ühtegi viiest analüüsitud PAH-ist heitvees tuvastatud. Samas tõi EKUK välja, et PAH-e analüüsitakse multimeetodil, mis nagunii kõik vastavad ühendid määrab. Seetõttu soovitame küll üldiselt jätakata PAH-ide reguleerimist peamiselt läbi indikaatoraine benso(a)püreen, kuid vajadusel rakendada teiste PAH-ide pinnavee piirväärtusi, kui selleks on tungiv vajadus suublaseirest lähtuvalt.

3. **Tributüültina ühendid**
    - Siinkohal soovib töörühm muuta ainult määruses toodud sõnastust. Hetkel on joonealuse märkusena kirjas, et tributüültina ühendite juures määratakse „sealhulgas tributüültina-katioon (CASi nr 36643-28–4)“. Sarnane sõnastus on ka veepoliitika raamdirektiivis.
    - Seireraportitele tuginedes näitab tributüültina katiooni analüüs kõigi erinevate tributüültina ühendite summat ning ainult seega praktikas ainult seda määrataksegi. Ka määruses tuleks täpsustada sõnastust vastavalt „määratakse tributüültina-katioonina (CASi nr 36643-28–4)“.

- Töörühm leiab, et täpsustus on oluline just selle tõttu, et seiratakse ka teisi vähemohtlike orgaanilisi tinaühendeid (6 erinevat ühendirühma). Praeguse sõnastuse alusel võib jääda segaseks, milliseid neist piirnormiga reguleeritud on. Eelpooltoodud täpsustus aitab määruse tõlgendamist ühtlustada.

4. **Triklorometaan (kloroform)**
    - Kuigi seireandmetele tuginedes ei ole näha kloroformi puhul piirnormide ületust, toodi töögrupiga peetud seminaril välja võimalik probleem seoses COVID-19 epideemiaga. Väidetavalt võib kloroformi piirnormiga olla probleeme, kuna klooriühendeid kastutatakse desifintseerimisel ning kloroform võib tekkida vaba kloori reageerimisel orgaaniliste ühenditega ning jääda ka piirnormi ületavates kogustes sisse heitvette.
    - EKUKi andmetel võib kloroformi ületus tekkida pigem pleegitamistehnoloogiate rakendamisel tööstusest. Desifintseerimiseks kasutatava kloori kogused on oluliselt väiksemad ning ei saa olla piirnormi ületamise põhjuseks.
    - TÜ töörühm leidis, et tegemist on tööstusest tuleneva probleemiga, mida peaks lahendama reovee piirnormide läbi. Üldiselt tuleb tööstusest saaste tekkimist vältida ning rakendada parimat võimalikku tehnoloogiat. Triklorometaani üldise heitnormi leevendamiseks põhjust ei nähta.

5. **Dioksiinid ja dioksiinisarnased ühendid**
    - Hetkel kehtivas määruses on heitvees piirnormiga reguleeritud kokku 12 erinevat dioksiinisarnast ühendit, seireuuringutes on kokku määratud aga lausa 36 erinevat ühendit.
    - Sarnaselt fluoroanteenile ning PAH-idele, tekivad dioksiinid mittetäieliku põlemise käigus, reoveepuhastisse satuvad peamiselt sadenemise teel, hajusatest allikatest.
    - Heitvees ei ole perioodil 2013-2017 tuvastatud ei ühtegi 12 reguleeritud dioksiinist ega kokku 36 seires määratud sama rühma ühendist. Märgsadenevate ainete puhul ei ole reoveepuhastil võimalik mõjutada nende ainete sattumist heitvette, seetõttu tuleks lõpetada ka nende piirväärtustega reguleerimine. Ained peaksid jääma üldisesse seire- ja monitooringukavasse, kuid mitte heitvee kontrollitavaks piirväärtuseks.

6. **Elavhõbe ja selle ühendid**
    - TÜ töörühma algne ettepanek oli elavhõbeda piirnormi mitte muuta. Samas toodi ministeeriumi poolt kokku kutsutud töögrupi koosolekul välja, et elavhõbeda täna kehtiv heitvee piirnorm on oluliselt kõrgem pinnavee piirnormist ning sooviti saada seletust.
    - Juba samal koosolekul jõuti järeldusele, et heitvee piirnorm on võetud võrdseks joogivee piirnormiga ning üldiselt võib probleeme tekitada, kui heitveele kohandatud nõuded on joogivee omadest karmimad. Samas toodi ka välja, et pinnavee maatriksis võivad olla efektid loodusele oluliselt suuremad kui joogivees ning sellest tulenevalt tuleks täpsemalt hinnata vastavaid mõjusid.
    - Koostöös KeM-i juhitud töögrupiga otsustasti elavhõbeda piirnormi heitvees hetkel mitte muuta. Kuigi kehtiv piirnorm on oluliselt kõrgem pinnavee piirnormist, tuleb muutmist alustada hetkel kehtivast joogivee piirnormist, sest heitveelt ei saa nõuda ranemaid väärtusi kui joogiveelt.

7. Baarium ja selle ühendid

- Erinevalt teistest metalliühenditest on baarium ainus, mille kehtiv heitvee piirnorm on karmim pinnavee omast. Mõned monitooringute käigus heitvees mõõdetud tulemused ületavad praegust piirnormi. Täheldatud on ka baariumi kõrgendatud fooni paljudes põhjavetes, mis mõjutab otseselt ka reo- ja heitvette jõudvaid koguseid. Üldiselt ei ole nii karmi piirnormi rakendamine seletatud.
- Tegemist pole ei kantserogeeni ega bioakumuleeriva ainega. *Pseudokirchneriella subcapitata*/72-h NOEC ≥ 1,15 mg Ba (lahustunud)/l.
- Koostöös KeM-i juhitud töögrupiga otsustasti soovitada baariumile heitvee piirnormi mitte kehtestada. Tegemist ei ole kõrge keskkonnaohuga ainega ning tihti tuleneb kõrgendatud baariumisisaldus hoopis põhjaveest või looduskeskkonnast endast.

8. Tsink ja selle ühendid

- Tsingi heitvee piirnormi täitmine on hetkel reoveepuhastite jaoks üks suurimaid probleeme, maksimaalsed seiretulemused heitvees on kuni 68 µg/l. Samas juba kehtiv piirnorm 5x leebem pinnavee omast ning KBFI raportis näidatakse magevee PNEC-i väärtusena 10,9 µg/l. Kuna tsink ei ole reguleeritud joogivees piirväärtusega, põhjavee künnisarvuna on sätestatud 50 µg/l ning piirarv on 5000 µg/l on võimalus, et tsingi puhul on rakendatud ebamõistlikult karme nõudeid. Vaadates ka HELCOM-i, Soome ja Rootsi praktikat, on kõige karmima nõudena rakendatud 2000 µg/l, mis Eesti kehtivast heitvee piirnormist on 40x leebem.
- Tsingi toksilisus vesikeskkonnas võib olla oluliselt mõjutatud ka üldisest maatriksist ning näiteks vee pH väärtusest [17]. Seetõttu vajavad ka siiani kasutatud tsingi toksilisuse hinnangud põhjalikumat ülevaatamist. Sama on võimalik näha ka võrreldes tsingi ja vase piirväärtusi kehtivate kaadmiumi ja elavhõbeda piirväärtustega nii pinnavees kui heitvees. Kaadmiumi ja elavhõbeda toksilisus on oluliselt kõrgem kui teistel raskmetallidel, kuid vesikonnaspetsiifiliste saasteainete hinnangu tulemustest see erinevus nii selgelt ei avaldu.
- Koostöös KeM-i juhitud töögrupiga otsustati tsingi piirnormi oluliselt tõsta, seda nii tsingi tegeliku madala toksilisuse tõttu looduslikes veekogudes, kõrge koormuse tõttu olmereovees ning naaberriikide oluliselt leebema praktika tõttu.

9. Vask ja selle ühendid

- 2013-2017 seireandmete alusel ei ole vasesisalduse piirnormi saavutamisega heitvees üldiselt probleeme, samas tõi ministeeriumi poolt kokku kutsutud töörühm välja, et nende enda tehtud analüüsides on vase piirnormi ületatud. Seetõttu võeti ka vase piirnorm spetsiifilisema tähelepanu alla.
- Sarnaselt tsingi ja baariumiga on vase praegune piirnorm heitvees väga karm, isegi võrreldes joogivee (2000 µg/l) ja põhjavee (1000 µg/l) piirmäära ja -arvuga. Oluliselt leebem on ka rahvusvaheline praktika (kõige karmim norm 500 µg/l). Kuna Eesti piirmäär tugineb vase toksilisusele magevees, on ka siin vaja toksilise andmed põhjalikult üle vaadata ning ühtlasi analüüsida teisi parameetreid, mis toksilisust mõjutavad (näiteks orgaanilise aine sisaldus [18]).

- Koostöös KeM-i juhitud töögrupiga otsustati vase piirnormi tõsta, seda nii vase tegeliku madala toksilisuse tõttu looduslikes veekogudes, kõrge koormuse tõttu olmereovees ning naaberriikide oluliselt leebema praktika tõttu.

10. Ühe- ja kahealuselised fenoolid

- Hetkel on heitvees nii ühe- kui kahealuselised fenoolid reguleeritud rühmadena. Pinnavees on nende piirnormid aga löödud ühendipõhiselt lahti – ühealuseliste fenoolide asemel määratakse seitset erinevat fenoolset ühendit, kahealuseliste fenoolide indikaatorina määratakse resortsinooli.
- Koostöös KeM-i juhitud töögrupiga ei nähtud hetkel sisulist vajadust piirnormide ja lähenemist muutmiseks. Määrusesse soovitatakse täpsustavalt vaid lahti kirjutada, et ühealuseliste fenoolide summana määratakse vastavaid 7 ainet ning kahealuseliste fenoolide indikaatorina on vajalik vaid resortsinooli määramine. EKUK on välja toonud ka vajaduse täpsema arvutuskäigu selgitamiseks, eriti olukorras, kus mõni liidetavatest ainetest on üle avastamispiiri, kuid mitte üle määramispiiri.
- Suurema arutluse tulemusena leiab töörühm, et vajadusel võib kaaluda üleminekut ka üksikühendite baasil reguleerimisele, kui see muudab piirnormid selgemaks. Sellisel juhul soovitame üle võtta pinnavee kehtivad piirnormid üksikühenditele. Samas kordame, et suuremat sisulist põhjust muutuse jaoks ei leitud.

11. Taimekaitsevahendid

- Heitvees ei ole hetkel taimekaitsevahendite sisaldus piirnormidega reguleeritud.
- Taimekaitsevahendid satuvad reo- ja heitvette peamiselt sademeveega. Kuna reoveepuhastitel puudub võimalus kontrollida nende ainetega saastumist (liiga hajusad allikad), ei ole põhjendatud nende ainete korral ka piirmäärade rakendamine heitveele. Taimekaitsevahendite pinnaveekogudesse sattumise vähendamiseks tuleb tegeleda teistes sektorites, näiteks põllumajandus ja linnahaljastus, mis annab võimaluse vähendada reaalseid tekkeallikaid.

6 REOVEE PIIRNORMID

Rahvusvahelise seadusandluse alusel on vaja Eesti riigil tagada pinnaveekogude hea seisund ning vältida nendesse ohtlikke ainete jõudmist. Seetõttu on ka reovees ohtlikele ainetele piirnormide sätestamisel lähtuda just 2013/39/EL direktiivist ning viimasest Eesti vesikonnaspetsiifiliste saasteainete nimekirja versioonist (august 2020). Mõlema nimekirja puhul on antud konkreetsed piirnormid pinnaveekogudele ning vastavad piirnormid on koostatud võttes arvesse ainete liikuvust, ökotoksikoloogiliste testide tulemusi ning üldist keskkonnafooni. Reo- ja heitvee piirnormide kehtestamisel tuleb peaasjalikult arvesse võtta, et suublasse juhitud vesi ei ohustaks pinnaveekogu jaoks seatud piirnormide saavutamist.

Kokku on nii heit- kui reovee puhul normid sätestada plaanis 78 erinevale ainele või nende rühmale. Oluline on siinkohal mainida, et terve uue nimekirja määramist ei ole ei reoveepuhastitele ega töötusettevõtetele plaanis kohustuslikuks teha. Varasemat süsteemi, kus vee erikasutusloas on välja toodud täpsem antud ettevõtte/piirkonna jaoks oluliste ainete nimekiri, on plaanis sarnasel kujul edasi kasutada. Konkreetselt veeloas sätestatud ohtlikud ained peaksid tulenema nii tööstusprotsessis kasutatavatest toorainetest ja kemikaalidest ning üldisest tööstusalast kui ka pideva riikliku suublaseire käigus avastatud potentsiaalsetest probleemikohtadest.

Eelnevas peatükis on välja toodud heitveele riigihanke raames väljatöötatud konkreetsed piirnormid, mis suuremas osas ühtivad eelnevate piirnormidega. Mitmete ohtlike ainete puhul tehti võrreldes varasemaga mõningasi leevendusi. Heitvee piirnormide aluseks oli juba varasemalt EL veepoliitika raamdirektiiv ning pinnaveekogudele seatud nõuded, uued väljapakutud piirnormid seda põhialust ei muuda.

Ühiskanalisatsiooni juhitavas reovees olevate ohtlike ainete piirnormide puhul ei ole varasemalt nii konkreetset alust võimalik näidata – määrust ei ole ka pärast 2003. aastat muudetud. Kuna tegemist on olmereoveepuhastite sisendiga, on antud riigihanke raames töötatud välja uus lähenemismeetod piirväärtuste seadmiseks. Tegemist on väga paindliku meetodiga, kus piirnormid saadakse arvutuslikult sõltuvalt konkreetse olmereoveepuhasti üldisest koormusest. Olmereoveepuhasti on võetud fookuseks järgnevatel põhjustel:

- Ühiskanalisatsiooni juhitavas reovees sisalduvad ohtlikud ained ei ole otseselt piirnormidega reguleeritud üheski EL õigusaktis;
- Kogu ühiskanalisatsiooni juhitav reovesi läbib olmereoveepuhasti – ohtlikud ained, mis puhastusprotsessi jooksul ei lagune ega jää settesse, väljuvad olmereoveepuhastist heitvee koostises;
- Olmereoveepuhasti heitveele on seatud täpsemad normid, mis tulenevad otseselt EL veepoliitika raamdirektiivis pinnaveekogudele sätestatud nõuete täitmisest;
- Olmereoveepuhasti settele on erinevate kasutusvõimalust jaoks samuti sätestatud osalised piirmäärad.

Sellest tulenevalt on kõige olulisem tagada, et olmereoveepuhasti heitvette ega settesse ei jõua liiga kõrgel määral ohtlikke aineid ning mõistlik on seada piirid ka üldkanalisatsiooni jõudva reovee puhul just olmereoveepuhastist lähtuvalt. Kuna olmereoveepuhastid ning nendesse jõudev ohtlike ainete koormus ja kontsentratsioon on aga piirkonniti väga erinevad, peab selline lähenemine olema kõrge

paindlikkusega ning võimaldama olukorraspetsiifilist lähenemist. Selle tõttu pakutakse riigihanke raames välja võimalik uus arvutuslik lähenemine ühiskanalisatsiooni juhitavale tööstusreoveele ohtlike ainete piirnormide sätestamiseks, mis oleneb vastuvõtvast olmereoveepuhastist.

Uus arvutuslik lähenemine on üldjoontes jagatud kaheks – esimesega neist on arvutatud üldised piirmäärad, mis näitavad kõige rangemaid nõudeid; teisega on võimalik arvutada vastavalt reoveepuhasti koormusele ning keskmistele mõõdetud tulemustele erandlikult kõrgemad väärtused üksikutele toksikantidele. Esimese, nii-nimetatud primaarse lähenemisega leitud „rangeimad võimalikud piirväärtused“ näitavad, millest madalamate ohtlike ainete kontsentratsioone ei tohiks olmereoveepuhastid tööstustele kehtestada. Kuna lisaks ohtlikele ainetele, võib tööstusreovee ühiskanalisatsiooni juhtimisel olla probleemiks ka muud näitajad (KHT, BHT, üldlämmastik, üldfosfor, pH, sulfiidid jms), ei tähenda alla rangeimate võimalike piirväärtuste ohtlike ainete kontsentratsioonid samas automaatselt, et asulareoveepuhasti peab tööstusreovett vastu võtma. Teine, nii-nimetatud erandlik lähenemine, annab võimaluse asulareoveepuhastil arvutada enda jaoks ohutust koormusest lähtudes võimalikud ohtliku aine kontsentratsioonid, millega saab samal ajal siiski tagada heitvee piirnormide korrektse täitmise. Erandlik lähenemine on seetõttu veidi keerulisem, võttes arvesse üldist tööstusreovee kogust asulareovee koguhulgaga võrreldes ning vajab iga olulisema ohtliku aine jaoks eraldi arvutusi.

Mõlema uue lähenemise üks põhilisi alustalasid on nn „jaotuskoefitsendid“, mis iseloomustavad suurusjärguliselt, kuidas konkreetne ohtlik aine reoveepuhastis liigub. Kõrgemad jaotuskoefitsendi väärtused näitavad, et ohtlik aine osaliselt lagundatakse või akumuleeritakse settes. Jaotuskoefitsendi vaikimisi väärtus on 1, mis tähendab, et olulist lagunemist või akumuleerimist pole tuvastatud. Vaikimisi väärtust on kasutatud mitmete eriti ohtlike veepoliitika raamdirektiivis välja toodud prioriteetsete ainete puhul (antratseen, DEHP jt). Teised jaotuskoefitsendid on EKUK 2013-2017 veekeskkonna seireandmete alusel arvutatud kordajad, mis lähtudes reaalsetest mõõteandmetest hindavad, kuidas vastavad ohtlikud ained Eesti tingimustes liiguvad.

Mitmete ohtlike ainete puhul on antud ka kaks jaotuskoefitsenti väärtust, suurem neist näitab eeldatavad maksimaalset koefitsienti heitvee seisukohast, mis aga settekäitluse jaoks on problemaatiline. Madalama ehk soovitusliku väärtuse kasutamine on seega settekäitluse seisukohast soovitatav, kuid vajadusel on võimalik kasutada kõrgemaid väärtuse kahe koefitsiendi vahelt. Kui mõni olmereoveepuhasti hakkab lähitulevikus setet pürolüüsima või tuhastama, võib ta oma arvutustest lähtuda täielikult kõrgematest koefitsientidest, teiste settekäitlusmeetodite puhul tuleks aga soovituslikust kõrgemaid väärtusi kasutada vaid üksikutel erandjuhtudel.

Jaotuskoefitsentid võiksid kuuluda uue perioodi seireandmete lisandumisel ka ülevaatamisele ja korrigeerimisele iga 4-5 aasta tagant. Arvutuste lihtsamaks kasutamiseks on reovee arvutusliku lähenemise kohta koostatud ka Exceli’i keskkonnas tööriist, mis võimaldab järgnevalt toodud lähenemisi kasutada ilma ise arvutusi tegemata (lõpparuande lisa B, aruandest eraldiseisva failina).

Arvutusliku lähenemise kohta on koostatud ka üldine blokkskeem (Lisa C), mille eesmärgiks on lihtsustada täpsema arvutusmetoodika valimist ning üldiselt uue arvutusliku lähenemise kasutamist. Blokkskeem esindab arvutusliku lähenemise peamist mõttekäiku, kuid ei pruugi hõlmata kõiki võimalusi. Reovee piirnormide arvutusliku lähenemise blokkskeem on lõpparuandele lisatud eraldi failina.

6.1. Primaarne lähenemine

Primaarse lähenemise puhul arvutatakse välja reoveepuhasti suurust arvestades (varufaktor) keskmine toksikandi kontsentratsioon kogu siseneva veehulga peale kokku. Kui reaalne mõõdetud keskmine kontsentratsioon jääb alla arvutusliku keskmise, ei tohiks olla puhastil probleeme heitvee piirväärtuste saavutamisega. Samuti saab sellisel juhul osaliselt vältida sette rikastumist raskmetallide ja orgaaniliste saasteainetega, kuid kuna ravimijäägid ning mitmed teised peenkemikaalid ei kuulu antud nimekirja, ei pruugi ka töödeldud reoveesete täielikult keskkonnale ohutu olla.

Primaarse lähenemise põhivalemi järgi arvutatakse välja igale ohtlikule ainele spetsiifiline maksimaalne keskmine kontsentratsioon reovees:

$$c_{i,\,MAX} \geq c_{heit,\,piir} \times jaotuskoefitsent \times varufaktor$$

Sealjuures:

- jaotuskoefitsent valitakse antud riigihanke raames tehtud tabeli järgi (väärtused varieeruvad 1-20 (erandjuhtudel kuni 100));
- varufaktor oleneb reoveepuhastist ning varieerub 0,75 ja 0,5 vahel (väiksematel reoveepuhastitel, näiteks alla 10 000 või 20 000 IE soovitatud kasutada 0,5, kuna löökkoormuse mõju võib olla kõrge);
- $c_{i,MAX}$ väärtus ei saa olla kunagi väiksem kui heitvee piirväärtus, kui arvutusvalemi tulemus on sellest madalam, kasutatakse arvutusliku tulemuse asemel heitvee piirväärtust otse (enamasti väga ohtlike ainete puhul).

Üldiselt on soovitav tööstusreovett vastu võttes lähtuda primaarse lähenemisega välja arvutatud maksimaalsetest keskmistes kontsentratsioonidest ($c_{i,MAX}$). Kui kontsentratsioonid tööstusreovees ei ületa vastavat väärtust, peaks puhasti jaoks heitvee piirväärtuse saavutamine olema peaaegu garanteeritud. Primaarse lähenemise puhul ei teki probleeme ka olukorras, kus ühisveevärgiga soovib liituda mõni uus tootmisettevõte. Kui kõigile tööstusele rakendatakse sama normi ning sissetulevates reovetes jääb toksikandi kontsentratsioon alla $c_{i,MAX}$ ei saa ükski klient ka konkurentsieelist.

Samas võivad antud väärtused ja sellest tulenevad piirnormid olla kohati liiga ranged, mistõttu on vajalik anda reoveepuhastitele võimalus teha konkreetseid erandeid.

6.2. Erandlik lähenemine

Kuna kõigis ühiskanalisatsiooniga liituvates reoveevoogudes ei ole ohtlike ainete kontsentratsiooni võrdsed, võib tegelikult üksiku tööstusreovee vooga sissetulev reostus oluliselt reoveepuhastis lahjeneda. Kuigi sihipärane lahjendamine ei tohi kunagi olla reoveekäitluses kasutatav meetod, toimub ühiskanalisatsioonis tööstusreovee ja olmereovee segunemisel iseeneslik lahjenemine. Eeldades, et paljud ohtlikest ainetest tulevad spetsiifiliselt tööstusest, võib nende kontsentratsioonid olmereovees lugeda väga madalaks (või lausa nulliks). Sellest tulenevalt võib erandlikult mõne tööstusreoveevooga tulla puhastisse sisse oluliselt kõrgem ohtliku aine kontsentratsioon, kuid üldise lahjendusfaktori tõttu ei ületa sissevoolus mõõdetud keskmised kontsentratsioonid primaarses lähenemises arvutatuid. Asula-reoveepuhasti saab seega vajadusel teha tööstuste jaoks erandeid kogu vastuvõetud ohtliku aine koor-

musest lähtuvalt ning sätestada kindlatele ettevõtetele ühiskanalisatsiooni jõudva reovee jaoks erandlikult kõrgemad piirmäärad. Erandid on soovituslikult tähtajalised ning erandlikult kõrgemate kontsentratsioonidega reovee vastuvõtmise puhul on soovitatav reoveepuhastil rakendada ka kõrgemaid tariife. Antud lähenemine on kooskõlas rahvusvahelise „saastaja maksab" põhiprintsiibiga.

Selleks, et kehtestada erandid olmereoveepuhasti jaoks ohutult (jäädes alla heitvee piirnormide) on vajalik kõigepealt määrata keskmises sisendreovees (soovituslikult 24h keskmistatud proov) toksikantide keskmine sisaldus. Samuti võib analüüsida kõiki sisenevaid peamisi voogusid ning kasutada keskmise kontsentratsiooni arvutamiseks alljärgnevat valemit:

$$c_{i,T} \geq \frac{\sum(c_{i,1} \times Q_1)(c_{i,2} \times Q_2) \dots (c_{i,n} \times Q_n)}{Q_T}$$

Kus:

- $c_{i,T}$ on toksikant i tegelik keskmine sissetulev kontsentratsioon;
- $c_{i,n}$ on toksikant i kontsentratsioon igas vastuvõetavas reoveevoos (n);
- Q_n on vastava reoveevoo (n) vooluhulk;
- Q_T on kogu vastuvõetav vooluhulk.

Igasuguste erandite kehtestamise aluseks on see, et välja arvutatud keskmine sissetulev toksikandi kontsentratsioon on primaarse lähenemisega arvutatud maksimaalsest keskmisest kontsentratsioonist:

$$c_{i,T} \leq c_{i,MAX}$$

Uuele arvutuslikule lähenemisele ülemineku puhul võib hetkel keskmine soovitatud kontsentratsioon olla juba ületatud, sest uued madalamad piirmäärad ei ole veel tootmisettevõtetele rakendatud. Sellisel juhul võib tulevaste erandite arvutamisel kasutada $c_{i,T}$ väärtusena keskmist toksikandi kontsentratsiooni tavapärases olmereovees. Vastavad, EKUK 2014-2017 seireuuringu alusel toodud väärtused on eraldi veeruna kajastatud ka Tabel 3. Olmereovee keskmise kasutamine on soovitatav ka olukorras, kus antud ohtlikku ainet varasemalt tööstusreoveega sisse pole tulnud. Lõpparuandega kaasnevas lisas B on olmereovee keskmise kasutamine toodud eraldi välja kui erandliku lähenemise variant A. Reaalselt mõõdetud või arvutatud keskmise sissetuleva kontsentratsiooni kasutamine on excel'i tööriistas käsitletud kui variant B.

Olenemata kumba väärtust $c_{i,T}$-na kasutatakse, on arvutuse põhivalem sama. Võrreldes primaarse lähenemisega, on valemisse lisatud juurde ka nn „lahjendusfaktor" (Q_T/Q_n):

$$c_{i,erand} \leq \frac{\left(c_{i,MAX} - c_{i,T}\right) \times Q_T}{Q_n} + c_{i,T}$$

või

$$c_{i,erand} \leq \left(c_{i,MAX} - c_{i,T}\right) \times lahjendusfaktor + c_{i,T}$$

Kus:

- $c_{i,erand}$ näitab erandina kehtestatud toksikandi kontsentratsiooni;
- $c_{i,T}$ võib vastavalt lähenemisele olla nii:

  - variant A – toksikant i keskmine kontsentratsioon olmereovees (väärtused Tabel 3);
  - variant B – toksikant i tegelik keskmine kontsentratsioon sissevoolus (mõõdetud või arvutuslik);
- $c_{i,MAX}$ on toksikandispetsiifiline maksimaalne keskmine kontsentratsioon reovees, mida arvutatakse priimaarse lähenemisega (väärtused Tabel 3);
- Q_n on vastava reoveevoo (n) vooluhulk;
- Q_T on kogu vastuvõetav vooluhulk;
- Lahjendusfaktor on eelnevate vooluhulkade suhe (Q_T/Q_n). Lahjendusfaktorit võib saab arvutada ka protsentuaalsest reoveehulgast, kasutades protsendi pöördväärtust (5% ehk 5/100 annab lahjendusfaktoriks 100/5 ehk 20).

Oluline on meeles pidada, et erandliku lähenemist kasutades ei tohi seada teistele ettevõtetele ebaausaid eeliseid või piiranguid. Seega on soovitatav silmas pidada järgnevaid põhimõtteid:

- Samas tööstussektoris tegutsevatele ettevõtetele peaksid kehtima võrdsed piirnormid ja erandid, et vältida ebaausa konkurentsieelise tekkimist. Erisust ei tohiks teha ka muude piirangutega, näiteks koguselimiitide või muude kvaliteedinäitajate poolest.
- Uue tootmisettevõtte liitumisel ühiskanalisatsiooniga tuleb eelnevalt antud erandid, mis puudutavad samu ohtlike aineid, üle vaadata. Soovitatavalt on kõigile tootmisettevõtetele kehtestatud samad erandlikud piirväärtused, mille arvutamisel kasutatakse kõigi relevantsete reoveevoogude summaarset vooluhulka lahjendusfaktori arvutamisel (Q_n).
- Erandliku lähenemise arvutatud piirmäärad on seatud tähtajaliselt (soovituslikult näiteks 5 aastat), mille järgselt tuleb erandi andmist uuesti hinnata. Erandlikult sätestatud kõrgem piirmäär tööstusettevõttele võiks anda neile signaali, et võimaluse korral tuleks tööstusheitme vähendamisega lähiaastate jooksul tegeleda.
- Kõik erandliku lähenemisega seotud põhimõtted ja piirmäärad peaksid olema sätestatud tootmisettevõtte ja olmereoveepuhasti omavahelises lepingus, kuhu on lisatud ka tähtajad ning erandi andmise ülevaatamisega seotud tingimused.

6.3. Arvutusliku lähenemise näide – benseen

Uue lähenemise näitlikustamiseks on veidi lähemalt vaadeldud ühe olmereoveepuhasti näitel benseeni voogusid ühiskanalisatsiooni liituvates reovetes. Benseeni heitvee kehtiv piirväärtus on 50 µg/l ning seda ei ole plaanis uuendada. Benseenile on tabelis välja pakutud väga lai jaotuskoefitsentide vahemik (10 -100), kuna benseen on suures osas reovees lagunev ning väikses osas settesse akumuleeruv. Kasutades jaotuskoefitsenti 10 peaks olema problemaatiline settesse akumuleerumine välistatud, jaotuskoefitsendi väärtusel 100 võib settesse jõuda ohtlik kogus benseeni, kuid heitvees piirväärtust ei ületata. Reoveepuhasti võib ise teha oma settekasutust arvestades otsuse, millist jaotuskoefitsenti kasutada soovitakse, arvestades, et vastuvõetud lisakoormus omab otsest mõju reoveepuhasti töödeldud reoveesette kvaliteedile. Maksimaalseid jaotuskoefitsente ei soovitata kasutada, tegemist on pigem informatiivse väärtusega, mis näitab kui kõrgele jaotuskoefitsenti tõsta on võimalik.

Kasutades primaarse lähenemise valemit, on võimalik välja arvutada benseeni maksimaalne piirväärtus sissetulevas keskmistatud reovees (varufaktorina kasutatud suuremaid reoveepuhasteid iseloomustavat 0,75):

$$c_{i,\,MAX} \geq c_{heit,\,piir} \times jaotuskoefitsent \times varufaktor$$

$$c_{benseen,\,MAX} \geq 50\ \mu g/l \times 10 \times 0{,}75$$

$$c_{benseen,\,MAX} \geq 375\ \mu g/l$$

Antud jaotuskoefitsentide vahemiku korral oleks maksimaalne keskmine benseeni kontsentratsioon reovees vahemikus 375 – 3750 µg/l, olenevalt edasisest settekäitlusest.

Eeldusel, et benseeni varasemalt reoveepuhastisse ei jõua võib kasutada erandliku lähenemise varianti A ning olmereovee keskmist benseeni kontsentratsiooni 0,5 µg/l. Kui olmereoveepuhastisse siseneb kõrgema benseenisisaldusega reovett ligikaudu 5% kogureoveehulgast (lahjendusfaktor selle pöördväärtusena seega 20), kasutame erandliku kontsentratsiooni arvutamiseks eelpooltoodud valemit lahjendusfaktoriga valemit:

$$c_{i,erand} \leq \left(c_{i,MAX} - c_{i,T}\right) \times lahjendusfaktor + c_{i,T}$$

$$c_{benseen,erand} \leq (375 - 0{,}5) \times 20 + 0{,}5$$

$$c_{benseen,erand} \leq 7490.5\ \mu g/l$$

Olukorras, kus olmereoveepuhasti teenindab suurt hulka erinevaid tööstusi ning on nõus potentsiaalselt madalama kvaliteediga reoveesettega, on võimalik näiteks kasutada jaotuskoefitsendina ka väärtust 20, mille puhul:

$$c_{benseen,\,MAX} \geq 50\ \mu g/l \times \mathbf{20} \times 0{,}75$$

$$c_{benseen,\,MAX} \geq 750\ \mu g/l$$

$$c_{benseen,erand} \leq (\mathbf{750} - 0{,}5) \times 20 + 0{,}5$$

$$c_{benseen,erand} \leq 14\,990{,}5\ \mu g/l$$

Eelmised kaks arvutust eeldasid, et benseeni varasemalt reoveepuhastisse sisse ei tule või kõigile sissetulevatele voogudele kehtestati sama erand. Vaatame üle ka olukorra, kus puhastisse soovib liituda uus tööstus, kelle reovesi sisaldab samuti benseeni. Kuna olmereoveepuhasti keskmistatud sissevoolus on mõõdetud benseeni kontsentratsiooniks juba 400 µg/l, on puhasti otsustanud kasutada jaotuskoefitsenti 20. Uue tööstusreovee kogukoormus puhastisse oleks näiteks 4% (lahjenduskordaja 25):

$$c_{benseen,\,MAX} \geq 50\ \mu g/l \times \mathbf{20} \times 0{,}75$$

$$c_{benseen,\,MAX} \geq 750\ \mu g/l$$

$$c_{benseen,erand} \leq (\mathbf{750} - 400) \times 25 + 400$$

$$c_{benseen,erand} \leq 9150\ \mu g/l$$

Sellisel juhul oleks reoveepuhasti võimeline vastu võtma uut tööstusreovett erandliku kontsentratsiooniga kuni 9150 µg/l. Kuna tegemist on rangema piirnormiga kui teistele tööstustele seatud, on soovituslik kõigi erandlikud kontsentratsioonid üle vaadata ning võimalusel (näiteks pärast piisavat etteteatamisaega) võrdsustada (eriti kui tegemist on sama tööstusharu ettevõtetega).

Vaatame veel ühte näidet – kui olmereoveepuhasti puhul on teada, et ühes ühiskanalisatsiooniga liituvas reovees võib benseeni kontsentratsioon olla ajutiselt kuni 12 000 µg/l. Valemeid on võimalik kasutada ka selle jaoks, et arvutada sellistele parameetritele vastava reovee maksimaalne vooluhulk, mida reoveepuhasti oleks võimeline vastu võtma (jaotuskoefitsendiga 10). Aruande lisana kaasas käivas excel'i tööriistas on seda pöördarvutust esitatud kui varianti C:

$$\frac{Q_n}{Q_T} \text{ ehk reovee \% hulk} \leq \frac{c_{i,MAX} - c_{i,T}}{c_{i,erand} - c_{i,T}}$$

$$\frac{Q_1}{Q_T} \leq \frac{375 - 0{,}5}{12000 - 0{,}5}$$

$$\frac{Q_1}{Q_T} \leq 0{,}031$$

Seega eeldusel, et tegemist on ainsa kõrge benseenisisaldusega reoveehulgaga, võib antud reovett vastu võtta maksimaalselt 3% kogu reovee hulgaga võrreldes. Kui ka teiste ühiskanalisatsiooni juhitavates reovetes võib olla kõrgemad benseeni sisaldused, tuleb sarnaselt variandile B kasutada $c_{i,T}$ väärtusena tegelikult mõõdetud või arvutuslikku sissevoolu keskmist. Antud lähenemine võib olla oluline, kui tööstuses tekib reovett ebaregulaarselt või toimub tööstusreovee lisandumine purgides. Sellisel juhul on mõistlik teada vajalikku minimaalset lahjendust, mida antud reovee puhul kasutama peab ning võimalusel jagama reoveehulga ära mitme päeva peale.

Valge taustaga ja kaldkirjas on märgitud ained, mida pole seire jooksul Eestis tuvastatud, seega mille analüüsimist hetkeseisuga pole vaja teostada.	Kollasega on märgitud heitvee muudatused	Heledama oranžiga on märgitud ained, mis jäävad suuremas osas settesse. Maksimaalne jaotuskoefitsent on seega kokkuleppeline.	Tumedam oranž näitab aineid, mille puhul heitvees piirväärtust ei kohaldatud ning reovee puhul kasutatakse muud lähendust

Joonis 2. Reovee arvutusliku lähenemise tabeli (tabel 3) legend

Tabel 3. Reovee arvutusliku lähenemise jaotuskoefitsendid ning primaarse lähenemisega arvutatud rangeimad võimalikud piirnormid

#	Nimetus	Uus heitvee piirväärtus [µg/L]	Olmereovee keskväärtus (mediaan) [µg/L]	Jaotuskoefitsent		Rangeim võimalik piirnorm [µg/L]		Märkused
				Soovituslik	Maksi-maalne	Suured RVPd	Väiksed RVPd	
1	*Alakloor*	*0,7*	*X*	*1*	*1*	*0,7*	*0,7*	
2	**Antratseen**	0,1	0,018	1	1,5	0,1	0,1	
3	*Atrasiin*	*2*	*X*	*1*	*1*	*2*	*2*	
4	**Benseen**	50	0,12	10	100	**375**	**250**	
5	**Bromodifenüüleetrid**	0,14	0,00278	1	10	0,14	0,14	
6	**Kaadmium ja selle ühendid**	5	X	1	15	5	5	
6a	*Süsiniktetrakloriid*	*12*	*X*	*1*	*1*	*12*	*12*	
7	**Kloroalkaanid, C10-13**	1,4	0,27	1	10	1,4	1,4	
8	*Klorofenvinfoss*	*0,3*	*X*	*1*	*1*	*0,3*	*0,3*	
9	*Kloropürifoss (etüülkloropüri-foss)*	*0,1*	*X*	*1*	*1*	*0,1*	*0,1*	
9a	*Tsüklodieenpestitsiidid: (aldriin, dieldriin, endriin, isodriin)*	*0,01*	*X*	*1*	*1*	*0,01*	*0,01*	
9b	**DDT kokku**	0,025	0,009	10	100	**0,1875**	**0,125**	
10	*1,2-dikloroetaan*	*10*	*X*	*1*	*1*	*10*	*10*	
11	**diklorometaan**	20	0,15	1	1	20	20	
12	**di(2-etüül-heksüül)ftalaat (DEHP)**	1,3	2,9	1	5	1,3	1,3	
13	**Diuroon**	1,8	0,061	1	1	1,8	1,8	
14	**Endosulfaan**	0,01	0,001	1	1	0,01	0,01	

#	Nimetus	Uus heitvee piirväärtus [µg/L]	Olmereovee keskväärtus (mediaan) [µg/L]	Jaotuskoefitsent		Rangeim võimalik piirnorm [µg/L]		Märkused
				Soovituslik	Maksi-maalne	Suured RVPd	Väiksed RVPd	
15	**Fluoranteen**	ei kohaldata	0,022	1 (PV 0,12)	1 (PV 0,12)	**0,12**	**0,12**	Erandina vajadusel kehtima pinnavee määruse alusel
16	*Heksaklorobenseen*	*0,05*	*X*	*1*	*1*	*0,05*	*0,05*	
17	*Heksakloro-butadieen*	*0,6*	*X*	*1*	*1*	*0,6*	*0,6*	
18	*Heksaklorotsükloheksaan*	*0,04*		*1*	*1*	*0,04*	*0,04*	
19	**Isoproturoon**	1	0,003	1	1	1	1	
20	**Plii ja selle ühendid**	14	X	4	10	**42**	**28**	
21	**Elavhõbe ja selle ühendid**	1	0,04	1	5	1	1	
22	**Naftaleen**	130	0,12	5	10	**487,5**	**325**	
23	**Nikkel ja selle ühendid**	34	X	2	4	**51**	**34**	
24	**Nonüülfenoolid**	2,0	0,1	10	100	**15**	**10**	
25	**Oktüülfenoolid**	0,1	0,013	2	2	**0,15**	**0,1**	
26	*Pentaklorobenseen*	*0,007*	*X*	*1*	*1*	*0,007*	*0,007*	
27	*Pentaklorofenool*	*1*	*X*	*1*	*1*	*1*	*1*	
28	**Polüaromaatsed süsivesinikud (PAH)**	0,27	0,011	1	10	0,27	0,27	
	Benso(a)püreen							
29	*Simasiin*	*4*	*X*	*1*	*1*	*4*	*4*	
29a	**Tetrakloroetüleen**	10	1,6	4	5	**30**	**20**	
29b	**Trikloroetüleen**	10	2,4	5	10	**37,5**	**25**	

#	Nimetus	Uus heitvee piirväärtus [µg/L]	Olmereovee keskväärtus (mediaan) [µg/L]	Jaotuskoefitsent		Rangeim võimalik piirnorm [µg/L]		Märkused
				Soovituslik	Maksi-maalne	Suured RVPd	Väiksed RVPd	
30	**Tributüültina ühendid**	0,0015	0,003	1	10	0,0015	0,0015	
31	*Triklorobenseenid*	*0,4*	*X*	*1*	*1*	*0,4*	*0,4*	
32	**Trikrometaan (kloroform)**	2,5	0,18	2	2	**3,75**	**2,5**	
33	*Trifluraliin*	*0,03*	*X*	*1*	*1*	*0,03*	*0,03*	
34	*Dikofool*	*$1{,}3 \times 10^{-3}$*	*X*	*1*	*1*	*$1{,}3 \times 10^{-3}$*	*$1{,}3 \times 10^{-3}$*	
35	**Perfluorooktaansulfoonhape ja selle derivaadid (PHOS)**	36	0,07	1	1	36	36	
36	*Kinoksüfeen*	*2,7*	*X*	*1*	*1*	*2,7*	*2,7*	
37	**Dioksiinid ja dioksiinisarnased ühendid**	ei kohaldata	0,000054	1 (HV 0,04)	1 (HV 0,04)	**0,04**	**0,04**	Erandina võib reovees kasutada varasemat heitvee piirväärtust 0,04
38	*Aklonifeen*	*0,12*	*X*	*1*	*1*	*0,12*	*0,12*	
39	*Bifenoks*	*0,04*	*X*	*1*	*1*	*0,04*	*0,04*	
40	*Tsübutriin*	*0,016*	*X*	*1*	*1*	*0,016*	*0,016*	
41	**Tsüpermetriin**	0,0006	0,04	1	1	0,0006	0,0006	
42	*Diklorofoss*	*0,0007*	*X*	*1*	*1*	*0,0007*	*0,0007*	
43	**Heksabromotsüklododekaanid (HBCDD)**	0,5	0,006	1	5	0,5	0,5	
44	*Heptakloor ja heptakloorepoksiid*	*0,03*	*X*	*1*	*1*	*0,03*	*0,03*	
45	**Terbutriin**	0,34	0,042	1	1	0,34	0,34	
46	**Arseen ja selle ühendid**	10	X	5	5	**37,5**	**25**	

#	Nimetus	Uus heitvee piirväärtus [µg/L]	Olmereovee keskväärtus (mediaan) [µg/L]	Jaotuskoefitsent		Rangeim võimalik piirnorm [µg/L]		Märkused
				Soovituslik	Maksi-maalne	Suured RVPd	Väiksed RVPd	
47	**Baarium ja selle ühendid**	ei kohaldata	76,5	1 (Põhjavees 7000)	1 (Põhjavees 7000)	**7000**	**7000**	Erandina kehtima põhjavee määruse alusel
48	**Kroom ja selle ühendid**	50	X	1	2	50	50	
49	**Kroom VI**	ei kohaldata		ei kohaldata	ei kohaldata	ei kohaldata	ei kohaldata	
50	**Tsink ja selle ühendid**	200	79	3	5	**450**	**300**	
51	**Vask ja selle ühendid**	50	38,5	3	5	**112,5**	**75**	
52	**Fenool**	100	30	5	10	**375**	**250**	
53	**o-kresool**		1,2					
54	**m/p-kresool**		100					
55	**2,3-dimetüülfenool**		1,5					
56	**2,6-dimetüülfenool**		3					
57	**3,4-dimetüülfenool**		1,5					
58	**3,5-dimetüülfenool**		X					
59	**Resortsinool**	15 000	47	1	10	15000	15000	
60	**Naftasaadused**	1000	60	2	4	**1500**	**1000**	
61	**Fluoriidid**	1500	0,38	1	1	1500	1500	
62	**Glüfosaat**	ei kohaldata	0,41	1 (PV: 56)	1 (PV: 56)	**56**	**56**	Erandina kehtima pinnavee määruse alusel
63	**MCPA**		0,124	1 (PV: 0,5)	1 (PV: 0,5)	**0,5**	**0,5**	
64	**Metasakloor**		X	1 (PV: 0,08)	1 (PV: 0,08)	**0,08**	**0,08**	
65	**Tebukonasool**		0,014	1 (PV: 1)	1 (PV: 1)	**1**	**1**	
66	**Spiroksamiin**		X	1 (PV: 0,06)	1 (PV: 0,06)	**0,06**	**0,06**	
67	**Mankotseeb**		0,01	1 (PV: 0,22)	1 (PV: 0,22)	**0,22**	**0,22**	
68	**AMPA**		0,525	PV: 540	PV: 540	**540**	**540**	

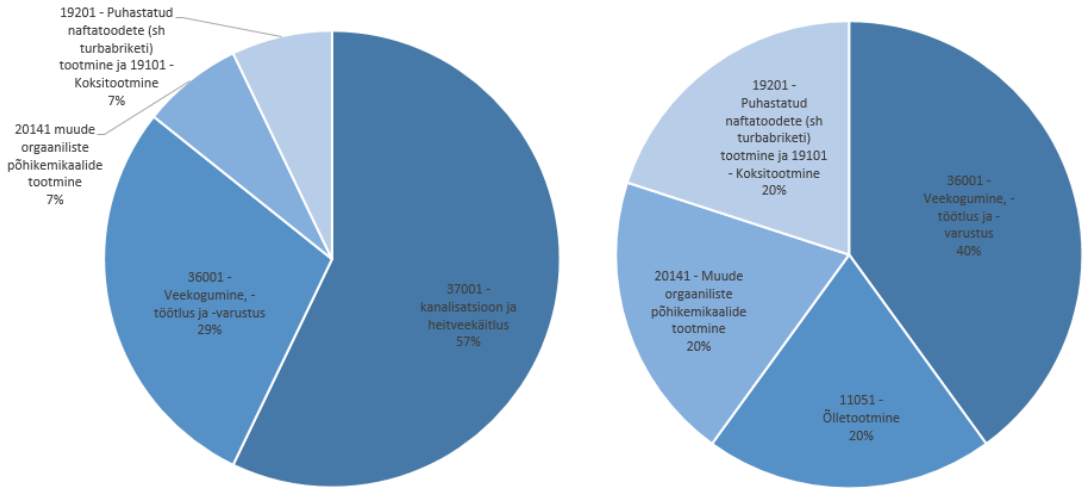
7 MÕJU ETTEVÕTLUSKESKKONNA KONKURENTSIVÕIMELE

Riigihanke raames heit- ja reovee ohtlike ainete piirnorme ajakohastades oli oluline arvestada ka potentsiaalseid mõjusid erinevatele ettevõtetele ning ettevõtluskeskkonna konkurentsivõimele ka üldiselt. Selle mõju hindamiseks viidi läbi 2021. aasta suvel küsitlus, millesse kaasati lisaks tavapärasele riigihanke töörühmale ka huvigruppe laiemalt.

Eraldi koostati kaks küsimustikku, üks heitvee ajakohastatud piirnormide, teine uue reovee arvutusliku lähenemise kohta. Küsimustikuga kogutud tulemusi kasutati, et analüüsida väljapakutud uuenduste mõju ettevõtluskeskkonna konkurentsivõimele ning hinnata, kas mõju on pigem positiivne või negatiivne. Küsimustike eesmärgiks oli koguda ka üldisemat tagasisidet uuringu kohta ning leida ka võimalikud viimased kitsaskohad nii reo- kui heitvee piirnormide kohta. Selleks saadeti küsimustikud korraga välja kõikidele Keskkonnaministeeriumi poolt kokku kutsutud töörühma liikmetele ning paluti neil võimalusel küsimustik edasi saata kõigile teistele huvilistele. Hinnanguliselt jõudis küsimustik üle 100 inimese/ettevõtteni.

Küsimustikud saadeti esmakordselt välja 07.07.2021 ning meeldetuletused saadeti välja 03.08.2021 ja 24.08.2021. Viimase meeldetuletusega pikendati ka küsimustikule vastamise aega. Esialgne vastamise tähtaeg oli 23.08.2021 aga vastamise tähtaega pikendati kuni 10.09.2021. Kokku oli huvigruppidel vastamiseks aega natuke üle 2 kuu.

Arvestades, et hinnanguliselt jõudis küsimustik üle 100 inimesene, vastas heitvee küsimustikule 14% inimestest ning reovee küsimustikule 5% inimestest. EMTAK koodi järgi jagunesid vastajad küsimustike vahel järgmiselt:



Joonis 3. Heitvee küsimustiku (vasakul) ja reovee küsimustiku (paremal) vastajate jagunemine EMTAK koodi järgi.

Tööstusettevõtete osakaal vastajate hulgas oli väike. Heitvee puhul oli tööstusettevõtetelt 2 vastust ning reovee puhul 3 vastust. Hinnanguliselt jõudis küsimustik oluliselt suurema hulga tööstusettevõteteni, kuid nende poolt oli küsimustikus osalemise huvi pigem leige.

7.1. Heitvee küsimustik ja tagasiside

Heitvee küsimustik oli suunatud olmereoveepuhastitele ja nendele ettevõtetele, kellel on omapuhasti ja kes juhivad heitvee otse keskkonda. Heitvee küsimustikuga oli lisana kaasas tabel koos hetkel kehtivate ning ajakohastatud piirnormidega.

Heitvee küsimustik sisaldas alljärgnevaid küsimusi:

1. Heitveega seotud ettevõtte tegevusvaldkond EMTAK koodi järgi
2. Milliste ohtlike ainete piirnormide saavutamisega on Teil olnud varasemalt probleeme või olete pidanud tegema täiendavaid majanduslikke kulutusi? Täpsustage ained ja võimalusel probleemsed kontsentratsioonid.
3. Heitvee piirnormide ajakohastamisel tehti mitmeid leevendusi võrreldes kehtivate piirnormidega. Kas antud leevendused on Teie jaoks olulised või omavad positiivset mõju?
4. Muud ettepanekud ja märkused
5. Dokumentide üleslaadimise koht

Vastused jagunesid kahte rühma: väiksemal osal ei ole olnud probleeme seniste piirväärtuste saavutamisega, suurem osa vastajatest tõi välja aga mitmeid kohati problemaatilisi ohtlike aineid. Problemaatiliste ohtlike ainetena piirnormide saavutamisel toodi välja peamiselt tsink, vask, baarium ja naftasaadused. Ühel korral mainiti ka järgmiseid ohtlike aineid: kaadmium, di(2-etüül-heksüül)ftalaat, fluoranteen, nonüülfenoolid, pentaklorofenool, benso(b)fluoranteen, benso(g,h,i)perüleen.

Peaaegu kõik vastajad leidsid, et heitvee piirnormide leevendused on olulised ja omavad positiivset mõju. Vaid ühel korral toodi spetsiifiliselt välja, et probleem on olnud naftasaaduste piirnormiga, mida ei leevendatud, seega positiivset mõju selles osas uued piirväärtused ei oma. Naftasaaduste piirnormi muutmine ei olnud ka põhjendatud – ei üldine tagasiside ega EKUK andmed ei näidanud leevenduste vajadust ning tegemist on enamasti konkreetsete tööstusreovete tekitatud üksikute ületamistega.

Küsitlus kinnitas varasema uurigu käigus leitud tõsiasja, et tsingi ja vase puhul ei arvesta kehtivad piirnormid kodumajapidamisest tulenevate kontsentratsioonidega, mistõttu on hetkel kehtivate piirnormide täitmine paljudele vastajatele probleemiks. Seetõttu hinnati ka väljapakutud leevenduste mõju väga positiivselt.

7.2. Reovee küsimustik ja tagasiside

Reovee küsimustik oli suunatud ettevõtetele, kes juhivad reovee ühiskanalisatsiooni ja küsimustikuga oli lisana kaasas selgituskiri uue arvutusliku lähenemise kohta.

Reovee küsimustik sisaldas alljärgnevaid küsimusi:

1. Reoveega seotud ettevõtte tegevusvaldkond EMTAK koodi järgi
2. Milliste ohtlike ainete piirnormide saavutamisega on Teil olnud varasemalt probleeme või olete pidanud tegema täiendavaid majanduslikke kulutusi? Täpsustage ained ja võimalusel probleemsed kontsentratsioonid.
3. Uus arvutuslik lähenemine võimaldab reoveepuhastitel osaliselt ise ohtlike ainete vastuvõetava koormuse üle otsustada. Sellest tulenevalt muutuks oluliselt seni kehtinud süsteem. Kas uus arvutuslik lähenemine ja sellest tulenevad piirväärtused on mõistetavad? Kui ei ole, siis palun pakkuda endapoolne lahendusettepanek, kuidas ohtlike aineid kontrolli alla saada.
4. Kas uus arvutuslik lähenemine on mõne ohtliku aine seisukohast Teie jaoks problemaatiline?

5. Kas kasutate toorainena või kemikaalina mõnda piirväärtusega reguleeritud ohtlikku ainet?
6. Muud ettepanekud ja märkused
7. Dokumentide üleslaadimise koht

Peamise probleemina tõid reovee küsimustiku vastajad välja naftasaadused – kuigi määruses 75 ei ole naftasaadused praegu eraldi reovees ohtliku ainena sätestatud, kehtib norm olmereoveepuhastitele heitvees. Kuna tegemist on just tööstustest tuleneva ohtliku ainega, piiravad reoveepuhastid heitvee normi täitmiseks kõrge naftasaaduste kontsentratsiooniga reovete vastuvõtmist. Tegemist on tööstuste jaoks olulise probleemiga, kuid suuremalt jaolt ei ole tegemist piirnormidest, vaid tööstuspraktikast tuleneva probleemiga. Naftasaadused võivad tekitada olmereoveepuhastites ka inhibitsiooni ning tegemist on ohtlike ainetega, millest vabanemiseks on vaja tööstustel rakendada eelpuhastust.

Vastustes mainiti probleemikohana ka sulfiide, mis ei ole samuti määrusega 75 sätesatud, kuid on oluline saastaine nii korrosiivse mõju tõttu kanalisatsioonitorudele kui ka tekkiva lõhna tõttu. Siiski ei ole sulfiidid ohtlike ainena käsitletud ning seega ei kuulu antud uuringu alla.

Reovee piirnormide uut arvutuslikku lähenemist peeti pigem mõistetavaks, kui toodi välja täpsemate selgituste vajadus. Kahjuks ühelegi konkreetselt problemaatilisele või arusaamatule kohale sealjuures ei viidatud. Sarnaselt, kuigi piirväärtusega reguleeritud ohtlike ainete kasutamisele tootmisprotsessis vastati jaatavalt, ei täpsustatud vastustest, milliste ainetega konkreetselt tegemist on.

7.3. Muud ettepanekud ja märkused

Küsimustikega esitati ka mitu ettepanekut ja/või märkust:

- Tõstatati ettepanek tõsta fosfori piirmäär heitvees väärtuseni 1,0 mg/l ka suurtel puhastitel, põhjendusena tööstussektori kõrgemad lubatud piirmäärad (2,0 mg/l) ning ebamõistlikult suur kemikaalikulu (lisaks kemikaalide lisamisega kaasnev keskkonnareostus).
    - Ülikooli töörühma kommentaar: antud ettepanek ei ole seotud uuringuga, kuid vastav piirnorm on tulenev HELCOM-i soovitustest ning vajalik Läänemerre iga-aastaselt paisatava fosfori koguste vähendamiseks. Kemikaalilisamise alternatiivina võib olla võimalik kasutada ka bioloogilist fosforiärastust, mille keskkonnamõju on väiksem.
- „Ohtlike ainetega tuleks tegeleda töötuslike ettevõtete tasemel“
    - Ülikooli töörühma kommentaar: nõustume kommentaariga ning loodame, et uuringu tulemused ning uus reovee arvutuslik lähenemine seda ka võimaldab.
- „OA-de piirnormid EL direktiivis kehtivad veekogudele; on teadmata, kas heitveele piirnorme määrates on arvestatud ka lahjendusega piisavalt“
    - Ülikooli töörühma kommentaar: EL direktiivi ainetega ei ole enamikel Eesti reoveepuhastitel uuringute ega läbiviidud küsimustiku andmetel probleeme. Kuna lahjendused on väga suubla-spetsiifilised, saab nende järgi leevendusi teha vaid veelubades.
- Ohtlike aineid määratakse punktproovidest aga võiks olla keskmistatud proovist.
    - Ülikooli töörühma kommentaar: punktprooviga ei pruugi tõesti ohtlike aineid tuvastada, eriti juhul kui ohtlike aineid sisaldava reovee vooluhulk on kõikuv. Seetõttu oleks keskmistatud proovi kasutamine asjakohane. Samas ei ole proovivõtt antud uuringuga seotud ning sätestatud erineva määrusega; lisaks on heitveest keskmistatud proov enamasti ka täna vajalik, reoveest võib keskmistatud proovi võtmine olla keeruline.

7.4. Kokkuvõte ja järeldused

Vaatamata sellele, et küsimustik jõudis piisava arvu inimesteni, jäi vastamise aktiivsus väikseks. Kahjuks jäi kohati vastustest ka mulje, et ettevõtted ei pea uuringu etapis tagasiside andmist oluliseks ning tagasidet soovitakse anda alles määruste eelnõude koostamise järgselt. Küsimustike väljasaatmise peale uuriti spetsiifilisemalt määruste eelnõude kohta ning pärast küsimustikele vastamise tähtaega saadeti ka vastus, et küsimustikele vastamine tundus ebaturvaline ning seetõttu otsustati mitte seda teha. Olime valmis võimaldama küsimustikule vastamist ka väljaspool Google Drive keskkonda, kuid keegi küsimustiku tähtaja jooksul selle vastu huvi ei tundnud.

Üldiselt saab siiski kogutud vastuste põhjal öelda, et heitvee piirnormidele tehtud leevendused on olulised ja omavad positiivset mõju. Probleemid võivad jätkuda tööstusreovee mõju tõttu ja sellest tulenevalt tuleb rakendada allikapõhist kontrolli. Uue reovee arvutusliku lähenemise kohta tuli veelgi vähem tagasisidet, üldiselt anti teada, et lähenemine on sobiv. Täpsemaid näited ebasobivusest või alternatiive välja ei pakutud. Mainiti küll arvutusliku lähenemise keerukust, mille tõttu tehti riigihanke aruandele lisaks ka exceli'i baasil tööriist, mis võimaldab arvutusliku lähenemise kasutamist lihtsustada. Väiksemaid täpsustusi tehti ka arvutusliku lähenemise seletusse.

Küsimustike põhieesmärgiks oli hinnata mõju ettevõtluskeskkonna konkurentsivõimele. Ükski vastus negatiivset mõju ettevõtluskeskkonna konkurentsivõimele ei näidatud. Seega hindame, et väljapakutud heitvee piirnormid ja uue reovee arvutusliku lähenemisega loodavad normid ei ole olulise mõjuga ettevõtluskeskkonna konkurentsivõimele. Konkurentsivõimele võib mõju avaldada see, kuidas asula-reoveepuhasti erandeid erinevatele ettevõtetele reovee arvutusliku lähenemise alusel teeb, kuid selle vältimiseks on antud spetsiifilised soovitused arvutusliku lähenemise juures.

8 KESKKONNASÕBRALIKU TOOTMISE EDENDAMISE VÕIMALUSED

Keskkonnasõbralik ehk säästev tootmine eeldab tõhusat energia- ja materjalikasutust ning keskkonnaemissioonide minimeerimist. Säästev tootmine ja tarbimine on üks Euroopa Liidu võtmetermineid ning eelduseks ressursi- ja energiatõhusale Euroopale [19]. Aina rohkem tähendab keskkonnasõbralik tootmine ka konkurentsieelist, seda eeskätt tarbijate suurenenud teadlikkuse ja rohkem läbimõeldud ostukäitumise tõttu.

Kuigi keskkonnasõbraliku tootmise peale mõeldes tulevad enamasti esimesena meelde erinevad väiksemad ettevõtted, kes erinevate materjalide taaskasutusega huvitavaid tooteid pakuvad, peaks säästlikkuse suunas liikuma terve tööstussektor. Erinevate EL direktiivide surve ning ressursisäästlikkusele suunatud tööstuspoliitika on paljude ettevõtete jaoks käimalükkavaks jõuks, sest kahjuks ilma „piitsata“ pika staažiga ettevõtted muutusi töötavates protsessides tegema ei hakka. „Saastaja maksab“ printsiip saab järgmisel aastal 30. aasta vanuseks (põhimõte hakkas laiemalt levima 1992. aasta Rio deklaratsiooni tagajärjel), kuid paljudes sektorites ei ole see täielikult realiseerunud.

Jäätmed, mille hulka võib lugeda ka reovee, on üks keskkonnasõbraliku tootmise alustalasid. Eesti riigi jäätmehooldust korraldab ja suunab riigi jäätmekava, mis praegune versioon on kehtiv kuni 2022. aasta lõpuni. Jäätmekava strateegiline eesmärk on jäätmehierarhia põhimõtte rakendamine, sealjuures toodete elütsükli analüüs. Ohtlike ainete sisaldus erinevates materjalides ja toodetes on nii toote elutsüklit kui ka üldist jäätmete korduv- ja taaskasutust arvestades väga suur probleem. Ohtlike ainete sisalduse vähendamine nii toodetes kui üldises tootmisprotsessis on seetõttu keskkonnasõbraliku tootmise arendamise juures üks olulisemaid punkte.



Joonis 4. Euroopa Liidu jäätmete raamdirektiivist (2008/98/EÜ) lähtuv jäätmehierarhia [20]

Antud uuringu tulemusena välja töötatud uus soovituslik lähenemine ohtlike ainete piirnormidele reovees on otseselt seotud keskkonnasõbraliku tootmise edendamise ning saastaja maksab printsiibiga. Antud uuringus soovitatud arvutusliku lähenemisega ohtlike ainete piirnormidele reovees on vee-ettevõtjal soovitatud kehtestada erandlikku lähenemist vajavatele tööstustele kõrgem reoveetasu või tariif, mille eesmärk on katta kõrgendatud ohtlike ainete kontsentratsioonidega reovee vastuvõtmisega kaasnevad võimalikud lisakulud. Kuna asulareoveepuhastid on enamasti sõlmpunktid, kuhu reostus läbi ühiskanalisatsiooni jõuab, on oluline garanteerida, et kodumajapidamised ei maksaks selliseid lisakulutusi kinni oma taskust. Lisaks, annab kõrgendatud reoveetariif võimaluse reoveepuhastil investeerida paremasse infrastruktuuri, mis võib lähimate kümnendite jooksul suuremate reoveepuhastite jaoks tähendada ka heitvee järelpuhastust ohtlikest ainetest.

Rangemad reeglid tööstusreovee vastuvõtmisel, parendatud monitooring ja kontroll ning kõrgemad reovee- ja saastetasud on kõik erinevad meetodid, millega on võimalik innustada tööstuseid olema keskkonnasõbralikumad. Mida vähem kasutatakse tootmise käigus nii piirnormidega reguleeritud ohtlike kemikaale kui EL jälgimisnimekirjas ja lähiajal keelustatavaid aineid, seda odavamaks võiks pikema aja perspektiivis muutuda ettevõtte tootmiskulud ning suuremaks kasum. Muutused ei pruugi alati omada kuluefektiivset mõju väga lühikeses perspektiivis, kuid tarbijate kiiresti muutuvad eelistused ökotoodete ning keskkonnasõbralike alternatiivide suunas võiksid keskkonnasõbraliku tootmise kasumlikkust lähitulevikus oluliselt tõsta.

Keskkonnasõbralikku tootmise edendavad ka mitmed uuringu lõpus, BEST projekti publikatsioonidest laenatud soovitused.

9 TEHNOLOOGILISED VÕIMALUSED OHTLIKU AINE HEITE OHJAMISEKS

Koos karmide piirväärtustega on vaja vaadata ka võimalusi, kuidas ohtlike ainete kontsentratsiooni nii reo- kui heitvees ka tehnoloogiliselt vähendada oleks võimalik. Reovee piirnormide arvutusliku lähenemise alusena on kasutatud jaotuskoefitsente, mis hindavad, kuidas ohtlikud ained reoveepuhastit läbivad. Kuigi paljud ohtlikud ained võivad akumuleeruda settes ning olla läbi selle veest eemaldatavad, ei ole tegemist ohtlike ainete sihipärase eemaldamisega. Seetõttu on antud peatükis keskendutud erinevatele tehnoloogiatele, millega oleks võimalik erinevaid ohtlikke aineid reoveest või heitveest eemaldada. Kuna aina rohkem räägitakse nii Euroopa Liidus kui Läänemere regioonis spetsiifiliselt heitvee järelpuhastusest suurematest reoveepuhastites, on suur rõhk pandud just selleks rakendatavatele kõige kuluefektiivsematele meetoditele.

Lisaks antud uuringu põhifookuses olnud vee raamdirektiivi ja vesikeskkonnaspetsiifiliste ohtlikele ainetele, suudavad enamik uutest tehnoloogilistest võimalustest tegeleda ka EL jälgimisnimekirjas olevate ainetega ning ka püsivate mikrosaasteainete, näiteks ravimijääkidega [21], [22]. Kuigi tegemist ei ole enamasti piirnormidega kontrollitud ohtlike ainetega, on püsivate orgaaniliste ühendite esinemist väikestes kontsentratsioonides seostatud kroonilise toksilisuse, sisesekretsioonisüsteemi häirete ja patogeeniresistentsuse tekkega [23], [24].

9.1. Defenoleerimine

Põlevkivi töötlemisel gaasigeneraatorites ja saadava toorõli ümbertöötlemisel tekib suures koguses (aastas kuni 373 000 tonni) fenoolvett, mis vajab eraldi käitlemist ehk defenoleerimist. Fenoolvees on summaarne fenoolide sisaldus enne defenoleerimist keskmiselt 5–11 g/l ja vee pH on 4,9–5,3. Lisaks fenoolidele sisaldab fenoolvesi palju ketoone (põhiliselt atsetooni), mille sisaldus on kuni 0,4 g/l, lenduvaid happeid (põhiliselt äädikhapet) kuni 0,8 g/l ning lisaks ammoniaaki 0,2– 0,4 g/l kohta. Lisaks sisaldab fenoolvesi veel püridiinirea aluseid kuni 0,04 g/l, mistõttu on fenoolveel tugev spetsiifiline lõhn. Toodud sisalduste juures toimivad fenoolsed ühendid inhibiitoritena reoveepuhastusprotsessi bioloogilistelt aktiivsetele (mikroobsetele) protessidele. Eelistatult suunatakse tööstuse väljavool defenolatsiooniseadmesse (ekstraktsioonikolonnidesse), kus toimub fenoolide ekstraheerimine veest lahustiga ja summaarsete fenoolide lahutamine fraktsioonideks. Pärast defenoleerimist väheneb fenoolide sisaldus kuni 0,2–0,7 g/l, ketoonide sisaldus väheneb samuti, kuid fenoolvette jäävad lenduvad happed ja aluselised ühendid (ammoniaak, püridiinalused) [25].

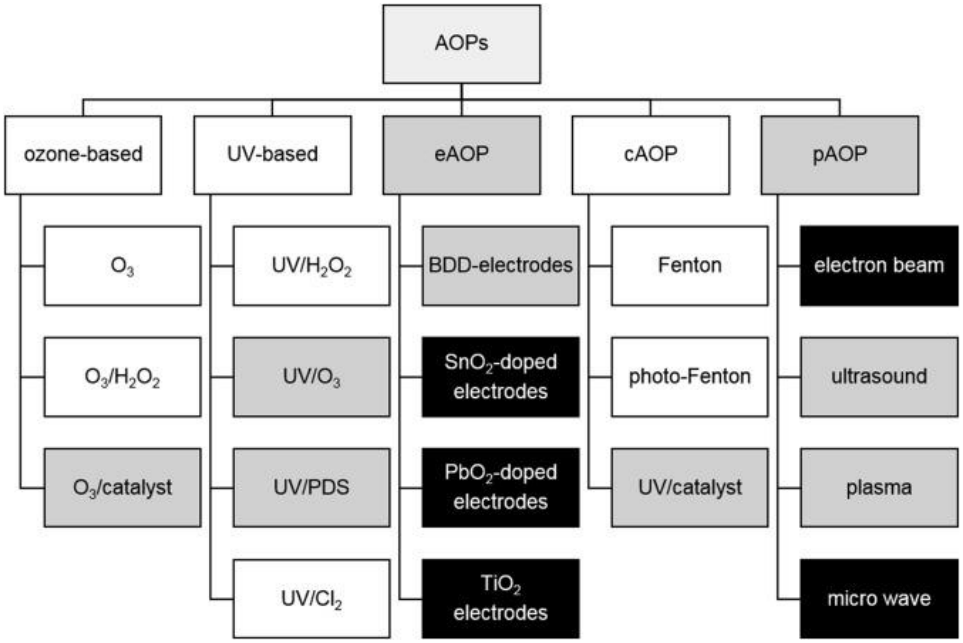
9.2. Mikrosaasteainete eemaldamine

Mikrosaasteainete eemaldamiseks reoveest tuntakse mitmeid tõhustatud töötlemisprotsesse, sh membraanprotsesse nagu pöördosmoos ja nanofiltratsioon, aga ka süvaoksüdatsiooni protsessid nagu osoonimine, fotokatalüüs ja Fentoni reaktsioon ja ioonvahetus, ultraviolettkiirguse (UV) ja adsorptsiooni rakendamine [21], [24], [26]–[31]. Püsivate orgaaniliste ainete ärastamine sõltub mikrosaasteainete füüsikalis-keemilistest omadustest, töötlemistingimustest ja kogusisaldusest [32], mis võib reoveepuhastusjaamade heitvees jääda vahemikku ng/L kuni µg/L [33]. Uuringutes on leitud, et membraanpuhastusprotsesside tehnoloogiad ühendavad protsessi stabiilsuse suurepärase heitvee kvaliteediga [34], [35]. Lisaks on leitud, et mikrofiltratsiooni- ja ultrafiltratsioonitehnoloogiad filtreerivad välja orgaanilisi saasteaineid osaliselt [36], [37], ent nanofiltratsioon ja pöördosmoos võivad paljud neist ühenditest eraldada [24], [30], [38].

Praktikas kasutatakse püsivate orgaaniliste ühendite tõhustatud eemaldamiseks reoveest nimetatud tehnoloogiate kombinatsioone, näiteks ühe ärastus- ja kuluefektiivsemana süvaoksüdatsiooni kombineerituna filtreerimisega aktiivsöega.

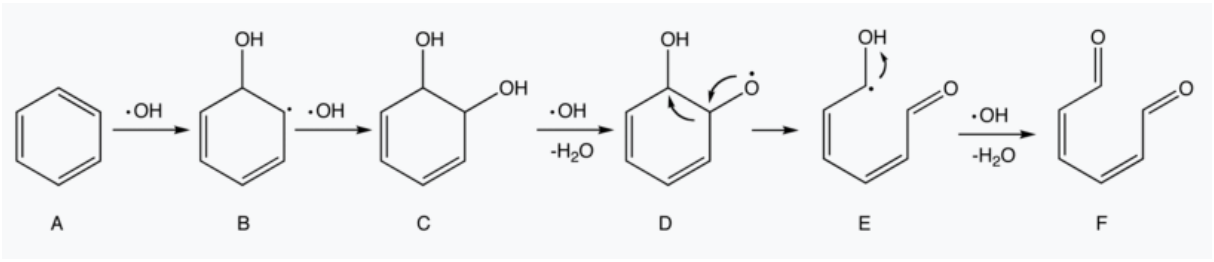
9.3. Süvaoksüdatsioon ja adsorptsioon

Paljutõotav viis antropogeensete saasteainete eemaldamiseks on täiustatud oksüdatsiooniprotsesside ehk süvaoksüdatsiooniprotsesside (AOP – Advance Oxidation processes) kasutamine. Lahustunud ainete lagundamist katalüüsib ja kiirendab nende kiiritamine UV-valgusega, mida saab läbi viia vesinikperoksiidi (H_2O_2) või titaandioksiidi (TiO_2) lisamisega. Muud AOP-d hõlmavad osoonimist, sonolüüsi, fotoelektrokatalüütilisi reaktsioone või foto-fentoni protsesse.



Joonis 5. Ülevaade levinud AOP-dest; eAOP – elektrokeemilised protsessid, cAOP – katalüütilised, pAOP – füüsikalised; BDD = booriga legeeritud teemantelektroodid. Tööstuslikult kasutatavad protsessid on valgetes kastides, pilootskaalal uuritud protsessid hallides ning alles laboriskaalas tehnoloogiad mustades kastides [39].

Saasteainete eemaldamine ultraviolettkiirguse (UV) abil süvaoksüdatsiooni protsessis (UV-AOP) ei eemalda saasteaineid veest füüsiliselt, vaid UV-kiirgus või UV-kiirgus koos oksüdeerijaga/katalüsaatoriga lõhub keemilisi sidemeid kemikaali sees lagundades neid kergemini biodegradeeritavateks ühenditeks (Joonis 6). Reovee töötlemisel UV-kiirgusega tekivad keskkonda väga reaktsioonivõimelised radikalid, mis reageerivad püsivate orgaaniliste ainetega ning lagundavad neid.



Joonis 6. Näide süvaoksüdatsiooniprotsessi käigust – raskestilaguneva aromaatse tuuma järk-järguline lagundamine hüdroksüülradikaalide toimel [41].

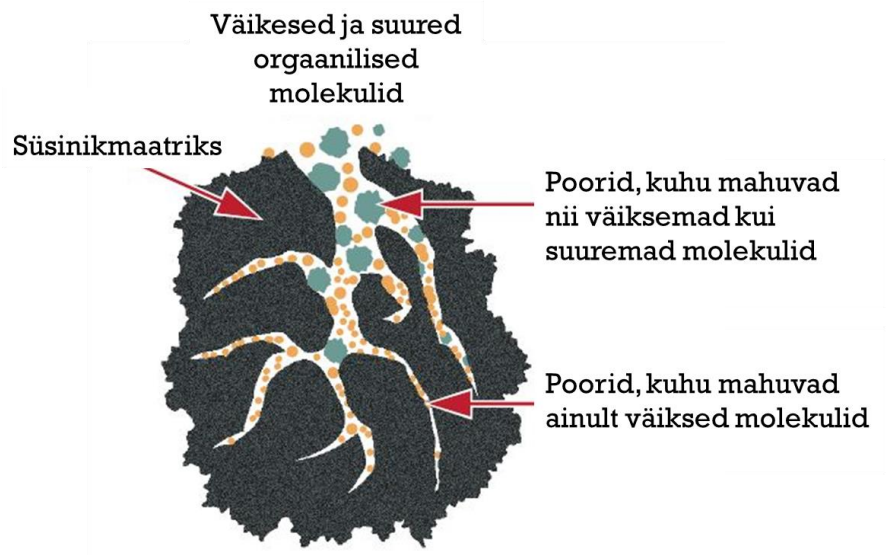
Reaktsioonide efektiivistamiseks lisatakse protsessi katalüsaatoreid, millest pikemaajaliselt on tuntud vesinikperoksiid, kuid uuemas tehnoloogias on andnud väga häid tulemusi nanostruktuursete ülipoorsete TiO_2-kuulikeste kasutamine katalüsaatoritena (UV/TiO_2) [40]. Vesinikperoksiidi molekulid absorbeerivad UV-kiirgust ning muunduvad seeläbi väga reaktsioonivõimelisteks osakesteks, mis lagundavad efektiivselt saasteaineid. UV/H_2O_2 tehnoloogia on tuntud ja rakendatatav reoveepuhastuses, kuid selle puudused on vesinikperoksiidi kõrge hind ja kemikaalijääkide eemaldamise järeltöötluse kompleksus. Arvestades, kui keeruline on transpordi korraldamine ja suurtes kogustes kemikaali ladustamine väiksemates asukohtades ning reoveepuhastites, samuti spetsialistide tagamine, ei pruugi UV/H_2O_2 tehnoloogia rakendamine olla teostatav väikse inimekvivalendiga reoveepuhastites.

Mikrosaasteainete eemaldamiseks tööstuslikus mastaabis on perspektiivsem UV/TiO_2 tehnoloogia, mille pilootkatsetes on leitud, et saasteainesisalduse vähendamiseks ühe suurusjärgu võrra (EEO –

electrical energy per order; elektrienergia, mis on vajalik saasteaine kontsentratsiooni vähendamiseks ühe suurusjärgu võrra) kulus 0,1–1,8 kWh/m³ [42].

Uudse võimalusena on uuritud vaakum-UV-reaktorit (UV/VUV), mis tekitab vees ühekorraga nii oksüdeerivaid (°OH-radikalid, H_2O_2) kui ka taandavaid (elektronid, H-aatomid) osakesi. Vaakuum-UV on paljulubavaks mooduseks mikrosaasteainete kõrvaldamisel veest, mõistliku energiatarbe juures lagundatakse püsivad ühendeid, kuid selle tehnoloogiatasemelt ei ole veel jõutud suurel skaalal rakendusteni [43], [44].

UV-süvaoksüdatsioonis kasutatavate oksüdeerijate muundumine radikalideks ei pruugi toimuda täielikult ning saasteained lagunevad tavaliselt osaliselt, mistõttu on oluline allesjäänud oksüdeerija ja jääkainete eemaldamine adsorptsiooniga. Sorptsioonimehhanismidena tuntakse kemosorptsiooni ja füüsikalist sorptsiooni, jääkained kinnitatakse suure eripinnaga (ad)sorbendile. Kemosorptsiooni puhul tekib adsorbendi ja jääkaine vahel keemiline side, mis näitab pöördumatut protsessi. Füüsikaline sorptsioon põhineb osakestevahelistel tõmbe- ja tõukejõududel, van der Waalsi jõududel, mis on enamasti pöörduvad.



Joonis 7. Saasteainete füüsikalike adsorptsiooniprotsess reovees [45], tõlgitud.

Adsorptsioonil on peeliseid teiste meetoditega võrreldes selle lihtsa konstruktsiooni ja mõistliku investeeringumahu tõttu, samuti maa- või ruumikasutuse võtmes [46].

Tehnoloogiliselt ning ressursikulu võtmes mõistlik valik on granuleeritud aktiivsöe filtri (GAC) lisamine süvaoksüdatsiooni etapile. Aktiivsöe katalüütilise aktiivsuse tulemusena seotakse osaliselt lagundatud orgaanilised ained filtrisse, kuid on leitud ka, et aktiivsüsi võib reaktsiooni tulemusena oksüdeerivate radikalidega lisada protsessi uusi radikale [47], mis omakorda efektiivistab saasteainete eemaldamist.

UV-AOP ja GAC filtri koostoimimise tulemusena väheneb GAC-filtri regenereerimise sagedus võrreldes saasteainete otsesel adsorptsioonil kasutatavate filtritega. Lisaks on granuleeritud aktiivsöe filtril katalüütiliste omaduste tõttu pikem eluiga. Regenereerimisvõimalus on üks granuleeritud söefiltri oluline eelis peenestatud söefiltri (PAC – powdered carbon filter) ees, mis saadakse söe purustamisel või pulbristamisel füüsiliselt saamaks pulbrit või tolmu, mis läbib filtri, kus on 325 niiti ühe tolli kohta. PAC filtris on söeosakesed 10-100 korda väiksemad kui GAC filtris (osakeste keskmine läbimõõt 1 mm), seega materjali eripind on suurem ning enam orgaanilisi saasteaineid saab kinnituda söeosakestele sama massi juures. Kui osakeste suurus on 100 korda väiksem, on adsorptsiooni kiirus vesilahuses PAC puhul

enam kui 100 korda suurem kui GAC puhul. Viies materjali kolonni, suureneb osakeste suuruse vähenemisega rõhulang süsinikukihis, mida tuleb kindlasti silmas pidada eriti PAC-filtri rakendamisel reoveepuhastuses [48].

PAC filtri eelis on odavam tootmishind, kuid seda saab kasutada ühe toimimiskorra, seejärel söefilter utiliseeritakse. Lisaks võib PAC sattuda suures osas ka reoveesettesse, tuues sellega kaasa mitmeid probleeme nii sette ohtlike ainete sisalduse kui sette energeetilise väärtuse osas.

9.4. Pöördosmoos

Pöördosmoos on üks kulutõhusamatest meetoditest katla toitevee, jahutustorni lisavee ja tööstusliku protsessi vee töötlemiseks, ka kasutatakse tehnoloogiat demineraliseeritud vee tootmiseks, välistades vajaduse käidelda ja kõrvaldada ohtlikke kemikaale. Siiski tuleb silmas pidada, et pöördosmoosiseadmed ei pruugi eemalda tõhusalt kõiki orgaanilisi ühendeid (näiteks ofloktsatsiini on leitud 4 ng/l ja naprokseeni 44 ng/L vees pärast filtri läbimist [49]), bakteriaalseid mikroorganisme, kloori kõrvalsaadusi ega lahustunud gaase, nagu süsinikdioksiid, metaan ja radoon, mistõttu on soovituslik kombinatsioon adsorptsioonil põhinevate (nt GAC) või muude tehnoloogiatega.

Pöördosmoos töötab kõrgsurvepumba abil, mis suurendab survet lahustunud osakeste keskkonna poolel asuvale pöördosmoosi membraanile ja surub vett läbi poolläbilaskva membraani, jättes peaaegu kõik (umbes 95% kuni 99%) lahustunud osakesed filtri peale. Pöördosmoosiga saab väga efektiivselt eemaldada lahustunud soolasid, aga ka orgaanilisi ühendeid, raskmetalle ning värvijääke. Seadet pakutakse sageli moodulitena sobides ideaalselt kasutamiseks tööstusorganisatsioonides. Neid süsteeme saab tavaliselt suhteliselt lihtsalt integreerida olemasolevatesse puhastussüsteemide protsessidesse või uutesse seadmetesse. Tähelepanu tasub pöörata, et pöördosmoosiseadme sissevoolu peab heljumi olemasolul eeltöötlema vältimaks membraanide ummistumist ning membraani efektiivsuse maksimeerimiseks tuleb seda hoolikalt hooldada. Hooldusvajadus on väiksem, kui sissevool sisaldab ainult lahustunud ühendeid. Regulaarsel puhastamisel pikeneb membraani eluiga, mis tähendab, et neid tuleb harvemini vahetada.

Pöördosmoosi puudusena võib välja tuua selle kõrge võimsus- ja energiatarbe, kuna seadmes hoitakse pidevalt konstantset rõhku. Võimsusvajaduse optimeerimiseks kasutatakse survevahetit, mille abil on võimalik süsteemis tekkivat rõhku taaskasutada sissevooluvee survestamiseks.

Mikrosaasteainete efektiivseks eemaldamiseks pöördosmoosiseadme kontsentraadis on uuritud elektrokeemilist oksüdeerimist booriga legeeritud teemantelektroodidega, millega on saadud enamiku ühendite eemaldamise protsent üle 90% [50], [51], seejuures näiteks kogusisalduse vähenemine 149 µg/L kuni alla 10 µg/L [49].

Pöördosmoos on efektiivne puhastusmeetod, mida kasutatakse näiteks auto-, keemia- ja toidutööstuses, ravimite tootmises ning puidutöötlemisprotsessides reovee puhastamiseks.

10 KOKKUVÕTE JA SOOVITUSED

Lisaks heit- ja reovee piirnormide ajakohastamisele, on uuringu käigus kogutud mitmeid erinevaid muid soovitusi, mida määruste muutmisel võiks arvesse võtta. Paljud antud soovitused on võetud ka BEST projekti publikatsioonist „Tööstusreovee tõhusama käitlemise suunas“ [52].

- Ohtlike ainete heitvee piirnormide kontroll võiks olla kehtestatud peamiselt suurematele reoveepuhastitele, puhtalt olmereovett käitlevatel väiksete puhastite keskkonnaemissioonid peaksid olema väheolulised. Piirnormide kontrollimine ka väikepuhastis võib osutuda vajalikuks, kui reoveepuhasti suublast tuvastatakse mõne ohtliku aine eriti kõrge kontsentratsioon.
- Keskkonnalubade andmine ettevõtetele peab olema vaba majanduslikest ja poliitilistest huvidest. Ettevõtted, kes ei suuda täita keskkonnakvaliteedi piirnorme, peavad mõistliku aja jooksul tegema oma tootmisprotsessis vajalikud muudatused, pidev olulise keskkonnasaaste tekitamine kasumi teenimise nimel ei ole kooskõlas rahvusvaheliste keskkonnakaitse põhimõtetega.
- Tööstus- ja vee-ettevõtte omavaheline suhe peab olema sätestatud lepinguga. Lepingud annavad igale konkreetsele situatsioonile paindlikkuse, kuid nende toetamiseks on vaja avaldada riiklikud suunised, mis sisaldavad soovitusi nii lepingute üldise sisu kui piirnormide ja tasude osas.
- Tööstusettevõtted peaksid koheselt teavitama vee-ettevõtjat suurematest probleemidest või tõrgetest tehnoloogilises tsüklis, mis võib kaasa tuua erandlikke heitkoguseid. See annab võimaluse vee-ettevõtjal ennetada riske ning võtta kasutusele abimeetmeid potentsiaalsete probleemide või heitvee piirnormide ületamise vältimiseks.
- Ametiasutused ja vee-ettevõtted peaksid saama teha kontrollimisi ja võtta täiendavaid reoveeproove ilma eelneva etteteatamiseta. Kehtel kehtiv süsteem võimaldab tööstusettevõtetel rakendada petlikku lahjendamist ning vältida saastamise eest vastutuse võtmist.
- Vee-ettevõted peaksid vähemalt kord aastas korraldama kohtumisi oma lepinguliste tööstusklientidega, mis võimaldaks pidevat koostööd ja dialoogi.
- Vee-ettevõtete ning tööstusklientide lepingud ning ka uued väljapakutud arvutuslikult leitud reovee piirnormid peaksid kuuluma fikseeritud perioodi tagant ülevaatamisele ja kohendamisele. Iga tööstusettevõttele antud erandit mõne aine kõrge kontsentratsiooni kohta reovees tuleb käsitleda kui ajutist leevendust, mille lahendamisega pikemas perspektiivis peab tegelema tööstusettevõte ise.
- Tööstusreovee kontrollimise ning kõrgema tasustamise eesmärk ei tohiks olla raha teenimine riigi või vee-ettevõtja jaoks, saadud ületasu tuleb investeerida reoveepuhastuses vajalikkeks toiminguteks või pikemas perspektiivis kallimate ja keerulisemate tehnoloogiate ostmiseks ja opereerimiseks (heitvee järelpuhastus). Riiklikult tuleks investeerida saadud tasud üldise keskkonnasaaste vähendamise eesmärgil.

11 KASUTATUD MATERJALID

[1] M. Laht *et al.*, "Veekeskkonale ohtlike ainete allikate inventuur," Tallinn, 2018.

[2] M. Sihtmäe and K. Juganson, "Vesikonnaspetsiifiliste saasteainete nimistu ja keskkonna kvaliteedi piirväärtuste uuendamine," Tallinn, 2020.

[3] OÜ aqua consult baltic, "Tööstusreovee käitlemise juhend (BEST projekti juhendmaterjal)," Tartu, 2020.

[4] European Parliament and Council, *Water Framework Directive 2000/70/EC*. 2000.

[5] European Parliament and Council, *Directive 2013/39/EU as regards priority substances in the field of water policy*. 2013.

[6] Council of the European Communities, *Directive 91/271/EEC concerning urban waste water treatment*. 1991.

[7] European Parliament and Council, *Directive 2010/75/EU on industrial emissions (interated pollution prevention and control)*. 2010.

[8] European Parliament and Council, *Regulation EC 166/2006 concerning the establishment of a European Pollution Release and Transfer Register*. 2006.

[9] HELCOM, *Recommendation 28E/5 : Municipal wastewater treatment*. 2007.

[10] HELCOM, *Recommendation 27/1 : Limitation of emissions into atmosphere and discharges into water from incineration of waste*. 2006.

[11] HELCOM, *Recommendation 23/11 : Requirements for discharging of waste water from the chemical industry*. 2002.

[12] HELCOM, *Recommendation 23/9 : Restriction of atmospheric emissions and waste water discharges from hard coal cokeries*. 2002.

[13] HELCOM, *Recommendation 16/7 : Basic Principles in Waste Water Management in the Leather Industry*. 1995.

[14] Finnish Water Utilities Association, *Finnish industrial wastewater guide - Conveying non-domestic wastewater to sewers*. Helsinki, 2018.

[15] Swedish Environmental Protection Agency, *Wastewater treatment in Sweden 2016*. 2016.

[16] Eesti Keskkonnauuringute Keskus, "Vesikonnaspetsiifiliste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtuste vastavuse hindamine piirväärtuste tuletamist käsitleva juhendiga ning vesikonnaspetsiifiliste saasteainete nimistu ajakohastamine," 2015.

[17] X. F. Li, P. F. Wang, C. L. Feng, D. Q. Liu, J. K. Chen, and F. C. Wu, "Acute Toxicity and Hazardous Concentrations of Zinc to Native Freshwater Organisms Under Different pH Values in China," *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 103, no. 1, pp. 120–126, Jul. 2019.

[18] K. J. M. Kramer, R. G. Jak, B. van Hattum, R. N. Hooftman, and J. J. G. Zwolsman, "Copper toxicity in relation to surface water-dissolved organic matter: biological effects to Daphnia magna," *Environ. Toxicol. Chem.*, vol. 23, no. 12, p. 2971, Dec. 2004.

[19] Euroopa Komisjon, " Säästev tarbimine ja tootmine," 2010.

[20] "Riigi jäätmekava | Keskkonnaministeerium." [Online]. Available: https://envir.ee/ringmajandus/jaatmed/riigi-jaatmekava. [Accessed: 16-Nov-2021].

[21] Q. Sui, J. Huang, S. Deng, G. Yu, and Q. Fan, "Occurrence and removal of pharmaceuticals, caffeine and DEET in wastewater treatment plants of Beijing, China," *Water Res.*, vol. 44, no. 2, pp.

417–426, Jan. 2010.

[22] A. Verliefde, E. Cornelissen, G. Amy, B. Van der Bruggen, and H. van Dijk, “Priority organic micropollutants in water sources in Flanders and the Netherlands and assessment of removal possibilities with nanofiltration,” *Environ. Pollut.*, vol. 146, no. 1, pp. 281–289, Mar. 2007.

[23] S. Ortiz de García, G. Pinto Pinto, P. García Encina, and R. Irusta Mata, “Consumption and occurrence of pharmaceutical and personal care products in the aquatic environment in Spain,” *Sci. Total Environ.*, vol. 444, pp. 451–465, Feb. 2013.

[24] N. Bolong, A. F. Ismail, M. R. Salim, and T. Matsuura, “A review of the effects of emerging contaminants in wastewater and options for their removal,” *Desalination*, vol. 239, no. 1–3, pp. 229–246, 2009.

[25] K.-E. Osakond, “TALLINNA ÜLIKOOLI ÖKOLOOGIA INSTITUUT VKG OIL AS TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE KESKKONNAMÕJU HINDAMISE (KMH) ARUANNE Keskkonnakomplekslubade taotlemine Töö nr 107-07-vkgoil.”

[26] A. Aguinaco, F. J. Beltrán, J. F. García-Araya, and A. Oropesa, “Photocatalytic ozonation to remove the pharmaceutical diclofenac from water: Influence of variables,” *Chem. Eng. J.*, vol. 189–190, pp. 275–282, May 2012.

[27] A. Bernabeu *et al.*, “Solar photo-Fenton at mild conditions to treat a mixture of six emerging pollutants,” *Chem. Eng. J.*, vol. 198–199, pp. 65–72, Aug. 2012.

[28] L. Prieto-Rodriguez, S. Miralles-Cuevas, I. Oller, A. Agüera, G. L. Puma, and S. Malato, “Treatment of emerging contaminants in wastewater treatment plants (WWTP) effluents by solar photocatalysis using low TiO2 concentrations,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 211–212, pp. 131–137, Apr. 2012.

[29] B. A. Wols and C. H. M. Hofman-Caris, “Review of photochemical reaction constants of organic micropollutants required for UV advanced oxidation processes in water,” *Water Res.*, vol. 46, no. 9, pp. 2815–2827, Jun. 2012.

[30] S. A. Snyder *et al.*, “Role of membranes and activated carbon in the removal of endocrine disruptors and pharmaceuticals,” *Desalination*, vol. 202, no. 1–3, pp. 156–181, Jan. 2007.

[31] M. M. Huber, S. Canonica, G. Y. Park, and U. Von Gunten, “Oxidation of pharmaceuticals during ozonation and advanced oxidation processes,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 37, no. 5, pp. 1016–1024, Mar. 2003.

[32] Y. Luo *et al.*, “A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment,” *Sci. Total Environ.*, vol. 473–474, pp. 619–641, Mar. 2014.

[33] T. Ternes and A. Joss, *Human pharmaceuticals, hormones and fragrances*. IWA publishing, 2007.

[34] E. Alonso, A. Santos, G. J. Solis, and P. Riesco, “On the feasibility of urban wastewater tertiary treatment by membranes: a comparative assessment,” *Desalination*, vol. 141, no. 1, pp. 39–51, Dec. 2001.

[35] J. J. Qin, H. O. Maung, H. Lee, and R. Kolkman, “Dead-end ultrafiltration for pretreatment of RO in reclamation of municipal wastewater effluent,” *J. Memb. Sci.*, vol. 243, no. 1–2, pp. 107–113, Nov. 2004.

[36] E. Sahar *et al.*, “The use of RO to remove emerging micropollutants following CAS/UF or MBR treatment of municipal wastewater,” *Desalination*, vol. 273, no. 1, pp. 142–147, Jun. 2011.

[37] Y. Yoon, P. Westerhoff, S. A. Snyder, and E. C. Wert, “Nanofiltration and ultrafiltration of endocrine disrupting compounds, pharmaceuticals and personal care products,” *J. Memb. Sci.*, vol. 270, no. 1–2, pp. 88–100, Feb. 2006.

[38] K. V. Plakas and A. J. Karabelas, “Removal of pesticides from water by NF and RO membranes — A review,” *Desalination*, vol. 287, pp. 255–265, Feb. 2012.

[39] D. B. Miklos, C. Remy, M. Jekel, K. G. Linden, J. E. Drewes, and U. Hübner, “Evaluation of advanced oxidation processes for water and wastewater treatment – A critical review,” *Water Res.*, vol. 139, pp. 118–131, Aug. 2018.

[40] “Osoon, UV-kiirgus ja süvaoksüdatsioon – lahendusi tänapäeva aktuaalsetele keskkonnaprobleemidele - Ajakiri Keskkonnatehnika.” .

[41] D. Rico, “Mechanism of OH with benzene.png - Wikimedia Commons,” 2012. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Mechanism_of_OH_with_benzene.png. [Accessed: 26-Nov-2021].

[42] C. H. M. Hofman-Caris, W. G. Siegers, K. van de Merlen, A. W. A. de Man, and J. A. M. H. Hofman, “Removal of pharmaceuticals from WWTP effluent: Removal of EfOM followed by advanced oxidation,” *Chem. Eng. J.*, vol. 327, pp. 514–521, Nov. 2017.

[43] A. S. Mora, “UV / VACUUM-UV ADVANCED OXIDATION PROCESS FOR THE TREATMENT OF MICROPOLLUTANTS FROM DRINKING WATER SOURCES UNDER COMMON Operational Temperature,” *Ubc*, no. April, 2016.

[44] R. Xing, Z. Zheng, and D. Wen, “Comparison between UV and VUV photolysis for the pre- and post-treatment of coking wastewater,” *J. Environ. Sci. (China)*, vol. 29, pp. 45–50, Mar. 2015.

[45] Veolia, “Activated Carbon | Water Purification Technology | ELGA LabWater,” 2021. [Online]. Available: https://www.elgalabwater.com/activated-carbon. [Accessed: 26-Nov-2021].

[46] M. N. Rashed, “Adsorption Technique for the Removal of Organic Pollutants from Water and Wastewater,” *Org. Pollut. - Monit. Risk Treat.*, Jan. 2013.

[47] L. B. Khalil, B. S. Girgis, and T. A. M. Tawfik, “Decomposition of H2O2 on activated carbon obtained from olive stones,” *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, vol. 76, no. 11, pp. 1132–1140, Nov. 2001.

[48] “GAC/PAC: Use of Powdered Activated Carbon for Potable Water Treatment in Small Systems – WCP Online.” .

[49] B. Gomez-Ruiz *et al.*, “Efficient electrochemical degradation of poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) from the effluents of an industrial wastewater treatment plant,” *Chem. Eng. J.*, vol. 322, pp. 196–204, Aug. 2017.

[50] G. Pérez, A. R. Fernández-Alba, A. M. Urtiaga, and I. Ortiz, “Electro-oxidation of reverse osmosis concentrates generated in tertiary water treatment,” *Water Res.*, vol. 44, no. 9, pp. 2763–2772, May 2010.

[51] M. Murugananthan, S. Yoshihara, T. Rakuma, and T. Shirakashi, “Mineralization of bisphenol A (BPA) by anodic oxidation with boron-doped diamond (BDD) electrode,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 154, no. 1–3, pp. 213–220, Jun. 2008.

[52] John Nurminen Foundation, “Tööstusreovee tõhusama käitlemise suunas (BEST projekt),” Helsinki, 2020.

Avaldatud: november 2021

Taavo Tenno

Tartu Ülikool

E-mail: taavo.tenno@ut.ee

Markus Raudkivi

Tartu Ülikool

E-mail: markus.raudkivi@ut.ee

Kristel Kroon

Tartu Ülikool

E-mail: kristel.kroon@ut.ee

Siiri Velling

Tartu Ülikool

E-mail: siiri.velling@ut.ee